النمذجة الخرائطية لملاءمة الخصائص الطبيعية على زراعة محصول الذرة الصفراء في نظم المعلومات الجغرافية / قضاء سهل اربيل أنموذجاً

Cartographic Modeling for the Suitability of Physical Characteristics on the Cultivation of Maize Crop in GIS / Erbil Plain District As A Model

د. عمر عبدالله اسماعيل القصاب
مدرس
د. ليث حسن عمر
أستاذ مساعد
جامعة الموصل – كلية التربية للعلوم الانسانية – قسم الجغرافية
د. ريان غازي ذنون البنا
أستاذ
جامعة الموصل– مركز التحسن النائي

Dr. Omar Abdullah Ismaeel
Lecturer
Dr. Layth Hassan Omar
Assistant Professor
University of Mosul - College of Education for Human Sciences - Department of Geography
Dr. Rayan Ghazi Thannoun
Professor
University of Mosul - Remote Sensing Center

Omar.a.ismaeel@uomosul.edu.iq
Layth.hassan@uomosul.edu.iq
rayan.ghazi@uomosul.edu.iq

الكلمات المفتاحية: النمذجة الخرائطية– محصول الذرة الصفراء– نظم المعلومات الجغرافية
Keywords: Cartographic Modeling, Maize Crop, GIS

الملخص

تعد الذرة الصفراء من أهم المحاصيل الغذائية في العالم بعد القمح والارز، اذ تتميز بانها ذات قيمة غذائية عالية، كما تتفوق على القمح بنسبة الكربوهيدرات التي تحتويها. علاوة على ذلك، فأنها تميل إلى تقديم إنتاجية عالية لكل وحدة من الأرض، مما يجعلها محصول رئيس في ضمان توافر الغذاء و تعزيز الأمن الغذائي للمستهلكين. وعلى الجانب الاخر، تساهم الذرة الصفراء في تأمين علف الحيوانات وتستخدم على نطاق واسع في العديد من المنتجات الصناعية، كصناعة النشا وزيت الذرة على سبيل المثال لا الحصر. يزرع محصول الذرة الصفراء في جميع بلدان العالم تقريبا، وقد احتل مساحة قدرها ١٦٠٠٠٠٠ كم٢ عام ٢٠١٩ على المستوى العالمي، وان من اهم ما يميز الذرة الصفراء عن المحاصيل الاستراتيجية الاخرى، بأن يمكن استهلاكها مباشرة بدون الحاجة للإزالة القشور كما هو الحال مع المحاصيل الاستراتيجية الاخرى كالقمح والشعير.

لذلك يهدف البحث الى وضع منهجية جديدة معنية بالنمذجة الخرائطية في معالجة ملاءمة العوامل الطبيعية على زراعة محصول الذرة الصفراء في قضاء سهل اربيل، استنادا على

معايير عالمية، ومن ثم تقديم وثيقة مكانية لأصحاب القرار، يمكن استخدامها في عملية التخطيط الزراعي واستدامة الارض الزراعية.

وقد توصل البحث الى مجموعة من النتائج اهمها، ان النمذجة الخرائطية هي منهجية ناجحة في تحويل المعايير والمتغيرات العددية الى خرائط يمكن معاملتها رياضيا لإلقاء الضوء عن مكنونات الظاهرة النمذجة، وبذلك نُقلت الخريطة من مرحلة الايضاح الى مرحلة التفكير الجغرافي. وعلى هذا الاساس فان النمذجة الخرائطية قد كشفت بدورها على ان الارض الزراعية في قضاء سهل اربيل ذات امكانية عالية في احتواء زراعة محصول الذرة الصفراء، نظرا لتوطن الاصناف العليا من ملاءمة الخصائص الطبيعية على زراعته في مساحات واسعة من القضاء قدرت نحو ٣٧,١٣%.

Abstract

Maize is one of the world's most important food crops after wheat and rice, characterized by its high nutritional value, and also outperforms wheat by the carbohydrates it contains. Moreover, they tend to provide high productivity per unit of land, making them a major crop in ensuring food availability and enhancing consumers' food security. On the other side, maize contributes to securing animal feed and is widely used in many industrial products, such as the starch industry and Maize oil to name a few. The maize crop is grown in almost all countries of the world and has occupied an area of 1600,000 km2 in 2019 at the global level. One of the most important things that distinguishes maize from other strategic crops is that it can be consumed directly without the need to remove crusts as with other strategic crops such as wheat and barley.

Therefore, the research aims to develop a new methodology for cartographic modelling in addressing the suitability of physical factors for the cultivation of maize crop in the Erbil plain, based on global standards, and thus to provide a spatial document for decision makers, which can be used in the agricultural planning process and the sustainability of agricultural land.

The research has found a series of important findings. Cartographic modelling is a successful methodology for transforming numerical criteria and variables into mathematically treatable maps to shed light on the mechanics of the modeled phenomenon, thus moving the map from the illustration stage to the geographical thinking stage. Basically, cartographic modeling has also revealed that agricultural land in the Erbil plain district has a high potential for containing the cultivation of maize crop, due to the settlement of higher varieties of suitability of natural properties on its cultivation in large areas of the judiciary estimated at 37.13%.

المقدمة

لقد ازدادت الحاجة في الوقت الراهن إلى الاستخدام المنظم للأرض على نحو قافز اكثر من اي وقت مضى. هذه الحاجة مدفوعة بنمو السكان السريع والتوسع الحضري المزمن على حساب الاراضي الزراعية، وما يتبعه ذلك من تكثيف الضغط على الاراضي بشكل عام. جاء ذلك بالتزامن مع التطور المضطرد في نظم المعلومات الجغرافية ، من اجل تأمين الاحتياجات العلمية في نمذجة الكثير من المفاهيم التي تخص تقييم الارض، اهم هذه المفاهيم هي ملاءمة الارض على استعمال زراعي معين.

تعد الذرة الصفراء من أهم المحاصيل الغذائية في العالم، اذ تتميز بانها ذات قيمة غذائية عالية، كما تتفوق على القمح بنسبة الكربوهيدرات التي تحتويها. علاوة على ذلك، فأنها تميل إلى تقديم إنتاجية عالية لكل وحدة من الأرض، مما يجعلها محصول رئيس في ضمان توافر الغذاء و تعزيز الأمن الغذائي للمستهلكين[١]. وعلى الجانب الاخر، تساهم الذرة الصفراء في تأمين علف الحيوانات وتستخدم على نطاق واسع في العديد من المنتجات الصناعية[٢]، كصناعة النشا وزيت الذرة على سبيل المثال لا الحصر. يزرع محصول الذرة الصفراء في جميع بلدان العالم تقريبا، وقد احتل مساحة قدرها ١٦٠٠٠٠٠ كم^{٢} عام ٢٠١٩ على المستوى العالمي، وان من اهم ما يميز الذرة الصفراء عن المحاصيل الاستراتيجية الاخرى، بأن يمكن استهلاكها مباشرة بدون الحاجة للإزالة القشور كما هو الحال مع القمح والشعير [٣].

وبذلك فان النمذجة الخرائطية لملاءمة الارض على زراعة الذرة الصفراء تتمحور حول تحويل البيانات الى نماذج خرائطية رقمية تعبر عن مستويات تصنيفية بمساحات محسوبة، بوصفها حاصل العمليات الحسابية التي يمكن تنفيذها خرائطيا Cartographically.

(1) Rose Mboya, et al., The dietary importance of maize in Katumba ward, Rungwe district, Tanzania, and its contribution to household food security, African Journal of Agricultural Research, Vol. 6, Issue 11, 2011, p. 2617.

(2) Bekele Shiferaw, et al., Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security, International Maize and Wheat Improvement Center, Springer, Vol. 3, 2011, p. 307.

(3) Josana A. Langner, et al., Maize: Key agricultural crop in food security and sovereignty in a future with water scarcity, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Journal, Vol. 23, No. 9, 2019, p. 649.

تكمن مشكلة البحث في تساؤل رئيس على النحو الاتي : ما هو التكنيك الخرائطي الذي يمكن الاعتماد عليه في تحويل المعايير الخاصة بتقييم الخصائص الطبيعية لزراعة محصول الذرة الصفراء، الى وثيقة مكانية تجسد تقييم الارض حول زراعة محصول الذرة الصفراء في ضوء المعايير العالمية؟.

وبما ان الهدف يرتبط عضويا بطبيعة المشكلة في البحث العلمي، الامر الذي جعل البحث يتبنى هدفا محوريا مفاده السعي الى ايجاد التكنيك المناسب لتحويل المعايير العالمية الخاصة بملاءمة الخصائص الطبيعية على زراعة محصول الذرة الصفراء، الى خرائط تعبر عن التفاعل المكاني بين تلك الخصائص خرائطيا.

لذلك انطلق البحث من فرضية مفادها امكانية تحقيق الهدف المرجو اعتمادا على نظم المعلومات الجغرافية بما تقدمه من وظائف حول اتمتة العمليات الرياضية الخاصة بمعايير ملاءمة الخصائص الطبيعية على زراعة الذرة الصفراء فوق سطح الخريطة، بوصفها مركز عميات جغرافية للكشف عن مكنونات المكان. وقد اعتمد في ذلك على المنهج العلمي الاستقرائي، ابتداء من تحويل البيانات العددية الى نماذج خرائطية مرورا بتحويل النماذج الى خرائط ملاءمة لكل خاصية من الخصائص الطبيعية، وانتهاء بنمذجة المنظور الشامل لحاصل تفاعل هذه الخصائص على سطح الخريطة، بوصفها وثيقة مكانية لملاءمة الخصائص الطبيعية على زراعة محصول الذرة الصفراء.

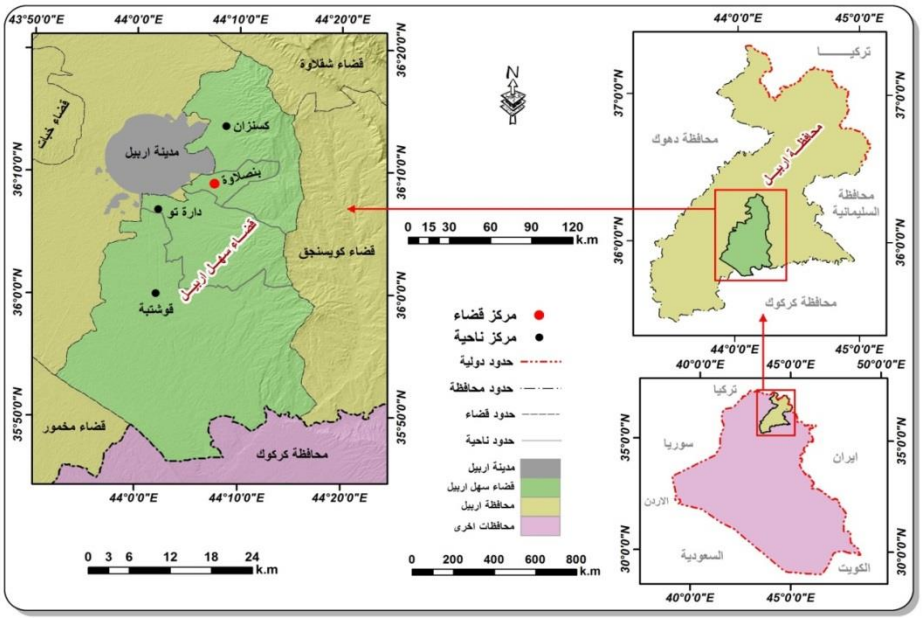
١- الموقع الجغرافي لنموذج البيانات المستخدم في البحث

يتمثل نموذج البيانات المستخدم في الدراسة بقضاء سهل اربيل، الواقع في الجزء الجنوبي من محافظة اربيل الواقعة بدورها شمال العراق عند اقليم كوردستان. اذ يحده قضاء شقلاوه شمالا، ومن الشرق قضاء كويسنجق، ومحافظة كركوك مع قضاء مخمور من الجنوب، ومدينة اربيل غربا. تبلغ مساحة القضاء ١٣٠٤,٠٥ كم^{٢}، اي ما تشكل ٨,٦٥% من مساحة محافظة اربيل البالغة ١٥٢١٩,٢٤كم^{٢}[(*)]. وبذلك ينحصر بين خطي طول $43^{o}\ 52^{-}$ $^{=}36$ و $^{=}48^{-}\ 17^{o}\ 44$ شرقا، ودائرتي عرض $^{=}17^{-}\ 46^{o}\ 35$ و $^{=}47^{-}\ 19^{o}\ 36$ شمالا.

تأسس قضاء سهل اربيل عام ٢٠٠٢[(**)]، وهو يضم اربع نواحي، الا وهي ناحية بنصلاوة التي تمثل مركز القضاء وتبعد عن مركز مدينة اربيل ١١,٥كم ،ناحية كسنزان، ناحية داره تو، فضلا عن ناحية قوش تبه. ينظر الخريطة (١).

(*) استخرجت المسافات و المساحات في برنامج ArcGIS desktop 10.7.1 ، بعد وضع محافظة اربيل وفقا لنظام احداثيات UTM ضمن النطاق WGS84 Zone 38.

(**) تم الاعلان عن القضاء حسب الامر الاداري لمجس وزراء اقليم كوردستان العراق المرقم (٣٧٢) في عام ٢٠٠٢ ، تحت اسم قضاء سهل اربيل، ومركزه بنصلاوه.



الخريطة (١)

الموقع الجغرافي لقضاء سهل أربيل

المصدر: عمل الباحث، اعتمادا على: جمهورية العراق، إقليم كوردستان، وزارة التخطيط، مديرية إحصاء محافظة أربيل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية، الخرائط الإدارية لمحافظة أربيل، ملفات رقمية غير منشورة، ٢٠١٨.

٢- مفهوم النمذجة الخرائطية

تعرف النمذجة الخرائطية بانها ميدان محدد للبحث والتعبير العلمي، اذ تشمل عمليات المقارنة والتحليل والتركيب الخرائطي[١].عن طريق اختيار واستخدام المتغيرات والعمليات المكانية وتنظيمها من اجل تطوير مسائل تحليلية في نظام معلومات جغرافية. اذ تعتمد على مفهوم الطبقات Layers للبيانات والعمليات والإجراءات. والهدف من هذه الطريقة

المصدر: حكومة اقليم كوردستان، وزارة الداخلية، محافظة اربيل، قضاء سهل اربيل، الشعبة الادارية.

(1) Jasmina Jovanovic and Dragica Zivkovic, cartographic modeling of the population density in the function of research of spatial – demographical relations, 2005, Internetlink: https://www.researchgate.net/publication/275633855_Cartographic_modeling_of_the_population_density_in_the_function_of_research_of_spatial-demographical_relations

هو صنع طبقات خرائطية جديدة باستخدام طبقات خرائط حالية وإتباع عمليات متسلسلة بصيغة اجراءات للوصول الى المنتج الخرائطي الذي يسعى اليه المستخدم. ويشمل المصطلح أيضا بان النمذجة الخرائطية موجهة تجاه العمليات أكثر مما هي موجهة نحو الناتج. فاهتمامها الرئيس هو ليس بطريقة جمع البيانات واستدامتها أو نقلها بل بطريقة استخدام البيانات نحو منتج خرائطي ذات معنى جغرافي ، وبذلك تسعى الى ابراز القدرات التحليلية والتركيبة لنظم المعلومات الجغرافية ،وتقوم بذلك من خلال تفكيك البيانات ومعالجتها والتحكم بمعالجة البيانات إلى عناصر ابتدائية يمكن إعادة تركيبها مرة أخرى بسهولة ومرونة [١].

٢- تصنيف الملاءمة المكانية الزراعية

تعد معرفة موارد الاراضي حاجة اساسية، خاصة في البلدان النامية. ولتقليل الضغط على الموارد الطبيعية وتحديد الاستعمال المناسب للأرض، فمن الضروري اجراء تقييم علمي لها من خلال تصنيف مدى ملاءمتها لاستعمالات معينة[٢]. اذ حددت منظمة الاغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة FAO اصناف الملائمة ضمن صنفين رئيسين يتفرعان الى مستويات ترتيبية، الا وهو الصنف (S ملائم) الذي يتفرع الى ثلاث مستويات والصنف (N غير ملائم) الذي يتفرع الى مستويين، وبذلك يكون مجموع اصناف الملاءمة المكانية الزراعية خمس مستويات، على النحو الاتي[٣]:-

١- الصنف S1 (ملاءمة عالية Highly Suitable): وتشمل الاراض التي ليس لها محددات تذكر لاستعمال زراعي معين، بحيث تقلل من انتاجية المحصول او تزيد من تكاليف الانتاج فوق المستوى المقبول.

٢- الصنف S2 (ملاءمة معتدلة Moderately Suitable): وتشمل الاراض التي لها محددات معتدلة لاستعمال زراعي معين، وهذه المحددات تعمل على تقليل الانتاجية وزيادة التكاليف بشكل نسبي فوق المستوى المقبول. وعلى الرغم من ان هذا الصنف من الاراضي لازال جيدا، لكنه اقل اهمية من الاراضي ذات الصنف S1.

---

(1) C. Dana Tomlin, GIS and Cartographic Modeling, ESRI Press, California, USA, Second Edition, 2012.p.3

(2) Hanieh Saremi, et al., GIS based evaluation of land suitability: A case study for major crops in Zanjan University region, Journal of Food, Agriculture & Environment, Vol. 9, Issue 1, 2011, p.741.

(3) FAO and Agriculture Organization of the United Nations, A framework for land evaluation, Vol. 32, 1976, Web Book, Internet link: http://www.fao.org/3/x5310e/x5310e04.htm#3.2%20structure%20of%20the%20suitability%20classification

٣- الصنف S3 (ملاءمة ضعيفة Marginally Suitable): وتشمل الاراضي التي لها محددات شديدة لاستعمال زراعي معين، وهذه المحددات تعمل على زيادة تكاليف الانتاج على نحو اكبر من المنافع المتوخاة من الاستعمال الزراعي المعني.

٤- الصنف N1 (غير ملائم حاليا Currently not Suitable): وتشمل الاراضي التي لها محددات شديدة جدا تمنع توطن استعمال زراعي معين، ولكن يمكن التغلب على هذه المحددات بمرور الزمن. اي تكون التقنيات الحالية غير مجدية للاستصلاح فضلا عن عدم مقبولية النفقات المعدة لذلك في الوقت الحاضر.

الصنف N2 (غير ملائم دائما Permanently not Suitable): وتشمل الاراضي التي لها محددات شديدة جدا تمنع اي احتمالات ممكنة لتوطن استعمال زراعي معين.

٣- تقييم اصناف الملاءمة المكانية الزراعية

يحكم على اصناف الملاءمة من خلال عملية تقييم خصائص الارض بما فيها المناخ، اذ ان كل متغير من المتغيرات الداخلة في خاصية الارض (طوبوغرافيا، تربة، مناخ)، له مديات عددية معينة متفق عليها عالميا ومن ثم له تقييما محددا[١].اي يتم التقييم استنادا الى مديات خاصة معنية بكل متطلب من متطلبات زراعة محصول معين، وتكون مقسمة على اساس اصناف الملاءمة الخمس (S1, S2, S3, N1, N2,). يعطى التصنيف الاعلى على الاطلاق ضمن الصنف S1 قيمة ١٠٠ اذ يكون المتطلب خالي من المحددات، وكلما كثرت المحددات او ابتعدت قيمة المتطلب عن الوضع المثالي لمحصول معين انخفضت قيمته عن الـ 100، وهكذا تكون اصناف الملاءمة عبارة عن مديات عددية قيمتها تبدأ من الصفر الى الـ ١٠٠[٢][٣]، ينظر الجدول (١).

(1) Edoardo A.C. Costantini, Manual of methods for soil and land evaluation, Science Publishers, USA, 2009, p. 8.

(2) C. Cys, et al., Land Evaluation Part II Methods in Land Evaluation, Agricultural Publication, Brussels – Belgium, 1991, p.127.

(3) Edoardo A.C. Costantini, Manual of methods for soil and land evaluation, Science Publishers, USA, 2009, p.p 163 – 176.

الجدول (١)

معايير تقييم ملاءمة الخصائص الطبيعية على زراعة محصول الذرة الصفراء

Land Qualities صفات الارض	Variables متغير	Unit الوحدة	اصناف الملائمة				
			S1	S2	S3	N1	N2
			تقييم الاصناف من 100				
			100 – 85	85 – 60	60 – 40	40 – 25	25 - 0
المناخ	الحرارة	^{o}C	24 - 18	18 - 16	16 - 14	-	14<
			24 - 32	32 - 35	35 - 40	-	> 40
	الامطار	ملم / سنة	750 - 1200	1200 - 1600	> 1600	-	-
			750 - 500	500 - 400	400 – 300	-	< 300
الطوبوغرافيا	انحدار	%	0 – 2	2 - 4	4 - 6	-	> 6
الخصائص الفيزيائية للتربة	النسجة	صنف	C, SiC, SiCL، CL, Si, SiL, SC, L, SCL	SL, LS	S	–	C massive
	عمق التربة	سم	> 75	50– 75	20–49	-	< 20
الخصائص الكيميائية للتربة	المادة العضوية OM	%	> 3.5 – 2	2 – 1.4	1.4 <	-	-
	CaCo3	%	30 – 40	> 40		-	-
	CEC	Me/100 gr Soil	> 24 - 16	< 16 (-)	< 16 (+)	-	-
	ECe	dS/m	0 – 5	5 – 7	7 – 10	-	> 10
خصوبة التربة	pH	–	6.6 – 7.8	7.8 – 8.2	8.2 – 8.5	-	> 8.5

المصدر :

1- Edoardo A.C. Costantini, Manual of methods for soil and land evaluation, Science Publishers, USA, 2009, p.p 163 – 176.
2- C. Cys, et al., Land Evaluation Part III Crops Requirements, Agricultural Publication, Brussels – Belgium, 1993, p.p 25 – 174 .

وعلى الجانب الاخر، تحسب كل خاصية من خصائص الارض المناسبة لزراعة محصول معين بعد استيفاء متغيراتها، ذلك باستخدام معادلة خاصية الارض على النحو الاتي[١]:-

$$I = A * \left(\frac{B}{100}\right) * \left(\frac{C}{100}\right) * \dots\dots \left(\frac{n}{100}\right)$$

اذ ان: I = ملاءمة خاصية الارض، $A, B, C, \dots\dots n$ = المتغيرات الداخلة في ذات الخاصية

بمعنى اخر، تحسب ملاءمة كل متغير اعتمادا على قيمته من ١٠٠، وبذلك تقسم الدرجات على اساس اصناف الملاءمة الخمس، في حين يتم حساب ملاءمة كل خاصية اعتمادا على المعادلة السابقة بإدخال المتغيرات المرتبطة بها ثم تقسم قيمة الخاصية من 100 على اساس الاصناف الخمس، كما في الجدول (٢).

الجدول (٢)

تقييم المتغيرات والخصائص للملاءمة المكانية الزراعية

اصناف الملائمة	تقييم المتغيرات	تقييم الخصائص	مستوى المحددات
S1	85.1 - 100	75.1 - 100	لا يوجد محددات
S2	60.1 - 85	50.1 - 75	محددات متوسطة
S3	40.1 - 60	25.1 - 50	محددات شديدة
N1	20.1 - 40	12.5 - 25	محددات شديدة جدا
N2	0 - 20	0 – 12.4	محددات شديدة جدا

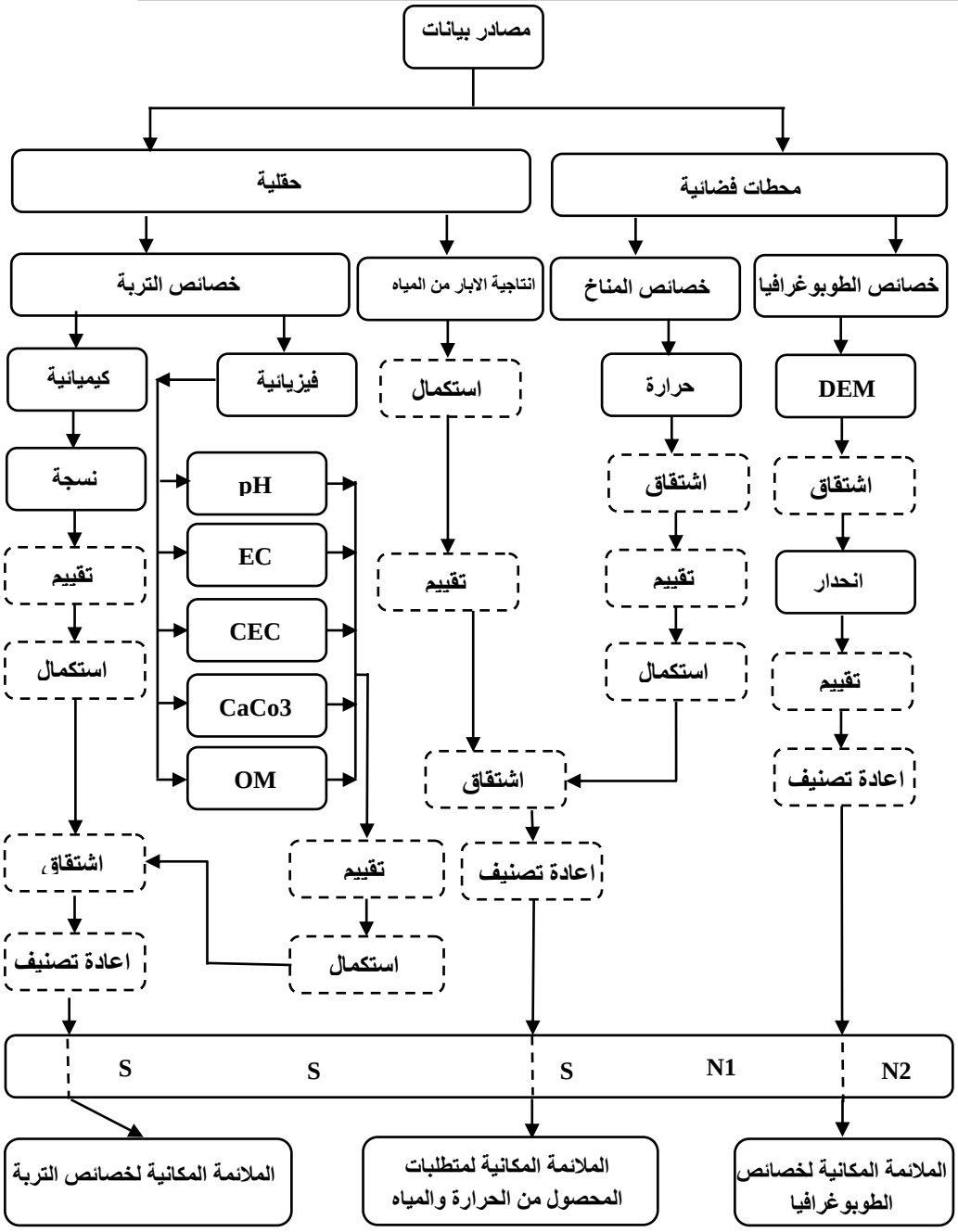
C. Cys, et al., Land Evaluation Part II Methods in Land Evaluation, Agricultural Publication, Brussels – Belgium, 1991, p.128.

٥- نمذجة الخصائص الطبيعية

تتضمن الخصائص الطبيعية لمحصولي القمح والشعير في مفهوم الملاءمة المكانية الزراعية حسب ما اورده C.Sys واخرون عام ١٩٩٣، ثلاث خصائص رئيسة، الا وهي خصائص المناخ التي تشمل متغيرات الحرارة والامطار بوصفها متغيرات رئيسة متحكمة في نمو المحصول، والخصائص الطوبوغرافية التي تشمل متغير انحدار سطح الارض، وخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية [٢].

(1) C. Cys, et al., Land Evaluation Part I Principle in Land Evaluation and Crop Production Calculations, Agricultural Publication, Brussels – Belgium, 1991, p.71.

(2) C. Cys, et al., Land Evaluation Part III, op cit., 1993, p.p 25 – 174.



الشكل (١)

مخطط النمذجة الخرائطية للملاءمة المكانية الزراعية للخصائص الطبيعية لمحصول الذرة الصفراء في قضاء سهل اربيل

المصدر : الباحث، اعتمادا على C. Cys, et al., 1993.

٥-١ نمذجة ملاءمة متطلبات الحرارة ومياه الري لمحصول الذرة الصفراء

تعتمد زراعة محصول الذرة الصفراء في قضاء سهل اربيل على مياه الري، اذ يزرع ابتداء من ٢٠ حزيران الى ١٥ تشرين الاول وبذلك تستغرق مدة زراعة المحصول ١١٧ يوما[١]، وبذلك يعد موعد زراعة الذرة الصفراء في المناطق الشمالية في العراق مبكرا مقارنة بالمناطق الوسطى والجنوبية، التي تبدأ فيها زراعة المحصول في ١ من شهر تموز عند للزراعة المبكرة الى ٣٠ تموز عند للزراعة المتأخرة[٢]. ان السبب في تبكير زراعة الذرة الصفراء في المناطق الشمالية من العراق هو لتجنب تلاقي مدة نضوج المحصول مع موسم سقوط الامطار الذي يبدأ في المناطق الشمالية قبل الجنوبية من العراق، اذ تعمل الامطار بدورها على تعفن المحصول وتلفه عندما يتزامن سقوطها مع مرحلة النضج.

ومن اجل نمذجة متطلبات درجة الحرارة لمحصول الذرة الصفراء خرائطيا استنادا على ما سبق، تم جمع معدل الحرارة الشهري للأشهر الخاصة بمدة نمو المحصول موزونة بعدد ايام الاشهر المتضمنة مدة النمو، ومقسمة على عدد الايام المعنية بالمدة الكلية لنمو المحصول، وبذلك كانت المعادلة التي نفذت في جدول البيانات الوصفية في برنامج ArcGIS 10.7.1 في هذا السياق، على النحو الاتي:-

((JUN*10) + (JUL*31) + (AUG*31) + (SEP*30) + (OCT *15)) / 117

كما تتطلب زراعة الذرة الصفراء المعتمدة على مياه الري في دورة نمو المحصول البالغة ١١٧ يوما، حجما مائيا مقداره ٩٥٠٠ م^{٣} / هكتار [٣].

تبعا لذلك، تم نمذجة متغير الحرارة خرائطيا بإخضاع البيانات المقيمة في جدول البيانات الوصفية الى الاستكمال المكاني. اما متغير متطلبات المحصول من مياه الري، فقد تم نمذجته باستكمال بيانات انتاجية الابار من المياه في قضاء سهل اربيل، ينظر الجدولين (٣) و (٤) ، والخريطة (٢).

---

(١) جمهورية العراق، وزارة الزراعة، البرنامج الوطني لإعداد خرائط التقسيم البيئي الزراعي في العراق، مصدر سابق.

(٢) جمهورية العراق، وزارة الزراعة، شبكة الارصاد الجوية الزراعية العراقية، رابط الانترنت: https://agromet.gov.iq/

(٣) الياس عويل، دليل زراعة محصول الذرة الصفراء، وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية، ٢٠١٣، ص ١٩.

الجدول (٣)

معدل الحرارة السنوي للأعوام ٢٠٠٢ – ٢٠١٩ للمحطات المناخية المحيطة بقضاء سهل اربيل

المحطة	WGS84 Zone 38		المسافة عن المركز المكاني للقضاء بالكم	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
	X	Y														
١	385586	3846030	143.95	7.29	7.99	14.85	20.28	27.86	33.16	37.65	37.12	33.09	24.17	16.49	11.50	22.71
٢	431353	3845580	140.64	7.98	8.30	15.10	20.71	27.83	33.15	38.03	37.79	33.67	24.67	16.92	12.35	23.13
٣	477118	3845350	151.53	7.64	7.70	14.43	20.18	27.03	32.98	37.85	37.57	33.36	24.23	16.48	12.23	22.73
٤	340789	3902170	115.27	6.60	7.50	14.12	19.32	27.03	32.79	37.33	36.62	32.61	23.50	15.77	10.56	22.06
٥	386280	3901480	90.84	6.97	7.65	14.26	19.57	27.03	32.66	37.36	36.81	32.74	23.68	15.94	11.24	22.25
٦	431769	3901030	85.53	7.03	7.37	13.89	19.42	26.57	32.39	37.45	37.07	32.91	23.70	15.91	11.56	22.19
٧	477257	3900800	102.38	5.95	6.06	12.48	18.25	25.13	31.42	36.35	35.93	31.78	22.41	14.68	10.65	21.01
٨	522743	3900800	133.21	4.84	4.68	11.05	17.04	23.79	30.31	35.04	34.56	30.46	21.00	13.27	9.53	19.72
٩	296558	3958560	126.56	6.05	6.96	13.31	18.60	25.84	32.02	36.74	36.00	32.04	22.73	14.97	9.87	21.34
١٠	341772	3957630	83.28	6.25	7.13	13.47	18.85	26.16	32.23	36.97	36.26	32.25	22.96	15.19	10.35	21.59
١١	386983	3956940	43.95	6.41	7.13	13.45	18.84	26.11	32.24	37.05	36.43	32.35	23.06	15.28	10.78	21.68
١٢	432191	3956480	31.66	5.76	6.18	12.41	18.01	25.34	31.69	36.55	36.01	31.85	22.31	14.58	10.32	21.00
١٣	477397	3956250	64.41	4.55	4.62	10.79	16.61	23.82	30.27	35.06	34.54	30.45	20.76	13.13	9.10	19.56
١٤	522603	3956250	106.62	2.79	2.38	8.70	14.67	21.61	28.15	32.94	32.38	28.38	18.58	11.00	7.20	17.49
١٥	297839	4014030	125.54	5.67	6.58	12.63	18.13	24.93	31.69	36.63	35.86	31.86	22.24	14.49	9.89	20.97
١٦	342769	4013100	82.07	5.68	6.52	12.63	18.21	25.15	31.79	36.70	35.97	31.89	22.25	14.46	10.00	21.02
١٧	387694	4012400	41.99	5.61	6.33	12.37	17.93	25.02	31.59	36.51	35.85	31.72	22.09	14.21	10.02	20.85
١٨	432618	4011940	28.99	3.98	4.41	10.31	16.01	23.21	29.77	34.67	34.10	29.99	20.08	12.40	8.56	19.04

المحطة	WGS84 Zone 38		المسافة عن المركز المكاني للقضاء بالكم	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
	X	Y														
١٩	477539	4011710	62.97	2.12	2.09	8.08	13.85	21.02	27.49	32.35	31.84	27.79	17.76	10.38	6.61	16.87
٢٠	522461	4011710	105.54	0.26	0.35	5.97	11.83	18.72	25.16	30.12	29.59	25.57	15.49	8.27	4.46	14.68
٢١	299136	4069500	147.16	4.73	5.67	11.38	16.81	23.47	30.77	35.73	34.96	30.98	21.10	13.37	9.61	19.97
٢٢	343777	4068570	112.65	3.75	4.55	10.33	15.80	22.56	29.70	34.70	34.01	29.92	19.94	12.20	8.60	18.92
٣٢	388414	4067870	88.02	3.21	3.83	9.59	15.04	22.07	29.01	33.92	33.35	29.19	19.22	11.37	7.88	18.22
٢٤	433050	4067400	82.65	1.52	1.88	7.62	13.16	20.21	26.89	31.81	31.28	27.20	17.08	9.53	6.21	16.28
٢٥	477683	4067170	99.68	1.01	0.95	4.95	10.50	17.39	23.77	28.72	28.30	24.28	14.07	7.06	3.73	13.48
٢٦	522317	4067170	130.63	1.98	2.35	3.92	9.63	16.31	22.56	27.41	27.01	22.97	12.84	6.01	2.40	12.31
٢٧	344797	4124040	157.48	2.07	1.25	5.13	10.23	16.49	23.61	28.85	28.41	24.41	14.16	6.92	4.52	13.37
٢٨	389143	4123340	141.02	2.98	2.04	4.06	9.16	15.56	22.60	27.69	27.40	23.35	12.99	5.80	3.38	12.33
٢٩	433487	4122870	137.75	3.52	2.57	3.49	8.53	15.13	21.91	26.75	26.42	22.46	12.09	5.20	2.49	11.61
٣٠	477829	4122640	148.52	3.63	2.98	3.04	8.26	14.88	21.18	25.88	25.64	21.70	11.46	4.88	1.81	11.09

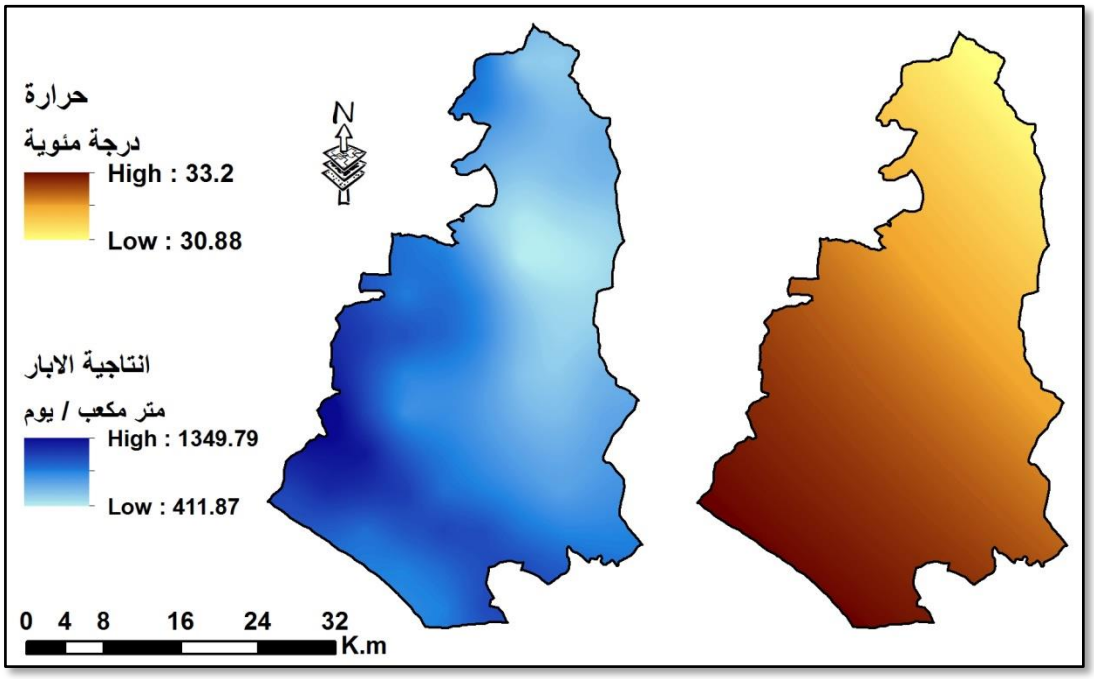
المصدر : NASA: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer

الجدول (٤)

انتاجية الابار من المياه في قضاء سهل اربيل

رقم البئر	WGS84 Zone 38		الانتاجية م٣/ يوم	رقم البئر	WGS84 Zone 38		الانتاجية م٣/ يوم	رقم البئر	WGS84 Zone 38		الانتاجية م٣/ يوم
	X	Y			X	Y			X	Y	
1	416181	3961070	847.05	28	416181	3977070	866.16	55	416181	3993070	923.28
2	420181	3961070	1031.71	29	420181	3977070	781.58	56	420181	3993070	792.81
3	412181	3965070	849.49	30	424181	3977070	703.21	57	424181	3993070	558.07
4	416181	3965070	926.38	31	428181	3977070	668.10	58	428181	3993070	486.16
5	420181	3965070	1019.14	32	432181	3977070	718.52	59	412181	3997070	905.28
6	424181	3965070	1041.41	33	404181	3981070	1350.11	60	416181	3997070	866.30
7	428181	3965070	977.15	34	408181	3981070	1057.38	61	420181	3997070	674.21
8	404181	3969070	971.93	35	412181	3981070	783.14	62	424181	3997070	412.92
9	408181	3969070	906.27	36	416181	3981070	799.16	63	428181	3997070	432.21
10	412181	3969070	999.75	37	420181	3981070	734.47	64	432181	3997070	470.08
11	416181	3969070	1054.69	38	424181	3981070	630.40	65	420181	4001070	554.50
12	420181	3969070	1027.60	39	428181	3981070	599.32	66	424181	4001070	446.20
13	424181	3969070	901.65	40	432181	3981070	680.83	67	428181	4001070	496.25
14	428181	3969070	829.90	41	408181	3985070	1031.20	68	432181	4001070	523.28
15	432181	3969070	826.04	42	412181	3985070	825.78	69	424181	4005070	550.61
16	400181	3973070	1052.80	43	416181	3985070	821.82	70	428181	4005070	593.22
17	404181	3973070	1150.66	44	420181	3985070	757.21	71	432181	4005070	628.48
18	408181	3973070	1117.97	45	424181	3985070	579.33	72	420181	4009070	709.35
19	412181	3973070	1083.64	46	428181	3985070	549.05	73	424181	4009070	645.29
20	416181	3973070	908.48	47	432181	3985070	639.46	74	428181	4009070	612.02
21	420181	3973070	854.26	48	408181	3989070	1078.09	75	432181	4009070	658.14
22	424181	3973070	778.84	49	412181	3989070	1011.64	76	420181	4013070	865.67
23	428181	3973070	713.58	50	416181	3989070	940.86	77	424181	4013070	701.16
24	432181	3973070	760.08	51	420181	3989070	814.65	78	428181	4013070	590.99
25	404181	3977070	1229.62	52	424181	3989070	599.57	79	420181	4017070	883.44
26	408181	3977070	1220.03	53	428181	3989070	515.75	80	424181	4017070	548.04
27	412181	3977070	982.40	54	412181	3993070	863.52	81	428181	4017070	542.97

المصدر : جمهورية العراق ، حكومة اقليم كوردستان، وزارة التخطيط ، دائرة احصاء محافظة اربيل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية ، بيانات انتاجية الابار ، ٢٠١٩.



الخريطة (٢)

معدل الحرارة للسنوات (٢٠٠٢ – ٢٠١٩) ضمن مدة نمو محصول الذرة الصفراء وانتاجية الابار من المياه في قضاء سهل اربيل

المصدر: الباحث، اعتمادا على الجدولين (٣) و (٤).

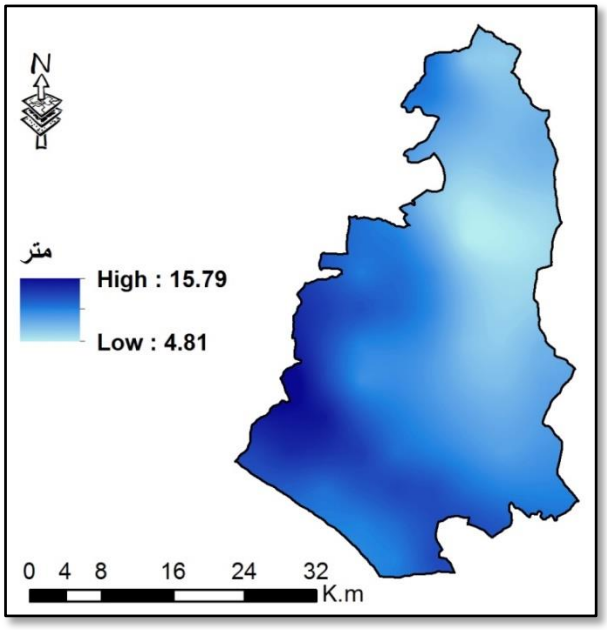
ان وحدة قياس انتاجية الابار من المياه هي بالمتر^{٣} / يوم، بينما وحدة قياس متطلبات زراعة الذرة الصفراء من مياه الري هي بالمتر^{٣} / هكتار كما ذكر انفا. ومن اجل حساب ما اذا كانت انتاجية الابار في قضاء سهل اربيل تغطي الاحتياجات المائية لزراعة محصول الذرة الصفراء ام لا، لابد من توحيد وحدات القياس لغرض المقارنة، لذلك استعان الباحث بمعادلة عمق الري Irrigation depth في تحويل وحدتي متطلبات الري للمحصول وانتاجية الابار من المياه الى وحدة واحدة معنية بعمق الري، على النحو الاتي[١]:-

$$I_d = W_V / A$$

اذ ان: I_d = عمق الري، W_V = حجم الماء المضاف، A = مساحة المنطقة المزروعة.

وبقسمة ٩٥٠٠ متر^{٣} على ١٠٠٠٠ متر^{٢} الذي يساوي هكتارا واحدا، سوف يكون عمق الري اللازم لاحتياجات الذرة الصفراء في دورة نموها البالغة ١١٧ يوما نحو ٠,٩٥ م. تبعا لذلك، استخدم جبر الخرائط في قسمة الخريطة المنمذجة على ١٠٠٠٠ ثم ضربت في ١١٧ لتحويلها من نموذج خرائطي لإنتاجية المياه بالمتر^{٣} / يوم، الى نموذج خرائطي لعمق الري المقاس بالمتر، والمتوفر في المنطقة خلال دورة نمو محصول الذرة الصفراء. ينظر الخريطة(٣).

(1) Evaluation of a Small Basin Water-Harvesting System in the Arid Region of Jordan, Journal of Water Resources Management, Netherlands, 1996, p. 25.

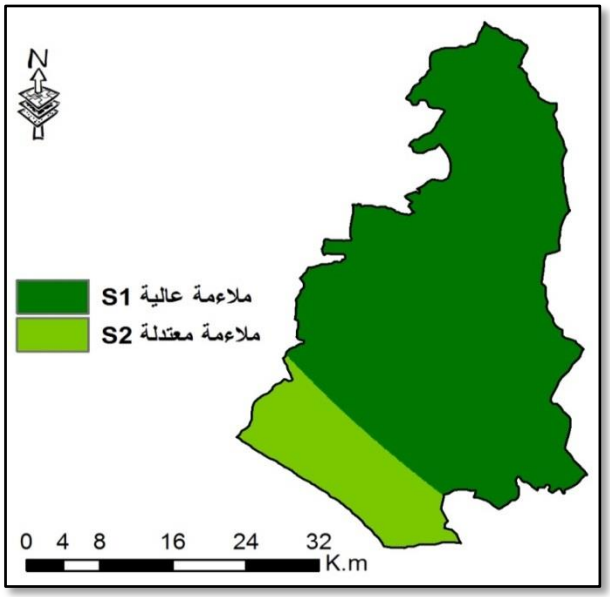


الخريطة (٣)

عمق الري المتوفر في قضاء سهل اربيل خلال مدة نمو محصول الذرة الصفراء

المصدر: الباحث، اعتمادا على الجدول (٤)

وفي ضوء خريطة عمق الري المنمذجة انفا، يلاحظ ان اقل المناطق انتاجية للمياه في قضاء سهل اربيل، تغطي حوالي اربعة اضعاف متطلبات محصول الذرة الصفراء من المياه خلال دوره نموه. ومن اجل الوصول الى ملاءمة متطلبات محصول الذرة الصفراء من الحرارة والمياه، تم اعطاء تقييما لمياه الري بنسبة مقدارها ١٠٠%، ثم ادخالها بعد ذلك الى معادلة خاصية الارض للوصول الى خريطة الملاءمة لمتغيري الحرارة ومياه الري، ينظر الخريطة(٤).



الخريطة (٤)

الملاءمة المكانية الزراعية لمتطلبات محصول الذرة الصفراء من معدل الحرارة للسنوات (٢٠٠٢ – ٢٠١٩) ومياه الري في قضاء سهل أربيل

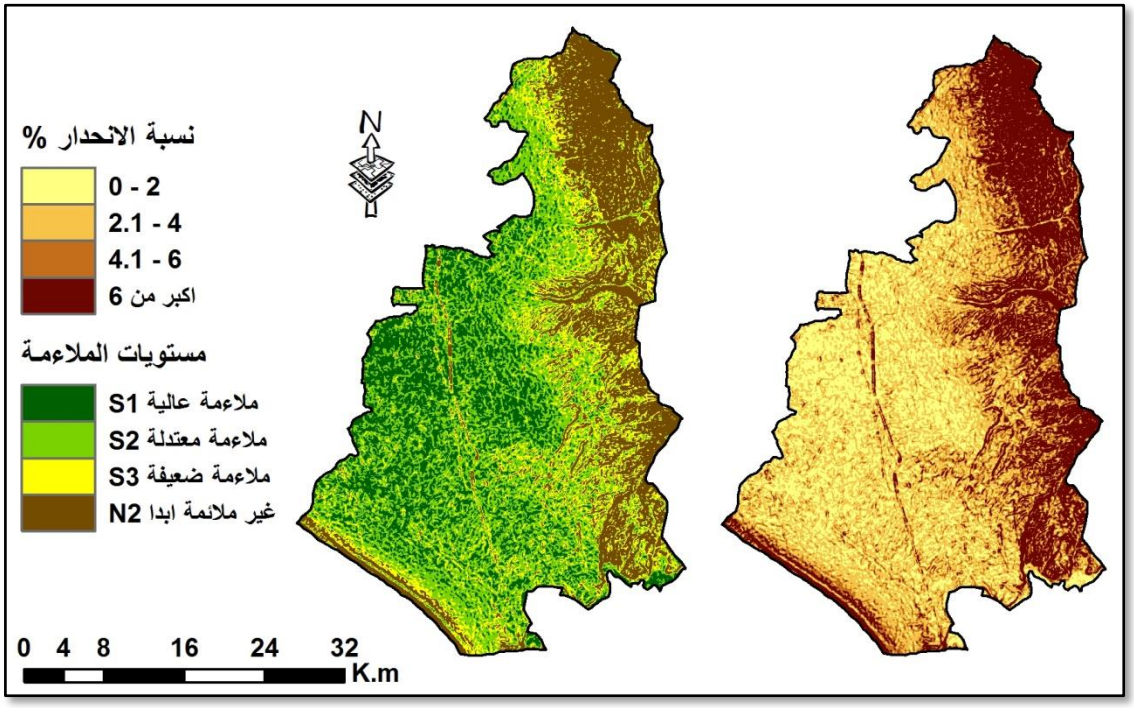
المصدر: الباحث، اعتمادا على الجدولين (١) و (٢).

يتضح من الخريطة اعلاه، سيادة صنف الملاءمة العالية لمتطلبات محصول الذرة الصفراء من درجات الحرارة ومياه الري في قضاء سهل اربيل بواقع ١٠٩١,٤٧ كم^{٢} وبنسبة ٨٤%، اما صنف الملاءمة المعتدلة فقد شغل مساحة مقدراها ٢١٣,٨٤ كم^{٢} وبنسبة ١٦% من مجموع مساحة القضاء.

٥-٢ نمذجة الخصائص الطوبوغرافية

من المعلوم ان الطوبوغرافيا ذات عامل مؤثر في انتاجية الارض، اذ ان وعورة التضاريس تعرقل الزراعة بسبب سيادة التعرية الناتجة عن الجريان السطحي للماء فضلا عن صعوبة استخدام المكننة الزراعية ، على عكس الارض المنبسطة وشبه المنبسطة. اذن زيادة التضاريس تتناسب طرديا مع انخفاض ملاءمة الارض على زراعة الذرة الصفراء كما اكده معيار الطوبوغرافيا الذي وضعه C.Sys واخرون عام ١٩٩٣ [(١)]، ينظر الملحق (٢).

وقد نمذجت خصائص الطوبوغرافيا خرائطيا بالاعتماد على النموذج الرقمي للارتفاعات DEM بدقة تمييزية ٣٠ متر، الذي اشتق منه المنحدر الارضي Slope، ثم صنف المنحدر الارضي الى فئات انحدارية تتناسب ومتطلبات محصول الذرة الصفراء. ثم اعيد تصنيفه مرة ثانية بعدما قيمت ملاءمته في ضوء المعايير المعتمدة. ينظر الخريطة (٥).



الخريطة (٥)

ملاءمة الخصائص الطوبوغرافية لزراعة محصولي القمح والشعير في قضاء سهل اربيل

المصدر : الباحث، اعتمادا على الجدولين (١) و (٢).

شكلت اصناف ملاءمة الخصائص الطوبوغرافية S1 و S2 وS3 و N2 مساحات قدرها ٣٣٠,٢٧٧ و ٤٣٧,٤٤٩ و ٢١٧,٤٩٣ و ٣٢٠,٠٨٨ كم^{٢}، وبنسب مقدارها ٢٥,٣ و ٣٣,٥ و ١٦,٧ و ٢٤,٥ % على التوالي. وبذلك تقل ملاءمة الخصائص الطوبوغرافية باتجاه الشرق والشمالي الشرقي وتزيد الملاءمة باتجاه الغرب والجنوبي الغربي من القضاء باستثناء المنطقة الواقعة على الحدود الجنوبية الغربية من قضاء سهل اربيل. بمعنى اخر، ان

(1) C. Cys, et al., 1993, p.p 25 – 174.

اكثر من نصف مساحة القضاء بنسبة ٥٨ % ذات ملاءمة عالية ومعتدلة من الناحية الطوبوغرافية لزراعة محصول الذرة الصفراء، وان ١٦,٧ % هي ذات اراضي حدية تتطلب تكاليفا عالية في استصلاحها لزراعة ذات المحصول. في حين ان ربع مساحة المنطقة لا تصلح لزراعة المحصول اطلاقا من الناحية الطوبوغرافية.

٥-٣ نمذجة خصائص التربة

تعتمد نمذجة ملاءمة خصائص التربة على خواصها الفيزيائية والكيميائية بما يتناسب وزراعة محصول الذرة الصفراء، لذلك اعتمد الباحث في نمذجة الخصائص الفيزيائية على نسجة التربة، Soil Texture التي تشير الى نسبة الرمل والطين والغرين Sand, Clay and Silt. اذ تعد التربة متوسطة النسيج التي لها نسبة متساوية تقريبًا من الرمل والطين والغرين، الاجود في الزراعة على نحو عام، بسبب امكانية ممارسة الحراثة الجيدة عليها فضلا عن احتفاظها بالمياه(١).

كما تعمل المادة العضوية كمخزن للكثير من العناصر الغذائية اللازمة للنبات، كما انها تحافظ على القدرة التنظيمية من حيث تحسين بنيتها ونظام التهوية وتسلل المياه ومقاومتها لعمليات التعرية، لذلك تزداد خصوبة التربة بازدياد المادة العضوية(٢). كما ان ارتفاع السعة التبادلية الكاتيونية يعمل على جعل التربة ذات قدرة على امتلاك شحنة موجبة تزيد من امكانيتها على الاحتفاظ بالمعادن المفيدة والمواد العضوية للحيلولة دون ضياعها في مياه الري(٣). اما كاربونات الكالسيوم فتعد من اهم العوامل المؤثرة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، اذ ان ارتفاع كاربونات الكالسيوم في التربة يعمل على زيادة قلويتها، فضلا عن امتصاص العناصر الغذائية للتربة وحرمان النبات منها. كذلك تسبب في عرقلة حركة المياه داخل جسمها مما يؤثر ذلك سلبا على الزراعة(٤).

في حين ان درجة تفاعل التربة pH عند انخفاضه سيكون مستوى الحموضة Acidity مرتفعا، الذي يؤدي الى اختلال في التوازن الغذائي للنبات واضطراب امتصاص العناصر الغذائية، ومن ثم خفض خصوبة التربة. اما ارتفاع درجة التفاعل فسيؤدي الى ملوحة التربة وعرقلة امتصاص النبات لمحتوى المياه وتسممه، وعند الارتفاع العالي للملوحة سوف يؤدي الى فشل عدد كبير من البذور على الانبات، لذلك فان درجة تفاعل التربة المعتدل هي الانسب في الزراعة. كما ان الايصالية الكهربائية Electric Conduction (EC)، تعمل كمقياس لتركيز الاملاح الموجودة في محلول التربة(٥)(٦).

---

(1) K. Juhos and B. Madarasz, Interpretation and Integration of Pedagogical Data in Land Evaluation Systems, Bulgarian Journal of Agricultural Science, Vol 22, No 2,2016, p. 211.

(2) Alexandra Bot and José Benites, The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production, FAO, Rome, Italy, 2005, p.p 1-2.

(3) Djamel Saidi, Importance and Role of Cation Exchange Capacity on the Physicals Properties of the Cheliff Saline Soils (Algeria), Procedia Engineering Journal, Elsevier, 2012, p. 336.

(4) FAO, Standard operating procedure for soil calcium carbonate equivalent Titrimetric method, Rome, , Italy, 2020, p. 3.

(٥) هادي ياسر عبود الجنابي، استصلاح الاراضي التطبيقي، كلية الزراعة جامعة القاسم الخضراء، ٢٠١٦ ، ص ص ١٢٤ – ١٩٣ ، رابط الانترنت : https://www.researchgate.net/publication/321162517

(٦) عبد الله نجم العاني، مبادئ علم التربة، دار ابن الاثير للطباعة والنشر، جامعة الموصل، العراق، ٢٠٠٦، ص ص ١٥٩ – ٢٠٩.

تبعا لم سبق، تم تقييم ملاءمة خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية على زراعة الذرة الصفراء حسب اصناف الملاءمة الزراعية. ومن اجل اتمام النموذج الخرائطي لملاءمة خصائص التربة على زراعة المحصول، تم استكمال تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، ثم اخضاع النماذج المستكملة الى معادلة خاصية الارض ضمن تطبيق جبر الخرائط، واخيرا تم اعادة تصنيف قيم الملاءمة للخروج بخرائط الملاءمة للمحصولين كلاهما. ينظر الجدول (٥) و الخريطتين (٦) و (٧).

الجدول (٥)

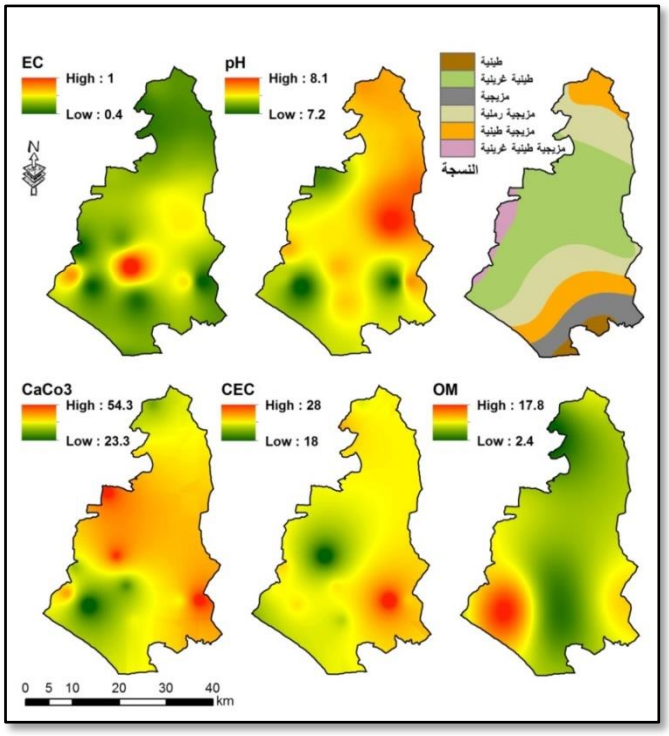
الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة في قضاء سهل اربيل

العينة	WGS84 Zone 38		الخصائص الفيزيائية					الخصائص الكيميائية				
			Clay	Silt	Sand	Texture		pH	EC		CEC	OM	CaCo3
	X	Y	g/Km	g/Km	g/Km	Class		-	dS/m		Cmol/gk	g/Km	g/Km
1.	413806	3984340	230.80	320.50	448.70	loam		7.79	0.51		17.92	7.90	51.80
2.	416022	3978120	282.10	474.40	243.60	clay loam		7.88	1.06		23.32	6.40	32.50
3.	417423	3970610	487.20	397.40	115.40	clay		7.84	0.42		22.13	5.50	39.80
4.	431441	3974960	243.60	410.30	346.20	loam		7.95	0.38		23.86	11.70	54.30
5.	411980	3998040	381.00	520.00	99.00	silty clay loam		7.45	0.59		22.82	8.80	54.00
6.	417042	4012050	294.90	461.50	243.60	clay loam		7.85	0.43		24.56	2.60	37.60
7.	421630	4016930	371.80	384.60	243.60	clay loam		7.94	0.53		22.67	7.90	34.10
8.	404964	3982050	333.30	512.80	153.80	silty clay loam		7.89	0.38		23.64	11.70	36.10
9.	407823	3973850	320.50	551.30	128.20	silty clay loam		7.29	0.39		23.48	17.70	23.40
10.	403382	3976310	249.90	589.70	115.40	siltyclay loam		7.66	0.84		23.00	13.70	45.50
11.	391471	3971230	51.30	320.50	628.20	sandy loam		7.78	0.60		16.95	4.30	36.70
12.	395272	3985530	384.60	525.60	89.70	silty clay loam		7.75	0.49		25.48	14.30	52.30
13.	394939	3993140	357.00	515.00	128.00	silty clay loam		7.42	0.84		25.00	10.90	28.00
14.	409040	4011040	435.90	397.40	166.70	silty clay		7.90	0.28		24.29	4.30	43.10
15.	410837	4023390	410.30	474.40	115.40	silty clay		7.70	0.41		22.08	11.70	42.20
16.	427594	3974860	350.00	444.70	205.30	clay loam		7.35	0.73		28.07	9.60	41.00
17.	444041	4003950	291.06	446.99	261.95	clay loam		7.81	0.47		-	-	-
18.	427116	3987870	375.07	490.47	134.46	silty clay loam		8.16	0.71		-	-	-

المصدر :

1- Char O. Hama-Amen, Using Different Methods to Determine Critical Level of Potassium for Wheat Plant (Triticum durum) in Erbil Plain Soils, MD Thesis is not Published, College of Agriculture, University of Salahaddin, Kurdistan Region of Iraq, 2012, p.p 32 -33.

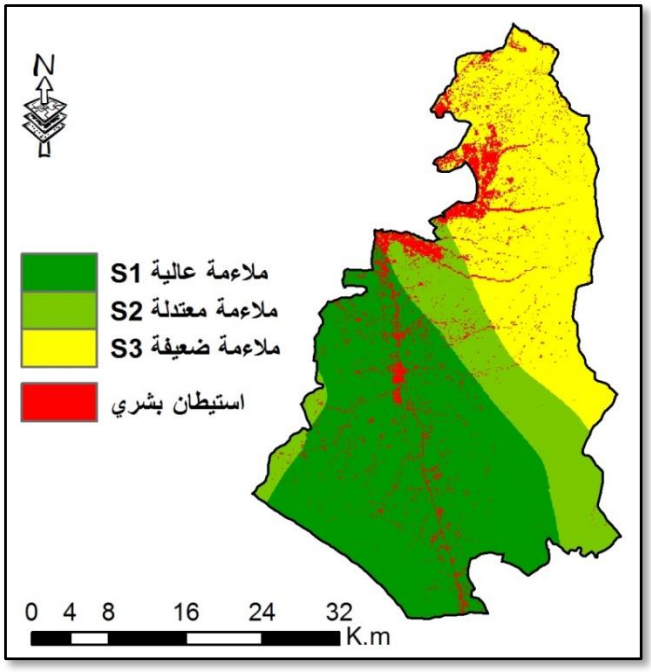
٢- ليلى محمد قهرمان، تحليل جغرافي لخصائص ومشاكل ترب محافظة اربيل وقابلية أراضيها الإنتاجية، اطروحة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة صلاح الدين ، اقليم كوردستان العراق، ٢٠٠٤، ص ص ١٥٧- ١٧٢.



الخريطة (٦)

الخصائص الفيزيائية والكيميائية المعتمدة في تقييم ملاءمة التربة لمحصولي القمح والشعير في قضاء سهل اربيل

المصدر : الباحث، اعتمادا على الجدول (٥)



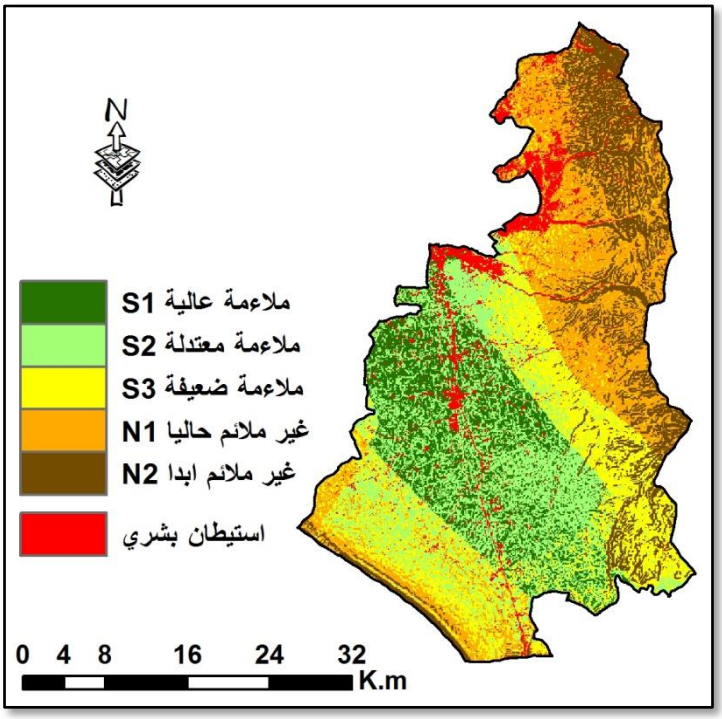
الخريطة (٧)

الملاءمة المكانية الزراعية لخصائص التربة لمحصول الذرة الصفراء في قضاء سهل اربيل

المصدر: الباحث، اعتمادا على الجدولين (١) و (٢).

افصحت الخريطة اعلاه عن الملاءمة المكانية العالية لخصائص التربة بمساحة مقدارها ٥٩٦,٢ كم^{٢} وبنسبة ٤٥,٧% من مجوع مساحة القضاء البالغة ١٣٠٥,٣ اذ ما اخذ بنظر الاعتبار المساحة التي يشغلها الاستيطان البشري البالغة ٩٧,٤ كم^{٢} وبنسبة ٧,٤٦% من مجموع مساحة القضاء عام ٢٠١٩. في حين شغل صنف الملاءمة المعتدلة اصغر مساحات اصناف الملائمة لخصائص التربة بواقع ٢١٨,٥ كم^{٢} وبنسبة ١٦ .٧%. اما صنف الملاءمة الضعيفة المتوطن في الجزء الشمالي الشرقي من قضاء سهل اربيل فشغل مساحة مقدارها ٣٩٣,٢ كم^{٢} وبنسبة ٣٠,١٤% من مجموع المساحة.

وبناء على ما تم نمذجته من الملاءمة المكانية الزراعية للخصائص الطبيعية لمحصول الذرة الصفراء، يبقى استفهام يفرض نفسه على المسرح المفاهيمي والتقني في هذا البحث، الا وهو: ما هي الملاءمة المكانية الزراعية لجميع الخصائص المنمذجة انفا، مجتمعة مع بعضها البعض لذات المحصول؟ . للإجابة عن هذا السؤال تم تنفيذ معادلة خاصية الارض باستخدام تطبيق جبر الخرائط ضمن الاداة Raster Calculator لدمج الخصائص الثلاث (المناخ، الطوبوغرافيا، والتربة)، ينظر الخريطة (٨) والجدول (٦).



الخريطة (٨)

ملاءمة الارض على الزراعة الاروائية لمحصول الذرة الصفراء في قضاء سهل اربيل

المصدر: الباحث ، اعتمادا على الجدول (٢).

الجدول (٦)

مساحة اصناف ملاءمة الارض على زراعة محصول الذرة الصفراء في قضاء سهل اربيل

مستويات الملاءمة	المساحة بالكم^{2}	نسبة المساحة %
ملاءمة عالية	169.10	12.95
ملاءمة معتدلة	315.60	24.18
ملاءمة ضعيفة	247.71	18.98
غير ملائمة حاليا	274.03	20.99
غير ملائمة ابدا	201.46	15.43
استيطان بشري	97.40	7.46
المجموع	**1305.3**	**100**

المصدر: الباحث اعتمادا على الخريطة (٨)

افصحت النمذجة الخرائطية لملاءمة الارض على زراعة محصول الذرة الصفراء، ان قلب القضاء هو ذات ارض خصبة وملائمة لزراعته، كما يلاحظ في الجدول (٦). اذ تشكل مساحة صنف (الملاءمة العالية S1) ١٢,٩٥%. اما صنف الملاءمة المعتدلة، فيلاحظ توطنه بين صنف الملاءمة العالية وعلى ظهيريه الشمالي والجنوبي، اذ تشكل مساحته نحو ٢٤,١٨% من مجموع مساحة القضاء. اما صنف الملاءمة الضعيفة، فقد شكلت مساحته نحو ١٨,٩٨%. بيد ان صنف غير ملائمة حاليا N1 فقد استقر في الجزء الشمالي و الشمالي الشرقي مع توطنه في الجزء الجنوبي من القضاء على شكل شريط متآخم لطية كركوك، اذ شكلت مساحته نحو ٢٠,٩٩%. واخيرا شكل صنف غير ملاءمة ابدا N2 مساحة مقدارها نحو١٥,٤٣% من مجموع مساحة القضاء.

كما لم يظهر اثر المناخ على السيناريو الخرائطي للملاءمة، ويعزى ذلك الى ان الخصائص المناخية ذات ملاءمة تتراوح بين عالية ومعتدلة، وان الصنف المعتدل لملاءمة الخصائص المناخية تفاعل مع اصناف ضعيفة لملاءمة الخصائص الاخرى كالتربة وانحدار سطح الارض، وبالوقت ذاته، فقد اثر صنف الملاءمة المعتدلة للمناخ على السيناريو النهائي لملاءمة الارض على زراعة الذرة الصفراء، اذ لم يمتد صنف الملاءمة العالية الى جنوب القضاء بسبب توطن صنف الملاءمة المعتدلة للمناخ. لذلك تعد خصائص التربة وانحدار سطح الارض العوامل الاكثر تأثيرا في رسم سيناريوهات ملاءمة الارض على زراعة محصول الذرة الصفراء في قضاء سهل اربيل. وبذلك يمكن لنموذج ملاءمة العوامل الطبيعية على زراعة محصول الذرة الصفراء، ان يدعم عمليات التخطيط الزراعي، بوضعها بين ايدي اصحاب القرار، خاصة اذا كان الاهتمام بالتركيز على المحاصيل الاستراتيجية، وهكذا سوف تدعم الخرائط المنمذجة تطوير زراعة الذرة الصفراء في قضاء سهل اربيل.

الاستنتاجات

١- كشف البحث عن ان النمذجة الخرائطية هي منهجية ناجحة في تحويل المعايير والمتغيرات العددية الى خرائط يمكن معاملتها رياضيا للكشف عن مكنونات الظاهرة المنمذجة، وبذلك نقلت الخريطة من مرحلة الايضاح الى مرحلة التفكير الجغرافي.

٢- تعد خريطة ملاءمة العوامل الطبيعية على زراعة محصول الذرة الصفراء، وثيقة مكانية يمكن ان تدعم اصحاب القرار في عملية التخطيط الزراعي ، خاصة ان تلك النماذج معنية بزراعة الذرة الصفراء التي تعد من اهم المحاصيل الاستراتيجية التي تدخل في الامن الغذائي الوطني بعد القمح والارز.

٣- يفضل الابتعاد عن استثمار الارض في زراعة محصول الذرة الصفراء في الجانب الشرقي من قضاء سهل اربيل، ذلك لتوطن اصناف دنيا من ملاءمة العوامل الطبيعية على زراعة ذات المحصول.

٤- وعلى اساس النقطة السابقة، يمكن القول بان تكاليف انتاج محصول الذرة الصفراء سوف ترتفع بالابتعاد عن منطقة قلب القضاء (وسطه) باتجاه الشمال والشرق وجزء من الجنوب على نحو عام، لذلك يفضل استثمار هذه المناطق بمحاصيل زراعية اخرى.

٥- اظهرت النماذج الخرائطية اثرا واضحا لخصائص التربة والطوبوغرافية على السيناريو النهائي لملاءمة العوامل الطبيعية على زراعة محصول الذرة الصفراء، على عكس خصائص المناخ، خاصة في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من قضاء سهل اربيل. اذ يعزى ذلك بان صنف الملاءمة المعتدلة للخصائص المناخية قد تفاعل رياضيا مع اصناف دنيا من ملاءمة التربة والطوبوغرافيا اثناء عملية جبر الخرائط باستخدام معادلة خاصية الارض. فظهرت هذه المناطق ذات اصناف دنيا من الملاءمة.

٦- يمكن تعميم التكنيك المستخدم في النمذجة الخرائطية لملاءمة الخصائص الطبيعية على زراعة المحاصيل الاستراتيجية على نحو عام وتطبيقها على اي حيز مكاني اخر، ومن ثم الحصول على وثيقة مكانية معنية بملاءمة هذه الخصائص التي تساهم في عمليات التخطيط الزراعي، ومن ثم استدامة الارض الزراعية.

ثبت المصادر

أولاً: المصادر العربية

- استصلاح الاراضي التطبيقي ، هادي ياسر عبود الجنابي ، كلية الزراعة جامعة القاسم الخضراء، ٢٠١٦ ، ص ص ١٢٤ – ١٩٣ ، رابط الانترنت : https://www.researchgate.net/publication/321162517
- تحليل جغرافي لخصائص ومشاكل ترب محافظة اربيل وقابلية أراضيها الإنتاجية ، ليلى محمد قهرمان ، اطروحة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة صلاح الدين ، اقليم كوردستان العراق، ٢٠٠٤.
- جمهورية العراق ، حكومة اقليم كوردستان، وزارة التخطيط ، دائرة احصاء محافظة اربيل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية ، بيانات انتاجية الابار ، ٢٠١٩.
- جمهورية العراق، وزارة الزراعة، شبكة الارصاد الجوية الزراعية العراقية، رابط الانترنت: https://agromet.gov.iq/
- حكومة اقليم كوردستان، وزارة الداخلية، محافظة اربيل، قضاء سهل اربيل، الشعبة الادارية،٢٠١٩.
- دليل زراعة محصول الذرة الصفراء ،الياس عويل، ، وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية، ٢٠١٣.
- مبادئ علم التربة ،عبد الله نجم العاني ، دار ابن الاثير للطباعة والنشر، جامعة الموصل، العراق، ٢٠٠٦.

ثانياً: المصادر الأجنبية

- cartographic modeling of the population density in the function of research of spatial –demographical relations , Jasmina Jovanovic and Dragica Zivkovic, 2005, Internetlink: https://www.researchgate.net/publication/275633855_Cartographic_modeling_of_the_population_density_in_the_function_of_research_of_spatial-demographical_relations
- Costantini, Manual of methods for soil and land evaluation, Science Publishers, Edoardo A.C., USA, 2009.
- Crops that feed the world 6, Bekele Shiferaw, et al., Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security, International Maize and Wheat Improvement Center, Springer, Vol. 3, 2011.
- Evaluation of a Small Basin Water-Harvesting System in the Arid Region of Jordan, Journal of Water Resources Management, Netherlands, 1996.
- FAO and Agriculture Organization of the United Nations, A framework for land evaluation, Vol. 32, 1976, Web Book, Internet link: http://www.fao.org/3/x5310e/x5310e04.htm#3.2%20structure%20of%20the%20suitability%20classification
- GIS and Cartographic Modeling, C. Dana Tomlin, ESRI Press, California, USA, Second Edition, 2012.

- GIS based evaluation of land suitability: A case study for major crops in Zanjan University region , Hanieh Saremi, et al., , Journal of Food, Agriculture & Environment, Vol. 9, Issue 1, 2011, p.741.
- Importance and Role of Cation Exchange Capacity on the Physicals Properties of the Cheliff Saline Soils (Algeria), Djamel Saidi, Procedia Engineering Journal, Elsevier, 2012.
- Interpretation and Integration of Pedagogical Data in Land Evaluation Systems, K. Juhos and B. Madarasz, , Bulgarian Journal of Agricultural Science, Vol 22, No 2,2016.
- Land Evaluation Part I Principle in Land Evaluation and Crop Production Calculations, C. Cys, et al., Agricultural Publication, Brussels – Belgium, 1991.
- Land Evaluation Part II Methods in Land Evaluation, C. Cys, et al., Agricultural Publication, Brussels – Belgium, 1991.
- Maize: Key agricultural crop in food security and sovereignty in a future with water scarcity، Josana A. Langner, et al., , Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Journal, Vol. 23, No. 9, 2019
- NASA :https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer
- Standard operating procedure for soil calcium carbonate equivalent Titrimetric method , FAO, Rome, , Italy, 2020.
- The dietary importance of maize in Katumba ward , Rose Mboya, et al., , Rungwe district, Tanzania, and its contribution to household food security, African Journal of Agricultural Research, Vol. 6, Issue 11, 2011.
- The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production, Alexandra Bot and José Benites, , FAO, Rome, Italy, 2005.
- Using Different Methods to Determine Critical Level of Potassium for Wheat Plant (Triticum durum) in Erbil Plain Soils , Char O. Hama-Amen, MD Thesis is not Published, College of Agriculture, University of Salahaddin, Kurdistan Region of Iraq, 2012.