مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

تطوير تقنيات الري (صناعة الزراعة) لمواجهة التحديات البيئية في الأزمات والحروب

تمام خضر ياغي[1]* و حسام سعيد[2]
[1]إدارة بحوث الموارد الطبيعية / مركز بحوث السلمية و [2]مركز بحوث السلمية / حماه / سورية.
*Corresponding author: tammam.yaghi@gmail.com
استلام البحث : 10 / 10 / 2020 وقبول النشر : 12 / 11 / 2020

الخلاصة
إنّ لصناعة الحلول الزراعية دور بالغ الأثر في مواجهة التحديات البيئية والأزمات الاقتصادية المفاجئة ولاسيما في البيئات الجافة وشبه الجافة، ولهذا الغرض أجريت الدراسة خلال ثلاث مواسم نمو متعاقبة 2015-2017 م في مركز بحوث السلمية المتخصص ببرامج تحسين وتربية أغنام العواس، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، للوصول إلى أفضل موديل رياضي تطبيقي لمحصول الفصة المستهلك الأكثر للمياه بين محاصيل المنطقة، والذي يُعتبر من أثمن المحاصيل غذاءً للمواشي ولاسيما الأغنام. حيث وضعت ثلاثة معاملات ري - تنقيط ورش مع ري سطحي- في تصميم القطاعات العشوائية الكاملة. هذا كان من الناحية الحقلية (العمليات الزراعية)، أما من الناحية الرياضية استعملت عدة برامج عالمية تأخذ البيئة المحيطة بعين الاعتبار. أظهرت النتائج أهمية النمذجة الرياضية في تمثيل مناخ المنطقة وتحديد مكان وزمان زراعة محصول الفصة الأمثلين بالإضافة لاستنتاج معامل استجابة الفصة للماء، كما وبيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية واضحة بين المعاملات حيث تفوّقت معاملة الاستراتيجيات على معاملة الشاهد من حيث كفاءة استعمال المياه ومواصفات تطور المحصول. ومنه سترتفع إنتاجية الماء الزراعي الملائم للفصة عند الري رشاً بما يزيد عن 120% مقارنةً بالشاهد. وعند رفق مصطلح صناعة الزراعة بمفهوم السياسة المائية (الميزان التجاري المائي) من خلال تطبيق مبدأ الماء الافتراضي محلياً وتغيير المساحة المزروعة بالفصة إلى الشعير والبيقية، يُمكننا الحصول على ربح قدره 163220 ل.س/هـ وتوفير 6.3 م.م^3 من الماء، وبالتالي تحقيق التنمية المستدامة بالمنطقة خلال الأعوام القادمة.
الكلمات المفتاحية: النمذجة الرياضية، الاستراتيجيات، إنتاجية الماء الزراعي، صناعة الزراعة، الميزان التجاري المائي.

Improving irrigation techniques (Industry of agriculture) for cope with environmental challenges in the crises and wars

Tammam Kheder Yaghi[1*] and Hussam Saeed[2]
[1]Water Resources Research Management, Al-Salmyah Research Center and [2]Al-Salmyah Research Center, Hama, Syria.
*Corresponding author: tammam.yaghi@gmail.com
Received: 10 / 10 / 2020; Accepted: 12 / 11 / 2020

Abstract
The agricultural solutions industry has an important role in facing an environmental challenges and sudden economic crises, especially in arid and semi-arid environments. Therefore, this study was carried out during three successive growing seasons of 2015-2017 at Al-Salamyieh Research Center, specialized in Awassi sheep improving and breeding programs, The General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR) in Syria. To reach the best applied mathematical model for the alfalfa crop that consumes the most water among the region's crops, which is considered one of the most valuable food crops for livestock, especially sheep. Three irrigation treatments: Drip, Sprinkler and Surface irrigation were used in Randomized Complete Block Design (RCBD). What a mentioned above was according to conducted farm practices, but in terms of mathematical modeling, it has used several global programs take the surrounding environment into account. The results showed importance of mathematical modeling to describe

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

an area climate and determination of optimal cultivation date and the suitable land of alfalfa crop in addition to coefficient of alfalfa yield response to water. Also, results of the statistical analysis proved that significant differences at 5% level where strategies' treatment exceled on the control's regarding water use efficiency (WUE) and crop grow specifications. Thus, alfalfa agricultural water productivity by using sprinkler irrigation will increase and score 120% compared to Control treatment. When an agricultural industry term is attached to the concept of water policy (Water trade balance) by applying the virtual water perspective locally and changing the area planted with alfalfa to barley and vetch, we can get a profit of 163220 SP/ha and save 6.3 Million Cubic Meters (MCM) of water. Consequently, achieving sustainable development of an area during next years.

Keywords: Mathematical modelling, Strategies, Agricultural water productivity, Industry of agriculture, Water trade balance.

المقدمة

يُعد الماء أساس الحياة البشرية على سطح الأرض، وتزداد أهميته في الأقاليم التي تتصف بمحدودية الموارد المائية كدول حوض المتوسط التي تتصف بهطولات مطرية عاصفية قوية غير منتظمة التوزيع يضيع معظمها بالتبخر والجريان السطحي والسيول والقليل منها يصل إلى البحار. ومع استمرار التغيرات المناخية والنمو السكاني والتطور الاقتصادي والتوسع الزراعي الهادف إلى زيادة الإنتاج لمواجهة الطلب المستمر على السلع الغذائية فإنّ هناك تناقصاً واضحاً في الموارد المائية العذبة مما يخلق حالة من العجز المائي في تلبية الاحتياجات للقطاعات المختلفة، وبالتالي نشوء أزمة واضحة قد تتفاقم في المستقبل القريب (Oweis and Taimeh, 2001)، حيث أنّ إتاحة الموارد المائية المتجددة واستعمالاتها يتحدد بحسب مكان توزعها الكمي والنوعي (Hoekstra et al., 2012). وهذا يتطلب بذل جهود كبيرة لمتابعة وتقييم المتغيرات الهيدرولوجية بمختلف الظروف البيئية والمناخية (Turner et al., 2004). في ضوء تزايد السكان والتنافس على المياه المتوفرة بالإضافة لكثرة الاستعمالات الأخرى، تَحتّم على الزراعة المروية أن تنتج غذاء أكثر بماء أقل لتحقيق الأمن الغذائي (Varela-Ortega and Sagardoy, 2001; Roost, 2003). وإنّ أي تصور جدي يهدف للتوسع بالمساحات المروية وزيادة المردود الاقتصادي للمحاصيل المختلفة، لا يمكن أن يكون بمعزل عن تطوير الكفاءة الفنية والاقتصادية لاستعمالات المياه في الزراعة وترشيدها حيث تمّ بذل جهود متنوعة في هذا المجال وكان معظمها غير مجدٍ (شمّاع، 2010). تتطلب معالجة المشاكل الصعبة التي تواجه إدارة الري فهماً أفضل للموازنة المائية داخل مشروع الري من خلال إعادة استعمال الماء غير التقليدي المعالج، والإلمام بالمعطيات المناخية، وخصائص التربة، ونوع النبات المزروع، وكفاءة الري المطبقة. فالتعقيد في مشاريع الري على مستوى الحوض المائي يحتاج إلى صناعة حلول زراعية بيئية (صناعة الزراعة) من خلال نماذج رياضية متطورة مثل برنامج AquaCrop (Vanuytrecht et al., 2014). يتم من خلالها إعادة تخصيص المياه وفقاً للأولويات التي تنطلق من المزرعة إلى مشروع الري ومن ثمّ الحوض كاملاً (Raes et al., 2014).. وللتخفيف من حدة الاستنزاف الجوفي قامت وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي في سورية بمنح قروض للمزارعين من أجل تطبيق تقنيات الري المتطورة من خلال مشروع التحول للري الحديث، والذي طُبّق في معظم المحافظات السورية، ولاسيما محافظة حماه ومنطقة السلمية بشكل خاص حيث بلغت نسبة الأراضي المروية بطرائق الري الحديث عام 2010 بنحو 42% من المساحة المروية الإجمالية والبالغة بنحو 171 ألف هـ، في حين لا يوجد أي تقانة حديثة تخص الري في مركز بحوث السلمية (منطقة الدراسة) بالرغم من وجود المصدر المائي، حيث يشتهر بإنتاجه الحيواني وتحسينه لأغنام العواس. ونتيجة لتوصيات وزارة الزراعة في رفد القطاع الحيواني بالقطاع النباتي الملائم له، قام المركز بزراعة شتى المحاصيل العلفية كالفصة والشعير والبيقية وغيرها لكن دون دراية بنضوب المورد المائي، فهو يزرعها كما يفعل مزارع المنطقة. ومنه كان هنالك ضرورة ملحة لتحسين الإدارة المائية والتطبيقية، ولاسيما بعد حدوث الأزمة البيئية (جفاف العديد من الآبار في المركز ومنطقة السلمية ككل خلال العقدين الماضيين) والأزمة الاقتصادية (الحرب)، والذي أدى لانحسار زراعة العديد من المحاصيل المروية كالفصة، في حين استمرت زراعة الشعير البعل بإنتاجية ضعيفة أيضاً دون اتباع أي وسيلة لزيادتها. واعتمد على استيراد الأعلاف اللازمة بدلاً من اتباع الطرق الصحيحة لزراعة المحاصيل المنتجة لها. ويُعد تمثيل مناخ المنطقة المدروسة (الموازنة الهيدرومناخية) بعد تصحيح الأخطاء وسد الفجوات وتحديد مواعيد الاستثمار الأمثل لمياه الأمطار وكيفية رفع إنتاجية المحاصيل الزراعية ضرورة ملحة لتحقيق التنمية المستدامة فيها (Yaghi et al., 2016). ونظراً للتوسع في برنامج التحسين الوراثي لأغنام العواس في مزرعة السلمية (مركز البحوث العلمية

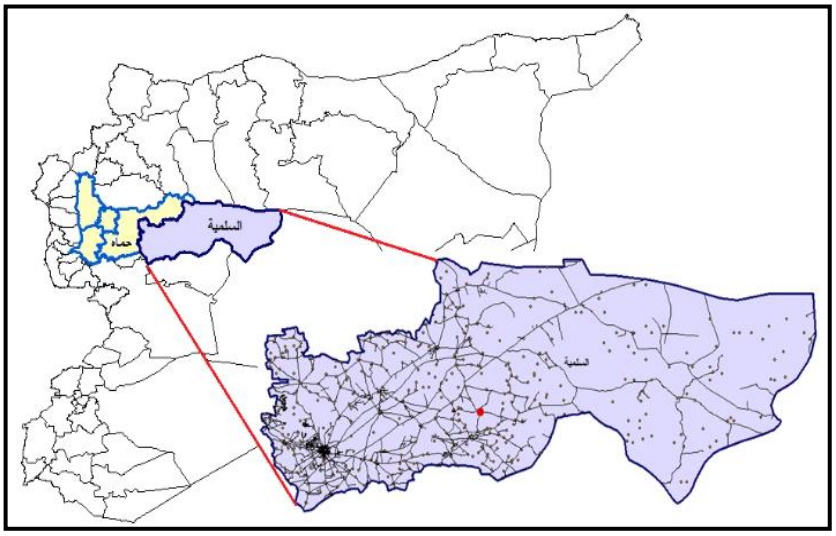
مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

الزراعية)، يوجد حاجة ملحة لزيادة إنتاجية المحاصيل العلفية كالفصة والشعير والبيقية لما تحتويه من غذاء كامل للحيوان سواء كانت على شكل علف أخضر أو علف جاف ولاسيما خلال برامج التربية والتحسين. وبما أنّ المنطقة تنطوي تحت المناطق الجافة وشبه الجافة، وتُعاني ندرة بالمياه في الوقت الراهن، كان لابد من دراسة وتقدير الاحتياج المائي لهذ النوع من المحاصيل العلفية بدقة بالرغم من قلة أدوات القياس، ووضع نموذج لكل منها يجعل من زراعتها أمر محقق وبسيط ويرفع الشكوك بتفضيل غيرهم من المحاصيل عليهم ولاسيما خلال الوقت الراهن حيث غلاء الاسعار وزيادة تكاليف الخدمة. وعليه يهدف البحث للوصول إلى أفضل موديل رياضي تطبيقي لمحصول الفصة المستهلك الأكثر للمياه بين محاصيل المنطقة، والذي يُعتبر من أثمن المحاصيل غذاءً للمواشي ولاسيما الأغنام، وإيجاد أفضل الحلول والاستراتيجيات لتحسين إدارة المزرعة المتكاملة بشقيها الحيواني والنباتي (مزرعة السلمية) من خلال تحسين إنتاجية الماء الزراعي للمحاصيل العلفية المزروعة فيها، باتباع النمذجة الرياضية ومحاكاة الواقع الفعلي بأسلوب البرنامج المعدّل AquaCrop والبرامج الداعمة له.

المواد وطرائق العمل

يتألف هذا البحث من شقين الأول: دراسة محاكاة الواقع الزراعي الفعلي في منطقة السلمية بشكل عام، وتقدير الفجوة المناخية والوقت الملائم لزراعة كل محصول باستعمال البرنامجين ArcGIS وNewLoc-Clim1.10 وتمثيل ذلك على المحاصيل العلفية الفصة والشعير والبيقية بشكل خاص. أما الشق الثاني: فيتمثل بتنفيذ التجارب العلمية الخاصة بمحصول الفصة، وإضافة السبل والاستراتيجيات الكفيلة لتحسين إنتاجيته المائية باستعمال البرنامج المعدّل AquaCrop 2012.

- تمّ جمع البيانات لرسم خريطة منطقة السلمية بشكل عام وموقع الدراسة بشكل خاص باستعمال برنامج ArcGIS، كما في الشكل (1). حيث أجريت الدراسة في مركز البحوث العلمية الزراعية بالسلمية في قرية الكريم (منطقة الاستقرار الرابعة)، الواقعة على بعد 25 كم عن مدينة حماه باتجاه الشرق، وعلى بعد 6 كم غرب مدينة السلمية على خط طول 36° شرقاً وخط عرض 34.20° شمالاً وارتفاع 435 م عن سطح البحر.
- أيضاً جُمعت بيانات المحاصيل العلفية المدروسة وإنتاجيتها خلال العقد الماضي وأسلوب الري المطبق عليها، كما في الجدول (1).



الشكل (1) الخريطة المشتقة لمنطقة السلمية وموقع الدراسة المعيّن ببرنامج ArcGIS.

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

الجدول (1) غلّة المحاصيل المدروسة (طن/هـ) في منطقة السلمية.

السنة	الفصة (علف أخضر)	البيقية	الشعير السقي	الشعير البعل
2007	13.9	.72	2.5	0.38
2008	14.4	3.5	1.5	0.17
2009	12.7	.92	1.9	0.82
2010	17.8	3.2	1.2	0.05
2011	18.2	2.0	2.0	0.42
2012	13.4	2.4	2.4	1.19
2013	13.7	2.5	1.5	0.81
2014	12.3	3.1	1.1	0.38
2015	12.2	3.1	2.1	1.21
2016	11.4	3.6	1.6	0.50
2017	11.8	3.5	2.5	0.50

- تمّ جمع وتحليل بيانات الهطل المطري، درجات الحرارة الصغرى والعظمى، الرطوبة النسبية الصغرى والعظمى، الرياح، السطوع الشمسي، وأدرجت هذه البيانات بشكل يومي وشهري في البرنامج بعد التعديل بحسب الفترة الممتدة بين 1975/1/1 و2011/12/31، وتمّت عملية المحاكاة للمنطقة ككل. كما وحُددت البيانات المناخية خلال كل موسم زراعي للتجارب الحقلية فكان المعدّل كما في الجدول (2).

الجدول (2) متوسط البيانات المناخية خلال مواسم التجربة الحقلية 2015-2017.

المنطقة	درجة الحرارة		الرطوبة		معدل السطوع (ساعة)	كمية التبخر (مم)	كمية الامطار (مم)
المعدل الشهري	الصغرى	الكبرى	الصغرى	الكبرى			
ت1	16.17	32.04	26.83	77.29	9.67	111.47	3.73
ت2	11.23	26.22	30.96	78.34	7.28	70.13	10.90
ك1	7.18	19.18	49.20	87.73	5.61	38.47	45.93
ك2	1.68	11.39	59.51	91.43	4.67	36.40	55.80
شباط	3.19	15.87	43.54	87.26	6.54	50.50	16.77
أذار	6.67	19.40	40.24	86.67	6.88	62.87	34.17
نيسان	9.49	25.07	27.92	79.24	8.70	110.83	17.73
أيار	14.18	29.57	25.24	77.55	10.38	265.90	6.07
الاجمالي	8.72	22.34	37.93	83.19	7.47	746.57	191.1

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

- تمّ جمع وتوصيف الترب في كل مكان في المنطقة حيث تسود التربتين (Inceptisols وCalcic Xerosols) وفقاً لنتائج (FAO-ISRIC., 1989)، وأخذت قراءات تحاليل أرض التجربة ومدى خصوبتها خلال المواسم الثلاث، حيث تراوحت الكثافة الظاهرية بين 1.11- 1.32 غ/سم^3 في الطبقة السطحية من التربة بعمق 0- 60 سم. أما السعة الحقلية فكانت بين 40.43- 41.9% حجماً في الطبقة السطحية 0-45 سم ثم 42.9-44.2% حجماً في الطبقة العميقة 60- 90 سم. كما في الجدول (3). ومنه تمّ معايرة البرنامجين SPAW وAquaCrop.

الجدول (3) الخواص الهيدروفيزيائية في أرض التجربة.

العمق /سم	الكثافة (غ/سم^3)		المسامية %	السعة الحقلية %		معامل الذبول %		التهوية% عند		
	الظاهرية	الحقيقية		وزناً	حجماً	وزناً	حجماً	%60	%70	%80
15-0	1.11	2.58	56.98	36.42	40.43	19.80	21.98	32.7	28.6	24.6
30-15	1.18	2.66	55.64	35.00	41.30	19.21	22.66	30.6	26.4	22.2
45-30	1.25	2.69	53.53	33.52	41.90	18.38	22.97	28.1	23.9	19.7
60-45	1.32	2.70	51.11	32.20	42.50	18.06	23.84	24.7	20.4	16
75-60	1.34	2.72	50.73	32.02	42.90	18.21	24.40	23.7	19.3	14.8
90-75	1.39	2.72	48.89	31.80	44.20	18.03	25.06	21.2	16.6	11.9

دُرست الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وذلك بأخذ عينات ترابية من مقطع تربة، ثم أجريت التحاليل الهيدروفيزيائية والكيميائية والعناصر الخصوبية في مخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية- مركز بحوث حماه، كما هو موضح في الجدول (4).

الجدول (4) الخواص الكيميائية والتحليل الميكانيكي في أرض التجربة.

العمق (سم)	pH	Ec (مليموز /سم)	(غ /100 غ تربة)				جزء بالمليون		التركيب الميكانيكي (%)		
			كربونات كالسيوم	كلس فعال	مادة عضوية	آزوت كلي	فوسفور متاح	بوتاسيوم متبادل	رمل	سلت	طين
15-0	7.4	0.65	23.99	8.23	0.857	0.0435	7	580.5	28	24	48
30-15	7.5	0.67	24.75	9.41	0.780	0.0390	7	580.5	28	24	48
45-30	7.4	1.2	21.75	9.41	0.780	0.0390	4	682	21	33	46
60-45	7.5	1.2	23.22	9.41	0.571	0.0285	3	725	19	41	40
75-60	7.6	1.2	25.77	10	0.571	0.0285	2	709	20	34	46
90-75	7.5	1.15	26.28	9.41	0.19	0.095	2	709	21	33	46

وقد تميزت تربة التجربة بأنّها بنية مصفرة عميقة تحتوي على نسب متقاربة من الرمل والسلت وتزيد فيها نسبة الطين لتأخذ القوام لومي، حيث تراوحت نسبة السلت بين 24-41% أما الرمل فنسبته منخفضة بلغت 19- 28%. تميل درجة تفاعل التربة pH للعجينة المشبعة نحو القاعدية إذ تراوحت بين 7.4 -7.6. وتراوحت الناقلية الكهربائية Ec في العجينة المشبعة بين 0.65- 1.2 مليموز/سم. كانت نسبة كربونات الكالسيوم متوسطة 21.8- 26.8% مع زيادة بسيطة في الطبقات تحت السطحية نتيجة لوجود تبقعات من كربونات الكالسيوم المترسبة. كما أنّ التربة فقيرة جداً في احتوائها على المادة العضوية حيث لم تتجاوز 0.857% في الطبقة السطحية بعمق 0- 15 سم. وبالنسبة للآزوت الكلي والفوسفور فالتربة فقيرة. أما البوتاسيوم المتبادل فالتربة غنية جداً بهذا العنصر (580.5- 709 جزء بالمليون).

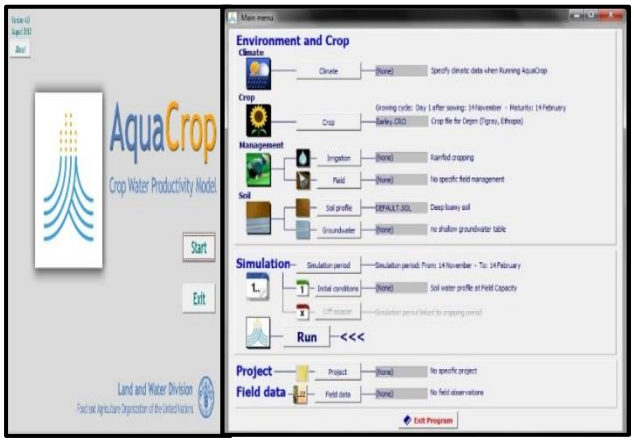
- تمّ حساب التبخر- نتح وتصحيح الأخطاء والفجوات ببرنامج ET_0Calc (Raes, 2009)، والمعايرة مع برنامج NewLoc-Clim 1.10 لحساب التبخر نتح الأعظمي (FAO., 2009).

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

- تمّ إدخال معظم البيانات الخاصة ببرنامج AquaCrop 2012 لكل من المحاصيل المدروسة، وتشغيل البرنامج ومعايرته (Steduto et al., 2012) كما في الشكل (2). حيث يسمح البرنامج بوضع جدول زمني للعلاقة بين الغلّة والتبخر-نتح الفعلي وهذا ما تجاهلته غالبية الدراسات السابقة ولاسيما دراسة (المحمد، 2013). ومنه تمّ استنتاج معامل استجابة المحصول للماء وفق للمعادلة التالية:

$$Ky\left(1-\frac{ETa}{ETx}\right)=1-\frac{Ya}{Yx}$$

ETa, ETx: التبخر- نتح الفعلي والأعظمي على التوالي (مم).
Ya, Yx: الغلّة الفعلية والأعظمية على التوالي (كغ/هـ).



الشكل (2) واجهة البرنامج AquaCrop 2012 مع أيقونات التطبيق.

- تمّ زراعة محصول الفصة بتاريخ 2015/11/10 وصُممت التجربة وفق تصميم القطاعات كاملة العشوائية بثلاث مكررات، وقد تمّ تجهيز أرض التجربة بفلاحتها بالمحراث القرصي "ديسك" فلاحتين متعامدتين، ثم أجريت فلاحة تنعيم باستخدام المحراث الحفار رجل البطة "كلتيفاتور". وقدمت السقايات اللازمة كري تكميلي عند استنفاذ وسطي بنحو 55% من الماء المتاح في التربة وأُعطت كل معاملة الاحتياج كاملاً وتمّ المقارنة مع ممارسة مزارع المنطقة (الشاهد).

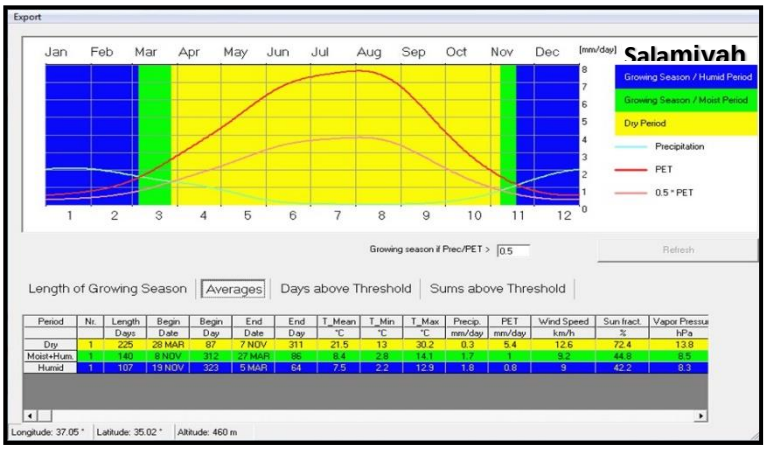
عولجت التجربة وفق الاستراتيجية العلمية التالية: تمّ تطبيق التوصية السمادية التالية (السماد N 46% بمعدل 100 كغ/هـ، وسماد السوبر فوسفات بمعدل P_2O_5 بمعدل 90 كغ/هـ، ومعدل 20 كغ/هـ بذار) مقارنة مع ممارسة المزارع كشاهد (السماد N 46% بمعدل 30 كغ/هـ ومعدل 14 كغ/هـ بذار) (مديرية زراعة حمص، 2011). حيث توبعت عمليات السقاية والحش والتسميد وأضيف السوبر فوسفات مع الزراعة في حين أضيف الآزوت على شكل يوريا بنحو دفعتين الأولى عند بدء الزراعة والثانية بعد شهر من الزراعة وكررت الإضافة بحسب أسلوب توكل (2002). حُشت النباتات عند بدء الازهار وعلى ارتفاع من 60-90 سم بالمحشة اليدوية وتراوحت من 5- 10 حشات خلال الموسم الواحد، وأخذت قراءات الغلّة الخضراء. وقد دامت التجربة ثلاث مواسم وانتهت عام 2017. وفي ذات الوقت تمّ زراعة محصول الشعير ضمن دورة زراعية مع البيقية وبطريقة الزراعة الحافظة مع تأمين كافة الاحتياجات المطلوبة حيث مناخ المنطقة يُلائم زراعة هذين المحصولين، وتمت المحاكاة مع ما معطيات تجربة سابقة لتصحيح الأخطاء في ذات المكان (ياغي، 2015). وبعد استخراج نتائج هذه الاستراتيجيات تمّ صياغتها ببرنامج AquaCrop وتقدير معامل استجابة المحصول للمياه بشكل صحيح ضمن ظروف المنطقة. كما وقد درست النواحي الإحصائية باستعمال برنامج Genstat V12.0. هذا كان في مجال صناعة الحلول الزراعية (صناعة الزراعة) أما في مجال تطبيق مبدأ الميزان التجاري المائي والسياسة المائية فقد تمّ تقدير الماء الافتراضي لكل محصول علفي مزروع، والذي يُمثل الماء اللازم لإنتاج السلعة (حسيان، 2012). كما وحُسبت الجدوى الاقتصادية بالاعتماد على أسلوب التحليل الاقتصادي الوصفي، بحسب الميزانية الجزئية التي تُستخدم لتقدير الربح الناتج عن التغيرات التنظيمية الصغيرة الموجودة في المزرعة (خزام وآخرون، 2015).

النتائج والمناقشة

تمّ معايرة البرنامج NewLoc-Clim 1.10 والتأكد من صحة عمله وذلك بإجراء ما يلي:

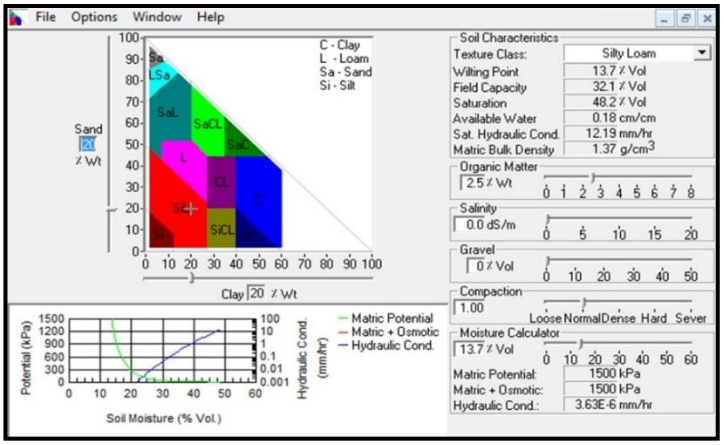
مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

أ- تصحيح وحساب الفجوات في التبخر- نتح ولاسيما مكان تنفيذ البحث خلال العقدين الماضيين باستعمال برنامج ET_0Calc.
ب- إدخال البيانات المستنتجة والمصححة بشكل يومي وحساب الموازنة المائية المناخية للمنطقة المدروسة باستعمال البرنامج NewLoc-Clim 1.10، كما في الشكل (3).



الشكل (3) مخطط الموازنة المائية المناخية لاحتمال سنة جافة عند احتمال 75% لمنطقة السلمية باستعمال البرنامج NewLoc-Clim 1.10.

أظهرت النتائج أنّ معدل الهطول المطري لاحتمال 75% (سنة جافة) سيبلغ بنحو 1.8 مم/يوم خلال الفترة الممتدة من 19 تشرين ثاني إلى 5 آذار (فترة النمو الملونة بالأزرق حيث أشهر الشتاء) في حين سيتناقص إلى 1.7 مم/يوم خلال الفترة الممتدة من 6 آذار إلى 27 آذار ومن 8 إلى 18 تشرين ثاني (فترة النمو الملونة بالأخضر حيث أشهر الربيع والخريف). وتتجلى الزيادة المائية بمعدل 103 مم خلال أشهر الشتاء حيث يكون التبخر- نتح الأعظمي يساوي التبخر- نتح الحقيقي، ويسيل معظم هذه الزيادة المائية في التربة، وتنتهي الفائدة العظمى من مياه الأمطار في ري المحاصيل خلال الثلثين الأخيرين من شهر آذار لتبدأ في منتصف شهر تشرين ثاني حيث يكون معدل الهطول المطري أكبر من نصف معدل التبخر- نتح الأعظمي. وبتطبيق الري التكميلي على المحاصيل المدروسة بحسب معامل المحصول لكل منها واستخراج قيم التبخر- نتح الأعظمي من المخطط أعلاه يُمكن استنتاج التبخر نتح الفعلي لكل من الفصة والشعير والبيقية وبمحاكاة عمق الماء المتاح في أرض التجربة باستعمال البرنامج SPWA، كما في الشكل (4) يُمكن تقدير برمجة الري لمنظومة هذه المحاصيل (كم، متى وكيف نروي؟).



الشكل (4) نمذجة مواصفات التربة الهيدروفيزيائية باستعمال برنامج SPAW.

أظهرت نتائج برنامج SPAW بعد محاكاة الواقع الفعلي لتربة أرض التجربة، أنّها تربة سلتية لومية، تبلغ نسبة الرمل فيها بنحو 20%، والماء المتاح للنبات بنحو 180 مم/م، ومعدل الرشح بنحو 12.2 مم/سا، وهذا يقتضي خفض قيمة معامل

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

الاستنزاف الرطوبي العظمى المسموح بها (MAD) وزيادة تكرارية الري بكميات قليلة بالتلاؤم مع منطقة انتشار الجذور الفعّالة ومواصفات كل محصول مزروع، واحتياجه الفعلي للوصول إلى إنتاج مقبول ضمن ظروف المنطقة الأخرى، وهذا توافق مع نتائج (Hu et al., 2010) عند نمذجة الري في الصين حيث استنتجوا موديل رياضي لكل نوع تربة بمحاكاة قراءات الليزومترات.

- **نمذجة الري باستعمال البرنامج Aquacrop 2012:**

أُدخلت نسب المساحة لكل محصول ولاسيما الفصة وخواصه مع قوام التربة والتبخر- نتح المرجعي المحسوب، بالإضافة لكافة مواصفات المنطقة بيئياً بالبرنامج AquaCrop 2012.

نجد من خلال النمذجة أنّ كمية المياه اللازم تقديمها بطريقة الري السطحي 27438 م^3/هـ، و23518 م^3/هـ بطريقة الري بالرش و18292 م^3/هـ بطريقة الري بالتنقيط، كما في الجدول (5). وعند الربط مع البرنامج NewLoc-Clim 1.10، يمكن أن يعوض الهطول المطري ريتين في طوري الإنبات والنمو لتنخفض كمية المياه الواجب تقديمها في أكثر طريقة ملائمة (الرش) إلى 20716 م^3/هـ. وبأخذ الغلّة المعدّلة 43.2 طن/هـ بعين الاعتبار والتي أعلى بكثير مما هي عليه عند مزارع المنطقة والمركز والتي تتراوح بين 11.4- 18.2 طن/هـ، يُمكن استنتاج معامل استجابة المحصول للمياه في هذا النوع من الترب والذي سجل القيمة 1.12، وهذه النتائج تطابقت مع نتائج (FAO, 1988).

الجدول (5) نتائج نمذجة الري على محصول الفصة باستعمال البرنامج AquaCrop.

مراحل النمو	الانبات	النمو	الازهار	الحشة الثانية	الحشة الثالثة	الحشة الرابعة	الحشة الخامسة	نهاية الموسم	المجموع
التاريخ	-12/12 10/11	-31/3 13/12	1/4-13/4	14/4-3/6	-12/7 4/6	-31/8 13/7	-19/10 1/9	-9/11 20/10	
طول المرحلة (يوم)	33	109	13	51	39	50	49	21	365
عمق الجذور (م)	0.4	0.75	1.05	1.17	1.5	1.89	1.9	1.9	
التبخر- نتح المرجعي (مم/يوم)	1.73	1.46	1.92	7.07	7.40	7.70	4.99	2.47	
معامل المحصول	0.38	1.1	0.77	1.1	1.1	1.1	1.1	0.47	
الاستهلاك المائي خلال المرحلة (مم)	21.69	174.5	19.22	396.6	317	423	268.9	24.38	929.5
معامل الاستنفاذ الرطوبي	0.5	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.5	
عمق الماء المتاح (مم)	73.6	138	193.2	215.3	276	348	349.6	349.6	1593.5
عمق الري الصافي (مم)	36.80	89.70	125.6	139.9	179	226	227.24	174.80	571.43
عدد الريات	1	2	1	3	2	2	2	1	14
عمق الري الفعلي (مم)	21.69	87.23	19.22	132.1	159	212	134.48	24.38	
عمق الري الاجمالي (مم)	36.16	145.4	32.03	220.4	265	353	224.1	40.6	
كمية مياه السقاية (سطحي) (مم)	36.16	290.7	32.03	661.1	529	706	448.3	40.63	2743.8
كمية مياه السقاية (رش) (مم)	31.0	249.2	27.5	566.6	453	605	384.2	34.8	2351.8
كمية مياه السقاية (تنقيط) (مم)	24.1	193.8	21.4	440.7	353	471	298.8	27.1	1829.2

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

يوجد فروق معنوية واضحة بين طريقة الري بالرش والتي تُعد من أفضل الطرق من حيث الجدوى الاقتصادية والتعامل مع هذا النوع من المحاصيل العلفية، حيث سجلت كفاءة استعمال المياه بالرش 2.1 كغ/م^3 بالمقارنة مع طريقة الري السطحي بالغمر 1.57 كغ/م^3 وهذا في حال إعطاء كامل متطلبات المحصول وفق البرنامج AquaCrop في بيئة منطقة التجربة (المركز) ولكن عند المقارنة مع مزارع المنطقة يوجد فرق شاسع من حيث الإنتاجية الحيوية والمائية والتي انخفضت لتصل إلى 0.47 كغ/م^3. وبمناقشة وتفصيل النتائج بشكل أوسع من حيث عدد الأيام حتى الحش وطول النبات وعدد الفروع وغلّة محصول الفصة وجدنا: تفوق استراتيجية الري مع التسميد المقترح 28.23 يوم على معاملة الشاهد التي سجلت 20.1 يوم بفارق معنوي واضح 9.1% ويعزى ذلك الى أنّ التسميد الآزوتي يطيل فترة التزهير لدى محصول الفصة والشعير العلفي وهذا توافق مع نتائج (Kernich et al., 1996). أيضاً يوجد فروق معنوية واضحة بين تطبيق هذه الاستراتيجية وطريقة المزارع من حيث عدد الفروع للنبات الواحد وارتفاعه والغلّة وهذا يتفق مع نتائج (دوس وآخرون، 2016)، كما في الجدول (6).

الجدول (6) مقارنة نتائج التحليل الإحصائي بتطبيق استراتيجية (التسميد وبرمجة الري) مع ما يطبقه مزارعي المنطقة (الشاهد) على محصول الفصة.

	المعاملة	عدد الايام حتى الحش	عدد الفروع /نبات	طول النبات (سم)	الغلّة (طن/هـ)
استراتيجية التسميد مع برمجة مياه الري	طريقة الري بالتنقيط	27.8	14.2	83.4	43.2
	طريقة الري بالرش	28.2	13.2	98.2	44.1
	طريقة الري السطحي	28.7	14.1	84.3	42.2
متوسط		28.23	13.8	88.6	43.2
طريقة المزارع (الشاهد)		20.1	8.21	44.3	13.8
نسبة التفوق %		9.1	78.1	87.2	171
$LSD_{0.05}$		1.3	1.4	3.4	0.4
معامل الاختلاف		11.3	17.3	7.9	18.1

وعند تعميم هذه النتائج على جميع المساحة المروية المنفذة بحسب نسبة مساحة المحصول المزروع في المنطقة (السلمية) وبعد تطبيق مشروع التحول للري الحديث، يُستنتج أنّه بالإضافة لرفع الإنتاج كماً ونوعاً، يُمكن حفظ وتوفير ما يقارب 7.1 م.م^3 سنوياً عند إتباع برمجة الري بالبرنامج بالمقارنة مع ما يطبق من قبل المزارع وهذه الكمية كافية لسد العجز في مستلزمات مياه الشرب والاستخدام المنزلي كأولوية أولى في المنطقة المدروسة لاسيما في السنوات الجافة جداً. ومنه نستطيع أن نكفل تحقيق مبدأ صناعة الزراعة وتحسين إنتاجية المزارع الموجودة في السلمية وإدارتها حتى بعد 20 عام على الأقل ولاسيما في حال إدخال زراعات بديلة ملائمة ومتحملة للجفاف. ولا يُحبّذ ذلك إلا بعد تلبية متطلبات الأولوية الأولى (مياه الشرب والاستخدام المنزلي).

- **استراتيجية تطبيق مبدأ الميزان التجاري المائي والاستبدال الجزئي لمحصول الفصة (مفهوم الماء الافتراضي):**

يشير مفهوم الماء الافتراضي إلى استبدال المحاصيل ذات الاحتياج المائي العالي والخاسرة اقتصادياً بالمحاصيل الأكثر ريعية والأقل احتياج، وهذا توافق مع نتائج (Mourad et al., 2010; Perry, 2011) ويعطي البرنامج أنّ أقل حجم للماء الافتراضي (م^3/طن) عند أفضل تقانة ري ممكن استعمالها في السلمية كان في محصول الفصة 215.2 م^3/طن يليه البيقية 433.3 م^3/طن والشعير 641.3 م^3/طن. وبدراسة كل من الريعية الاقتصادية (الربح) ونسبة العائد للتكاليف في المحاصيل الثلاث، يُمكن أن نستنتج أنّ الربح لوحدة المياه (ل س/م^3) كان الأعلى في محصول البيقية 10.04 ل س/م^3 يليه الشعير 6.4 ل س/م^3 ومن ثم الفصة 2.2 ل.س/م^3. وبالإستبدال الجزئي لمحصول الفصة بمحصولي الشعير والبيقية الرابحين: سيتم حفظ 6.3 م.م^3 من الماء لأنّ الاستهلاك المائي الوسطي للحصول على إنتاج مقبول من الشعير والبيقية يعادل 0.2 من الاستهلاك المائي

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2021 ، 9 (1) : 98 – 108 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

الوسطي للحصول على إنتاج مقبول من الفصة ضمن ظروف المنطقة المدروسة (السلمية)، ناهيك عن التوفير في تكلفة مياه الري بحسب المصدر سواء سطحي أو جوفي، والحصول على ربح قدره 163220 ل.س/هـ.

الاستنتاجات والمقترحات

يتم من خلال تطبيق مبدأ صناعة الزراعة في مجال تطوير تقنيات الري الإجابة على معظم الأسئلة الغامضة لمزارع المنطقة (متى، كم، وكيف نروي؟ وأين نزرع المحصول وكيف نتعامل معه للحصول على أعلى عائد اقتصادي؟). وباتباع البرامج المتطورة عالمياً مثل Aquacrop استنتجت أفضل طريقة تلائم ظروف المنطقة للوصول لأعلى إنتاجية مائية لمحصول الفصة العلفي وما يشابهه من المحاصيل، حيث وازن البرنامج المدخلات والمخرجات وحسب معامل استجابة المحصول للماء، وهذا ما تتجاهله معظم الدراسات السابقة حتى اللحظة في سورية. ناهيك عن معاملته لمواقع الطلب على الماء الزراعي بطريقة نوعية تختلف عن البرامج الأخرى، لكونه يأخذ الجوانب البيئية بعين الإعتبار ويربط العلاقة بين نوع النبات المزروع (مراحل النمو) والماء (المطر وكفاءة الري المطبقة) والمناخ السائد (التبخر- نتح) والتربة (قوامها والماء المتاح) بغاية الوصول لأفضل إنتاج بأقل كمية مياه مقدّمة.

ويُستنتج من الدراسة أعلاه تحسين إنتاجية الماء الزراعي للفصة بما يزيد عن 120% مقارنةً بالتطبيق الحقلي المتبع. وهذا لكون التطبيق الحقلي (الشاهد) يعتمد على المشاهدات الحقلية والخبرات الشخصية المتوارثة والنظام الدوري للري والذي ينتج عنه هدر مائي كبير وتدني بغلّة المحاصيل واستنزاف المياه الجوفية الصالحة للشرب.

وبتطبيق مفهوم الماء الافتراضي في القطاع الزراعي المستهلك الأكبر للمياه وفقاً للنتائج المتحصل عليها من قبل البرنامج Aquacrop، سيتم حفظ كميات كبيرة من المياه تُساعد في تجدد الوارد الجوفي في المنطقة وتحسين البصمة المائية فيها.

وأخيراً نقترح تمثيل المزرعة وتوصيفها مناخياً وهيدرولوجياً قبل المبادرة بأي مشروع زراعي. وإجراء مسح دوري بوساطة التقنيات الحديثة التابعة لهيئة الاستشعار عن بعد، وإتباع مفهوم الماء الافتراضي والزراعة البديلة للمحاصيل ذات الريعية الاقتصادية الأعلى والاحتياج المائي الأقل لتفادي العجز المائي في حالة السنوات الجافة والجافة جداً (ياغي وآخرون، 2018).

كلمة شكر

أتوجه بالشكر الجزيل لكل من ساهم في إنجاح هذا البحث ضمن الظروف التي تعيشها البلاد والمنطقة بشكل خاص، ولاسيما المدير العام لهيئة البحوث العلمية الزراعية (GCSAR) في سورية (د. ماجدة محمد مفلح) ومدير إدارة بحوث الموارد الطبيعية (د. محمد منهل الزعبي)، وأهديه لروح أخي الشهيد المهندس وكل الشهداء الأبرار في هذا الوطن.

المصادر

المحمد، ياسر 2013. تأثير قوام التربة الزراعية في جدولة الري. رسالة ماجستير. كلية الهندسة المدنية. منشورات جامعة البعث، ص 123.

تقارير مديرية زراعة حمص 2011، ص 112.

توكل، يونس 2002. المراعي ومحاصيل العلف المصرية، كلية الزراعة، جامعة عين شمس، مصر، ص11.

حسيان، كفاح محمد 2012. تقييم الوضع المائي في سورية من خلال تطبيق مبدأ المياه الافتراضية في القطاع الزراعي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية. المجلد الثامن والعشرون-العدد الأول، ص 24.

خزام، بشرى؛ ديوب، معمر؛ إدريس، ختام 2015. التقييم الاقتصادي لاستبدال محصول الشوندر السكري في ظروف محافظة حمص. ملخصات المؤتمر العلمي العشرون، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق. ص 17.

دوس، محمد محمد يحي؛ المعلم، أحمد؛ علوان، عبد الله؛ السليماني، نادية 2016. أثر حزم التقنيات المحسنة في إنتاجية محصول البرسيم لمواجهة التغيرات المناخية تحت ظروف المرتفعات الوسطى في اليمن. المجلة السورية للبحوث الزراعية. المجلد (3)، العدد (2)، ص 17.

شمّاع، أحمد طه 2010. استخدام برمجة الري في تحديد الاحتياجات المائية والموازنة المائية لأهم المحاصيل المزروعة في مناطق مختلفة بسورية. رسالة لنيل درجة الدكتوراه، كلية الزراعة، جامعة حلب، 188.

ياغي، تمام؛ الضّرير، عبد النّاصر؛ أرسلان، أويديس 2018. تطبيق النمذجة الرياضية لرفع إنتاجية المياه في حوضي العاصي الأعلى والأوسط، المؤتمر الدولي "التنمية المستدامة للموارد المائية في سورية في مرحلة التعافي"، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث، ص 27.

ياغي، منى 2015. أثر تطبيق نظامي الحراثة الدنيا والحراثة الصفرية على إنتاجية الشعير. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة حلب. ص 100.

FAO, 1988. Crop Evapotranspiration. Irrigation and Drainage Paper, No. 56. Rome.

FAO-ISRIC, 1989. Soil Database (SDB). Soil Classification.

FAO, 2009. New LocClim v. 1.06. Environment and Natural Resources Service (SDRN), Working Paper No. 20 (CD-ROM), Available: http://www.fao.org.

Hoekstra, A. Y.; Mekonnen, A. K.; Chapagain, R.; Mathews, E. and Richter., 2012. Global monthly water scarcity: Blue water footprints versus blue water availability. PloS ONE, 7, art. No. e32688.

Hu, Y., P.; Moiwo, Y.; Yang, S.; Han and Yang. Y., 2010. Agricultural water-saving and sustainable groundwater management in Shijiazhuang Irrigation District, North China Plain. Journal of Hydrology, pp.219-232.

Kernich, G.C. and Halloran, G.M., 1996. Nitrogen fertilizer effects on the duration of the pre-anthesis period and spikelet number per spike in barley. J. Agron., 177: pp.289-293.

Kurdali, F.; Sharabi, N. E. and Arslan, A., 1996. Rainfed vetch-barley mixed cropping in the Syrian semi-arid conditions. Plant and soil J, 183: pp.137-147.

Mourad, K. A.; Gaese, H. and Jabarin, A. S., 2010. "Economic Value of Tree Fruit Production in Jordan Valley from a Virtual Water Perspective," Water Resources Management, vol. 24, no. 10, pp. 318-325.

Oweis, T., and Taimeh A., 2001. Farm water harvesting reservoirs. Issues of planning and management in dry areas .International workshop on integrated land management in dry areas . China, 8-13 September.

Perry, C. J., 2011. Accounting for water use: Terminology and implications for saving water and increasing production. Agricultural Water Management 98, pp.1840 – 1846.

Raes, D., 2009. The ET_0 Calculator, reference manual. In. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Land and Water Division, FAO.

Raes, D.; Gaelen, H.; Karajeh, F. and Steduto, P., 2014. Capacity Development for Farm Management Strategies to Improve Crop-Water Productivity using. Importance of Modeling in Water Management, Aqua Crop 24 August – 28 August, Cairo-Egypt.

Roost, N., 2003. Strategic options analysis in surface irrigation systems: integrated modelling for efficient, productive and equitable water use, PhD Thesis, Lausanne, EPFL, pp. 98.

Steduto, P., Hsiao, T., Fereres, E. and Raes, D., 2012. Crop yield response to water. FAO. Rome. pp. 512.

Turner, K.; Georgiou, S.; Clark, R. and Brouwer, R., 2004. Economic valuation of water resources in agriculture from the sectorial to a functional perspective of natural resource management, FAO, Rome.

Vanuytrecht, E.; Raes, E.; Steduto, P.; Hsiao, T.; Fereres, E.; Heng, L.; Vila, M. and Moreno, P., 2014. AquaCrop: FAO's crop water productivity and yield response model. Environmental Modelling and Software (62), pp. 351-360.

Varela-Ortega, C. and Sagardoy, J. A., 2001. The utilization of water resources for agriculture: analysis of the current regime and policy. Assistance in Institutional Strengthening and Agricultural Policy Syria FAO GCP/SYR/06/ITA, pp. 90.

Yaghi, T.; Aldarir, A. N.; Nangia, V.; Oweis, T. and Arslan, A., 2016. Impact of climate changes on water resources availability in the Orontes river watershed: Case of Homs governorate in Syria, Jordan journal of agricultural sciences, Vol (12), No (2), pp. 30.