مجلة جامعة صعدة
المجلد (1) – العدد (3) – (يناير – يونيو ٢٠٢٣م)
ص: 1 – 19
ISSN: 2959-0396

أهمية تطبيق تقنية الزراعة المائيّة لإنتاج محاصيل الخضر الاقتصاديّة

وجيه عبد الله أحمد المتوكل – مدير عام الإدارة العامة للإنتاج النباتي بوزارة الزراعة والري

الملخّص:

الزراعة المائيّة إحدى التقنيات الحديثة في الزراعة، تمّ إدخالها إلى اليمن في مارس ٢٠١٣م من خلال إنشاء وحدة زراعة مائيّة في محطة أبحاث المرتفعات الشّماليّة – الهيئة العامّة للبحوث والإرشاد الزراعي؛ بهدف تقييم نظام الزراعة المائيّة وتطويع هذا النظام ليتناسب مع إمكانيّات المزارع اليمنيّ، إضافة إلى تقييم مقارنة الزراعة بدون تربة بالزراعة في التربة، وتمّ تبنّي التقنية في مزرعة آل سودان مديرية ذيبين – محافظة عمران. وسنعرض نتائج تقييم الموسم الربيعيّ ٢٠١٨م لزراعة محصول الخيار صنف Banan F1 في ١٠ فبراير، وتم متابعة نمو المحصول حتّى آخر مراحل القطف بداية أغسطس، وكانت نتائج تقييم نظام الزراعة المائيّة لمحصول الخيار جيّدة جداً مقارنة بالزراعة التقليديّة في التربة التي في البيتين البلاستيكيين المجاورة والتابعة لنفس المزارع ونفس مساحة البيت ونفس الصنف المزروع من الخيار Banan F1.

ومن خلال النتائج المتحصّل عليها بلغت كميّة مياه الري المضافة لوحدة الزراعة المائيّة حوالي ٦٢م^{٣}، وهي تقريباً حوالي ٢٨٪ من كمية المياه المضافة في الزراعة بتربة تحت نظام الإدارة المتكاملة (IPPM)، حيث بلغت كميّة المياه المضافة ٢١٨م^{٣}/ للبيت خلال الموسم، وبلغت إنتاجيّة وحدة الزراعة المائيّة من محصول الخيار حوالي ٨٤٢٤ كجم خلال الموسم الصيفيّ بينما في الزراعة بتربة بلغت الإنتاجية ٥٨٣٥ كجم، أي أنّ إنتاجيّة وحدة المساحة ارتفعت من ١٥ كجم/م^{٢} في الزراعة بتربة إلى ٢٢ كجم/م^{٢} في نظام الزراعة المائيّة، أي بزيادة قدرها ٤٧٪ عن الزراعة بتربة. وهذا مؤشّر تفوّق الزراعة المائيّة في الإنتاجيّة عن الزراعة التقليديّة في التربة، وهذا ينعكس على زيادة العائد الاقتصاديّ والذي بلغ معدل العائد لمحصول الخيار تحت نظام الزراعة المائيّة ١٩٦٪.

الكلمات المفتاحيّة: تقنية – الزراعة المائيّة – الزراعة بالتربة – الخضر الاقتصاديّة.

SA'ADAH UNIVERSITY JOURNAL
Volume (1) - Issue (3) – (Jan - June 2023)
P: 1 – 19
ISSN: 2959-0396

The Importance of Applying Hydroponics Technology to Produce Economical Crops under Greenhouses

Wajih Abdullah Ahmed Al-Mutawakel
Director General of Plant Production - Ministry of Agriculture and Irrigation

Abstract:

Abstract: Hydroponics or Soilless Culture is one of the latest techniques in agriculture. It was introduced to Yemen in March 2013 by installing the first hydroponic unit at the Northern Highlands Research Station– Agricultural Research and Extension Authority (AREA); to evaluating hydroponics system and adapting this system to suit the competences of the Yemeni farmer. In addition to evaluating the comparison of soilless culture with soil farming. The technology was applied at Al Sudan Farm, Dhibin Area – Amran Governorate. We will present the results of the assessment of the 2018 spring season for the cultivation of the Banan F1 cucumber crop on February 10, and the growth of the crop was followed up until the last stages of picking in the beginning of August. The same area of the house and the same cultivated variety of cucumber Banan F1.

Through the results obtained, the amount of irrigation water added to the hydroponics unit amounted to about 62 m^3, which is approximately 28% of the amount of water added in soil agriculture under the integrated management system (IPPM), where the amount of water added reached 218 m^3 for the house during the season, and the productivity of the unit reached Hydroponics of the cucumber crop was about 8,424 kg during the summer season, while in cultivation with soil the productivity reached 5,835 kg, meaning that the productivity of the unit area increased from 15 kg/ m^2 in soil cultivation to 22 kg/ m^2 in the hydroponics system, an increase of 47% over cultivation with soil. This is an indicator of the superiority of hydroponics in productivity than the traditional cultivation in the soil, and this is reflected in the increase in the economic return, which reached the rate of return of the cucumber crop under the hydroponic system of 196%.

Keywords: Technology – hydroponics – soil cultivation – economical vegetables.

مقدمة (INTRODUCTION):

ظهرت في الآونة الأخيرة العديد من المصطلحات والممارسات الزراعية والتي تساهم في الإنتاج والتنمية المستدامة في مجال الزراعة والتي كانت نتيجة للتقدم العلمي، والتي من أهمها استخدام تقنيات الزراعية الحديثة (Modern agricultural techniques)، والتي تهدف إلى زيادة الإنتاج الغذائي وحل مشاكل الشُّحّ في الموارد الطبيعية سواء المائية أو الأرضية دون التأثير على صحة الإنسان والعمل على استدامة هذه الموارد والاستثمار الأمثل للمساحات وتلافي المخاطر والمشاكل التي سببتها الثورة الخضراء Green Revolutions (GR) في القرن السابق والتي كانت تهدف إلى زيادة الإنتاج دون النظر في أهمية إدارة الموارد واستدامة الموارد (الحمزة وزرقين، ٢٠١٨م).

وفي السنوات القليلة الماضية انتشر الحديث عن الزراعة بدون تربة ونظام الزراعة المائية كنظام حديث يعتمد على فكرة الاستغلال الأمثل لموارد الإنتاج وأصبح التوجه للكثير من المنتجين والمستثمرين في القطاع الزراعي محاولة فهم سر هذه الزراعة وتبني تقنيات هذا النظام بعد أن حقّق نجاحاً ملحوظاً في رفع معدل العائد الاقتصادي خصوصاً وأنه أصبح من النادر أن نجد مساحات من الأراضي لنزرعها، وفي الحقيقة فإن تأريخ نظام الزراعة بدون تربة ضمن بيئات صلبة خاملة يرجع إلى عصر الحضارة الآشورية والبابلية وما قبل ذلك في بابل ومصر والصين والهند، وأكبر دليل قائم لوقتنا الحالي أعجوبة حدائق بابل المعلقة. كما أنّ فكرة الزراعة بدون تربة ضمن محاليل غذائية تعود إلى القرن السابع عشر حيث كانت هذه الفترة هي نواة التطور العلمي للزراعة الرملية والمائية (كاظم، ٢٠١٧م).

تعتمد فكرة الزراعة بدون تربة على الاستغناء الكامل عن التربة كمصدر للمغذيات وسط للنمو، واستبدالها بالمحلول المغذي ومادة خاملة كيميائيّا كوسط لنمو الجذور؛ ونتيجة لظهور الكثير من المشاكل المتعلقة بالتربة من أمراض، أعشاب، وزيادة الملوحة، وغيرها الكثير، بدأ الباحثون في قطاع العلوم الزراعية البحث عن حلول بديلة عن استخدام التربة كوسط لتربية النبات، فقاموا بإجراء الأبحاث المختلفة على عدد من المواد التي يمكن أن تكون بديلة، مثل: البيتموس (Peat Moss)، البيرليت، الصوف الصخري، والتوف/ التف البركاني (Volcanic Tuff)، وتعتبر الزراعة دون تربة حلا ناجعاً لجميع مشاكل التربة بلا استثناء، وتمكن الزراعة بدون تربة من زراعة

المناطق ذات التربة المتدهورة أو عديمة التربة أو الصحاري (Al-Haboby et al., 2014).

تعد الزراعة المائية Hydroponics إحدى تقنيات الزراعة الحديثة والمطبقة في كثير من الدول الأوروبية وبعض الدول العربية وبالأخص دول الخليج العربي، كما أنّ الزراعة المائية تشهد توسعاً ظاهرياً في جميع أنحاء العالم وخصوصاً في تلك البلدان التي تعاني من شُحّ المياه وقلة الحيازات الزراعية وزيادة الأراضي الصحراوية والتي تستنزف كَمّاً هائلاً من المياه والمدخلات الزراعية لاستصلاحها هذه الأراضي، حيث تقوم هذه البلدان بتحسين المساحات الخضراء وتعزيز الزراعة الحضرية التي يتم من خلالها تحقيق التنمية المستدامة وتعزيز وتطوير النظم الغذائية الحضارية (تعيلب وآخران، ٢٠١٨م).

وفي اليمن تم إدخال نظام الزراعة المائية في محطة بحوث المرتفعات الشمالية بهدف تقييم النظام وتطويع التقنيات الداخلة فيه بحيث تناسب إمكانية المزارع اليمني المادية إضافة إلى تفضيلات المستهلك وعوامل أخرى يجب مراعاتها في نشر تقنية الزراعة المائية.

كما أن الزراعة المائية تحت البيوت المحمية حققت نجاحاً كبيراً في رفع إنتاجية وجودة محاصيل الغذاء الرئيسية من الخضار تحت البيوت المحمية مما جعل التوجه العام لمزارعي البيوت المحمية إلى تبني تقنيات الزراعة المائية بدلا عن الزراعة في التربة الأم.

مشكلة الدراسة:

١. تعتبر الزراعة المائية من التقنيات الحديثة التي يصعب على الفرد استيعابها وتبنيها ما لم يكون لديه خبرة معلوماتية وثقافة زراعية مسبقة وتدريب جيد على استخدام هذه التقنية، والتي لم يعتد المزارع اليمني عليها.

٢. شُحّ المياه وارتفاع كلفة وحدة مياه الري للمزارع نظراً لاعتماد المزارع اليمني بشكل رئيسي على المياه الجوفية في ري المزروعات.

٣. نظراً لانتشار آفات وأمراض التربة تحت البيوت المحمية خاصة نيماتودا تعقد الجذور الذي يتطلب من المزارع تعقيم التربة للبيت المحمي كل سنتين تعقيماً كيماويّاً بغاز بروميد الميثيل، وهو من المبيدات الخطيرة على الصحة العامة والبيئة وأصبح حالياً من المبيدات الممنوع استيرادها وتداولها.

٤. قلة الحيازات أو الأرض الصالحة للزراعة (أراضٍ صخرية وصحراوية وحضرية)، والتي تمثل حوالي ٥٤.٠٥% من المساحة الكلية للبلاد (المركز الوطني للمعلومات، ٢٠١٨م).

٥. ارتفاع أسعار المشتقات النفطية وأسعار المدخلات الزراعية المستوردة من أسمدة وبذور وغيرها وذلك بسبب الحصار الغاشم من قبل دول تحالف العدوان الذي أدى إلى زيادة تكاليف الإنتاج.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى:

١. توسيع المعرفة فيما يخص أهمية الزراعة المائية وإدخالها في الزراعة المحمية أو بشكل عام ودورها في الوصول إلى تحقيق التنمية الزراعية المستدامة والأمن الغذائي.

٢. التعرف على إمكانية التغلب على مشاكل التربة سواء كانت أمراضاً فطرية ونيماتود أو ملوحة ونقص العناصر في التربة.

٣. معرفة الطرق المثلى للتوفير في كمية مياه الري المضافة.

٤. دراسة الآثار الاقتصادية المترتبة على إدخال تقنية الزراعة المائية في البيوت المحمية ومقارنتها بالبيوت المحمية التي بنظام الزراعة بتربة تحت البيوت المحمية من حيث الإنتاجية وتكاليف الإنتاج وجودة المحصول.

٤. الاستغلال الأمثل للمساحة داخل البيت المحمي من خلال إمكانية تكثيف النباتات.

٥. تقليل جهد وتكاليف الحراثة والتعشيب والترديم وغيرها من العمليات الزراعية.

الأهم من ذلك كله أن الزراعة المائية لا تحتاج إلى أرض زراعية خصبة لإنتاج محاصيل الغذاء الرئيسية، فبإمكاننا الاستفادة من مساحات واسعة من الأراضي الغير صالحة للزراعة والوصول إلى تحقيق الأمن الغذائي المنشود.

حدود الدراسة:

في منطقة آل سودان بمديرية ذيبين– محافظة عمران، والمزارع مهتم بهذه التقنية، ولديه محاولات سابقة وبيت محمي ومزود بأحواض من (الفايبر جلاس) مناسبة للزراعة المائية ونشر التقنية. وقد تم الاتفاق مع المزارع سلطان سودان على أن يتم الإشراف على إدارة نظام الزراعة المائية والزراعة في التربة أيضاً تحت البيوت المحمية للمقارنة، وتم الاتفاق على زراعة محصول الخيار.

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على استخدام أساليب التحليل الإحصائية الوصفية المتمثلة في المتوسطات والنسب المئوية، وأساليب التحليل الكمية التي تمثلت في استخدام المقاييس غير المخصومة لدراسة الجدوى، مثل صافي ومعدل العائد، كما تمت دراسة التكاليف الإنشائية والتشغيلية.

الدراسات السابقة:

مفهوم الزراعة المائية:

كلمة hydroponics مشتقة من كلمتين يونانيتين هما hydro وتعني ماء وponics بمعنى عمل، ويطلق مصطلح الهيدروبونيك Hydroponics على أنظمة الزراعة في محاليل مغذية بدون استخدام بيئات صلبة أو استخدام بيئات صلبة خاملة (أبو الروس وشريف، ١٩٩٥: ص ٨)، وبتالي فإن الزراعة بدون تربة: هي عبارة عن زراعة وتنمية النباتات بمعزل عن الأراضي، حيث لا تستخدم التربة الزراعية العادية كوسط للزراعة بل تستخدم كدعامة يستند إليها النظام في بعض الأحيان (البحيري، ٢٠٠٩: ص ٨)، وهي تقنية لنمو النباتات في المحاليل المغذية الضرورية للنمو المثالي مع/أو بدون استخدام أي من الوسائط الخاملة (بدائل التربة) مثل الحصى والفيرموكوليت والزيولايت والصوف الصخري أو التف البركاني والبيتموس ونشارة الخشب وغيرها من البيئات الخاملة لتوفير التدعيم اللازم للنبات.

كما أنّ الزراعة المائية تتضمن الإنتاج في كافة أوساط الزراعة التي لا تكون التربة إحدى مكوناتها، كما أنها تشمل أيضا المزارع الهوائية Aeroponics والتي تبقى الجذور فيها معلقة في الهواء في حيز مغلق ويرش المحلول المغذي على جذورها باستمرار (عبد الرحمن، ٢٠١٥م).

الجدير بالذكر أنّ معظم المحاصيل تنجح زراعتها بنظام الزارعة المائية في حين تتفاوت نسب النجاح من محصول إلى آخر، كما تعد الزارعة بدون تربة إحدى التقنيات الزراعية والتي تم تجربتها وتطبيقها في العديد من الدول الأوروبية والأسترالية والأمريكية بالإضافة للدول العربية.

مميزات الزراعة المائية

يمكن تلخيص أهم مميزات تقنية الزراعة المائية على النحو التالي:

١. التوفير في مورد الأرض الزراعية الخصبة، فالزراعة المائية لا تحتاج إلى تربة، كما أنها تصلح للاستخدام في أي مكان حتى داخل المدن فوق أسطح المنازل وفى البلكونات وعلى أسطح المباني الحكومية.

٢. تزيد إنتاجية وحدة المساحة في الزراعة المائية عنها في حالة الزراعة التقليدية (Murphy et al., 2011؛ والرواحي وآخران، ٢٠١٣م).

٣. التوفير في ماء الري بنسبة تتراوح بين ٨٠-٩٠٪، بالمقارنة بالزراعة التقليدية، حيث تستغل كل قطرة ماء بشكل مثالي، فلا يوجد فقد بالبخر أو بالتسرب داخل التربة بعيدا عن منطقة الجذور النشطة، الأمر الذي يساهم في

علاج المشكلة المائية التي تعاني منها كل دول المنطقة العربية بما فيها اليمن.

٤. التوفير في التسميد من حيث الكمية والتكاليف خاصةً في ظل الارتفاع الشديد في أسعار الأسمدة، حيث يتم توفير ما يقارب من ٨٠٪ من تكلفة التسميد بالمقارنة بالزراعة التقليدية نتيجة للاستغلال الأمثل لكل قطرة ماء وإعادة استخدام الماء مرات ومرات، وبالتالي يتم تعويض القدر من الأسمدة الذي أُمتص بواسطة الجذور، فلا توجد مشكلة غسيل الأسمدة والتي تحدث نتيجة الري الزائد، بالإضافة إلى عدم وجود مشكلة تثبيت العناصر السمادية بالتفاعل مع مكونات التربة (نظراً لعدم وجود تربة) وتحويلها إلى عناصر غير قابلة للامتصاص بواسطة جذور النباتات.

٥. المحافظة على البيئة من خلال الإقلال من استخدام الأسمدة الكيماوية؛ حيث إن زيادة إضافة الأسمدة وهي بالأساس أملاح يؤدي إلى ارتفاع نسبة ملوحة التربة والإضرار بخواصها وإنتاجيتها على المدى البعيد، بالإضافة إلى أنها قد تتسرب وتختلط بالمياه الجوفية وتلوثها.

٦. الانتظام في نمو النباتات، حيث إنه في الزراعات التقليدية قد يكون هناك بعض الأماكن في الحقل يقل نمو النباتات أو ينعدم فيها بسبب أن هذه المنطقة بها تربة طفلية (بالإنجليزية: Loamy soil) مالحة أو تربة صخرية، في حين لا توجد تلك المشكلة في الزراعة المائية لعدم وجود التربة.

٧. تزيد الأرباح في حال تطبيق الزراعة المائية عنها في الزراعة المفتوحة، فمثلا لو تمت عملية الزراعة المائية داخل بيوت زجاجيه مكيفة الهواء ومتحكم في نسبة الرطوبة والحرارة داخلها بواسطة أجهزة تحكم، وبالتالي يمكن الإنتاج في أي وقت من السنة، بصرف النظر عن موعد الزراعة في الحقول المفتوحة، وبالتالي فإنه يمكن إنتاج الخضروات في الوقت الذي يكون فيه سعرها مرتفعاً في الأسواق. هذا فضلاً عمّا تتسم به الزراعة المائية في البيوت المحمية من تجنب للمخاطر الجوية المصاحبة للزراعة المفتوحة من أمطار ورياح وعواصف والتي قد تهلك المحصول بالكامل.

٨. التحكم بالإصابات الحشرية في نظم الزراعة المائية، وتقليل استخدام المبيدات الحشرية الملوثة للبيئة (Goenka, 2018).

٩. التوفير في حجم وتكلفة العمالة التي يحتاجها نظام الزراعة المائية عنه في حالة الزراعة التقليدية.

١٠. السهولة والمتعة في عملية جني المحصول في حالة الزراعة المائية عنه في الزراعة

التقليدية، حيث يعتبر حصاد المحصول في هذه الطريقة بمثابة نزهه لطيفة.

١١. يمكن باستخدام الزراعة بدون تربة أو الزراعة المائية زراعة العديد من النباتات بما في ذلك الخضروات والفواكه والزهور والمحاصيل الطبية (Sardare & Shraddha, 2013).

عيوب الزراعة المائية:

١. التأثير السلبيّ والسريع لأيّ نقص يحدث في تركيبة المحلول المُغَذّى على النباتات، لذا يجب مراقبة المحلول المغذى بصورة يومية من خلال أجهزة قياس متخصّصة للتعرف على حالة المحلول بصورة دائمة وهذه متوفرة وتعتبر من أركان إنشاء المشروع.

٢. ارتفاع التكلفة الإنشائية لنظم الزراعة المائية مقارنةً بتكاليف الزراعة التقليدية، إلا أن الوفر في ثمن شراء الأرض المطلوبة في حالة الزراعة المائية والتي تعطي وحدة المساحة فيها إنتاجية قد تصل إلى ستة أو سبعة أضعاف إنتاجية ذات الوحدة في الزراعة التقليدية سيؤدي إلى تعويض تكلفة الإنشاء، أما الوفر في التسميد والري والعمالة فسيكون إضافة مباشرة إلى الأرباح بصورة مستمرة، طالما استمر المشروع.

٣. الزراعة المائية هي تقنية حديثه ومتقدمة وتحتاج إلى كوادر بشرية مؤهلة ومدربة بشكل جيّد، ومتميز عنه في حالة الزراعة التقليدية.

٤. تلوث المحلول المُغَذّي بالممرضات سيكون له أثر فوري على النباتات، لذا فإنه يجب الحفاظ على البيئة داخل البيت الزجاجي في حالة شبه معقمة واتباع إجراءات صارمة بخصوص أي مواد يسمح بدخولها.

٥. عدم توافر المحلول المُغَذّي بصورة جاهزة للاستخدام في اليمن مثل الدول الأوربية.

٦. سرعة انتشار المرض في حالة وجود شتلة واحدة مريضة؛ حيث تؤدي إعادة استخدام المحلول المُغَذي إلى انتشار المرض وإصابة جميع النباتات داخل البيت الزجاجي كله، وللتغلب على تلك المشكلة فإنه يوصى بإضافة وحدة شتل محلية داخل الصوبة (الدفيئة) تستخدم فيها البذور لإنتاج الشتلات داخل الصوبة ولا يسمح بدخول شتلات من الخارج، وتعتبر تلك الوحدة في هذه الحالة من أساسيات التصميم في حالة الزراعة المائية، على أن يتم إجراء كل المعاملات التأمينية بها (عبد الرحمن، ٢٠١٥م).

أنواع الزراعة بدون تربة:

أ. النظم المفتوحة (Open Systems): وهي زراعة النباتات في أوساط زراعية غير التربة، وتروى بالمحلول المُغَذّي الذي لا يتم إعادة استخدامه.

ب. الـــنظم المغلقـــة (Closed Systems):

وهي زراعة النباتات في أوساط زراعية غير التربة، وتروى بالمحلول المغذي الـــذي يـــتم إعادة استخدامه، بحيث يـــتم الاســـتفادة مـــن المحلول مرة أخرى في ري النباتات، وذلـــك في حلقة مغلقة (الرواحي وآخران، ٢٠١٣م)، ومنها:

١. تقنيـــة الغشـــاء المغـــذي Nutrient Film Technique.
٢. النظم المغلقـــة مـــع اســـتخدام الأوســـاط الزراعيـــــة Closed Systems with Substrates.
٣. الزراعة الرأسية Vertical System.
٤. الزراعة الهوائية Aeroponics.

وجـــد (Gruda, 2009) أن الطمـــاطم المزروعة بتقنية الزراعة المائية كانـــت أكثـــر جودة ونعومة وذات طعم لذيذ مـــن المزروعـــة بالطريقة التقليدية؛ حيث أظهـــرت النتـــائج أن الطعم والحموضة والكاروتينات والفيتامينات في الطماطم كانت أفضل في أنظمة الزراعة المائية.

قارن (Murphy et al., 2011) بـــين جودة محصول الخس المزروع بتقنية الزراعة المائية وبين الخس المزروع بالنظام التقليـــدي وذلك على أساس التحليـــل الوصـــفي للطعـــم والرائحة والجودة البصرية والملمس؛ حيـــث أظهرت النتائج أن هنالك اختلافاً كبيـــراً فـــي جودة المحصول بين الخس المزروع بتقنيـــة الزراعة المائية والمزروع بالنظام التقليدي.

ذكر الرواحـــي وآخـــران (٢٠١٣م) أن إدخال تقنية الزراعة المائيـــة فـــي الزراعـــة المحمية مهمة ومفيـــدة لكونهـــا مـــن الـــنظم الزراعية ذات العائد الاقتصـــادي للمـــزارع؛ حيث تبين من خلال التجارب البحثيـــة التـــي أجريت في البحوث الزراعيـــة فـــي ســـلطنة عمان، ومن خلال نتائج التجـــارب التطبيقيـــة لدى بعض المزارعين على محصول الخيـــار، تم التوصل إلى أن الزراعة المائية اقتصـــادية جدّاً في استهلاك الميـــاه والأســـمدة مقارنـــة بالزراعة العادية، وهذا بدوره يقلل أيضاً مـــن كلفة مدخلات الإنتاج ممّا يؤدي إلـــى زيـــادة العائد المادي للمزارع. وبما أنّ المياه مصـــدر مهم في العملية الإنتاجية فإن حساب اقتصادية أي تقنية يجب أن يكون على أساس الإنتاجيـــة في المتر المكعب من المياه، وهذا ما تم تحقيقه في الزراعة المائية مقارنة بالزراعة في التربة؛ حيث تتراوح إنتاجية الخيار في البيت المحمـــي ما بين ٥٠ – ٧٠ كجم/ م^{٣} من المياه للزراعة بدون تربة، وما بين ٢٠ – ٤٠ كجم /م^{٣} مـــن المياه للزراعة في التربة. ولقد أثبتـــت نتـــائج التجارب التي أجريت في البحوث الزراعيـــة كفاءة نظم الزراعة المائية (النظم المغلقة) في المحافظة على الميـــاه؛ حيـــث بلـــغ معـــدل

الاستهلاك اليومي لمحصول الخيار (١٣٤ لتر/ ٣٦٠م٢) مقارنة بـــ (٥٩٠ لتر/ ٣٦٠م٢) فـــي التربة العادية.

قامت إيكاردا (ICARDA) بالتعاون مع الهيئة العامة للبحوث الزراعية اليمنية في العام ٢٠١٣م بعمل دراسة للمقارنة بين الزراعة بنظام الزراعة المائية والزراعة بالتربة على محصول الخيار داخل البيوت المحمية؛ حيث أظهرت النتائج أن الزراعة المائية أدت إلى زيادة كفاءة استخدام المياه بنسبة ٧١٪، حيث تم الحصول على ٧ كجم /م٣ في الزراعة المائية مقابل ٢٢ كجم/م٣ في زراعة التربة، كما أظهرت نتائج دراسة تحليل التكاليف والعائد أن صافي العائد من نظام الزراعة المائية كان أعلى من الزراعة في التربة بمقدار الضعف.

أجـــرى (Ouled Belgacem, et al., 2017) دراسة مقارنة بين بيتـــين محميـــين، أحدهما يعمل بنظام الزراعة المائية والآخـــر يعمل بالنظام التقليدي (التربة)، وكلاهمـــا تـــم زراعتهما بمحصول الطماطم؛ حيث أظهـــرت النتائج أن متوسط إنتاجية الميـــاه فـــي نظـــام الزراعة المائية كان حوالي ٤٠ كجم /م٣، بينما كان في البيت المحمي المزروع على التربة ٩ كجم /م٣.

الزراعة المائية في اليمن:

تم إنشاء أول وحدة زراعة مائية (زراعة بدون تربة) في اليمن من خلال شـــراكة بـــين الهيئة العامة للبحوث الزراعية والمركز الدولي لبحوث المناطق الجافة وشبه الجافة إيكـــاردا (ICARDA) في البرنامج الإقليمي لدول شبه الجزيرة العربية، وتم طلب إنشاء أول وحـــدة زراعة مائية في محطة بحـــوث المرتفعـــات الشمالية (العِرّة) في مارس ٢٠١٣م، وتم عمل دورة تدريبية على تركيـــب نظـــام الزراعـــة المائية، شارك فيهـــا عـــدد مـــن المهندســـين الزراعيين من مختلف محافظات الجمهوريـــة، بواقع مشاركين اثنين من كل محافظـــة، وتـــم التركيب والتـــدريب بحضـــور المشـــاركين، مرشدين ومهندسين وفنيين، لنظـــام الزراعـــة المائية تحت أحد البيوت المحمية في المزرعة البحثية بمحطة بحـــوث المرتفـــاع الشـــمالية (صنعاء)، وتم الاتفاق على تقييم نظام الزراعة المحمية في المحطة البحثية موسمين متتـــالين قبل نشره في حقول المزارعين، وكانت نتائج التقييم لنظام الزراعة بدون تربة تؤكد نجاحـــاً وتفوقاً في الإنتاجية وتوفير مياه الري والعائد الاقتصادي وجودة المنتج. وفي نهايـــة العـــام ٢٠١٤م تم الاتفاق والتنسيق للنشـــر الأولـــي لتقنيات الزراعة المائية في حقول المزارعين، وتم العثور على موقع مناسب في منطقـــة آل

سودان بمديرية ذيبين – محافظة عمران، وكان المزارع مهتمّاً بالتقنية، ولديه محاولات سابقة، وبيت محمي، ومزود بأحواض من الفايبر جلاس مناسبة للزراعة المائية، ونشر التقنية. وقد تم الاتفاق مع هذا المزارع (سلطان سودان) على أن يتم الإشراف على إدارة نظام الزراعة المائية، وتم الاتفاق على زراعة محصول الخيار، وتم استخدام التوف البركاني كوسط للزراعة.

وكان النجاح مميّزاً من بداية الموسم حتى نهايته، وحقق نظام الزراعة المائية نقلة نوعية وعائداً اقتصاديّا عالياً للمزارع والنتائج. وسنعرض في هذا البحث نتائج التقرير الخاص بموسم ٢٠١٨م كنموذج للبيانات في المواسم السابقة والتي كان يتم جمعها بالتعاون مع المزارع؛ حيث استمر نجاح الزراعة المائية وتفوّقها على الزراعة التقليدية بالتربة من بداية عام ٢٠١٥م في نفس وحدة الزراعة المائية حتى العام ٢٠٢٠م. وهذا النجاح المستمر شجع المزارع سلطان سودان إلى التوسع فاتجه إلى إنشاء أكبر وحدة زراعة مائية، عبارة عن خمسة بيوت محمية مدمجة في بيت واحد مزودة بأحدث التجهيزات الحديثة في إدارة الري وحقن السماد وإدارة المناخ داخل البيت المحمي.

تحليل الدراسات السابقة:

من خلال الدراسات السابقة يتضح أهمية الدراسة والتي تتمثل في أن إدخال تقنيات الزراعة المائية في البيوت المحمية بدلا عن الزراعة في التربة سيحقق الكثير من المميزات، ويحل الكثير من المشاكل التي تواجه الزراعة المحمية، والتي أهمها:

١- توفر الزراعة المائية نسبة عالية من كمية مياه الري التي قد تصل إلى أكثر من ٧٠٪ (Green Our Planet, 2019).

٢- تعتبر الزراعة المائية حالياً أهمّ وأنسب البدائل الآمنة لتجنب الأضرار على الصحة العامة والبيئة، وكذلك تجنب زيادة كلفة مكافحة آفات وأمراض التربة وخاصة النيماتودا، والتي تتطلب مكافحتها استخدام غاز بروميد الميثيل كل سنتين، والذي يعتبر من المبيدات الخطيرة على الصحة العامة والبيئة. وبالتالي عند إدخال تقنية الزراعة المائية تعمل على تجنب مخاطر بروميد الميثيل على الصحة العامة والبيئة (Horrigan et al., 2002).

٣- في حالة عدم توفر المساحة الكافية من الأراضي الزراعية أو عندما تكون التربة نفسها غير صالحة للزراعة، حيث إنّ تقنية الزراعة المائية لا تعتبر عائقاً أمام الإنتاج الزراعي، وخصوصا في المناطق القريبة من

التجمعات السكنية (Treftz and Omaye, 2016).

٤- تعمل الزراعة المائية على تخفيض تكاليف الإنتاج ورفع إنتاجية وجودة المحصول وتحقيق أعلى معدل عائد مالي للمزارع مقارنة بالزراعة المحمية التقليدية والزراعة المكشوفة (Seerat, et al., 2020).

الطريقة والمواد (Methods):

تم الاعتماد على نتائج نشاط الموسم الزراعي ٢٠١٨م بمزرعة آل سودان بمديرية ذيبين – محافظة عمران؛ حيث تم جمع بيانات محصول الخيار المزروع تحت نظام الزراعة المائية Hydroponic عند المزارع سلطان سودان في عزلة آل سودان مديرية ذيبين – محافظة عمران خلال الموسم الشتوي ٢٠١٨م ومقارنة النتائج بالزراعة بالتربة المطبق عليها نظام الإدارة المتكاملة (IPPM) في نفس المنطقة.

في بداية فبراير ٢٠١٨م تم تجهيز البيت المحمي المجهز لنظام الزراعة المائية المغلق لمحصول الخيار صنف Banan F1، وعلى أساس المقارنة مع أحد البيوت المحمية المزروعة بالطريقة التقليدية في التربة والمساوي له في المساحة، وتم زراعة بذور الخيار في ٢٠١٨/٢/١٠م في البيت المحمي زراعة مائية والبيت المحمي لمقارنة نفس الصنف، وتم متابعة الإنبات والنمو للنبات والعمليات الزراعية وجمع كافة البيانات المتعلقة بكمية المياه المضافة وعدد مرات القطف وكمية الإنتاج وغيرها من البيانات بالتعاون مع المزارع والعامل.

البيئة المستخدمة للزراعة:

تم استخدام حصى التف البركاني المتوفرة في أغلب الجبال البركانية في المرتفعات الشمالية خاصة في محافظتي صنعاء وعمران نظراً لنجاحها في المواسم السابقة في الزراعة المائية وتوفرها محليّا بسهولة مما جعلها شبه مجانية، والتكلفة تنحصر فقط في أجور النقل، كما أنّ خفة وزنها وخلوها من أيّ عناصر أو أملاح جعلها أنسب بيئة يمكن استخدامها في الزراعة المائية.

تجهيز المحلول المُغَذي المركز:

اعتماد التركيبة القياسية المكونة من ثلاثة (٣) محاليل مركزة يتم تحضيرها من الأسمدة الموجودة في السوق، وحسب التراكيز الموصى بها في برامج الزراعة المائية Hydroponic في برنامج شبه الجزيرة العربية – إيكاردا، حيث تم تحضيرها كالتالي:

محلول ١:

ماء عذب	٤٠ لتراً
نترات كالسيوم Ca (No3)	٩.٥ كجم
شيلات حديد ٦٪ Fe	٦٠٠ جم

محلول ٢:

ماء عذب	٤٠ لتراً
السماد المركب (N.P.K 12:12:36 +1	١٢ كجم
سلفات المغنيسيوم MgSo4	١.٢ كجم
عناصر صغرى	٤٠٠ جم

محلول ٣:

ماء عذب	٤٠ لتراً
حامض الفسفوريك المركز	٢ لتر

النتائج والمناقشة (Results & discussion):

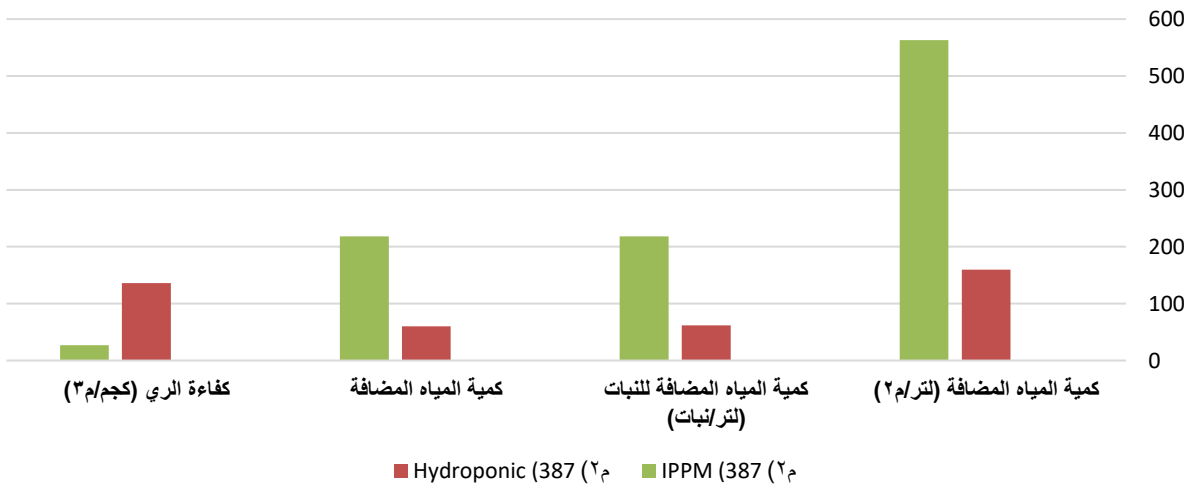
أولا: كمية المياه المضافة للمحصول

كمية المياه المضافة إلى خزان المحلول الرئيسي في نظام الزراعة المائية (Hydroponic) والتي كانت في نهاية الموسم تساوي ٦٢ مترا مكعبا، وهو ما يساوي تقريبا أقل من ٢٨٪ من كمية المياه المضافة في الزراعة العادية للبيوت المحمية والتي بلغت ٢١٨ مترا مكعبا في البيت المحمي المقارنة مع تطبيق الإدارة المتكاملة للمحصول (IPPM).

الجدول رقم (١): مقارنة كمية المياه المضافة لمحصول الخيار بين نظام الزراعة المائية والزراعة بتربة تحت البيوت البلاستيكية في مزرعة آل سودان بمحافظة عمران – للموسم ٢٠١٨م.

نظام الزراعة	كمية المياه المضافة (لتر /م٢)	كمية المياه المضافة للنبات (لتر/نبات)	كمية المياه المضافة (م٣) للبيت	كفاءة الري (كجم /م٣)
Hydroponic (٣٨٧ م٢)	160	62	60	136
IPPM (٣٨٧ م٢)	٥٦٣.٣	218	٢١٨	٢٦.٧

شكل رقم (١): مقارنة كمية المياه المضافة لمحصول الخيار بين نظام الزراعة المائية والزراعة بتربة تحت البيوت البلاستيكية في مزرعة آل سودان محافظة عمران – للموسم ٢٠١٨م.



ثانياً: الإنتاجية

الجدول رقم (٢): إنتاجية محصول الخيار تحت البيوت البلاستيكية بنظام الزراعة المائية (Hydroponic)، مقارنة بالزراعة بتربة بتوصيات الإدارة المتكاملة (IPPM)، مديرية ذيبين، محافظة عمران – اليمن، ٢٠١٨م.

بيانات الإنتاجية	Hydroponic	IPPM
عدد مرات القطف/ الموسم	٣٦	٣٢
متوسط إنتاج القطفة للبيت (كجم)	٢٣٤	182
إنتاجية البيت الكلية	8,424 كجم	٥,٥٨٣ كجم
مساحة البيت المحمي	٣٨٧ م^{٢}	٣٨٧ م^{٢}
إنتاجية المتر المربع	٢٢ كجم/ م^{٢}	١٥ كجم/ م^{٢}

من الجدول رقم (٢): نجد أن إنتاج الخيار بنظام الزراعة المائية (Hydroponic) تحت البيوت المحمية البلاستيكية أدى إلى رفع إنتاجية وحدة المساحة المتر المربع من ١٥ كجم في الزراعة بتربة إلى ٢٢ كجم ومع تطبيق تقنيات الإدارة المتكاملة للمحصول في البيتين.

التحليل الاقتصادي:

أولا- حساب تكاليف التأسيس وتركيب نظام الزراعة المائية:

الجدول رقم (٣): حساب التكلفة التقديرية لمكونات بيت بلاستيكي مفرد ٤٢.٥*٩ م، مجهز بنظام الزراعة المائية بدون وحدة كنترول.

البند	تفاصيل	المبلغ بالدولار	المبلغ بالريال
هيكل الحديد البلاستيك التغطية أسلاك مجلفنة	هيكل حديد مجلفن سمك ٢ هنش عرض ٩م ، طول ٤٢.٥ م ارتفاع القوس ٣.٢ م. ١٤٠ مترا × ٥.٥ م/ للبيت ١٨٠ ميكرونا. ٥٠ كجم/ البيت المحمي.	٢,٠٠٠	1,440,000
نقل وتركيب الهيكل	نقل تركيب البيت المحمي الهيكل والبلاستيك.	200	144,000
الأحواض، وشبكة الري والصرف ومكونات النظام الأساسية.	مواد للبناء (طوب، أسمنت، نيس).	٤٤٠	316,800
	خزان فيبرجلاس 1 متر مكعب.	112	80,640
	شبكة الري وشبكة الصرف (الراجع للخزان).	١٢٨	92,160
	مضخة تعمل على ١٢ فولت طاقة ١ حصان.	٧٥	54,000
	وحدة طاقة شمسية مع التوصيلات ومفاتيح التشغيل.	٢٥٣	182,160
أدوات إضافية	فلتر ١.٥ هنش.	١٠٠	72,000
	عداد للماء ١ هنش.	١٠٠	72,000
عمالة إضافية	تسوية، وبناء الأحواض وتركيب الشبكة والخزان.	٢٠٠	144,000
أخرى	احتياطي + مصروفات طارئة.	150	108,000
	إجمالي	**٣,٧٥٨**	**٢,٧٠٥,٧٦٠**

ثانيا- حساب تكاليف التأسيس:

تكاليف التشغيل الموسمية، يعني تكاليف زراعة موسم واحد، وعلى اعتبار أن موسم زراعة الخيار ٦ أشهر، في السنة يمكن عمل تكاليف التشغيل السنوية، لكن الأهم هو معرفة الجدوى الاقتصادية للزراعة المائية مقارنة بالزراعة بتربة لمحصول الخيار في نفس الموسم، ومعرفة كم الزيادة في العائد الذي يحققه نظام الزراعة المائية، النظام المغلق (Hydroponic)، مقارنة بالزراعة العادية تحت نظام الإدارة المتكاملة (IPPM).

وفي الجدول رقم (٤) التالي تم حساب التكاليف التقديرية لزراعة محصول الخيار للبيت المجهز بنظام الزراعة المائية – مزرعة آل سودان ومقارنة ذلك بالبيت الثاني زراعة بتربة في نفس المنطقة وطبق فيه نظام الإدارة المتكاملة.

الجدول رقم (٤): تكاليف التشغيل لموسم واحد لبيتين بلاستيكيين الأول زراعة بدون بتربة والثاني زراعة بتربة للموسم الشتوي الربيعي – محافظة عمران، ٢٠١٨م.

م	البيـــــــــــان	الزراعة المائية	الزراعة بتربة
١	تكاليف تعقيم التربة للبيت المحمي (٩٠ ألف/ ٣ مواسم)	٠	٣٠,٠٠٠
٢	البذور	١٠٨,٠٠٠	٩٠,٠٠٠
٣	التسميد	١١٠,٠٠٠	١٠٠,٠٠٠
٤	تكاليف الري (قيمة ١ متر مكعب ماء = ١٠٠٠ ر. ي.)	٦٤,٤٠٠	٢١٨,٠٠٠
٥	العمالة الإضافية	٠	٠
٦	تكاليف التسويق والنقل	٤٥,٠٠٠	٤٥,٠٠٠
٧	تكاليف المكافحة (مبيدات + عمالة رش)	١٠,٠٠٠	١٠,٠٠٠
٨	العبوات والحبال	٦,٠٠٠	٦,٠٠٠
٩	الإهلاك الموسمي للهيكل والبلاستيك	٢٠,٠٠٠	٢٠,٠٠٠
١١	حصة الإهلاك الموسمي للملش	٠	١٠,٠٠٠
١٢	حصة الإهلاك الموسمي للتل المانع للحشرات	٤,٠٠٠	٤,٠٠٠
١٣	حصة الإهلاك الموسمي لشبكة الري وتوابعها	٧,٠٠٠	٣,٥٠٠
١٠	التكاليف الطارئة + صيانة	١٢,٠٠٠	٧,٥٠٠
١١	أخرى	٤٠,٠٠٠	٤٠,٠٠٠
	إجمالي التكاليف	**٤٢٦,٤٠٠**	**٥٨٤,٠٠٠**

حساب العائد وصافي العائد لموسم واحد:

العائد الكلي بالريال = إجمالي الإنتاج للبيت × متوسط سعر الكيلوجرام من الخيار.

متوسط سعر البيع خلال الموسم = ١٥٠ ريال/ كجم.

العائد الكلي من الخيار:

زراعة بدون تربة (Soilless) = ٨,٤٢٤ كجم × ١٥٠ ريال = ١,٢٦٣,٦٠٠ ريال.

لزراعة بتربة (Soil) = ٥,٨٣٥ كجم × ١٥٠ ريال = ٨٧٥,٢٥٠ ريال.

الجدول رقم (٥): حساب صافي العائد ونسبة الربح.

البنـــد	Soilless	Soil
العائد الكلي	١,٢٦٣,٦٠٠	٨٧٥,٢٥٠
تكلفة الإنتاج	٤٢٦,٤٠٠	٥٨٤,٠٠٠
صافي العائد	٨٣٧,٢٠٠	٢٩١,٢٥٠
معدل العائد	٪١٩٦	٪٥٠

من خلال الجدول رقـم (٥)، نجـد أن معدل العائد للزراعة المائية زاد أكثر من ثلاثة (٣) أضعاف الزراعة بتربة في نفس الظروف البيئية، وهذا يعني أن الزراعة المائية حققـت جدوى اقتصادية أعلى من الزراعة في التربة تحت البيوت المحمية.

خلاصة النتائج:

حققت الزراعة المائية تحـت ظـروف البيوت المحمية عدة نتائج، تمثلت في:

١- توفير ٧٢٪ من كمية مياه الري.

٢- رفع إنتاجية وحدة المساحة (المتر المربع) من ١٥ كجم في الزراعة بتربة إلى ٢٢ كجم في الزراعة المائية.

٣- معدل العائد الاقتصـادي مـن الزراعـة المائية زاد أكثر من ثلاثة أضعاف عن عائد الزراعة بتربة.

التوصيات:

وفي ضوء هذه النتائج توصي الدراسـة بما يلي:

١. تقييم نظام الزراعـة بـدون تربـة علـى محاصيل أخـرى مثـل الفراولـة والفلفـل والفاصوليا والطماطم.

٢. استمرار برامج نشر نظام الزراعة المائيـة للمحاصـيل الاقتصـادية، مثـل: الطمـاطم والفراولة والفلفل في مناطق الزراعة المحمية.

٣. عمل نشرات إرشادية وبوسـترات وأيـام حقلية وتكثيف التدريب للمختصين والفنيـين المزارعين في مجال الزراعة المائية تحـت البيوت المحمية.

المراجع:

أبو الروس، سمير عبد الوهاب؛ **شريف**، محمد أحمد. **(١٩٩٥م)**. الزراعة وإنتاج الغذاء بدون تربة. ط ١. دار النشر للجامعات المصرية، القاهرة.

البحيري، أسامة. **(٢٠٠٩م)**. مشروع تحويل أسطح المباني إلى حدائق مثمرة. مؤسسة هانس زايدل. القاهرة. جمهورية مصر العربية.

تعيلب، محمود؛ **الجيزاوي**، إبتسام؛ **الشعار**، مروة. **(٢٠١٨م)**. الزراعة الحضرية كمدخل للتنمية المستدامة للمناطق الحضرية عالية الكثافة. المجلة الدولية في: العمارة والهندسة والتكنولوجيا.

(DOI:10.21625/baheth.v1i1.207)

الحمزة، عبد الحليم؛ **زرقين**، عبود. **(٢٠١٨م)**. دور الإدارة المتكاملة للموارد المائية في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة – دراسة حالة الجزائر، جامعة أم البواقي، الجزائر.

الرواحي، مؤثر بن صالح؛ **الرئيسي**، فاطمة بنت شامريد؛ و**العبري**، وليد بن سالم. **(٢٠١٣م)**. الزراعة بدون تربة "لمحاصيل الخضر في البيوت المحمية". مركز بحوث الإنتاج النباتي، سلطنة عمان.

عبد الرحمن، زينب محمود. **(٢٠١٥م)**. أثر برنامج تدريبي للزراعة المائية (زراعة الأسطح) على مجموعة من المتدربين بمركز بحوث الصحراء. مجلة اتحاد الجامعات العربية للعلوم الزراعية، مجلد (٢٣)، عدد (١). ص ص: ١٨٩-٢٠٣.

كاظم، عبد الستار عبود. **(٢٠١٧م)**. الزراعة بدون تربة. مجلة دار السلام للعلوم الإنسانية، العدد (٢) لسنة ٢٠١٧ ميلادية، ١٤٣٨ هجرية. ص ص: ١-١٩.

المركز الوطني للمعلومات. **(٢٠١٨م)**.

(/https://yemen-nic.info/contents/Agric)

References:

Al-Haboby, A., **Clemens**, B., **Debowicz**, D., **El-Hakim**, A. H., **Ferguson**, J., **Telleria**, R. and **Van Rheenen**, T. (**2014**). Agricultural Growth Is Good for Poverty Reduction and Female-Headed Households in Iraq. JOINT IFPRI-ICARDA COUNTRY POLICY NOTE. MAY. P. 1-4.

Goenka, A. G. (**2018**). Hydroponics v/s Geoponics. International Journal of Emerging Research and Development, 1 (5): 12-34.

Green Our Planet. (**2019**). 'Benefits of Hydroponics'. (https://greenourplanet.org/benefits-of-hydroponics/).

Gruda, N. (**2009**). Do Soil-less Culture Systems Have an Influence on Product Quality of Vegetables. Journal of Applied Botany and Food Quality, 82 (2): 141 - 147.

Horrigan, L., **Lawrence**, R. S. and **Walker**, P. (**2002**). How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. Environmental Health Perspectives, 110: 445-456.

ICARDA. (**2015**). International Center for Agricutural Reseach in the Dry Areas. Annual Report.

Murphy, M. T., **Zhang**, F., **Nakamura**, Y. K. and **Omaye**, S. T. (**2011**). Comparison between Hydroponically and Conventionally and Organically Grown Lettuces for Taste, Odor, Visual Quality and Texture. Food and Nutrition Sciences, 2: 124-127.

Ouled Belgacem, A., **Nejatian**, A., **Ben Salah**, M. and **Moustafa**. A. (**2017**). Water And Food Security In The Arabian Peninsula: Struggling For More Actions. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, August - 2017; Volume – 5 (Spl-1-SAFSAW).

Sardare, M. D. & **Shraddha**, V. A. (**2013**). A review on plant without soil-hydroponics. Int. J. Res Eng. Technol. 2 (3): pp. 299–304.

Seerat, J., **Zahida**, R., **Ahngar1**, T. A., **Sadaf**, I. M., **Naikoo**, A., **Shabina**, M., **Tauseef**, A. B., **Razia**, G. and **Insha**, N. (**2020**). Hydroponics – A Review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9 (8): 1779-1787.

Treftz, C. and **Omaye**, S. T. (**2016**). Hydroponics: Potential for augmenting sustainable food production in non-arable regions. Nutrition and Food Science, 46: 672-684.

ملحق البحث (Appendix)

صور توضيحية لمراحل البحث في نشر تقنية الزراعة المائية.

صورة (١): البيئة المستخدة في الزراعة.

صورة (٢): التوف البركاني المتوفر في الجبل المجاور للمنطقة.

صورة (٣): الزراعة المباشرة للبذور ومراقبة الإنبات.

صورة (٤): مرحلة الإنبات بعد ١١ يوما من الزراعة.

صورة (٥): تركيب المحاليل المغذية للنبات.

صورة (٦): مرحلة الإزهار وتكون الثمار.

صورة (٧): مرحلة الإنتاج – استمرار حالة النبات الصحية.

صورة (٨): القطف والتعبئة والتسويق للمنتج.