اتحاد المهندسين الزراعيين العرب
الأمـــانـة العـامـة
دمشق - ص.ب : ٣٨٠٠
هاتف : ٣٣٣٥٨٥٢
فاكس : ٣٣٣٩٢٢٧

المؤتمر الفني الدوري الخامس عشر للاتحاد

التكامل العربي في مجال
الإستفادة من تقنيات المعلوماتية
في الزراعة العربية

تطبيق تكنولوجيا المعلوماتية لتحسين إدارة مياه الري

اعداد
الدكتور عصمت الكرادشة

نقـابـة المهندسـين الـزراعيـين
المملكة الأردنية الهاشمية

طرابلس - الجماهيرية العظمى
١٥ - ١٨ /٢/ ٢٠٠٤

تطبيق تكنولوجيا المعلوماتية لتحسين ادارة مياه الري

(Adoption of Information Technology to Improve Irrigation Water Management)

الدكتور عصمت الكرادشة[1]

الملخص

خلال التسعينيات من القرن الماضي ظهر نظام جديد في إدارة المزرعة يهدف إلى المساعدة في ديمومة واستخدام أمثل للمصادر والمدخلات الزراعية يُعرف بالزراعة الدقيقة (*Precision Farming*) أو إدارة الموقع (*Site-Specific Management*). من خلال استخدام هذا النظام ونظرا للتباين المكاني (*Spatial Variability*) في خصائص التربة والذي أظهرته العديد من دراسات مسح التربة، والتي تؤثر سلبيا على مدى الاستفادة من المدخلات الزراعية وبالتالي على الإنتاج، فان الهدف هو تقسيم الحقل إلى وحدات متجانسة نسبيا ومعالجة كل وحدة على حده، وبالتالي يمكن زيادة الاستفادة من كل وحدة، حماية البيئة من التلوث وتقليل التكاليف. تعتبر مياه الري ومدى توفرها في التربة من العوامل المحددة لزيادة الإنتاج الزراعي، وحيث أن الدراسات العلمية أثبتت أن الصفات الفيزيائية للتربة، والتي تحدد مدى توفر ماء التربة للنبات، تختلف على طول الحقل فقد اصبح من الضرورة أن يتم إضافة مياه الري بشكل متغير على طول الحقل اعتمادا على قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وهذا ما يُعرف بالري الدقيق (***Precision Irrigation***). إن تطبيق الري الدقيق يساعد على التخفيف من كميات المياه المضافة والزائدة عن حاجة النبات مما يقلل من الفاقد على شكل الجريان السطحي ومنع التلوث عن طريق تقليل تسرب المياه الحاملة للأسمدة والمواد الكيميائية الأخرى إلى المياه الجوفية، هذا يساعد في تخفيف تكاليف المياه والكيماويات. لقد تطورت تكنولوجيا أنظمة الري المختلفة خلال السنوات السابقة بشكل كبير وخاصة أنظمة الري المضغوطة مثل الري بالتنقيط والري بالرشاشات بأنواعهما المختلفة ولكنها لا تزال تضيف الماء بشكل منتظم على طول الحقل بدون الأخذ بعين الاعتبار التباين المكاني في خصائص التربة في الحقل وخاصة تلك الأنظمة المتحركة والتي تغطي مساحات كبيرة مثل الري المحوري (*Center Pivot*) والري المدفعي (*Big Gun*) حيث يكون التباين المكاني في خصائص التربة واضح.

أجريت هذه الدراسة بهدف تعريف مبدأ الري الدقيق وتخمين أهميته المستقبلية ووضع استراتيجية لتطبيقه. تضمنت الاستراتيجية على: 1. تقسيم الحقل إلى وحدات متجانسة اعتمادا على مبدأ الحث الإلكترومغناطيسي (*Electromagnetic Induction, EMI*) الذي يقيس التوصيل الكهربائي (*Electrical Conductivity, EC*) لمحلول التربة. 2. أخذ عينات تربة وتحديد قدرتها على تخزين الماء (*Water Holding Capacity, WHC*). 3. تصميم خرائط الإضافة (*Application Maps*) والتي تبين كميات مياه الري التي يجب إضافتها موزعة حسب موقعها في الحقل. 4. من أجل تغيير كمية المياه المضافة أثناء عملية الري، أستخدم مبدأ تكنولوجيا الاضافة المتغيرة (*Variable-Rate Technology*)، حيث وضع برنامج كمبيوتر للتحكم في نظام الري المحوري وأستخدام مبدأ تغيير سرعة نظام الري المدفعي.

لقد بينت هذه الدراسة ومن خلال نتائج التجارب الحقلية، أن الإستراتيجية المقترحة تمثل طريق واضح لتطبيق تكنولوجيا الري الدقيق بشكل واسع من أجل الحفاظ على المدخلات الزراعية من الضياع، ديمومة المصادر الزراعية والتقليل من التلوث البيئي الناتج عن الاستخدام الزائد للمدخلات الزراعية مثل الماء والأسمدة والمواد الكيميائية.

[1] باحث ري/ المركز الوطني للبحوث الزراعية ونقل التكنولوجيا / عمان – الاردن. Email: esmatk@yahoo.com

Adoption of Information Technology to Improve Irrigation Water Management

DR. ESMAT AL-KARADSHEH[1]

Since 1990's a new management concept for sustainable utilization and efficient use of agricultural resources, known as "precision farming" or "site-specific management", starts to receive a great interest due to spatial variability in soil properties. Using conventional practices, farm managers tend to treat the field as a single unit and manage it to optimize the average production as a whole. The objective behind precision farming is, breaking the field into several homogenise sub-units and treating them independently, thereof, the production of each unit can be optimized, rather than treating the entire field as an average, which, in turn, affect the profitability of inputs to plants. Agricultural cropping systems depend on the use of water resources for survival, and water needs vary spatially in fields because of spatial soil variability (texture, topography, water holding capacity and infiltration and drainage rate). Therefore, the need for irrigation may differ between different zones of a particular field. While moving irrigation systems apply water at constant rates, some areas of the field may receive much/less water than required. Precision irrigation, an existing aspect of precision agriculture just beginning to be explored, means applying water in the right place with the right amount in order to save water through preventing excessive water runoff and leaching and prevent deterioration due to less chemicals application. The use of precision agriculture for irrigation water management is still in the development stage and requires a lot of investigation and experimental work to determine its feasibility and applicability.

This research activity aimed to review the state of precision irrigation, to add necessary background information and to develop a strategy for its application. The future challenge is to build a rich database in order to formulate a complete decision support system for precision farming, including all field activities i.e. irrigation, fertilization, tillage, plant protection and weed control. The presented project contributes to reduce the use of scarce water resources.

Because the extent of soil's EC is primarily attributable, but not only, to the amount of any free moisture in the soil, the established strategy assumed, EC_a measured using EM techniques could be used as indicator or surrogated property to quantify *in-field* spatial variability in order to develop more precise variable-rate water application maps. As proposed in the strategy, the variable-rate water application could be fulfilled by using some available technologies, such as speed control systems and regulating discharge rate.

[1] Researcher/ National Center for Agricultural Research and Technology Transfer (NCARTT)/Amman-Jordan. Email:esmatk@yahoo.com

تطبيق تكنولوجيا المعلوماتية لتحسين ادارة مياه الري

(Adoption of Information Technology to Improve Irrigation Water Management)

الدكتور عصمت الكرادشة

1. المقدمة ومبررات البحث

يواجه العالم، ومنه الأردن، خلال هذا القرن تحدي يتمثل في ضمان توفير الغذاء وديمومة استخدام المصادر والمدخلات الزراعية. يعتبر الماء أحد المدخلات الزراعية المهمة والمحددة لزيادة الإنتاج الزراعي سواء عموديا أو أفقيا، حيث يستنزف، على سبيل المثال حوالي 70% من الموازنة المائية الأردنية (ابو شرار وآخرون، 1999). إن الشح الواضح في المصادر المائية والزيادة المتوقعة في الطلب على مياه الري نتيجة لزيادة عدد السكان والحاجة إلى توفير الغذاء يؤكد الحاجة إلى إستراتيجيات لإدارة مياه الري بأقصى بفعالية لزيادة كفاءة الاستخدام وبالتالي توفير كميات من المياه يمكن استخدامها في القطاعات الأخرى غير القطاع الزراعي.

خلال التسعينيات من القرن الماضي ظهر نظام جديد في إدارة المزرعة يهدف إلى المساعدة في ديمومة واستخدام أمثل للمصادر والمدخلات الزراعية يُعرف بالزراعة الدقيقة (*Precision Farming*) أو إدارة الموقع (*Site-Specific Management*). من خلال استخدام الطرق التقليدية في إدارة المزرعة، يقوم المسؤول عن المزرعة بمعالجة الحقل على أساس وحدة واحدة ويديرها لزيادة معدل الإنتاج على مستوى الحقل الواحد. نظرا للتباين المكاني (*Spatial Variability*) في خصائص التربة والذي أظهرته العديد من دراسات مسح التربة، والتي تؤثر سلبيا على الإنتاج وعلى مدى الاستفادة من المدخلات الزراعية، فان هدف الزراعة الدقيقة هو تقسيم الحقل الواحد إلى عدة وحدات متجانسة إلى أقصى درجة ومعالجة كل وحدة منها على حده، وبالتالي يمكن زيادة الاستفادة من كل وحدة وكذلك المحافظة عليها من التدهور، حماية البيئة (على سبيل المثال المياه الجوفية، التربة وغيرها) من التلوث وتقليل تكاليف المدخلات الزراعية. نظرا للفائدة المتوقعة من هذا النظام الجديد في إدارة المزرعة واعتباره وسيلة لتحسين الإدارة وبالتالي ديمومة التطور الزراعي، فقد بدأت العديد من المؤسسات البحثية العلمية والأكاديمية، والشركات والمصانع الزراعية الاهتمام بدراسة وتطوير هذه الإدارة الجديدة للوصول إلى أقصى استفادة وتوفير التكنولوجيا اللازمة لتطبيقها.

يعتمد نجاح تطبيق نظام الزراعة الدقيقة في إدارة المزرعة على:

- مدى توفر المعلومات عن التباين المكاني في خصائص التربة والمحصول: يمكن الحصول على هذه المعلومات من عدة مصادر مثل خرائط الانتاج (*Yield Mapping*) لنفس الحقل ولعدة سنوات، استعمال المجسات (*Sensors*) والنماذج الرياضية، الصور الجوية ونظام المعلومات الجغرافي (*Geographic Information System, GIS*) وغيرها من الوسائل المتوفرة. هذه المعلومات تساعد على تقسيم الحقل إلى عدة وحدات متجانسة وعند تقييم هذه الوحدات يتم تحديد العوامل المحددة لتحسين الإنتاج ومحاولة معالجتها.

- توفير، إضافة أو تعديل الآليات الزراعية لتنفيذ تكنولوجيا الإضافة المتغيرة (*Variable-Rate Technology*) وذلك للمساعدة على السيطرة على الآليات الزراعية لملائمة العمليات الزراعية لظروف التباين في التربة والمحصول وحسب العوامل المحددة للإنتاج.
- تقييم النتائج وإجراء التعديلات اللازمة لمساعدة متخذ القرار على زيادة فعالية هذا النظام والحصول على أفضل النتائج.

لغاية الآن تركزت الجهود والدراسات البحثية لتطبيق هذه الإدارة الجديدة على مجالات مكافحة الآفات والأمراض الزراعية المختلفة وكذلك على مقاومة الأعشاب الضارة من خلال إضافة المواد الكيميائية على مناطق الإصابة فقط، مما ساعد على تقليل الآثار البيئية السيئة لهذه الكيماويات وكذلك التقليل من التكاليف. أيضا تم إجراء بعض الأبحاث العلمية لتطبيق هذه الإدارة على إضافة الأسمدة المختلفة وخاصة النيتروجين حيث استخدمت تكنولوجيا الإضافة المتغيرة لإضافة النيتروجين بكميات مختلفة وحسب الحاجة على طول الحقل. لقد ساعد هذا أيضا على تقليل الآثار البيئية السيئة وخاصة تلوث المياه الجوفية عند إضافة مواد بكميات تزيد عن حاجة النبات وكذلك التقليل من تكاليف الأسمدة. أيضا كان لمجال تحضير الأرض من حراث وزراعة نصيب في دراسات الزراعة الدقيقة وذلك من أجل منع تدهور التربة وانجرافها. أما في مجال مياه الري وتطبيق نظام الإدارة الجديد عليه فلم تكن هنالك أية دراسات عليه لغاية الآن، وقد أكدت العديد من الدراسات المتعلقة بالزراعة الدقيقة أهمية هذا النظام في إدارة مياه الري نظرا للزيادة المتوقعة في الطلب على المياه.

تعتبر مياه الري ومدى توفرها في التربة للنبات من العوامل المحددة لزيادة الإنتاج الزراعي، وحيث أن الدراسات العلمية المختلفة أثبتت أن الصفات الفيزيائية للتربة، والتي تحدد مدى توفر ماء التربة للنبات، تختلف على طول الحقل فقد اصبح من الضرورة أن يتم إضافة مياه الري بشكل متغير على طول الحقل اعتمادا على قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وهذا ما يُعرف بالري الدقيق (***Precision Irrigation***). إن تطبيق الري الدقيق يساعد على التخفيف من كميات المياه المضافة والزائدة عن حاجة النبات مما يقلل من الفاقد على شكل الجريان السطحي ومنع التلوث عن طريق تقليل تسرب المياه الحاملة للأسمدة والمواد الكيميائية الأخرى إلى المياه الجوفية، مما يساعد في تخفيف تكاليف المياه والكيماويات المختلفة. لقد تطورت أنظمة الري المختلفة خلال السنوات السابقة بشكل كبير وخاصة أنظمة الري المضغوطة مثل الري بالتنقيط والري بالرشاشات بأنواعهما المختلفة ولكنها لا تزال تضيف الماء بشكل منتظم على طول الحقل بدون الأخذ بعين الاعتبار التباين المكاني في خصائص التربة في الحقل الواحد وخاصة تلك الأنظمة المتحركة والتي تغطي مساحات كبيرة مثل الري المحوري (*Center Pivot*) والري المدفعي (*Big Gun*) حيث يكون التباين المكاني في خصائص التربة واضح.

2. الأهداف

أجريت هذه الدراسة في ألمانيا خلال الأعوام2001 و 2002 بهدف تعريف مبدأ الري الدقيق وتخمين أهميته المستقبلية ووضع استراتيجية لتطبيقه في المستقبل. تضمنت الاستراتيجية التي تم إقتراحها وإثباتها في الحقل عن طريق إجراء التجارب الحقلية على ما يلي:

1. تقسيم الحقل إلى عدة وحدات متجانسة اعتمادا على مبدأ الحث الإلكترومغناطيسي (*Electromagnetic Induction, EMI*) الذي يقيس التوصيل الكهربائي (*Electrical Conductivity, EC*) لمحلول التربة. لقد بينت

العديد من الدراسات السابقة أن EC تعتمد على مقدار الرطوبة في التربة وكمية الأملاح في التربة، وحيث أن مقدار الرطوبة في التربة مرتبط بنوعية التربة سواء كانت ثقيلة، متوسطة أو خفيفة لذلك يمكن استخدام EC المقاس بواسطة EMI كصفة نائبة (*Surrogated property*) واستنتاج كمية الماء التي يمكن الاحتفاظ بها. لقد أستخدم هذا الأسلوب في العديد من الدراسات وخاصة دراسات مسح التربة بهدف التقليل ما أمكن من عدد العينات المأخوذة وجمع أكبر كمية من المعلومات وأثبت نجاحه في إيجاد علاقات تربط الصفة المطلوب قياسها مع EC المقاس بواسطة EMI .

2. يكون شكل نتائج الخطوة الأولى عبارة عن خرائط تبين الحقل مقسم إلى عدة وحدات وكل وحده لها مقدار محدد من EC. في هذه الوحدات يتم أخذ عينات تربة وتحديد قدرة التربة على تخزين الماء (*Water Holding Capacity, WHC*) في المختبر.
3. بعد الحصول على نتائج المختبر يتم تصميم خرائط الإضافة (*Application Maps*) والتي تبين كميات مياه الري التي يجب إضافتها موزعة حسب موقعها في الحقل.
4. من أجل تغيير كمية المياه المضافة أثناء عملية الري، يستخدم مبدأ تكنولوجيا الإضافة المتغيرة (*Variable-Rate Technology*) ، لذلك يجب كتابة برنامج كمبيوتر للتحكم في نظام الري المتحرك الذي تم اختياره، وفي هذه الحالة الأنظمة التي تم اختيارها هما الري المحوري (*Center Pivot*) والري المدفعي (*Big Gun*) لكونهما متحركان ويغطيان مساحة مروية كبيرة تصل إلى حوالي 50 هكتار. بالنسبة إلى الري المدفعي يستخدم مبدأ تغيير سرعة نظام الري حيث بينت الدراسات أن كمية المياه المضافة تعتمد على سرعة الجهاز بعد تثبيت العوامل الأخرى. بالنسبة إلى الري المحوري يمكن تغيير كمية المياه المضافة من خلال إغلاق بعض الرشاشات لبعض الوقت أو تغيير سرعة نظام الري، لذلك يجب أن يتم تخزين خريطة الإضافة في الكمبيوتر حيث يقوم برنامج الكمبيوتر بتحديد موقع نظام الري في الحقل ومن ثم يقرأ التعليمات الواجب القيام بها والتي تتمثل في تحديد رقم الرشاش (أو الرشاشات) الذي سيتم إغلاقه وزمن الإغلاق.

3. منهجية البحث

أجريت هذه التجربة بالتعاون ما بين جامعة كاسل والمعهد الفيدرالي الألماني للأبحاث الزراعية خلال الأعوام 2001 و 2002. حسب الاستراتيجية المذكورة أعلاه، فقد تضمنت منهجية البحث القيام بالأبحاث التالية:

3-1 تحديد التباين المكاني (*Spatial Variability Delineation*)

كما ذكر في الاستراتيجية، فقد أستخدم مبدأ الحث الإلكترومغناطيسي (*Electromagnetic Induction, EMI*) الذي يقيس التوصيل الكهربائي (*Electrical Conductivity, EC*) لمحلول التربة. المجس (*EM38*) الذي تم تطويره من شركة (*Geonics Limited, Mississauga, Ontario, Canada*) يعمل على مبدأ الحث الإلكترومغناطيسي. هذا الجهاز طوله 1 متر ويوجد على أحد طرفيه ملف (نقطة) استقبال وعلى الطرف الأخر ملف إرسال، وعند تشغيل ملف الإرسال بتيار كهربائي يتولد حقل مغناطيسي بدائي والذي بدوره يحث على تكون تيار كهربائي ضعيف في التربة. هذا التيار الكهربائي في التربة يولد مجال مغناطيسي آخر في التربة والذي بدوره يساعد على تكون تيار كهربائي في ملف الاستقبال والذي يقوم بتحويله، من خلال معادلات وعلاقات رياضية مخزنة، إلى قراءة تبين مقدار الملوحة (*EC, dS/m*). من أجل عملية القياس الحقلي، يتم وضع هذا الجهاز في حاضنة من البلاستيك المقوى وتركيبه على

مزلاج من الخشب أو البلاستيك المقوى وجره خلف سيارة في الحقل تسير بسرعة معتدلة حوالي 20-30م/ساعة. تتم عملية أخذ القياسات في الحقل بشكل كثيف حيث يتم تشغيل ملف الاستقبال بشكل أتوماتيكي كل ثانية وبالتالي يوجد قراءة للملوحة كل ثانية. من اجل تعيين مواقع أخذ القراءات في الحقل، يتم تزويد السيارة بنظام المواقع العالمي (*Global Positioning System, GPS*) حيث يتم إعطاء كل قراءة إحداثيات تبين خطوط الطول والعرض، ويتم تخزين القياسات ومواقعها في حامل المعلومات (*Data logger*). بعد الانتهاء من عملية القياس الحقلي، يتم تحليل النتائج ورسم الخرائط بواسطة برنامج (*Arcview*)، حيث تبين الخرائط الحقل مقسم إلى عدة وحدات متجانسة في الملوحة.

تم إجراء القياس بواسطة (EM38) على ثلاثة حقول مساحتها حوالي 20 هكتار في المعهد الفيدرالي الألماني للأبحاث الزراعية خلال شهري آب وأيلول 2001. وبعد ذلك تم تجهيز الخرائط اللازمة لمتابعة الأعمال الحقلية. على الخرائط النهائية تم تحديد عدد من المواقع لأخذ عينات تربة، وباستخدام (GPS) تم تحديدها في الحقل حيث تم أخذ عدد من العينات الترابية من هذه المواقع كل 10سم ولغاية عمق 90 سم. على هذه العينات تم قياس نقطة الذبول على ضغط 15 بار ونقطة السعة الحقلية على ضغط 0.3 بار والفرق بين النقطتين يمثل كمية الماء التي يمكن الاحتفاظ بها في التربة (*WHC*).

2-3 خريطة الإضافة (*Application Map*)

بعد تحديد كمية الماء التي يمكن الاحتفاظ بها في التربة (*WHC*) تم وضع خريطة الإضافة (*Application Map*) والتي تبين كمية الماء التي يجب إضافتها وأين يجب إضافتها.

3-3 مبدأ تكنولوجيا الإضافة المتغيرة (*Variable-Rate Technology*)

بالنسبة إلى الري المدفعي فقد اعتمد مبدأ تغيير سرعة نظام الري بواسطة أجهزة تحكم للسرعة متوفرة في شركات الري. تم اختيار نوعين من هذه الأجهزة هما : (Irrigimatic 350) و (Program Rain 9) حيث تم برمجتها بأربع سرعات مختلفة هي 16، 32، 24، 40م/س لمسافات مختلفة هي 20، 25،30،30م على التوالي لتبيان مدى الدقة في السيطرة على السرعة وتم تكرار القياسات أربع مرات . لقياس التغيير في كمية المياه المضافة نتيجة لتغيير سرعة نظام الري تم توزيع علب لتجميع الماء على شكل شبكي بأبعاد (1*5م) حيث تم برمجت السرعة لتتغير: من 16إلى 24م/س ، من 32 إلى 16م/س ، ومن 24 إلى 40م/س، وقد تم تكرار القياسات أربع مرات. بالاعتماد على النتائج تم وضع بعض العلاقات الرياضية التي تصف علاقة سرعة جهاز الري مع كمية المياه الواجب إضافتها.

بالنسبة إلى الري المحوري فقد تم اختيار جهاز للري المحوري متوفر في المعهد الفيدرالي الألماني للأبحاث الزراعية يتكون من ثلاث مقاطع حيث تم إجراء بعض التعديلات على المقطع الثاني من نظام الري. تم إضافة منظمات للضغط، ومحابس كهربائية (Solenoid Valves) تم ربطها ببطارية وبجهاز كمبيوتر للسيطرة على فتح وإغلاق الرشاشات. تم كتابة برنامج كمبيوتر وتخزينه في الحاسب وكذلك تم تخزين خريطة الإضافة (على شكل جدول يبين موقع نظام الري في الحقل من حيث الزاوية ومدة إغلاق الرشاش بالدقائق ورقم الرشاش على نظام الري) بطريقة يستطيع برنامج الكمبيوتر قراءته كما تم وضع مستنات لتحديد موقع (زاوية) نظام الري في الحقل. يقوم برنامج الكمبيوتر ومن خلال المستنات بتحديد زاوية نظام الري في الحقل (الموقع) ومن ثم يقرأ في البرنامج ما هي العمليات الواجب القيام بها

(تحديد رقم الرشاش على نظام الري وزمن الإغلاق). لقياس كمية المياه المضافة تم اختيار بعض المعاملات من البرنامج حيث تم وضع ثلاثة خطوط من علب تجميع المياه وبشكل زاوي (Radial) والمسافة بين الخطوط عبارة عن 1° وبين العلب في الخط 1م. تم تكرار عملية قياس كمية المياه المضافة خمس مرات. خلال عملية القياس تم تثبيت الضغط عند بداية نظام الري وكذلك تم اختيار الأوقات التي تكون فيها سرعة الرياح اقل من 2م/س.

4. النتائج

4-1 تحديد التباين المكاني (*Spatial Variability Delineation*)

بينت نتائج قياس الملوحة باستخدام المجس (*EM38*) الذي يعتمد على مبدأ الحث الإلكترومغناطيسي (*Electromagnetic Induction, EMI*) الذي يقيس التوصيل الكهربائي (*Electrical Conductivity, EC*) لمحلول التربة وتحليل عينات التربة لبيان كمية الماء التي يمكن الاحتفاظ بها في التربة (*WHC*) أن هذه الطريقة فعالة في تحديد التباين المكاني لكمية الماء التي يمكن الاحتفاظ بها في التربة وبالتالي وضع خريطة لإضافة مياه الري. إن هذه الطريقة تساعد في تخفيف الجهد اللازم للحصول على المعلومات مقارنة مع الطرق التقليدية والمتمثلة في إجراء مسح كامل للحقل وأخذ عدد كبير من عينات التربة مما يساعد في تخفيف التكاليف وزيادة الدقة. ولهذه الطريقة أيضا فوائد أخرى تتمثل في إمكانية القياس في أي وقت، سرعة الحصول على المعلومات، إمكانية التكرار للقياسات في أوقات مختلفة من العام أو لعدة أعوام وإمكانية القياس في حالة وجود النبات وبدون القيام بعمليات أذى للمحصول.

4-2 مبدأ تكنولوجيا الإضافة المتغيرة (*Variable-Rate Technology*)

بالنسبة إلى الري المدفعي فقد بينت النتائج أن اعتماد طريقة تغيير سرعة نظام الري المتحرك بواسطة أجهزة التحكم بالسرعة والمتوفرة في شركات الري، ومن خلال اختيار لنوعين من هذه الأجهزة هما (Irrigimatic 350) و (Program Rain 9)، يساعد على الحصول على كمية المياه المراد إضافتها في الموقع المناسب بعد برمجتها بالسرعة المناسبة. إن هذه الأجهزة، كما بينت نتائج قياس قدرتها على التحكم وتغيير سرعة نظام الري المتحرك، لها قدرة عالية على التحكم وتغيير السرعة والحفاظ عليها ثابتة عند السرعة الواحدة. وجدت علاقة رياضية أسي (exponential) بين كمية المياه المضافة وسرعة نظام الري وبمعامل ارتباط يصل إلى 84%. إن هذه العلاقة تساعد في المستقبل على اختيار السرعة المناسبة للحصول على كمية المياه المطلوبة.

بينت نتائج التجارب الحقلية والتي أجريت على نظام الري المحوري والمتوفر في المعهد الفيدرالي الألماني للأبحاث الزراعية، أن التعديلات التي أجريت على نظام الري ، من حيث إضافة المحابس كهربائية (Valves Solenoid) والسيطرة على فتح وإغلاق الرشاشات من خلال برنامج الكمبيوتر قد ساعدت في الحصول على نظام الري له القدرة على تغيير كمية المياه المضافة اعتمادا على موقعه في الحقل. كما بينت نتائج المعاملات التي تم اختيارها انه لم يكن لهذه التعديلات أية آثار جانبية على كفاءة وأداء نظام الري، بل على العكس، فقد تحسن معامل التغير (Coefficient of Variation) بين كميات المياه المضافة من 7.0 إلى 4.17% قبل وبعد التعديل على التوالي، كما تحسن معامل الانتظام (Coefficient of Uniformity) في المنطقة التي يجب أن تروى بنفس الكمية من 95.0 إلى 95.8% قبل وبعد التعديل على التوالي.

5. الاستنتاجات والمقترحات

نتيجة للتباين في الصفات الفيزيائية للتربة، والتي تحدد مدى توفر ماء التربة للنبات، على طول الحقل والتي تؤدي إلى تباين في الانتاج في الحقل الواحد، فقد اصبح من الضرورة أن يتم إضافة مياه الري بشكل متغير على طول الحقل اعتمادا على قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وهذا ما يُعرف بالري الدقيق (***Precision Irrigation***). إن تطبيق الري الدقيق يساعد على توحيد الانتاج بين مناطق الحقل الواحد، التخفيف من كميات المياه المضافة والزائدة عن حاجة النبات مما يقلل من الفاقد على شكل الجريان السطحي ومنع التلوث عن طريق تقليل تسرب المياه الحاملة للأسمدة والمواد الكيميائية الأخرى إلى المياه الجوفية، مما يساعد في تخفيف تكاليف المياه والكيماويات المختلفة. لقد بينت هذه الدراسة ومن خلال نتائج التجارب الحقلية، أن الإستراتيجية المقترحة تمثل طريق واضح لتطبيق أسلوب الري الدقيق بشكل واسع من أجل الحفاظ على المدخلات الزراعية من الضياع، ديمومة المصادر الزراعية ولتقليل من التلوث البيئي الناتج عن الاستخدام الزائد للمدخلات الزراعية مثل الماء والأسمدة والمواد الكيميائية.

في الوقت الحاضر يستخدم أسلوب التسميد بالري (Fertigation) لذلك من المقترحات لمتابعة التجارب هو محاولة أيجاد طريقة للتحكم في إضافة الأسمدة مع مياه الري حسب هذا الأسلوب الجديد.

من المعلومات السابقة الواجب تعديلها بعد هذه الإدارة الجديدة هي برمجة الري أو (Irrigation Scheduling) حيث كان يعرف بكمية ووقت الري، ونظرا للمعلومات الجديدة يجب إعادة صياغة التعريف ليتضمن بالإضافة إلى كمية ووقت الري مكان الري في الحقل.

يجب أن يكون الهدف العام من الدراسات المتعلقة بالزراعة الدقيقة لكافة النشاطات الزراعية من ري، تسميد، تحضير الأرض ومكافحة الأمراض والأعشاب هو الوصول إلى نظام لدعم القرارات (Decision Support System) يتضمن كاف النشاطات الزراعية الذكورة.

إن نجاح التطبيق العملي لهذا الأسلوب الجديد في إدارة مياه الري يتطلب وضع برنامج على مستوى الدولة يهدف إلى:

- توفير المعلومات اللازمة من أجل وضع خريطة الإضافة
- متابعة التجارب للحصول على نتائج كاملة
- إقامة المشاهدات لنشر الوعي بين المزارعين عن أهمية هذه الإدارة الجديدة
- وضع برنامج لرفع كفاءة المزارعين في استخدام الكمبيوتر وأجهزة الري الحديثة