تأثير مياه الري الممزوجة بمياه الصرف الصحي على إنتاجية محصول البرسيم ومحتواه من العناصر الصغرى والسامة

جلال بن محمد باصهي[١]، سمير جميل السليماني[٢]، فتحي سعد النخلاوي[٢]، فهد عبدالرحمن الفاسي[٣] وبهجت طلعت حمو[٢]

١ قسم علوم وإدارة موارد المياه، ٢ قسم زراعة المناطق الجافة، ٣ قسم الأحياء –جامعة الملك عبد العزيز – جدة – المملكة العربية السعودية

الملخص. أجري هذا البحث بمحطة الأبحاث الزراعية بهدى الشام التابعة لكلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة- جامعة الملك عبد العزيز بمنطقة مكة المكرمة بهدف دراسة أثر استخدام مياه الصرف الصحي الناتجة من محطة المعالجة بمدينة مكة المكرمة بعد خلطها بنسب مختلفة (صفر ٪، ٢٥٪، ٥٠٪ ٧٥٪ و١٠٠٪) من مياه الري بمحطة الأبحاث "آبار" على محصول العلف الأخضر للبرسيم الحجازي ومحتوى كلاً من الأوراق والسيقان من العناصر الصغرى (حديد، زنك، نحاس ومنجنيز) وكذلك العناصر السامة (كادميوم، رصاص، كروميوم ونيكل) خلال أربعة فصول زراعية (صيف و خريف لعام ٢٠٠٥ و شتاء وربيع لعام ٢٠٠٦). وقد أوضحت النتائج تفوق فصل الصيف معنوياً في طول الساق (٦٧,٩٨ سم)، دليل مساحة الأوراق (٣,٤٢ م٢/م٢) ومحصول العلف الأخضر الجاف (١٣,٤٦ طن/هكتار). وقد تفوقت معاملة الري (٢٥٪ من مياه الآبار و٧٥٪ من مياه الصرف الصحي) معنوياً على بقية معاملات الري في طول النبات (٦٣,٤٦ سم)، دليل مساحة الأوراق (٣,٠ م٢/م٢)

ومحصول العلف الأخضر الرطب (٥٢,٣٩ طن/هكتار) والجاف (١٧,٨١ طن/هكتار) بينما لم يختلف معنوياً عدد السيقان/نبات بين معاملات الري المختلفة. وأعطت معاملة الري التي لاتحتوي على مياه صرف صحي أقل قيم لطول النبات (٥٩,٩٢ سم)، دليل مساحة الأوراق (١,٥٧ م٢/م٢) ومحصول العلف الأخضر الرطب (٤٠,٣٧ طن/هكتار) والجاف (٤,٩٢ طن/هكتار). ومن ناحية أخرى أعطت حشات فصل الشتاء أعلى نسبة من العناصر سواءً صغرى أو سامة في سيقان وأوراق النبات، يليه فصل الربيع ثم فصل الخريف وكان أقلهم فصل الصيف. وأعطت معاملة الري التي تحتوي على ١٠٠٪ مياه صرف صحي أعلى نسبة معنوية من العناصر في سيقان وأوراق النبات وأنخفضت بانخفاض نسبة مياه الصرف الصحي في مياه الري إلى أن وصلت إلى أقل نسبة في معاملة الري التي لاتحتوي على مياه صرف صحي. ولم تصل نسبة العناصر الصغرى الى الحد الحرج بالنسبة للنبات في جميع المعاملات لكن العناصر السامة في جميع معاملات الري المخلوطة بمياه الصرف الصحي كانت أعلى من الحد الحرج السام ويزداد هذا التأثير مع ازدياد نسبة مياه الصرف الصحي في مياه الري.

المقدمة

خلال العقدين الماضيين زاد استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة بصورة كبيرة نظراً لزيادة المساحة الزراعية وكذلك الكثافة السكانية مع محدودية موارد المياه المتاحة في معظم دول العالم، وذلك محاولة لتقليل استنزاف مصادر المياه التقليدية خاصةً المستخدمة في الزراعة، حيث ان معظم دول العالم تستهلك مابين ٦٠-٩٣٪ من الاستهلاك المائي الكلي في

الزراعة، وكذلك لتقليل الآثار البيئية للتخلص من مياه الصرف الصحي. وتحتوي مياه الصرف الصحي على عدد من العناصر والمعادن التي بعضها يكون مفيداً للنبات مما يؤدي الى زيادة إنتاجيته، والقسم الأخر قد يكون ضاراً للنبات والتربة وكذلك الحيوان والإنسان حسب نوعية هذه المياه، وخواص التربة، والظروف المناخية والعمليات الزراعية المتبعة (Lazarova and Bahri, 2005). وهناك قلق بشان الآثار السلبية التي قد يسببها استخدام مياه الصرف الصحي في ري المحاصيل الحقلية على صحة الإنسان والحيوان (Toze, 2005). لذا اهتمت العديد من المنظمات الدولية كمنظمة الصحة العالمية (WHO) وكذلك المحلية في الدول المختلفة بوضع معايير لاستخدام تلك المياه في الزراعة. كما قام العديد من الباحثين بدراسة أثر استخدام تلك المياه على انتاجية المحاصيل المختلفة. ومن تلك الدراسات ماقام به Mandi and Abissy (2000)، Kouraa *et al.* (2002)، Munir and Mohammad (2004) و Lopez *et al.* (2006) حيث درسوا أثر استخدام مياه الصرف الصحي على محاصيل الذرة، البطاطس والخس، أشجار الزيتون والبرسيم على التوالي. وقد أوضحت نتائجهم جميعاً زيادة في إنتاجية المحاصيل المدروسة عند استخدام مياه الصرف الصحي مقارنةً بمياه الري العادية. ودرس Al-Lahham *et al.* (2003) أثر الري بخليط من مياه الصرف الصحي ومياه عادية "potable water" بنسب مختلفة (١٠٠٪ مياه عادية مع صفر٪ مياه صرف صحي، ٥٠٪ مياه عادية مع ٥٠٪ مياه صرف صحي، ٢٥٪ مياه عادية مع ٧٥٪ مياه صرف صحي وصفر٪ مياه عادية مع ١٠٠٪ مياه صرف صحي) على إنتاجية محصول الطماطم، ووجدوا زيادة في إنتاجية محصول الطماطم مع زيادة نسبة مياه الصرف الصحي في مياه الري مع

عدم وجود فروق معنوية بين معاملة الري التي تحتوي على نسبة ٧٥٪ مياه صرف صحي وتلك التي تحتوي على ١٠٠٪.

من ناحية أخرى قام بعض الباحثين بدراسة أثر استخدام مياه الصرف الصحي على تراكم بعض العناصر في التربة والنبات والتي قد تضر بالنبات أو المستهلك النهائي له (الإنسان أو الحيوان) في حالة تجاوزها حدود معينة. حيث وجد Mapanda *et al.* (2005) زيادة في تركيز العناصر الثقيلة النحاس (Cu) والزنك (Zn) والكادميوم (Cd) والرصاص (Pb) والنيكل (Ni) في التربة التي رويت بماء الصرف الصحي مقارنة بتلك التي رويت بمياه عادية. كما ذكر Kouraa *et al.* (2002) أن التأثير المباشر للري بمياه الصرف الصحي على خواص التربة الكيميائية يحتاج الى سنين عديدة ليظهر. وبالنسبة لتأثير استخدام مياه الصرف الصحي في الري على النباتات، فقد وجد Munir and Mohammad (2004) أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة معالجة ثانوية في ري محصول الذرة أدى الى زيادة امتصاص الذرة للعناصر الكبرى والصغرى. واستخدم Cajuste *et al.* (1991) مياه صرف صحي غير معالجة في ري محصول البرسيم، ووجد أن عنصر الزنك كان أكثر العناصر إمتصاصاً بواسطة نبات البرسيم وأن محتوى النبات من النيكل والرصاص والنحاس كان عالياً وأن الكمية المتراكمة من الكروميوم والرصاص كانت أعلى من القيم المتعارف عليها وأنها قد تشكل خطراً على صحة الإنسان والحيوان. بينما وجد Assadian *et al.* (1998) أن تركيز المعادن الثقيلة في محصول البرسيم المروي بخليط من مياه نهر ريو جراند "Rio Grand" ومياه صرف صحي لم يكن في المستوى الذي يشكل خطراً على صحة الإنسان والحيوان نتيجة لتخفيف تركيز تلك العناصر في

مياه الري بسبب الخلط. كما وجد Mandi and Abissy (2000) أن محتوى محصول البرسيم المروي بمياه الصرف الصحي من المعادن الثقيلة كان في الحدود المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO). كما وجد Al-Solaimani and Hashim (2004) أن حشيشة البرمودا المزروعة على جانبي وادي عرنه الذي يصرف فيه الخارج من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة مكة المكرمة احتوت على نسبة عالية من العناصر الصغرى وكذلك السامة.

وحيث أن المملكة العربية السعودية من الدول الفقيرة جداً في موارد المياه، كما أن القطاع الزراعي فيها يستهلك مايقرب من ٨٠٪ من الإستهلاك المائي وتكّون المياه الجوفية غير المتجددة ٨٠٪ من تلك المياه (Al-Mogrin, 2003)، لذلك فإن مياه الصرف الصحي المعالجة تعتبر مصدراً مائياً متجدداً غير تقليدي يمكن أن يساهم في تقليل الاعتماد على مصادر المياه غير المتجددة. وتستخدم مياه الصرف الصحي في الزراعة "زراعة المحاصيل أو المسطحات الخضراء" في عديد من المناطق في المملكة مثل الرياض ومكة المكرمة والمنطقة الشرقية. ويبلغ إنتاج المملكة من مياه الصرف الصحي مايقارب ٦٧٤ مليون م^3 في السنة، يستخدم منها ٢١٧ مليون م^3 فقط (Al-Mogrin, 2003). وتنتج مدينة مكة المكرمة ٨٠ الف م^3 في اليوم تصل الى ١٢٠ الف م^3 أيام الحج والعمرة يتم صرفها في وادي عرنة (هاشم وآخرون، ٢٠٠١). ونتيجة لما أوضحه Assadian *et al.* (1998) فإن خلط مياه الصرف الصحي بمياه ري عادية يؤدي الى تخفيف تركيز العناصر فيها، وللاستفادة من مياه الصرف الصحي الخارجة من محطة مكة المكرمة في الري مع تقليل الأثر السلبي لها فإن الهدف من هذه البحث هو دراسة تأثير خلط مياه

ري عادية "آبار" مع نسب مختلفة من مياه الصرف الصحي الناتجة من محطة المعالجة بمدينة مكة المكرمة على إنتاجية محصول البرسيم الحجازي ومحتواه من العناصر الصغرى والسامة.

المواد وطرق البحث

أجري هذا البحث في محطة الأبحاث الزراعية بهدى الشام التابعة لكلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة – جامعة الملك عبد العزيز والتي تقع على بعد ١٢٠ كم شمال شرق مدينة جدة على خط طول "٤٤ °٣٩ وخط عرض "٤٧ °٢١ وعلى ارتفاع ٢٣٥متر عن سطح البحر، لدراسة أثر استخدام مزيج مياه الصرف الصحي الناتجة من محطة المعالجة بمدينة مكة المكرمة مع مياه ري عادية بنسب مختلفة على محصول العلف الأخضر ومكوناته في البرسيم الحجازي خلال ٤ فصول (صيف، ربيع، شتاء وخريف). حيث تم استخدام ٥ معاملات ري عبارة عن مخاليط من مياه الصرف الصحي من محطة المعالجة بمكة المكرمة ومياه الري من محطة الأبحاث وكانت المعاملات كالأتي: ١٠٠٪ مياه ري عادي، ٧٥٪ مياه عادية مع ٢٥٪ مياه صرف صحي، ٥٠٪ مياه عادية مع٥٠٪ مياه صرف صحي، ٢٥٪ مياه عادية مع ٧٥٪ مياه صرف صحي و١٠٠٪ مياه صرف صحي لمعاملات الري الأولى، الثانية، الثالثة، الرابعة والخامسة على التوالي. ويبين الجدول (١) الخصائص الكيميائية لمياه محطة الأبحاث ومياه الصرف الصحي المستخدمة في هذه الدراسة.

أجريت التجربة باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاث مكررات (Randomized complete block design with three replicates) وكانت مساحة القطع التجريبية ٢٥م^{٢} وتركت مسافة ٣م تحيط بكل قطعة تجريبية من كل جانب ووزعت المعاملات عشوائياً داخل كل مكرر على حدة طبقاً لنظام التصميم الإحصائي للتجربة وذلك طبقاً لـــ Steel and Torrie (2000).

جدول (١). الخواص الكيميائية لكلاً من مياه الري بمحطة هدى الشام ومياه الصرف الصحي المستخدمة في الري

مياه صرف صحي من محطة المعالجة بمكة المكرمة				مياه آبار محطة هدى الشام	
pH	٧,٧	Fe	٤,٠	pH	٧,٦
EC	٢,٠	Mn	٠,٥	EC	١,٨
Ca^{++}	٥٣٩,٢	Zn	٤,٩	Ca^{++}	٣,٠٦
Mg^{++}	٢١٢,٨	Cu	٠,٣	Mg^{++}	١,٣٣
Na^{+}	٤٤١,٣	Pb	٢,٢	Na^{+}	٢٩,٠٨
K^{+}	٨٠,١	Cr	٠,٢	K^{+}	٠,٠٤
SAR	٣,٨	Cd	٠,٠٠٣	Cl^{-}	٨,٧٣
P	٥,٥	Ni	٠,٤	So_4^{--}	١١,٠٦
NH_4^{+}	٦٤,٥	TDS	٧٩٥,٨	HSo_3^{-}	٤,٠
No_3	٣٧,٥	SS	١٢٩,٢	Co_3^{-}	١,٢٣
Cl^{-}	٦٩,٣	COD	٢٥١,٢	TDS	١٨,٢
Cl_2	٤٦,٣	BOD	٨٧,٢		

وقبل الزراعة أخذت عينات عشوائية من التربة على عمق ٣٠ سم وأجريت عليها التحليلات المعملية لإيجاد الخصائص الفيزيائية والكيميائية. حيث قُدِّرَ قوام التربة باستخدام طريقة الهيدرومتر كما وصفها Day, (1956) وقُدِّرَ رقم pH التربة والتوصيل الكهربائي لها (EC) باستخدام مزيج تربة وماء بنسبة

(١:١) كما تم تحديد نسبة المادة العضوية في التربة باستخدام الطريقة التي وصفها Jackson, (1973) . وتم تقدير النيتروجين الكلي في التربة بطريقة بريمنر (Bermner, 1965) وذلك باستخدام جهاز Kjeletec Auto 1030. وحددت الكمية الكلية للحديد والزنك والمنجنيز والنحاس والرصاص والكادميوم والنيكل والكروميوم والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والفوسفور بعد استخلاصها بطريقة الهضم بحامض البيروكلوريك والنيتريك بالطريقة التي وصفها Shelton and Harper, (1941) ، حيث قدر الفسفور باستخدام جهاز Turner Spectrophotometer عند طول موجة ضوئية ٦٤٠ نانومتر بينما قدر البوتاسيوم باستخدام جهاز Flame conring 400 photometer. وتم تقدير تركيز العناصر الصغرى والسامة في المستخلص باستخدام جهاز الامتصاص الذري (atomic absorption spectrophotometer). وأوضحت النتائج أن التربة رملية تحتوي على ٠,٥٪ مادة عضوية وكانت درجة الحموضة (pH) والملوحة (EC) ٧,٢ و٢,٦ ديسمنز/م على التوالي. ويوضح الجدول (٢) بعض الخصائص الكيميائية للتربة في موقع الدراسة.

جدول (٢). التحليل الكيميائي للتربة المستخدمة في التجربة

$N\text{-}NO_3^-$ (ملجرام/كجم)	الأنيونات (ملجرام/كجم)				الكاتيونات (ملجرام/كجم)				المعادن الثقيلة (ملجرام/كجم)				
	CO_3^{--}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Fe	Zn	Cu	Cd	Pb
٢٥	-	١١٤	٤٤٠٠	٧٩٠٠	٢٦٠٠	٩٠٠	١٢٠٠	٧٨٠	٥١	٣١	٣,٦	٠,٠١	٠,٠١

وقد استخدمت المعاملات الزراعية المختلفة المتبعة لإنتاج محصول البرسيم الحجازي في منطقة مكة المكرمة خلال فترة التجربة. و استُخدمَ نظام الري بالرش لإمداد النباتات بالماء خلال فترة النمو، وتكونت شبكة الري من ٥ خزانات ماء بحجم ٢م^{٣} يتم خلط الماء بها حسب معاملات الري المذكورة مسبقاً. من كل خزان يخرج خط من الـ PVC بقطر ٧٦ مم (٣ بوصة) مُركب في بدايته محبس يدوي ويتصل بمضخة قدرتها ٣ حصان يخرج من المضخة خط رئيس من الـبولي إثلين بقطر ٧٦ مم مركب في بدايته جهاز قياس الضغط. يتفرع من الخط الرئيس ٥ خطوط شبه رئيسة بنفس قطر الخط الرئيس لتقليل فواقد الاحتكاك.

خصص كل خط شبه رئيس لمعاملة ري واحدة يتفرع من كل خط شبه رئيس ٦ خطوط فرعية وعلى كل خط فرعي ثبت رشاشين من نوع Rain Bird موديل 2045-PJ Maxi-Bird المسافة بين الرشاش والآخر ٧م. ثبت كل رشاش على حامل من الـ PVC ارتفاعة عن سطح الأرض ١م وقطره ١٩مم (٤/٣ بوصه).

وقد تم قياس متوسط معدل الرش (application rate) باستخدام علب تجميع لقياس عمق المياه الخارجة من الرشاشات. حيث ثبتت العلب على سطح الأرض على مسافات متساوية ١ م بين العلبة والأخرى . وقد وجد أن متوسط عمق المياه الناتجة عن الرشاشات يساوي ٢ سم/ساعة تقريباً، حيث كانت جدولة الري لمعاملات الري المختلفة متساوية في هذه التجربة. تم تثبيت زمن الري خلال كل فصل زراعي بناءٍ على متوسط الإستهلاك المائي لمحصول البرسيم كما هو موضح في الجدول (٣) ولتسهيل عملية التشغيل

كان زمن الري المستخدم هو ٣٠، ٢٥، ١٥ و ٢٥ دقيقة خلال الصيف، الخريف، الشتاء و الربيع على التوالي.

تم زراعة البرسيم الحجازي (صنف بلدي) في بداية شهر أبريل ٢٠٠٥ بمعدل ٤٠ كجم/هكتار بطريقة النثر وقد تم أخذ ١٨ حشة من البرسيم خلال السنة كاملةً وقسمت الى أربع فصول زراعية (الصيف، الخريف، الشتاء الربيع).

جدول ٣. جدولة الري خلال فترة التجربة.

الفصل الزراعي	الصيف			الخريف			الشتاء			الربيع		
الشهر	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو
المتوسط السنوي للإستهلاك المائي للبرسيم (سم/يوم) *	٧,٩			٦,٢			٤,٠			٦,٦		
العمق الكلي لماء الري بإفتراض كفاءة ري ٧٥٪	١٠,٥			٨,٣			٥,٣			٨,٨		
زمن الري	٣١,٥			٢٤,٩			١٥,٩			٢٦,٤		

* Alamodi *et al.* (1999)

قبل كل حشة تم جمع عشر نباتات كاملة ومحاطة عشوائية من كل وحدة تجريبية في التجربة، وتم تقسيمها إلى الأعضاء النباتية المختلفة (السيقان والأوراق)، وتم وضعها في أكياس بولي اثيلين محكمة، ونقلت بسرعة إلى المختبر ووضعت في فرن حرارته ٧٠ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة أو حتى ثبات الوزن، وبعد التجفيف تم طحن العينات ومن ثم وضعت في أكياس بولي ايثلين محكمة الغلق، وتم تخزينها في الثلاجة عند ٤ درجة مئوية. واستخدم جزء عشوائي من العينة (٠,٥ جرام) بعد خلطها جيداً

لتقدير محتواها من الحديد والزنك والمنجنيز والنحاس والرصاص والكادميوم والنيكل والكروميوم الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والفوسفور بنفس الطريقة المتبعة في إيجاد محتوى التربة من تلك العناصر، كما تم استخدام جزء عشوائي آخر من العينة (٠,٢٥ جرام) لتقدير النيتروجين الكلي في النبات. كما أخذت عينة عشوائية من نباتات محاطة من كل قطعة تجريبية في التجربة مكونة من عشرة نباتات وقدر فيها طول الساق، كما تم تقدير عدد السيقان/م^{٢} ودليل مساحة الأوراق عن طريق رمي إطار خشبي مساحته ١م^{٢} في كل قطعة تجريبية ثلاث مرات عشوائياً, وفي كل مرة يتم حش البرسيم على ارتفاع ٥ سم من سطح الأرض. أما محصول العلف الأخضر الرطب والجاف للهكتار، فقد قدر عن طريق جمع محصول العلف الأخضر من المساحة المتبقية وحولت الى طن/هكتار علف أخضر.

وتم إجراء التحليل الإحصائي بطريقة تحليل التباين (ANOVA) بواسطة برنامج (SAS) وتبع ذلك استخدام طريقة اختبار أقل فرق معنوي (LSD) لتقدير الفروقات المعنوية بين متوسطات المعاملات للصفات التي تمت دراستها.

النتائج والمناقشة

محصول العلف الأخضر ومكوناته:

أوضحت نتائج مقارنة المتوسطات والمعروضة في جدول (٤) أن فصل الصيف تفوق معنوياً وأعطى أعلى قيم متوسطات لصفات طول الساق

(٦٧,٩٨ سم)، عدد السيقان (١٦٨٣) ودليل مساحة الأوراق (٣,٤٢ م^{٢}/م^{٢}) وانعكس ذلك أيضاً على كل من محصول العلف الأخضر الرطب (٥٢,٩٢ طن/هكتار) وكذلك محصول العلف الجاف (١٣,٤٦ طن/هكتار). ومن بيانات المتوسطات المعروضة بجدول (٤) يلاحظ انخفاضاً غير معنوياً في قيم متوسطات محصول العلف الرطب مع تغير الفصول من الصيف (٥٢,٩٢ طن/هكتار) إلى الخريف (٥٠,٦٦ طن/هكتار) تبعه انخفاضاً معنوياً في الإنتاج بين فصلي الخريف و الربيع (٤٢,٤١ طن/هكتار) وأخيراً الشتاء (٣٨,٣٨ طن/هكتار) والذي أعطى أقل قيم لمتوسطات العلف الأخضر الرطب. وبالنسبة لمحصول العلف الجاف نجد أن المحصول الجاف قد انخفض بدرجة معنوية بالانتقال من فصل الصيف إلى الفصول التي تليه حيث كانت المتوسطات للمحصول الجاف هي ١٣,٤٦، ١٢,٣٩، ٩,٨١ (طن/هكتار) لفصول الصيف، الخريف، الربيع على الترتيب مع عدم وجود فرق معنوي بين فصل الربيع وفصل الشتاء الذي كان المحصول الجاف له ٩,٧٨ (طن/هكتار). وهذا الاتجاه بالنقصان في المحصول مع الانتقال من فصل الصيف إلى الفصول التالية راجع إلى حدوث النقصان في مكونات المحصول والتي تشمل صفات طول الساق وعدد السيقان ودليل مساحة الأوراق وكما يوضح جدول (٣) هذه الاختلافات يمكن إرجاعها إلى التأثيرات المناخية على مكونات المحصول والتفاعل بينها وبين التركيب الوراثي لمحصول البرسيم الحجازي والذي هو من المحاصيل المحبة للجو الدافئ وعليه تقل الانتاجية كلما انخفضت درجات الحرارة.

وبالنسبة لتأثيرات نوعية مياه الري توضح البيانات الخاصة بمتوسطات مكونات المحصول وكذلك محصول العلف الأخضر الرطب والجاف

والمعروضة بجدول (٤) أن طول النبات زاد بزيادة نسبة مياه الصرف الصحي في مياه الري لجميع معاملات الري عدا تلك المعاملة التي كانت نسبة مياه الصرف الصحي تساوي ١٠٠٪. وتبين النتائج في جدول (٤) أن أعلى طول للنبات (٦٣,٤٦ سم) كان لمعاملة الري الرابعة والتي تحتوي على ٧٥٪ مياه صرف صحي مع عدم وجود فروق معنوية بينها وبين معاملتي الري الثالثة (٦٢,٧٤ سم) والثانية (سم٦١,٨٤) اللتان تحتويان على ٥٠٪ و٢٥٪ من مياه الصرف الصحي على التوالي. وكان أقصر طول للنباتات هو الناتج من معاملة الري الأولى (٥٩,٩٢ سم) التي لاتحتوي على مياه الصرف الصحي مع عدم وجود فروق معنوية بينها ومعاملة الري الخامسة (٦٠,٠٤ سم) التي تحتوي على ١٠٠٪ مياه صرف صحي.

جدول (٤): متوسطات صفات مكونات محصول العلف الأخضر للبرسيم تحت تأثير نوعية مياه الري وفصول السنة الأربعة (صيف، خريف، شتاء وربيع).

الصفات / المعاملات		طول الساق (سم)	عدد السيقان لكل (م^2)	دليل مساحة الأوراق (م^2/م^2)	محصول العلف الأخضر (طن/هكتار)	
					الرطب	الجاف
فصول الزراعة	صيف	٦٧,٩٨ أ	١٦٨٣,٢ أ	٣,٤٢ أ	٥٢,٩٢ أ	١٣,٤٦ أ
	خريف	٦٥,٣٨ ب	١٦٥٦,٦ أ	٢,٢١ ب	٥٠,٦٦ أ	١٢,٣٩ ب
	شتاء	٥٤,١٦ ب	١٢٩٠,٩ ب	١,٨٩ ج	٣٨,٣٨ ج	٩,٧٨ ج
	ربيع	٥٨,٣٨ ج	١٣٢٣,٧ ب	٢,٠٢ ب	٤٢,٤١ ب	٩,٨١ ج
معاملات الري	الأولى	٥٩,٩٢ ب	١٤٧٥,٥ أ	١,٥٧ د	٤٠,٣٧ د	٨,٩٢ د
	الثانية	٦١,٨٤ أب	١٤٥٧,٥ أ	٢,٢٨ ج	٤٣,٧١ ج	١٠,٣١ ج
	الثالثة	٦٢,٧٤ أ	١٤٥٠,٧ أ	٢,٦٥ ب	٤٥,٥٩ ب ج	١٠,٧٦ ج
	الرابعة	٦٣,٤٦ أ	١٥٢٨,٧ أ	٣,٠٠ أ	٥٢,٣٩ أ	١٧,٨١ أ
	الخامسة	٦٠,٠٤ ب	١٤٣٠,٧ أ	٢,٤٢ ب ج	٤٨,٤١ ب	١٣,٦٢ ب

• المتوسطات المتبوعة بنفس الحرف (الأحرف) لكل صفة تحت تأثير كل عامل لا تختلف معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD عند مستوى معنوية ٠,٠٥.

وكذلك تبين نتائج المتوسطات أن أعلى قيمة لدليل مساحة الأوراق (٣,٠ م^{٢}/م^{٢}) كان لمعاملة الري الرابعة وأقل قيمة (١,٥٧ م^{٢}/م^{٢}) كانت لمعاملة الري الأولى. مع عدم وجود فروق معنوية في دليل مساحة الأوراق بين معاملة الري الثالثة (٢,٦٥ م^{٢}/م^{٢}) ومعاملة الري الخامسة (٢,٤٢ م^{٢}/م^{٢}) وكذلك عدم وجود فرروق معنوية في دليل مساحة الأوراق بين معاملة الري الخمسة ومعاملة الري الثانية (٢,٢٨ م^{٢}/م^{٢}).

من ناحية أخرى يوضح الجدول (٤) أن معاملة الري الرابعة أعطت أعلى محصول علف أخضر رطب (٥٢,٣٩ طن/هكتار) وجاف (١٧,٨١ طن/هكتار) متفوقة معنوياً على معاملات الري الأخرى ويليها معاملة الري الخامسة والتي أعطت محصول رطب يساوي ٤٨,٤١ (طن/هكتار) و١٣,٦٢ (طن/هكتار) كمحصول جاف. ثم معاملة الري الثالثة والتي كانت إنتاجيتها الرطبة والجافة تساوي ٤٥,٥٩ و١٠,٧٦ (طن/هكتار) على التوالي. مع عدم وجود فروق معنوية بين معاملة الري الثالثة والثانية في الإنتاجية الرطبة (٤٣,٧١ طن/هكتار) والجافة (١٠,٣١ طن/هكتار) على حد سواء. وأعطت معاملة الري الأولى أقل انتاجية لمحصول العلف الرطب والجاف وكانت ٤٠,٣٧ و٤,٩٢ (طن/هكتار) على التوالي. ويمكن إرجاع السبب في زيادة انتاجية البرسيم عند زياد نسبة مياه الصرف الصحي في مياه الري إلى زيادة مكونات العناصر الغذائية في مياه الري مع زيادة نسبة مياه الصرف الصحي التي تحتوي على العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات (نيتروجين، فسفور، بوتاسيوم .. الخ) كما يتضح من جدول (١). وهذه النتائج مشابهة لما توصل اليه Mandi and Abissy (2000) حيث وجدا زيادة في إنتاجية محصول البرسيم عند استخدام مياه الصرف الصحي في الري. وكذلك مشابهةً في

الإتجاه مع ماتوصل إليه Al-Lahham *et al.* (2003) من أن زيادة نسبة مياه الصرف الصحي في مياه الري أدت إلى زيادة انتاجية محصول الطماطم. في حين يُفسر إنخفاض الإنتاجية لمعاملة الري الخامسة التي تحتوي على ١٠٠٪ من مياه الصرف الصحي مقارنة بتلك التي تحتوي على ٧٥٪ من مياه الصرف الصحي، بالاحتمال الكبير للتأثير السيئ للزيادة النسبية في تركيز الأملاح (١,٣ ديسمنز/م) في مياه الصرف الصحي (جدول ١) عن القيمة التي يكون الإنتاج عندها ١٠٠٪ وهي ١,٣ ديسمنز/م (Ayers and Westcot, 1994). وقد يكون السبب هو زيادة تركيز الصوديوم والكلوريد عن أقصى قيمة المنصوح بها من قبل منظمة الأغذية والزراعة وأيضاً إلى التأثير الضار والمثبط للعناصر السامة نتيجة لعدم تخفيف تركيزها بخلطها مع المياه العادية مما يؤدي إلى الضرر بجذور النبات والتي تؤدي بدورها الى انخفاض في نمو النبات وعليه الانخفاض في المحصول Ayers and Westcot, 1994).

محتوى النبات من العناصر الصغرى والسامة

يوضح جدولي (٥ و٦) متوسطات محتوى نباتات البرسيم الحجازي من العناصر الصغرى والعناصر السامة ونتائج إختبار LCD عند مستوى معنوية ٠,٠٥. حيث توضح المتوسطات المعروضة بجدول (٥) والخاصة بالعناصر الصغرى في نبات البرسيم الحجازي تحت تأثير الفصول الزراعية أن فصل الشتاء كان الأعلى معنوياً في محتوى الأوراق والسيقان من جميع تلك العناصر يليه فصل الربيع ثم الخريف وأخيراً الشتاء ويمكن إرجاع ذلك

الى انخفاض تركيز العناصر تحت الدراسة بزيادة وزن المحصول لوحدة المساحة وبناءً عليه يحدث تخفيف للتركيز في كجم المحصول. حيث زاد وزن محصول العلف في فصل الصيف مقارنة بالفصول الأخرى يليه الخريف ثم الربيع وأخيراً الشتاء.

جدول رقم (٥). متوسطات محتوى أوراق وسيقان البرسيم الحجازي من العناصر الصغرى (ملجرام/كجم) تحت كلاً من الفصول الزراعية ونوعية مياه الري.

الصفات / المعاملات		العناصر الصغرى (ملجرام/كجم)							
		الحديد		الزنك		النحاس		المنجنيز	
		أوراق	سيقان	أوراق	سيقان	أوراق	سيقان	أوراق	سيقان
فصول السنة	صيف	٢٦٣,٥ د*	١٩٧,٩ د	١٣,١٠ د	١١,٦٤ د	٤,٩٠٠ د	٣,٤٤٠ د	١٢٣,٦ د	٩٥,٤ د
	خريف	٣٢٨,٥٤ ج	٢٢١,٨	١٧,١٠ ج	١٤,٠٨ ج	٥,٩٤٠ ج	٣,٧٢٠ ج	١٢٥,٧ ج	١٠٥,٢ ج
	شتاء	٦٥٩,٧٠ أ	٢٨٤,٩ أ	٤٣,٦٢٠ أ	٢٢,٣٤ أ	٧,٢٦٠ أ	٦,٧٨٠ أ	١٤٨,٦ أ	١٣١,٥ أ
	ربيع	٤١٥,٩٠ ب	٢٦٥,٦ ب	١٨,٥٦ ب	١٥,٠٤ ب	٦,٣٠ ب	٦,٠٦٠ ب	١٢٩,٨ ب	١١١,٤ ب
معاملات الري	الأولى	٢٨٦,٧٧٥ هـ	١٧١,٢ هـ	١٠,٨٧ هـ	٧,٠٣ هـ	٢,٩١ هـ	٢,٣٧ هـ	١١٤,٥ هـ	٨٨,٨ هـ
	الثانية	٣١٠,٩٧٥ د	١٩٤,٤ د	١٤,٨٠ د	١٢,٠٣ د	٤,٩٧ د	٣,٨٢٥ د	١٢٠,٥ د	٩٦,٧ د
	الثالثة	٤٦١,٦٥٠ ج	٢٤٦,٣	٢٢,٢٣ ج	١٥,٢٠ ج	٥,٦٠ ج	٤,٠٥٠ ج	١٣٤,١ ج	١٠٦,٤ ج
	الرابعة	٤٩٢,١٧٥ ب	٢٧٠,٩ ب	٣١,٨٠ ب	١٦,٨٧ ب	٧,٥٢ ب	٦,٤٠٠ ب	١٣٨,٧ ب	١٢٤,٣ ب
	الخامسة	٥٣٢,٩٧٥ أ	٣٢٩,٧ أ	٣٥,٧٨ أ	٢٧,٧٥ أ	٩,٥٠ أ	٨,٣٥٠ أ	١٥٢,٠ أ	١٣٨,١٢ أ

* المتوسطات المتبوعة بنفس الحرف (الأحرف) لكل صفة تحت تأثير معاملات كل عامل لا تختلف معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD عند مستوى معنوية ٠,٠٥.

من ناحية أخرى أظهرت نتائج تأثير معاملات الري على أن تركيز العناصر الصغرى وكذلك السامة في أوراق النبات وكذلك سيقانه حدوث زيادة تدريجية معنوية بزيادة تركيز مياه الصرف الصحي في مياه الري من المعاملة الأولى (١٠٠٪ مياه ري غير مخلوطة بمياه الصرف الصحي) مروراً بارتفاع تركيزات مياه الصرف الصحي في المعاملات التالية وحتى

المعاملة الخامسة (١٠٠٪ مياه صرف صحي). ويعزى ذلك إلى زيادة تركيز تلك العناصر في مياه الصرف الصحي المستخدمة في الري (جدول ١).

وبمقارنة متوسطات محتوى كلٍ من السيقان والأوراق لنبات البرسيم من العناصر الصغرى والموضحة في الجدول (٥) وكذلك العناصر السامة في الجدول (٦) مع تركيز العناصر في النبات الذي يؤدي إلى سمية النبات والموضحة في الجدول (٧) حسب ماذكره Pendias and Pendias (1984) يتضح أن محتوى النبات من العناصر الصغرى التي تم تقديرها لم يصل إلى المستوى الذي يؤدي الى سمية النبات في جميع الفصول الزراعية وكذلك جميع معاملات الري على حدٍ سواء. أما بالنسبة لتركيز العناصر السامة في أجزاء النبات فإن تركيزها قد وصل الى مستوى السمية والذي بدوره قد يشكل ضرراً على الحيوان والإنسان. وهذه النتائج مشابهة لما توصل اليه Assadian *et al.* (1998) من أن محتوى نبات البرسيم من الرصاص، الكروميوم والكادميوم كان عالياً عند ريه بمياه الصرف الصحي. وكذلك هناك تشابه بين هذه النتائج وما توصل اليه Al-Solimani and Hashim (2004) حيث توصلا إلى أن حشيشة البرمودا النامية على جانبي مصرف محطة معالجة مياه الصرف الصحي للمحطة المستخدم مياهها في هذه الدراسة احتوت على نسبة عالية من العناصر الثقيلة. ونتائج هذه الدراسة تفتح مجالاً واسعاً لمزيد من الدراسات البحثية على استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة بالدرجات المختلفة مع محاصيل مختلفة.

جدول رقم (٦). متوسطات أوراق وسيقان البرسيم الحجازي من العناصر السامة (ملجرام/كجم) تحت كلاً من الفصول الزراعية ونوعية مياه الري.

الصفات / العاملات		العناصر السامة (ملجرام/كجم)							
		الكادميوم		الرصاص		الكروميوم		النيكل	
		أوراق	سيقان	أوراق	سيقان	أوراق	سيقان	أوراق	سيقان
فصول السنة	صيف	١٨,٩ د*	١٤,٥٠ د	٢٢,٦٠ د	٣٢,٨٠ د	١٨,٢٢ د	١٩,٤٠ د	٩٦,١ د	٩٣,٦ د
	خريف	٢٤,٢ ج	٢٠,٣٨ ج	٤٣,٢٠ ج	٤٦,٤٠ ج	٢٢,٣٨ ج	٢١,٩٤ ج	٩٩,٤ ج	١٠٠,١ ج
	شتاء	٢٨,٣ أ	٢٤,٣٦ أ	٦٩,٢٠ أ	٥٨,٠٠ أ	٢٥,٤٠ أ	٢٢,٩٨ أ	١١٩,٥ أ	١٠٨,٧ أ
	ربيع	٢٦,٨ ب	٢٤,٠٦ب	٦٤,٤٠	٤٨,٠٠ب	٢٤,٤٤ب	٢٢,٥٦ب	١٠٩,٥ ب	١٠٥,٦ ب
معاملات الري	الأولى	١٥,٢ هـ	١٢,١ هـ	٢٦,٢٥ هـ	١٨,٧٥ هـ	١٩,٨٥ هـ	١٨,٧٥ هـ	٨٥,٢ هـ	٨٦,٦ هـ
	الثانية	٢٠,٨ د	١٦,٣٧ د	٣٩,٥٠ د	٣١,٠٠ د	٢٠,٤٥ د	١٩,٦٥ د	٩٥,٩ د	٩٠,٧ د
	الثالثة	٢٣,٥ ج	٢١,٣٠ ج	٥٢,٥٠ ج	٤٧,٧٥ ج	٢١,٧٧ ج	٢١,٣٥ ج	١٠٨,٣ ج	١٠٢,٦ ج
	الرابعة	٢٦,١ ب	٢٤,٠٥ب	٦٢,٥٠	٥٦,٧٥ب	٢٣,٢٢ب	٢٢,٨٠ب	١١٣,٥ ب	١١٢,٣ ب
	الخامسة	٣٧,٣ أ	٣٠,٣٠ أ	٦٨,٥٠ أ	٧٧,٢٥ أ	٢٧,٧٥ أ	٢٦,٢٥ أ	١٢٧,٩ أ	١١٧,٨ أ

* المتوسطات المتبوعة بنفس الحرف (الأحرف) لكل صفة تحت تأثير معاملات كل عامل لا تختلف معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD عند مستوى معنوية ٠,٠٥

جدول (٧). مدى التركيز للعناصر المختلفة في أنسجة النبات الذي يؤدي سمية النبات*.

العناصر الصغرى (ملجرام/كجم)				العناصر السامة (ملجرام/كجم)			
Fe	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb	Cr	Ni
غير محدد	١٥٠-١٠٠	١٠٠-٢٠	٥٠٠-٣٠٠	٣٠-٥	٣٠٠-٣٠	٣٠-٥	١٠٠-١٠

*Source: Pendias and Pendias (1984).

شكر وتقدير

يعبر الباحثون عن وافر الشكر والتقدير لمعهد البحوث والإستشارات بجامعة الملك عبد العزيز على تمويل هذا البحث.

المراجـــع

أولاً: المراجع العربية

هاشم، ماجد حسين، عبد المنعم سيد عرفة، سمير جميل السليماني ومحمد صادقين الزرعي (٢٠٠١). التغيرات في الصفات الطبيعية والكيميائية لمياه الصرف الصحي من محطة المعالجة بمكة المكرمة على طول مجرى الصرف. مجلة جامعة الملك عبدالعزيز "علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة". ١٢: ٨٣-١١٣.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

Alamodi, A., A. Mashat, M. Kiwan, and S. Awadalla. (1999). *Comparative study of reference evapotranspiration using soil water balance and meteorological data.* Final report, Project No. 417/302.

Al-Lahham, N.M. El Assi and M. Fayyad. (2003). *Impact of treated wastewater irrigation on quality attributes and contamination of tomato fruit.* Agricultural Water Management. 61: 51-62.

Al-Solaimani, S.G. and M. Hashim. (2004). *Influence of wastewater land disposal on the chemical composition of Bormuda Grass grown along the discharge stream in arid land area.* Cairo Univ. Stud. Rev. 26: 13-33.

Al-Mogrin S. (2003). Saudi Arabia country paper. Proceedings "*Expert Consultation for Launching the Regional Network on Wastewater RE-use in the Near East.* Food and Agriculture Organization (FAO) and World Health Organization (WHO). Cairo, Egypt.

Assadian N.W., L.C. Esparza, L.B. Fenn, A.S. Ali, S. Miyanoto, U.V. Figueroa and **A.W. Warrick. (1998).** *Spatial variability of heavy metals in irrigated alfalfa fields in the upper Rio Grand River basin.* Agricultural Water Management. 36: 141-156.

Ayers, R.S and D.W. Westcot. (1994). *Water quality for agriculture.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

Bermner, J.M., (1965). *Methods of soil analysis.* Agronomy Journal. 9: 1324-1345.

Cajuste, L.J., R.G. Carrillo, E.G. Cota and **R.J. Laird. (1991).** *The distribution of metals from wastewater in the Mexican Valley of Mezquital.* Water, Air and Soil Pollution Journal. 58:763-771.

Day, R.A. (1956). *Quantitative analysis.* Prentice Hall, Inc., Englewood cliffs, NJ. USA.

Jackson , M.L. (1973). *Soil chemical analysis.* Prentice Hall, Inc., New Delhi, India.

Kouraa A., F. Fethi, A. Fahde, A. Lahlou and **N. Ouazzani. (2002).** *Reuse of urban wastewater treated by combined stabilization pond system in Benslimane (Morocco).* Urban Water. 4: 373-378.

Lazarova, V. and A. Bahri. (2005). *Water reuse for irrigation.* CRC Press, Corporate Blvd., Boca Raton, Florida. USA. Pp. 408.

Lopez, A., A. Pollice, A. Lonigro, S. Masi, A.M. Palese, G.L. Cirelli, A. Toscano and **R. Passino. (2006).** Agricultural wastewater reuse in Southern Italy. Desalination 187: 323-334.

Mandi, L. and **M. Abissy. (2000).** *Utilization of Arundo donax and Typha latifolia for heavy metals removal from urban wastewater and reuse of treated wastewater for alfalfa irrigation.* Third international symposium on wastewater, reclamation, recycling and reuse. Paris, France. Pp. 158-165.

Mapanda, F., E.N. Mangwayana, J. Nyamangara and **K.E. Giller. (2005).** *The effect of long-term irrigation of soil under vegetables in Harare, Zimbabwe.* Agriculture, Ecosystems and Environment. 107: 151-165.

Munir, M. and **A. Mohammad (2004). Forage yield and nutrient uptake as influenced by secondary treated wastewater**. Journal of plant nutrient. 27: 351-365.

Pendias, A.K. and **H. Pendias. (1984).** *Trace elements in soil and plants.* CRC Press, Corporate Blvd., Boca Raton, Florida. USA. P. 57.

Shelton, W.R. and **J. Harper. (1941).** *A rapid method for determination of total phosphorus in soil plant material.* Journal of Science. 15:403-413.

Steel, R.G.D. and **J.H. Torrie (2000).** *Principle and Procedures of Statistic.* 3rd ed. Mc Graw Hill, N.Y., USA.

Toze, S. (2005). *Reuse of effluent water-benefits and risks.* Agricultural Water Management. 80: 147-159.

Effect of irrigation water mixed with wastewater on the Alfalfa yield and its content of micronutrient and toxic elements

Jalal M. Basahi[1], S.J. Al-Sulimani[2], F.S. EL-Nakhlawy[2], F.A. Al-Facy[3] and B.T. Hamo[2]

1: Hydrology and Water Resources Management Department 2: Arid Land Agriculture Department 3: Microbiology Department - King Abdulaziz, Jeddah, Saudi Arabia

Abstract: This study was conducted at Hada Al-Sham Agricultural Research Station, college of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, King Abdulaziz University in Makkah Al-Mokarrama, to investigate the effects of five irrigation sewage water mixtures (0.0% wastewater + 100% normal water, 25% wastewater + 75% normal water, 50% wastewater + 50% normal water, 75% wastewater + 25% normal water and 100% wastewater + 0.0% normal water) on green forage yield and yield components of Alfalfa, beside the contents of the plant leaves and stems of micronutrients and toxic elements. The study was carried out during the four seasons of summer, spring of 2005 and autumns and winter of 2006.

The results showed that the summer season produced the significantly higher values of plant height (67.98 cm), leaf area index (3.42 m^2/m^2) and dry forage yield (13.46 t/ha) compared with the other seasons. The irrigation treatment of (75% wastewater + 25% normal water) led to significantly higher values of plant height (63.46 cm) leaf area index (3.00 m^2/m^2), fresh green forage yield (52.39 t/ha) and dry forage yield (17.81 t/ha) as compared with the other irrigation treatments. The lowest values of the studied agronomic traits were

produced under the 0.0% wastewater treatment (100% normal water) with values of 59.92 cm, 1.57 m^2/m^2, 40.37 t/ha and 4.92 t/ha for plant height, leaf area index, green forage yield and dry forage yield, respectively.

Winter season cuts produced plants with the higher significant values of micronutrients and toxic elements in their stems and leaves while summer season plants had the lowest values. Irrigation with 100% wastewater produced plants containing the highest significant values of micronutrients and toxic elements in both stems and leaves and gradually decreased as wastewater in irrigation water decreased. The toxic elements in leaves and stems of alfalfa were in the critical level with all wastewater irrigations and this dangerous critical level was pronounced with increasing wastewater percentage in irrigation water.