مجلة جامعة الملك سعود، م ٢٥، العلوم الزراعية (١)، ص ص ٣-٢٣ ، الرياض (٢٠١٣م/ ١٤٣٤هـ)

المياه الرمادية وإمكانية استخدامها كمصدر مائي بديل «مقالة استعراضية»

فهد ناصر البركـه و محمـد سليمان السويلم

قسم علوم التربة-كلية علوم الأغذية والزراعة-جامعة الملك سعود

الرياض ص.ب ٢٤٦٠ البريد الإلكتروني barakah@ksu.edu.sa

(قدم للنشر في ١/ ١٢/ ١٤٣١هـ؛قبل للنشر في ١٦/ ١/ ١٤٣٣)

الكلمات المفتاحية. المياه الرمادية، كميتها، خصائصها، معالجتها، إعادة استخدامها.

ملخص البحث. يقدم هذا المقال الاستعراضي معلومات عن المياه الرمادية كمصدر بديل من مصادر المياه العادمة يساعد على ترشيد المياه العذبة وتقليل استنزافها، ويلقي الضوء على بعض أهم خصائص المياه الرمادية الكيميائية والفيزيائية و الميكروبية. إضافة إلى ذلك، فإن هذه المقالة تستعرض أهم الدراسات لتأثير إعادة استخدام المياه الرمادية في الزراعة خاصة على النبات والتربة.

المـــقدمـــة Introduction

إن زيادة الطلب على المياه للاحتياجات المنزلية والصناعية والتجارية والزراعية جعل من إدارة المياه وإعادة استخدامها مطلباً لجميع دول العالم؛ سعياً للمحافظة على مصادرها المائية والتقليل من استنزافها. ويزداد هذا الأمر أهمية في المناطق الجافة وشبه الجافة، خاصة إذا كانت هناك زيادة في عدد السكان، وانخفاض في مصادر المياه؛ ولهذا اتجهت بعض الدول في تلك المناطق إلى البحث عن أفضل الوسائل للمحافظة على المياه وحمايتها من الاستنزاف. ومن أهم هذه الوسائل إعادة تدوير المياه Water recycling ؛ وذلك للاستفادة من المياه العادمة في الزراعة وري الحدائق والمسطحات الخضراء والتبريد. والمياه الرمادية هي نوع من المياه العادمة التي تصرف من المنازل دون اختلاطها بمياه المجاري (مياه المراحيض) والتي يمكن أن تساعد في التقليل من استنزاف المياه العذبة في كثير من الاستخدامات، مثل شطف المراحيض، و ري المسطحات الخضراء والحدائق المنزلية، والاستخدامات المناسبة في المصانع وغسيل الشوارع. إن المعالجة التي تحتاجها المياه الرمادية قبل الاستخدام أسهل وأبسط وأقل تكلفة من معالجة مياه المجاري (المياه السوداء)، وتعتمد أساساً على نوعية الاستخدام المطلوب لمثل هذه النوعية من المياه.

و نظراً لأن المملكة العربية السعودية تصنف من الدول القاحلة شحيحة الموارد المائية، فان زيادة استهلاك

المياه المصاحب بزيادة عدد السكان تكسب هذه النوعية من المياه أهمية خاصة في هذه البلاد صحراوية المناخ. ومن المتوقع أن تسهم إعادة استخدام المياه الرمادية المعالجة في حل جزء من مشكلة المياه أو خفض حدتها في المملكة؛ ولذلك كان برنامج إعادة استعمال المياه الرمادية داخل المجمعات ضمن الخطة التنفيذية لحماية البيئة بمدينة الرياض (الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض،١٤٣١ هـ). وتهدف هذه المقالة الاستعراضية إلى إلقاء الضوء على المياه الرمادية من حيث تعريفها، ومعرفة خواصها، وصفاتها الميكروبية والكيميائية، والتعرف على إمكانية الاستفادة منها في مجال الزراعة أو في المجالات الأخرى المختلفة.

تعريف المياه الرمادية Greywater Definition

المياه الرمادية (Graywater أو Greywater) هي نوع من المياه العادمة التي قد لا يستفيد منها الإنسان حالياً بل تصرف إلى محطات المعالجة مع مياه الصرف الصحي التي يطلق عليها حالياً، المياه السوداء (Black water). وتشكل المياه الرمادية ما نسبته ٦٠٪ من مياه الصرف الصحي المنزلية، وهذا يوضح مدى أهمية هذه المياه. وسميت هذه المياه بالرمادية تمييزاً لها عن مياه الصرف الصحي غير المعالجة، حيث إنها إذا خزنت فترات قصيرة تحول لونها إلى الرمادي نتيجة لتفاعل محتوياتها مع بعضها البعض، وقد يظهر لها رائحة إذا خزنت لأكثر من يوم (Emmerson, Marshall,1997, 1998). وقد عرف كل من Ingham (1980)، Rose *et al.* (1991) المياه الرمادية بأنها جميع المياه الخارجة من المنزل ما عدا المراحيض (التواليت). وكذلك عرفها Bennett (1995) بأنها المياه الخارجة من المنزل وغير المعالجة من الأدشش، وأحواض الحمامات (البانيو)، وأحواض الغسيل وغسالات الملابس، ولا تشمل المياه الخارجة من المطبخ وغسالات الأطباق لما فيها من شحوم وفضلات طعام تساعد على نمو الميكروبات وصعبة التحلل، وأيضا لا تشمل غسيل حفائظ الأطفال لما تحويه من بكتريا وفيروسات، كما لا تشمل المياه الخارجة من أجهزة إزالة عسر المياه (سوفتنر) لما تحويه من تركيز عال للأملاح خصوصاً الصوديوم والكلور. أما Marshall (1997) فقد عرف المياه الرمادية بأنها جميع المياه المستخدمة الخارجة من المنزل ما عدا مياه المراحيض، وهي تشمل مياه الدش، والاستحمام، وغسيل الأيدي ، والمياه الخارجة من الغسالات و مياه المطبخ وغسالة الأطباق. وعرفت المواصفات القياسية في ولاية كاليفورنيا المياه الرمادية على أنها المياه المستعملة والمستهلكة الخارجة من المنازل غير المعالجة، والتي لم تتصل بالمياه الخارجة من المراحيض (Noah, 2001). وتحديداً، فإن المياه الرمادية تشمل المياه الخارجة من أحواض الاستحمام (البانيو) وحوض التشطيف في الحمام والدش والماء الخارج من غسالات الملابس وأحواض المغاسل والمطابخ وغسالات الأطباق. وكذلك وصفها Mahmood (2000) و Nolde (2000) بأنها المياه العادمة الخارجة من المنزل من غير ما يتصل بالتواليت فهي ما يخرج من أدشـش الاستحمام وغسيل الملابس وغسيل الأطباق، وأحيانا من أحواض المطبخ. كما أن Casanova *et al.* (2001 a) ذكروا أن المياه الرمادية هي ما يمكن الحصول عليه من الأدشش و، وأحواض المطبخ (Sinks)، وغسالات الملابس، وغسالات الأطباق في المنازل. كما أن Eriksoon *et al.* (2002)

ذكروا أن المياه الرمادية هي جميع المياه المستعملة ما عدا الخارجة من التواليت (المراحيض) وهي تنتج من أحواض الحمامات (البانيو)، والأدشش، وأحواض غسيل اليدين، وغسالات الملابس، وأحواض المطبخ. وعلى نفس السياق، فقد عرفها AL-Jayyousi (2003) بأنها المياه الناتجة من الاستخدام المنزلي دون اختلاط مع المياه المصروفة من دورات المياه. وقد جاء في (Technical guidance manual, 2004) أن المياه الرمادية هي المياه المستعملة من أحواض الاستحمام (البانيو) والأدشش وأحواض الغسيل في الحمامات ومياه غسالات الملابس وأحواض غسيل الملابس، ولا تشمل المياه المستعملة في أحواض المطبخ وغسالات الأطباق، أو المياه الناتجة عن غسيل حفائظ الأطفال. كما عرفت بأنها جميع المياه الناتجة من الاستخدام في المنازل ما عدا مخلفات المراحيض، فهي المياه الناتجة من غسيل الأطباق وحوض المطبخ ومغاسل الملابس وغسالات الأيدي ومن الاستحمام (Ridderstolpe, 2004). أما Ramon *et al.* (2004) فذكروا أن المياه الرمادية هي جميع مصادر المياه الناتجة من الاستخدام المنزلي ما عدا تلك الناتجة عن استخدام صناديق الطرد (السيفون/ المراحيض). كما عرفت المياه الرمادية بأنها المياه الناتجة من الاستخدام المنزلي في الاستحمام والغسيل، ولا تحتوي على مخلفات آدمية (Pradham, 2006). وبشكل عام يمكن أن تعرف كذلك بأنها مياه عادمة من أي مصدر دون أن تتلوث بمياه من المراحيض (Lamine *et al.* 2007). أما Jamrah, *et al.* (2008) فقد ذكروا أن المياه الرمادية هي مياه عادمة تنتج وتجمع من الاستحمام وحوض المطبخ (المجلي) والمغاسل. Al-Hassan, (2008) عرف المياه الرمادية بأنها نوعية المياه التي تصرف من المنازل دون اختلاطها بمياه المجاري.

يتضح أن هناك توافقاً على أن المياه الرمادية هي جميع المياه الناتجة عن النشاط الإنساني في المنزل دون اختلاطها بمياه المراحيض؛ نظراً لاحتواء مياه المراحيض على نسب عالية من المواد الصلبة العالقة، وعلى أعداد كبيرة من الميكروبات الممرضة، وبعض من الباحثين فصل عنها المياه الخارجة من المطبخ أو المياه الناتجة من غسالة الصحون؛ نظرا لاحتوائهما على مواد دهنية وشحوم وبقايا الأطعمة التي قد تعيق عملية التنقية والضخ، كما أن المحتوى العضوي العالي في هذا النوع من المياه يشكل وسطاً مناسب لنمو الميكروبات وتكاثرها. فالجميع اتفق على أن المياه الرمادية هي المياه الخارجة من مياه الاستحمام (البانيو والأدشش)، ومغاسل اليدين، ومغاسل الملابس. ويمكن أن يضاف إليها مياه الوضوء من المساجد ومياه حصاد الأمطار وغسيل الشوارع كما يمكن إضافة مياه المسابح (على الرغم من نسبة الكلور العالية) ومياه غسيل السيارات وغسيل المنازل ومياه المصارف الأرضية، وما شابه هذه النوعية من المياه إلى المياه الرمادية.

وعلى الرغم من وضوح وبساطة تعريف المياه الرمادية إلا أن بعض الباحثين فضل أن يستخدم الصفات الكيميائية في التفريق بينها وبين مياه المجاري (المياه السوداء). على سبيل المثال Olsson *et al.* (1968) يرى أن المياه إذا كانت تحتوي على مواد عضوية أقل من ٤٨ ملجم/لتر من المتطلب الكيميائي للأوكسجين

(COD) Chemical Oxygen Demand للشخص في اليوم الواحد، فإنها مياه رمادية بينما إذا كانت تحتوي على ٧٢ ملجم/ لتر منه للشخص في اليوم الواحد فإنها مياه سوداء. بينما البعض من الباحثين استخدم تركيز ١٧٥ ملجم/ لتر BOD المتطلب الكيموحيوي للأوكسجين (BOD) Biological Oxygen Demand و ٧٥ملجم/ لتر كمية المواد الصلبة العالقة (TSS) Total Suspended Solids للمياه الرمادية في مقابل تركيز ٢٥٠ ملجم/ لتر BOD و ٢٢٠ ملجم/ لتر TSS للمياه السوداء (Rasmassen *et al.* 1996). وبسبب اختلاف صفات المياه الرمادية من مكان لآخر ومن مصدر لآخر ومن مجتمع لآخر حسب النشاط الإنساني والبيئة المحيطة بهذا االإنسان، فإن هذا التعريف والتصنيف للمياه لم يستمر طويلاً. حالياً، هناك من يقسم المياه الرمادية بناءً على ما تحتويه من ملوثات، فإذا كانت ناتجة من المطبخ، أو من مغاسل الملابس، أو من مغاسل الأطباق فهي مياه رمادية ذات محتوى عال من الملوثات (High load greywater) ، بينما إذا كان مصدرهذه المياه من مغاسل الأيدي أو من أماكن الاستحمام، فإنها ذات محتوى منخفض من الملوثات (Low load greywater)، مما يوضح أهمية التعرف على مصدر المياه الرمادية (Terpstra., 1999; Lopez *et al.* 2002; Ramon *et al.* 2004).

من ناحية أخرى، فإن Birks *et al.*(2004) اقترحوا تقسيم المياه الرمادية بشكل آخر قريب من التقسيم السابق، حيث اعتبروا أن المياه الخارجة من مغاسل الأيدي ومن الاستحمام سواء من البانيو أو الدش يمكن أن يطلق عليها المياه الرمادية الخفيفة (Light Greywater)، بينما المياه الخارجة من مغاسل الملابس ومن مغاسل الأطباق وكذلك من المطبخ يمكن أن يطلق عليها (Dark Greywater).

كما يمكن أن تقسم المياه الرمادية إلى نوعين، مياه رمادية مصنعة (Synthetic greywater) تجمع كخليط متجانس من مياه البانيو ومغاسل الأيدي وأدشش الاستحمام وغيرها من المصادر التي لا تختلط بالمخلفات البشرية، والنوع الثاني فهو للمياه الرمادية التي يمكن جمعها من مصدر واحد فقط مثل مياه الوضوء للمساجد (Al-Hassan, 2008). مما سبق يتضح مدى الحاجة إلى تعريف أكثر دقة لهذه النوعية من المياه ويمكن الاتفاق حوله، وربما يكون للأبحاث المستقبلية في هذا المجال دور في تحديد أوضح لصفات المياه الرمادية وكيفية الاستفادة منها بشكل أفضل.

كمية المياه الرمادية ونوعيتها
Quantity of Greywater

تختلف نوعية وكميات المياه الرمادية الخارجة من المنزل باختلاف عدد الأفراد فيه وثقافتهم ومكانتهم الاجتماعية وأسلوب حياتهم، كما تختلف حسب مصدرها والغرض الذي تستخدم من أجله وأيضاً تختلف حسب فصول السنة، حيث في فصل الصيف تستخدم المياه بكثرة مما ينتج عن ذلك كمية أكبر من المياه العادمة، كما تختلف هذه المياه في صفاتها من مكان لآخر. وقد بلغت هذه المياه من السكن الواحد في كاليفورنيا ٥٩ جالوناً/ يوم ، فإذا كان هناك عائلة من أربعة أفراد فإن كمية الإنتاج تصل إلى ١٣٠٠ جالون في الأسبوع (Ingham, 1980). و في توسان (أريزونا) بلغ متوسط هذه المياه للمنزل الواحد حوالي ٣١ جالوناً/

يوم (Foster and Decook, 1986). كما ذكر Beavers (1995) أن متوسط كمية المياه الرمادية المنتجة يومياً من منزل واحد بمدينة كوينزلاند (أستراليا) حوالي ٣٥٦ لتر، تمثل ٦٠٪ من المياه العادمة الخارجة من المنزل. و قدر Marshall, (1997) متوسط كمية المياه الرمادية المنتجة من البيت الواحد في أستراليا بحوالي ٣٤٠ لتر/ يوم. كما قدر برناط (1998) كمية المياه الرمادية المنتجة يومياً في الريف الفلسطيني ما بين ٣٠-٦٠ لتراً لكل شخص. وفي السويد قدرت كمية المياه الرمادية بحوالي ١٩٩ لتر/ يوم/ شخص (Gunther, 2000). يتضح من الدراسات السابق ذكرها أن المياه الرمادية تشكل جزءاً كبيراً من المياه العادمة؛ ولهذا فقد حاول الباحثون تقدير هذه الكميات، فقد ذكر Rose *et al.* (1991) أن كمية المياه الرمادية الخارجة من المنزل الواحد تقدر بحوالي ٦٥٪ من المياه الكلية المصروفة. بينما ذكر Bennett, (1995) أن المياه الرمادية تبلغ ٥٠٪ من المياه الخارجة من المنزل. أما Christova *et al.* (1996) و Eriksson *et al.* (2002) فقد أوضحوا أنها تمثل ٧٥ ٪ من المياه الخارجة من المنزل. و ذكر Bino (2004) أن المياه الرمادية التي أعيد استخدامها في الأردن تشكل ما بين ٤٠-٧٥٪ من المياه الخارجة من المنازل. وفي مسقط بسلطنة عمان قدرت المياه الرمادية الناتجة بحوالي ١٥١ لتر/ يوم / فرد، حيث قدر الناتج من استخدام الدش بحوالي ٥-٨٥٪، و من ٢٨-٣٣٪ من المطبخ و ٦- ٩ ٪ من غسالات الملابس و ٥- ٧ ٪ من المغاسل (Jamarh *et al.* 2008). كما قدرت المياه الرمادية في الكويت بحوالي٥٠ -٨٠ ٪ من المياه العادمة (Abusam, 2008). ويبلغ استهلاك الفرد من المياه في المملكة العربية السعودية نحو ٢٥٨ لتر/ يوم، ١٦ ٪ منها في الشرب والطبخ و٣٢ ٪ في صناديق الطرد المركزي والبقية في الغسيل والاستحمام والوضوء وغسالة الملابس و غسيل السيارات (وزارة الكهرباء والمياه،١٤٢٧ هـ). مما يعني حسابياً نحو ٥٢ ٪ يمكن أن تشكل مياه رمادية في المنزل السعودي، وهو ما يعادل ١٣٤ لتر / يوم/ فرد تنتج سواء من الغسيل والاستحمام أو من المطبخ أو من الوضوء.

خصائص و صفات المياه الرمادية

Characterisation of Greywater

تختلف خصائص و صفات المياه الرمادية ميكروبياً وكيميائياً وفيزيائياً من مكان لآخر ومن فترة لأخرى؛ نتيجة للنشاط الإنساني المتعدد سواء في المنزل أو مكان العمل أو الدراسة أو المسجد. كما أن فترة تجميع المياه الرمادية وتخزينها قد يؤثر في صفاتها. و بشكل عام، فإن أهم الخصائص التي تتأثر بها المياه الرمادية والتي جرى دراستها تشمل:

أولاً: الخواص الفيزيائية Physical properties

١- درجة الحرارة Temperature

تؤثر درجة الحرارة بشكل واضح على المياه الرمادية فعندما ترتفع درجة الحرارة في هذه النوعية من المياه، فإن ذلك يشجع النمو الميكروبي بشكل كبير وينتج عن ذلك أيضاً ترسيب لبعض المركبات مثل الكالسيت. Eriksson *et al.* (2002) ذكروا في دراستهم عن خصائص المياه الرمادية، أن ارتفاع درجة الحرارة ما بين ١٨-٣٨ م° الناتج من استخدام السخانات يسبب ظروفاً ملائمة لنمو الميكروبات وترسيب بعض المركبات مثل كربونات الكالسيوم الذي يقل ذوبانه عند ارتفاع درجة الحرارة، وأضافوا أن فصل الصيف

هو أكثر فصول السنة الذي تنمو فيه الميكروبات، حيث إن درجة الحرارة المرتفعة خصوصاً في المناطق الاستوائية تعمل كمحفز لإتمام التفاعلات بين مكونات المياه الرمادية ونمو ونشاط الميكروبات.

٢- فترة التخزين Storage Period

تؤثر فترة التخزين على نوعية المياه الرمادية فقد ذكر (Emmerson (1998 أنه يجب عدم تخزين المياه الرمادية لتجنب ظهور روائح كريهة و زيادة في أعداد الميكروبات. إن خصائص المياه الرمادية تتغير أثناء التخزين ويمكن أن تختلف كثيراً عن المياه الرمادية الحديثة التجميع. وهناك اختلاف في فترة التخزين المناسبة التي يمكن خلالها جمع المياه الرمادية من المصادر المختلفة، حيث وجد الباحثون (Dixon *et al.* 1999 b) أن تخزين المياه الرمادية لمدة ٢٤ ساعة يحسن من نوعية المياه الرمادية، ولكن تخزينها ٤٨ ساعة يمكن أن يسبب مشكلة خطيرة بسبب استنزاف الأكسجين المذاب في المياه. تمر المياه الرمادية تحت ظروف التخزين لفترات قصيرة بتغير جوهري في مكوناتها و تزداد أعداد الميكروبات بها بسرعة (Noah, 2001). كما ذكر مركز دراسات البيئة في الأردن (2003) أن محتوى المياه الرمادية من المادة العضوية يقل مع زيادة مدة التخزين؛ وذلك نتيجة تحليل الميكروبات لها، ويتبع ذلك زيادة في أعداد الميكروبات التي تتغذى على هذه المواد العضوية وتحللها. وأوضح (2008) Al-Hassan أن فترة التخزين للمياه الرمادية خلال ٤ أيام أدت إلى زيادة في أعداد الميكروبات الكلية، وكذلك في أعداد الفطريات بشكل كبير.

٣- اللون Colour

في الغالب لون هذه النوعية من المياه رمادياً، والسبب في تغير لونها المواد الداخلة في تركيبها، فقد ذكر (1998) Emmerson أن لون المياه الرمادية يتغير للرمادي في فترات تخزين قصيرة بسبب تفاعل مكوناتها مع بعضها البعض، وقد يختلف لونها في التدرج من اللون الشفاف خفيف التعكر إلى خفيف الاصفرار ثم الرمادي حسب مكوناتها، خصوصاً عند وجود دهانات أو مركبات ملونة، أو ما يصاحب الصابون والمنظفات من أصباغ (Al-Hassan, 2008).

٤- العكارة Turbidity

تعبر العكارة عن مدى التلوث للمياه، وهي دليل على إمكانية التلوث الميكروبي وزيادة العوالق في المياه. وقد وجد (1996) Christova-Boal *et al.* في قياسهم للعكارة للمياه الرمادية على مستوى المنزل، أن أعلى نسبة عكارة توجد في المياه الخارجة من غسالة الملابس لعائلة لها أنشطة خارجية كثيرة حيث تحتوي المياه الخارجة على طين ورمل وزيوليتات من المواد المنظفة. وأوضح (2001a, b &c) Casanova *et al.* أن مقدار العكارة في المياه الرمادية من منزل في ولاية أريزونا هو ٤٣ وحدة نفومترية NTU (Nephlemetric turbidity unit). وفي نفس السياق ذكر(2002) Eriksson *et al.* أن من العوامل الفيزيائية المهمة في المياه الرمادية العكارة، حيث إن بقايا الطعام والسوائل من المطبخ وجزيئات التربة والشعر والألياف من مياه الغسيل، أمثلة على مصادر مواد صلبة في المياه الرمادية المسببة للعكارة، وأن قياس العكارة يبين محتوى المياه من الجزيئات الصلبة والمواد الغروية. وقد وجدوا في البحث السابق

ذكره أن أعلى قيمة عكارة تأتي من غسالة الملابس تليها مياه المطبخ، حيث يتم غسيل الفواكه والخضراوات و المواد الغذائية الحاملة للطين والرمل، وبلغت درجة العكارة للمياه في حدود من ٣,١٠-٢٤٠ (NTU) والمياه الخارجة من الغسالات درجة عكارتها غالباً عالية، وتتراوح ما بين ٣٩-٢٩٦ (NTU) (Eriksson *et al.* 2002). وتعد المياه الرمادية آمنة للاستخدام في صناديق الطرد (السيفون) Toilet flushing وفي عمليات الري إذا كانت العكارة بها نحو أقل من ٢٠٠ وحدة نفومترية (NTU Dept. of Health, 2002).

ثانياً : الخواص الكيميائية Chemical properties

١ - الرقم الهيدروجيني pH

تغير الرقم الهيدروجيني للماء من الصفات الكيميائية المهمة للمياه الرمادية، حيث إن وسط المياه الرمادية غالباً قلوي، بسبب وجود المنظفات التي تحتوي على تركيز عال من عنصر الصوديوم، وهذه مشكلة قد تسبب قاعدية و تملحاً وانسداد مسام التربة، خاصة إذا كان تركيز الأملاح عالياً، كما قد تسبب انسداد الفلاتر التي تستخدم عند تنقية هذه المياه. وقد ذكر Casanova *et al.* (2001 a, b &c) أن قيمة الـ pH في المياه الرمادية من ولاية أريزونا كان في حدود ٤٧ ,٧. كما أضافوا أيضاً أن الـ pH للمياه الرمادية الخارجة من غسالة الملابس يتراوح ما بين ٨-١٠ نتيجة لاحتوائها على منظفات تحتوي على تركيز عال من عنصر الصوديوم، بينما المياه الرمادية من المصادر الأخرى يكون رقم الـ pH فيها غالباً ما بين ٥-٨ ,٥ (Al-Hassan, 2008 وEriksson *et al.*, 2002).

٢ - العناصر المعدنية Mineral elements

المياه الرمادية تحتوي على عناصر معدنية مختلفة، بعضها من العناصر المغذية للنبات، مثل النيتروجين والفسفور و الكالسيوم والبوتاسيوم، وبعض المغذيات الصغرى، مثل الحديد و النحاس والمنجنيز يمكن الاستفادة منها في ري النباتات. فقد ذكر Bennett (1995) أنه يوجد عناصر غذائية قيمة في المياه الرمادية مفيدة للنبات، مثل الفسفور و البوتاسيوم قد تقلل أو تغني عن استخدام الأسمدة المعدنية، وأوضح أنه على الرغم من أن الكلور سام للنبات، لكن وجوده في المياه الرمادية واستخدامها في الري لم يحدث مشكلة، ربما يعود السبب في ذلك لأن الكلور يختفي بسرعة، وقد يكون لوجوده فائدة في قتل الميكروبات ومنعها من التكاثر. كما بين Jeppesen (1996) إن منظفات الغسيل هي المصدر الأساسي للفسفور الموجود في المياه الرمادية، وذلك في البلاد التي لم تمنع المنظفات المحتوية على فسفور. ومن ناحية أخرى يمكن لكل ٣٥٦ لتر من المياه الرمادية أن ينتج عنها في اليوم ٤٥ جرام نيتروجين و٣ جرامات من الفسفور (Emmerson,1998). وقد حذر Ludwig (2000) من أن زيادة نسبة الصوديوم في المياه الرمادية قد يتسبب في تحويل التربة إلى القاعدية. وفي بحث آخر وجد Henze *et al.* (2001) أن تركيز الفسفور في المياه التي لا تحتوي على منظفات فسفورية يتراوح ما بين ٤-١٤ ملجم/ لتر. بينما وجد Eriksson *et al.* (2002) أن كمية (N&P) في المياه الرمادية يمكن أن تكون دليلاً على محتواها من المادة العضوية واحتمال وجود ميكروبات. وقد وجد Al-Hassan (2008) أن نسبة النتروجين في المياه الرمادية من مواقع مختلفة في

مدينة الرياض بلغت ما بين ١,١٣ و ٢,٩٦ ملجم/ لتر، والفسفور ما بين ٠,٤٣ و ٣,٩٨ ملجم / لتر و كان هناك الكثير من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات مثل Ca, Mg, K, Cu, Mn, Fe, B بكميات متفاوتة حسب مصدر المياه الرمادية وفصول السنة.

٣ – المعادن والفلزات الثقيلة Heavy metals

إن وجود المعادن والفلزات الثقيلة في المياه الرمادية، مثل (AL , Fe , Mn ,Cd , Cu , Pb , Hg , Zn , Ni , Cr) يدل على مدى تلوثها وعلى خطورة استخدامها إلا أن يتم التخلص من هذه الملوثات(Eriksson *et al.* 2002). ومعظم الأبحاث ركزت على بعض الفلزات، الثقيلة أو السامة التي ربما يشيع وجودها ضمن مكونات المياه الرمادية. فقد ذكر Bennett (1995) أنه يجب تجنب استخدام المنتجات المحتوية على فلزات مثل البورون الذي يعد عنصراً ساماً للنبات. ووصل إلى نفس النتيجة Bino (2004) حيث بين أنه من الخطورة وجود البورون في مستحضرات الغسيل والتبيض؛ وذلك خشية تراكمه وزيادة تركيزه في التربة عند إعادة الاستخدام للمياه في الري. وأيضاً حذر تقرير عن WHO (2006) من وجود البورون في المياه الرمادية؛ مما يشكل خطورة على سلامة التربة والنبات عند إعادة الاستخدام لهذه المياه في الري. Al-Hassan (2008) ذكر أن بعض العناصر الثقيلة موجودة في المياه الرمادية، مثل البورون والزنك والنحاس والزئبق والرصاص والنيكل الكادميوم، ولكنها غالباً منخفضة التركيز وأقل من أن تسبب تأثيراً ضاراً على النبات أو التربة في حال استخدام هذه النوعية من المياه للري.

٤– المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) والمتطلب الكيموحيوي للأكسجين (BOD).

إن قياس المتطلب الكيموحيوي للأوكسجين Biological Oxygen Demand (BOD) والمتطلب الكيميائي للأوكسجين Chemical Oxygen (COD) Demand يبين مدى احتواء هذه المياه من المواد العضوية. Santala *et al.* (1998) ذكروا أن المنظفات تساهم بنسبة ٦٠٪ من COD. بينما وجد (Casanova et al. (2001,b أن محتوى المياه الرمادية في أريزونا من BOD وصل إلى ٨٥،٦٤ ملجم/ لتر. و أوضح Eriksson *et al.*(2002) أن محتوى المياه الرمادية من BOD و COD يبين خطر استنزاف الأكسجين بسبب تحلل المواد العضوية أثناء النقل والتخزين للمياه الرمادية؛ وبذلك خطر إنتاج غاز الكبريتيد في تلك النوعية من المياه. والحدود القصوى من المعايير القياسية الخاصة بالمياه المعالجة المستخدمة لأغراض الري غير المقيد في المملكة العربية السعودية المسموح بها ١٠ ملجم/ لتر من BOD و ٥٠ ملجم/ لتر من COD (مصلحة المياه والصرف الصحي بمدينة الرياض، ١٤٢٢).

٥– المركبات الكيميائية العضوية Chemical organic compound

يختلف محتوى المياه الرمادية من المركبات الكيميائية العضوية من موقع لآخر حسب المنتجات الكيميائية والعضوية الداخلة في المياه الرمادية من أمثال المنظفات والمطهرات، ومساحيق التجميل، وصابون غسيل الجسم، و معجون الأسنان وغيرها من مستحضرات النظافة العامة. فقد ذكر Burrows *et al.* (1991) أن سلسلة طويلة من الأحماض الدهنية

من النوع C16-C18 نشأت من الصابون في المياه الرمادية. إن مياه الاستحمام تحتوي على الكثير من أنواع المنظفات والصابون والشامبو والعطور والمواد الحافظة والأصباغ ، كما أن مياه المطبخ تحتوي على اللبيدات (دهون وزيوت) شاهي وقهوة ونشاء مذاب و منتجات ألبان و جلوكوز وبقايا خضروات وفواكه، في حين أن المياه الخارجة من الغسالة (أيدي و ملابس) تحتوي على منظفات، و مواد عطرية، ومواد تبييض للغسيل . فقد وجد Eriksson *et al.* (2002) أن ٩٥٪ من إجمالي المركبات العضوية في المياه الرمادية تتكون من المنظفات، وأن هذه المركبات تتفاعل مع بعضها البعض لتنتج مركبات جديدة قد تكون ذات سلاسل طويلة يصعب تفكيكها وتحللها وربما تكون خطرة خصوصاً عند استخدامها في ري المزروعات. وفي الدنمارك تم حصر ٩٠٠ مركب عضوي وكيمائي محتمل وجودها في المياه الرمادية ناتجة عن الاستخدامات المنزلية المختلفة (Eriksson *et al.* 2002). كما أن إضافة المواد الكيميائية من المنظفات مثل الكلورين قد تبقى لفترة زمنية في المياه الرمادية (March *et al.*, 2002).

ثالثاً : الخواص الميكروبية Microbial properties

الصفات الميكروبية للمياه ذات أهمية خاصة، فهي الوسيلة الوحيدة حالياً للتعرف على مدى تلوث المياه، فعلى سبيل المثال تستخدم مجموعة بكتريا القولون البرازية (faecal coliforms groups) ، مثل بكتريا *Escherichia coli* دليلاً على تلوث المياه، كما تستخدم أيضاً بعض أنواع البكتريا الممرضة مثل بكتريا السالمونيلا *Salmonella*، أو الفيروسات الممرضة لمعرفة مدى التلوث في المياه. إن أعداد بكتريا القولون البرازية المقدرة تدل على درجة تلوث المياه الرمادية، ووجود نسبة عالية من هذه الميكروبات يعطي فرصة أكبر لإصابة الإنسان بالأمراض نتيجة التلامس مع المياه خلال عملية إعادة استخدمها، كما أن وجود أعداد حتى ولو كانت قليلة من هذه الميكروبات يعتبر دليلاً على تلوث هذه المياه. الميكروبات الموجودة في المياه الرمادية (بكتريا، فيروسات، بروتوزوا، ديدان معوية) الناتجة من المنزل قد تكون من إفرازات الجسم الخارجة من الإنسان من العرق و البول والفم والأنف والجلد، تخرج نتيجة غسل اليدين بعد استخدام التواليت أو غسيل الفم والأنف أو الاستحمام. ففي بحث عن المياه الرمادية ذكر Feachem, *et al.* (1980) أنه يوجد أثر للبول، وذكروا أنه لا توجد خطورة منه؛ لأنه معقم ولكن بعض العدوى قد تسبب مرور جراثيم مسببة للأمراض في البول مثل *Salmonella typhi* ، *Typhoid* *Schistosoma*. و قام Burrows, *et al.* (1991) بتحليل المياه الرمادية الناتجة من الدش من المواقع العسكرية للكشف عن بعض أنواع من الميكروبات الممرضة، مثل بكتريا *Candida albicans*، وبكتريا *Pseudomonas aeruginosa* ، وبكتريا *Staphylococcus aureus* ، وهذه الميكروبات توجد عادة بشكل طبيعي غير ضار في الفم والأنف والحنجرة والأسنان في الإنسان، ولم يجدوا أثراً لكل بكتريا *C .albicans* أو بكتريا *P. aeruginosa* . وخلال فترة سنة وبشكل شهري تم متابعة ثمانية أنظمة معالجة للمياه الرمادية في مدينة لوس أنجلوس للكشف عن البكتريا والميكروبات الممرضة والمكونات الكيميائية، وقد لاحظ الباحثون في هذه الدراسة عدم وجود

بكتريـا السالمونيلا *Salmonella*، أو الشجيلا *Shigella*، أو بكتريا *Entamoeba histolytica* في المياه الرمادية (City of LA, 1992). وفي دراسة أخرى قام (Sheikh, 1999) بالكشف عن ميكروبات *Shigella* و*Entamoeba histolytica* في المياه الرمادية ولم يوجد أي منها. كما تم البحث عن ميكروبات أخرى مثل *Campylobacter* sp.، *Giardia and. Salmonella ssp.* (Christova-Boal *et al.* 1996) ولم توجد في المياه الرمادية. إن احتمال أن تشتمل المياه الرمادية على فيروسات معوية أو بروتوزوا وربما ديدان طفيلية هو الأخطر على الإطلاق فقد أوضح Emmerson (1998) أن محتوى مياه المنزل تختلف حسب مصدرها في أعداد ونوعية الميكروبات فوجد أن المياه الخارجة من الدش تحتوي على ٦٠٠٠ خلية بكتيرية في كل ١٠٠ مل، وفي مياه الغسيل والشطف ما بين ٢٥-١٢٦ خلية لكل ١٠٠مل، وقد وجد نفس الباحث أن مياه الاستحمام الخارجة من الحمام تحتوي على بكتريا الكليفورم ما بين ١٧٠-٣٣٠٠ خلية/ ١٠٠ مل، وفي مياه مغسلة الأيدي ١١٠-١٠٩٠ خلية/ ١٠٠ مل مياه رمادية. وفي دراسة قام بها (2002) Albrechtsen في الدنمارك، حيث فحص أربعة نظم للمياه الرمادية جمعت من الأدشاش (Showers) ومغاسل الأيدي وجد بالإضافة إلى المشاكل المتعلقة بالرائحة، أن هناك زيادة في أعداد بكتريا *E .coli* ، و بكتريا *Enterococcus* في تلك المياه الرمادية. في أغلب الدراسات والأبحاث عن المياه الرمادية كان التركيز على وجود أو عدم وجود الميكروبات الممرضة أو الكشف عن مجموعة بكتريا القولون كدليل على التلوث، وفي القليل من الأبحاث تم تقدير الأعداد الميكروبية في هذه النوعية من المياه من ذلك ما وجده Eriksson *et al.*(2002) أن أعداد بكتريا *E .coli* في المياه الرمادية يتراوح ما بين $١,٣ \times ١٠^{٥}$ - $٢,٥ \times ١٠^{٨}$ خلية/ ١٠٠ مل مياه، كما وجدوا في نفس الدراسة أن أعداد *Thermotolerant* في حـدود $٩,٤ \times ١٠^{٤}$- $٣,٨ \times ١٠^{٨}$خلية/ ١٠٠ مل أما أعداد بكتريا *Streptococci* فكانت في حدود ١٥ ,٥x $١٠^{٣}$-$٥,٥ \times ١٠^{٨}$ خلية/ ١٠٠ مل ، كما وجدوا أن المياه الناتجة من غسالة الملابس محتوية على نحو من ٩×١٠^{٤}-$١,٦ \times ١٠^{٤}$ خلية/ ١٠٠ مل من بكتريا *E .coli*، ومجموع بكتريا القولون (الكوليفورم) فيها في حدود $٦,٥ \times ١٠^{٥}$-$٨,٩ \times ١٠^{٥}$ خلية/ ١٠٠ مل بينما كانت أعداد بكتريا *Streptococci* ١×١٠^{٦}-$١,٣ \times ١٠^{٦}$ خلية/ ١٠٠مل. و فحص (a 2001) Cusanova *et al*. على مدى سبعة أشهر المياه الرمادية للأعداد الكلية لبكتريا القولون *Total Coliforms* ، و *Faecal Coliforms* وبكتريا ستربتوكوكي *Streptococci* وبكتريا ستافلوكوكس أريس *Staphylococcus aureus* و بكتريا سيدموناس أيرجينوس *Pseudomones aeruginosa* والكوليفاج *Coliphages*، حيث وجدوا أن الأعداد الكلية لبكتريا القولون بلغت $٨,٠٣ \times ١٠^{٧}$خلية/ ١٠٠ مل وFaecal Coliforms $٥,٦٣ \times ١٠^{٥}$ خلية/ ١٠٠ مل من المياه، وأعداد *Streptococc* بلغ $٢,٣٨ \times ١٠^{٢}$خلية/ ١٠٠ مل وأعـــــــداد *Pseudomones aeruginosa* وصـــل إلى × $١٠١,٩٩^{٤}$ خلية/ ١٠٠ مل بينما لم يكن هناك وجود لبقية الميكروبات الممرضة في المياه تحت الدراسة. و في الأردن ذكر (2004) Bino أن المسبب الرئيس للتلوث يكمن في الميكروبات الممرضة والمادة العضوية، حيث وجد في بحثه عن إجمالي الكائنات المسببة للأمراض

أن أعداد الميكروبات ازداد خلال ٤٨ ساعة من ١٠ – ١٠^٥خلية / ١٠٠مل في المياه الرمادية المخزنة من مختلف المصادر. وفي دراسة على المياه الرمادية من مصادر مختلفة في مدينة الرياض، فإن مجموعة كبيرة من الميكروبات أمكن الكشف عن وجودها في تلك المياه، و ذلك يعتمد على مكان أخذ العينة (مسجد، فندق، مجمع سكني، مطبخ أحد المنازل) والنشاط الإنساني الممارس في ذلك المكان وفصول السنة المختلفة، حيث وجد Al-Hassan (2008) أن الأعداد الكلية للميكروبات في المياه الرمادية خلال فصول السنة سجلت أعلى القيم خلال فصل الربيع، حيث وصلت مجموع الأعداد في جميع مواقع الدراسة ٦,٥ × ١٠^٦خلية/ مل وكانت أقل الأعداد في فصل الخريف فلم تزد الأعداد في مجموعها عن٩٤ ,١× ١٠^٦ خلية/ مل، كما وجد أيضاً أن أعداد الفطريات الكلية في المياه الرمادية بلغت أقصاها في فصل الربيع وكان مجموع أعداد الفطريات خلال هذا الفصل في جميع المواقع نحو ما يقارب من ٢٩٦,٨ × ١٠^٣ خلية/ مل وبين أن أعداد بكتريا *Staphylococcus aureus* قليلة في معظم عينات المياه الرمادية، حيث سجلت الأعداد ٢٦٥٣,٥ خلية/ مل، وارتفعت أعداد بكتريا السيدوموناس *Pseudomonas* في المواقع المختلفة، فقد وصلت الأعداد لأكثر من ٧,٧ × ١٠^٦ خلية / مل، وهذه الأعداد تعتبر مرتفعة، وتدل على أن المياه ملوثة. وفي نفس البحث وصلت أعداد بكتريا القولون *Coliform bacteria* أقصاها في فصل الربيع ٩٨ ,١ × ١٠^٥ خلية/ مل في مجموع مواقع الدراسة، ويعتبر هذا العدد مرتفعاً جداً، ويدل علي تلوث خطير لهذه المياه الرمادية بالمخلفات. وعلي الجانب الآخر، أظهرت النتائج أيضاً وجود بكتريا السالمونيلا والشيجلا *Salmonella* و *Shigella* في عينات المياه الرمادية، في المواقع المختلفة تحت الدراسة، حيث وصـــلت لما يقارب ٣,٩١ × ١٠^٦ خلية/ مـــل و ٣,٩٣ × ١٠^٦ خلية/ مل على التوالي. و بينت نفس الدراسة أن أعداد بكتريا *Streptococcus faecalis* في المياه الرمادية للمواقع سابقة الذكر بلغت نحو ١٦١,٦خلية/ مل. و يعتقد كثير من الباحثين في مجال المياه أن من أشهر أنواع البكتريا الممرضة التي قد توجد في المياه الرمادية الأنواع التالية :

Faecal coliforms ; Pseudomonas typhi ; Streptococcus bovis; Vibrio cholerae:

كما أن من أشهر أنواع البروتوزوا الممرضة التي يمكن أن توجد في المياه الرمادية الأنواع التالية:

Balantidium coli ; Entamoeba histolytica ; Giardia lambia.

أما من حيث الطفيليات فيحتمل وجود الأنواع التالية:

Ascaris Lumbricoides ; Fasciola hepatica ; Heterophyes Heterophyes.. ومن الفيروسات يحتمل وجود الأنواع التالية:

Echoviruses ; Hepatitis A ; H.E Virus H.F.Virus , Rotavirus

WHO, 1989; Mara and Feachem, 1999; Stenstrom, *et al.* 1980; Stenstrom, 1996).

معالجة المياه الرمادية Treatment of greywater

على الرغم من أن محتوى المياه الرمادية أقل في الملوثات الميكروبية والكيماوية والعضوية مقارنة بمياه

الصرف الصحي (المياه السوداء)، إلا أنها لا تزال ذات خطورة، وتحتاج إلى معالجة بدرجة تعتمد على مدى تلوثها. إن عملية معالجة المياه الرمادية تعتمد أساساً على النشاط الذي سوف تستخدم فيه هذه المياه بعد معالجتها (Lesiker *et al.* 1998). وقد أوصت منظمة الصحة العالمية (WHO, 2006) أن من الأفضل معالجة المياه الرمادية قبل الاستخدام للأسباب التالية:

١ – للتخلص من المواد الضارة بصحة الإنسان.
٢ – للتخلص من المواد الضارة بنمو النبات.
٣ – للتخلص من المواد الضارة بالبيئة.
٤ – للتخلص من المواد التي قد تسبب انسداد نظم الري.

هناك العديد من الطرق المستخدمة لمعالجة المياه الرمادية تتراوح ما بين طرق تقليدية بسيطة (معالجة ابتدائية)، حيث يفصل فيها المواد الصلبة والزيت والشحم قبل الاستخدام، وطرق أكثر تطوراً (معالجة ثانوية)، حيث معاملة المياه الرمادية ومعالجتها وتطهيرها بدرجة عالية لتناسب الري بالرش والتنقيط أو للاستخدام في صناديق الطرد (السيفون)، وتحتوي بعض أنظمة المعالجة على المرحلة الثلاثية، والتي تتمثل في تمرير المياه على فلاتر رملية أو كربونية، و من الأمثلة على معالجة المياه الرمادية التي تشمل الثلاث مراحل ما قام به برناط (١٩٩٨) عن طريق جمعية التنمية الزراعية في فلسطين بمعالجة المياه الرمادية عن طريق إمرار المياه الرمادية الخارجة من المنزل (المغاسل، المطبخ، الدش، الغسالة) عبر أنابيب إلى حوض تجميع وتخمير وترسيب للمواد العالقة الصلبة وفصل الدهون والشحوم من الماء، وتنشيط البكتريا التي بدورها تختزل الكبريت لتفكيك العديد من المركبات الكيميائية، مثل مساحيق التنظيف والجلي، ثم تمرر المياه من خلال فلتر هوائي عكس الجاذبية الأرضية يحتوي حصى صغيرة بأحجام مختلفة تنمو عليها الميكروبات لتتغذى على المادة العضوية و تفرز مواد تفكك المركبات العضوية، والكيميائية. بعد ذلك تمرر المياه على فلتر رملي هوائي متعدد الطبقات من حصى ورمل وفحم؛ لإزالة العوالق وامتصاص الروائح والألوان، ثم تجمع المياه في خزان تروى بها المزروعات. وفي الأردن قام Bino (2004) بمعالجة المياه الرمادية عن طريق براميل متتالية بطريقتين، الطريقة الأولى يتم فيها من خلال البرميل الأول تجميع المياه وفصل الدهون وترسيب المواد الصلبة العالقة، وفي البرميل الثاني (الذي يحوي حصى بسمك ٢–٣سم) تنقى المياه من العوالق وتنمو على الحصى البكتريا التي بدورها تحلل المادة العضوية ومثله في البرميل الثالث، وفي البرميل الرابع يتم تخزين المياه وضخها للري. والطريقة الثانية تتم بوضع برميلين بينهما خندق محفور طوله ٣م وبعرض ١م وعمق ١م يبطن بطبقه من البولي اثيلين سماكة٤٠٠–٥٠٠ ملـم مملؤ بحصى ورمل طمي، وتدخل المياه الرمادية إلى البرميل الأول ويتم فيه فصل الدهون والشحوم وترسيب المواد الصلبة العالقة وتنتقل للخندق الذي بدوره يقوم بفلترة المياه من العوالق والمواد الصلبة، وتنمو فيه البكتريا على الحصى، حيث تتغذى على المادة العضوية وتحللها، وبعد ذلك تنتقل المياه عبر ثقوب إلى البرميل الآخر للتجميع ثم تستخدم في الري. وقد يضاف إلى المرحلة الثلاثية تقنيات أعلى تتمثل في أنظمة فصل عالية التكاليف وذات تقنية عالية مثل استخدام

أنظمة الفصل بالتناضح العكسي أو الفلاتر الأسموزية؛ مما سوف يزيد من تكاليف معالجة المياه الرمادية.

إعادة استخدام المياه الرمادية Greywater Reuse

استخدمت المياه الرمادية في كاليفورنيا في السبعينات للري لخفض استهلاك المياه البلدية (Bennett, 1995)، كما استخدمت المياه الرمادية في العديد من الولايات المتحدة الأمريكية تجاوزت ٢٤ ولاية من أهمها أركنساس، كولورداو، فلوريدا، ميرلاندا، ميتشجان، مينيسوتا، ميسوري، نديانا، لوزيانا، الميسيسبي، تكساس، نيفادا، واشنطن (Casanova *et al.*, 2001 a, b & c; City of Los Angeles, 1992; Lesiker *et al.*, 1998; March *et al.*, 2002;). كما استخدمت عدة دول أخرى من العالم المياه الرمادية مثل: ألمانيا، قبرص، بريطانيا، ، الدنمارك، السويد، اليابان، أستراليا، تونس، الأردن ، فلسطين، الكويت، لبنان، و سلطنة عمان (Ridderstolpe, 2004; Helena and Hanaeus, 2006; Bino, 2004; Lesjean, and Gnirss, 2006 ; Jamrah, *et al.*, 2008) .

حيث استخدمت هذه الدول المياه الرمادية لتلافي مشكلة نقص المياه وارتفاع تكاليف إنتاجها، ولتقليل هدر المياه والاستفادة منها في ظل زيادة النمو السكاني. إن استخدام المياه الرمادية المعالجة يعتبر وسيلة فاعلة لترشيد المياه العذبة خاصة أنه مصدر مائي يزيد بزيادة السكان، واختياره وإعادة استخدامه يقلل من الضغط على مصادر المياه الطبيعية كما يقلل الضغط على قنوات صرف المجاري ومحطات المعالجة (برناط، ١٩٩٨ و مركز دراسات البيئة المبنية، ٢٠٠٣). وتستخدم اليوم المياه الرمادية في مجالات كثيرة، منها ري الحدائق العامة، والمنتزهات، ومقرات الجامعات، والملاعب الرياضية، والحدائق المنزلية والغابات، وغسيل السيارات، وغسيل النوافذ، ومياه الغلايات، وإنتاج الخرسانة وإطفاء الحرائق والتكييف والتبريد وغيرها من الاستخدامات المتعددة (Okun,1997, Santala *et al.*, 1998)؛ ولذلك فإن إعادة استخدام المياه الرمادية آخذ في الازدياد في كثير من بلدان العالم. الولايات المتحدة الأمريكية تسمح في بعض ولاياتها باستخدام المياه الرمادية في ري أشجار الظل وأشجار الزينة تحت شروط معينة (Arizona, 2001). كما تستخدم المياه الرمادية في الري في أستراليا بعد معالجتها للتخلص من الميكروبات الممرضة (Jeppesen and Solley, 1994 Anda and Matthew, 1997). وفي اليابان فإن إعادة استخدام المياه الرمادية لخزانات الطرد إجباري في البنايات التي تستهلك أكثر من ١٠٠ م^{٣} من المياه يومياً (Hanson, 1997). وفي قبرص تدعم الدولة من يرغب في تركيب نظام لإعادة استخدام المياه الرمادية في ري الحدائق المنزلية أو في خزانات الطرد بالمراحيض (Kambabellas, 1999). كما يعاد استخدام المياه الرمادية في المملكة المتحدة البريطانية في خزانات الطرد (Leggett *et al.*, 2001). إن تقبل المجتمع لاستخدام مثل هذه النوعية من المياه في ري الحدائق المنزلية و عمليات الغسيل للممرات والشوارع وغيرها من الاستخدامات يحتاج إلى مجهود كبير، خاصة أنه يستلزم فصلاً في أعمال السباكة المنزلية فعلى سبيل المثال، في سلطنة عمان وافق ٨٧٪ في سكن جامعة سلطان قابوس على فصل نظام السباكة للمنازل والاستفادة من المياه الرمادية، بينما رفض هذه الفكرة تماماً ٨ ٪ خوفاً من الأمراض المعدية. وفي نفس السياق

تقبل ٧٦ ٪ من السكان استخدام المياه الرمادية في ري الحدائق و٥٣ ٪ لاستخدامها في غسيل السيارات و ٦٦٪ لاستخدامها في صناديق الطرد (السيفون) Toilet flushing (Jamarh *et al.*, 2008). وحالياً هناك محاولات للاستفادة من المياه الرمادية وإعادة استخدامها في بعض المنشآت بالمملكة العربية السعودية، مثل تجربة شركة مكة للإنشاء والتعمير، وبعض الفنادق والمستشفيات والمساجد، ولكن لا زالت هذه التجارب في مراحلها الأولية، ويقتصر الاستخدام لهذا النوع من المياه في الاستفادة منها في صناديق الطرد (السيفون) بعد معالجتها (مركز فقيه للأبحاث والتطوير،١٩٩٧ Al-Jasser, 2005 , Al-Hassan, 2008).

استخدام المياه الرمادية المعالجة في الزراعة

Greywater Reuse in Agriculture

إن استخدام المياه الرمادية للري بدون قيود قد يسبب مشاكل كبيرة سواءً للنبات أو التربة، فعلى الرغم من احتواء المياه الرمادية على عناصر غذائية مثل النتروجين و الفوسفور إلا أنها في نفس الوقت تحتوي على مواد كيميائية ضارة بنمو النبات مثل الصودا والصوديوم والبورون والكلوريدات والبيروكسيدات والكلورين، الموجودة في معظم مستحضرات الغسيل والتبييض (Soap, Bleach and Detergent) فعلى سبيل المثال، الصودا قد تسبب حرقاً للأوراق النباتية أما زيادة نسبة الصوديوم، فقد تسبب عدم تيسر الكالسيوم للنبات. وكذلك تزيد من احتمالية تحول التربة إلى القاعدية (Ludwig, 2000)؛ ولهذا يفضل عند استخدام المياه الرمادية للري متابعة نمو النبات ومراقبة الأعراض التي قد تظهر عليه مع عدم الري بهذه النوعية من المياه عند إنتاج السيلاج أو الأعلاف (WHO, 2006). واستخدام المياه الرمادية سواءً المعاملة بشكل أولي أو بشكل ثانوي ربما يكون أكثر فائدة في مشاريع الإسكان والمدارس والجامعات والفنادق والمجمعات التجارية الكبيرة والمساجد التي يمكن أن يجمع منها كمية كبيرة من المياه الرمادية واستخدامها مباشرة في تلك المجمعات وبشكل يومي.

تأثير استخدام المياه الرمادية في الري على النباتات

Greywater Reuse Effect on Plants

يعتمد استخدام المياه الرمادية في الري الزراعي على جودتها وصفاتها الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية، فعند استخدامها في ري النباتات يجب ألا تحتوي هذه النوعية من المياه على مواد كيميائية ضارة، مثل الدهانات والمذيبات الكيميائية (مركز الدراسات البيئية، ٢٠٠٣). كما أن وجود الصوديوم ضمن تركيب معظم أنواع الصابون ومواد التنظيف قد يسبب قاعدية التربة ويمنع بالتالي، الكالسيوم من التيسر للنبات (Bennett *et al.*, 2002)، بالإضافة إلى الحذر من زيادة تركيز البورون والكلوريدات، فزيادة تركيز البورون عن ٢ ملجم/ لتر يسبب حرق أوراق النباتات وانكماشها وسقوطها المبكر وبالتالي بطء نمو النبات (Bennett *et al.*, 2002). أما معظم أنواع صابون الأيدي وصابون غسيل الصحون والشامبو فيبدو أنها لا تلحق ضرراً كبيراً بالنبات (Ludwing, 1994 & 1995). والري لفترة طويلة بالمياه الرمادية يضر بالنباتات بشكل عام، ولهذا يفضل مراقبة النباتات والتوقف عن استعمال

المياه الرمادية للري في حال ظهور أعراض سلبية، مثل احتراق الأوراق أو حوافها أو اصفرار النبات. ويفضل أن يتم الري بالتناوب بين المياه العذبة والمياه الرمادية (مركز الدراسات البيئية، ٢٠٠٣). وينصح باستخدام الري بالمياه الرمادية للنباتات المكتملة النمو، وعدم ري الشتلات أو البذور أو الخضروات الورقية ومحاصيل الأعلاف بالمياه الرمادية (WHO, 2006). إن المياه الرمادية مناسبة جداً لري الكثير من الأشجار مكتملة النمو ونباتات الزينة، وخاصة تلك الأنواع التي تتحمل الملوحة والقاعدية وزيادة نسبة الصوديوم في التربة. ويفضل غالباً استخدام نظام الري بالتنقيط أو الغمر مع تحاشي أنظمة الري الأخرى وخاصة الري بالرش. ومن أنسب النباتات التي يمكن ريها بالمياه الرمادية أشجار الأكاسيا *Acacia cyanophlla* ، وأشجار الخروب *Ceratonia siliqua*، وأشجار السرو العمودي *Cupressus sempervirens* وأشجار الكينيا *Eucalyptus camaldulensis* وأشجار الآثل *Tarmarix aphylla*، وأشجار السدر *Ziziphus spina-christi* وأشجار نخيل التمر *Phoenix dactylifera* ونخيل الوشنتونيا *Washingtonia filifera* وأشجار الزيتون *Olea europaea* وأشجار الرمان *Punica granatum*، ومن أشجار الزينة شجرة الريحان Myrtus communis و أشجار الدودونيا الحمراء *Dodonaea viscose* و الدفلة *Nerium oleander* (مركز الدراسات البيئية، ٢٠٠٣).

تأثير المياه الرمادية على التربة

Greywater Reuse Effect on Soils

إن استمرار الري بالمياه الرمادية قد يسبب زيادة ملحوظة في ملوحة التربة وقاعديتها، ومن المحتمل أن يؤدي ذلك إلى إضعاف قدرة التربة على حفظ الماء وامتصاصه (مركز الدراسات البيئية، ٢٠٠٣). و من المهم ألا تزيد قيمة الصوديوم في المياه الرمادية عن ٢٠٧ ملجم/ لتر، حتى لا تسبب زيادة الصوديوم مشاكل للتربة (Bennett *et al.*, 2002). وقد دلت بعض الأبحاث أن المياه الرمادية وخاصة الناتجة من مساحيق الغسيل تحتوي على تركيزات عالية من البورون السام للنبات وبعض المواد السطحية النشطة (Surfactants) والتي قد تؤثر سلباً على بعض خواص التربة على المدى البعيد (Gross *et al.*, 2005 &2008). و قوام التربة ذو أهمية خاصة، فنجد أن التربة الرملية أفضل في حال استخدام الري بالمياه الرمادية عن التربة الطينية، حيث من السهل تصريف كميات كبيرة من المياه بسرعة أكبر(WHO, 2006).

العائد من استخدام المياه الرمادية ومعوقات الأستخدام

Potential and Difficulty of Greywater Reuse

استخدام المياه الرمادية ذو فائدة كبيرة خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تحتاج إلى إدارة للمياه و توفير ما تستطيع منها للشرب والاستخدامات البشرية. فكمية المياه العذبة المتوفرة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على سبيل المثال تساوي تقريباً ١٢٠٠ م ٣/ فرد/ سنة بينما المتوسط العالمي يساوي ٧٠٠ م ٣ / فرد/ سنة ومن المتوقع أن تنخفض هذه المياه العذبة في الشرق

الأوسط وشمال أفريقيا إلى النصف في عام ٢٠٥٠ م مع زيادة السكان (World bank, 2008). وقد استخدمت كثيراً من بلدان العالم المياه الرمادية للتوفير من تكاليف الاحتياج للمياه العذبة فعلى سبيل المثال، ذكر Emmerson (1998) أن استخدام المياه الرمادية في صناديق الطرد يقلل بنسبة ٢٠ – ٣٠ ٪ من الاحتياج المنزلي للمياه العذبة، كما وجد أن استخدام هذه النوعية من المياه في ري الحدائق المنزلية يوفر ٣٨ ٪ من مياه الشرب. أما Jeppesen (1996) فقد وجد أن استخدام المياه الرمادية لصناديق الطرد (السيفون) Toilet flushing، أو في ري الحدائق المنزلية في أستراليا وفر ما بين ٣٠ – ٥٠ ٪ من احتياجات المنزل للمياه. كما جاء في دراسة لمركز فقيه للأبحاث والتطوير (١٩٩٧)، أنه يمكن باستخدام تقنية معالجة المياه لإعادة استخدامها في صناديق الطرد (السيفون) أو في الري توفير ٤٦٪ من استهلاك المياه في فيلا يسكنها ٦ أشخاص بمكة المكرمة. كما ذكر Sheikh (1999) أن استخدام المياه الرمادية في صناديق الطرد قد وفر ما بين ١٢ – ٦٥ ٪ من المياه العذبة في لوس أنجلوس، بينما عندما استخدمت المياه الرمادية في ري الحدائق المنزلية فإن التوفير في المياه العذبة وصل إلى ٥٠ ٪ في المنزل الواحد. ومن الناحية الاقتصادية، فإن Kinght *et al.* (2003) وجدوا أن استخدام المياه الرمادية في مدينة سدني بأستراليا يوفر نحو ٧٠ مليون دولار استرالي سنوياً.

وعلى الرغم من الفوائد الكثيرة التي يمكن أن تعود بالنفع على المجتمع من استخدام المياه الرمادية إلا أن هناك بعض المعوقات التي قد تسهم في إعادة التفكير عند استعمال هذه النوعية من المياه لعل أبرزها عدم الفصل في أنابيب الصرف الصحي في أغلب المنشآت وذلك للتكاليف العالية، وعدم وجود أماكن لتخزين ومعاملة المياه الرمادية لحين الاستخدام، وإن وجدت فهناك مشاكل بالغة في صيانتها وتشغيلها بالشكل المناسب. وهناك أيضاً تخوف عند فصل المياه الرمادية من عدم كفاية المياه العادمة المتبقية (السوداء) لاتمام عملية التدفق في أنابيب الصرف الصحي مما سيشكل بؤرة للروائح وربما للخطر الصحي على السكان (مركز الدراسات البيئية، ٢٠٠٣). كما أن عدم وجود خبرة كافية للتعامل مع المياه الرمادية وعدم وضوح الأنظمة والقوانين المحددة للاستعمال يحد كثيراً من استخدام هذه المياه والاستفادة منها بالشكل المطلوب.

الخلاصة والتوصيات

Conclusions and recommendations

يتضح من دراستنا الحالية أنه من الممكن استخدام المياه الرمادية في مجالات مختلفة، مثل صناديق الطرد بالمراحيض (السيفون Toilet Flishing) أو ري الحدائق المنزلية الصغيرة أو غسيل الشوارع وري الأشجار في الحدائق العامة وعلى جوانب الطرق، إذا كانت ذات مواصفات مناسبة لهذه الاستخدامات. قد لا تكون الصفات الكيميائية لهذه المياه عائقاً كبيراً أمام هذا الاستخدام، ولكن هناك خطورة من استخدامها مباشرة بواسطة الإنسان حيث إن صفاتها الميكروبية بينت وجود بعض من الميكروبات الممرضة؛ ولهذا يفضل عدم إعادة استخدام المياه الرمادية إلا بعد التأكد من معالجتها بيولوجياً و التخلص من تلك الممرضات. وفي نفس الوقت، يجب عدم إعادة استخدامها حتى بعد المعالجة والتطهير من الممرضات لري النباتات المأكولة

مباشرة، مثل الخضروات الورقية أو أعلاف الحيوانات، كما يحبذ في حالة ري التربة بمياه رمادية سواءً المعالجة أو غير المعالجة متابعة ملوحة وقلوية التربة بين فترة وأخرى خشية من زيادة تركيز الأملاح؛ مما قد يحدث تملحاً أو قلوية للتربة أو يسبب تدهور لصفات التربة ويؤثر بالتالي على نمو النباتات، كما يجب متابعة ما قد يحدث من تغير على النباتات فقد يكون نتيجة لسمية بعض المكونات الكيميائية للمياه الرمادية. ويجب الانتباه إلى عدم المبالغة في إعادة استخدام المياه الرمادية في ري النباتات حيث إن المحتوى العالي من الصوديوم ربما يسبب مشاكل قلوية للتربة. كما يجب التركيز بشكل كبير على أثر تركيز البورون على التربة ونمو النبات. هذا ومن الواجب على المختصين استمرار الدراسات في مجال إعادة استخدام المياه الرمادية ووضع معايير علمية يمكن على أساسها تصنيف المياه الرمادية بشكل أكثر دقة والتعرف على أفضل السبل لإعادة استخدامها. ويفضل أن تكون الدراسات تطبيقية على تأثيرها على التربة والنبات والبيئة في المملكة العربية السعودية، كما يجب أن نبحث عن أفضل السبل وأبسطها تكلفة لمعالجة المياه الرمادية والتخلص من الملوثات المختلفة الموجدة ضمن مكوناتها، وكذلك البحث عن أعلى كفاءة استخدام لهذه المياه.

المراجع References

المراجع العربية

برناط، جمال ."إدارة المخلفات السائلة المنزلية في الريف، مصدر جديد لمياه الري و طريقة آمنة واقتصادية للتخلص من المياه العادمة" *جمعية التنمية الزراعية* (الإغاثة الزراعية) فلسطين. ١٩٩٨م

وزارة الكهرباء والمياه. «*الحملة الترشيدية الرابعة للترشيد في استهلاك المياه*». ١٤٢٧هـ

مصلحة المياه والصرف الصحي. « لائحة الاشتراطات الفنية لا*ستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في تشجير وري المزروعات البلدية*». الرياض. ١٤٢٢ هـ.

الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. *مجلة تطوير*، العدد ٦١ (١٤٣١ هـ)، ٣١ .

مركز دراسات البيئة المبنية. "إعادة استخدام المياه الرمادية في بلدان مختلفة و إمكانية تطبيقها في الأردن". *برنامج تعزيز الإنتاجية الاقتصادية والاجتماعية في وزارة التخطيط*، المملكة الأردنية الهاشمية. ١٤٢٧هـ

مركز فقيه للأبحاث والتطوير. «إعادة استخدام المياه، أسلوب فعال للتغلب على نقص المياه وترشيدها بالمملكة العربية السعودية». *تجربة شركة مكة للإنشاء والتعمير*.١٩٩٧ م.

المراجع الأجنبية

Abusam, A. " Reuse of greywater in Kuwait". *International Journal of Environmental Studies*, 65, (2008),103-108.

Albrechtsen, H.J. "Microbiological investigations of rainwater and gray water collected for toilet flushing". Water Science and Technology, 46, (2002), 311-316.

Al-Hassan, H. M., "Microbiological and Chemical Properties of Graywater in Riyadh City". MSc. Thesis, Soil Science Dept. Food and Agricultural Sciences College, King Saud University. 2008.

AL-Jasser, A.O. Future of Gray Water Reuse in Saudi Arabia" Proceedings of the 15th International Conference on Environmental protection in Must, Alexandira, Eygept, 3-5 May. 2005

Al Jayyousi, O. "Focused Environment of Grey Water Ruses in Jordan". Environmental Engineering and Policy.(2002), 3, 67.

City of Los Angeles, Office of Water Reclamation (CLA, OWR. "*Gray Water Piolt Project: Mid-Course: Report*". Los Angeles, CA, USA. 1992.

Department of Health. "*Guidelines for the Reuse of Greywater in Western Australia*". Australian Government, Sydaney, Australia. 2002.

Dixon, A. M., Butler, D., And Fewkes, A.."*Guidelines for Greywater Reuse: Health Issues*".J.CIWEM, 13, (1999a), 322-326.

Dixon, A., Bulter, D., Fewkes, A., and Robinson, M. "Measurement and modelling of quality changes in stored untreated graywater" .Urban water, 1, (1999 b), 293-306.

Emmerson, G. "Every drops precious: graywater as an alternative water source". Queensland parliamentary Library Research Bulletin NO. 4/98, 1998.

Eriksson, E ., Auffarth,K ., Heneze ,M . ,and Ledin,A "Characteristics of grey wastewater" . Urban Water,. 4, (2002), 85-104

Feachem ,R.G., Bradley,D.j., Garelick ,H,. and Mara ,D. D. «Appropriate technology for water supply and sanitation. Health aspects of excreta and sullage management». Astate of the art review. vol.3. (1980), 16-21..

Foster k.E. and Decook K.J. "Impacts of residential water reuse in the Tucson area" .Wat. resource. Bull. 22, (1986), 753-757.

Gunther,F. "Wastewater treatment by greywater paration: Outline for a biologically based greywater purification plant in sweeden" . Ecological engineering. 15,(2000), 139-146.

Gross , A. , Azubi , N., Oran , G, Ronen , Z, Arnold , M and Nejdat , A. Environmental impact and health risks associated with grey water irrigation a case study . Water Sci. Technol . 52, (2005) , 61-169.

Gross, A., wiel-Shafran, A., Bondarenko, N. and Ronen, Z. "Reliability of small scale greywater treatment systems and the impact of its effluent on soil properties". The International J. of Environmental Studies, 65, (2008), 41-50.

Hanson, L. "Environmentally Friendly Systems and Products. Water Saving Devices". Brackenell: BSRIA, Department of Environment, Transport and the Regions, 1997.

Helena, A. and Hanaeus, J. "Organic hazardous substances in graywater from Swedish household". J. Environmental Engineering. 132, (2006), 901-908

Al-Jayyousi , O.R. " Greywater reuse : Towards sustainable water management. Desalination ". 156, (2003), 181-192 .

Anda, M. Ho.G. and matthew, K. "Graywater Reuse: Some options for Western Australia. Perth and Bridgetown, Western Australia". Permaculture Association of Western Australia and Authors Reports, (1997),130.

Arizona Department of Enivirinmental Quality. "Tips and Tools: Leek Detection: graywater re-use". Tucson, AZ. Arizona Board of Regents., Ariz. USA. 2001.

Beavers,P. "Greywater: An alternative water source", Effluent Reuse and Alternative Treatment Seminar, Townsville**.** 1995

Bennett, D. "Graywater, an option for houshold water reuse". Home Energy, 10, (1995), 33-38.

Bennett, R., Whitney, A., Carvajal A. C. and Prillwitz, M. "Monitoring Graywater Use: Three Case Studies in California. Santa Barbra,CA". Oasis Design. 2002

Birks, R. Colboume, J. Hills, S and Hobson, R. "Microbialogical water quality in large building recycling facility". Water Science and Technology. 50, (2004), 391-397.

Bino, Murad. "Waste water mangment - Greywater treatment and reuse in home gardens in Jordan". 2004. IDRC., project No. 101536

Burrows, W.D., Schmidt, M.O., Carnevale, R.M. and Schaub, S.A. "Nonpotbale reuse: Development of health criteria and technologies for shower water recycle". Water Science Technology, 24, (1991), 81-88.

Casanova, L.M, Gebra, C.P. and Karpiscake, M.
"Chemical and microbial characterization of household gray Water". J. Enviromental Science and Health. 1, (2001a), 293 – 306 .

Casanova, L. M. Gerba, C. P. and Karpiscak, M.
«Chemical and microbial characterization of household gray Water». Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous substance and Environmental Engineering, 36, (2001 b), 395-401.

Casnova, L.M., Little, V., Frye, R.J. and Gerba C.P.
«A survey of the Microbial Quality of Recycled household gray water». Journal of the American Water Resources
Association. 37, (2001c), 1313-1320.

Christova – Boal, D, Eden, R.E. and Mcfralane, S. "An investigation into grey water reuse for urban residential properties". Desalination.106, (1996), 391-397

Lesjean, B and Gnirss, R. "Grey water treatment with a membrane bioreactoe operated at low SRT and low HRT". Desalination. 199, (2006), 432-434.

Lopez Zavala, M.A., Funamitsu, N. and Takakuwa, T. "Onsite wastewater differential treatment system: A modeling approach". Wat. Sci. Tech. 46, (2002), 317-324.

Ludwig, A. "Create an Oasis with Greywater". Senta Barbara: Oasis Design. 1994.

Ludwig, A. "Builders Greywater Guide". Senta Barbara: Oasis Design. 1995.

Ludwig, A. "Creat an oasis with greywater". Santa Barbara, Oasis Design. 2000.

Mahmood , U. F. "Graywater recycling" In : *Water Resources Development and Management* . Al-Rashed , Sish and Sherif (eds) , Swets and Zeitilivger lisse . (2000).83-93 .

Mara , D. D . and Feachem , R. G. "Water and excreta related diseases : Unitary environmental classification". J. of Environmental Engineering. 125, (1999), 334- 339.

March, J.G. Gual, M. and Simonet, B.M. "Determenation of residual chlorine in graywater using O-tolidine". Talanta. 58, (2002), 995 – 1001 .

Marshall, G. "Greywater Re-use: hardware". Health, Environment and the Low.16th International Permaculture Conference and Convergence Proceeding Austin, P (eds). Perth and Bridgetown, Western Australia,1997.

Noah, M. "Graywater use steill a gray area". Desert Small Flows Quarterly, 2001. 20-23.

Nolde , E . "Gerywater reuse systems for toilet flushing in multi-story , building – over ten years experience in Berlin". Urban water. 1, (2000), 275-284 **.**

Okun, D. A. " Distributing reclaimed water through dual system" . American Water Works Association Journal**.** 89, (1997), 52-74.

Olsson, E., Karlgren, L. and Tullander, V. "Household Waste Water. SIB Report, 24**.** 1968.

Ottoson, J. and Stenstrom, T. A. "Faecal contamination of greywater and associated microbial risks". Water Research. 37, (2003), 645-655.

Pradham,S. "Reuse of domestic waste water for irrigation". In: *Advanced Studies in Environmental Microbiology and Biotechnology for Fresh Water Saving*. PP 19-27 . Heinonen-Tanski, H. (ed.). University of Kuopio Press, Finland. 2006.

Henze, M., Harremoes, P., La Cour Jansen, J. and Arvin ,E. "*Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes* " (3rd ed). Brlin :Springer. 2001.

Ingham, A.T. "*Residential Gray water Management in California*". California State Water Resources Control Board, Scramento, California, USA. 1980.

Jamarh, A. , Al-Futaisi, A., S. Prathapar, and A. AL-Harrasi. "Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources management in Oman". Environ. Monit. Assess. 137, (2008), 315-327.

Jeppesen, B. and Solley, D. "Domestic greywater reuse: Overseas Practice and its Applicability to Australia". Research reports No. 73. Brisbane Urban Water Research Association of Australia. 1994.

Jeppesen, B. "Model guidellines for domestic greywater reuse for Australia". Research report No.107 Urban water research Association of Australia (UWRAA): Brisbane City Council. 1996.

Jimenez , k.A. "California state science fair graywater/ Sod Growth". project number J1613. 2003.

Kambabellas, C.A. "Cyprus Report for CEHA Regional Workshop on Water Conservation and Re-use: Important Elements of Water Resources Management Strategies". Amman. Jordan. 1999.

Knight, M.J. Tomlin, J.S. and Nical, R.A. "Potential of Greywater Reuse for Irrigation Household land in Sydney and Brisbane". "Xth" World Water Congress, Melbourne, Australia. IWRA. 2003.

Lamine, M., Bousselmi, L. and Gharbi, A. "Biological treatment of gray water using sequencing batch reactor". Desalination, 215, (2007), 127-132

Leggett, D.J., Brown, R., Brewer, D. Stanfield, G. and Holliday, E. "Rainwater and Greywater Use in Buildings, Best Practice Guidance". Report No., C539. London: CIRIA. Department of Trade and Industry. 2001.

Lesikar, B.J., Persyn, R and Garcia, M. "Waste Water Reuse and Gray Water Systems for Landscape Irrigation". 6th Annual Texas On-Side Waste Water Treatment Research Council Conference, March 20-22, Corpus, Christ, Texas, 1998.

Stenstrom , T. A , Hoffner , S. and Bromsson , U. «Reduktion av bakterier och virus vid avloppsvatten –infiltration I mark – en Kunsk – apssammanstallning" . Swedish , EPA. PM 1392 . 1980 .(In Swedish)

Stenstrom , T. A. "Sjukdoms –Framkallande mikroorganismer I avloppssytem – riskvardering avtraditonella och alternative avloppslosningar". Swedish , EPA the National Board of Health and welfare and the Swedish Institute for Infectiona Disease control . Report No. 4683. 1996 . (In Swedish).

Technical guidance manual."Graywater system". 42, (2004), 1-6.

Terpstra, P.M.J." Sustainable water usage systems: Modles for sustainable utilization of domestic water in urban areas". Wat. Sci. Technol**.** 39, (1999), 65-72.

WHO, World Health Organization. "Health guide lines for the use of waste water in agriculture and aquaculture" . Technical Report Series, 778. 1989.

WHO, World Health Organization . "Overview of greywater management health consideration" . Regional consultation on national priorities and plans of action on management and reuse of wastewater, Amman , Jordan. 2006 .

Ramon, G., Green,M. Semiat, R. and Dosoret, C. "Low strength graywater characterization and treatment by direct membrane filtration". Desalination**.** 170, (2004), 241-250.

Rasmussen, G., Jenssen, P.D. and Westlie, L. "Greywater treatment options". Environmental Research Forum. Vol. 5-6 in: C. Etnier, J.Staudenmann and A.Schonborn. Eds., Transtec Publication, Uetikon, Switzerland. 1996.

Ridderstolpe, P. "Introduction to greywater Management". Ecosan. Res. Programme Report, Stockholm, Sweden. 2004.

Rose ,J.B., Sun, G., Gerba , C.P and Sinclair ,N.A. "Microbial quality and persistence of enteric pathogens in graywater from various houseshold sources". Water Research, 25,(1991), 37-42.

Santala ,E., Uotila, J., Zaitsev, G., Alasiueua, Tikka, R., and Tengvall, J. "Microbiological graywater treatment and recycling in an apartment building" .In: AWT98-Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse: Milan,(1998), 319-324.

Sheikh, B. "The city of Los Angeles gray water pilot project shows safe use of gray water is possible". In : *Water Resources Planning Management and Urban Water Resources* . pp. 678-681. New York. USA. ASCE . 1999.

Greywater and its use as an Alternative Water Source
Review Article

Fahad N.I. Al-Barakah and M. AL-Soulum
King Saud University, Food and Agricultural Sciences College,
Soil Sciences Department, Riyadh, Saudi Arabia.

(Received 1/12/1431H; accepted for publication 16/1/1433H)

***Key words*:** Greywater, Quantification, Characterization, Treatment, Reuse.

Abstract. This review presents information about the greywater as an alternative source of water, with some highlight of its chemical, physical and microbial properties. The greywater reused effect on the agriculture especially on plants and soils was also addressed in this study.