وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي
جامعـة قاصـدي مربـاح ورقلـة
كليـة الرياضيات وعلـوم المـادة
قسـم الكيمياء

مذكـرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي
فـي الكيـمياء.
التخصص:كيمياء المحيط

من إعداد: بن يونس عائشة

بعنـوان

دراسة استقصائية حول استخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة في القطاع الزراعي

نوقشت علنا يوم 2022/06/07

أمام لجنة المناقشة:

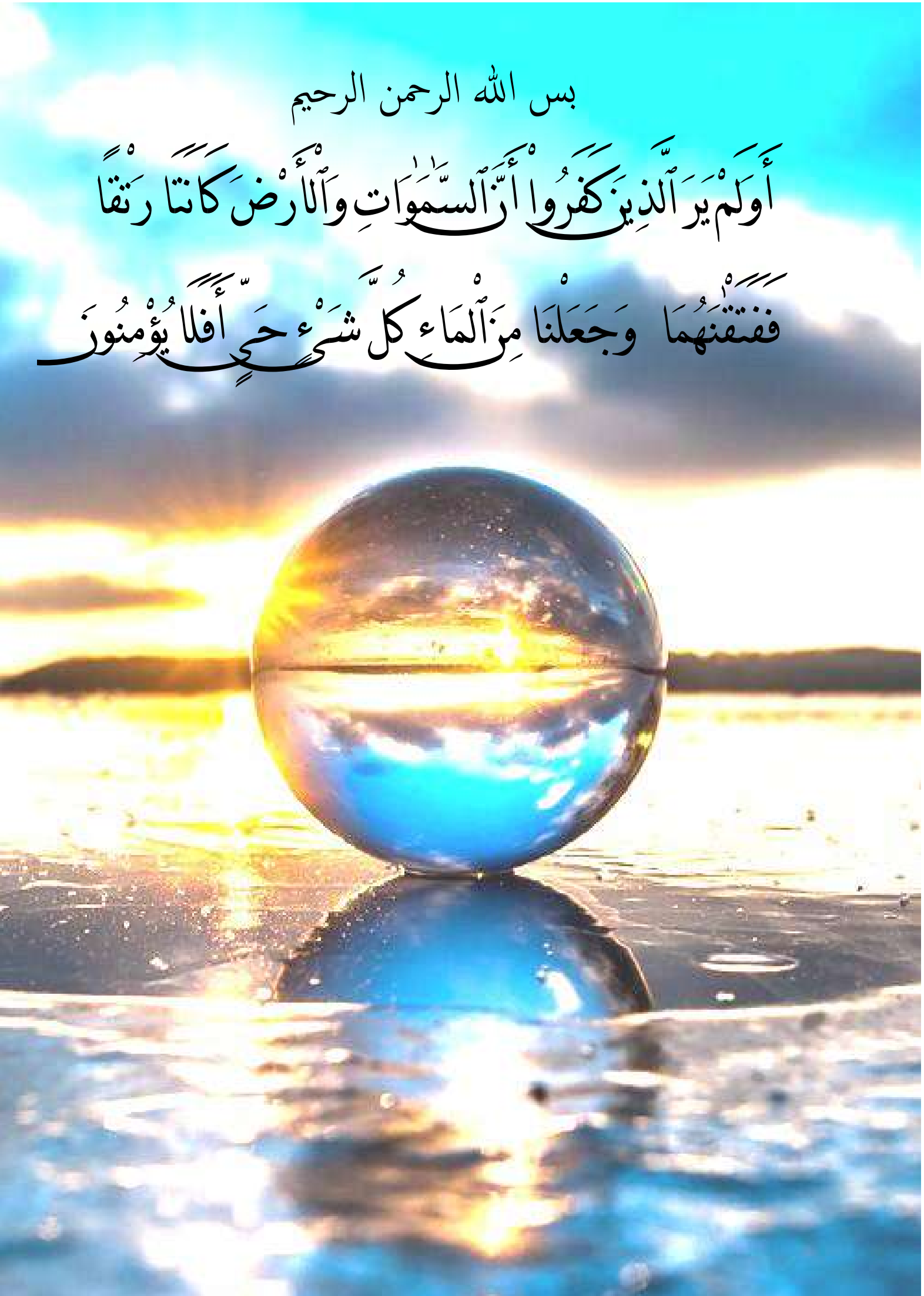
بن منين عبد القادر	أستاذ محاضر "أ"	رئيسا
مخلفي طارق	أستاذ محاضر "أ"	مناقشا
زاوي منال	استاذ محاضر "أ"	مـؤطر
شاوش خولة	أستاذ محاضر "ب"	مساعد مؤطر

السنة الجامعية : 2021 / 2022

بس الله الرحمن الرحيم

أَوَلَمْ يَرَ ٱلَّذِينَ كَفَرُوٓا۟ أَنَّ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا

فَفَتَقْنَٰهُمَا ۖ وَجَعَلْنَا مِنَ ٱلْمَآءِ كُلَّ شَىْءٍ حَىٍّ ۖ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ



الإهداء

اهدي هذا العمل إلى:

إلي من تصطرف الكلمات لتخرج معبرة عن مكنون ذاتها إلي التي تمتهن الحب الراحة وتخطف التعب و الألم من قلبي إلي التي جعل الله الجنة تحت أقدامها إلى التي غمرتني بفيض حنانها إلي التي احترقت لكي تنير لي دربي و سهرت للأنام و تعبت لأرتاح و سقتني من نبع رقتها و صدقها إلي التي ربتني صغيرا و نصحتي كبير قرة عيني و فؤادي أطال الله في عمرها و جعلها خيمة فوق رؤوسنا -

***أمي الغالية ***

إلى من أضاء أول قنديل في حياتي إلى عبق طفولتي الرائع ودفء حياتي وإلى من تحمل كل لحظه ألم مررت بها ولم يتركني بل حولها إلي ورود إلى من حماني من عواصف الأقدار وإلي من بذل جهد السنين في كرم وصاغ من الأيام سلالم للعلى لأرتقي بها في درج الحياة أطال الله في عمره ..

والدي العزيز

الى من بهم يشد ساعدي وتعلى هامتي هم سندي وركائز نجاحي ومن لهم الفضل الكبير في تشجيعي وتحفيزي ومن منهم تعلمت المثابرة والاجتهاد وبهم أكبر وعليهم أعتمد وإلى من بوجودهم أكتسب قوة ومحبة لا حدود لها وإلى من عرفت معهم معنى الحياة.

اخواني واخواتي كل واحد باسمه

الى من تحلوا بالإخاء وتتميز بالوفاء والعطاء وإلى من برفقتها في دروب الحياة السعيدة والحزينة سرت وإلى من كانت معي على طريق النجاح والخير اهدي تخرجي لحبيبة القلب لمن كانت سندي بعد عائلتي ، لصديقتي الغالية "نور الايمان"

الي كل اساتيذتي الذين رافقوني طوال المشوار الدراسي

الي كل اصدقائي وزملاء الدراسة وفقهم الله

الي كل من وسعه قلبي ولم يذكره لساني اليكم جميعا اهدي عملي..

Aicha ben younes

شكـــــــر و عرفـــــــان

أولا و قبل الكل نشكر و نحمد صاحب الفضل الأول و الأخير، الهادي إلى سواء السبيل "الله عز وجل" لقوله تعالى: "{و لئن شكرتم لأزيدنّكم}"، نشكره على نعمة إنجاز و إتمام هذا العمل راجين منه أن يكون عملنا هذا بذرة خير لفائدة كل من يسعى و يجتهد في طلب العلم.

كما نتقدّم بالشكر الجزيل إلى الأستاذة المشرفة "**زاوي منال**" و إلى الأستاذة المساعدة " **شاوش خولة**" على كل التوجيهات و النصائح و المجودات المبذولة من طرفهم والتي ساعدتنا في إنجاز هذا العمل.

وتتسع دائرة شكرنا لتحوي أعضاء اللجنة على قبولهم مناقشة وإثراء هذا العمل ونخص بالذكر الأستاذ"**مخلفي طارق**" على قبوله المناقشة والأستاذ "**بن منين عبد القادر**" على ترأسها هذه اللجنة ، كما لا ننسى كل أساتذة مشوارنا الدراسي، وكل من قدّم لنا يد المساعدة في هذا المشوار صغيرة كانت أم كبيرة من قريب أو من بعيد

قائمة المختصرات

الاختصار	باللغة الأجنبية	باللغة العربية
AFNOR	Association Française de Normalisation	المنظمة الفرنسية لتوحيد القياسي
AS	aggregate stability	الاستقرار الكلي
BOD	Biochemical oxygen demand	الطلب على الأكسجين البيولوجي
COD	chemical oxygen demand	الطلب على الأكسجين الكيميائي
DDT	Dichlorodiphényltrichloroéthane	ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان
DO	Dissolved oxygene	الأكسجين المذاب
EC	electrical conductivity	الناقلية الكهربائية
FAO	Food and Agriculture Organization	منظمة الأغذية والزراعة
FC	Faecal coliform	القولونيات البرازية
MES	Matières En Suspension	المواد العالقة
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	وحدة قياس العكارة
OM	Matière organique	مادة عضوية
SAR	Sodium absorption rate	نسبة امتصاص الصوديوم
TC	Total coliform	مجموع القولونيات
TF	Factor Translocation	معامل نقل
THQ	Target hazard quotients	مؤشر الخطر المستهدف
USEPA	US Environmental Protection Agency standard	معيار وكالة حماية البيئة الأمريكية
WHO	World Health Organization	منظمة الصحة العالمية
Ppm	partie par million	جزء من المليون

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
الجدول (1)	أهم الملوثات الموجودة في المياه العادمة	14
الجدول(2)	قيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف المعالجة للري في الجزائر	17
الجدول(3)	ايجابيات وسلبيات مختلف طرق معالجة مياه الصرف الصحي	26
الجدول (4)	إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لمختلف التطبيقات	28
الجدول(5)	بلدان الشرق الأدنى التي تستخدم اكبر كميات من مياه الصرف الصحي المعالجة	33
الجدول (6)	قائمة المحاصيل التي يمكن ريها بمياه الصرف الصحي المعالجة في الجزائر	35
الجدول (7)	جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة لمنطقة طبرق بليبيا	44
الجدول (8)	جدول استقرائي يوضح تأثير مياه الصرف المعالجة والمياه العادية على علف الشعير في الأردن	45
الجدول (9)	جدول استقرائي يوضح تأثير المياه العادمة المعالجة والمياه العادية والمختلطة على التربة ومحصول القمح لمنطقة سرت بليبيا	47
الجدول (10)	جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصحي المعالجة لمحطة النعيمية بالعراق	49
الجدول (11)	جدول استقرائي يوضح خصائص مياه الصحي قبل وبعد المعالجة لمحطة واد مزاب بغرداية الجزائر	50
الجدول (12)	جدول استقرائي يوضح تأثير الري طويل المدى بمياه الصرف المعالجة على التربة مقارنة بالمياه العذبة بجنوب شرق اسبانيا	51
الجدول (13)	جدول استقرائي يوضح تأثير الري بمياه الصرف الصناعية والزراعية المعالجة على التربة ومحصول الطماطم بايطاليا	53
الجدول (14)	جدول استقرائي يوضح بعض خواص مياه الصرف الصناعي المعالجة لمحطة اصفهان بإيران	55
الجدول (15)	جدول استقرائي يوضح تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على التربة ومحاصيل	56
الجدول (16)	جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي المنزلية قبل وبعد المعالجة لمحافظة الحسيمية بشمال المغرب	58
الجدول (17)	جدول استقرائي يوضح تأثير الري المباشر والغير مباشر بمياه الصرف الصحي المعالجة على التربة والنباتات بمنطقة بهاجرانبور بالهند	59
الجدول(18)	جدول استقرائي يوضح تأثير المعادن الثقيلة على التربة والخضروات الورقة بعد الري بمياه الصرف الصحي المعالجة بمنطقة اكبا بالإمارات	61
الجدول (19)	جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي المعالجة لمحطة المملكة	63

	العربية السعودية	
الجدول (20)	جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطة سيدي بلعباس بالجزائر	65
الجدول(21)	جدول استقرائي يوضح تأثير الري المباشر و الغير مباشر بمياه الصرف الصحي المعالجة على المحاصيل بمنطقة صفاقص بتونس	66
الجدول(22)	جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة وتراكم المعادن في الخضروات المروية بمياه الصرف المعالجة لمنطقة شيكا بكينيا	68
الجدول (23)	جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف المعالجة وأثرها على التربة والمحاصيل بمقاطعة ادربيجان شمال غرب إيران	70
الجدول(24)	جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة في محافظة أصفهان بإيران	72
الجدول(25)	جدول استقرائي يوضح معادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي المعالجة لمحطة باتنة بالجزائر	73
الجدول (26)	جدول استقرائي يوضح الخواص الفيزيائية الكيميائية للتربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة لمنطقة مصراتة بليبيا	74
الجدول (27)	جدول استقرائي يلخص أهم نتائج الدراسات السابقة لمياه الصرف المعالجة لمختلف المحطات	75
الجدول(28)	جدول استقرائي يلخص أهم نتائج الدراسات السابقة لأثار المياه المعالجة على خواص التربة	78
الجدول (29)	جدول استقرائي يلخص أهم نتائج الدراسات السابقة لمعاملات نمو النباتات	82
الجدول (30)	جدول استقرائي يلخص اهم نتائج الدراسات السابقة لتراكم بعض المعادن في الخضر	84
الجدول(31)	جدول استقرائي يوضح معامل انتقال المعادن من التربة للنباتات	86
الجدول(32)	جدول استقرائي يوضح حاصل الخطر المستهدف لبعض المعادن في الخضر	87
الجدول (33)	جدول استقرائي يلخص الحمل الميكروبي في بعض الخضار	88

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
الشكل (1)	مسار الملوثات في النظم الزراعية	**7**
الشكل (2)	مكونات مياه الصرف المنزلي	**13**
الشكل (3)	مراحل المعالجة الفيزيائية (الأولية)	**23**
الشكل (4)	مراحل المعالجة البيولوجية	**24**
الشكل (5)	مدرج تكراري يوضح عدد المنشورات العلمية حول استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في القطاع الزراعي (Science direct)	**43**

فهرس المحتويات

المحتوى	الصفحة
الإهداء	I
شكر وعرفان	Ii
قائمة الاختصارات	Iii
قائمة الجداول	Iv
قائمة الأشكال	Vi
فهرس المحتويات	Vii
مقدمـــــــــــــة عامـــــــــــة	1
المراجع	3
الفصل الأول : تلـــوث المياه وأنـــواع الملـــوثات	
تمهيد	4
I .1. تعريف المياه الملوثة	4
I .2ملوثات المياه	5
I .3.مصادر تلوث المياه	5
I .4.أنواع التلوث المائي	5
I .4. 1 التلوث الفيزيائي	6
I.4. 2 التلوث الكيميائي	6
I .4. 3 التلوث البيولوجي	9
I.5 . مياه الصرف الصحي	10
I.5. 1 تعريف مياه الصرف الصحي	10
I.5. 2 طبيعة الملوثات في المياه العادمة	11
I.5. 3 أنواع مياه الصرف الصحي	12
I.6. مؤشرات تصنيف الملوثات في المياه العادمة	14
I.6. 1 المؤشرات الفيزيائية	14
I.6. 2 المؤشرات الكيميائية	15
I.6. 3 المؤشرات البيولوجية	16
I.7. المعايير والتراكيز المسموح بها للري	17
خلاصة	18
قائمة مراجـــــــــع	19
الفصل الثاني : طرق معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها	
تمهيد	22

II.1 .الهدف من معالجة مياه الصرف الصحي	22
II.2 .طرق معالجة مياه الصرف الصحي	22
II. 2. 1 المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة	23
II.2. 2 .المعالجة بالبحيرات الهواة	24
II.2. 3 .المعالجة بالبحيرات الطبيعية	25
II.2. 4 .المعالجة بالنباتات	25
II.3.ايجابيات وسلبيات مختلف طرق المعالجة	26
II. 4.إعادة تدوير واستخدامات مياه الصرف الصحي	27
II. 5.مختلف اللوائح المتعلقة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري في الجزائر	29
خلاصة	29
قائمة مراجع	30
الفصل الثالث : استعمالات مياه الصرف الصحي المعالجة في القطاع الزراعي وشروطها	
تمهيد	33
III.1. أهمية مياه الصرف الصحي المعالجة	33
III. 2 . معايير جودة مياه الصرف الصحي للري	33
III. 3. الاستعمالات النموذجية لمياه الصرف الصحي المعالجة في مجالات الري	34
III.4 . اختيار المحاصيل على مستوى المحيط المروى	35
III.5. طرق الري بمياه الصرف المعالجة	35
III.6. اشتراطات استعمال مياه الصرف المعالجة	37
III. 6. 1 اشتراطات استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للري بشكل عام	37
III. 6. 2 اشتراطات استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للري غير المقيد	37
III. 6. 3 اشتراطات استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيد	37
III.7. الجوانب البيئية المرتبطة باستخدام مياه الصرف الصحي في الري	38
III. 7. 1 فوائد بيئية	38
III.7. 2 الآثار السلبية المحتملة على البيئة	38
III. 7. 3 التأثيرات على الأرض	38
III.7. 4 التأثيرات على المحاصيل	39
خلاصة	39
قائمة المراجع	41
الفصل الرابع : تحليل دراسات سابقة ومناقشة أهم نتائجها	
تمهيد	43
IV.1. تحليل دراسات سابقة	44
IV.2. المناقشة والتحليل	75

IV. 2 .1 خواص المياه المعالجة	75
IV. 2. 2 تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على نوعية التربة	78
IV. 2 .2. 1 الرقم الهيدروجيني	79
IV.2 .2. 2. المغذيات	79
IV. 2 .2. 3 الكربون العضوي	79
IV. 2 .2. 4.نسبة امتصاص الصوديوم	80
IV. 2 . 2 .5 تملح التربة	80
IV.2 .2. 6 التأثيرات الميكروبية	81
IV. 2.2 .7 تراكم المعادن في التربة	81
IV. 2 .3 الآثار على نمو النباتات	82
IV. 2 .3. 1 تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على نمو النبات وإنتاجية المحاصيل	82
IV.2 .4 تراكم المعادن في المحاصيل	83
IV.2 .5 الاستعمال الغير مباشر للمياه المعالجة	85
IV.2 .6 تقييم تلوث الخضر وتقييم المخاطر الصحية	86
IV.2 .6. 1 معامل الانتقال	86
IV.2 .6. 2 حاصل الخطر المستهدف	87
IV.2 . 7 الحمل الميكروبي في الخضار	88
قائمة المراجع	90
الخلاصة العامة	94
قائمة الملاحق	I

المقدمة العامة

مقدمة عـــامة

"وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ"

إن شح الموارد المائية العذبة أصبحت مشكلة عالمية ، فالماء بالإضافة إلى كونه ضروري لاستمرار الحياة بمختلف صورها، فوجوده هو امتداد لوجود كل الكائنات عل سطح الأرض ولا يمن لأي كائن حي الاستغناء عنه أبدا سواء كان بشر أو حيوان أو نبات، فالماء عنصر مهم في مجالات التنمية الزراعية والصناعية ، وهو يفوق في أهميته أهمية أي عنصر طبيعي آخر، لأن وجوده أو غيابه يعني ببساطة الحياة أو الموت.

إذ أصبحت مشكلة ندرة المياه تشكل تحديا خطيراً يهدد الأمن الغذائي والاستدامة البيئية في المستقبل، بحيث تعتبر الزراعة مستخدماً ثانوياً للمياه العذبة. في العادة يبلغ الاستهلاك العالمي للمياه الزراعية حوالي 70 ٪من إجمالي المياه المستخرجة ؛ حتى هذا الرقم يمكن أن يمتد إلى 90 ٪في بعض المواقف المحلية. تماشياً مع هذا ، فإن إعادة استخدام المياه المستصلحة للري الزراعي هي فرصة جيدة للحد من الإجهاد المائي العالمي الحاد [1] .

و للاستجابة لحالة استنزاف الموارد الطبيعية وحماية البيئة. إن استخدام معالجة مياه الصرف في المناطق الحضرية ، غالباً محملة بالمواد المغذية مثل النيتروجين والفوسفور ، سيمثل مصدراً إضافياً متجددا وموثوقا للمياه والأسمدة للزراعة [2] .

نجحت العديد من البلدان في إعادة تدوير موارد المياه العادمة لديها لاستكمال طلبها الإجمالي على المياه. على سبيل المثال ،تلبي سنغافورة حالياً 30 ٪من احتياجاتها من المياه من خلال معالجة مياه الصرف الصحي .

حيث بلغت نسبة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في القطاع الزراعي حول العالم 52% [3] .

في ظل هذه الحالة كان الهدف من هذه الدراسة هو معرفة إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في القطاع الزراعي أي هل المياه المعالجة مصدر امن للري ؟

بحيث ركز هذا العمل على مناقشة إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة في الري الزراعي حول العالم والمخاطر المرتبطة بها على غلة المحاصيل ، والتربة والصحة العامة وعمليات التطهير المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي للري.

حيث قسمت هذه المذكرة إلى أربع فصول موالية :

- ✓ الفصل الأول " تلوث المياه وأنواع الملوثات "
- ✓ الفصل الثاني " طرق معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها "
- ✓ الفصل الثالث " استعمالات مياه الصرف الصحي المعالجة في القطاع الزراعي وشروطها "
- ✓ الفصل الرابع " تحليل دراسات سابقة ومناقشة أهم نتائجها "

وفي الأخير انهينا عملنا بخلاصة عامة تتضمن أهم النتائج المتحصل عليها وتوصيات وأفاق مستقبلية

.

المراجـــع

[1] : La beauté de Vito ,Stegen WH Van Halle.(2021). Le potentiel de récupération et de réutilisation des eaux usées dans l'agriculture : vers la durabilité environnementale ; Environnement, développement et durabilité p. 2950-2972

[2]: Saïd. M. (2012) : Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la Step Est de da ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, Université mouloud mammeri de Tizi-Ouzou, 172p.

[3]: EL HAFI Samia, EL HACHEMI Ouafae, SERGHINI Caid Hana,Treated wastewater reuse Background and impact on agricultural products,Poster · July 2021

الفصل الأول:
تلوث المياه وأنواع الملوثات

I .1 تعريف المياه الملوثة

I.2 ملوثات المياه

I.3 مصادر تلوث المياه

I .4 أنواع التلوث المائي

I.5 مياه الصرف الصحي

I.6 مؤشرات تصنيف الملوثات في المياه العادمة

I.7 المعايير والتراكيزالمسموح بها للري

تمهيد

استحوذت قضية البيئة والتلوث البيئي على اهتمام العلماء والرأي العام العالمي ، وازدادت دراسات تلوث المياه والهواء والتربة والغذاء بعد تلوثها بالملوثات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية. وقد ساهم هذا بشكل كبير في زيادة الأمراض وفساد المكونات البيئية. إن التلوث المياه يؤدي إلى الفقر والجفاف وظهور الظروف الاجتماعية السيئة التي تدفع الناس إلى استخدام آبار المياه بغض النظر عن درجة التلوث وخطورة استخدامها [1] .

I- تلوث المياه وأنواع الملوثات:

I-1. تعريف المياه الملوثة :

يعتبر مصطلح تلوث المياه مصطلحا مرنا مما يجعل حصره في تعريف واحد من الصعوبة بمكان، لهذا السبب وجدت عدة تعريفات تختلف في لفظها لكن تتفق في مضمونها، تحت هذا العنوان سوف نسرد أشملها وأكثرها وضوحا كما يلي:

- نقصد بتلوث المياه حدوث أي تغير في الخواص الأساسية المكونة للماء، من تغير في حالته الفيزيائية (رائحة واللون ودرجة الحموضة ودرجة الحرارة...) والكيميائية (نترات والفسفات والكلور والحديد....) والبيولوجية (البكتيريا النافعة والدقائق الحية التي تساد في جودة المياه)المرئية والغير مرئية بفعل إقحام مواد ضارة أو زيادة في تراكيز أحد أو مجموعة العناصر المكونة له إلى حد ما، بحيث تصبح هذه المياه غير صالحة للاستعمال من طرف الكائنات الحية. أو تقلل من جودتها ومنه تضيق دائرة استعمالها [2] .

تتأثر البيئة المائية بالأوساط المحيطة مثل الهواء والتربة لما لها من علاقة مباشرة ببعضها فتلوث أي واحد منها يسبب تلوث الآخر.

- أو نقول تلوث المياه نتيجة دخول مواد كيميائية أو أي مادة خطرة إلى المياه، مثل : مياه الصرف الصحي، والمعادن مثل الزئبق، أو الأسمدة والمبيدات الحشرية الناتجة من الصرف الزراعي، وغيرها [3].
- كما يعرف الماء الملوث بأنه الماء الذي لا يملك المواصفات العالية التي تسمح باستعماله في متطلبات حياة الإنسان خاصة الشرب ثم الاستخدامات الأخرى [4] .
- عرف المشرع الجزائري في الفقرة التاسعة من المادة رقم 04 من القانون رقم 10/03المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة أنه: "إدخال أية مادة في الوسط المائي، من شأنه أن تغير الخصائص الفيزيائية والكيميائية و/أو البيولوجية للماء، وتتسبب في مخاطر على صحة الإنسان، وتضر بالحيوانات والنباتات البرية والمائية وتمس بجمال المواقع، أو تعرقل أي استعمال آخر للمياه [5] .

I-2. ملوثات المياه:

تنقسم المواد التي يمكن لها تلويث المياه إلى ثماني مجموعات، وكل منها يضم عدد من المكونات لها خصائص أو تأثيرات معينة على نوعية الماء، وتنحصر هذه المجموعات فيما يلي :

- مواد بيولوجية مسببة للأمراض، مثل البكتريا الممرضة المؤثرة على صحة الإنسان وتسبب له أمراض مثل: حمى التيفويد، الكوليرا، حمى الباراتيفويد والدوسنتاريا.
- مواد سامة مثل الزرنيخ، الرصاص، الزئبق، الكادميوم.....الخ، بالإضافة إلى أنواع مختلفة من المركبات الكيميائية العضوية (مبيدات، مذيبات، منظفات، زيوت ودهون...).
- مغذيات غير عضوية مثل : النيتروجين والفسفور التي تنتج عن إضافة الأسمدة للأراضي الزراعي
- كيمياويات ذائبة في الماء (أملاح، أحماض وايونات المعادن الثقيلة).
- مواد صلبة معلقة (أتربة، مواد غير ذائبة).
- مواد مشعة مثل اليورانيوم والراديوم.....الخ
- حرارة (ذوبانية الأوكسجين تعتمد على الحرارة).
- مخلفات تستهلك الأكسجين الحيوي (مواد عضوية) [6, 7].

I-3. مصادر تلوث المياه :

تتعدد مصادر تلوث المياه ويمكن تقسيمها إلى:

- مصادر طبيعية وتشمل الجو، المعادن الذائبة، تحلل المواد النباتية، والجريان السطحي للأملاح والكيماويات.
- مصادر زراعية وتشمل الانجراف المائي للتربة، مخلفات حيوانية (مزارع الإنتاج الحيواني والدواجن) ، أسمدة كيماوية ومبيدات، مياه الري.
- مياه الصرف وتشمل الصرف الصحي، والصرف الصناعي، مركبات البحرية والحوادث البحرية.
- مصادر أخرى متنوعة مثل أنشطة البناء، المناجم، الماء الجوفي، أماكن تجمع القمامة، وأماكن إنتاج الإسمنت، .....الخ [6, 7] .

I-4. أنواع التلوث المائي:

توجد العديد من التقسيمات لتلوث المياه وتختلف هذه التقسيمات حسب العامل المعتبر في التقسيم، سنحاول أن نقسم التلوث إلى ثالث أنواع حسب تأثير الملوثات على حالة المياه إلى تلوث فيزيائي كيميائي وبيولوجي.

I-4-1. التلوث الفيزيائي:

هو تغير الحالة الفيزيائية والمواصفات القياسية للماء كدرجة الحرارة والملوحة والناقلية الكهربائية و/أو زيادة المواد الصلبة سواء كانت مترسبة أو عالقة وينقسم إلى:

أ- التلوث الطبيعي

ويحدث بسبب مواد صلبة معلقة مثل الطين (سلكيات الألمنيوم) والمواد غير الذائبة أو عن طريق مواد مترسبة مثل الرمال (SiO_4). هذه المواد تنجرف إلى المسطحات المائية عن طريق السيول والأمطار والرياح، حيث تعمل المواد المعلقة على منع وصول الضوء مما يعيق عملية التركيب الضوئي فضال عن كونها تجعل المياه غير صالحة للاستعمال المنزلي والصناعي، أما المواد المترسبة فهي تضر بالكائنات الحية الموجودة في القاع مثل المرجان والقواقع والديدان وغيرها كما أنها تعمل على ملء الخزانات وطمر الشواطئ و الموانئ مما ينجم عنه خسائر مالية [4].

ب- التلوث الحراري

يعرف بأنه ارتفاع درجة حرارة المسطحات المائية بفعل مصادر مختلفة، منها ما هو طبيعي كتدفق حمم البراكين ومنها ما هو ناتج عن صرف المياه المستعملة في تبريد المولدات الكهربائية والمنشئات النووية وصناعة الحديد والصلب ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات التي تطرح كميات هائلة من المياه الساخنة في المسطحات القريبة منها. مما يسبب نقص في كميات الأكسجين المذاب، وكذا حدوث تفاعلات كيميائية نظرا لتوفر الشروط التيرموديناميكية، كل هذا يؤثر على الكائنات الحية الدقيقة والبكتيريا والنباتات المائية والأسماك [4].

ت- التلوث الإشعاعي

هو من أخطر أنواع التلوث، وينتج عن وصول المواد المشعة للمياه بطريقة مباشرة، حيث توجد هذه المواد بصورة طبيعية في البيئة، أو بطريقة غير مباشرة وهي الأكثر، يكون مصدرها من المفاعلات النووية المستعملة من أجل صناعة الأسلحة أو لتوليد الطاقة الكهربائية. و كذا حفظ النفايات المشعة في أعماق البحار كل هذا يؤدي إلى رفع تركيز هذه المواد في المياه [4, 5] .

I-4 -2. التلوث الكيميائي:

ينتج عن تغير الحالة الكيميائية للمياه من درجة الحموضة pH أو زيادة تراكيز الأنواع الكيميائية كالأملاح والأحماض والمعادن وذلك بسبب النشاطات الصناعية والزراعية وغيرها ويضم أكثر أنواع الملوثات، نذكر منها:

أ- التلوث بالمخلفات الصناعية

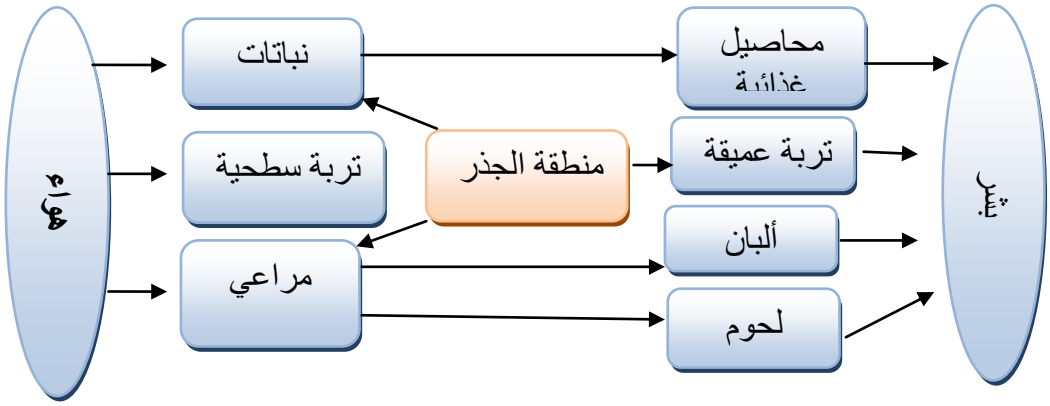
وهي مركبات خطرة على النظم البيئية. حيث تقوم المنشآت الصناعية بصرف مخلفاتها الصلبة أو السائلة أو الغازية بطريقة عشوائية، وتكمن خطورتها في احتوائها على مركبات كيميائية سامة، ومما يزيدها خطورة أن أغلبها شديد الثبات أي أنها لا تتحلل في ظروف الطبيعية، وأن لها أثر تلوثي طويل المدى، ومن أهم هذه المواد نجد: الأحماض، القواعد، المنظفات الصناعية، الأصباغ، مخلفات المدابغ، بعض مركبات الفسفور والكثير من المعادن الثقيلة السامة مثل الرصاص والزئبق والزرنيخ مما تتسبب في تلوث شديد للمياه التي تلقى فيها [8] .

ب- **التلوث بالمبيدات:** المبيدات هي مجموعة واسعة من المركبات العضوية وتنقسم إلى :

1. مبيدات الحشرات Insecticides :مثل الهيدروكربونات الكلورية و DDT والكلورين ومركبات أخرى .
2. مبيدات الأعشاب Herbicides: مثل الأميترول والبراكوت وغيرها [4].

تحتوي هذه المبيدات على مركبات كيمياوية معقدة غير قابلة للتفكك في الطبيعة إلا بشروط خاصة وبفترات زمنية متباينة، ينجر عنها تسمم الكائنات الحية المائية بالدرجة الأولى ثم تنتقل هذه المواد عبر السلسلة الغذائية فيصل ضررها إلى الحيوان والإنسان، أوقد تصل للإنسان عن طريق الغذاء (المنتجات الزراعية خاصة الألبان)

بينت الدراسات أنه خلال 35 سنة الأخيرة رشت أكثر من 1.5 مليون من مادة DDT في دول حوض البحر المتوسط نتج عنه انخفاض في احتياطي الأسماك به [5] .



الشكل (1): مسار الملوثات في النظم الزراعية [9].

ت- التلوث بالأسمدة

هناك ثلاث أنواع رئيسية من الأسمدة الكيميائية وهي الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية والبوتاسية، إلى جانب مجموعة رابعة شاع استخدامها مؤخرا وهي أسمدة العناصر الصغرى، الإسراف في استخدام هذه الأسمدة والمخصبات الزراعية بهدف زيادة الإنتاج الزراعي دون الالتزام بالمعدلات القانونية والتي لا يستفيد النبات إلا بالمعدل الطبيعي منها. أما الكميات الزائدة منها تذوب في مياه الري ومياه الصرف الزراعي ويذهب جزء كبير منها إلى المياه السطحية والمياه الجوفية مما ينجم عنه أضرار كبيرة إذ تتحول الأسمدة النيتروجينية إلى أيون النترات الذي يسبب مشاكل صحية خطيرة، وفي دراسة أجريت في كوريا لتقفي بعض أضرار التسميد في حقل أرز، تبين أن التسميد الآزوت يزيد من معدل تسرب مشتقات النتروجين كالأموني (NH_3)الأمونيوم (NH_4^+) والنترات (NO_3^-) والنتريت (NO_2^-) وفي دراسات أخرى كثيرة، تبين وجود علاقة وثيقة بين مياه الشرب الملوثة بمشتقات نتروجينيه، ومخاطر الإصابة بسرطان البنكرياس والدماغ والمعي الغليظ والمثانة والغدة الدرقية [10] .

أما المركبات الفوسفورية فإنها تؤدى إلى ترسيب بعض العناصر النادرة الموجودة في التربة الزراعية والتي يحتاجها النبات في نموه وتحويلها إلى مواد عديمة الذوبان في الماء [11] .

ث- **التلوث بالمخلفات النفطية:** تلوث مياه البحار والمحيطات بزيت البترول لعدة أسباب منها الحوادث البحرية التي تحدث لناقلات البترول، أو بعض الحوادث التي تقع أحيانا أثناء عمليات الحفر لاستخراج البترول من الآبار البحرية، أو تسرب البترول من بعض الآبار المجاورة لمصادر المياه، أو تلف بعض خطوط نقل المحروقات، وينتج أيضا هذا التلوث من خلال إلقاء بعض النفايات والمخلفات البترولية من ناقلات البترول أثناء سيرها في البحار والمحيطات .يكون زيت البترول طبقة رقيقة تنتشر تدريجيا فوق سطح الماء، وتتسع رقعة هذه الطبقة مع الوقت نتيجة الرياح والأمواج، وبمجرد انتشار الزيت فوق الماء تبدأ المكونات الطيارة من الزيت في التبخر، ملوثة هواء المنطقة المحيطة وغالبا ما تعمل بقع الزيت كمذيب وتبدأ باستخلاص كثير من المواد الكيميائية المنتشرة في مياه البحار كالمبيدات والمنظفات الصناعية، وغيرها من المواد التي يلقيها الإنسان في مياه البحار، مما يرفع في تركيزها في المنطقة المغطاة بالزيت .وجزء من طبقة الزيت التي تغطي سطح الماء يختلط بالماء ليكون معه مستحلبا تتعلق به دقائق الزيت المتناهية الصغر، وبمرور الوقت يختلط هذا المستحلب بالمياه تحت السطحية ويمتزج بها ملوثا طبقات المياه العميقة، كما يمتص المستحلب بعض العناصر الثقيلة كالزئبق والرصاص ..... فيزداد تركيزها في المنطقة المحيطة بالبقعة وتظهر أثارها السامة في هذه المنطقة، هذا وقد تدفع الرياح والأمواج الزيت إلى الشواطئ فتلوث رمالها، وتحولها إلى منطقة عديمة الفائدة [12, 13].

ج- **التلوث بالأمطار الحمضية:** تعد ظاهرة الأمطار الحمضية وليدة الثورة الصناعية، وتعرف على أنها تلك الأمطار الملوثة بأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت، بحيث لاحظ العالم السويدي "سفانت أودين " أن الأمطار التي تتساقط تزداد حموضتها عبر الزمن مما يؤثر على صحة الإنسان والحيوان، خاصة أن هذه الأمطار تذيب مواد سامة موجودة في التربة مثل الزئبق والرصاص[14].

أكاسيد الكبريت تنتج من تحول غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء إلى ثالث أكسيد الكبريت بتفاعل كيميائي ضوئي هذا الأخير يتحد مع قطرات الماء بفعل الرطوبة الجوية ليكون حمض الكبريتيك وفق المعادلة التالية:

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

$$SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow 2SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

ثاني مسبب للأمطار الحمضية هي أكاسيد النتروجين وأهمها أول أكسيد النتروجين NO.ويتكون من اتحاد النتروجين بالأكسجين في الهواء الجوي بفعل حرارة احتراق الوقود $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$

يتحد أول أكسيد النتروجين بالأكسجين في درجات الحرارة العالية مكونا ثاني أكسيد النتروجين :

$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

كما يمكن أن يتكون ثاني أكسيد النتروجين بالتفاعل مع الأكسجين مباشرة: $N_2 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2$

ثاني أكسيد النتروجين غاز بني مصفر يتفاعل مع الماء مكونا حمض النتريك HNO3 وحمض النتروز HNO2 اللذان يشكلان مصدر للتلوث بالأمطار الحامضية [15].

I-4 -3. التلوث البيولوجي:

أ- التلوث بمياه الصرف الصحي

هي مياه المجاري المستعملة والتي تحمل فضلات دورات المياه بما تحتويه من فضلات عضوية وشوائب ومنظفات صناعية وبكتريا، وكذا فيروسات،الكائنات الدقيقة .....الخ، وهي كذلك المياه التي استخدمت في الأغراض المختلفة من مصانع وخالفه، ويتم التخلص من هذه المياه في الكثير من الدول عن طرق تصريفها إلى المسطحات المائية المختلفة دون معالجتها، على الرغم من خطورة هذا العمل، حيث تكون هذه المياه ملوثة بالمواد العضوية والمواد الكيميائية (كالصابون والمنظفات الصناعية) وبعض أنواع البكتريا الضارة، بالإضافة إلى المعادن الثقيلة السامة والمركبات الهيدروكاربونية، ويؤدي ذلك إلى حدوث أضرار جسيمة مثل تقليل نسبة الأوكسجين في الماء والموت الجماعي للأسماك والأحياء المائية وتعفن المياه، كذلك تساهم في انتقال الكثير من مسببات الأمراض الخطيرة المتنقلة عبر المياه

والتي يمكن أن تصل الإنسان وتصيبه من جراء تلوث مصادر المياه بمياه المجاري.(الغير معالجة) [12].

ب- التلوث بالطحالب

تحتوي المياه السطحية على الكثير من الكائنات الحية النباتية التي تغير من طبيعة المياه (الطعم، الرائحة، اللون) ونوعيتها حيث يتم حصرها فوق أسطح المياه مما يؤدي إلى انبعاث الروائح الكريهة، ومن المعروف أن صرف مياه المجاري في الأنهار والبحيرات يزيد من هذه المشكلة لأن المخلفات تعمل كسماد جيد للطحالب تزيد نموها بدرجة هائلة، كما أن للطحالب أضرار اقتصادية متمثلة في إتلاف السفن إذ تساهم في تكوين ما يعرف بإسم تلف المراكب إذ تترسب عليه هذه الطحالب بكثرة في جدران السفن (قد تصل إلى عشرات الأطنان) مما يؤدي إلى خفض سرعتها وزيادة استهلاك الوقود، ولذلك تطلى هياكل السفن بنوعية من الطلاء تحتوي على مركبات النحاس والزئبق يعمل الأول على وقايتها من التآكل، ويعمل الثاني على حمايتها من ترسب الطحالب [16].

ت - التلوث بالبكتريا

نظرا لفقر الماء إلى العناصر الغذائية فإن معظم البكتيريا التي تصل إلى الماء الصافي أو النقي لا تستطيع النمو فيه، غير أنها يمكن أن تعيش لفترات متفاوتة قد تصل إلى عدة شهور، أما الأنواع الممرضة فإنها لا تستطيع النمو في هذا الوسط المائي.

تعتبر مياه الصرف هي المصدر الوحيد لتلوث مياه الشرب بالميكروبات الممرضة وهذه المياه إذا كان مصدرها أناسا أصحاء فإنها في الغالب لا تحتوي على ميكروبات ممرضة، أما إذا كانت ناتجة عن أشخاص مرضى فإنها تشكل مصدر خطير للعدوى، ومن أهم الأمراض هي : التيفود (والبكتريا المسؤولة عنه هي جنس السالمونيلا (*Salmonella typhi*) ، والباراتيفود والدوسنتاريا، والكوليرا *(Vibrio cholerea)*، لذلك فإن الأشخاص الذين يستعملون مياه الأنهار والبحيرات التي تلقى فيها مياه المجاري يكونون عرضة للاصابة بعديد من الأمراض، وإذا حدث تسرب من مياه المجاري إلى بئر أو مصدر مائي للشرب فأنه ينصح بأنه غير أمن للشرب، ولذلك فإنه من الطبيعي والضروري اختبار الماء ميكروبيولوجيا وكيميائيا لضمان سلامته [17].

I- 5- مياه الصرف الصحي :

I- 5-1. تعريف مياه الصرف الصحي:

- هي المياه العادمة التي استخدمت من طرف الإنسان في مختلف المجالات تكون هذه المياه ملوثة بواسطة مواد تغير من خصائصها الكيميائية أو تغير من طبيعتها مما يجعلها غير صالحة للإنسان أو الحيوانات أو النباتات أو الكائنات التي تعيش في البحار والمحيطات [18].

- الماء المستعمل هو الماء الملوث الذي يتركب من المواد الغريبة التي تفسد خواصه الكيميائية، مما تجعله غير صالح للإنسان، أو كما يمكن أن تكون ذات مصدر صناعي ذو مكونات مختلفة سواء كانت كيميائية، عضوية أو معدنية حسب طبيعة النشاط الصناعي [19].
- تحتوى مياه الصرف عن ما يزيد عن 99 % ماء والباقي عبارة عن خليط مواد ذائبة وغروية وجسيمات عضوية، وغير عضوية، بالإضافة إلى كائنات حية صغيرة (ميكروبات، فيروسات ، بكتيريا،فطريات)، هذا الخليط هو الذي يحدد نوعية الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية .

1- تتحدد نوعية مياه الصرف الطبيعية باللون، الرائحة ، العكارة، درجة الحرارة، التي تكون عادة أعلى من حرارة الجو.

2- تتحدد نوعية مياه الصرف الكيميائية بمحتواها من المواد العضوية والغير العضوية.

- يعتبر المحتوى العضوي العامل الأساسي في تلوث مياه الصرف، حيث تمثل المواد البروتينية المجموعة الرئيسية للمحتوى العضوي وتقدر بحوالي 50 % ويليها في ذلك المواد الكربوهيدراتية التي تكون حوالي 45 %ثم الّدهون والزيوت التي تكون حوالي 5% ،تتحلل المواد البروتينية والكربوهيدراتية تحلل سريع في حين أن الّدهون و الزيوت تكون أكثر ثبات و يكون تحللها بطئ.

وقدر عدد سكان العالم الذين يلقون مخلفاتهم في البيئة دون أي معاملة 1700 مليون شخص على مستوى العالم في إحصاء تم سنة 1990 [19].

I- 5 .2. طبيعة الملوثات في المياه العادمة :

الماء مذيب للكثير من المواد : الغازية، السائلة، الصلبة ، مياه الأمطار تتشبع أثناء سقوطها بالغازات المتواجدة في الجو، أما الجارية في داخل الأرض أو على سطحها فإنها تذيب كثيرا من الاملاح المعدنية والمركبات العضوية لذلك نجد المواد في الماء مختلفة و متنوعة ومن أهمها مايلي :

أ- الشوائب الصلبة المعلقة

وهي الأجسام الصلبة ذات الكثافة الأعلى من كثافة الماء، غير أن بقاءها على شكل معلق مرتبط بحركة المياه فكلما كانت تلك الحركة أقوى كلما ازدادت إمكانيات بقاء الأجسام المعلقة ضمن الوسط المائي وتتعرض لفعل الترسيب (أو التركيد) عندما تهدأ حركة المياه، أما طبيعة الأجسام المعلقة فهي إما معدنية مثل الرمال والتراب ، أو عضوية كبقايا النباتات و الحيوانات أو حيوية مثل البكتيريا.

ب-المواد الصلبة المنحلة

ومنها أملاح معدنية منحلة (كلوريدات، كبريتات، كربونات..) ، ومركبات عضوية طبيعية ناتجة عن انحلال البقايا النباتية و الحيوانية [18,20].

ت-الغازات المنحلة

تحتوي المياه على غازات ذائبة مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وغاز كبريتيد الهيدروجين الناتج عن تحلل المواد العضوية وغير العضوية.

ث-الأحياء الدقيقة

وهي الأجسام الحية الدقيقة كالفيروسات والبكتيريا والطحالب..... وهي المسؤولة عن تفكيك المادة العضوية الموجودة في الماء.

ج - المعادن الثقيلة:

نذكر منها (الحديد، النحاس، المغنيزيوم والكروم ...الخ) ومن أخطرها (الرصاص، الزرنيخ، الزئبق، الكاديوم والنيكل) تتواجد بنسبة µg /l ولها مصادر عديدة، عادة ما تترسب في الحمأة فيجعلها أكثر سمية مما يزيد في خطورة استعمالها في المجال الزراعي.

I-5-3 .أنواع مياه الصرف الصحي :

تقسم المياه حسب درجة تلوثها إلى مياه رمادية وسوداء، المياه الرمادية تحتوي على ملوثات قليلة وتأتي على سبيل المثال من أصل محلي، ناتج عن غسل الأطباق والملابس واليدين والحمامات أما المياه فة أكثر تلويثً السوداء، فهي تحتوي على مواد مختل ا وأكثر صعوبة في إزالتها، مثل البراز ومستحضرات التجميل وجميع أنواع المنتجات الثانوية الصناعية المخلوطة بالماء بالإضافة إلى مياه الأسطح و الطرقات، إلا أنه في الغالب تقسم المياه العادمة حسب مصادرها إلى: المياه المنزلية- المياه الصناعية -المياه الزراعية – مياه المجاري و الأسطح

أ- المياه الصناعية :

تشمل مياه صرف المصانع المختلفة في المدينة و هي تختلف في كمياتها من مصنع إلى أخر فبينما نجد المياه المستعملة في التبريد تكاد تكون خالية من الشوائب كما نجد أن المخلفات الناتجة عن صناعة الورق مثال تحتوي على تركيز عالي جدا من المواد العالقة الذائبة عضوية كانت أم غير عضوية . وهذه المياه تختلف في طبيعتها عن المياه المنزلية لاحتوائها على مواد كيميائية ومواد سامة الآتية من المصانع وكذا المخابر والمستشفيات، هذه المياه تطلق روائح كريهة وسامة خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة[21].

ب - مياه الأسطح والمجاري :

وتشمل كل من مياه الأمطار الساقطة على الأسطح وغسيل الشوارع والتي تتجمع في البالوعات. يضاف اليها ما يعرف بمياه الرشح وهي مياه السيلان التي تدخل إلى مواسير الصرف خلال الوصلات غير المتقنة أو من خلال الماسورة نفسها. حيث تحمل معها الرمال والبقايا العالقة، هذه المياه قد تصرف في

قنوات خاصة ثم تلقى في الوسط البيئي مباشرة ألنها غير ملوثة، لكن في الغالب تكون البالوعات متصلة بقنوات الصرف الصحي.

ج - المياه الزراعية: وهي المياه الصادرة عن السقي الزراعي والري والتي تكون ملوثة بالأسمدة ومبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب، وكذا المواد العضوية الناتجة عن بقايا النباتات وفضلات الحيوانات.

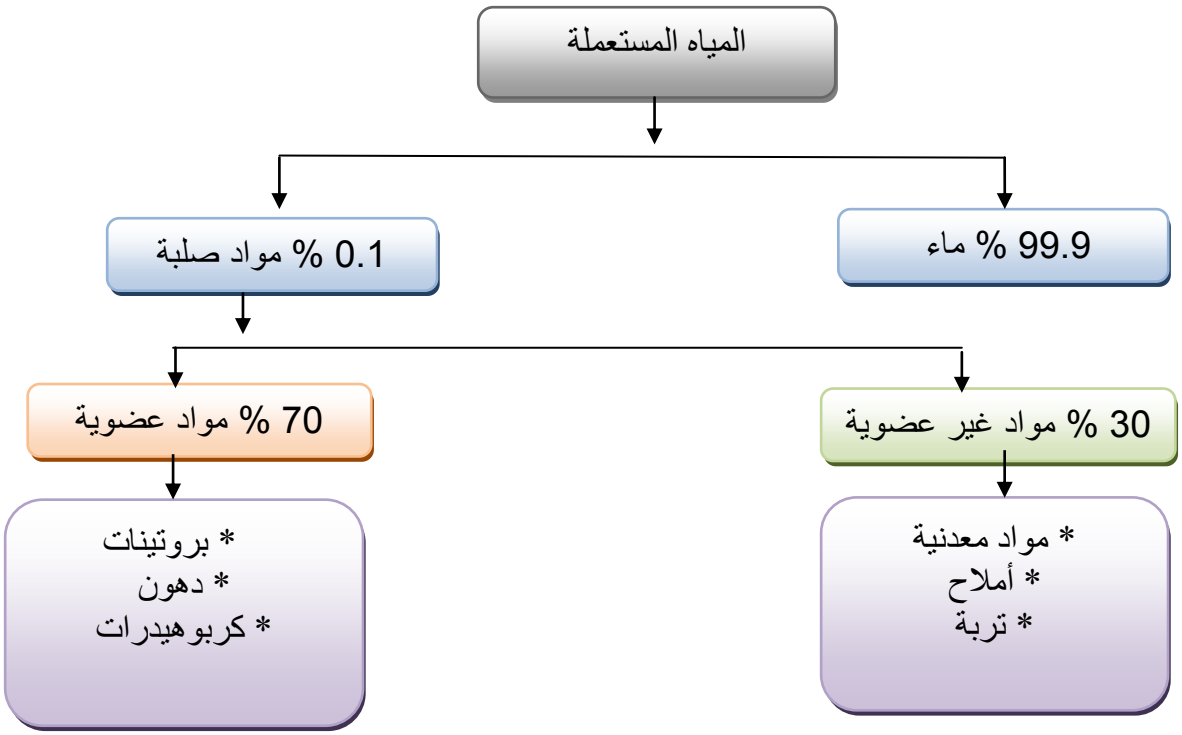
ح- مياه الصرف المنزلي :

تأتي من مختلف الاستعمالات المنزلية للماء وتحمل خاصية التلوث العضوي وتنقسم إلى قسمين:

- المياه المنزلية يكون مصدرها الحمامات، المطابخ وهي في العموم تكون غنية بالمنظفات، الدهون الصابون وشوائب أخرى .

-مياه النفايات التي تعبر المراحيض التي تكون غنية بمختلف المواد العضوية الآزوتية (بوراز وبول) والفيروسات الخطيرة.

تتكون مياه الصرف المنزلي من مكونات أساسية وهي كالتالي:



الشكل (2) : مكونات مياه الصرف المنزلي [22].

الجدول التالي يمثل ملوثات مياه الصرف الصحي واهم صفاتها

الجدول(1) : أهم الملوثات الموجودة في المياه العادمة وصفاتها[23].

الملوثات	سبب الأهمية
المواد العالقة	قد تؤدي إلى ترسيب الحمأة وتوليد ظروف لا هوائية إذا صرفت المياه العادمة غير المعالجة في البيئة المائية
المواد العضوية غير القابلة للتحلل الحيوي	تتكون أساسا من البروتينات والكربوهيدرات والدهون وتقاس عادة باستخدام الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين والطلب الكيميائي على الأكسجين. وبسبب ثباتها البيولوجي، وتؤدي هذه المواد إذا ألقيت في المياه الداخلية، إلى استنفاد موارد الأكسجين الطبيعية ونشوء ظروف ضارة بالأنواع المائية
الكائنات الممرضة	قد تسبب أمراضا معوية
الملوثات ذات الأولوية	تضم مركبات عضوية وغير عضوية، وقد تكون سمية وسرطانية ومولدة للتغيرات الوراثية أو التشوهات الخلقية
المواد العضوية الشديدة المقاومة	تقاوم طرائق المعالجة التقليدية للمياه الملوثة، وتضم العوامل ذات الفعالية السطحية والفينولات والمبيدات الزراعية
المعادن الثقيلة	تنتج من الأنشطة التجارية والصناعية ويجب إزالتها من المياه قبل إعادة استخدامها
المكونات المذابة غير العضوية	تضم الكالسيوم والصوديوم والكبريتات، وتضم غالبا الى المياه المعدة للاستخدام المنزلي ويجب إزالتها لإعادة استخدام المياه

I-6. مؤشرات تصنيف الملوثات في المياه العادمة :

I-1.6. المؤشرات الفيزيائية :

أ- **درجة الحرارة T (°C) :**

تعتبر درجة حرارة البيئة المائية عاملا مهما في التوازن البيئي، والتغير المفاجئ في درجة الحرارة يعود إلى طرح مخلفات صناعية منها الكيماوية والبترولية وبعض المعادن الثقيلة [24] .

ب- **الدليل الهيدروجيني (pH) :**

هو تركيز شوارد الهيدروجين في الماء، حيث يكون في الحالة الطبيعية بين (6-5.8) ويشكل وسط واقي أي غير قابل للتحولات السريعة في pH ،لكن مياه الصرف الصناعية تغير في قيمة المجرى المائي فمثال مياه الصرف الناتجة عن مصانع الغازات يكون pH مابين (3-5.3) [24].

ت- الناقلية الكهربائية (EC):

متعلقة بشوارد الأملاح الموجودة في الماء حيث تربطهما علاقة طردية لذا فان الناقلية الكهربائية تعطي فكرة عن ملوحة الماء. والاختلافات في هذا الأخير قد يؤثر على المعالجة البيولوجية.

ث - اللون والرائحة :

مياه الصرف الصحي الخام العادية لونها رمادي، أما اللون الأسود يرجع إلى تحلل جزئي للمواد العضوية الذائبة أو الغروية، في حين فإن المركبات الكيميائية القابلة للذوبان تغير كذلك لون المياه .

أما الرائحة فان مياه الصرف الصحي الحديثة لديها رائحة لطيفة وليست قوية. الرائحة الكريهة ترجع إلى المياه التي بدأت في التخمر عن طريق الركود إما في نظام الصرف الصحي أو قبل التفريغ في القنوات [25] .

ج - العكارة :

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء و يرجع تعكر الماء إلى وجود جزيئات معلقة، خاصة الغروية مثل: الطين، الطمي، حبوب السليكا، المواد العضوية، وكلما كانت نسبة العكارة أقل كانت المعالجة أكثر كفاءة [26] .

ح - المواد العالقة MES :

تمثل المواد غير الذائبة و الموجودة في مياه الصرف و تضم المواد العضوية و المعدنية و يرمز لها ب :

MESأيMatière en suspension يعبر عنها ب:mg/l. القيمة القصوى للمواد العالقة لا تتجاوز 35mg/l لكي نستطيع رميها في المحيط بدون خطورة أما إذا تجاوزتها تصبح خطر على المحيط فيجب معالجة هذه المياه حسب (المرسوم التنفيذي رقم 06-141 المؤرخ في 19افريل 2006)

I-2.6. المؤشرات الكيميائية :

أ - اختبار الطلب البيوكيميائي للأوكسجين DBO5 :

وهو عبارة عن كمية الأوكسجين المستهلكة من طرف الكائنات الحية الدقيقة الهوائية لتحليل أو تفكيك المادة العضوية مع استهالك الأكسيجين المنحل، يتم تقدير كمية الأوكسجين المفقود بحسابDBO5 ، فكلما زاد الطلب البيوكيميائي للأوكسيجينDBO5 ، كلما كانت نسبة المواد العضوية كبيرة أي زيادة نسبة تلوث المياه القذرة.

كما يمكن تلخيص أهدافه بما يلي :

- تحديد كمية المواد العضوية الممثلة والقابلة للتحلل.
- معرفة قدرة الوسط على القيام بعملية التنقية الذاتية.
- تحديد درجة التلوث العضوي.

ب - اختبار الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO

يعرف بأنه مقدار الأكسجين المستهلك من أجل أكسدة كيميائية للمواد العضوية المسببة لتلوث المياه لكل واحد لتر من المياه، هذه لا تتأثر بفعل الكائنات الحية الدقيقة وغير قابلة للتحلل البيولوجي ومثال ذلك المواد السيليلوزية .ومن أجل أكسدة هذه المواد تستعمل مؤكسدات قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم، وبقياس DCO يمكن الحصول على نتائج سريعة، كما أن هذه العملية لا تحتاج إلى حضن العينات [27].

ت- النيترات ($NO3^-$)

أثبتت الأبحاث الطبية مضار النيترات على الصحة وخاصة على الأطفال بالإضافة إلى تزايد النيترات بشكل كبير في المياه الجوفية والسطحية نتيجة التوسع الكبير في استعمال الأسمدة الآزوتية والكيماوية .

إن تحديد تلوث المياه بالنيترات عملية صعبة نتيجة التحولات المستمرة للأزوت ضمن حلقة متكاملة تعرف بحلقة الأزوت، توضح هذه الحلقة أن النيترات تمثل المرحلة النهائية لأكسدة المركبات العضوية الآزوتية ولذلك فإن وجودها في المياه الملوثة يشير إلى سير عملية التنقية الذاتية، تأتي بالنيترات المتواجدة في المياه الطبيعية بفعل جريان المياه على سطح التربة في مرحلة تشكل الأنهار، يضاف إليها النيترات القادمة مع مياه الصرف، والنيترات الناتجة عن أكسدة البكتريا للفضلات العضوية الآزوتية [27].

ث- النتريت ($NO2^-$)

تمثل شوارد النتريت مرحلة انتقالية من شوارد النيترات وشوارد الألمونيوم ضمن عملية الأكسدة والإرجاع لهما، وذلك فإن شوارد النتريت المتواجدة في الوسط المائي ناتجة عن إرجاع النيترات أو عن أكسدة شوارد الألمونيوم ولا يوجد مصدر طبيعي للنتريت [27].

ج- أرتوفوسفات ($PO4^{-3}$)

ينشأ الفوسفات في المياه السطحية من مصدر طبيعي ومصدر صناعي كالأسمدة، المنظفات الصناعية تتواجد شوارد الفوسفات في الماء بأشكال مختلفة تبعا لقيمة pH الوسط، حيث تكون المياه الطبيعية ذات pH بين(5-8) تحتوي شوارد الفوسفات أحادية وثنائية الهيدروجين ($H_2PO4^-, HPO4^{-2}$) ، يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات غير أن ارتفاع نسبته أكثر من 60 mg/l يؤدي إلى تغير في بنية بعض النباتات كما أن الأسماك تتغذي بالفوسفات المنحل في المياه [27].

I-6 .3 المؤشرات البيولوجية :

تضم بكتيريا الكوليفورم وبكتيريا الكوليفورم البرازية والعوامل الممرضة والفيروسات تتغير مكونات المياه الملوثة ومستويات التركيز مع الوقت حسب الظروف المحلية. وبعض الصناعات ينتج عنها نوع

معين من البكتريا الممرضة مثل المجازر الآلية والبعض الآخر ينتج عنه طفيليات وفطريات مثل مصانع النشا والخميرة. وتحدد الاختبارات البيولوجية على مياه الصرف وجود البكتيريا الممرضة من عدمه بواسطة اختبار نوع معين من الكائنات المؤشرة. وتمثل المعلومات البيولوجية حاجة ملحة لتقييم نوع المعالجة لمياه الصرف قبل التخلص منها إلى البيئة [28] .

I-7. المعايير والتراكز المسموح بها للري

تتضمن الجريدة الرسميةَ الحاملةَ للعدد41 والصادرة بتاريخ الأحد 25 شعبان 1433 والموافق لـ 15 جويلة 2012 قُيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف الصحي المعالجة الموجهةَ للري والموضحةَ في الجدول أدناه [29].

الجدول (2) : قيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف المعالجة الموجهة للري في الجزائر.

المقاييس	القيمة
درجة الحرارة	30°C
PH	6.5-8.5
الناقلية الكهربائية	3 dS/m
المواد العالقة	30 mg/l
الطلب الحيوي للأوكسجين	30 mg/l
الطلب الكيميائي للأوكسجين	90 mg/l
الأزوت	30 mg/l

خلاصة :

عرضنا في هذا الفصل كل ما يخص المياه الملوثة بالأخص مياه الصرف الصحي بالإضافة إلى مؤشرات الملوثات فيها ثم عرجنا إلى المعايير الجزائرية المسموح بها للري.

المراجع

باللغة العربية

[1]: محمد عبد الناصر الزرقة .(2010). تلوث المياه في محافظتي الشمال والوسطى وتأثيراتها على صحة الإنسان،مذكرة ماجستير،الجامعة الإسلامية غزة،ص : 50.

[2]: شهيرة دعدوع. مفهوم البيئة و التلوث. موضوع. 11 ديسمبر, 2018.

[3]: فرج صالح الهريش. جرائم تلويث البيئة. القاهرة : المؤسسة الفرعية للطباعة والنشر، 1998.

[5]: قانون حماية البيئة في إطار التنمية المستدامة . المادة رقم 04 من القانون رقم ،10 -03 ،1992.

[6]: جورجي نسيم ماهر. (2007). تحليل و تقويم جودة المياه ، دار نشأة المعارف جلال حزي و شركاءه

[7]: الشرابي نجم الدين، هابيل منير، أبولبدة زياد، 1987أساسيات الأحياء الدقيقة ـ الجزء العملي ـ المطبعة الجديدة بدمشق، ص: 80ـ 82

[8]: كافي فريدة و بوشنقير إيمان. مقال بعنوان مشكلة تلوث المياه بالمخلفات الصناعية و تحقيق التنمية المستدامة بين النظري و التطبيق. جامعة عنابة.

[9]: عباس مصطفى عبد اللطيف. حماية البيئة من التلوث. الطبعة الأولى : دار الوفاء لدنيا الطباعة و النشر، 2010

[10]: د.محمد صابر. الإنسان و تلوث البيئة. م.ع.السعودية : الدارة العامة للتوعية العلمية والنشر، 2000.

[11]: خالد مصطفى.(2018). الأسمدة الزراعية: استخداماتها وأضرارها. الأرشيف العربي العلمي.

[12]: السعداني عبد الرحمان و السيد عودة ثنائي مليجي .(2118).مشكلات بئية : طبيعتها ـ أسبابها أثارها كيفية معالجتها ، دار الكتاب الحديثة ، ص:55-45.

[13] :عباس مصطفى عبد اللطيف ، الطبعة الأولى (2004).حماية البيئة من التلوث ، دار الوفاء لدنيا الطباعة و النشر / م ب 10/01400

[14]: شريف حمودة. ناقلات البترول... مسامير في نعش البيئة. اسلام اون لاين. 22 /12 ,2002

[15]: بوفالة فطمة، بوفنيش صبرينة. رسالة دكتوراه التلوث البيئي في الجزائر. 2013

[17]: طرابلسي يوسف إبراهيم ، 2111 ،الميكروبيولوجية الزراعية ، جامعة الملك سعود ، النشر العلمي و المطابع ، ع ح / 4831 /10 .

[20]: آغا محمد أحمد مراد. الهندسة البيئية. منشورات جامعة حلب كلية الهندسة المدنية : سوريا، 1988.

[24]: نصر الحايك .(1989). تلوث المياه و تنقيتها , الطبعة الثالثة ، ديوان المطبوعات الجامعية.

[26]: محمد عبد الناصر الزرقة. تلوث المياه في محافظة الشمال والوسطى وتأثيرها على الإنسان2010.

[29]: الجريدة الرسمية الصادرة في يوم الأحد 25 شعبان 1433 الموافق لـ 15جولٌة 2012 الحاملة للعدد 41

المراجع باللغة الأجنبية:

[4]: Bradford., Alina. "Pollution Facts & Types of Pollution. www.livescience.com. [Online] 12 10, 2018.

[16]: RAMADE FRANÇOIS.(1982).éléments d'écologie(écologie appliquée) Mcgraw-Hill , Paris , p372.

[18]: PENG,X. LUO,and al.(2000). Rapid detection of shigella species in environnemental sewage by in immuncapture PCR with universal primers. Journal of applied microbiology 68: pp2580-2583

[19]: SATIN,M.; SELMI,B.(1995).Guide technique de l'assainissement : Evacuation des eaux usées et pluviales conception et composant des réseaux , épuration des eaux et protection de l'environnement, exploitation et gestion des systèmes d'assainissement. ISBN 2-281-1152-0, Edition le moniteur , Paris , pp75-86

[21]: CARDOT,C.(1999).Génie de l'environnement : les traitements de l'eau . Ellipses Edition Marketins S.A.

:[22] O, THOMAS.(1995). Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, . s.l. : Ed Lavoisier Cedeboc.

[23]: Metcalf , Eddy, Inc.(2002). Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th Ed. New York: Mc Graw Hill.

[25] : Rodier, J.(2009). Análisis del agua: Aguas naturales, aguas residuales, aguas marinas, Dunod, 9.ª edición.

[27]: RODIER JEAN,(1996).L'analyse De L'eau (chimie, physico chimie ,microbiologie, biologie, interprétation des résultats) DUNOD paris , 8e édition , pp36-63-745-809

[28]: Haslay C , Leclerc H .(1993). Microbiologie des eaux d'alimentation (Londres New York), Lavoisier. Paris.

الفصل الثاني:
طرق معالجة مياه الصرف الصحى وإعادة استخدامها

II.1 الهدف من معالجة مياه الصرف الصحي.

II.2 طرق معالجة مياه الصرف الصحي.

II.3 ايجابيات وسلبيات مختلف طرق المعالجة.

II.4 إعادة تدوير واستخدام مياه الصرف الصحي.

II.5 مختلف اللوائح المتعلقة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري في الجزائر.

تمهيد

يقصد بمعالجة مياه الصرف الصحي إزالة المواد العضوية وغير العضوية العالقة والمنحلة في الماء ، بالإضافة إلى مختلف النفايات وذلك من اجل الحصول على مياه خالية من الملوثات موافقة لمعايير التصريف .وتهدف المعالجة إلى تصريف مياه غير ملوثة نحو الوسط الطبيعي المستقبل من اجل ضمان عدم تلوثه أو تقليل حدة ذلك [1].

II .معالجة مياه الصرف الصحي:

II- 1- الهدف من معالجة مياه الصرف الصحي [2].

- المحافظة على احتياطي المياه من حيث أن استعمالها في الزراعة أو أي استعمالات أخرى بدلا من المياه الصالحة للشرب.
- يؤدي إلى توفير المياه والتوسع في المساحات الزراعية لإنتاج المحاصيل المتنوعة وبسعر اقل
- يؤدي إلى التقليل من التكاليف المتعلقة بإنتاج واستعمال الأسمدة بسبب وجود العناصر الضرورية للثبات في تلك المياه .
- منع الترسبات ضمن المسطحات المائية.
- منع الأداء والإزعاج الناجم عن مياه الصرف.
- استعمال الحمأة المتحصل عليها في عدة أغراض (كالفلاحة).
- الحفاظ على الصحة العمومية والبيئة.
- استرجاع مياه الصرف من اجل إعادة استعمالها في عدة أغراض مختلفة.
- التقليل من مقدار المادة العضوية.

II- 2- طرق معالجة مياه الصرف الصحي:

بناء على [3] فإنه من الطبيعي أنه لا يمكننا التخلص من مياه مخلفات الصرف الصحي دون معالجتها، نظرا لما يمكن أن تسببه من أضرار فادحة على البيئة والإنسان مثلا: احتمال انتشار الأمراض ، وتلوث بعض المياه المستعملة للسباحة وتسربها إلى مصادر مياه الشرب ، وانتقال المواد السامة والأمراض إلى بعض الأحياء البحرية ، ومن ثم انتقالها للإنسان ،وتلوث البيئة .....الخ.

وفي ضوء ما سبق فقد كان من الضروري معالجة هذه المياه والمخلفات العالقة بها لإزالة أو التقليل من خطرها على البيئة قبل التخلص منها

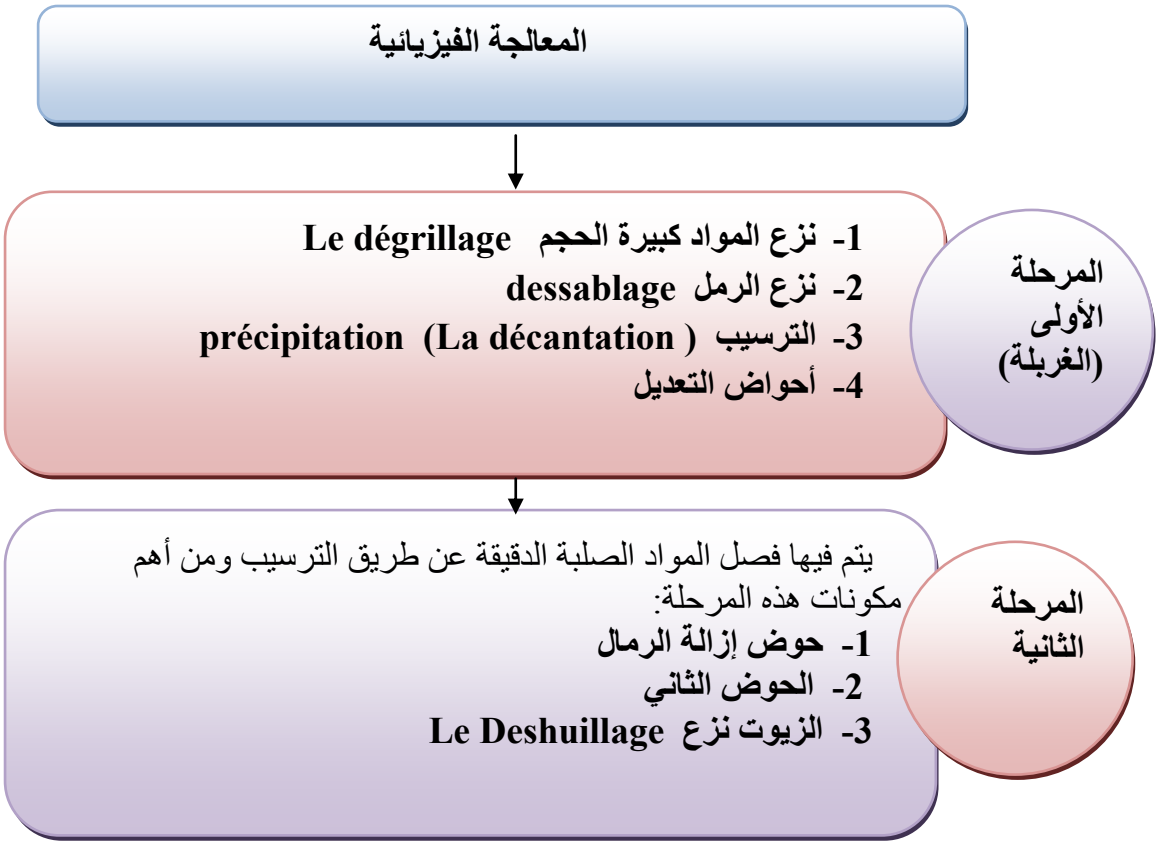
مراحل المعالجة في الميدان: هناك طرق عديدة معتمدة لمعالجة المياه المستعملة سنحاول أن نتطرق إلى أنجع الطرق في تصفية مياه الصرف:

II -1-2 محطات تصفية المياه بطريقة الحمأة المنشطة Les Boues Activées

إن عمليات المعالجة معرفة مبدئيا تبعا لصفات مياه الصرف وطبيعة الوسط المستخدم تتضمن عمليات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة ثلاثة مراحل متتابعة وهي على التوالي:

أ- **المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية)** [4].

فصل الصلب عن السائل وكذلك فصل الأطوار غير المائية مثل الزيت عن الماء

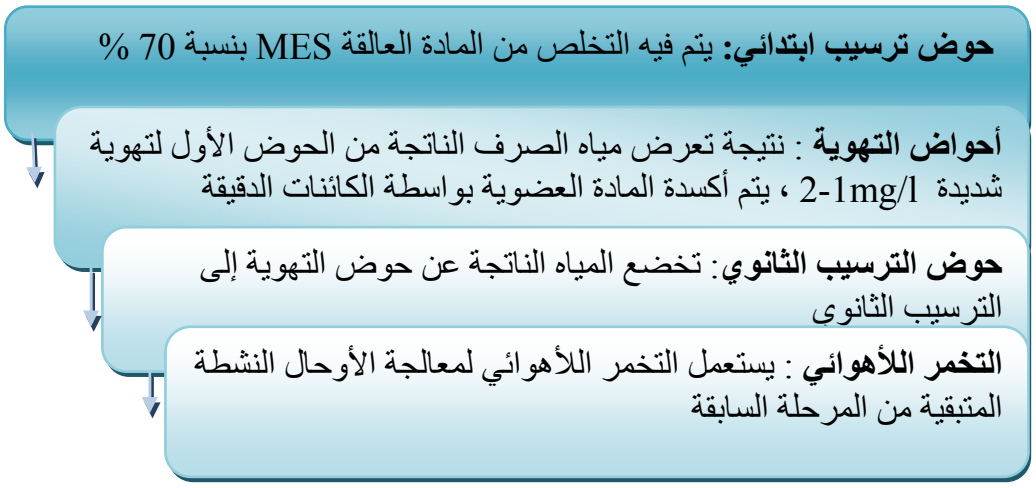


الشكل (3): مراحل المعالجة الفيزيائية (الأولية).

ب-المعالجة البيولوجية Traitement biologique [5].

بعد مرور مياه الصرف بالمرحلة الأولية الفيزيوكيميائية Dessablage. Dégrillage و Deshuilageتخضع للمرحلة الثانية " المعالجة البيولوجية " يتم فيها القضاء على المادة العضوية

القابلة للتحلل من طرف الكائنات الحية الدقيقة وهذا في وجود الهواء وهي تمثل المرحلة الفعالة في المعالجة ككل، أثناء هذه المرحلة تمر المياه بعدة مراحل هي :



الشكل (4): مراحل المعالجة البيولوجية

II -2- 2المعالجة بالبحيرات المهواة Lagunage Aéré :

هي إحدى الطرق المستعملة في معالجة المياه المستعملة والتي تعتمد كمبدأ أساسي في العمل على التدفق والسيلان البطيء للماء .

لإقامة هذا النوع من المحطات نحتاج لتضاريس ومساحات شاسعة تسمح بإقامتها (لهذا يستخدم هذا النوع من محطات التصفية كثيرا في الصحراء) ، لأن المحطة تتكون من أحواض كبيرة جدا وقد يصل عددها من 7إلى 8أحواض أو أكثر حسب طاقة إستعاب كل محطة للمياه المستعملة.

تبدأ العملية بمرحلة أولى من المعالجة (معالجة فيزيائية) نفسها المتبعة في محطات التصفية بطريقة الحمأة المنشطة حيث تنزع الفضلات كبيرة الحجم، الرمال والزيت من الماء، ثم يمر الماء إلى الأحواض (برك)،

التي تكون مجهزة بآلات للتهوية، وهذا بغرض توفير الظروف المناسبة للكائنات الحية الدقيقة والطحالب اللذان يعملان على تفكيك وتحطيم الملوثات والمواد العضوية التي تحملها المياه المستعملة .

وتسمى هذه المرحلة بالمعالجة البيولوجية، كما يسمح كبر حجم البرك بترسيب المواد التي تبقى عالقة في المياه (الوحل)، كذلك لتكون مدة بقاء الماء في البرك لتكون نتيجة المعالجة أكثر فعالية، يمر الماء من بركة إلى أخرى ببطء ونفس العملية التي تحدث في الأحواض الأولى تتم في الأحواض الموالية، ليصل الماء إلى أخر حوض صافي، معالج.

تنتج هذه المحطات كميات قليلة من الحمأة مقارنة بمحطات التصفية الحمأة المنشطة، وعموما كمية حمولة الماء ومساحة كل حوض هي التي تتحكم في كمية الوحل، ويتم جمعه من الأحواض بالشفط من أماكن مخصصة لذلك ويتم ذلك من 3إلى4 سنوات أو حتى خمس سنوات.

والهدف من آلات التهوية الموضوعة في البرك هو تنشيط الأكسدة الهوائية ، والملفت للانتباه هو صغر حجم هذه الآلات وعدده مقارنة مع الموجودة في أحواض التهوية لمحطات التصفية الحمأة المنشطة

II -2. 3.المعالجة بالبحيرات الطبيعية:

المعالجة بالبحيرات الطبيعية هي طريقة من طرق معالجة المياه المستعملة تعتمد على عمليات التنقية الذاتية التي تحدث تلقائيا في المسطحات المائية (الأحواض) حيث تعمل الكائنات الحية الدقيقة على تحليل المادة العضوية وتحويلها إلى عناصر معدنية، تمكن هذه العمليات من الحصول على مردود تنقية بنسبة .90٪إلا أنها حساسة جدًا لدرجة الحرارة ولا: تنطبق كثيرا على المناطق الباردة [6] .

II -2-4 .المعالجة بالنباتات

يطلق على محطات المعالجة بالنباتات والتي تمر فيها المياه الملوثة المعالجة أوليا عبر أحواض مزروعة النباتات(القصب مثلا)بالأراضي الرطبة المصطنعة .تكون أحواض المعالجة في هذه الأنظمة مملوءة بوسط حصوي أو رملي أو مزيج منهما معا.وهي تعرف على أنها مناطق مشبعة بالمياه يتم تصميمها هندسيا (غير طبيعية) بحيث تكون قادرة على إزالة الملوثات من مياه المجاري الخام وبالتالي تحسين مواصفات المياه المعالجة النهائية قبل تصريفها أو إعادة استخدامها.كما أنها تصنف كمرحلة معالجة ثانوية أو ثالثية حسب الاستخدام للأحواض المختلفة (ذات جريان تحت سطحي وسطحي) على اعتبار أن المياه الملوثة الداخلة إليها تكون قد عولجت بشكل أولي .

هناك ثلاثة أنظمة مستخدمة في المعالجة النباتية:

1- أرض رطبة صناعية ذات تدفق أفقي منخفض.

2. أرض رطبة مهيكلة ذات تدفق أفقي مغمور.

3- الأراضي الرطبة المقامة ذات التدفق الرأسي [7].

II – 3.إيجابيات وسلبيات مختلف طرق المعالجة :

الجدول (3) : ايجابيات وسلبيات مختلف طرق معالجة مياه الصرف الصحي [8].

طرق المعالجة	الايجابيات	السلبيات
الحمأة المنشطة	* مناسبة لأي حجم من التجمعات(عدا التجمعات الجد صغيرة) *إزالة جيدة لعوامل التلوث * مناسبة لحماية الأوساط المستقبلة الحساسة *حمأة اقل استقرار *سهولة إزالة الفوسفات في نفس الوقت	* تكاليف استثمار جد عالية * استلاك عالي للطاقة * تحتاج موظفين مؤهلين وكذا إشراف منتظم *حساسة اتجاه الزيادة في الحمولة المائية * إنتاج عالي للحمأة التى يجب أن تكون مركزة
البحيرات الطبيعية	* تبقي التقنية بسيطة ،ولكن إذا لم يتم التنظيف الشامل في الوقت المناسب، فان أداء البحيرة ينخفض بشكل ملحوظ * التخلص الجيد جدا من الجراثيم المسببة للأمراض * تتطلب بناء صعب تتطلب هندسة مدنية بسيطة * غياب التلوث الضوضائي	* التكلفة الاستثمارية تتعلق بطبيعة الأرضية - أداءها اقل كفاءة من الطرق الآخرة من * حيث إزالة المواد العضوية إلا أنها تصرف على شكل طحالب وهي غير مضرة بالطبيعة *جودة المياه تتاثر بالتغيرات الفصلية *محدودية التحكم في التوازن البيولوجي وعمليات التنقية
البحيرات المهواة	* مكنها معالجة مياه صرف صحي عالية التركيز * يكنها معالجة كل مياه الصرف الصحي المنزلية الصناعية القابلة للتحلل معا و في نفس الوقت. تعطّي منظر طبيعي جيد الحمأة المتشكلة تكون مستقرة	* مياه معالجة متوسطة الجودة بالنسبة لجميع عوامل المقاسة. *وجود المعدات الكهربائية يتطلب وجود عامل مختص من اجل الصيانة *ينتج عنها ازعاج سمعي مرتبط بوجود المضخات الهوائية *استهلاك عال للطاقة
المعالجة بالنباتات	طريقة نظيفة ور خيصة.	* تعتمد العملية على نمو النبات, وهذا يجعل الأمر يستغرق وقتا أطول حتى يتم إجراء المعالجة *لكي تتم المعالجة, يجب أن يتم الاتصال بين جذر النبات والملوث, وبالتالي يجب أن يكون قادرا على تمديد جذوره إلى الملوث .

II-4- إعادة تدوير و استخدام مياه الصرف الصحي :

لقد ثبت أن استعادة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة يعد خياراً واقعياً لتغطية العجز المتزايد في المياه والاحتياجات في البلدان ذات الحساسية المائية. الاستخدامات الرئيسية لمياه الصرف الصحي المعالجة هي:

***الاستخدام لمكافحة الحرائق. *أعمال البناء. * لتربية الأسماك.**

*** للاستعمال المنزلي وتنظيف الشوارع .**

*** للأغراض الترفيهية**

استخدم المياه المسترجعة لأغراض ترفيهية تشمل صيانة المناظر الطبيعية و الخزانات الجمالية، احتجاز \المياه والنوافير وصناعة الثلج وتربية السمك وتغذية البحيرات المخصصة للسباحة والصيد والقوارب [9].

*** الاستخدام الصناعي**

هي مصدر مثالي في الاستخدامات الصناعية و ذلك في عمليات التبريد, الغسيل, الشفط, ولكن هذه المياه تسبب مشاكل عدة منها: التآكل, انسداد القنوات بسبب النمو البيولوجي[10].

*** لتغذية طبقات المياه**

تساعد تغذية طبقات المياه الجوفية في المحافظة على مستوياتها وحمايتها من تسرب المياه المالحة،كما تكون طريقة لحفظ المياه للاستعمال المستقبلي. وتكون تغذية المياه الجوفية بالنشر السطحي للمياه المعالجة أو بالحقن المباشر في مجاري المياه الجوفية[9].

***إعادة الاستخدام كمياه للشرب**

يثير استخدام المياه المعالجة للشرب حذرا شديدا، بسبب رفض العامة ومخاطر الصحة والسلامة ومع الأبحاث الشاملة التي أجريت في هذا المجال، يوجه هذا الاستخدام عدة قيود، ولا سيما في وضع معيار مناسب لنوعية المياه.لذلك يقتصر استخدام المياه المعالجة للشرب في الحالات القصوى[8].

*** الري الزراعي**

يمكن إعادة استخدام المياه المعالجة لري المحاصيل والمناظر الطبيعية. وتعتبر نوعية المياه المعالجة وملائمتها لنمو الزرع العامل الأساسي في هذا المجال. ولبعض مكونات المياه المسترجعة أهمية خاصة في الري الزراعي، ومنها التركيزات المرتفعة للجوامد المذابة والمواد الكيميائية السامة والكلور المترسب والمغذيات. ومن الاعتبارات البالغة الأهمية أيضا المخاطر التي يطرحها على الصحة والسلامة العامة، احتمال وجود عوامل ممرضة جرثومية، وديدان وكائنات وحيدة الخلية وفيروسات. وتختلف أهمية هذه العوامل حسب الاستخدام في الري تسويق المحاصيل وتقبل العامة ، وتلوث المياه السطحية والجوفية،وارتفاع تكاليف ضخ المياه المسترجعة إلى الأراضي الزراعية [9].

يجب تأطير شروط إعادة الاستخدام من خلال اللوائح من أجل منع المخاطر الصحية المرتبطة بهذه الممارسة.

لذلك من أجل إعادة الاستخدام بشكل أفضل في الزراعة، يجب أن تفي المياه المعالجة بمعايير معينة لإعادة الاستخدام.

الجدول التالي يلخص استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لمختلف المجالات:

الجدول (4) : إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لمختلف التطبيقات [11] .

القطاع	التطبيقيات
الحضاري	•ري وتنسيق الحدائق العامة ، الملاعب الترفيهية ، ساحات المدارس ، ملعب الجولف ، وسطاء الطرق السريعة والسكنية . •الحماية من الحرائق . •تنظيف المرحاض في المباني التجارية والصناعية. • غسيل السيارة
إعادة الاستخدام الزراعي	•ري المحاصيل غير الغذائية (محاصيل البذور ، المحاصيل الصناعية ، المحاصيل الغذائية المصنعة ،محاصيل العلف ، محاصيل البساتين ، إلخ) والمشاتل التجارية. • ري المحاصيل الغذائية. • .سقي الماشية.
الحجز الترفيهي	•البحيرات والبرك الصناعية
إعادة الاستخدام البيئي	•استحداث أراضى رطبة صناعية وتحسين المستنقعات الطبيعية •استدامة وزيادة تدفقات الأنهار أو المجاري المائية.
إعادة الاستخدام غير الصالح لشرب	•إعادة تغذية المياه الجوفية / استعادة المياه المعالجة لإعادة استخدامها أو تصريفها لاحقاً •إعادة شحن التيارات السطحية المجاورة
إعادة استخدام للشرب	•إعادة الاستخدام غير المباشر لمواد الشرب •إعادة الاستخدام المباشر للشرب
إعادة الاستخدام الصناعي	• عملية التبريد وبرج التبريد وتكوين مياه الغلايات

II -5.مختلف اللوائح المتعلقة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري في الجزائر :

* المرسوم التنفيذي رقم 07-149 المؤرخ في 20 مايو 2007 المنشور في الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية عدد 35 بتاريخ 23 مايو 2007 ، يحدد شروط استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري في شكل امتياز وكذلك المواصفات ينظم هذا المرسوم جميع عمليات استخدام مياه الصرف الصحي النقية ، بناءً على طلب مقدم من صاحب الامتياز موجه إلى الوالي (الشخص الأول المسؤول عن الولاية أو المقاطعة) في المنطقة .يتضمن هذا الطلب اتفاقية مع محطة المعالجة التي تزود المياه العادمة المعالجة.

* المرسوم التنفيذي رقم 09-209 المؤرخ 11 يونيو 2009 الذي يحدد إجراءات منح تصريح تصريف مياه الصرف الصحي غير المنزلية في نظام الصرف الصحي العام أو محطة معالجة مياه الصرف الصحي.

* المرسوم التنفيذي رقم 10-23 الصادر في 12 يناير 2010 بشأن تحديد الخصائص الفنية لأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي.

* القرار الصادر في 30 مارس 2011 بتحديد قائمة المواد الكيميائية الضارة لمعالجة وتصحيح المياه للاستهلاك الآدمي.

* القرار الصادر في 30 مارس 2011 بضبط قائمة محطات العمل المعنية بالمتابعة الطبية للأشخاص العاملين على مستوى أشغال ومنشآت استغلال خدمة عامة للمياه.

خلاصة

تطرقنا في هذا الفصل إلى موضوع معالجة مياه الصرف الصحي والهدف من المعالجة، كما تحدثنا عن مختلف طرق المعالجة ومجالات إعادة استخدام المياه بعد معالجتها.

المراجع

المراجع باللغة العربية

[2] : طرابلسي يوسف إبراهم . (2000). المكروبيولوجية الزراعة ، جامعة الملك سعود ، النشر العلمي و المطابع ، ع ح / 6730 /01 .

[6]: أ.د/فرج بوبكر المبروك – أهمية معالجة مياه الصرف الصحي بالطرق الطبيعية في المناطق الجافة و الشبه جافة

[7] :كريستيان و جورثان .(2008). كتاب نظم وتقنيات الصرف الصحي،الكفاءة العملية في الإدارة المستدامة للمياه الصرف الصحي،المركز الدولي لخدمات إدارة المياه في الشرق الأوسط .

[8]: عيدة مير و غمام نواس حمزة.(2011). دراسة مساهمة محطة معالجة مياه الصرف بالبحيرات المهوات في حماية البيئة - واد سوف. مذكرة مهندس دولة في البيئة والمحيط. كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة، جامعة العربي بن مهيدي . أم البواقي.

المراجع باللغة الأجنبية

[1]: Bachi O E K .(2010). Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du gardin d'épuration de station du vieux ksar Témacin. Mémoire présenté en vue de L'obtention du diplôme de magister. Ouargla : Université Kasdi Merbah.

[3]: NIANG ,S. (1999) . Utilisation des eaux usées brutes dans l'agriculture urbaine au Sénégal. Bilan et perspectives. In agriculture urbain en Afrique de l'Ouest . Une contribution à la sécurité alimentaire et à l'assainissement des villes.

[4]: SATIN,M.; SELMI,B. (1995).Guide technique de l'assainissement : Evacuation des eaux usées et pluviales conception et composant des réseaux , épuration des eaux et protection de l'environnement, exploitation et gestion des systèmes d'assainissement.

[5]: KONE.D.(2002). Epuration des usées par lagunage a microphytes et à macrophytes en afrique de l'Ouest et de centre : Etat des lieux performances épuration et critères de dimensionnement.

[**9]**: Qasim .(1999). Wastewater treatment plants: planning, design and opération. 2éme Éd. Lancaster, Pensylvania Technomic Publishing Company.

[10]: Rowe D R , Abdel magid I H.(1995) . Handbook of wastewater reclamation and reuse. Boca Raton: Lewis.

[11]: Jasim, Saad & Saththasivam, Jayaprakash & Loganathan, Kavithaa & Ogunbiyi, Oluwaseun & Sarp, Sarper. (2016). Reuse of Treated Sewage Effluent (TSE) in Qatar. Journal of Water Process Engineering.

الفصل الثالث:
استعمالات مياه الصرف الصحي المعالجة في القطاع الزراعي وشروطها

III.1 أهمية مياه الصرف الصحي المعالجة

III.2 معايير جودة مياه الصرف الصحي للري

III.3 الاستعمالات النموذجية لمياه الصرف الصحي المعالجة في المجالات الزراعية

III.4 اختيار المحاصيل على مستوي المحيط المروي

III.5 طرق الري بمياه الصرف الصحي المعالجة

III.6 شروط استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة

III.7 الجوانب البيئية المرتبطة باستخدام مياه الصرف الصحي في الري

تمهيد

تعد المياه المعالجة مورداً دائماً من نتاج الجهد البشري ويمكن استخدامها في ري المحاصيل الزراعية أو ري المساحات الخضراء العامة الحدائق وملاعب الغولف أو مكافحة الحرائق أو في العمليات الصناعية الغسيل، التبريد، ...إلخ. وينبغي أن تكون إعادة استخدام المياه المعالجة متوافقة مع مستويات الجودة الكيميائية والميكروبيولوجية وفقاً للمعايير الدولية. وإعادة استخدام المياه تعد وسيلة فعالة لتطوير الاقتصاد الزراعي للدول التي تعاني نقصاً في الموارد المائية الطبيعية.

الجدول أدناه يمثل كمية المياه العادمة المعالجة والمستخدمة للري في بلدان الشرق الأدنى

الجدول(5) : بلدان الشرق الأدنى التي تستخدم أكبر كميات من مياه الصرف الصحي المعالجة[1].

البلد	كمية المياه العادمة	النسبة من مجموع المياه المستعملة	النسبة من المياه المسحوبة في البلد
مصر	200	16.7	0.36
الكويت	52	4.3	9.67
السعودية	217	18.1	1.28
سوريا	370	30.8	257
الإمارات المتحدة	108	9	5.12
البلدان الأخرى 24	253	21.1	0.06

III مياه الصرف الصحي في القطاع الزراعي:

III-1.أهمية مياه الصرف المعالجة :

تعتبر المياه العادمة وغيرها من المياه ذات الجودة الرديئة مهمة في سياق الإدارة الشاملة لموارد المياه . من خلال تحرير موارد المياه العذبة للإمداد المحلي والاستخدامات الأخرى ذات الأولوية ، تساهم إعادة الاستخدام في الحفاظ على المياه والطاقة وتحسين نوعية الحياة. يمكن أن يكون لمياه الصرف نتائج زراعية إيجابية. علاوة على ذلك ، يمكن أن يكون لنظم استخدام المياه العادمة ، عندما يتم التخطيط لها والتحكم فيها بشكل صحيح ، تأثير بيئي وصحي إيجابي ، إلى جانب زيادة المحاصيل الزراعية. ومع ذلك ، فإن يمكن أن يكون لإعادة استخدام المياه العادمة آثار ضارة على البيئة والصحة العامة[1].

III- 2 معايير جودة مياه الصرف الصحي للري :

خصائص الجودة الكيميائية والفيزيائية متطابقة لأي مياه ري. في هذا الصدد ، يمكن استخدام المبادئ التوجيهية العامة الواردة في(الجدول 2و3 ملحق 1) لتقييم المياه العادمة المعالجة المستخدمة لأغراض الري من حيث المكونات الكيميائية مثل الأملاح الذائبة ومحتوى الصوديوم والأيونات السامة. يظل الإجراء كما هو مع أنواع المياه الأخرى.

الملوحة

في معظم البلدان ، تعتبر المياه المستخدمة لإمدادات البلدية من أعلى جودة المياه المتاحة وعادة ما تكون منخفضة الملو.حة. ومع ذلك ، في ظل ظروف ندرة المياه ، يمكن أن تكون الملوحة مشكلة. كمية ونوع الأملاح الموجودة مهمة في تقييم ما إذا كانت المياه العادمة المعالجة مناسبة للري. ترتبط المشكلات المحتملة بمحتوى الملح الكلي أو نوع الملح أو التركيز المفرط لعنصر أو أكثر

القلوية

تشتت طور التربة الغرينية ، الاستقرار الكلي ، بنية التربة ، ونفاذية الماء كلها حساسة جداً لأنواع الأيونات القابلة للتبديل الموجودة في مياه الري. إن الزيادة في قلوية التربة ، والتي يمكن أن تحدث مع مياه الصرف المعالجة بسبب تركيز الصوديوم العالي ، تقلل من نفاذية التربة ، خاصة على السطح . فان معدل الاتشاح يزيد أو ينقص مع مستوى الملوحة.

سمية الأيونات المحددة

أكثرا لأيونات السامة التي توجد عادة في مياه الصرف المعالجة هي الصوديوم (Na) والكلوريد (Cl) والبورون (B) والتي تسبب أكثر حالات السمية شيوعاً. البورون هو أحد العناصر الأساسية للمحاصيل ؛ ومع ذلك ، فإن تركيزات B التي تزيد عن (0.5 mg/l) قد تكون سامة للمحاصيل

العناصرالنزرة والمعادن الثقيلة :

هذه هي المشكلة الرئيسية في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في البلدان ذات الصناعات الثقيلة.المعادن التي قد تكون موجودة في مياه الصرف الصحي (Zn،Cd، Cu، Mo ، Ni) يمكن أن تشكل خطراً صحياً كبيراً على الإنسان والحيوان ويمكن أن تؤثر أيضاً على المحاصيل المروية. تتراكم هذه المعادن ، في معظم الحالات ، في النبات ويمكن أن تؤثر سلباً على البشر أو الحيوانات الأليفة التي تتغذى على هذه النباتات. لهذا السبب ، حددت العديد من البلدان المتقدمة الأحمال القصوى المسموح بها من المعادن الثقيلة على الأراضي الزراعية .

III- 3.الاستعمالات النموذجية لمياه الصرف الصحي المعالجة في المجالات الزراعية:

- ري المروج الخضراء المخصصة لاستجمام العامة.
- ري المروج الخضراء غير المخصصة لاستجمام العامة.
- ري المزروعات غير المخصصة للأكل والتي لا تلامس الناس.
- ري نباتات الزينة التجارية.
- ري المحاصيل الغذائية التي لا تؤكل نيئة.
- ري المحاصيل الغذائية التي تنمو فوق سطح الأرض ولا تلامس مياه الري.
- ري المراعي.

III-4. اختيار المحاصيل على مستوى المحيط المروى :

يعتمد اختيار المحاصيل بشكل أساسي على مستوى معالجة مياه الصرف الصحي ونوعية المياه النقية التي تغادر محطة المعالجة أو حوض التخزين ،إتباع معيار إعادة استخدام المياه النقية المعمول به. بعد ذلك ، هناك عوامل أخرى تلعب دورًا ، وهي: الخصائص المناخية ، المهنة الزراعية ، نظام الري وإدارة بعض المخاطر مثل الملوحة والتسميد والعناصر السامة التي ستحدد الاختيار.الجدول الموالي يبين بعض المحاصيل التي يمكن ريها بالمياه العادمة المعالجة.

الجدول (6): قائمة المحاصيل التي يمكن ريها بمياه الصرف الصحي المعالجة ف الجزائر (مقتطفات الجريدة الرسمية رقم 41 للمرسوم التنفيذي رقم 07-149 الصادر في يناير 2012) [2].

مجموعات المحاصيل التي يمكن ريها بمياه الصرف الصحي النقية	قائمة المحاصيل
أشجار مثمرة **(*)**	نخيل التمر ، كرمة ، تفاح ، خوخ ، كمثرى ، مشمش ، اسكدنيا ، كرز ، برقوق ، نكتارين ،رمان ، تين ، راوند ، فول سوداني ، جوز ، زيتون.
حمضيات	الجريب فروت والليمون والبرتقال مندرين واليوسفي والليمون.
محاصيل علفية **(**)**	لبرسيم والذرة وعلف الذرة والبيقية والبرسيم
محاصيل صناعية	الطماطم الصناعية ، الفول ، قطب البازلاء ، الشمندر السكر والقطن والتبغ والكتان.
محاصيل الحبوب	قمح والشعير والشوفان
محاصيل إنتاج البذور	بطاطا والفول والبازلاء.
نباتات مزهرة للتجفيف أو للاستخدام الصناعي	شجيرة الورد ، السوسن ، الياسمين ، البردقوش وإكليل الجبل

(*) يسمح بالري بمياه الصرف الصحي النقية بشرط إيقاف الري لمدة أسبوعين **(**)** على الأقل.

قبل الحصاد. لا يتم التقاط الثمار المتساقطة على الأرض ويجب إتلافها [2].

(**) الرعي المباشر في الأراضي المروية بمياه الصرف الصحي النقية ممنوع منعا باتا لمنع أي تلوث للماشية وبالتالي تلوث المستهلكين [2].

III- 5 . طرق الري بمياه الصرف الصحي المعالجة [1].

يلعب الري دورًا أساسيًا في زيادة وتثبيت غلة المحاصيل.الثقافات. في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، يعتبر الري ضروريًا للزراعة مجدي اقتصاديًا، بينما في المناطق شبه الرطبة يكون الري غالبًا تطبق على بعض المحاصيل بالإضافة إلى هطول الأمطار.

لتصميم مشروع الري ، يجب أن يكون لدى المزارع والمصمم معلومات كافية عن :

- توافر وطبيعة الموارد المائية.
- نوع التربة وخصائص الأراضي المراد ريها.
- نوع المحاصيل المراد ريها واحتياجاتها المائية.
- اختيار التقنية ونظام الري.

III-5-1. الطرق السطحية (التقليدية)

- الري بالغمر (عن طريق السرير أو بالحوض) ، يرطب سطح الأرض بالكامل تقريباً
- الري بالأنبوب.
- الري بالأخدود (أو الأخدود) ، يتم ترطيب جزء من سطح الأرض .

تستخدم هذه الطرق في ما يقرب من 95 ٪من المناطق المروية في جميع أنحاء العالم. فهي غير مكلفة وسهلة الفهم والتنفيذ. إنها مناسبة للعديد من البلدان النامية ، خاصة إذا لم تكن المياه هي العامل المحدد للإنتاج الزراعي.

III-5-2.طرق الري بالضغط :

مرشات (مرشات عالية السعة ، مرشات صغيرة عادية ومرشات. ترطب المحاصيل والتربة بنفس طريقة ترطيبها بالمطر.

تقطر(نقطة أو نظام الري الموضعي). الميزات الرئيسية للنظام هي:

- كفاءة تطبيق عالية. إذا تم استخدامها بشكل صحيح ، فمن المحتمل أن تكون أفضل طريقة للري في الأماكن التي تمثل فيها ندرة المياه مشكلة.
- الطريقة المناسبة للتعامل مع المشاكل المصاحبة لملوحة مياه الري وقلوية التربة
- هذه الطريقة آمنة وقد تكون الواعدة للري بمياه الصرف ، خاصة إذا كانت المعالجة كافية لمنع انسداد الفتحات.
- التقليل من ملامسة مياه الصرف الصحي للمزارعين والمحاصيل المروية.
- لا يتشكل الهباء الجوي ، وبالتالي لا يحدث تلوث للغلاف الجوي والمنطقة القريبة من الحقول المروية.

III-5-3.الري الجوفي. لم يتم استخدام هذا النظام بعد مع مياه الصرف الصحي، ولكن يمكن أن يكون مفيداً للري بمياه الصرف الصحي ذات الجودة الرديئة والمخاطر الصحية العالية. يمكن أن يوفر الري تحت السطحي والري الموضعي حماية صحية أفضل.

III-5-4.الري بالفقاعات .تدفق.في حالة وجود خطر الانسداد، يكون هذا النظام أكثر ملائمة من الري بالتنقيط والرشاشات الصغيرة.

يعتمد اختيار طريقة الري باستعمال مياه صرف صحي معالجة على المعايير التالية:

- نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة.
- نوعية المحصول واحتياجاته المائية.
- نوع التربة.
- الخلفية المهنية والمهارات التي يتمتع بها المستخدم وقدرته على استعمال طرائق ري متنوعة.
- إمكانية حدوث ضرر صحي على المستخدم أو الوسط المحيط الاجتماعي أو البيئي.

III-6- شروط استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة: [3].

III-6-1.شروط استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للري بشكل عام:

- يجب أن تكون مياه الصرف الصحي المعالجة المراد استعمالها في الري مطابقة للمواصفة القياسية
- يجب إجراء تحليل للخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة بالمزارع المستفيدة من مياه الصرف الصحي المعالجة في مختبرات وزارة الزراعة أو أحد المختبرات المعتمدة لديها لرصد وتقييم آثار استخدام هذه المياه على التربة
- يحظر وصل أو ربط أنابيب مياه الصرف الصحي المعالجة بأنابيب شبكة الآبار داخل المزارع
- نبغي تمييز أنابيب مياه الصرف الصحي المعالجة عن غيرها من الأنابيب باستعمال لون مميز أو أشرطة مميزة.
- جب أن يتوفر في كل نظام ري يستعمل مياه الصرف الصحي المعالجة لوحات تحذيرية مثبته في أماكن واضحة مكتوب عليها "تحذير: مياه صرف صحي معالجة– للري فقط

III-6-2.شروط استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للري غير المقيد:

يجب أن تكون مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة للري غير المقيد مطابقة للمعايير القياسية الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة.

III-6-3.شروط استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيد

- يجب أن تكون مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة للري المقيد مطابقة للمواصفات القياسية الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري علما بان هذه المواصفات تتضمن تقسيم المياه المعالجة إلى أنواع بحيث يسمح كل نوع منها لري أنواع محدد من المزروعات.
- يجب أن تكون الحقول المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة بعيدة عن آبار المياه وخزانات مياه الشرب بمسافة لا تقل عن (50 m)

- تجنب استخدام طرق الري بالرش للمحاصيل الحقلية والأعلاف بمياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيد إن كان هنالك أشجار مثمرة أو خضار على مسافة أقل من (60 m) متراً من الحقل المروي.

* **الري المقيد** :ري جميع أنواع المحاصيل باستثناء الخضراوات، والمحاصيل الدرنية، والنباتات التي تلامس ثمرتها المياه المعالجة، سواء كانت تؤكل طازجة أو مطبوخة.

* **الري غير المقيد** :ري جميع أنواع المحاصيل بدون استثناء.

III-7-الجوانب البيئية المرتبطة باستخدام مياه الصرف الصحي في الري

III-7-1- فوائد بيئية [1].

عندما يتم استخدام المياه العادمة بشكل صحيح للأغراض الزراعية ، بدلاً من أي استخدام آخر ، يمكن تحسين البيئة. فيما يلي بعض الفوائد البيئية:

• يمنع التخلص من التصريف في المياه السطحية إمكانية حدوث حالات جمالية غير سارة ،والظروف اللاأهوائية في المجاري المائية وإغناء البحيرات والخزانات بالمغذيات.يوفر الحفاظ على الموارد المائية فوائد للمستخدم مثل إمدادات المياه والحفاظ على المسطحات المائية للاستخدام الترفيهي.

• .تطرح حماية موارد المياه الجوفية في المناطق التي تتعرض فيها هذه الموارد للاستغلال المفرط للزراعة مشكلة نضوب وتدخل الإسفين الملحي.

• إمكانية المحافظة على التربة وتحسينها بإضافة الدبال إلى الأراضي الزراعية ومنع الانجراف.

III-7-2-الآثار السلبية المحتملة على البيئة [1].

يمكن أن يكون لاستخدام المياه العادمة في الري آثار سلبية على البيئة وصحة الإنسان. المخاطر البيئية الرئيسية المرتبطة بالمياه العادمة هي :

• إدخال المواد الكيميائية في النظم البيئية الحساسة (التربة والمياه والنباتات بشكل أساسي).

•انتشار الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض.

III-7-3-التأثيرات على الأرض [1].

هذه الآثار ذات أهمية خاصة للمزارعين لأنها يمكن أن تقلل من إنتاجية وخصوبة وغلة أراضيهم .يجب أن تظل التربة عند مستوى جيد من الخصوبة الكيميائية والفيزيائية ، من أجل السماح بالاستخدام المستدام على المدى الطويل والزراعة المربحة. المشاكل المتوقعة على مستوى الأرض هي:

• تملح

•القلوية وتقليل نفاذية التربة .

•تراكم العناصر السامة .

•تراكم المغذيات.

III-7-4-التأثيرات على المحاصيل:

قضية السمية النباتية وإدارتها إلى جانب التأثير الكلي لبعض مكونات مياه الصرف الصحي على المحاصيل المروية مثل الملوحة ،يمكن أن تخلق مياه الصرف سمية بسبب التركيز العالي لبعض العناصر مثل البورون وبعض المعادن الثقيلة. يحدد نخر الأوراق أعراض سمية البورون في المحاصيل الحساسة للبورون.تمت مناقشة جوانب السمية بمزيد من التفصيل فيما يتعلق باستخدام حمأة الصرف الصحي في الزراعة [1].

خلاصة

عرضنا في هذا الفصل استعمالات مياه الصرف الصحي المعالجة في القطاع الزراعي مع تبيين أهميتها وشروط استخدامها بالإضافة إلى أثرها على التربة والنبات .

المراجع

المراجع باللغة العربية

[3]: د.م. حسن الزعبي .استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة مراجعة جامعة الدول العربية .2014

المراجع باللغة الأجنبية

[1]: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture Bureau régional pour le Proche-Orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord Irrigation avec des eaux usées traitées - Guide de l'utilisateur, septembre 2003

[2]: Journal Officiel n°41du décret exécutif n°07-149, publiés en Janvier 2012

الفصل الرابع:
تحليل دراسات سابقة ومناقشة أهم نتائجها

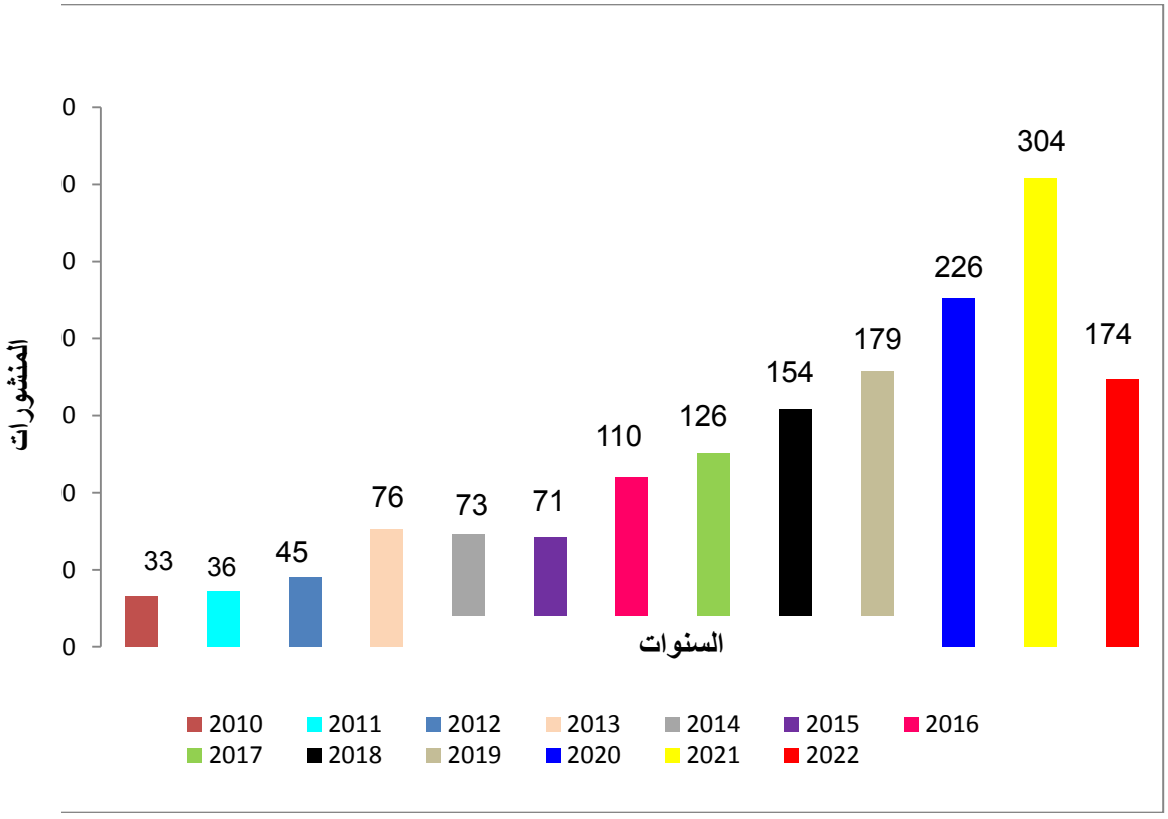
1.IV تحليل الدراسات السابقة

2IV. تحليل ومناقشة للمقالات العلمية المدروسة

تمهيد

إن الحاجة الماسة إلى المياه لمختلف الأغراض من طرف الإنسان المتزامن مع انخفاض معدلات هطول الأمطار إذ أصبحت مشكلة ندرة المياه والصراع على امتلاكها من أهم مشاكل المناطق التي تعاني من الجفاف حول العالم مما أدي إلى البحث عن مصادر غير تقليدية مثل مياه الصرف الصحي .حيث نجحت العديد من البلدان في إعادة تدوير موارد المياه العادمة لديها لاستكمال طلبها الإجمالي على المياه كما هو متاح في الأدبيات. نستعرض في هذا الفصل تحليل ومناقشة ما يقارب 20 مقالة علمية خلال السنوات الإثنى عشر الأخيرة ممتدة من 2010 إلى 2022 حول موضوع إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة بمختلف أنواعها في الري الزراعي.

وخلال بحثنا على المنشورات المتعلقة بإعادة تدوير المياه العادمة واستغلالها في الزراعة في قاعدة البيانات (Science direct) لاحظنا وجود 1607 مقال الموضحة في المدرج التكراري أدناه.



الشكل (5) : مدرج تكراري يوضح عدد المنشورات العلمية حول استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في القطاع الزراعي (Science direct) .

1.IV. تحليل الدراسات السابقة:

☜دراسة تحليلية (1):

عنوان المقالة: * إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري[1]

أجريت هذه الدراسة بهدف تقييم جودة المياه المعالجة وإمكانية تدويرها والاستفادة منها.حيث تم إجراء التحاليل اللازمة والعوامل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لتحديد طبيعة مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة، تم تصنيف المياه طبقا لمخطط مختبر الملوحة الأمريكي **(ليبيا. 2010)**

الجدول (7): جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة

نوع المياه	مياه صرف صحي منزلية		
المعالجة	بطريقة أحواض التهوية والحمأة المنشـــــطة		
اخذ العينات	تم جمع عينات من مياه الصرف الصحي الغير معاجلة الواردة إلى المحطة على مدار اليوم أسبوعيا أي بمعدل أربع عينات شهرية، بالمثل تم جمع عينات من مياه الصرف الصحي المعالجة في اليوم التالي من أخذ العينات.		
بعض الخواص	قبل المعالجة	بعد المعالجة	الكفاءة %
Tem.◦C	27.35	24.91	/
pH	7.11	6.86	/
EC µS /cm	1269.8	1227.8	/
[BOD] mg/l	288.5	8.85	96.6
[COD] mg/l	485.60	30.97	93.60
[SS] mg/l	202.5	5.2	97.4
$[PO_4^{-3}]$ mg/l	6.99	4.92	30
$[Ca^{+2}]$ (meq/l)	982	1.02	/
$[Mg^{+2}]$ (meq/l)	59.2	1.04	/
$[Na^{+}]$ (meq/l)	844	2.90	/
$[CO_3^{-}]$ (meq/l)	663	0.42	/
$[HCO_3^{-}]$ (meq/l)	962	0.30	/

تركيز المعادن الثقيلة في المياه المعالجة mg/l									
Co	**Zn**	**Ni**	**Mn**	**Pb**	**Fe**	**Cu**	**Cr**	**Cd**	**Bo**
0.10	**0.56**	**0.09**	**0.12**	**0.028**	**2.95**	**0.080**	**0.030**	**0.021**	**0.37**

نسبة إدمصاص الصوديوم SAR	تساوي (8.03meq/l) وهي مؤشر على صلاحية المياه المعالجة وإمكانية تدويرها
ملوحة المياه المعالجة (µS/ cm)	تم تصنيف المياه في القسم C3 – S1 وهي مياه عالية الملوحة وتتراوح (750-2250) ويمكن استخدامها في ري الأراضي عالية النفاذية وجيدة الصرف

نتيجة الدراسة:

اتضح أن هذه المياه تم معالجتها بدرجة عالية من الكفاءة وخلوها من الملوثات ذات التأثيرات السلبية على

التربة أو النبات لذا يمكن استخدامها في الري بشكل آمن للأحزمة الخضراء والغابات وري الحدائق ومتنزهات وزراعة النباتات العلفية .

دراسة تحليلية (2):

عنوان المقالة :

Utilization of treated sewage wastewater for green forage production ina hydroponic system [2]

أجريت هذه الدراسة بهدف تأثير الري بمياه الصرف الصحي المعالجة على أنتاج الأعلاف الخضراء وجودتها وكفاءة استخدام الماء بالمقارنة مع الري بالمياه العادية أو المخلوطة. حيث تم اختيار صنف الشعير المحلي لهذه الدراسة واستخدام 3 أنواع من المياه للري (T1 مياه الصرف الصحي المعالجة ، T2مياه عادية،T3مزيج من مياه الصرف ومياه عادية) **(الأردن. 2010).**

الجدول (8): جدول استقرائي يوضح تأثير مياه الصرف المعالجة والمياه العادية على علف الشعير

المياه المستخدمة	مياه صرف صحي معالجة باستخدام البحيرات الطبيعية	
نوع النبات المزروع	صنف الشعير	
نظام الزراعة	الزراعة المائية	
الري	ثم ري صواني الزراعة مرتين يوميا من كل نوع ماء	
معدل البذر	4.0 kg/m2	
بعض الخواص	مياه العادمة المعالجة	مياه الصنبور
EC (dS/m)	01.13	0.48
pH	7.82	7.84
$[BOD_5]$ (mg/L)	10	-
[COD] (mg/L)	25	-
$[NO_3$-N] (mg/L)	30	10
[Na] (ppm)	500	81.1
[Cl] (mg/L)	134	23
(Cr) (ppm)	0.0090	0.0039
(Cd) (ppm)	0.0032	0.0005
(Ni) (ppm)	0.0063	0.0003
(Pb) (ppm)	0.0147	0.0041
تحليل أعداد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض	لم تظهر شتلات علف الشعير وجود أي ميكروبات مسببة للأمراض	

مياه الري	T1	T2	T3
ارتفاع الشتلة (cm)	22.7	18.7	20.3
محصول العلف الأخضر (ton/ he)	320	224	276
محصول العلف الجاف (ton/ he)	54.4	37.9	45.2
نسبة المنتج	6.00	4.74	5.02

تركيز المغذيات المعدنية في علف الشعير

(mg/g)	Mn	Zn	Na	Ca	Mg	K	P	N
T1	12.1	5.36	3.10	2.68	4.12	9.26	5.52	43.8
T2	9.5	5.58	2.50	3.19	3.78	8.63	6.05	40.3
T3	11.7	6.14	2.84	2.94	4.05	9.39	5.65	39.8

تركيز المعادن الثقيلة في علف الشعير

(ppm)	Cd	Cr	Ni	Pb
T1	0.032	0.08	0.47	0.903

T	0.020	0.11	0.057	0.433
T3	0.028	0.09	0.240	0.647

نتيجة الدراسة:

أظهرت النتائج أن استخدام المياه المعالجة كان لها تأثيرا فعالا في إنتاج الأعلاف الخضراء والذي بلغ 320(tons/he) مقارنة مع 276(tons/he) و 224 تحت ظروف الري بالمياه المخلوطة والعادية على التوالي. وبينت النتائج كذلك أن الري بالمياه المعالجة أدى إلى زيادة كفاءة استخدام المياه في أنتاج الأعلاف الخضراء، حيث تم استخدام (m^3) 1.26 من المياه لإنتاج طن واحد من العلف الأخضر.

☜دراسة تحليلية رقم (3):

عنوان المقالة: تأثير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري على بعض الخواص الكيميائية للتربة ونمو محصول القمح (ليبيا .2014-2015) [3].

أجريت هذه الدراسة لبحث مدى مناسبة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري محصول القمح وتأثيرها على خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية حيث تم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لمعاملات مختلفة : *مياه عذبةW1 *خليط مياه الصرف مع مياه عذبة بنسبة 50% W2 *خليط بنسبة 67% مياه صرف و33% مياه عذبة W3 *مياه الصرف الصحي المعالجةW4

الجدول (9):جدول استقرائي وضح تأثير المياه العادمة المعالجة والمياه العادية والمختلطة على التربة ومحصول القمح

نوعية التربة	**تم استخدام نوعين من التربة: * تربة رملية S1 * رملية طميةS2**								
نوع النبات	محصول القمح								
العينة	72 عينة من التربة								
العمق	(110-55،55-25، 25-0) (cm)								
خواص مياه الري	pH	EC	Na	Ca	Mg	HCO3	Cl	Pb	Fe
W1	7.49	200	4.6	0.2	0.2	0.6	0.5	1.35	1.03
W2	7.84	250	6.5	0.5	0.7	1.0	1.0	1.5	1.11
W3	7.94	260	6.9	0.6	0.5	1.0	1.0	0.6	1.09
W4	7.71	290	8.6	0.3	0.4	0.8	0.7	0.98	0.97\
التربة	PH	EC (µS/cm)	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	Cl (meq/l)	HCO_3^- (meq/l)	Fe (mg/l)	Pb (mg/l)
S1	7.45	475	0.79	0.63	7.71	1.4	1.22	1.47	0.91
S2	7.49	486	0.75	0.61	7.63	1.9	1.21	1.39	1.42
بكتيريا القولون الغائطية	أظهرت مياه الصرف الصحي (W4) أكثر إضافة للبكتيريا القولونية								
عوامل نمو القمح في التربة الرملية والتربة الرملية الطمية									
	طول النبات (cm)	طول السنبلة (cm)	و. ج. للسنبلة (ton/ he)	و. ج. الخضري (ton/ he)	و. ج .الجذري (ton/ he)				
S1	53.3	14.74	4.91	6.19	22.34				
S2	53.4	15.54	4.28	5.77	2.16				
تأثير نوعية الماء على مكونات نمو القمح									
	طول النبات (cm)	طول السنبلة (cm)	و.ج. للسنبلة (ton/ he)	و.ج.الخضري (ton/ he)	و.ج.الجذري (ton/ he)				
W1	47.3	13.47	3.61	4.72	1.68				

W2	57.37	15.58	4.82	6.5	2.73
W3	53.50	15.15	5.39	6.73	2.67
W4	55.35	16.38	5.56	6.97	2.52

نتيجة الدراســـة:

*أن نوعية المياه المستخدمة جميعها كانت ضـــمن الحدود الآمنة لمعيار منظمة الأغذية العالمية (FAO) لمياه الري.

*وجود زيادة في نسبة الرصاص عن الحد المسموح به.

* أظهرت مياه الصرف الصـــحي زيادة متوســـطات عوامل نمو القمح مقارنتا بالمياه العذبة لغنى مياه الصـــرف الصـــحي بالمادة العضـــوية والمغذيات التي يحتاجها النبات.

* أن استخدام مياه الصـــرف الصـــحي المعالجة لم تؤثر تأثيرا واضحا على الخوض التربة الفيزيائية التي تم دراستها.

ومنه إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري المحاصيل الزراعية مع ضرورة وجود نظام مراقبة جيد.

☜ دراسة تحليلية رقم(4):

عنوان المقالة

تقييم بعض خصائص مياه الصرف الصحي المعالجة في محطة النعيمية(الفلوجة.)

ا -تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة.[4]

صممت هذه التجربة تحديد الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة **(العراق. 2012).**

الجدول (10):جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي المعالجة لمحطة النعيمية الفلوجة بالعراق

نوعية المياه	مياه الصرف الصحي					
جمع العينات	عينة واحدة أسبوعيا					
pH	7.51					
EC(dS /m)	4.03					
TDS	3114					
$(mg.L^{-1})$ TSS	149					
تركيز الايونات الموجبة والسالبة (mg /l)						
$[SO4^{-2}]$	$[Cl^{-}]$	$[K^{+}]$	$[Na^{+}]$	$[Mg^{+2}]$	$[Ca^{+2}]$	
790	380	24.2	524.4	138.3	2835	
تركيز المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي (mg /l)						
$[Cu^{+2}]$	$[Zn^{+2}]$	$[Mn^{+2}]$	$[Pb^{+2}]$	$[Cd^{+2}]$	$[Ni^{+2}]$	$[Fe^{+2}]$
0.019	0.021	0.122	0.033	0.004	0.030	0.058
تراكيز النترات والامونيوم والفسفور في مياه الصرف الصحي $(mg.L^{-1})$						
$[NH_4]$	$[NO_3]$		[P]			
21.2	15.0		6.4			

نتيجة الدراسة :

*ارتفاع قيم المواد الصلبة العالقة الكلية وقيم المواد الصلبة الذائبة الكلية والتي هي اعلي من الحدود المسموح بها،لكن هذه القيم تسمح لاستخدام هذه المياه لإغراض الري .

*تراكيز الايونات الموجبة والسالبة لمياه الصرف عالية.

*احتواء مياه الصرف الصحي على ايونات ذات خطورة بيئية مثل النترات والامونيوم والفسفور المعدني

☜دراسة تحليلية رقم (5):

عنوان المقالة:

Characterisation of Treated Wastewater of M'Zab Valley for Reuse in Irrigation (Southern Algeria) [5] .

يهدف هذا العمل إلى دراسة إمكانية إعادة استخدام النفايات السائلة المعالجة للري **(الجزائر. 2013 - 2015)**.

الجدول (11): جدول استقرائي يوضح خصائص مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة لمحطة واد مزاب غرداية بالجزائر

نوعية المياه	**مياه صرف صحي منزلية**						
طريقة المعالجة	نظام البحيرات الطبيعية						
العينة	تم اخذ العينات أسبوعيا						
الموقع	4						
نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية mg/l							
	TSS	O_2	S	EC (µS/cm)	TH	°C T	
قبل المعالجة	143.1	3.1	2.2	3820	7.6	21.2	
بعد المعالجة	55.7	5.2	2.1	3172	8.1	20.2	
mg/l	$PO4^{-3}$	$NO3^{-}$	NO_2	$NH4^{+}$	BOD_5	COD	
قبل المعالجة	3.6	1.4	0.5	30.7	189.4	395	
بعد المعالجة	3.0	0.6	0.4	31.7	53.5	152.5	
نتائج التحليل البيكتريولوجي لمياه الصرف المعالجة (CFU/100 ml							
Total coliform (TC)	202						
Faecal coliform (FC)	7.5						

نتيجة الدراسة:

* أن المياه المعالجة ذات نوعية رديئة ، والتي لا يمكن استخدامها إلا لبعض الأنواع المقاومة للملوحة والتربة جيدة التصريف والرشح. بالإضافة إلى ذلك ،يبدو أن محطة معالجة مياه الصرف الصحي المدروسة تتطلب معالجة إضافية لتحسين جودة المياه المعالجة.

*كانت كفاءة إزالة الجيد من BOD 61% وCOD 72% وTSS 60%

☜دراسة تحليلية رقم (6):

عنوان المقالة:

Prolonged irrigation with municipal wastewater promotes apersistent and active soil microbial community in a semiarid agroecosystem [6].

أجريت هذه الدراسة :

*لتقييم تأثير الري طويل المدى(حتى 45 عام) باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على بنية المجتمع الميكروبي للتربة والنشاط الميكروبي والخصائص الفيزيائية والكيميائية، مقارنة بالتربة المروية بمياه العذبة.

*التأكد من العلاقات بين أي تحولات في التجمعات الميكروبية للتربة والتغيرات الحيوية والكيميائية والميكروبيولوجية التي يسببها نوع الري **(اسبانيا .2013).**

الجدول (12):جدول استقرائي يوضح تأثير الري طويل المدى بمياه الصرف المعالجة على التربة مقارنة بمياه العذبة بجنوب شرق اسبانيا

نوع المياه	**مياه صرف صحي الحضرية**							
طريقة معالجة المياه	المعالجة الثانوية بواسطة الحمأة النشطة							
نوع المحصول	شجرة برتقال							
صنف التربة	Xerorthent							
طريقة الري	الري بالتنقيط							
كمية المياه المستخدمة في الري	700-650 l^3							
العينات	تم جمع عينات التربة من جذور الأشجار الفردية في تصميم عشوائي بثلاث مكررات ، تتكون من ست عينات فرعية ، لكل معالجة ري: الري بمياه الصرف الصحي المعالجة والري بالمياه العذبة.							
خصائص المياه	مياه الصرف المعالجة			المياه العذبة				
pH	8.2			7.8				
EC (µS /cm)	3088			1800				
BOD(mg /l)	13			-				
COD (mg /l)	52			-				
SAR	5.43			2.97				
(mg/l)	Zn	Mn	Cl^-	Na^+	Mg^{+2}	K^+	Na^{+2}	
مياه معالجة	0.01	0.02	460	275	42	20	125	
المياه العذبة	-	-	300	132	41	3	82	
(mg/l)	SS	P	B	Fe	$NO3^-$	$SO4^{-2}$	TN	
مياه معالجة	22	2.5	0.5	0.07	0.25	320	43	
مياه عذبة	-	-	-	-	-	150	-	
		Helminth eggs		Salmonella detection			Total coliform	

(cfu/100 ml)		$(n\circ l^{-1})$	
12 × e+5	Negative	<1	مياه معالجة
0	Negative	0	المياه العذبة

لخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة المروية المياه العذبة والمياه العادمة

PH	EC ($\mu S/cm$)	AS (%)	WHC (%)	TOC (gkg^{-1})	WSC (μgCg^{-1})_	
8.2	411	43	52.2	16.1	125	مياه عذبة
7.9	499	64	52.5	24	159	المياه المعالجة
Available P($\mu g/g$)	Cmic ($\mu g/g$)	Dehydrogenase ($\mu g/g$)	Urease ($\mu m g^{-1}h^{1}$	Phosphatase ($\mu mol.g^{-1}h^{1}$)	Glucosidas (μ mol $PNPg^{-1}h^{1}$)	
188	427	89.9	1.92	1.49	1.64	مياه عذبة
258	383	106.9	2.73	1.86	2.31	المياه المعالجة

نتيجة الدراسة:

*الاستخدام طويل المدى لمياه الصرف الصحي المعالجة شجع على أنشاء مجتمع ميكروبي محدد وثابت كان أكثر نشاطاً وظيفياً ،مما أدى إلى تغيير تكوين المجتمع الميكروبي الأصلي للتربة

* أدى الاستخدام طويل الأمد لعامل الماء المعالج إلى زيادة ملوحة لم يكن لنوع الري أي تأثير على تركيز الكتلة الحيوية الميكروبية .

☜دراسة تحليلية رقم(7):

عنوان المقالة

Effects of irrigation with treated agro-industrial wastewater on soil chemical characteristics and fungal populations during processing tomato crop cycle [7].

أجريت هذه التجربة لدراسة آثار إعادة استخدام مياه الصرف الصحي الزراعية المعالجة للري ، مقارنة بالمياه الجوفية التقليدية ،ومراقبة الخصائص الكيميائية للتربة ومجموعات الفطريات أثناء نمو محصول الطماطم **(ايطاليا .2012).**

الجدول (13):جدول استقرائي يوضح تأثير الري بمياه الصرف الصناعية الزراعية المعالجة على التربة ومحصول الطماطم

المياه المستخدمة لري	**مياه الصرف الصحي الصناعية الزراعية المعالجة** **مياه الجوفية**							
طريقة معالجة	بواسطة الحمأة المنشطة							
التربة	تربة طينية							
العمق	(30-30،15-0، 15-0)(cm)							
النبات	محصول الطماطم							
طريقة الري	الري بالتنقيط							
عينات المياه	3 عينات من كلا مصدري الري							
حجم الماء في كل ري	يتراوح ($300\ m^3he^{-1}$ - $100\ m^3ha^{-1}$)							
خصائص الماء المستعملة للري								
pH	EC ($ds.m^{-1}$)	TSS (mgl^{-1})	[Na^+] (mgl^{-1})	K^+ (mgl^{-1})	[Ca^{+2}] (mgl^{-1})	Mg^{+2} (mgl^{-1})	SAR	
7.63	0.69	3.26	33.53	9.35	52.82	8.90	1.13	**GW**
7.76	2.18	16.21	219.85	41.17	85.27	10.25	5.99	**WW**
COD	BOD_5	NH_4-N	NO_3-N	Phenols	$CO3^{-2}$	$HCO3^-$	PO_4-P	**(mgl^{-1})**
18.44	9.33	0.04	29.06	0.07	171.50	257.89	0.10	**GW**
39.73	21.58	0.39	1.20	0.13	193.67	254.23	0.29	**WW**
خواص التربة المروية بالمياه المستعملة للري								
pH	[Na^+] (mg/kg)	K^+ (mg/kg)	[Ca^{+2}] (mg/kg)	Mg^{+2} (mg/kg)	EC($ds.m^{-1}$)			
8.30	705	762	4152	290	0.44			**S GW**
8.06	1039	790	4197	306	1.05			**S WW**
SAR	NO_3-N	NH_4-N	P_2O_5	OM (%)	**(mg/l)**			
2.8	10.2	14.7	147.5	1.97	**GW**			
3.5	12.83	21.2	181.4	1.99	**WW**			
تأثير نوعية المياه على الصفات الكمية والنوعية لثمار								
MY ($mgha^{-1}$)	MYP ($kgplan^{-1}$)	DM (% FM)	MD (cm)	CI	SSC (°Brix)	pH	**N ($mg\ 100\ g^{-1}$)**	

GW	1.32	4.54	5.73	1.03	4.22	7.44	3.06	82.88
WW	0.92	4.35	5.53	0.97	4.44	7.52	2.9	79.05

نتيجة الدراسة:

*تتميز إعادة استخدام المياه العادمة المنبعثة من الصناعات الزراعية المتخصصة في معالجة الخضروات بمستويات أعلى من العديد من المعلمات الكيميائية ، بما في ذلك (TSS و EC و COD و BOD5 و Na و K و Ca ...الخ) بالمقارنة مع المياه الجوفية. أدى هذا إلى حدوث زيادات في المعلمات المتعلقة بتركيزات الملح الذائب في التربة (Na ، EC، SAR)

*إعادة استخدام النفايات السائلة الصناعية الزراعية لري المحاصيل يمكن أن توفر أيضًا مركبات عضوية قابلة للتحلل البيولوجي بسهولة (TSS) وقابلة للامتصاص بسهولة.

☜دراسة تحليلية رقم(8):

عنوان المقالة:

Analysis of Gray Water Recycling by Reuse of Industrial Waste Water for Agricultural and Irrigation Purposes [8]

الهدف من الدراسة هو جدوى إعادة استخدام المياه العادمة من المستوطنات الصناعية للأغراض الزراعية والري **(إيران .2017).**

الجدول (14): جدول استقرائي يوضح بعض خواص مياه الصرف الصناعي المعالجة لمحطة أصفهان بإيران

نوعية المياه	مياه صرف صحي صناعية
طريقة المعالجة	/
الموقع	/
العينة	/
BOD5	93 mg / L
COD	164 mg / L
TSS	162 mg / L
SO4	315 mg / L
pH	8.3

نتيجة الدراسة:

أظهرت نتائج الدراسة أن القيم المتوسطة لمعايير الجودة التي تم فحصها من مياه الصرف لمحطة المعالجة هي ضمن النطاق القياسي والحدود للأغراض الزراعية والري بخلاف BOD5 وCOD مما قد يؤدي إلى أداء بيئي غير مرغوب فيه لهاتين المعلمتين

☜دراسة تحليلية رقم (9):

عنوان المقال:

Impact of treated sewage water on nutrient status of alfisols and vegetable crops [9]

أجريت هذه الدراسة لتحديد تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على مغذيات التربة ومحاصيل الخضر **(الهند 2012).**

الجدول (15): جدول استقرائي يوضح تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على التربة ومحاصيل الخضر في الله آباد بالهند

العينة	**3 من الماء 5 من التربة**						
الموقع	3						
العمق التربة	(30-15 , 15-0) (cm)						
أنواع النبات	**الفجل والقرنبيط الجزر والسبانخ البطاطا**						
الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الصحي من المواقع المختلفة							
	Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	EC $(ds.m^{-1})$	pH	
(Ganjia)1	1.86	1.29	0.06	2.10	1.18	7.24	
(Arail)2	1.67	1.13	0.04	1.90	1.07	7.56	
(Dandi)3	1.00	0.64	0.02	1.08	0.91	7.81	
متوسط الخصائص في التربة المروية بالمياه المعالجة في عمقين (0-15 و 15-30)							
				15-0	30-15		
EC (dS/ m)	1			0.34	0.30		
	2			0.33	0.30		
	3			0.28	0.24		
OC (٪)	1			1.90	1.59		
	2			0.92	0.71		
	3			0.74	0.55		
N $(kg.ha^{-1})$	1			339.40	332.70		
	2			283.00	276.90		
	3			254.60	249.30		
P $(kg.ha^{-1}$ 楢)	1			33.35	31.91		
	2			28.80	26.81		
	3			24.40	22.58		
K $(kg.ha^{-1})$	1			255.32	246.60		
	2			240.18	231.05		
	3			217.54	211.63		
Mn (mg/kg)	1			31.97	30.79		
	2			26.24	25.83		
	3			22.67	21.74		
Zn (mg/kg)	1			114.47	111.96		
	2			96.72	96.01		
	3			93.47	93.02		
Fe	1			96.93	96.49		

(mg/kg)	2	85.78	85.13			
	3	79.06	77.60			
محتوى المغذيات في الخضروات في مواقع مختلفة (mg/kg)						
	المغذيات	جزر	فجل	سبانخ	قرنبيط	بطاطا
الموقع1 Ganjia	N	4.03	4.43	4.56	4.40	4.96
	P	0.31	0.55	0.73	0.51	0.83
	K	3.10	3.33	3.80	3.10	4.33
	Mn	25.36	23.70	32.40	18.80	15.10
	Zn	249.90	282.30	296.80	179.30	170.03
	Fe	316.20	221.03	213.80	153.30	140.63
الموقع2 Arail	N	3.16	3.83	3.96	3.73	4.13
	P	0.24	0.40	0.61	0.37	0.67
	K	2.50	2.70	3.20	2.53	3.76
	Mn	18.36	16.96	28.26	12.83	13.00
	Zn	210.76	230.33	251.08	120.30	141.33
	Fe	299.36	180.80	151.30	110.46	114.70
الموقع3 Dandi	N	2.90	2.53	3.46	3.07	3.56
	P	0.22	0.32	0.51	0.30	0.55
	K	2.03	2.20	2.70	2.03	3.03
	Mn	11.23	10.16	20.43	9.63	8.66
	Zn	185.33	200.70	220.90	105.70	100.13
	Fe	149.90	110.23	100.50	70.30	81.20

نتيجة الدراسة:

*عينات المياه من جميع المواقع كانت قلوية مع EC اقل من الحدود الآمنة.

*أظهرت عينات التربة والنبات من جميع المواقع الثلاثة أن Ganjia سجلت أعلى قيمة لتوصيل الكهربائي ، والكربون العضوي (OC) (٪) ، و K،P،N ، وتركيز المغذيات الدقيقة (Mn، Zn و Fe) بينما سجل أقل تركيز عند Dandi يليه Arail.

*عينات التربة التي تم جمعها من المواقع الثلاثة كانت قلوية. أظهرت حالة المغذيات (N و P و K) أعلى قيمة في البطاطس في المواقع الثلاثة ، بينما أظهر Mn وZn أعلى قيمة في السبانخ والحديد في الجزر.

خلصت الدراسة إلى أن مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الري لها تأثير إيجابي على حالة المغذيات في التربة وكذلك في محاصيل الخضر.

☜دراسة تحليلية رقم (10):

:عنوان المقالة

Assessment of quality and potential reuse of wastewater treated with conventional activated sludge [10]

أجريت هذه الدراسة :

*بهدف تقييم أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة الحمأة المنشطة .

* تحديد ما إذا كانت جودة مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطة معالجة مياه الحسيمة تتوافق حالياً مع المعايير الوطنية الدولية **(المغرب .2019)**.

الجدول (16): جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي المنزلية قبل وبعد المعالجة لمحافظة الحسيمية بشمال المغرب

نوعية المياه	مياه صرف صحي منزلية		
الطريقة	المعالجة بواسطة الحمأة المنشطة		
العينات	تم أخذ العينة في منطقتين مدخل ومخرج المحطة		
بعض الخواص	المدخل	المخرج	الكفاءة %
Tem.◦C	20.53	24.38	
pH	بين7.62 -7.97	بين 7.33-8.53	
EC (µS/cm)	2761	2241	
BOD_5(mg /l)	572	120	95
COD (mg /l)	860	25	96
TSS (mg/l)	360	19	95

محتويات المغذيات					
(mg/l)	TP	$NO2^-$	$NO3^-$	$NH4^+$	TN
المدخل	8.79	0.45	1.83	44.58	83.90
المخرج	4.84	0.12	4.73	0.38	480

نتيجة الدراسة:

اتضح أن جميع المعايير التي تم تحليلها تقريباً تتوافق مع اللوائح الوطنية والدولية الخاصة بمعالجة مياه الصرف الصحي .من درجة التلوث الفيزيائي الكيميائي .

☜دراسة تحليلية رقم (11):

عنوان المقالة:

Assessment of potential health risks due to heavy metals through vegetable consumption in a tropical area irrigated by treated wastewater [11].

كان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تركم المعادن الثقيلة والمخاطر المختلفة على صحة الإنسان المرتبطة باستهلاك الخضراوات الملوثة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة والمياه المختلطة حيث تم استعمال حقلين زراعيين وتم استخدام نوعين من المياه مياه صرف صحي معالجة WWTو مياه مختلطة MWWT (صرف صحي معالجة+مياه عذبة) **(الهند 2012).**

الجدول (17): يجدول استقرائي يوضح تأثير الري المباشر والغير مباشر بمياه الصرف المعالجة على التربة و النباتات بمنطقة بهاجوانبور بالهند

المياه المستعملة	مياه صرف صحي معالجة +مياه صرف معالة مختلطة									
العينة	تم اخذ 3 عينات من كل الماء والتربة والخضار									
نوع التربة	تربة غرينية جيدة الصرف									
النباتات	7 خضار شائعة (البطاطا.الفجل.القرنبيط.كرنب.خردل.ثوم. سبانخ)									
العمق	(10-0 cm)									
المواقع	2									
	خصائص الماء ($mg.L^{-1}$)									
	Co	Cr	Ni	Cd	Zn	Pb	BOD	DO	EC (ms)	pH
WWT	0.003	0.13	0.12	0.15	0.29	0.27	140	5.14	0.23	7.43
MWWT	0.02	0.11	0.11	0.13	0.22	0.22	120	4.21	0.18	7.62
	خصائص التربة المروية بمياه الصرف المعالجة والمياه المختلطة									
mg/kg	Co	Cr	Ni	Cd	Cu	Zn	Pb	P	OC(%)	Nt(%)	pH
WWT	1.38	7.60	6.56	0.53	10.36	38.60	14.60	72.17	3.18	0.27	7.48
MWWT	1.14	5.99	5.12	0.49	8.81	32.33	12	50.20	2.78	0.15	7.64
	تركز المعادن في الخضار ($mg\ kg^{-1}$)									
الخضار	الماء	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr	Co		
البطاطا	MWWT	4.73	3.88	3.05	0.45	1.28	1.85	0.26		
	WWT	5.43	4.88	3.95	0.42	1.43	2.52	0.28		
سبانخ	MWWT	5.14	25.10	5.23	0.53	1.35	3.05	1.09		
	WWT	6.33	28.67	5.78	0.67	1.57	3.93	1.29		

فجل	MWWT	4.36	9.80	2.92	0.62	1.08	3.14	1.20
	WWT	4.62	13.23	3.16	0.66	1.14	3.42	1.39
ثوم	MWWT	3.86	13.57	2.00	0.52	1.05	4.14	1.33
	WWT	3.5	16.17	2.15	0.58	1.15	4.37	1.44
خردل	MWWT	5.33	21.50	1.3	0.61	1.20	3.81	1.24
	WWT	5.93	25.10	1.56	0.71	1.29	3.55	1.40
كرنب	MWWT	5.73	26.57	1.05	0.71	1.39	4.27	1.15
	WWT	6.53	24.33	1.19	0.85	1.47	4.75	1.05
قرنبيط	MWWT	6.24	34.53	1.29	0.73	1.65	5.21	1.06
	WWT	5.46	37.77	1.25	0.79	1.83	5.86	1.30

نتيجة الدراسة:

كانت الخضروات المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي بهاجوانبور ملوثة بشكل كبير بالمعادن الثقيلة. في كلتا المعالجات ، كان محتوى الرصاص والكادميوم في جميع الخضروات أكبر من المعيار الهندي ومعيار منظمة الأغذية والزراعة .

☜دراسة تحليلية رقم(12):

عنوان المقالة:

Health risks of heavy metal exposure and microbial contamination through consumption of vegetables irrigated with treated wastewater at Dubai, UAE [12].

أجريت الدراسة الحالية لتقييم تأثير بعض المعادن الثقيلة على التربة والخضروات الورقية والجذرية والفاكهة بعد الري بمياه الصرف الصحي المعالجة **(الإمارات 2013-2015).**

الجدول (18): جدول استقرائي يوضح تأثير المعادن الثقيلة على التربة والخضروات الورقية بعد الري بمياه الصرف المعالجة بمنطقة أكبا بالإمارات

المياه المستخدمة لري	مياه صرف صحي البلدية المعالجة بواسطة برك التثبيت		
التربة	تربة كربونية ذات ملوحة ($0.2\ dS\ m^{-1}$)		
العينات	/		
العمق	/		
نظام الري	الري بالتنقيط السطحي		
النباتات المزروعة	(باذنجان ،جزر، خس ،سبانخ ، طماطم، فجل)		
خصائص المياه المعالجة			
بكتريا قولونية (CFU/100 ml)	2	EC (dS/m)	1.9
العقدية البرازية (CFU/100 ml)	3	N-NH3(mg/l)	9.7
مجموع القولونيات (CFU/100 ml)	460	Nitrate nitrogen (mg/l)	16.6
Turbidity NTU	1	Phosphate phosphorus (mg/l)	2.42
Residual chlorine (mg/l)	<0.2	K (mg/l)	20.7
TSS (mg/l)	11	BOD (mg/l)	9
Cu (mg/l)	0.2	COD (mg/l)	44
Zn (mg/l)	0.27	Cr (mg/l)	0.2

تراكم المعادن في التربة (mg/kg)						
Cd	Cr	Cu	Pb	Fe	Ni	Zn
3.4	16.7	5.4	29.2	13.06	40.9	12.4

نتيجة الدراسة:

* كان عامل النقل (TF) في الخضروات المختلفة ،بترتيب تنازلي Fe< Zn< Cr< Cu.
* لوحظ أعلى TF للحديد في الخس ، وتم الحصول على أدنى مستوى TF لـ Cr في الباذنجان (0.06) كان متوسط قيمة TF للنحاس أعلى (0.17) في الفجل والسبانخ .
كانت قيمة TF لـ Zn هي الأعلى (0.48) في السبانخ وكانت الأدنى (0.07) في الفجل. وبالمثل ، كانت قيمة TFلبعض المعادن الثقيلة منخفضة نسبيًا ، حيث كانت قيمة TF لـ Cr هي الأعلى (0.13) في الخس والأدنى (0.002) في الباذنجان.

*لوحظت أعلى كمية من بكتيريا T. coliform في السبانخ يليها الفجل.
*كل الخضروات سجلت نفس المستويات من البكتيريا القولونية التي كانت في حدود 9.56-9.77
*تم العثور على أعلى مستوى من التلوث الجرثومي للإشريكية القولونية في الجزر (34.87
تليها الباذنجان ، والخس ، والطماطم والتي تراوحت بين 9.44-9.73. لوحظ أدنى مستوى من الإشريكية القولونية في السبانخ والفجل في حدود 6.11 - 6.27

دراسة تحليلية رقم(13):

عنوان المقالة:

Quality of wastewater reuse in agricultural irrigation and its impact on public health [13]

تقييم هذه الدراسة جودة المياه العادمة المعالجة المراد إعادة استخدامها كمصدر تكميلي لري المحاصيل للتوسع الزراعي وتقارنها بمعايير ري المناظر الطبيعية **(المملكة السعودية الرياض 2014)**.

الجدول (19): جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي المعالجة لمحطة المملكة السعودية العربية

المياه المستعملة	مياه الصرف
طريقة المعالجة	تمت المعالجة ي 3 عمليات المعالجة الأولية: باستخدام غرف الفرز والحبيبات المعالجة الثانوية: بواسطة عملية الحمأة المنشطة المعالجة الثالثية: البحيرات الطبيعية
العينات	12

التحليلات الفيزيائية والكيميائية لعينات مياه الصرف الصحي التي تم جمعها من محطة معالجة مياه الصرف الصحي البلدية

	CaCo3 mg/l	COD mg/l	BOD mg/l	TSS mg/l	TDS mg/l	EC µs/cm	Turbidit NTU	pH
الماء	160	213	56	52	1.220	1.700	6.7	7.36
الري غير مقيد	-	50	10	10	2.500	-	5.0	8.4-6
الري المقيد	-	-	40	40	2.500	-	5.0	8.4-6

	Tno mg/l	NO3-N mg/l	NH3-N mg/l	residual chlorine mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	PO4-P mg/l
الماء	9.8	9.0	.2	0.4	319	146	3.4
الري غير المقيد	-	10	5.0	0.5	100	600	-
الري المقيد	-	10	5.0	0.5	-	-	-

تراكيز المعادن الثقيلة في مياه الصرف mg/l

	Co	Fe	Zn	Cd	Cr	Mn	Cu	Pb	Ni
الماء	-	0.141	0.103	-	0.001	0.017	-	0.005	0.002
غيرمقيد	0.05	0.5	4.0	0.01	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2
مقيد	0.05	5.0	4.0	0.01	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2

نتيجة الدراسة :

*كان متوسط تركيزات النيكل والرصاص والمنغنيز والكروم والزنك والحديد 0.002 و 0.005 و 0.017و 0.001 و 0.103 و 0.141على التوالي .لم تحتوي أي من عينات مياه الصرف الصحي البلدية على النحاس أو الكادميوم أو الكوبالت .كل هذه العينات كانت ضمن المواصفات السعودية التي حددتها وزارة المياه والكهرباء

*. بيسمح الري غير المقيد بسقي المحاصيل الغذائية للاستهلاك البشري والتي تؤكل غير مطبوخة

*يقتصر الري المقيد على ري الأشجار والأعلاف والألياف ومحاصيل البذور
فإن محطة معالجة مياه الصرف الصحي البلدية التي تم مسحها لم تكن ملتزمة تماماً بالمعايير السعودية المحددة من قبل وزارة المياه والكهرباء

☜دراسة تحليلية رقم (14):

عنوان المقالة:

Wastewater reuse and mapping of irrigable soils: Case of Sidi Bel Abbes City, Algeria [14]

يهدف هذا العمل إلى تقييم المياه العادمة المعالجة من محطة معالجة الحمأة المنشطة في مدينة سيدي بلعباس (شمال غرب الجزائر) اللازمة لإعادة استخدامها في الري **(الجزائر. 2014-2017)**.

الجدول (20): جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف الصحي المعالجة لمحطة سيدي بلعباس بالجزائر

نوعية المياه	**مياه صرف صحي**							
طريقة المعالجة	بواسطة الحمأة المنشطة							
الموقع	2							
العينات	عند مدخل ومخرج محطة المعالجة							
بعض خواص مياه الصرف عند مدخل ومخرج المحطة ($mg \cdot dm^{-3}$)								
	PO4	NO3	NO2	NH4	SS	COD	BOD	
مدخل					**728.7-542**	769	359	
مخرج	2.30	0.14	0.055	3.37	10-9.33	56.37	26.25	
نتائج التحليل لمياه الصرف الصحي المعالجة								
SAR	EC ($\mu S \cdot cm^{-1}$)		Na^{+} ($mg \cdot dm^{-3}$)		Mg^{+2} ($mg \cdot dm^{-3}$)		Ca^{+2} ($mg \cdot dm^{-3}$)	
4.95	1417		220		29		102	
المعادن الثقيلة في مياه الصرف المعالجة (mg/l)								
Pb	TZn	TNi	Mn	TCr	TCu	Cd	Co	Hg	Fe
0.01	0.002	0.01	0.006	0.005	0.005	0.01	0.01	0.01	0.01

نتيجة الدراسة:

* تشير التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية التي أجريت على العينات المأخوذة في بداية ومحطة معالجة مياه الصرف الصحي في الفترة بين 2014 و 2017 إلى أداء تنقية جيد.

* قيم الأس الهيدروجيني التي تم الحصول عليها في مياه الصرف المعالجة محايدة تقريباً ومقبولة للري.

*مستوى الملوحة لمياه الصرف الصحي المعالجة معبراً عنه بمتوسط التوصيل الكهربائي ($\mu S \cdot cm^{-1}$ 1417) ، ووفقًا للتصنيف الأمريكي ، تم تصنيف هذه المياه في فئة C3.

*تبلغ قيمة SAR (معدل امتصاص الصوديوم) حوالي 4.95 ، لذلك تحتوي مياه الصرف الصحي المعالجة على كمية صغيرة من الصوديوم.

*ظهر التحليل الميكروبيولوجي في محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة سيدي بلعباس مستوى مقبولاً من القولونية الكلية والبرازية.

*تتمتع المياه الخارجة من محطة المعالجة في مدينة سيدي بلعباس بجودة ميكروبيولوجية جيدة وفقاً للقانون الجزائري [Arrítè. interministèriel 2012]الذي يحدد المواصفات لمياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة لأغراض الري.

☜دراسة تحليلية رقم (15):

عنوان المقالة :

Impact of treated urban wastewater for reuse in agriculture on crop response and soil ecotoxicity [15]

تهدف الدراسة الحالية إلى التحقق من الآثار قصيرة المدى لكل من مياه الصرف الصحي المعالج المخفف وغير المخفف ، المحملّ بالمعادن السامة ،مع مقارنة بالمياه العذبة ، على الأراضي الزراعية والمحاصيل الغذائية. حيث تم استخدام 3 مصادر للري: المياه العذبة (C) ومياه الصرف المعالجة (T1) ومياه الصرف المعالجة المخففة 50 (T2) **(تونس 2013).**

الجدول (21): جدول استقرائي يوضح تأثير الري المباشر والغير مباشر بمياه الصرف الصحي المعالجة على المحاصيل بمنطقة صفاقس بتونس

مياه الصرف	**مياه صرف صحي حضرية**
طريقة المعالجة	الحمأة المنشطة
النباتات المزروعة	طماطم، الخس، الفجل
التربة	تربة السطحية الرملية الطينية
الزراعة	تمت الزراعة في زجاجات بلاستيكية
العينات	تم أخذ العينات في المرحلة الخضرية 60 يوماً بعد الزراعة لنباتات الطماطم و 30 يوماً بعد البذر لنباتات الخس والفجل
العمق	/
الموقع	/

خصائص المياه المستعملة للري (mg/l) / (EC mS cm^{-1})

الماء	Ni	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	T_N	T_P	BOD_5	COD	EC	pH
C	-	-	-	0.2	2	2.1	6.1	-	10.7	-	-	5.92	6.9
T1	0.92	0.69	2.0	1.46	6.3	4.2	15.48	69.7	14.3	312	1210	9.12	8.2
T2	0.53	0.31	1.2	0.74	4.7	2.6	9.0	38.3	8.7	155	72.3	8.3	8

تراكم المعادن الثقيلة في النباتات (في الجذر1 والبراعم2) (mg kg^{-1})

	Ni		Cd		Zn		Pb		Fe		Mn		Cu	
	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
الفجل	-	-	-	-	5.3	4.2	-	-	21.6	20	3.2	2.3	0.8	0.6
C	0.62	0.4	0.36	0.21	7.1	6.1	0.8	0.41	28.3	25.8	6.3	4.5	1.2	0.9
T1	0.41	0.28	0.19	0.11	6.7	4.9	0.41	0.21	25.3	22	4.81	3.9	0.97	0.72
T2	0.10	0.03	0.05	0.01	0.02	0.03	0.10	0.02	1.03	1.00	0.31	0.21	0.12	0.27
طماطم	-	-	-	-	5.5	4.2	-	-	21.3	20	3.1	2.28	0.75	0.58
C	0.73	0.51	0.35	0.21	7.6	5.8	0.73	0.39	24.7	25.6	6.18	4.38	1.1	0.88

T1	0.47	0.22	0.17	0.11	6.68	4.71	0.39	0.2	24.2	22.2	4.7	3.76	0.87	0.74
T2	0.10	0.03	0.05	0.02	0.23	0.30	0.09	0.2	0.84	0.10	0.31	0.23	0.10	0.04
خس	-	-	-	-	6	4.1	-	-	22.4	21.6	3.4	2.3	0.87	0.68
C	0.7	0.54	0.37	0.22	8	6	0.8	0.43	29	26.2	6.7	4.8	1.45	0.98
T1	0.5	0.31	0.2	0.13	6.95	5	0.42	0.22	26.8	23.1	5.1	3.8	0.96	0.83
T2	0.09	5.	0.04	0.05	0.22	0.30	0.08	0.03	1.20	1.01	0.31	0.23	0.10	0.03

معلمات نمو نباتات الفجل والطماطم والخس تحت ثلاث معالجات الري

	مساحة الأوراق (cm^2)	عدد الأوراق لكل نبات	البرعمFW (g)	الجذر FW (g)	البرعم DW (g)	الجذر DW (g)
فجل	161.3	10.3	344.5	191	182.4	115.6
C	76.8	6.9	120.8	144.3	43.6	51.2
T1	122.4	10	177.6	149.3	94.3	69.4
T2	19.1	1.1	5.9	5.2	5.1	4.9
طماطم	33.6	11.2	291.3	78.4	201.8	31.6
C	17.1	9.2	211.2	59.7	99.8	12.4
T1	30.2	11.1	271.6	61.2	153.4	23.7
T2	9.6	2	12.9	9.5	8.1	4.2
خس	181.3	11.2	403	91.9	316.3	51.74
C	62.8	8.2	341	63.0	259.1	24.2
T1	145.6	11	382.3	81.6	297.4	40.31
T2	22.9	1	13.2	5.7	8.5	6.5

نتيجة الدراسة:

* أن أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بصفاقس كان أقل من مرض .وبالتالي ، كانت جودة مياه الصرف الصحي أقل من المرغوب فيه .تجاوزت تركيزات العديد من الملوثات مثل Ni و COD ، BOD5، Cd في النفايات السائلة القيم القصوى الموصى بها.

*،محتويات الفوسفور ، المنغنيز ، والحديد في أنسجة النبات ضمن الحد الآمن وليست في النطاق السام

*وجد أن النباتات تتراكم كميات أكبر من الكادميوم والرصاص من الحدود المسموح بها ، مما يدل على وجود مخاطر محتملة على صحة الإنسان ناتجة عن استهلاك الخضروات المروية بمياه الصرف الصحي.

*تم الكشف عن انخفاض في الأنشطة الأنزيمية في النباتات التي تعتمد على الري باستخدام مياه الصرف المعالجة.

☜دراسة تحليلية رقم(16):

عنوان المقالة:

Health risk assessment by consumption of vegetables irrigated with reclaimed waste water: A case study in Thika (Kenya) [16]

أجريت الدراسة : *تقييم كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي في ثيكا في معالجة المعادن الثقيلة *لتحديد ومقارنة تركيز المعادن الثقيلة في الخضروات من الأراضي المروية بمياه الصرف الصحي المستصلحة والخضروات المباعة في السوق المحلي .

*لتقييم المخاطر الصحية التي يشكلها استهلاك الخضار المروية بمياه الصرف الصحي **(كينيا 2017).**

الجدول (22): جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف قبل وبعد المعالجة و تراكم المعادن في الخضروات المروية بمياه الصرف المعالجة لمنطقة ثيكا بكينيا.

المياه	مياه صرف صحي					
المعالجة	/					
العينات	عينتين من الماء وعينة واحدة لكل نبات					
الموقع	2					
الخضار	كسبرة , كرنب , سبانخ					
تراكيز المعادن في مياه الصرف عند مدخل ومخرج المحطة (mg/l)						
	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	
مدخل	-	0.01	0.01	0.01	0.04	
محرج	0.02	0.11	-	-	0.03	
المعادن الثقيلة في الخضار المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة وخضار السوق (mg/kg)						
		Zn	Cu	Pb	Ni	Cr
الخضار المروية بمياه الصرف	كسبرة	4.79	1.37	/	/	/
	كرنب	6.37	0.35	/	/	/
	سبانخ	2.17	0.87	/	/	/
خضار السوق المحلي	كسبرة	6.72	1.68	/	/	/
	كرنب	4.85	0.48	/	/	/
	سبانخ	5.32	0.49	/	/	/
مؤشر الخطر المستهدف و THQ للنحاس والزنك في الخضروات						
		Cu	Zn			
الخضار المروية بمياه الصرف المعالجة	كسبرة	0.0029	0.040			
	كرنب	0.022	0.053			
	سبانخ	0.036	0.012			
خضار السوق المحلي	كسبرة	0.020	0.03			
	كرنب	0.035	0.019			
	سبانخ	0.030	0.040			

نتيجة الدراسة :

*كانت المياه المتدفقة من محطة المعالجة مياه الصرف الصحي في ثيكا ضمن التوصية المقبولة للري.

* تم الكشف عن انخفاض تركيز الرصاص والكروم والنيكل والنحاس مع عدم وجود الزنك القابل للانكشاف

* كانت مستويات الكروم والنيكل والرصاص في الخضار أقل من حد الكشف لكل من تلك المروية بمياه الصرف وتلك التي تم أخذ عينات منها من سوق.

* على الرغم من اكتشاف انخفاض تركيز الزنك في مياه الصرف الصحي مقارنة بالنحاس ،إلا أن الخضار التي تم تحليلها تحتوي على زنك أكثر من النحاس .

*الخضار الثلاثة التي تم تحليلها (سبانخ ,كرنب ,كسبرة)لديها معدل مخاطر منخفض بشكل ملحوظ ولا تشكل أي مخاطر صحية علي المستهلكين .

☜دراسة تحليلية رقم (17):

عنوان المقالة:

Heavy metal bioavailability and accumulation in winter wheat (Triticum aestivum L.) irrigated with treated wastewater in calcareous soils [17]

هدفت الدراسة إلى:

*وصف مستوى وتركيز المعادن الثقيلة المختارة في التربة وأجزاء القمح المختلفة المتأثرة بالري بمياه الصرف الصحي المعالجة .

*تقييم خصائص نقل وتراكم المعادن الثقيلة في نظام القمح بالتربة بعد الري بمياه الصرف الصحي المعالجة.حيث تم الدراسة في 5 مواقع مروية بمياه الصرف الصحي المعالجة مقارنة بالموقع المروي بالمياه العذبة **(إيران. 2016).**

الجدول (23): جدول استقرائي يوضح خواص مياه الصرف المعالجة وأثرها على التربة والمحاصيل بمقاطعة أذربيجان بإيران .

مياه	مياه صرف صحي بلدية
المعالجة	أحواض الأكسدة لترسيب الجزيئات الصلبة
العينة	24 عينة من تربة / 15 -20عينة من القمح
الموقع	5
العمق	(03.-0) (cm)
النبات	القمح الشتوي
الري	بالغمر

خصائص كيميائية لمياه الصرف المعالجة ومياه العذبة (mg /l) / (EC: dS m^{-1})

	Mg	Ca	P	NO3	TDS	EC	pH
TWW	49.32	141.8	5.2	18.1	864	1.33	7.24
FW	25	25	0.01	7.2	195	0.24	7.7
	Ni	Pb	Cd	Cu	Zn	K	Na
TWW	0.09	0.77	0.14	0.59	0.87	28.5	156.4
FW	-	-	-	0.01	0.02	5.3	36

الخصائص التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة والمياه العذبة

		CEC $cmolckg^{-1}$	CCE (g kg^{-1})	OM (g kg^{-1})	EC dS m^{-1}	PH
مياه الصرف المعالجة TWW	1	24.3	42.2	28.3	2.73	7.93
	2	25.4	40.4	26	3.64	7.87
	3	23.5	42.8	27.6	2.91	7.84
	4	22.5	43.2	26	3.78	7.88
	5	23.7	42.6	26.3	3.87	7.9
نفس الخصائص بالنسبة للمياه العذبة في جميع المواقعFW		21.7	40.7	25	1.57	7.5

المعادن في التربة	كانت الزيادة في المعادن بترتيب Cd>Ni>Cu>Zn>Pb تحت الري بالمياه المعالجة

المعادن في أجزاء مختلفة من نبات القمح($mg\ kg^{-1}$)

($mg\ kg^{-1}$)	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni
جذر	3.01	9.60	1.38	2.58	1.20
برعم	1.19	1.79	0.21	0.56	0.32

حبوب	3.2	1.2	0.31	0.21	0.52
معامل نقلTF	كان معامل نقل المعادن من التربة إلى حبوب القمح بترتيب Pb<Cu<Cd<Ni<Zn				

نتيجة الدراسة:

متوسط تركيز المعادن باستثناء الكادميوم في كل من التربة وحبوب القمح كان ضمن الحدود المسموح بها في التشريعات الدولية للصحة البيئية والموارد الغذائية

المعادن في التربة Cd>Ni>Cu>Zn>Pb وفي القمح Zn>Cu>Ni>Cd>Pb

☜دراسة تحليلية رقم (18):

عنوان المقالة:

Evaluation of raw wastewater characteristic and effluent quality in Kashan Wastewater Treatment Plant [18]

أجريت هذا البحث لتقييم جودة مياه الصرف الصحي لمحطة المعالجة في كاشان لاستخدامها في الري**(إيران 2016).**

الجدول (24): جدول استقرائي يوضح خواص مياه الرف الصحي قبل وبعد المعالجة لمحطة أصفهان بإيران

مياه	**صرف صحي**							
المعالجة	الحمأة المنشطة							
العينات	تم اخذ اللعينات في 3 أشهر							
الموقع	2 مدخل ومخرج المحطة							
متوسط قيم خصائص مياه الصرف الدخلة والخارجة من المحطة ($mg\ L^{-1}$)								
	TN	pH	TSS	TDS	TP	BOD_5	COD	
مدخل	41.02	6.71	72.68	1038.69	3.15	141.01	292	
مخرج	22.42	7.22	11.11	1095.47	2.28	41.22	86.62	

	Nematode eggs (N/l)	Fecal Coliform MPN/100	Total Coliform MPN/100	Turbidity NTU
مدخل	0.1	486.66	1421.11	87.28
مخرج	0	0.161	0.225	17.53

نتيجة الدراسة :

* لم يتم العثور على بيض النيماتودا في النفايات السائلة النهائية المعالجة.

*جميع المعلمات كانت متوافقة مع معايير وزارة البيئة الإيرانية لذلك يمكن استخدامها للري غير المقيد

☜دراسة تحليلية رقم (19):

عنوان المقالة:

Treated waste water as water potential and Assessment of heavy metals accumulation in agricultural lands of The region of Batna (Algeria) [19]

هدفت الدراسة لتحديد المعادن السامة مثل النحاس والكروم والرصاص والكادميوم في مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصحي المعالجة والمخاطر المحتملة أو المخاطر التي يمكن أن تسببها على صحة الإنسان و حيوانات في منطقة باتنة **(الجزائر2017).**

الجدول (25): جدول استقرائي يوضح المعادن الثقيلة في مياه الصرف المعالجة لمحطة باتنة بالجزائر

المياه	/			
طريقة المعالجة	/			
العينات	/			
موقع	1 قبل دخول المحطة 2 بعد دخول المحطة 3 مدينة فسديس 4 مدينة جرمة			
معادن ثقيلة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في باتنة (mg/l)				
	1	2	3	4
pH	7.41	7.53	7.45	7.68
Cd	0.23	0.19	0.10	0.08
Pb	0.73	0.53	0.51	0.40
Cr	0.60	0.55	0.39	0.31
Cu	0.138	0.135	0.110	0.155

نتيجة الدراسة :

*تميل جميع عينات المياه إلى أن تكون قلوية ، حيث تتراوح الأس الهيدروجيني من 7.41 إلى 7.68

*كانت تركيزات المعادن الثقيلة في قناة الصرف الصحي أعلى نسبياً بالنسبة للرصاص يليهاCd ، Cr ، و.Cu.

*كانت تركيزات النحاس والرصاص في مياه الصرف الصحي أقل من المسموح به حدود المعادن الثقيلة المسموح بها في مياه الري ، ولكن الكادميوم والكروم يتجاوزان الحد الذي حددته منظمة الأغذية والزراعة / منظمة الصحة العالمية

*كان اتجاه تراكيز المعادن الثقيلة في عينات باتنة - فسديس - دجرمة هو. Cu< Cd< Cr< Pb

☜دراسة تحليلية رقم(20):

عنوان المقالة:

دراسة أثر مياه الصرف الصحي على بعض خواص التربة في منطقة وادي ساسو[20]

أجريت هذه الدراسة لإلقاء الضوء على التغيرات التي قد تحصل في التربة نتيجة وصول مياه الصرف المعالجة أليها سواء بشكل متعمد لغرض الزراعة أو غير متعمد حيث تم قياس بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية ، كما تم تسجيل الأجناس الفطرية المتواجدة في هذه العينات **(ليبيا. 2016).**

الجدول (26) : جدول استقرائي يوضح الخواص الفيزيائية والكيميائية لتربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة لمنطقة مصرات بليبيا.

نوعية المياه	مياه صرف صحي معالجة			
العينة	4			
الموقع	تم تجميع عينات من التربة قرب مجرى المياه من ثلاث أبعاد :وهي الموقع الأول(A) على ضفة المجرى مباشرة الموقع الثاني (B) يبعد حوالي 3 m على المجرى الموقع الثالث (c) يبعد حوالي 30 m على المجرى .ومن كل موقع تم أخذ ثلاث مكررات A.B.Cثم أخذت عينة تبعد 200 m عن المجري للمقارنة (D) (الشاهد.)			
العمق	10-12 سم			
المواقع	D	C	B	A
pH	8.1	7.9	8.3	8.4
EC (mS /cm)	531	1842	1679.6	7476.6
TH (mg/l)	220	285	310	856.6
TDS (mg/l)	339	1242.6	1075	59813
المحتوى المائي	2.4	14.8	19.4	20
[Cl]	159	60.3	425.3	2304
[Mg]	52	425.3	40	1493
[Ca]	22	36.6	45.3	96.6
إجمالي عدد المستعمرات	73	43	62	83
إجمالي عدد الأنواع	3	5	3	6
إجمالي عدد الأجناس	2	3	2	3

نتيجة الدراسة :

وجود تباين في الخواص المدروسة وظهرت بينها فروق معنوية مقارنة بالشاهد , حيث سجلت زيادة في نسبة الأملاح والعسرة والعناصر والفطريات والمحتوي الرطوبي مقارنة بعينات الشاهد.

قد تبين أن التربة المدروسة تميل إلى القاعدية واحتوت علي عدة أجناس وأنواع فطرية منها *Aspergillus, Penicillium, Rhizopus*

2.IV .تحليل ومناقشة للمقالات المدروسة :

IV .2. 1. خواص المياه المعالجة:

من المعروف أن المياه العادمة المعالجة عرفت استخداما واسعا في المجال الزراعي في كل أنحاء العالم ولا سيما في البلدان النامية.

ولإعادة استخدام المياه المعالجة للري يجب أن تكون المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية مناسبة مع المبادئ التوجيهية الجزائرية . ومنظمة الصحة العالمية ، والفرنسية ، ووكالة حماية البيئة الأمريكية لإعادة استخدامها في الري .حيث لخصنا أهم نتائج الدراسات السابقة في الجدول التالي:

الجدول(27) : جدول استقرائي يلخص أهم نتائج الدراسات السابقة لمياه الصرف المعالجة لمختلف المحطات

الرقم	منطقة الدراسة	نوع المعالجة	pH	EC (dS/m)	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	EMS (mg/l)	SAR	Cl (meq/l)	NO3-N (mg/l)	HCO3 (meq/l)	المعادن المكشوف عنها(mg/l)	FC CFU/100 ml	TC CFU/100 ml
1	ليبيا 2010	أحواض التهوية والحماة المنشطة	6.86	1.227	8.85	30.97	5.2	8.3	//	//	0.30	Co,Zn,Fe, Ni,Cu,Cr		
2	الأردن 2010	بحيرات طبيعية	7.82	1.13	10	25	//	//	134	30	//	Cr,Cd,Ni, Pb		
3	ليبيا -2014 2015	//	7.71	0.29	//	//	//	//	0.7		0.8			
4	العراق 2012	//	7.51	4.03	//	//	149	//	380		//	Fe,Zn,Cd, Cu,Ni,Pb, Mn		
5	الجزائر -2013 2015	البحيرات الطبيعية	8.1	3.172	53.5	152.5	55.7	//	//		//			
6	اسبانيا 2013	الحماة المنشطة	8.2	3.088	13	52	22	5.43	460		//			12

7	ايطاليا 2010	الحماة المنشطة	7.76	2.18	21.58	39.73	16.12	5.99	//	1.20	254.23			
8	إيران 2017	//	8.3	//	93	146	162	//	//					
9	الهند 2012	//	7.24	1.18	//	//		//	//			Cd,Ni, Pb,Cr		
10	المغرب 2019	الحمأة المنشطة	-7.33 8.53	2.241	120	25	19	//	//					
11	الهند 2012	//	7.43	0.023	140	//	//	//						
12	الإمارات 2013-2015	بحيرات طبيعية	//	1.9	9	44	11	//		9.7		Cr,Cu,Zn		460
13	الرياض 2014	الحمأة المنشطة وبحيرات الطبيعية	7.36	1.700	56	213	52	//				Pb,Ni,Zn, Cd,Cu,Co, Fe,Cr,Mn		
14	الجزائر 2014-2017	الحماة المنشطة	//	1.417	26.26	56.37	-9.33 10	4.95				Pb,Cd,Co ,Fe,Hg,Cu	18.4	14.2
15	تونس 2013	الحماة المنشطة	8.2	9.12	312	1210	//	//						
16	كينيا 2017	//	//	//	//	//	//	//				Zn,Cu,Ni Cr,Pb		
17	إيران 2016	أحواض الأكسدة	7.24	1.33	//	//	//	//				Cd,Ni,Cu Pb,Zn		
18	إيران 2016	الحماة المنشطة	7.22	//	41.22	86.62؛	11.11	//					0.161	0.225
19	الجزائر 2017	//	7.53	//	//	//	//					Cd,Cr,Pb, Cu		

من خلال نتائج الدراسات السابقة في المقالات العلمية التي تدرس معالجة مياه الصرف الصحي بأنواعها المختلفة لاحظنا أن:

- **الرقم الهيدروجيني pH**

في جميع المقالات (1-19) كان ضمن الحدود المسموح بها لجودة مياه الري وفقا لكل من المعيار الجزائري والعالمي ومنظمة الأغذية والزراعة (جدول 2 و3 و5 ملحق 1).

- **كانت التواصلية الكهربائية EC** للمياه المعالجة ضمن القيم الإرشادية التي نصت عليها منظمة الأغذية والزراعة و المعايير الوطنية في المقالات العلمية (-3-11-1-13-14) بينما أعلى من القيم القياسية في المقالات العلمية (15, 5,4, 8) (جدول 2 و3 ملحق 1)
- **سجلت قيم عالية من المواد الصلبة العالقة MES** في المقالات العلمية (4- 5 -8 -13). وقيم ضمن الحدود في الدراسات (1- 6-7-10-12-14-18) مقارنتا بالمعايير الوطنية ومنظمة الصحة العالمية (جدول 2و5 ملحق 1).
- **كانت تراكيز الطلب البيوكيميائي للأوكسجين DBO5** في المقالات(1-6-7-12-14) تقع ضمن نطاق معايير الجودة للمياه المخصصة للري وأعلى من الحدود المصرح بها للتصرف في البيئة الطبيعية في المقالات العلمية (5-8-10-11-13-15-18) (انظر الجدول 2 ملحق 1)
- كانت تراكيز الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO في المقالات العلمية (1,2,6,7,10,12,14,17) ضمن الحدود وفي المقالات العلمية (5,8,13,15) أعلى من تلك التي وضعتها المعايير الوطنية لإعادة استخدامها لري ،(جدول 2 ملحق 1)
- كانت SAR في مياه الصرف الصحي المعالجة لكل من الدراسات (1و 6و 7و 14) (8.5، 5.43 ، 5.99 ،4.05) على التوالي لذلك تحتوي المياه المعالجة علة نسبة صغيرة من الصوديوم.
- كانت تراكيز النيتروجين في الدراسات (2,7,12) اقل من الحدود المسموح بها (جدول 2 ملحق 1).
- كانت تراكيز الكلوريد في الدراستين (4 و6) أعلى من الحدود المنصوص عليها بينما سجلت اقل تركيز في الدراسة 3 (جدول 2 ملحق 1).
- تم تسجيل تركيز عالية من البيكربونات للمياه المعالجة في الدراستين (3و7) ، ببنما سجلت الدراسة (1) تركيز اقل من الحدود المنصوص عليها (انظر الجدول 2 ملحق 1).
- وبمقارنة القيم التي أسفرت عنها التحاليل للعناصر الثقيلة (Fe, Bo, Zn, Cu, Cr, Mn, Ni, Cd, Pb, B,Hg,Co,) في المقالات العلمية (1,2,4,6,9, 12,13,14,16,17,19) مع القيمة الإرشادية لـ (FAO و المعايير الوطنية) لإعادة استخدام المياه المعالجة لأغراض الري

الزراعية تبين أن محتوى العناصر في مجملها في المياه المعالجة أقل من القيم الإرشادية المنصوص عليها . ماعدة الكروم في الدراسة (9) والكادميوم في الدراسة 19(انظر الجدول 2 و4 ملحق 1) .

- تظهر نتائج التحليل الميكروبيولوجية في الدراسة 18 و14 و6 مستوي مقولا من القولونيات الكلية والبرزية مقارنة ب [5] (جدول 5 ملحق 1).

- أظهرت نتائج الدراسة أن القيم المتوسطة لمعايير الجودة التي تم فحصها من مياه الصرف لمحطات المعالجة في مختلف الدراسات محايدة تقريباً ومقبولة للري مع تقييد الري للمحاصيل.
- بخلاف DBO5 وِDCO مما قد يؤدي إلى أداء بيئي غير مرغوب فيه لهاتين المعلمتين
- من نتائج ملوحة مياه الصرف المعالجة يمكن استخدام هذه المياه للمحاصيل التي تتحمل الملوحة ويمكن إنتاج معظم الفواكه والخضروات عندما تقل الملوحة عن **(3 dS/m)** (انظر الجدول 1 ملحق 1).

IV .2. 2. تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على نوعية التربة:

لا تخلو ممارسة إعادة الاستخدام الزراعي من ردود الفعل السلبية على البيئة ، وخاصة في التربة. يمكن أن يؤدي الري بالمياه المعالجة ، إلى تغيير الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للتربة ، وكذلك إدخال أنواع مختلفة من الملوثات. أظهرت العديد من الدراسات التعديلات في خصائص التربة من خلال فترات طويلة وقصيرة من ممارسة إعادة الاستخدام الزراعي وهذا ما سيوضحه الجدول أدناه

الجدول(28): جدول استقرائي يلخص أهم نتائج الدراسات السابقة لأثار المياه المعالجة على خواص التربة.

الرقم	3		6	7	9	11	20
خواص التربة							
PH	7.49	7.45	7.9	8.06	/	7.48	8.4
EC (dS/m)	0.486	0.475	0.499	1.05	0.34		7476.6
SAR	/	/		3.5			/
% CO	/	/	24	1.99	1.90	3.18	/
المغذيات	/	/	/	N ,P ,K	N,P,K	N,P	/
المعادن الثقيلة	Pd Fe **S2**	Pd Fe **S1**	/	/	Zn,Fe,Mn	Pd,Zn,Cd Cu,Cr,Ni	/
فطريات	/	/	إنشاء مجتمع ميكروبي	/	/	/	*Aspergillus, Penicillium, Rhizopus*

IV .2. 2. 1. الرقم الهيدروجينيpH:

يتحكم الأس الهيدروجيني في مجموعة واسعة من العمليات والخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تؤثر على خصوبة التربة ونمو النبات. يؤثر الرقم الهيدروجيني للتربة ، الذي يعكس مستوى الحموضة في التربة ، بشكل كبير على توافر المغذيات النباتية ، والنشاط الميكروبي ، وحتى استقرار التربة. عند انخفاض درجة الحموضة ، تكون المغذيات النباتية الأساسية (أي ، N، P، K، Ca، Mg، و S) أقل توفرًا بيولوجيًا مقارنة بقيم الأس الهيدروجيني الأعلى بالقرب من 7 ، وتميل بعض المغذيات الدقيقة (على سبيل المثال ، Fe، Mn، Zn) إلى أن تصبح أكثر قابل للذوبان ويحتمل أن يكون سامًا للنباتات عند قيم منخفضة من الأس الهيدروجيني (5-6) [21].

لوحظ ارتفاع الرقم الهيدروجيني في جميع الدراسات للتربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة .

- ربما يرجع ذلك إلى تراكم الكاتيونات الأساسية في التربة بسبب التسميد.

IV .2. 2. 2 المغذيات :

يضيف الري بمياه الصرف الصحي المعالجة مغذيات كبيرة ودقيقة مهمة للتربة.تعتبر مياه الصرف الصحي مصدرا قيما لل (. N.P.K.Mn).

النيتروجين من العناصر الغذائية الأساسية للمحاصيل مكونا من بروتينات والأحماض وهو مطلوب للعمليات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية في النباتات ويسهل نمو الساق والأوراق والأجزاء النباتية

الفسفور عنصر غذائي لا غني عنه ضروريا لنمو المحاصيل وإنتاجيتها وهو احد مغذيات التربة الأساسية التي تعتبر غير متحركة.

يعتبر البوتاسيوم مثل الفسفور م العناصر الغذائية غير المتنقلة يوثر على قدرة المحاصيل على مقاومة الأمراض والتخلص من أجهاد الجفاف

قد يؤثر محتوى كل من النيتروجين والفسفور علي المجتمعات الميكروبية في التربة لاسيما النشاط المرتبط بتدوير هذه العناصر

سجلت المقالات العلمية (7,9,11) . زيادة في المغذيات (الفسفور والنتروجين والبوتاسيوم) .

بسبب وفرة هذه العناصر الغذائية في مياه الصرف الصحي .

بالرغم من الفوائد المحتملة فان الإفراط في توفير العناصر الغذائية في التربة

*قد يكون له أثار ضارة قد تتسرب العناصر إلى المياه الجوفية

*يمكن أن يؤدي فائض العناصر الغذائية أيضا إلى اضطراب المجتمعات الميكروبية

IV .2. 2. 3. الكربون العضوي OC :

تعتبر المادة العضوية في التربة ضرورية كخزان للمغذيات وفي بنية التربة من حلال تكوين الركام وتثبيته .يساهم محتوى المادة العضوية في قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه .مما يؤثر على خصائص الصرف ومقاومة الضغط وتوفر أيضا جزءا كبيرا من قدرة التربة على التبادل الكاتيوني (CEC)
ويمكن أن يكون محتو المادة العضوية في مياه الصرف الصحي مرتفعا مقارنة بمصادر المياه الأخرى.
لذلك يمكن ن تكون إعادة استخدامها مصدرا حيويا وقيما للكربون العضوي للتربة لتعزيز نمو النباتات.
تم تسجيل زيادة في نسبة المادة العضوية في التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة في الدراسات العلمية (6و7و 11و9)
تتأثر خصائص التربة مثل دوران المغذيات واستقرار التربة والقدرة عل الاحتفاظ بالمغذيات الضرورية بمحتوى الكربون العضوي , يعمل كمصدر غذائي للميكروبات وممكن أن يساعد في تحسين استقرار التربة . مثال الدراسة العلمية (6) AS= 64% / OC= 24%

IV .2. 2. 4. نسبة امتصاص الصوديوم : SAR

تعكس نسبة امتصاص الصوديوم مدى ملائمة مياه الري على التربة
يشير معدل الامتصاص النوعي بشكل أساسي إلى تأثير ايونات الصوديوم فقط على بنية التربة.
تتحول التربة المروية بمياه الصرف الصحي إلى نسبة مرتفعة من معدل الامتصاص النوعي لوحظ في الدراسة العلمية (7) زيادة نسبة الامتصاص للتربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة ويمكن إن يفسر هذا الارتفاع إلى محتوي الصوديوم المرتفع نسبيا أو معدل الامتصاص النوعي لمياه الري وقد يكون هذا الارتفاع في مياه الري اثأر سلبية على المحاصيل .

IV .2. 2. 5. تملح التربة:

يشير تملح التربة إلى تراكم الأنواع أو الأملاح القابلة للذوبان في الماء أو في التربة. يمكن أن تكون الأنواع القابلة للذوبان من الكاتيونات والانيونات .
تعتبر الموصلية الكهربائية EC للتربة هي مقياس لملوحة التربة ويمكن التعبير عنها أيضا كمواد صلبة كاملة الذائبة TDS.
تحتوي مياه الصرف الصحي على تركيزات عالية من المواد غير العضوية المذابة بما في ذلك الأملاح مقارنة بالمياه العادية .
لذلك قد يؤدي الري بمياه الصرف الصحي إلى زيادة تملح التربة (زيادة الأملاح القابلة لذوبان).
زيادة في EC ،لتربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة في الدراسات العلمية (3,6,7,9) مقارنة بالتربة المروية بالمياه العادية على الرغم من أن القيمة لا تزال أقل من عتبة الملوحة (4.00 dS/m).
كانت EC لتربة في الدراسة(20)أعلى من العتبة الملوحة (4.00 dS/m).
*يمكن أن تؤدي ملوحة التربة المرتفعة إلـــــــــى:

تقلل الإنتاجية الزراعية من خلال التسبب في عجز النباتات في امتصاص المياه ،.سمية للايونات ،تأثر على النفاذية ، وعلي الخواص الحيوية لمتربة

IV .2. 2. 6. التأثيرات الميكروبية:

تعتبر المجتمعات الميكروبية جزءا أساسيا من النظام البيئي للتربة .ويشكل نظام الترابط المعقد بين الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمكونات البيولوجية للتربة .

قد يتسبب الري بالمياه العادمة المعالجة في حدوث تغيرات داخل هذه المجتمعات ويؤثر على خصوبة التربة وإنتاجيتها.

تستجيب للكائنات الحية الدقيقة في التربة للري بمياه الصرف الصحي المعالجة بعدة طرق بما في ذلك زيادة الأنشطة الميكروبية والكتلة الحيوية.

لوحظ في الدراسة العلمية (6) أن الري طويل المدى (حتى 45 عام) باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة أدي إلى تأثير سلبي حيث أنشاء مجتمع ميكروبي محدد وثابت كان أكثر نشاطا وظيفيا مما أدى إلى تغيير تكوين المجتمع الميكروبي الأصلي للتربة.

لوحظ كذلك في الدراسة 20 الموقع A تم تسجيل زيادة من الفطريات.

IV .2. 2. 7. تراكم المعادن في التربة:

تنقل المياه العادمة أنواعًا مختلفة من الملوثات (مثل المعادن والملوثات الدقيقة العضوية) ، والتي قد تتراكم في التربة من خلال الري. قد تنتشر هذه الملوثات أو تنتشر في البيئة المحيطة وقد تعيق التربة خصوبتها و / أو تزعج المجتمعات الميكروبية [22].

على الرغم من إن تركيزات المعادن في مياه الصرف المعالجة للري عادة ما تكون منخفضة. (تعتمد على نوع المياه العادمة وطريقة معالجتها).

الدراسة 3: سجلت تراكيز من الــ Pb اقل من المعيار الفر نسي ومنظمة الصحة العالمية في كلا التربتين المستعملة في الدراسة الرملية والرملية الطميية المروية بمياه العادمة المعالجة (جدول 7 و8 ملحق 1)

الدراسة 9 : اتضح أن العينات المأخوذة من المناطق الثلاثة تحتوي على تراكيز عالية من الـ Mn نظرا للحد المسموح به ، بينما تركيز الزنك لم تتجاوز الحد الموصى بها (انظر جدول 6 ملحق 1).

الدراسة 11 : لوحظ أن العناصر الثقيلة التالية (Pb,Zn,Ni,Cu,Cd) اقل من تراكيز العناصر الثقيلة المنصوص عليها في منظمة الصحة العالمية والمعيار الفرنسي (جدول 7و8 ملحق 1).

وكانت قيمة الــ Cr اعلي من معيار منظمة الأغذية والزراعة (جدول 9 ملحق 1).

الدراسة 12 : لوحظ أن تربة الأمارات المروية بمياه الصرف الصحي البلدية المعالجة بواسطة البحيرات الطبيعية سجلت تراكيز اقل للمعادن الثقيلة (Ni ,Cu, Pb) اقل من الحدود المسموح بها . ولكن عنصر Cd تجاوز الحد (جدول 8 ملحق 1).

سجلت كذلك قيمة أعلى لـ Cr بمقارنتها بمعيار منظمة الصحة العالمية (جدول 9 ملحق 1).

- نلاحظ من خلال النتائج أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لم تؤثر تأثيرا واضحا على خوض التربة الفيزيائية التي تم دراستها ومع ذلك ، فإنه قد يزيد من تركيز بعض المعادن السامة ومن ملوحة التربة إذا تم استخدامه بشكل مستمر ويؤدي أيضا إلى تغيير تكوين المجتمع الميكروبي الأصلي للتربة وزيادة في فطريات التربة .

IV .3.2. الآثار على نمو النباتات:

المحتوى الغذائي لمياه الصرف الصحي المعالجة يجعلها صالحة للري. يدعم نمو النبات من خلال توفير العناصر الغذائية ويلبي احتياجات المياه الزراعية لإنتاج المحاصيل. بشكل عام ، يعتبر توفير العناصر الغذائية مفيدًا لنمو النبات ، ولكن في حالة زيادة ، يمكن أن يؤدي إلى السمية النباتية.

IV .3.2. 1.تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على نمو النبات و إنتاجية المحاصيل

يضيف الري بمياه الصرف الصحي المعالجة أثار ايجابية على نمو النبات في الكثير من الحالات أدي الاستخدام إلى تحسين المحصول وتسريع نمو النباتات نظرا لسهولة توفر العناصر الغذائية وامتصاصها.حيث أن NوP يمثلا مغذيات مهمة لتحسين خصوبة التربة ونمو النبات وإنتاجية المحاصيل وتقليل الأسمدة المعدنية وهذا ما سيوضحه الجدول التالي

الجدول(29): جدول استقرائي يلخص أهم نتائج الدراسات السابقة لمعاملات نمو بعض النباتات

رقم الدراسة	2	3	15		
مكان وسنة الدراسة	الأردن 2010	ليبيا 2014-2015	تونس 2013		
نوع المعالجة	بحيرات طبيعية	/	الحمأة المنشطة		
العلف	شعير	قمح	طماطم	خس	فجل
ارتفاع السنبلة أو الشتلة cm	22.7	16.38	/	/	/
طول النبات cm	/	55.35	/	/	/
مساحة الأوراق cm^2	/	/	30.2	145.6	122.4
عدد الأوراق لكل نبات	/	/	11.1	11	10
وزن المحصول (ton/ ha)	320 للعلف الأخضر 54.4 للعلف الجاف	6.97 للعلف الأخضر 556 وزن الجاف للسنبلة			

الدراسة 2: تمت زراعة الشعير في الأردن حيت تم استخدام مياه صرف صحي معالجة بواسطة البحيرات الطبيعية للري وتمت الزراعة في نظام الزراعة المائية لوحظ زيادة في ارتفاع الشتلة بمقارنتها بنظيرتها المائية التقليدية، لوحظ كذلك زيادة في غلة المحصول مقارنة بالمياه بالعادية.

الدراسة 3: تمت زراعة القمح في منطقة سرت بليبيا تحت الري بالمياه العادمة المعالجة (لم يتم ذكر نوعية الماء ومستوى معالجته).أظهرت مياه الصرف المعالجة زيادة في متوسطات نمو القمح ارتفاع السنبلة وطول النبات مقارنة بالمياه العذبة ولوحظ كذلك وجود فرق معوي في غلة محصول القمح بمقارنتها بمعاملة الري الأخرى.

الدراسة 15: تمت زراعة 3 أنواع من الخضر(فجل خس طماطم) في منطقة صفاقص الواقعة بتونس حيث تم استخدام مياه صرف حضرية تمت معالجتها بواسطة الحمأة المنشطة . لوحظ زيادة في مساحة الأوراق وعدد الأوراق لكل نبات.

*ابلغ العديد من الباحثين عن زيادة الغلة باستخدام الري بالمياه العادمة المعالجة.ففي **الدراسة (7)** شرق صقلية بايطاليا زادت نسبة 20 % من غلة محصول الطماطم باستخدام مياه صرف الصناعية الزراعية التي تمت معالجتها بواسطة الحمأة المنشطة تم الحصول على ثمار الطماطم مع معايير نوعية جيدة من الناحية الشكلية (محصول المادة الجافة,درجة الحموضة,المحصول الصلب ومعايير اللون) .

- مياه الصرف الصحي المعالجة تحسن من إنتاجية المحاصيل نظرا لاحتوائها على المغذيات التي يحتاجها النبات.

IV .2. 4. تراكم بعض المعادن في المحاصيل :

تعتبر بعض المعادن الثقيلة ضرورية لنمو النباتات، لكن في تراكيز محددة ومنخفضة، وتصبح سامة للنبات عندما ترتفع تراكيزها مثل Cu وZn ،كما أن بعض المعادن سامة للنبات ولو بتركيز منخفض كما في الرصاص والكادميوم.(تشير سمية النباتات إلي انخفاض نمو النبات وجودته بسبب زيادة المغذيات)

تحتاج النباتات لإمدادات متواصلة بالعناصر للنمو والمحافظة على صحتها وأي نقص ينتج عنه ظهور أعراض مرضية، كما أن الزيادة ببعض هذه العناصر قد تؤدي للموت.يمكن أن يسبب ري المحاصيل بالمياه الصرف الصحي المعالجة في تسمم من خلال توفير المغذيات الكبيرة والمركبات العضوية والعناصر النزرة. هذا ما يوضحه الجدول التالي

الجدول (30) : جدول استقرائي يلخص أهم نتائج الدراسات السابقة لتراكم بعض المعادن الثقيلة في الخضر

رقم الدراسة	النباتات	نوع المياه	نوع التربة	الري	المعادن التي ثم الكشف عنها
2	شعير	البحيرات الطبيعية	/	زراعة مائية	Pb ,Ni, Cd ,Cr
9	بطاطا فجل جزر سبانخ قرنبيط	/	/	/	Mn,Zn,Fe
11	بطاطا فجل ثوم سبانخ كرنب خردل	/	تربة غريبنية	/	Pb ,Zn, Cu, Cd, Co,Ni, Cr
16	كسبرة كرنب سبانخ	/		/	,Cr, Ni Zn, Cu Pb,
17	القمح الشتوي	أحواض الأكسدة	تربة جيرية	بالغمر	Zn, Cu, Cd, Pb, Ni

تم عرض متوسط تركيز المعادن الثقيلة في النباتات المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة

لوحظ **في الدرسة 2**:الشعير الذي زرع في نظام الزراعة المائية والذي سقي بمياه معالجة بواسطة البحيرات الطبيعية أن محتوي المعادن التي تم الكشف عنها (Pb ,Ni, Cd) اقل من الحدود المنصوص عليها في WHO/FAO ومن الحد الطبيعي (جدول13 ملحق 1).

كان معدل Cr في الشعير اقل من FAO/WHO (جدول12 ملحق 1).

الدراسة 9: اظهر النتائج أن تراكيز الـ Zn, Fe, المأخوذة من المواقع الثلاثة لجميع الخضروات المروية بمياه المعالجة سجلا ارتفاع واضح عن الحد المسموح به لمنظمة الصحة العالمية (جدول 14 ملحق 1).

وتأتي هذه الزيادة نتيجة نمو النباتات في التربة الملوثة مع العلم أن تركيز الزنك في التربة لم يتجاوز الحد المسموح به مما يدل عل قابلية الامتصاص العالية لنباتات لعنصر الزنك ولو كانت بتراكيز قليلة.

الدراسة 11 : سجلت النباتات المزروعة في تربة الغرينية المروية بالمياه المعالجة مستوى أعلى من (Pb, Cr , Cd) في جميع الخضروات ، بينما سجلت مسويات اقل من (Ni ,Co, Zn, Cu,) في الخضر (جدول 12 ملحق 1).

- مستوى عالي من الرصاص والكادميوم والكروم، مما يدل على وجود مخاطر محتملة على صحة الإنسان ناتجة عن استهلاك الخضروات .

الدراسة 16: كان تركيز كل من الـ Zn, Cu في جميع الخضر اقل من الحدود المسموح بها (جدول13 ملحق 1).

لوحظ كذلك لم يتم العثور على المعادن (Pb, Ni, Cr) في الخضروات على الرغم من اكتشافها في المياه المعالجة بتراكيز قليلة.

الدراسة 17: اتضح أن تراكيز المعادن التي تم تحليلها في محصول القمح المروي بالمياه المعالجة بواسطة أحواض الأكسدة عن طريق الري بالغمر تحتوي على مستوى عالي من الكادميوم (جدول11 ملحق 1) بينما كان مستوى المعادن التالية (Zn, Cu ,Pb, Ni) اقل من FAO/WHO (جدول12 ملحق 1)

- الري بمياه الصرف المعالجة يؤدي إلي تراكم بعض المعادن الثقيلة في الخضروات .
- كان تراكم المعادن واضحاً ، فيالأعلاف المروية بمياه الصرف المعالجة ومع ذلك كان أقل من الحدود المقبولة قد يقلل استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في نظام الزراعة المائية من مخاطر تراكم المعادن الثقيلة في التربة مع الاستخدام المطول.

IV .2. 5. الاستعمال الغير مباشر للمياه المعالجة:

تم استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة بطريقة غير مباشرة في الدراسات التالية (15,11,3,2) أي تخفيفها (خليط من المياه العذبة والمياه المعالجة). حيت تم تسجيل الملاحظات الآتية:

- ✓ كان BOD5 لكل من الدراسة 11 و15 في مياه الري المخففة أعلى من المعيار الجزائري بينما COD في الدراسة 15 منخفض ،المعادن (Fe، Ni، Cu، Zn، Pb، Cr،CO) في الدراستين كان بتراكيز منخفضة ماعدا عنصر Cd تجاوز الحدود المسموع بها (جدول 2 ملحق 1).
- ✓ كانت تراكيز المعادن (Ni، Cd ،Zn،Pb) في التربة المروية بالمياه المخففة في الدراسة 11 اقل من المعيار الفرنسي (الجدول8 ملحق 1). بينما تركيز عنصر الكروم Cr تجاوز الحد الأقصى لمنظمة الأغذية والزراعة (جدول9 ملحق 1).
- ✓ كانت الخضروات في الدراسة 11 المروية بالمياه المخلوطة تحتوي على تراكيز عالية من الـ Cd،Pb ، وتراكيز منخفضة من المعادن (Zn،Cu،Ni،Co) ، بينما كان تركيز عنصر Cr في جميع الخضروات بتركيز عالي ماعدا في نبات البطاطا بتركيز اقل (بمقارنتها بالجدول12 ملحق 1) .
- ✓ أوضحت النتائج الدراسة 2 أن مستوى الرصاص في محصول الشعير تجاوز المستوى القياسي ، بينما مستوى تركيز المعادن (Cd،Ni، Zn، Cr) منخفض مقارنة ب(جدول12 ملحق 1).

- تخفيف المياه المعالجة لا يمنع تراكم المعادن في التربة والمحاصيل.

- ✓ لوحظ انخفاض عدد أوراق النباتات ومساحة الأوراق عند استعمال المياه المخففة للري في الدراسة15 ، بينما لوحظ زيادة في طول النبات وطول السنبلة في الدراسة 3 عندما تم ري محصول القمح بالمياه المخففة مقارنة بالاستعمال المباشر للمياه المعالجة.

اتضح من الدراستين 2 و3 أن عدم وجود فرق كبير في غلة المحاصيل بالنسبة للمياه العادية

IV .2. 6. تقييم تلوث الخضر وتقييم المخاطر الصحية المرتبطة به :

IV .2. 6. 1. معامل الانتقال (Factor Translocation):

ويرمز له بالرمز(TF) والذي يعبر عن انتقال العناصر الثقيلة من التربة إلى النبات، من أهم المؤشرات الدالة على خطورة العناصر الثقيلة في السلسلة الغذائية.

وتتصف النباتات فائقة المراكمة بمعامل انتقال اكبر من الواحد (TF>1) على عكس النباتات غير المراكمة.

حيث تم حساب عامل نقل بعض المعادن في النباتات لدراسة 12 و17 .الجدول التالي يبين عامل نقل بعض الخضر

الجدول (31):جدول استقرائي يوضح معامل انتقال المعادن من التربة للخضروات

الدراســـــــات							
(TF<1)							
12							17
	باذنجان	جزر	خس	سبانخ	طماطم	فجل	قمح
Zn	0.09	0.20	0.31	0.48	0.11	0.07	1.1
Cu	0.06	0.16	0.15	0.17	0.14	0.17	<0.2
Fe	<<1	<1	6.46	<1	<1	<1	/
Cr	0.002	0.07	0.13	0.21	0.04	0.03	/
Ni							0.4
Pb							<0.2
Cd							<0.4

الدراسة 12 : تشير النتائج إلي أن قيم TF للمعادن (Fe، Cu، Zn،Cr) للخضروات اختلفت بين أنواع النبتات ومعاملا التربة.

كانت معامل نقل المعادن في الخضروات بترتيب Fe >Zn >Cu >Cr.

الحديد هي الأعلى في الخس والأقل في الباذنجان ،

بينما الزنك كان أعلى في السبانخ والأقل في الفجل.

ومعامل نقل النحاس كان أعلى في السبانخ والفجل والأقل في الباذنجان

الكروم الأعلى في الخس والأقل في الباذنجان.

الدراسة 17: كان نقل المعادن من التربة إلى حبوب القمح بترتيب Zn >Ni >Cd > Pb>Cu.

- يظهر أن عنصر الحديد والكروم أكثر العناصر الثقيلة حركة في نبات الخس والزنك في القمح والسبانخ النحاس في السبانخ والفجل بينما كان عنصر النحاس اقل انتقالا في الباذنجان والقمح
- كانت عوامل النقل لجميع العناصر ضمن المعدل الطبيعي في النباتات.
- على الرغم من أن مستويات هذه المعادن تقع ضمن النطاق الطبيعي للنباتات ، إلا أن الاستهلاك المستمر يمكن أن يؤدي إلى أثار صحية سلبية خاصة بالنسبة لمعدن الرصاص و الكادميوم.
- كان نقل المعادن في حبوب القمح ضعيفا. لم تكن المخاطر الصحية الملحوظة .

IV .2. 6 .2. حاصل الخطر المستهدف THQ :

تم تحديد المخاطر الصحية التي يشكلها استهلاك الخضار المروية بمياه الصرف المعالجة. يتم التعبير عن THQ كنسبة من الكمية المحددة من الملوث إلى جرعة مرجعية. قد تكون قيمة كبيرة من THQ تتجاوز1 مزعجة. إذا كانت THQ أقل من 1، فهناك خطر أقل من الملوثات على مدى عمر التعرض. على العكس من ذلك ، إذا كانت THQ أكبر من 1، فقد يشكل الملوث قلقًا صحيًا خطيرًا[16] .

تم حساب قيم THQ للخضروات المروية بمياه المعالجة في الدراستين 12 و16 كما هو موضح في الجدول أدناه.

الجدول (32): جدول استقرائي يوضح حاصل الخطر المستهدف لبعض المعادن في الخضار

الدراسات									
16			12						
سبانخ	كرنب	كسبرة	سبانخ	طماطم	باذنجان	فجل	جزر	خس	
0.012	0.053	0.040	0.0563	0.0167	0.010	0.0079	0.026	0.040	Zn
0.036	0.022	0.0029	0.1042	0.0908	0.0390	0.1094	0.0978	0.0966	Cu
/	/	/	0.1815	0.0378	0.0276	0.0133	0.0499	1.1055	Fe
/	/	/	11.911	2.2705	0.17466	1.6068	4.2267	7.7547	Cr
/			الري بالتنقيط تحت السطح						الري

الدراسة 12 : لتقييم المخاطر الصحية من خلال استهلاك الخضار. أظهرت نتائج

أظهر النحاس والزنك قيماً أقل بكثير من 1 في جميع الخضروات وبالتالي في الحد الآمن. في الخس ،كانت قيم THQ أعلى للحديد ، بينما كانت أقل في السبانخ والطماطم والباذنجان والجزر والفجل كانت للكروم أعلى بكثير من 1 لجميع الخضار ماعدا في الباذنجان بحيث كانت 0.1746

- يجب تجنب استهلاك الخس والجزر بعد الري بمياه الصرف الصحي المعالجة من خلال الري بالتنقيط تحت السطح لأنه يمكن أن يسبب مخاطر كبيرة على صحة الإنسان.

الدراسة 16 : اتضح أن الخضار الثلاثة التي تم تحليلها ، السبانخ ، الكرنب ، الكزبرة ، كان لديها معدل مخاطر منخفض بشكل ملحوظ ولا تشكل أي مخاطر صحية على المستهلكين.

- قد تتراكم تركيزات المعادن الثقيلة المنخفضة في مياه الصرف المعالجة بمرور الوقت في التربة وتلوث الخضروات. لذلك من الضروري مراقبة تركيز المعادن الثقيلة بانتظام في الخضار.
- يمكن أن تسبب بعض المعادن الثقيلة السرطان ، في حين أن البعض الآخر ضار بالجهاز العصبي والهيكل العظمي والدورة الدموية والأنزيمية والغدد الصماء أو المناعة .
- الري بمياه الصرف الصحي المعالجة (عن طريق الري بالتنقيط تخت السطح) يسبب تراكم المعادن في النباتات والخضار وبدوره يشكل مخاطر صحية على المستهلك.

IV .2. 7. الحمل الميكروبي في الخضار:

ينشأ تلوث الخضروات بالحمل الميكروبي بشكل رئيسي من مياه الصرف غير المعالجة لتحليل الميكروب يتم فحص الجودة الميكروبية للخضروات في الجدول الموالي

الجدول (33): الحمل الميكروبي في الخضار

رقم الدراسة	12
طريقة الري	الري بالتنقيط تحت السطح
TC (cfu/g)	السبانخ 79 الفجل 69 الخس والجزر والباذنجان والطماطم تتراوح بين (9.56-9.77)
Escherichia coli (cfu/g)	الجزر 34.87 الباذنجان والخس والطماطم تتراوح بين (9.44 – 9.75) في السبانخ والفجل في حدود (6.11 – 6.27)

أظهرت الخضروات المختلفة مستويات مختلفة من تحميل البكتيريا القولونية حيث لوحظ أجمالي القولونيات كان أعلى في السبانخ ثم يليها الفجل بينما كانت في بقية الخضر تتراوح من 9.56 – إلى 9.77

تم العثور على التلوث الجرثومي في الجزر حيث كان مستوي (**Escherichia coli**)ب 34.87 بينما تراوحت في الخس والطماطم والباذنجان من 9.44 – 9.73 .

واقل قيمة في الفجل والسبانخ من 6.11 – 6.27 .

كان هناك تباين معنوي في الحمل الميكروبي في الخضروات المختلفة.أظهرت الخضروات الورقية (السبانخ) ميكروبات أعلى مقارنة بالخضروات والفاكهة. وجدنا أن الحمل الميكروبي يختلف أيضاً بشكل كبير بين أنواع الخضار والطماطم ، ولم يظهر الخس حمولة ثقيلة من الميكروبات

- السلالات الميكروبية المختلفة بما في ذلك الديدان والفيروسات والبكتيريا يمكن أن تسبب مخاطر صحية خطيرة ،ومع ذلك ، فقد وثق بعض الباحثين أن الطهي قد يساعد في الحد من التلوث الجرثومي أوقد يقضي تماماً على الميكروبات الضارة [31] .
- الري بمياه الصرف الصحي المعالجة يودي إلى مستويات مختلفة من التلوث الميكروبي في النباتات وبالتالي تسبب مخاطر صحية خطيرة على المستهلكين.

قائمة المراجع

المراجع باللغة العربية:

[1]: مهدي هنداوي عبد النبي،احمد عبد العاطي يوسف.(2010). إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري، مجلة جامعة مصراتة للعلوم الزراعية المجلد الأول العدد الأول ديسمبر 2019 ص:174-195.

[3] :رمضان علي ميلاد ،مصطفي علي بن زقطة،محمود عياش أمعرف.(2019). تأثير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري على بعض الخواص الكيميائية للتربة ونمو محصول القمح ، مجلة جامعة مصراتة للعوم الزراعية المجلد الأول العدد الأول ديسمبر ص:196-208

[4]: عمر كريم خلف، إبراهيم بكري عبدا لرزاق ،محمود هويدي مناجد.(2012). تقييم بعض خصائص مياه الصرف الصحي المعالجة في محطة النعيمية ، مجلة الفرات للعلوم الزرراعية-5- (4) ص:206-214

[20]: عبد المجيد مليطان،حنان احسونة،خديجة القنيدب ،خولة أبورويص .(2016).دراسة اثر مياه الصرف الصحي علي بعض خواص التربة في منطقة وادي ساسو،مجلة البحوث الأكاديمية 2019 ص:174-182

[26] :محمد سليمان حداد.دراسة تقييم تلوث التربة والنبات من الجهة الشمالية الشرقية لمحطة بانياس الحرارية .رسالة علمية أعدت لنيل درجة ماجستير في قسم علم التربة والمياه كلية الهندسة الزراعية.

المراجع باللغة الأجنبية:

[2]: Al-Karaki, Ghazi. (2011). Utilization of treated sewage wastewater for green forage production in a hydroponic system. Emirates Journal of Food and Agriculture. 23. 80-94.

[5]: Rachid & Remini, Boualem. (2018). Characterisation of Treated Wastewater of M'Zab Valley for Reuse in Irrigation (Southern Algeria). International Journal of Engineering Research in Africa.

[6]: García-Orenes, Fuensanta & Caravaca, Fuensanta & Morugán, Alicia & Roldán, Antonio. (2015). Prolonged irrigation with municipal wastewater promotes a persistent and active soil microbial community in a semiarid agroecosystem. Agricultural Water Management.

[7]: Disciglio, Grazia & Gatta, Giuseppe & A., Libutti & A., Gagliardi & Carlucci, A. & Lops, Francesco & Cibelli, Francesca & Tarantino, Annalisa. (2014). Effects of irrigation with treated agro-industrial wastewater on soil chemical characteristics and fungal populations during processing tomato crop cycle. Journal of soil science and plant nutrition.

[8]: Safieh Javadinejad،Rebwar Dara ،Masoud Hussein Hamed،Mariwan Akram Hamah ، Saeed Forough Jafary، Analysis of Gray Water Recycling by Reuse of

Industrial Waste Water for Agricultural and Irrigation Purposes *(Isfahan industrial) Journal of Geographical Research ،Volume 03، Issue 02،April 2020

[9]: Sestras, Radu. (2018). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 46. I-XI. 10.15835/nbha46111047.

[10]: Dimane, Fouad & El Hammoudani, Yahya. (2021). Assessment of quality and potential reuse of wastewater treated with conventional activated sludge. Materials Today: Proceedings

[11]: Al-Hammad, Bushra & Abd El-Salam, Magda & Ibrahim, Sahar. (2014). Quality of wastewater reuse in agricultural irrigation and its impact on public health. Environmental monitoring and assessment.

[12]: Hussain, M. Iftikhar & Qureshi, Asad. (2020). Health risks of heavy metal exposure and microbial contamination through consumption of vegetables irrigated with treated wastewater at Dubai, UAE. Environmental Science and Pollution Research**.**

[13]: Al-Hammad, Bushra & Abd El-Salam, Magda & Ibrahim, Sahar. (2014). Quality of wastewater reuse in agricultural irrigation and its impact on public health. Environmental monitoring and assessment

[14]: Mahfoud, Zaouche & Khaldi, Abdelkader & Korichi, Khaled. (2020). Wastewater reuse and mapping of irrigable soils: Case of Sidi Bel Abbes City. Journal of Water and Land Development.

[15]: belhaj ayadi, Dalel & Jerbi, Bouthaina & Medhioub, Mounir & Zhou, John & Kallel, Monem & Ayadi, Habib. (2016). Impact of treated urban wastewater for reuse in agriculture on crop response and soil ecotoxicity. Environmental science and pollution research international.

[16]: Njuguna, Samwel & Makokha, Victorine & Yan, Xue & Gituru, Robert & Wang, Qing-Feng & Wang, Jun. (2019). Health risk assessment by consumption of vegetables irrigated with reclaimed waste water: A case study in Thika (Kenya). Journal of Environmental Management.

[17]: Rezapour, S. & Atashpaz, Behnaz & Moghaddam, Sina & Damalas, Christos. (2018). Heavy metal bioavailability and accumulation in winter wheat (Triticum aestivum L.) irrigated with treated wastewater in calcareous soils. Science of The Total Environment.

[18]: Rezapour, S. & Atashpaz, Behnaz & Moghaddam, Sina & Damalas, Christos. (2018). Heavy metal bioavailability and accumulation in winter wheat (Triticum aestivum L.) irrigated with treated wastewater in calcareous soils. Science of The Total Environment.

[19]: Chichoune, Malika & Souiher, Nouari & Abdelhak, Boutaleb & Rezzaz, Mohamed. (2020). Treated waste water as water potential and Assessment of heavy metals accumulation in agricultural lands of The region of Batna (Algeria).

[21]: Brady, N. C. & Weil.(2008) R. R. The Nature and Properties of Soil, 14th ed. Prentice Hall.

[22]: Becerra-Castro, Cristina & Lopes, Ana & Vaz-Moreira, Ivone & Silva, Elisabete & Manaia, Célia & Nunes, Olga. (2014). Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. Environment International.

[23]: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture Bureau régional pour le Proche-Orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord Irrigation avec des eaux usées traitées - Guide de l'utilisateur, septembre 2003

[24] :Journal Officiel n°41du décret exécutif n°07-149, publiés en Janvier 2012

[27]: Bodjona, Bassaï & Tchegueni, Sanonka & Bafai, Diyakadola & Meray, Mohamed & Zamama, Mohamed. (2018). Extraction chimique des métaux lourds des argiles de la décharge finale d'Agoè-Nyivé au Togo. Déchets, sciences et techniques. 10.4267/dechets-sciences-techniques

[28]: Tamene Fite Duressa , Seyoum Leta(.2015). Determination of levels of As , Cd , Cr , Hg and Pb in soils and some vegetables taken from river majo water irrigated farmland at koka village , oromia state , east ethiopia , international journal of sciences basic and applied research (IJSBAR), vol.(21) No.(3) . p : 352 – 372

[29]: JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME.CODEX ALIMENTARIUS COMMISSIONTwenty-fourth SessionGeneva, Switzerland, 2-7 July 2001

[30]: Hammed. A Olayiwola Lukuman Abudulawal Gbola. K. Adewuyi, Mohammed O. Azeez ,Heavy Metal Contents in Soil and Plants at Dumpsites: A Case Study of Awotan and Ajakanga Dumpsite Ibadan, Oyo State,Nigeria.Journal of Environment and Earth Science ISSN 2224 3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online) Vol.7, No.4, 2017

[31] :Botella S, Jiménez A, Boukharouba A, Ferrús MA (2018) Reduction of Salmonella enterica in ready to eat lettuce leaves: effectiveness of sodium hypochlorite washing. Exploring Microorganisms: Recent Advances in Applied Microbiology, p.105

الخلاصة العامة

تمحورت دراستنا حول إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي ومن خلال جملة من الأبحاث العلمية المدروسة تم استنباط أهم النقاط التالية:

هي أحد البدائل للطلب المتزايد على المياه (توفير المياه النظيفة) . بزيادة الموارد الطبيعية وحماية البيئة والتوازن البيئي.

التقليل من التكاليف المتعلقة بإنتاج واستزاد واستعمال الأسمدة بسبب وجود العناصر الضرورية للنبات في تلك المياه كما أنه يشكل خطرا على الصحة إذا لم يعالج بشكل ملائم للمحاصيل المزروعة

كان لمياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة للري تأثير ايجابي على حالة المغذيات في التربة والمحاصيل.ومع ذلك فانه قد يزيد من تركيز بعض المعادن السامة إذا تم استخدامه بشكل مستمر. ويؤدي أيضا إلى تغيير تكوين المجتمع الميكروبي الأصلي للتربة وزيادة في فطريات التربة .

الري بالمياه المستصلحة بالتنقيط تحت السطحي يؤدي إلى تراكم المعادن والتلوث الميكروبي في النباتات والخضار وبالتالي يسبب مخاطر صحية خطيرة على المستهلكين.

استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في نظام الزراعة المائية قد يقلل من مخاطر تراكم المعادن في التربة مع الاستخدام المطول.

له تأثيراً إيجابياً على النمو الخضري وزيادة غلة المحاصيل .

أخيرا يمكننا استعمال هذه النوعية من المياه في الري الزراعي مع المراقبة المستمرة وتقييد الري لبعض المحاصيل

إستراتيجية لحماية صحة الإنسان والبيئة

يمكن حماية صحة الإنسان والبيئة من خلال أربع مجموعات من التدابير

• مستوى معالجة مياه الصرف الصحي ، •ممارسة تقييد المحاصيل ، •طرق الري ، •السيطرة على تعرض الإنسان لمياه الصرف الصحي المعالجة والنظافة.

تمنع المعالجة الكاملة لمياه الصرف الصحي الميكروبات المسببة للأمراض المفرزة من الوصول إلى الحقل. ومع ذلك ، يتعين على المزارعين في معظم الحالات التعامل مع المياه العادمة من نوعية معينة. وبسبب هذا ، فإن تقييد المحاصيل واختيار نظام الري والتحكم في تعرض الإنسان أمر مهم للغاية.

التوصيات:

*إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة تعود بفوائد اقتصادية من حيث زيادة غلة المحاصيل لغني المياه المعالجة بالمغذيات التي يحتاجها النبات.

*عدم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري لفترات طويلة حيث بزيادة فترات الاستخدام يحدث تلوث. (زيادة ملوحة التربة والنشاط الميكروبي لتربة).

*يجب المراقبة المستمرة لتركيز العناصر النزرة في التربة والنبات عند استخدم المياه المعالجة لري.

*تنمية مستدامة كمياه بديلة لري.

الأفاق المستقبلية:

- ✓ وفي الأخير يجب أن تركز الأبحاث المستقبلية في المقام الأول على استعادة مياه الصرف الصحي المعالجة في الري وفقا لجودتها
- ✓ قبل المصادقة على الري بمياه الصرف الصحي المعالجة ، يجب التقييم الشامل لإعادة استخدام المياه العادمة على التربة والنبات وصحة الإنسان.

قائمة الملاحق

الملحق 1

الجدول(1): .تحمل الملوحة لبعض نباتات المحاصيل [23].

موصلية الكهربائية لمياه الري *(dS/m, et mg/l)					
>7 >4480	5 – 7 3200 - 4480	4 – 5 2560 – 3200	3 – 4 1920 - 2560	2 – 3 1280 -1920	<2 <1280
قطن	القرطم	الصويا	الذرة الرفيعة	تين	حمضيات
شعير	قمح	النخيل	الفول السوداني	زيتون	تفاح
عشبة القمح	الشمندر السكر	الخرشوف	ارز	بروكلي	خوخ
	بجراس	زهرة البرسيم	البنجر	طماطم	العنب
	شعير الفئران			خيار	الفراولة
				شمام	بطاطس
				بطيخ	الفلفل
				سبانخ	جزر
					بصل
				الذرة الرفيعة	فاصوليا
				البرسيم	

الجدول (2) : المرسوم الوزاري الصادر بتاريخ 2 يناير 2012 بتعيين مواصفات المياه العادمة المعالجة المستخدمة لأغراض الري ، المعايير الفيزيائية والكيميائية [24]

الإعدادات		الوحدة	تركيز الحد الأقصى المسموح به
فيزيائية	PH	-	6.5 ≤ pH ≤ 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	3-0= SAR	ds/m	0.2
	3-6		0.3
	12-6		0.5
	20-12		1.3
	40-20		3

30	mg/l	DBO5	كيميائية
90	mg/l	DCO	
10	meq/l	CHLORURE (Cl)	
30	mg/l	AZOTE (NO3 - N)	
8.5	meq/l	Bicarbonate (HCO3)	
20.0	mg/l	Aluminium	عناصر سامة
2.0	mg/l	Arsenic	
0.5	mg/l	BÈryllium	
2.0	mg/l	Bore	
0.05	mg/l	Cadmium	
1.0	mg/l	Chrome	
5.0	mg/l	Cobalt	
5.0	mg/l	Cuivre	
0.5	mg/l	Cyanures	
15.0	mg/l	Fluor	
20.0	mg/l	Fer	
0.002	mg/l	PhÈnols	
10.0	mg/l	Plomb	
2.5	mg/l	Lithium	
10.0	mg/l	ManganËse	
0.01	mg/l	Mercure	
0.05	mg/l	MolybdËne	
2.0	mg/l	Nickel	
0.02	mg/l	SÈlÈnium	
1.0	mg/l	Vanadium	
10.0	mg/l	Zinc	

الجدول (3) : معايير الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي للري [23].

Problèmes Potentiels en Irrigation	Unités	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à modéré	Sévère
Salinité				
EC_w[1]	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
Ou				
TDS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltration				
SAR[2] =0 - 3 et EC_w =	dS/m	> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
=3 – 6 =		> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
=6 – 12 =		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
=12 – 20 =		> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
=20 – 40 =		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
Toxicité Spécifique des ions				
Sodium (Na)				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 – 9	> 9
Irrigation par aspersion	méq/l	< 3	> 3	
Chlorure(Cl)				
Irrigation de surface	méq/l	< 4	4 – 10	> 10
Irrigation par aspersion	méq/l	< 3	> 3	
Bore (B)	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
effets divers				
Azote (NO_3-N)[3]	mg/l	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonate (HCO_3)	méq/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
pH	Gamme normale 6.5 - 8.4			

الجدول (4) : الحدود الموصى بها للعناصر النزرة في مياه الصرف الصحي المخصصة للري (منظمة الأغذية والزراعة 2003) [23].

المعادن (mg/l)	استخدام طويل المدى	على المدى القصير
الالمنيوم	5.0	20.0
الزرنيخ	0.10	2.0
البورون	0.75	1.0
الكادميم	0.01	0.05
الكروم	0.1	0.05
الكوبالت	0.05	5
نحاس	0.2	5.0
الفل ور	1	15
الحديد	5.0	20

الرصاص	5.0	10.0
الليثيوم	2.5	2.5
المنغنيز	0.2	10.0
الموليبدينوم	0.01	0.05
النيكل	0.2	2.0
السيلينيوم	0.02	0.02
الفاناديوم	0.1	1.0
الزنك	2.0	10.0

الجدول (5) : معيار إعادة الاستخدام [5] .

Parameter	Unit	Algerian Standard	WHO Standard	French Standard				USEPA Standard
				1A	1B	2	3	
T	°C	30	30	≤ 20	20-22	22-25	25-30	
pH		6.5 -8.5	5.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.05	6-9	5.5-9.5	6-9
EC	*mS / cm*	3	-	≤ 0.4	0.4-0.75	0.75-1.5	1.5-3	
O_2	mg/l	-	-	-	-	-	-	≤ 30
TSS	mg/l	35	30					
COD	mg/l	120	90-120	≤ 20	20-50	50-40	40-80	
NH^+	mg/l	-	-	≤0.1	0.1-0.5	0.5-2	2-8	
NO^-	mg/l	-	-			≤ 44	44-100	
PO^{-3}	mg/l	2	2	-	-	-	-	
BOD_5	mg/l	35	30	≤ 3	03-05	05-10	10-25	≤ 30
TC	N/100	$<50 \times 10^3$	$<50 \times 10^3$					
FC	mlN/100 ml	$<20 \times 10^3$	$<20 \times 10^3$					≤ 200

الجدول (6) : متوسط تراكيز بعض معادن في التربة الزراعية و المعيار الفرنسي [25].

As	Pb	Mu	Co	Cr	Zn	المعادن
100	-	-	150	50	100	Norme AFNOR NF U 44-041
20-300	-	-	50-200	20-60	60-150	

الجدول (7) : الحدود الحرجة لبعض المعادن الثقيلة في التربة حسب (WHO 2011) **[26].**

القيم (Ppm)	المعدن
1-3	Cd
50-140	Cu
30-70	Ni
50-300	Pb
150-300	Zn

Hg	1-1.5
Co	00

الجدول (8) : تراكيز بعض المعادن في التربة المعيار الفرنسي [27].

المعدن(Ppm)	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb
Norme AFNOR NF U 44-041	300	100	50	2	100

الجدول (9) : الحد الأقصى المسموح به لقيم المعادن الثقيلة في تربة زراعية حسب FAO/WHO [28].

المعيار	معادن (Ppm)		
	Cd	Cr	Pd
FAO/WHO	-	0.1	90-400

الجدول (10): المستوى الإرشادي للكادميوم في الطعام [29].

المستوى الإرشادي (Ppm)	الطعام
0.1	الحبوب والبقوليات

الجدول (11) : المستويات القصوى المقترحة للكادميوم في الطعام [29].

المستوى الإرشادي (Ppm)	الطعام
0.05	**الفاكهة**
0.05	**الخضار**
0.2	**الخضار الورقية**
0.2	**حبوب القمح والارز**
0.2	**فول الصويا والفول السوداني**

الجدول (12) : تركيز المعادن في الخضر حسب FAO/WHO [11] .

المعدن (ppm)	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr	Co
FAO/WHO	0.30	100	73	0.10	67	2.3	50

الجدول (13) : دليل FAO/WHO شأن المعادن في الأغذية والخضروات (ppm) [30].

المعدن	FAO/WHO	NAFDAC	EC/CODEX	المعدل الطبيعي في النبات
Cd	1	0.2	-	<2.4
Cu	30	0.3	20	2.5
Pb	2	0.3	2	0.50-30

Zn	60	<5	50	20-100
Fe	48	-	-	400-500
Ni	-	-	-	0.02-50
Co		-	-	-
As	30	0.5	20	0.5-20

الجدول(14) : تراكيز بعض المعادن (ppm) في الخضر حسب WHO.

المعادن	Co	Cd	Pb	Zn	Cu	Fe
محددات WHO	-	0.1	0.3	100	73	-

الملحق2

المقالة العلمية 1

مجلة جامعة مصراتة للعلوم الزراعية
Journal of Misurata University for Agricultural Sciences
عدد خاص بالأوراق العلمية المقدمة للمؤتمر العلمي الأول للعلوم الزراعية – إنتاج نباتي (5-6 أكتوبر 2019)

إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري

مهدي هندي عبد النبي — أحمد عبدالعاطي يوسف
قسم البيئة والموارد المائية، المعهد العالي للعلوم والتقنية، طرابلس

Mahdi.elhendawi@gmail.com

https://doi.org/10.36602/jmuas.2019.v01.01.14

الملخص

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي – الخواص الفيزيائية – الكيميائية – البيولوجية- القيم الإرشادية- مياه الري

مقدمة

174

http://www.misuratau.edu.ly/journal/jmuas/ المجلد الأول العدد الأول ديسمبر 2019

المقالة العلمية 2

Emir. J. Food Agric. 2011. 23 (1): 80-94
http://ejfa.info

Utilization of treated sewage wastewater for green forage production in a hydroponic system

Ghazi N. Al-Karaki*

Faculty of Agriculture, Jordan University of Science & Technology, Irbid, Jordan

Abstract: Using alternative water resources such as tertiary treated sewage wastewater is considered very important to produce crops (e.g., green forage) due to irrigation water shortage, especially in arid and semiarid regions like Jordan. Moreover, growing forage hydroponically is now becoming popular in drought prone areas to produce green fodders in large quantities with less water use. The objectives of this study were to investigate the effects of irrigation with tertiary sewage treated wastewater (WW), tap water (TW) or mixed WW with tap water (WW mix) on barley (Hordeum vulgare L.) fodder yield, quality, and water use efficiency (WUE) under hydroponic conditions. A hydroponic system was developed with four shelves and used in this study. The results showed that barley forage can be produced in 9 days from planting to harvest in this system. Using WW in irrigation has effectively increased the yields of green and dry fodder, and the green forage yields obtained were 224, 276 and 320 ton/ha under irrigation with TW, WW mix and WW, respectively. The higher fodder yields obtained with WW than TW or WW mix, probably due to the higher nutritive value of WW especially N content. However, plants irrigated with WW used water more efficiently than those irrigated with other water types, when used 1.26 m3 compared to 1.56 m3 water in TW to produce 1 ton of hydroponic green fodder. Proximate and mineral nutrient contents of dry fodder were significantly higher in plants irrigated with WW than with TW in respect to crude protein, acid and neutral detergent fiber, and N, K, Mg, and Na contents. Heavy metal (Cd, Pb, and Ni) contents in barley fodder were higher in plants irrigated with WW than those irrigated with TW, but their levels did not reached the maximum allowed levels by FAO for edible crops. The results of this study revealed that hydroponic green barley fodder could be irrigated safely with tertiary treated sewage wastewater to produce high yields and less water use. Moreover, use of treated wastewater in irrigation of green forages in hydroponic system considered as useful alternative disposal method of wastewater without the risk of accumulation of heavy metals in the soil.

Keywords: Treated sewage, green forage, water use efficiency, heavy metals, soilless.

استغلال مياه الصرف الصحي المعالجة في إنتاج أعلاف الشعير الخضراء باستخدام نظام الزراعة المائية

غازي ن. الكركي

كلية الزراعة، جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية، إربد، الأردن

الملخص: يعتبر استخدام مصادر المياه البديلة مثل مياه الصرف الصحي المعالجة في إنتاج المحاصيل مثل الأعلاف الخضراء مهما جدا وذلك بسبب نقص المياه المزمن في مناطق عديدة في العالم بما فيها الأردن. بالإضافة إلى ذلك، أصبح إنتاج الأعلاف الخضراء هيدروبونيا في المناطق المعرضة للجفاف شائعا بسبب قلة استهلاك المياه. تهدف هذه الدراسة إلى دراسة تأثير الري بمياه الصرف الصحي المعالجة على تأنيبة الأعلاف الخضراء وجودتها وكفاءة استخدام المياه بالطريقة مع الري بالمياه العادية أو المخلوطة. تم تطوير نظام زراعة مائية يحتوي على 4 أرفف للاستخدام في هذه الدراسة. تم حصاد العلف الأخضر بعد 9 أيام من الزراعة. أظهرت النتائج أن استخدام المياه المعالجة كان لها تأثيرا فعالا في إنتاج الأعلاف الخضراء والجافة بلغ 320 طن طعام الحيوان مكثفا مقارنة مع 276 و 224 طن طعام مكثفا تحت ظروف الري بالمياه المخلوطة والعادية على التوالي. وبينت النتائج كذلك أن الري بالمياه المعالجة أدى إلى زيادة كفاءة استخدام المياه في إنتاج الأعلاف الخضراء، حيث تم استخدام 1.26 م3 من الماء لإنتاج طن واحد من العلف الأخضر المائي مقارنة مع 1.38 و 1.56 م3 لكل طن علف أخضر عند الري بالمياه المخلوطة أو العادية، على التوالي. هذا وتحتوي الأعلاف الخضراء المروية بالمياه المعالجة وبمقارنتها مع الأعلاف الخضراء المروية بالمياه العادية أو المخلوطة على نسب عالية من البروتين الخام والألياف المنظمة للحامض والمنظمة للقلويات والنيتروجين والبوتاسيوم والصوديوم. وكان محتوى العلف الأخضر المنتج بالمياه المعالجة الأعلى من حيث المحتوى من الكتلة والألياف منخفض الميل والفسفور) مقارنة بالأعلاف المنتجة بالمياه المخلوطة أو العادية. الا أن محتوى هذه العناصر كان اقل بكثير من الحد الأقصى المسموح به حسب مواصفات منظمة الأغذية والزراعة العالمية. وعليه فإن نتائج هذه الدراسة تشير إلى أن استخدام المياه العادمة المعالجة ثلاثيا في إنتاج الأعلاف الخضراء المائية يمكن أن يكون طريقة آمنة وبديلة لإدارة مياه الصرف الصحي المعالجة دون أي مخاطر على التربة.

الكلمات المفتاحية: المياه العادمة المعالجة، الأعلاف الخضراء، كفاءة استخدام المياه، المعادن الثقيلة، التربة.

* Corresponding Author: Email: gkarak@just.edu.jo

80

المقالة العلمية3

مجلة جامعة مصراتة للعلوم الزراعية
Journal of Misurata University for Agricultural Sciences
عدد خاص بالأوراق العلمية المقدمة للمؤتمر العلمي الأول للعلوم الزراعية – إنتاج نباتي (5-6 أكتوبر 2019)

تأثير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري على بعض الخواص الكيميائية للتربة ونمو محصول القمح

رمضان علي مياد — مصطفى علي بن رقعة — *محمود عياش إسعراف
قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة سرت — القسم العام، كلية الزراعة، جامعة مصراتة — قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة سرت

mohmoudayash24@gmail.com

https://doi.org/10.36602/jmuas.2019.v01.01.15

الملخص

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي – خواص التربة – نمو القمح – البكتريا القولونية

المقدمة

196

http://www.misuratau.edu.ly/journal/jmuas/ المجلد الأول العدد الأول ديسمبر 2019

المقالة العلمية 4

مجلة المزارع للعلوم الزراعية -5 (4): 206-214 , (2013) جلغم و آخرون

تقييم بعض خصائص مياه الصرف الصحي المعالجة في محطة النعيمية (الفلوجة).
ا- تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة .

عمر كريم خلف — ابراهيم بكري عبدالرزاق — محمود هويدي مناجد
كلية الزراعة/جامعة الأنبار — دائرة البحوث الزراعية/ بغداد — كلية الزراعة/جامعة الأنبار

الخلاصة :

لدراسة التقييم الفيزيائي والكيميائي الامثل لمياه الصرف الصحي المعالجة جمعت عينات مياه الصرف الصحي من المحطة الواقعة في ناحية النعيمية ، جنوب مدينة الفلوجة في محافظة الانبار لتقييم مياه الصرف الصحي فيزيائياً وكيميائياً بأخذ عينات في بداية شهر كانون الثاني 2012 م من المركز التجميعي في محطة الصرف الصحي بشكل دوري بواقع عينة واحدة أسبوعياً وعلى امتداد عام كامل ، وقد اعتمدت معايير وكالة حماية البيئة (EPA, 1977) في تحديد الخصائص الكيميائية في مياه الصرف الصحي والتي تضمنت قياس وتقديرال pH و EC والأمونيوم و النترات و الفسفور الكلي و الأيونات الموجبة والسالبة و المحتوى الكلي للعناصر الثقيلة (Mn و Fe و Zn و Cd و Ni و Cu و Pb) والخصائص الفيزيائية والتي تضمنت قياس كل من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) و المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS) . اشارت النتائج ارتفاع قيم الصفات المدروسة في الصرف الى النهر مما له اثار سلبية على الصحة العامة إذ بينت الدراسة ارتفاع قيم المواد الصلبة العالقة الكلية وقيم المواد الصلبة الذائبة الكلية والتي هي اعلى من الحدود المسموح بها ، وبمتوسـط 3114 و 149 ملغم . لتر$^{-1}$ لكل من TDS و TSS بالتتابع لكن مثل هذه القيم تسمح لاستخدام هذه المياه لأغراض الري ، وكانت تراكيز الايونات الموجبة والسالبة لمياه الصرف الصحي عالية مقارنة مع مياه نهر الفرات للأيونات Ca^{+2} و Mg^{+2} و Na^{+1} و K^{+1} و Cl و $SO4^{-2}$ وبمتوسـط (790, 380, 24.2, 524.4, 138.3, 283.1) ملغم . لتر$^{-1}$ بالتتابع ، فضلاً عن احتواء مياه الصرف الصحي على ايونات ذات خطورة بيئية مثل ايونات النترات والامونيوم والفسفور . حيث كانت اعلى من الحدود المسموح بها ، اذ بلغ متوسط تركيز ايونات النترات و الأمونيوم والفسفور المعدني 15.0 و 21.2 و6.2 ملغم . لتر$^{-1}$ بالتتابع أي اعلى بمقـــدار 100 ، 22.9 ، 31.1 % من الحد المسموح به ، مع سيادة ايونات الامونيوم على النترات .

Evaluation of some treated waste water characteristics in Al-Naimea station (Fallujah).

a. Evaluation of physical and chemical characteristics of treated wastewater

Omar K. K. Al-Salmani&Ibrahim B. Abdul-razzaq&Mhommad H. Managed

ABSTRACT :

To study Ideal physical and chemical evaluation of treatment wastewater, wastewater samples were collected (one sample per week) by taking samples at the beginning of January 2012 along one year, from collection station of wastewater in Al-Naimea region-Fallujah/Anbar governorate.

American Environmental Protection Agency (1977, EPA) method was used to determine the characteristics of wastewater including measuring and estimating of pH,

206

ISSN 2072-3875

المقالة العلمية 5

International Journal of Engineering Research in Africa
ISSN: 1663-4744, Vol. 40, pp 78-87
doi: 10.4028/www.scientific.net/JERA.40.78
© 2018 Trans Tech Publications, Switzerland

Submitted: 2018-04-25
Revised: 2018-10-01
Accepted: 2018-10-01
Online: 2018-12-18

Characterisation of Treated Wastewater of M'Zab Valley for Reuse in Irrigation (Southern Algeria)

Rachid ZEGAIT[1,a*], Boualem REMINI[2,b]

[1]Laboratoire de Génie de l'Eau et Environnement, École nationale supérieure de l'hydraulique (ENSH) ENSH. Av 29 Guerrouaou, PB 31Blida (09000), Algérie

[2]Université Saad Dahleb –Blida- Algérie

[a*]r.zegait@ensh.dz, zegait.rachid@gmail.com (Corresponding Author),
[b]reminib@yahoo.fr

Keywords: reuse, wastewater, treatment plant, irrigation, analysis

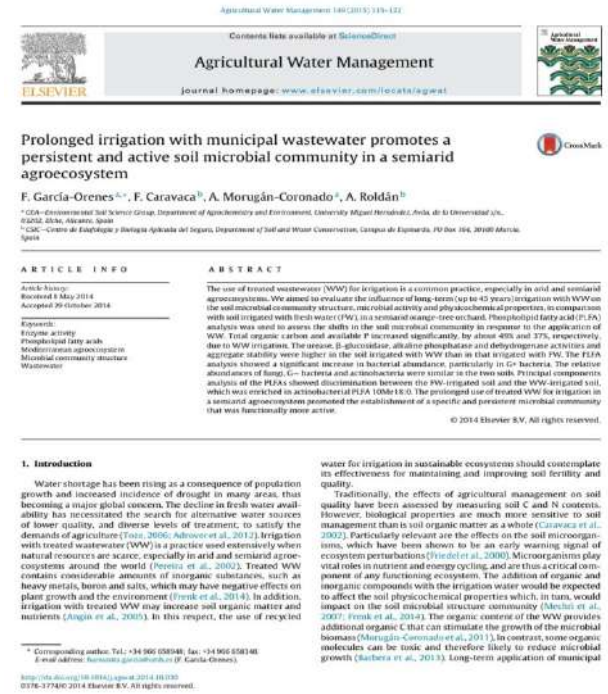
Abstract. The reuse of treated wastewater can reduce the water deficit in Saharan areas and contribute to the sustainable development efforts. The M'Zab wastewater treatment plant (WWTP) is designed to treat domestic wastewater by natural lagoon system, and to reuse the treated waters for irrigation of agricultural perimeters in Chardaia region. Indeed the present work aims to study the possibility of reusing treated wastewater of M 'Zab plant in the reduction of wastewater pollution and the possibility of reusing treated wasters in irrigation. For this reason, various physical-chemical and bacteriological analysis (2013-2015) of pollution parameters were investigated to examine the biological treatment efficiency of WWTP. Then, the results of each parameter were compared to the guidelines and standards values set by the World Health Organization (WHO) and local standards for irrigation waters. Results showed that the treated water is of poor quality, which can only be used for certain salt-tolerant species and well-drained and leached soil. In addition, it seems that the studied WWTP require an additional treatment to improve the quality of treated waters.

1. Introduction

The M'Zab valley is located in south of Algiers, at the gateway to the Sahara, founded on arable land at the bottom of the valley, fertilised by the seasonal floods of M'Zab wadi and its tributaries [1-2] .Its character is therefore conditioned by the necessity of a considerable and priority hydraulic effort **[3]**, the valley had to face a crucial problem of pollution of its water resources. An important issue for local people living mainly from the cultivation of dates. The health situation of the M'Zab became critical. In several places, sewage encumbers the bed of the river and pollute groundwater. This is due either to faulty connections or the absence or malfunction of the main. In areas where the main collector is not yet built, bleedings were performed in the bed of the wadi to channel wastewater to the next completed section of the drain **[4]**. On the other hand, discharge of some industrial effluents without pretreatment **[5]**, under the combined effect of lower water withdrawals and increased recharge, this water table had a tendency to rise strongly in some low areas such as palm groves, causing the die-back of crops. especially the ancient oasis, created on the wadi beds, as an original planning model **[6]**.The Algerian authorities have therefore decided to create a natural lagoon wastewater treatment plant with the aim of eliminating nuisances and risks of contamination in urbanised areas, protecting the receiving environment and the water resources of the valley, in particular the groundwater, the possibility of reusing treated effluents for irrigation, intended to irrigate a perimeter of 500 ha arable lands, located on left bank of the M'Zab wadi at the downstreams of the station **[7]**.This integrated approach has become an important biodiversity area and a shelter for wildlife in general, and the avifauna in particular, as well as for the development of a dense and endemic flora. It is in this context that fits this work which focuses on the ability of treated wastewater from M'Zab valley for reuse in agriculture.

All rights reserved. No part of contents of this paper may be reproduced or transmitted in any form or by any means without the written permission of Trans Tech Publications, www.scientific.net. (#117137865, École Nationale Supérieure de l'Hydraulique, Blida, Algérie-16/12/18,08:03:30)

المقالة العلمية 6



Agricultural Water Management 140 (2014) 119–122

Contents lists available at ScienceDirect

Agricultural Water Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agwat

Prolonged irrigation with municipal wastewater promotes a persistent and active soil microbial community in a semiarid agroecosystem

F. García-Orenes[a,*], F. Caravaca[b], A. Morugán-Coronado[a], A. Roldán[b]

[a] GEA—Environmental Soil Science Group, Department of Agrochemistry and Environment, University Miguel Hernández, Avda. de la Universidad s/n, 03202 Elche, Alicante, Spain

[b] CSIC—Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Department of Soil and Water Conservation, Campus de Espinardo, PO Box 164, 30100 Murcia, Spain

ARTICLE INFO

Article history:
Received 8 May 2014
Accepted 29 October 2014

Keywords:
Enzyme activity
Phospholipid fatty acids
Mediterranean agroecosystem
Microbial community structure
Wastewater

ABSTRACT

The use of treated wastewater (WW) for irrigation is a common practice, especially in arid and semiarid agroecosystems. We aimed to evaluate the influence of long-term (up to 45 years) irrigation with WW on the soil microbial community structure, microbial activity and physicochemical properties, in comparison with soil irrigated with fresh water (FW), in a semiarid orange-tree orchard. Phospholipid fatty acid (PLFA) analysis was used to assess the shifts in the soil microbial community in response to the application of WW. Total organic carbon and available P increased significantly, by about 48% and 37%, respectively, due to WW irrigation. The urease, β-glucosidase, alkaline phosphatase and dehydrogenase activities and aggregate stability were higher in the soil irrigated with WW than in that irrigated with FW. The PLFA analysis showed a significant increase in bacterial abundance, particularly in G+ bacteria. The relative abundances of fungi, G− bacteria and actinobacteria were similar in the two soils. Principal components analysis of the PLFAs showed discrimination between the FW-irrigated soil and the WW-irrigated soil, which was enriched in actinobacterial PLFA 10Me18:0. The prolonged use of treated WW for irrigation in a semiarid agroecosystem promoted the establishment of a specific and persistent microbial community that was functionally more active.

© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

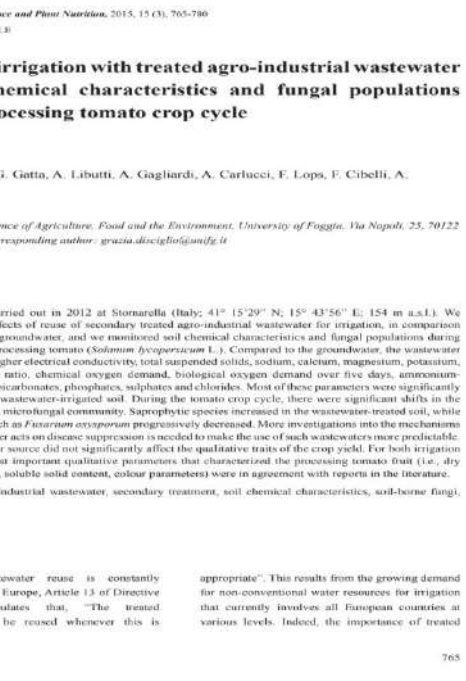
Water shortage has been rising as a consequence of population growth and increased incidence of drought in many areas, thus becoming a major global concern. The decline in fresh water availability has necessitated the search for alternative water sources of lower quality, and diverse levels of treatment, to satisfy the demands of agriculture (Toze, 2006; Adrover et al., 2012). Irrigation with treated wastewater (WW) is a practice used extensively when natural resources are scarce, especially in arid and semiarid agroecosystems around the world (Pereira et al., 2002). Treated WW contains considerable amounts of inorganic substances, such as heavy metals, boron and salts, which may have negative effects on plant growth and the environment (Frenk et al., 2014). In addition, irrigation with treated WW may increase soil organic matter and nutrients (Angin et al., 2005). In this respect, the use of recycled water for irrigation in sustainable ecosystems should contemplate its effectiveness for maintaining and improving soil fertility and quality.

Traditionally, the effects of agricultural management on soil quality have been assessed by measuring soil C and N contents. However, biological properties are much more sensitive to soil management than is soil organic matter as a whole (Caravaca et al., 2002). Particularly relevant are the effects on the soil microorganisms, which have been shown to be an early warning signal of ecosystem perturbations (Friedel et al., 2000). Microorganisms play vital roles in nutrient and energy cycling, and are thus a critical component of any functioning ecosystem. The addition of organic and inorganic compounds with the irrigation water would be expected to affect the soil physicochemical properties which, in turn, would impact on the soil microbial structure community (Mechri et al., 2007; Frenk et al., 2014). The organic content of the WW provides additional organic C that can stimulate the growth of the microbial biomass (Morugán-Coronado et al., 2011). In contrast, some organic molecules can be toxic and therefore likely to reduce microbial growth (Barbera et al., 2013). Long-term application of municipal

* Corresponding author. Tel.: +34 966 658948; fax: +34 966 658348.
E-mail address: fgarcia.garcia@carm.es (F. García-Orenes).

http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.030
0378-3774/© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.

المقالة العلمية 7



Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2015, 15 (3), 765-780
RESEARCH ARTICLE

Effects of irrigation with treated agro-industrial wastewater on soil chemical characteristics and fungal populations during processing tomato crop cycle

G. Disciglio*, G. Gatta, A. Libutti, A. Gagliardi, A. Carlucci, F. Lops, F. Cibelli, A. Tarantino

*Department of Science of Agriculture, Food and the Environment, University of Foggia, Via Napoli, 25, 70122 Foggia, Italy. *Corresponding author: grazia.disciglio@unifg.it*

Abstract

This study was carried out in 2012 at Stornarella (Italy; 41° 15'29'' N; 15° 43'56'' E; 154 m a.s.l.). We investigated the effects of reuse of secondary treated agro-industrial wastewater for irrigation, in comparison with conventional groundwater, and we monitored soil chemical characteristics and fungal populations during the crop cycle of processing tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Compared to the groundwater, the wastewater had significantly higher electrical conductivity, total suspended solids, sodium, calcium, magnesium, potassium, sodium adsorption ratio, chemical oxygen demand, biological oxygen demand over five days, ammonium-nitrogen, phenols, bicarbonates, phosphates, sulphates and chlorides. Most of these parameters were significantly greater also in the wastewater-irrigated soil. During the tomato crop cycle, there were significant shifts in the structure of the soil microfungal community. Saprophytic species increased in the wastewater-treated soil, while phytopathogens such as *Fusarium oxysporum* progressively decreased. More investigations into the mechanisms by which wastewater acts on disease suppression is needed to make the use of such wastewaters more predictable. The irrigation water source did not significantly affect the qualitative traits of the crop yield. For both irrigation treatments, the most important qualitative parameters that characterized the processing tomato fruit (i.e., dry matter content, pH, soluble solid content, colour parameters) were in agreement with reports in the literature.

Keywords: Agro-industrial wastewater, secondary treatment, soil chemical characteristics, soil-borne fungi, processing tomato

1. Introduction

Interest in wastewater reuse is constantly developing, and in Europe, Article 13 of Directive 91/271/EEC stipulates that, "The treated wastewater must be reused whenever this is appropriate". This results from the growing demand for non-conventional water resources for irrigation that currently involves all European countries at various levels. Indeed, the importance of treated

المقالة العلمية 8

Journal of Geographical Research | Volume 03 | Issue 02 | April 2020

BILINGUAL PUBLISHING CO.

Journal of Geographical Research
https://ojs.bilpublishing.com/index.php/jgr

ARTICLE

Analysis of Gray Water Recycling by Reuse of Industrial Waste Water for Agricultural and Irrigation Purposes

Safieh Javadinejad[1*] Rebwar Dara[2] Masoud Hussein Hamed[3] Mariwan Akram Hamah Saeed[3] Forough Jafary[4]

1. Water Resource Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Khomeyni Shahr, Daneshgah e Sanati Hwy, Iran
2. Hydrogeology, University of Salahaddin, Erbil, Iraq
3. Department of Geology, College of Science, University of Salahaddin, Erbil, Iraq
4. Water resource management, University of Birmingham, Edgbaston St., B152TT, UK

ARTICLE INFO

Article history
Received: 24 June 2020
Accepted: 14 July 2020
Published Online: 30 July 2020

Keywords:
Gray water
Water recycle
Water quality
Irrigation water users
Industrial users

ABSTRACT

Isfahan industrial province with its numerous industrial estates in its area and consequently the amount of wastewater produced by these settlements is very difficult to deal with. Therefore, the need for proper wastewater treatment and efficient management of industrial waste water from the industrial estates of this province should be seriously addressed and followed up by the authorities. The purpose of this study is the feasibility of reuse of wastewater from industrial settlements for agricultural and irrigation purposes. The present study is a descriptive cross-sectional study. In this study, the average values obtained from the sampling and the results of the experiments on waste water from the industrial waste water treatment plant in Isfahan, 2017, have been used. Average values of BOD5, COD, TSS and so on were compared with the standards set by the Environmental Protection Agency and analyzed in Excel software. According to the results, the average values of COD, BOD5, TSS, SO4, pH and catalyst quality parameters were determined from wastewater effluents of 315.162,93.164 (mg / L), 8.3 and 32.5 (NTU) respectively. The results of the study show that the average values of the quality parameters examined from the effluent of the treatment plant other than BOD5 and COD are within the standard range and the limit for agricultural and irrigation purposes, which may lead to undesirable environmental performance of these two parameters.

1. Introduction

Today, with the growth of urban populations, followed by rising levels of public health and awareness, water use has increased. High water consumption will increase the amount of sewage [1-3]. The release of raw sewage in nature is polluting the environment and has a bad impact on the quality of surface and underground flows. Sewage treatment, while preserving the environment, makes use of sewage and extraction and recycling of used water [3,4].

Irresponsible behaviors and the discharge of raw sewage into the environment have many health and environmental hazards. However, despite the adoption of various

*Corresponding Author:
Safieh Javadinejad,
Water Resource Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Khomeyni Shahr, Daneshgah e Sanati Hwy, Iran;
Email: Javadinejad.safieh@pd.iue.ac.ir

Distributed under creative commons license 4.0 DOI: https://doi.org/10.30564/jgr.v3i2.2056

المقالة العلمية 9

Haq S et al (2021)
Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca
Volume 49, Issue 2, Article number 12255
DOI:10.15835/nbha49312255
Research Article

Impact of treated sewage water on nutrient status of alfisols and vegetable crops

Shamsul HAQ[1], Ram BHAROSE[2], Rouf A. BHAT[1], Munir OZTURK[3*], Volkan ALTAY[4], Asma A. BHATTI[2], Moonisa A. DERVASH[5], Khalid R. HAKEEM[6]

Abstract

This study was conducted to determine the impact on the nutrient status of soil and vegetable crops irrigated with the treated sewage water. Three samples of water and five samples of soil and five commonly grown vegetables viz. radish, carrot, spinach, cauliflower, and potato were collected from Gangju, Arail and Dandi located in Nasir, Allahabad (India). The water samples were analysed for pH, EC, and heavy metals (Pb^{2+}, Cr^{3+}, Cd^{2+} and Ni^{2+}) concentration. Water samples from all the sites were alkaline with EC below the safe limits. The soil and plant samples from all the three sites showed that Gangja recorded the highest value of EC (dS m^{-1}), organic carbon (OC) (%), available NPK (kg ha^{-1}), and micronutrients concentration (Mn^{2+}, Zn^{2+} and Fe^{2+}) (mg kg^{-1}) whereas, the lowest concentration was recorded at Dandi followed by Arail. The soil samples collected from all three sites were alkaline. The nutrient status (N, P and K) showed the highest value in potato in the three sites, whereas manganese and zinc showed the highest value in spinach and iron in carrot. The study concludes that treated sewage water used for irrigation has a positive impact on nutrient status in soils and as well as in vegetable crops.

Keywords: alfisols; nitrogen; organic carbon; treated sewage; vegetables

Introduction

Approximately 20 million ha in 50 countries are irrigated with wastewater (Verma *et al.*, 2015; Khalid *et al.*, 2017). The wastewater is frequently used for crop irrigation, without any prior treatment in peri-urban

Received: 08 Feb 2021; Received in revised form: 27 Mar 2021; Accepted: 13 Apr 2021; Published online: 29 Apr 2021.
From Volume 49, Issue 1, 2021, Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca journal uses article numbers in place of the traditional method of continuous pagination through the volume. The journal will continue to appear quarterly, as before, with four annual numbers.

المقالة العلمية 10

Contents lists available at ScienceDirect
Materials Today: Proceedings
journal homepage: www.elsevier.com/locate/matpr

Assessment of quality and potential reuse of wastewater treated with conventional activated sludge

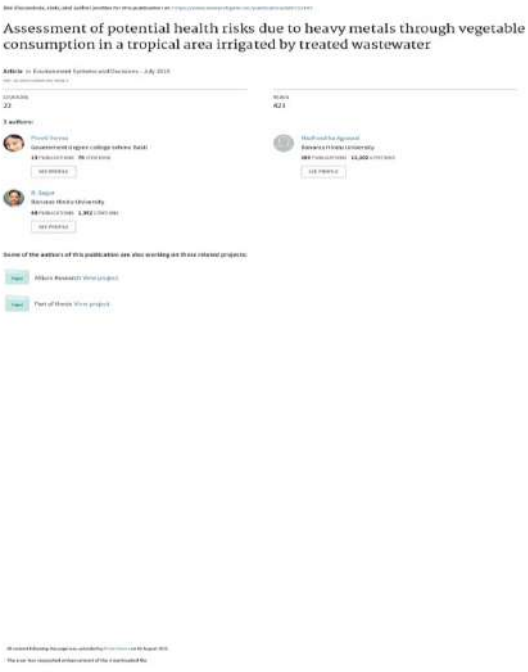
Fouad Dinane, Yahya El Hammoudani *

ARTICLE INFO

ABSTRACT

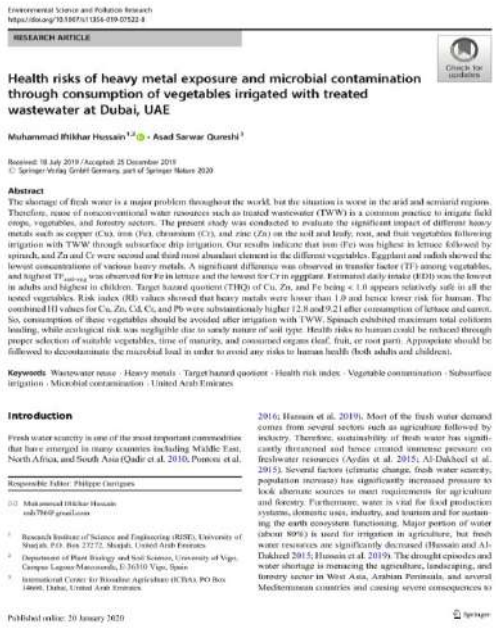
1. Introduction

المقالة العلمية 11



Assessment of potential health risks due to heavy metals through vegetable consumption in a tropical area irrigated by treated wastewater

المقالة العلمية 12



Environmental Science and Pollution Research
https://doi.org/10.1007/s11356-019-07522-8

RESEARCH ARTICLE

Health risks of heavy metal exposure and microbial contamination through consumption of vegetables irrigated with treated wastewater at Dubai, UAE

Muhammad Iftikhar Hussain[1,2] · Asad Sarwar Qureshi[3]

Received: 18 July 2019 / Accepted: 25 December 2019
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

Abstract

The shortage of fresh water is a major problem throughout the world, but the situation is worst in the arid and semiarid regions. Therefore, reuse of nonconventional water resources such as treated wastewater (TWW) is a common practice to irrigate field crops, vegetables, and forestry sectors. The present study was conducted to evaluate the significant impact of different heavy metals such as copper (Cu), iron (Fe), chromium (Cr), and zinc (Zn) on the soil and leafy, root, and fruit vegetables following irrigation with TWW through subsurface drip irrigation. Our results indicate that iron (Fe) was highest in lettuce followed by spinach, and Zn and Cr were second and third most abundant element in the different vegetables. Eggplant and radish showed the lowest concentrations of various heavy metals. A significant difference was observed in translocation factor (TF) among vegetables, and highest $TF_{soil-veg}$ was observed for Fe in lettuce and the lowest for Cr in eggplant. Estimated daily intake (EDI) was the lowest in adults and highest in children. Target hazard quotient (THQ) of Cu, Zn, and Fe being < 1.0 appears relatively safe in all the tested vegetables. Risk index (RI) values showed that heavy metals were lower than 1.0 and hence lower risk for human. The combined HI values for Cu, Zn, Cd, Cr, and Pb were substantiously higher 12.8 and 9.21 after consumption of lettuce and carrot. So, consumption of these vegetables should be avoided after irrigation with TWW. Spinach exhibited maximum total coliform loading, while ecological risk was negligible due to sandy nature of soil type. Health risks to human could be reduced through proper selection of suitable vegetables, time of maturity, and consumed organs (leaf, fruit, or root part). Appropriate should be followed to decontaminate the microbial load in order to avoid any risks to human health (both adults and children).

Keywords Wastewater reuse · Heavy metals · Target hazard quotient · Health risk index · Vegetable contamination · Subsurface irrigation · Microbial contamination · United Arab Emirates

Introduction

Fresh water scarcity is one of the most important commodities that have emerged in many countries including Middle East, North Africa, and South Asia (Qadir et al. 2010; Pontoni et al. 2016; Hussain et al. 2019). Most of the fresh water demand comes from several sectors such as agriculture followed by industry. Therefore, sustainability of fresh water has significantly threatened and hence created immense pressure on freshwater resources (Aydin et al. 2015; Al-Dakheel et al. 2015). Several factors (climatic change, fresh water scarcity, population increase) has significantly increased pressure to look alternate sources to meet requirements for agriculture and forestry. Furthermore, water is vital for food production systems, domestic uses, industry, and tourism and for sustaining the earth ecosystem functioning. Major portion of water (about 80%) is used for irrigation in agriculture, but fresh water resources are significantly decreased (Hussain and Al-Dakheel 2015; Hussain et al. 2019). The drought episodes and water shortage is menacing the agriculture, landscaping, and forestry sector in West Asia, Arabian Peninsula, and several Mediterranean countries and causing severe consequences to

Responsible Editor: Philippe Garrigues

✉ Muhammad Iftikhar Hussain
mih786@gmail.com

[1] Research Institute of Science and Engineering (RISE), University of Sharjah, P.O. Box 27272, Sharjah, United Arab Emirates
[2] Department of Plant Biology and Soil Science, University of Vigo, Campus Lagoas Marcosende, E-36310 Vigo, Spain
[3] International Center for Biosaline Agriculture (ICBA), PO Box 14660, Dubai, United Arab Emirates

Published online: 20 January 2020

المقالة العلمية 13

Environ Monit Assess (2014) 186:7709–7718
DOI 10.1007/s10661-014-3961-9

Quality of wastewater reuse in agricultural irrigation and its impact on public health

Bushra Ahmed Al-Hammad · Magda Magdy Abd El-Salam · Sahar Yassin Ibrahim

Received: 5 January 2014 / Accepted: 22 July 2014 / Published online: 2 August 2014
© Springer International Publishing Switzerland 2014

Abstract This study is planned to perform a sanitary survey of the largest sewage treatment plant in Riyadh, KSA, fortnightly for 6 months to examine its effluent quality as an example for the growing dependence on reuse of treated municipal wastewater in agricultural irrigation purposes to cope with increasing water shortage. The biological and physico-chemical parameters of 12 wastewater samples from the plant were examined using standard methods. The physico-chemical analysis indicated that the surveyed municipal wastewater treatment plant contained some of the studied parameters, such as turbidity, total suspended solids, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand and residual chlorine above the maximum permissible wastewater limits set by the Saudi Standards. However, heavy metal concentrations in all samples were lower than the recommended standards. Total and faecal coliform counts were above the permissible limits indicating poor sanitation level. Fifty percent of all wastewater samples were contaminated with faecal coliforms but, surprisingly, *Escherichia coli* were only detected in 8.3 % of the samples. Regular monitoring and enhancement of microbial and physico-chemical parameters of the wastewater quality served by different wastewater treatment plants for reuse in agricultural irrigation is recommended to preserve the environment and public health.

Keywords Wastewater reuse · Municipal wastewater · Wastewater quality · Wastewater treatment · Agricultural irrigation · Saudi Arabia

B. A. Al-Hammad · M. M. Abd El-Salam (✉) · S. Y. Ibrahim
Biology Department, College of Science and Humanity Studies, Salman bin Abdulaziz University, Al-Kharj, Saudi Arabia
e-mail: mmagdy_hgbi@yahoo.com

M. M. Abd El-Salam
Environmental Chemistry and Biology, Environmental Health Department, High Institute of Public Health, Alexandria University, Alexandria, Egypt

S. Y. Ibrahim
Microbiology, Botany Department, Faculty of Women for Arts, Science and Education, Ain Shams University, Cairo, Egypt

Introduction

The reuse of treated wastewater in agricultural irrigation applications is imperative in many arid and semi-arid regions where water resources are insufficient to satisfy development needs (Aljaloud 2010) in terms of quantity and the added benefits from contained nutrients (Rutkowski et al. 2007). The reuse of wastewater effluent could minimize both environmental pollution and the demand for fresh water (Alhamoud et al. 2003; Al-Jasser 2011).

The Kingdom of Saudi Arabia (KSA) is an arid country (Hussain and Al-Saati 1999). Fresh water supply in hot, dry regions is limited by scarce precipitation and high evapotranspiration (El Mahmoudi et al. 2011). With the rapid growth of the population coupled with increasing urbanization and agriculture, the demand for water increases continuously (Abu-Rizaiza 1999). The

Springer

المقالة العلمية 14

JOURNAL OF WATER AND LAND DEVELOPMENT
e-ISSN 2083-4535
Polish Academy of Sciences (PAN), Committee on Agronomic Sciences
Section of Land Reclamation and Environmental Engineering in Agriculture
Institute of Technology and Life Sciences (ITP)
JOURNAL OF WATER AND LAND DEVELOPMENT 2020, No. 46 (VII–IX): 153–161
https://doi.org/10.24425/jwld.2020.134208

Wastewater reuse and mapping of irrigable soils: Case of Sidi Bel Abbes City, Algeria

Zakaria MAHFOUD[1)], Abdelkader KHALDI[1)], Khaled KORICHI[2)]

[1)] University Mustapha Stambouli of Mascara, Research Laboratory on Biological Systems and Geomatics, Mascara, Algeria
[2)] University Djillali Liabes of Sidi Bel Abbes, BP 89, Sidi Bel Abbes, 22000 Algeria

For citation: Mahfoud Z., Khaldi A., Korichi K. 2020. Wastewater reuse and mapping of irrigable soils: Case of Sidi Bel Abbes City, Algeria. Journal of Water and Land Development. No. 46 (VII–IX) p. 153–161. DOI: 10.24425/jwld.2020.134208.

Abstract

This work aims to evaluate the treated wastewater from the activated sludge treatment plant in the City of Sidi Bel Abbes (North-Western Algeria) which is required for reuse in irrigation. The control of irrigated areas downstream is done based on a pedological study. Physico-chemical analysis such as (pH, BOD_5, *COD* and *SS*) indicate results in Algerian and international standards required by the WHO. The Sodium Adsorption Ratio and Electrical Conductivity values of the treated wastewater belong to the C3-S1 class. The treated wastewater has a fairly good microbiological quality that meets Algerian standards. The helminth eggs are practically absent. The concentrations of heavy metals are much lower than the limits prescribed in the Algerian decrees. Therefore, the overall processing plant efficiency is satisfactory and has the characteristics of a good treated water quality for reuse in the field of irrigation while protecting the environment. The pedological study of the soil samples shows that the most dominant fraction is undeveloped calcimagnetic. The planned irrigation plain covers an area of about two thousand hectares. Depending on the crops to irrigate, the development and nature of the necessary or recommended improvements, the proposed irrigation perimeter could be classified into five categories in which only three categories are irrigable. Water projects have been proposed to ensure the irrigation of three subdivided sectors.

Key words: *bacteriology, physico-chemical parameters, reuse, soil, Sidi Bel Abbes City, wastewater, wastewater treatment plant (WWTP)*

INTRODUCTION

Treated wastewater has been increasingly used around the world for irrigation, environmental applications, industrial use, groundwater recharge, urban use, indirect potable use and in some rare cases, direct potable use [DEGOHANI *et al.* 2007; GATTA *et al.* 2016]. About 80% of urban water use is in wastewater [WAGHMARE *et al.* 2010]. The quality of wastewater can be defined by physical, chemical and biological properties. The principal causes preventing the expansion of effluent reuse worldwide are public health and environmental concerns. To reduce the potential risks to acceptable levels, many countries have set regulations or guidelines governing effluent reuse. Wastewater treatment and irrigation is an attractive option, especially in arid and semi-arid areas, as it provides an additional source of water and renewable and reliable fertilizer [FAO 2003].

In Europe, despite the fact that water reuse is already becoming an essential and reliable water supply option for many municipalities, there is still significant potential for an increased utilization of reclaimed wastewater [HOCHSTRAT *et al.* 2005]. In Algeria, the strategy of the Water Resources Ministry in purification has several objectives such as: 1) the protection of water resources, 2) the eradication of septic tanks, 3) the comfort and well-being of citizens, 4) the protection of the coastline in accordance with international conventions and 5) the reuse of treated wastewater, in particular for agricultural purposes as well as the protection of groundwater [BOMMOUSSAT *et al.* 2019].

The arid and semi-arid development policy pursued by the Algerian government aims to promoting the natural potential and coping with the scarcity of water which is caused by drought and the human potential by improving the standard of living of the rural populations. By reserving freshwater resources for drinking water and other priority uses, the treatment of wastewater reuse contributes to water conservation and has many economic and environmental benefits.

© 2020. The Authors. Published by Polish Academy of Sciences (PAN) and Institute of Technology and Life Sciences (ITP).
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/).

المقالة العلمية 15

Environ Sci Pollut Res (2016) 23:15877–15887
DOI 10.1007/s11356-015-5672-3

INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED MANAGEMENT OF THE ENVIRONMENT – ICIME 2014

Impact of treated urban wastewater for reuse in agriculture on crop response and soil ecotoxicity

Dalel Belhaj[1] · Bouthaina Jerbi[2] · Mounir Medhioub[3] · John Zhou[4] · Monem Kallel[2] · Habib Ayadi[1]

Received: 6 May 2015 / Accepted: 21 October 2015 / Published online: 31 October 2015
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Abstract The scarcity of freshwater resources is a serious problem in arid regions, such as Tunisia, and marginal quality water is gradually being used in agriculture. This study aims to study the impact of treated urban wastewater for reuse in agriculture on the health of soil and food crops. The key findings are that the effluents of Sfax wastewater treatment plant (WWTP) did not meet the relevant guidelines, therefore emitting a range of organic (e.g., up to 90 mg L^{-1} COD and 30 mg L^{-1} BOD_5) and inorganic pollutants (e.g., up to 0.5 mg L^{-1} Cu and 0.1 mg L^{-1} Cd) in the receiving aquatic environments. Greenhouse experiments examining the effects of wastewater reuse on food plants such as tomato, lettuce, and radish showed that the treated effluent adversely affected plant growth, photosynthesis, and antioxidant enzyme contents. However, the pollution burden and biological effects on plants were substantially reduced by using a 50 % dilution of treated sewage effluent, suggesting the potential of reusing treated effluent in agriculture so long as appropriate monitoring and control is in place.

Keywords Antioxidant · Cropplants · Ecotoxicology · Heavy metals · Treated wastewater irrigation

Introduction

Quality fresh water for agriculture is becoming an increasingly scarce resource due to climate change effects (Milano et al. 2012) and increased demand from the agricultural sector (Pedrero et al. 2012; Mesa-Jurado et al. 2012). Hence, wastewater reuse for irrigation represents a sustainable option and an advantageous alternative for the mitigation of the ever-increasing irrigation water scarcity and demand in arid and semiarid regions around the world (Hamilton et al. 2007; Shanna et al. 2007; Angelakis and Durham 2008; Travis et al. 2010). One benefit of such practice is the plant's uptake of wastewater nutrients, and therefore, a reduction in the pollution load that wastewater contributes to the surface water supply (Liu et al. 2005; Chen et al. 2008; Khurana and

Responsible editor: Philippe Garrigues

✉ Dalel Belhaj
dalel_belhaj@yahoo.fr; dalelbelhaj2@gmail.com

Bouthaina Jerbi
bouthainajerbi@gmail.com

Mounir Medhioub
mounirmedhioub@yahoo.fr

John Zhou
Jzhou_chou@ms.mhn.ac

Monem Kallel
monemkallel@gmail.com

Habib Ayadi
habibayadi62@yahoo.fr

[1] Department of Life Sciences, Laboratory of Biodiversity and Aquatic Ecosystems, Ecology and Planktonology, University of Sfax-Tunisia, FSS, Street Soukra Km 3.5, BP 1171, CP 3000 Sfax, Tunisia

[2] Laboratory of Water-Energy-Environment, University of Sfax-Tunisia, ENIS, Street Soukra Km 3.5, BP 1173, CP 3038 Sfax, Tunisia

[3] Laboratory of Useful Material Valorization (LVMU), University of Sfax-Tunisia, FSS, BP 1171, CP 3000 Sfax, Tunisia

[4] School of Civil and Environmental Engineering, Centre for Technology in Water and Wastewater, University of Technology Sydney, Broadway, NSW 2007, Australia

Springer

المقالة العلمية 16

Journal of Environmental Management 231 (2019) 376–384
Contents lists available at ScienceDirect
Journal of Environmental Management
journal homepage: www.elsevier.com/locate/jenvman

Research article

Health risk assessment by consumption of vegetables irrigated with reclaimed waste water: A case study in Thika (Kenya)

Samwel Maina Njuguna[a,c], Victorine Anyango Makokha[b,c], Xue Yan[a,b,c,*], Robert Wahiti Gituru[d], Qingfeng Wang[a,b,c], Jun Wang[a,b,c]

[a] Sino-Africa Joint Research Center, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430074, China
[b] Key Laboratory of Aquatic Botany and Watershed Ecology, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430074, China
[c] University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China
[d] Jomo Kenyatta University of Science and Technology, Kenya

ARTICLE INFO

Keywords:
Thika
Vegetables
Reclaimed water
Heavy metals
Health risk

ABSTRACT

Current study was conducted to assess remediation efficiency of heavy metals in Thika waste water treatment plant, human health risk posed by consumption of vegetables irrigated with its reclaimed waste water, and vegetables supplied at Makongeni market. Concentrations of Co, Zn, Cr, Ni and Pb was investigated in the sludge, waste water and vegetables; spinach (*Spinacea oleracea*), kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) and coriander (*Coriandrum sativum*). Thika waste water treatment plant was efficient in heavy metal remediation. Effluent heavy metal concentration was within recommended concentration for irrigation. Dietary intake of heavy metals and target hazard quotient were used to evaluate health risk posed to consumers. Heavy metals concentrations of vegetables sampled and analyzed were within world health organization permissible limit. Thika waste water treatment plant was found to be efficient; however, regular dredging is essential to reduce accumulated heavy metals in the sludge. Moreover, the study outcome revealed that besides reclaimed waste water that may be perceived to pose great health risk to consumers, the whole food production and distribution chain should be monitored to guarantee food safety.

1. Introduction

Food insecurity due to varying rainfall patterns in agricultural areas is growing rampant, both in developing and developed countries (Gebrehiwot et al., 2013; Pimentel et al., 2014; Simonit et al., 2012). Varying rainfall pattern, attributed to Climate change, is making rainfall dependent farming untenable (Groenewald and Smart, 2013). Farmers are adopting irrigation in many countries to counter effects of climate change (Jury and Vaux, 2007). However, fresh water resources are not adequate. It is estimated two-thirds of world population may be experiencing water stress by 2025 (Dingaldine, 2010; Mekonnen and Hoekstra, 2016; Nazmi Al-Amalla and Bernauwska-Anag, 2014). Dwindling fresh water resources and increasing world population that is projected to reach 9.2 billion in 2050 is compelling people to look for alternatives (Amin et al., 2013; US Environmental Protection Agency, 2012).

Use of waste water for irrigation, especially in dry areas such as India is now prevalent (Wang et al., 2012). However, treated and untreated waste water is often polluted with heavy metals (Balkhair and Ashraf, 2015). Overtime, these heavy metals build-up in soil (Diary et al., 2008). Plants uptake both essential and non-essential metals, from such soils, and accumulate them to toxic levels in their edible and non edible portions (Amin et al., 2013; Singh et al., 2010; Wang et al., 2006).

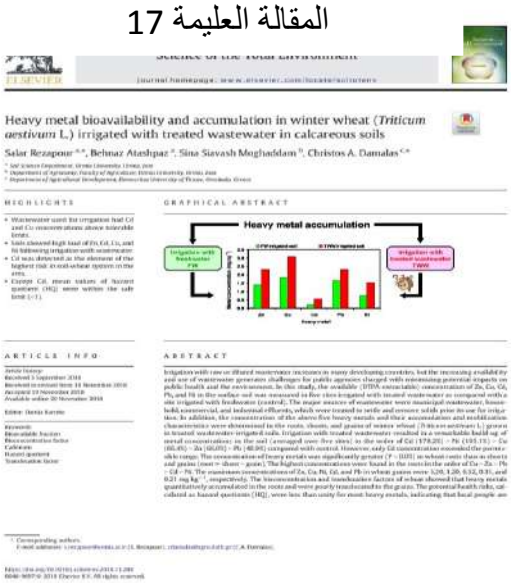
Urban and peri-urban centers that have been relying on food supply from rural farming communities are getting into farming. For example, thirty percent of Nairobi inhabitants, a city with 3.5 million residents, practice urban farming (Kateyia et al., 2010; Mutiyoki et al., 2013). Interest of city dwellers to produce fresh food is also rising in developed countries (Hoffen and Simmel, 2014). Rapid urbanization coupled with high unemployment especially in many developing countries, has resulted in people getting into urban farming to meet high fresh produce demand (Nabulo et al., 2010).

The lack of water is already a serious problem in several developing countries, and it will be even more so in the future, because we need to remember that high standards of health are ensured by different internal and external environmental factors, such as the availability of uncontaminated water for human consumption and crop irrigation

* Corresponding author. Sino-Africa Joint Research Center, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430074, China.
E-mail address: yanxue@wbgcas.cn (X. Yan).

https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.088
Received 15 January 2018; Received in revised form 5 September 2018; Accepted 25 October 2018
0301-4797/ © 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.

المقالة العليمة 17



Heavy metal bioavailability and accumulation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated with treated wastewater in calcareous soils

Salar Rezapour, Behnaz Atashpaz, Sina Siavash Moghaddam, Christos A. Damalas

HIGHLIGHTS

- Wastewater used for irrigation had Cd and Cu concentrations above tolerable limits.
- Soils showed high load of Fe, Cd, Cu, and Ni following irrigation with wastewater.
- Cd was detected as the element of the highest risk in soil-wheat system in the area.
- Except Cd, mean values of hazard quotient (HQ) were within the safe limit (<1).

GRAPHICAL ABSTRACT

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Irrigation with raw or diluted wastewater increases in many developing countries, but the increasing available by and use of wastewater generates challenges for public agencies charged with minimizing potential impacts on public health and the environment. In this study, the available (DTPA extractable) concentration of Zn, Cu, Cd, Pb, and Ni in the surface soil was measured in five sites irrigated with treated wastewater as compared with a site irrigated with freshwater (control). The major sources of wastewater were municipal wastewater, household, commercial, and industrial effluents, which were treated to settle and remove solids prior its use for irrigation. In addition, the concentration of the above five heavy metals and their accumulation and mobilization characteristics were determined in the roots, shoots, and grains of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in treated wastewater-irrigated soils. Irrigation with treated wastewater resulted in a remarkable build up of metal concentrations in the soil (averaged over five sites) in the order of Cd (378.2%) > Pb (193.1%) > Cu (80.4%) > Zn (46.0%) > Ni (40.8%) compared with control. However, only Cd concentration exceeded the permissible range. The concentration of heavy metals was significantly greater (P < 0.05) in wheat roots than in shoots and grains (root > shoot > grain). The highest concentrations were found in the roots in the order of Zn > Cu > Pb > Cd > Ni. The maximum concentrations of Zn, Cu, Pb, Cd, and Ni in wheat grains were 5.20, 3.20, 0.32, 0.10, and 0.21 mg kg^{-1}, respectively. The bioconcentration and translocation factors of wheat showed that heavy metals quantitatively accumulated in the roots and were poorly translocated to the grains. The potential health risks, calculated as hazard quotients (HQ), were less than unity for most heavy metals, indicating that local people are

المقالة العليمة 18

Membrane Water Treatment, Vol. 9, No. 4 (2018) 273-278
DOI: https://doi.org/10.12989/mwt.2018.9.4.273

Evaluation of raw wastewater characteristic and effluent quality in Kashan Wastewater Treatment Plant

Rouhollah Dehghani, Mohammad Bagher Miranzadeh, Ashraf Mozaheri Tehrani, Hossein Akbari, Leila Iranshahi and Abbas Zeraatkar

(Received September 11, 2017, Revised December 19, 2017, Accepted December 23, 2017)

Abstract. Due to the lack of water in arid and semi-arid areas, reuse of wastewater can be a suitable way to compensate for water scarcity. Therefore, in this research, evaluation of the quality of wastewater of Kashan Treatment Plant to use for irrigation was studied. This descriptive cross-sectional study was conducted in 2016. pH, TSS, TDS, turbidity, COD, BOD5, Total Kjeldahl Nitrogen, Total Phosphorus, Total Coliform, fecal coliform, nematode eggs of inlet and outlet of wastewater treatment plant in Kashan were studied. Mean and standard deviation and wastewater quality parameters before and after treatment were tested with SPSS 22 (2014) software. The mean wastewater output out of COD, BOD5, TSS, TDS and turbidity was respectively: 86.6, 41.2, 11.11, 1007 mgL-1 and 17.5 NTU and the pH was equal to 7.22. Also, the average of Total Kjeldahl Nitrogen and phosphorus were 22.4 and 2.2 mgL-1 respectively. The mean of Total Coliform and fecal coliform were 223, 191 MPN / 100 ml respectively. In addition, no nematode eggs were found in final effluent. The results indicated that the treatment plants had a significant role in the control of microbial and organic pollution load of wastewater. Also, it is concluded that all parameters were in accordance with the standards of Iran's Department of Environment, so, it can be used for unrestricted irrigation.

Keywords: sewage; treatment; reuse; agriculture

1. Introduction

Wastewater is a mixture of liquids or feces from living places of human beings, institutions and industrial and commercial centers, along with groundwater, surface water and floods (Atharirazade and Miranzadeh 2015). Around 80% of water used in urban areas reappears as wastewater (Waghmare *et al.* 2010). The quality of wastewater can be defined by physical, chemical and biological properties. Physical parameters include color, odor, temperature, solids, turbidity, oil and grease (Haghighi *et al.* 2017). Chemical parameters related to the amount of wastewater organic matter, include Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Total Organic Carbon (TOC) and Total Oxygen Demand (TOD). Inorganic chemical parameters include salinity, hardness, pH, acidity, alkalinity, iron, manganese, chloride, sulfate, sulfide, heavy metals, nitrogen and phosphorus, while bacterial parameters include coliforms, fecal coliforms, specific pathogens and viruses (Wong *et al.* 2014, Houtenbosst *et al.* 2004, Mostafidi *et al.* 2017).

Urban wastewater treatment plant is designed to reduce BOD, TSS and nitrogen and phosphorus contamination, as well as the removal of pathogen microorganisms. Many organisms, including bacteria, aquatic insects, viruses, protozoa, fungi and Helminth, cause the most concern in the wastewater treatment plant (Kokkinos *et al.* 2015, Dehghani *et al.* 2003, Dehghani *et al.* 2014a, Dehghani *et al.* 2016a). Among the pathogens of organisms, parasite eggs are inactive agents. High concentrations of parasite eggs and larvae of insects, such as mosquitoes, are found in urban sewage, causing parasitic and viral diseases (Yaya-Beas *et al.* 2015, Dehghani *et al.* 2014b, Dehghani *et al.* 2012a). Another major source of water pollution is the use of pesticides that are used in the health or agricultural sector, which, in any case, the entry of these hazardous materials into wastewater can lead to serious problems in re-use of water and soil. Water pollution to pesticides can cause important diseases such as cancers or MS (Miranzadeh *et al.* 2011a, Dehghani *et al.* 2012b, Dehghani *et al.* 2014b, Dehghani *et al.* 2013, Zarimiab *et al.* 2016) Absut 1.2 billion people live in areas of natural water scarcity and it is expected that in 2025, 1.8 billion people live in countries and regions with a lack of absolute water (Ferro *et al.* 2015, Miranzadeh *et al.* 2011b, Dehghani *et al.* 2015). Increased water scarcity in arid areas, is now a known problem because all the living creatures depend on the water for survival. Researchers consider sewage reuse as an essential component of Integrated Water Resources Management Policy. In the Middle East and South Africa, access to renewed water has reached to 1,500 cubic meters

*Corresponding author, M.Sc Student
E-mail: abtaazeraatkar@gmail.com
**Ph.D.
E-mail: Dehghani378@yahoo.com

Copyright © 2018 Techno-Press, Ltd.
http://www.techno-press.org/?journal=mwt&subpage=7
ISSN: 2005-8624 (Print), 2092-7193 (Online)

المقالة العلمية 19

Journal of Xidian University https://doi.org/10.37896/jxu14.8/093 ISSN No:1001-2400

Treated waste water as water potential and Assessment of heavy metals accumulation in agricultural lands of The region of Batna (Algeria)

Malika CHICHOUNE*, Nouari SOUBER ,Abdelhak BOUTALEB, Mouhamed abedessamed REZZAZ

Houari Boumediene Sciences and Technology University, Department of Earth Sciences and Territorial Planning BP32, El Alia, Bab Ezzouar, 16111, Algiers, Algeria,

Abstract

The presence of heavy metals in treated wastewater has considered a serious environmental problem in many countries such as Algeria, where the wastewater irrigation has become a widespread practice. In this study, we were interested in toxic metals such as copper (Cu), chromium (Cr), lead (Pb) and cadmium (Cd) in wastewater, and treated wastewater and the possible risk or danger they can cause to human health and animals in the region of Batna and Timgad. Wastewater samples for Cu,Cr, Pb and Cd concentrations were analyzed. The trend of heavy-metal concentrations in Batna -fesdis -Djerma samples was Pb > Cr > Cd > Cu. Yet concentrations for Cr 0.31–0.60 mg/l and Cd 0.08–0.23 mg/l exceeded the permissible limits. Our results revealed certain risks for the region of Fesdis and Djerma. Thus, preventive measures must be taken to reduce heavy metal pollution of treated wastewater to preserve agricultural lands and protecting both, human and animal health in the province of Batna.

Keywords : Wastewater, heavy metals, irrigation, risk, preserve.

1-Introduction

The wilaya of Batna, is facing a growing demand for water, the limitation of natural resources and their depletion due to climate change. The considerable potential of raw wastewater can provide a good alternative for a variety of uses, such as irrigation and industrial activities. The ambitious goal of reusing thousands of cubic metres by 2030 can only be achieved by changing the current model. It is a question of moving to the "treatment and reuse" approach instead of the "treatment and discharge" approach.

The reuse of wastewater in agriculture has become a widespread practice in regions where water deficits are most pronounced (Hajjami et al, 2013). In general, this resource contains substantial amounts of beneficial nutrients and toxic pollutants, which are creating opportunities and problems for agricultural production, respectively (Alghobar and Suresha, 2017). Therefore, long-term use of industrial or municipal wastewater in irrigation may lead to the accumulation of heavy metals in agricultural soils and plants (Singh et al., 2010).The use of wastewater, or polluted water in general, poses risks to human health since it may contain excreta-associated pathogens (viruses, bacteria, protozoan and multicellular parasites), skin

المقالة العلمية 20

Journal of Academic Research June(2019) 174-182 مجلة البحوث الأكاديمية

دراسة أثر مياه الصرف الصحي على بعض خواص التربة في منطقة وادي ساسو

عبد المجيد مليطان · حنان احسوتة · خديجة القتيدي · خوله أبورويص

جامعة مصراتة ، كلية العلوم ، قسم الأحياء

الملخص

أجريت دراسة لبعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لتربة منطقة وادي ساسو لمعرفة التغيرات التي قد تطرأ على بعض خصائص التربة نتيجة جريان مياه الصرف الصحي المعالجة بجانب حالات التجميع بوادي ساسو بمصراتة، إذ جمعت عينات التربة من حول مجرى المياه 2016 ـ تم قياس بعض الخواص الفيزيائية متمثلة بالأس الهيدروجيني (pH) والمحتوى المائي والتوصيل الكهربائي (EC) ، والكيميائية متمثلة بالمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) ، والعسرة الكلية (TH) وتركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والكلور (Cl^- و Mg^{++} و Ca^{++}) والتي قدرت تركيزها بوحدة ملغم / لتر . كما تم تسجيل الأجناس الفطرية المتواجدة في هذه العينات. أثبتت نتائج الدراسة وجود تباين في الخواص المدروسة، وظهرت بينها فروق معنوية مقارنة بالشاهد ، حيث سجلت زيادة في نسبة الإملاح والعسرة والعناصر والمغذيات والمحتوى الرطوبي مقارنة بعينات الشاهد. وقد تبين أن التربة المدروسة تميل إلى القاعدية واحتوت على عدة أجناس وأنواع فطرية منها: ***Aspergillus*** **،Penicillium**: ***Rhizopus***

المقدمة

لقد اتبعت معظم الدول سياسات طموحة لمعالجة مياه الصرف الصحي العادمة التي تنتشر بكميات لا يستهان بها خاصة في المنطقة العربية حيث تقدر كميات مياه الصرف الصحي المستحملة في العالم العربي بين 6.5 – 7.6 مليار م^3 من أجل ذلك أنشئ العديد من محطات المعالجة في المدن الرئيسية، وعلى سبيل المثال محطة مصراتة للمعالجة والتي ربطت بخزانات تجميع في منطقة وادي ساسو ونتيجة لأسباب عدة يتسرب جزء من المياه المعالجة إلى أراضي المنطقة مما يهدد بتلوثها وخاصة ان منطقة وادي ساسو تعتبر من المناطق الزراعية بمصراتة — ليبيا.

ان استعمال هذه النوعية من المياه بشكل عشوائي وغير مرشد يؤدي إلى آثار بيئية هامة قد تكون سامة للإنسان والنبات والحيوان ومنها المعادن الثقيلة والمواد العضوية وغير العضوية وبخاصة عند وجودها بتراكيز عالية تتراكم في التربة ثم تنتقل عبر السلسلة الغذائية إلى النبات والحيوان والإنسان كما تؤدي إلى تغيرات هامة في الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة إضافة إلى بعض الميكروبات الممرضة التي تتواجد في هذه المياه والتي يمكن أن تعيش في التربة وعلى سطح المحاصيل الزراعية مسببة امراضا خطيرة للحيوان والإنسان (Chang et al 1995 ; Shuva 1986: جزدان 2002).

العديد من الدراسات اجريت على التربة المروية بمياه الصرف الصحي سواء المعالجة منها ام غير المعالجة ففي ليبيا اظهرت نتائج دراسة تحليل للتربة المروية بالمياه المعالجة ان بعض خواص التربة قد تغيرت وخاصة الإملاح والأس الهيدروجيني وزادت نسبة العناصر (Miltan et. al. 2015)، وفي سوريا ارتفاع تراكيز المعادن الثقيلة في التربة المروية بالمياه العادمة مقارنة مع التربة المروية بالمياه الجوفية وتراكم المعادن الثقيلة في الأنسجة النباتية للمحاصيل بنسب تختلف من نبات لآخر ومن عنصر لآخر وأيضا من فصل لآخر (حمد وآخرون 1997: الجزائري 1998 : الجبلاني 1998 : جزدان 2002). وفي الأردن استعملت هذه النوعية من المياه في ري أشجار الزيتون حيث أظهرت النتائج احتواء الأوراق على تركيز لا بأس به من بعض المعادن الثقيلة مثل الرصاص والكادميوم مقارنة بالشاهد إلا أن الزيت كان خال تماماً من هذه المعادن (فردوس آخرون 1998) . مياه الصرف المعالجة

الملـــخص:

إن الهدف من هذه الدراسة هو التقييم النظري لإمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي حيث تم الاعتماد على تحليل العديد من المنشورات العلمية ما يقارب 20 مقالة.

لقد درسنا إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بأنواعها المعالجة بمختلف الطرق (الحمأة المنشطة ،البحيرات الطبيعية ،البحيرات المهواة ...) شملت الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الزراعية (pH، EC ،SAR ،OM) وتقييم بعض المعادن (Cd، Ni ، Cr ،Fe ،Zn ، Cu ،Co ،Pb) على التربة والخضروات الورقية والجذرية ،وحاصل الخطر المستهدف ومعامل نقل المعادن من التربة للنباتات والحمل الميكروبي. تراوحت قيم pH التربة بعد الري بالمياه المستصلحة (7.9 - 8.4) وزادت ملوحة التربة.كما أظهرت مياه الصرف المعالجة زيادة في معاملات نمو بعض النباتات (ارتفاع السنبلة، وطول النبات ،مساحة الأوراق وعدد الأوراق) مقارنة بالمياه العذبة.

وفي الأخير يمكننا الري بهذه النوعية من المياه مع المراقبة المستمرة وتقيد الري لبعض المحاصيل

الكلمات المفتاحية : إعادة استخدام المياه المعالجة ،الري ،pH التربة، الملوحة، تراكم المعادن،غلة المحاصيل

Abstract:

The aim of this study is the theoretical evaluation of the possibility of using treated wastewater in agricultural irrigation, as it was based on the analysis of many scientific publications, about 20 articles.

We have studied the reuse of sewage water of all kinds treated by various methods (activated sludge, natural lakes, aerated lakes...) including the physical and chemical properties of agricultural soils (pH, EC, SAR, OM) and the evaluation of some minerals (Cd, Ni, Cr, Fe , Zn, Cu, Co, Pb) on soil, leafy and root vegetables, target hazard yield, soil metal transfer coefficient for plants and microbial load. Soil pH values ranged after irrigation with reclaimed water (7.9 -8.4) and soil salinity increased. The treated wastewater also showed an increase in the growth factors of some plants (spike height, plant length, leaf area and number of leaves) compared to fresh water.

Finally, we can irrigate with this quality of water with constant monitoring and restrict irrigation for some crops

Key words: reuse of treated water, irrigation, soil pH, salinity, mineral accumulation, crop yield