تقييم الأثر البيئي لاستخدام ماء الصرف الصحي على التربة: حالة سهل السواد الفيضي محافظة ذمار (الجمهورية اليمنية)

أ.د.عوض ابراهيم عبدالرحمن الحفيان
كلية علوم الجغرافيا والبيئة -جامعة الخرطوم

د.أمل الماحي الخليفة محمد
كلية العلوم الانسانية -جامعة الملك خالد
المملكة العربية السعودية

المستخلص:

حديثا،تكشفت للإنسان أنه ملزم بالبحث عن حلول للمشكلات البيئية التي كان هو نفسه سببها الأول والأخير. ومياه الصرف الصحي التي يُنتج منها العالم مئات الملايين المكعبة من الماء سنوياً، واحدة من المشكلات التي كانت نتائجها السلبية مزدوجة: فهي من ناحية إهدار للثروة المائية، ومن ناحية ثانية مصدر تلوث للبيئة وللماء الجوفي. والحل الذي أثبت جدواه على غير صعيد، يكمن في محطات المعالجة، التي تُعيد الماء نقية وتنتج سماداً للزرع وغازاً للتشغيل الذاتي. لذلك اتضح جليا أهمية معالجة ماء الصرف الصحي وذلك بعمل المحطات وتوضيح طرق استخدام ما تنتجه، إضافة إلى أهمية التوعية بترشيد الاستهلاك. يهدف هذا البحث اى القاء الضوء على تدوير ماء الصرف الصحي المعالج بمحافظة ذمار(اليمن) وماهو الدور الذي تؤديه في حماية البيئة واستدامةخصوبةالتربة، خصوصاً في المناطق القاحلة من العالم. خاصةما يشهده القرن الحادي والعشرون من متغيرات مناخية واختلافات في فصول السنة ألقى بظلاله على توافر الموارد المائية. مما رفع من تكلفة إنتاجها وتوزيعها على السكان في االمناطق العمرانية لا سيما في البلدان النامية. وكذلك الحاجة الانية الملحة والمتزايدة باستمرار الى الماء وفي المستقبل في ظل النمو السكاني، حيث تحتم ترشيد استهلاك الماء واتباع سبل كفاءة استخدامها لحمايتها وتفادي هدرها. ولتحقيق هذاالهدف المهم ،تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي وبتحليل البيانات التي تم جمعها توصل الباحثان الى النتائج الاتية: انه وفي منطقة شبه جافة مناخيا و موازنتها المائية سلبية، مثل منطقة البحث، حيث تكاد تنعدم الموارد المائية، لابد للفلاح أن يجد في ماء الصرف الصحي مصدراً متيسراً ورخيصا للحصول على ماء الري. إلا أنه، بسبب تجاوز كميات الماء المطلوب معالجتها وضعف الطاقة الاستيعابية لمحطة المعالجة، وبسبب أن إدارة المحطة لا تلتزم بالمستوى المتعارف عليه في المعالجة، فإن ماء الصرف الصحي المستخدم في الري يعتبر غير معالج معالجة كاملة و أقل من أي مواصفات أو مقاييس في العالم. وأدى هذا إلى تلوث التربة الزراعية و تناقص كفاءتها مما كان له آثار سلبية على البيئة الزراعية في منطقة البحث.

.الكلمات المفتاحية: معالجة، صرف صحي، تدوير

Environmental Quality Control: The Effect of Sewage Use in Irriga-

tion on Soil: Swat Flood Plain, Thamar Province

Prof. AWAD IBRAHIM ABDELRAHMAN ELHFIAN
Dr. AMEL ELMAHI ELKHLIFA MOHAMED

Abstract:

The underlying contribution of this paper is to consider a specific environmental defy emphasizing quality control research efforts and the propensity to pollute by a Sewage Treatment Plant which is supposed to adopt a given pollution abatement technology. Then, the main intend is to focus on environmental quality control in a conflict-like situation: Use of sewage in irrigation apparently solves a problem to the society; but, at the same time, it creates chronic problems to the local environment. The current conventional wisdom is that for a society to be sustainable, it has to maintain the quality of its environment. Environmental quality, however, exhibits several characteristics, some of them are tangible, and others are not The researcher has conducted an intensive fieldwork to collect the necessary data from its primary sources. This is to ensure the originality of the research. Other sources of data have been consulted as far as they contribute to evidence and to the theoretical setting of the research. The discussion and elucidation of the analyzed data provide a wide range of interpretations and potential approaches for selecting control-inspection policies to prevent environmental risks caused by Thamar Sewage Treatment Plant. There are, of course, many components to this problem, which could be considered and have not been considered in sufficient depth. The research has come to some salient results that sewage has serious adverse effects on the soil in an agricultural milieu. Such effects are both chemical and biological pollutions. Each type of pollution has adverse effects: Salinity is harms soil. It leads to Deterioration of soil productivity, especially in case of Sodium, calcium and magnesium chlorides. On the other hand, biological pollution is either a harm that affects organic matter content of the soil, or to the harm caused by more organic matter added to the soil due to sewage pollution. The main goal of the paper is to clarify the idea of equilibrium, as a mechanism to generate controls in pollution abatement technologies, rather than seeking optimality of the practical setting and the environment within which polluters and regulators work together

Keywords: Reuse , Sewage, Treatment

مقدمة:

تقدم أطروحة notion هذا البحث على أساس أن لماء الصرف الصحي، المستخدم في ري المحاصيل، وجهان: الأول: أنه ضار بالتربة، إذا استخدم دون معالجة، والثاني: أنه نافع، إذا تمت معالجته، ليكون جزءا من ديمومة البيئة ممثلة في التربة الزراعية. ومعنى الاستدامة (sustainability): يطابق مصطلح ، أو اصطلاح (الاستدامة) في العلوم عامة، وفي العلوم البيئية خاصةتعني الدعم، و بذلك، فإن اصطلاح [البيئة المستدامة] تعني البيئة التي تدعم نفسها بنفسها ليطول أمد بقاء مكوناتها، وعدم تأثر مكونات البيئة، ومواردها الطبيعية سلبا، أو تناقصا، باستغلال الإنسان لها:

إذن: لا يعني مصطلح (استدامة) الدوام/الديمومة: فالدوام لله، تعالى، وحده. وفي موضوع البحث: أي ري المحاصيل بماء الصرف الصحي المعالج، بغرض الحفاظ على مكونات التربة الزراعية وخصائصها الطبيعية،من جهة، و على الموارد المائية المستغلة في الري، من جهة أخرى.

خلفية الموضوع: ماء الصرف الصحي:

يعرَّف ماء الصرف الصحي بأنه جميع أنواع الماء المبتذلة الناجمة عن مختلف الفعاليات المنزلية والتجارية والصناعية. وتتعدد مصادر الصرف الصحي، فهناك الصرف المنزلي، والصرف الصناعي، والصرف التجاري، وصرف ماء التساقط المطري و غيره ... الخ. ويتكون ماء الصرف غالبا من المواد العضوية السائلة بصورة أساسية من الحمامات، المطابخ، الأحواض التي يتم التخلص منها عن طريق مواسير الصرف. كما أنه في مناطق كثيرة تضم ماء الصرف أيضا المخلفات السائلة من المصانع والمناطق التجارية (فؤاد القدسي، 2015). والجدول أدناه يوضح أهم مكونات ماء الصرف الصحي.

جدول رقم (1): أهم مكونات ماء الصرف الصحي مقارناً بالماء العادي (لا يوجد ماء نقي 100%):

الخاصية	المواد العضوية (BOD)	(COD)	المواد الصلبة الكلية (TS)	العوالق الصلبة (SS)	الفسفور الكلي (TP)	النتروجين الكلي (TN)	الرقم الهيدروجيني (pH.V)؛
درجة التركيز (mg L^{-1}) في ماء صرف صحي	250	500	750	220	8	40	6.8
ماء عادي	--	--	17.3	8.1	1.8	8.6	1.25

المصدر: مصادر مختلفة.

ومما ورد في الجدول يمكن تصنيف ملوثات ماء الصرف الصحي المؤثرة على أنواع التربة كما يلي:

1.الملوثات البيولوجية: وهي إما أن تكون بقايا الحيوانات الميتة أو الكائنات الدقيقة و الصغيرة: وهي توجد عادة في الماء وأنواع التربة وبعضها يعدُّ ضاراً مثل الجراثيم والديدان.

2.الملوثات الكيميائية: وهي من أخطر عناصر التلوث حيث يصعب التخلص من قسم كبير منها بعمليات المعالجة التقليدية. وتنحصر هذه الملوثات في الأصناف التالية:

3.المواد العضوية : وهي المواد الناجمة عن فضلات الطعام والصناعات المختلفة

4.مواد أخرى: ومن أهمها:

1. الكاربوهيدرات (Carbohydrates): وتتمثل في الدسم (Grease)، الزيوت، الشحوم، المبيدات الحشرية، البروتينات.
2. المواد اللا عضوية: وتنجم عن بعض المركبات الكيميائية اللا عضوية ومنها: القلوية، الكلوريدات، المعادن الثقيلة، النتروجين، الفسفور، الكبريت.
3. الغازات: وتنجم عن بعض التفاعلات البيوكيميائية، ومنها كبريتيد الهيدروجين H2S – الأمونيا NH3 والميثان .
4. الملوثات الصلبة (فيزيائية): وهي الملوثات التي يمكن إزالتها بعمليات بسيطة كالترسيب ومن أهمها (الرمال والحصى الناعمة) وهذه الملوثات لا تتسبب عادة في أية أضرار بيئية.
5. الماء: و هو يشكل 99.9 % من مكونات ماء الصرف الصحي، في حين تشكل الملوثات ما نسبته 0.1 % من جملة مكونات ماء الصرف الصحي.

معالجة ماء الصرف الصحي:

هي عملية تنقيه ماء الصرف من الشوائب والمواد العالقة والملوثات والمواد العضوية لتصبح صالحة لإعادة الاستخدام (غير الآدمي) أو لتكون صالحة لري المحاصيل بطريقة آمنة. تشمل عملية معالجة الصرف الصحي على عدة مراحل، فيزيائية وكيماوية وبيولوجية. ولكن يمكن لماء الصرف الصحي أن تكون له تنقية ذاتية (طبيعية)، وذلك إذا تم وفق الخطوات التالية (إسلام و عمارة، 2016):

1. وجود المستوى الطبيعي من الأكسجين المذاب في الماء لأكسدة المخلفات العضوية من خلال التفاعلات الهوائية الميكروبيولوجية.
2. تحوُّل هذه المخلفات إلى مركبات عضوية و غير عضوية بسيطة؛ ويتحول الأكسجين إلى ثاني أكسيد الكربون. (خث).Bogy soil .
3. يقوم ثاني أكسيد الكربون-في وجود ضوء الشمس- بعمليات التمثيل الضوئي لينتج الأكسجين مرة أخرى في الماء.
4. تتوقف هذه العملية إذا تكونت كميات كبيرة من المواد العضوية مما يعني زيادة تعكر في الماء، وهذا يعيق عملية التمثيل الضوئي. ويحدث ذلك غالباً في وجود محطة تنقية تقل قدرتها عما هو مطلوب. كذلك فإن ارتفاع نسبة الفسفور الكلية يوفر كميات كبيرة من الغذاء للكائنات الحية الميكروبيولوجية، ويؤدي ذلك إلى تكاثر الطحالب ونمو متزايد لغالب النباتات المائية.

ولهذا السبب الأخير تتم معالجة ماء الصرف الصحي، بحيث يكون غرض المعالجة الرئيس هو تخفيض معدلات وجود مكونات ماء الصرف الصحي المذكورة في الجدول رقم (1) أعلاه بحيث لا يزيد معدلها عن 15 (mg L-1) في حالة المواد العضوية، ولا عن 15(mg L-1) في حالة المواد الصلبة، ولا عن 1(mg L-1) في حالة الفسفور الكلي، مثلا.

مراحل المعالجة:

تتم هذه المراحل عبر معالجات فيزيائية وكيميائية و بيولوجية إما بالتتابع و إما بالتوازي. وللمعالجة ثلاث مراحل رئيسة، وهي المرحلة الأولية: والمرحلة الثانوية: والمرحلة الثالثة: يتم، وفق هذه المراحل، بأن تفصل أولا المواد الصلبة عن ماء الصرف السائلة، ثم تحول المواد العضوية الذائبة في الماء إلى مواد صلبة

تدريجيا عن طريق ميكروبات دقيقة تتولد في الماء. في المرحلة الأخيرة يتم التخلص من المواد الصلبة البيولوجية أو يتم إعادة استخدامها ويمكن عندها تطهير الماء كيميائيا أو فيزيائيا. وبعد الانتهاء من هذه المراحل جميعها يتم ضخ الماء المعالجة علاجاً جيداً إلى أي مجري مائي أو نهر، من الممكن أيضا استخدامها في زراعة الغابات الخشبية، وملاعب الجولف، والحدائق العامة، كما أنه يمكن ضخها تحت الأرض لإعادة تغذية خزان الماء الجوفية.

مرحلة ما قبل المعالجة:

تضم مرحلة ما قبل المعالجة تنقية وتنظيف الماء من الصخور والرمال عن طريق التحكم في سرعة ماء الصرف حتى تصل لسرعة تسمح بترسب الصخور الصغيرة والرمال في القاع مع إبقاء غالب المواد العضوية العالقة في مجرى الماء. ومن المهم إزالة الرمال والزلط والصخور الصغيرة مبكرا لتجنب الإضرار بمعدات المحطة من مضخات ومعدات.

المرحلة الأولية:

وهي المعالجة الفيزيائية، بحيث يتم قبل المعالجة عمل نوعين من المعالجة المبدئية أو التنظيف المبدئي للماء عن طريق إزالة الزيوت والشحوم والدهون، الرمال والصخور والزلط، كما يتم حجز المواد العائمة الكبيرة (مثل الفوط الصحية وقطع القماش التي تم التخلص منها في مواسير الصرف الصحي). إلا أنه، في محطات المعالجة الحديثة، توضع شاشة (مصفاة) يتم التحكم فيها عن بعد ويكون دورها هو حجز هذه المواد الصلبة وفصلها عن باقي الماء، أما المحطات الأقدم فيوجد بها مصافٍ يدوية.

المرحلة الثانوية (التصفية):

و هي مرحلة الحمئة المنشطة (Activated Sludge Plant-ASP) تمر ماء الصرف على مصافٍ قبل معالجتها لإزالة كل المواد الصلبة والعائمة والتي دخلت إلى ماء الصرف، مثل القطع الخشبية، الفوط، العلب المعدنية، الخ.. يتم تصفية الماء من هذه الشوائب عن طريق مصفاة أوتوماتيكية أو يدوية. تستخدم مصافٍ بها قضبان وبينها مسافات صغيرة تمنع مرور أية مواد صلبة كبيرة قد تتلف أو تتسبب في عطل أجهزة معالجة الماء بعد ذلك.

المعالجة الثالثة:

هذه المرحلة الأخيرة التي يتم فيها تشكيل المزيد من الحمأة في قاع الخزان بعد تحطيمها من قبل البكتيرها، ثم تُزال الحمأة من المياه، بعد ذلك يتم ترشيح الماء عبر فلتر خاص لإزالة أي جسيمات متبقية فيها، وبعد ذلك تطلق الماء المفلترة في النهر أو المكان المخصص لها.

المعالجة الثلاثية لماء الصرف الصحي

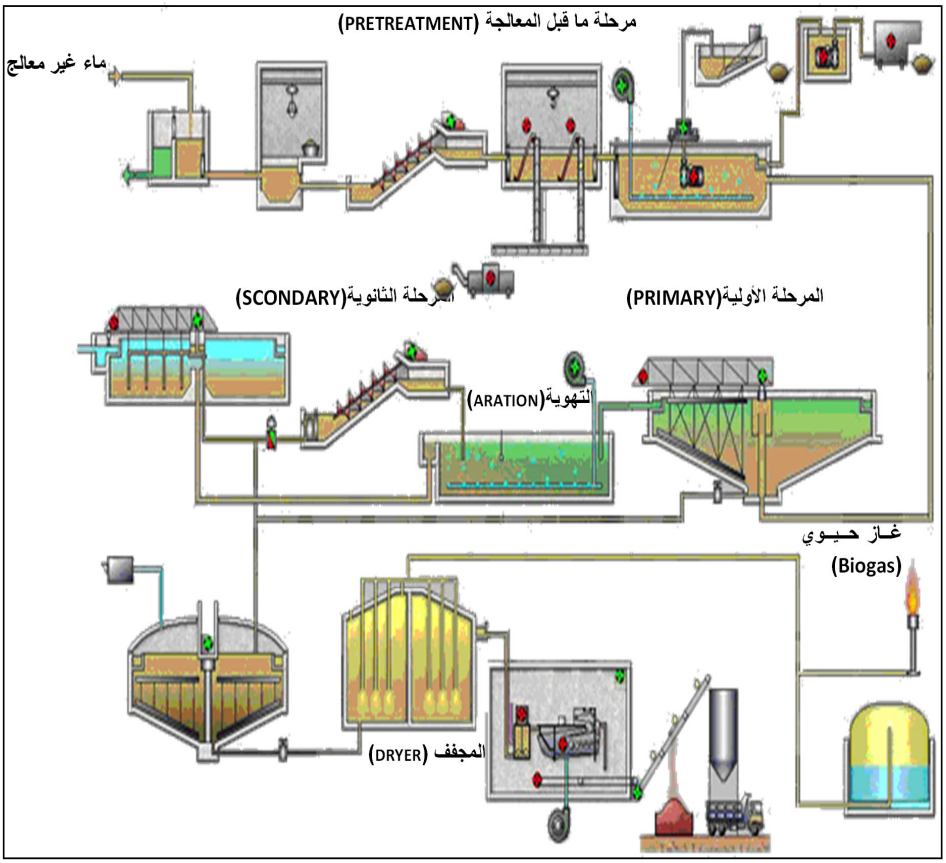
تتم معالجة مياه الصرف الصحي من خلال الخطوات التالية:

- مرحلة الفحص، هي المرحلة الأولى من عملية معالجة الصرف الصحي، يتم فيها إزالة الأوساخ الكبيرة أو الأدوات الصحية أو الزجاجات المسكورة، وغيرها من الأشياء الي قد تعيق عملية المعالجة أو تسبب ضرراً للمعدات المستخدمة، ويتم استخدام معدات خاصة لإزالة الشوائب ذات الحجم الصغير.
- مرحلة المعالجة الأولية، في هذه المرحلة يتم فصل المواد العضوية الصلبة والنفاقات عن

ماء الصرف الصحي من خلال وضع الماء العادمة في صهاريج كبيرة لكي تترسب المواد الصلبة في قاع الخزان، وتسمى هذه المواد الصلبة الحمأة (sludge)، يتم التخلص من المواد الصلبة ونقل الماء المتبقية إلى المرحلة التالية.

- مرحلة المعالجة الثانوية، في هذه المرحلة توضع الماء في خزانات مستطيلة كبيرة الحجم، وتكون على شكل ممرات تسمى ممرات التهوية، يتم ضخ الهواء في الماء لتحفيز البكتيريا على تحطيم البقايا الصغيرة جداً من الحمأة التي قد تكون بقيت في الماء.
- مرحلة العلاج النهائي:

الشكل (رقم 1): مراحل معالجة ماء الصرف الصحي في محطة معالجة نظرية



إلا أنه، و بسبب عدم قدرة محطة المعالجة في ذمار على استيعاب ومعالجة كل الماء الوارد إليها من

المدينة، لم تستطع هذه المحطة استيفاء كل هذه المراحل من المعالجة. لذا يخرج الماء من المحطة إما نصف معالج، وإما ناقص المعالجة أو غير معالج ليستعمله الفلاحون في إنتاج المحاصيل(مجلس حماية البيئة، 2008). وهذا ما تسبب في مشكلات أنواع التربة التي يقوم البحث بدراستها.

منطقة البحث: الصفة الجغرافية، وخصائص التربة بأنواعها:

جغرافياً، تقع منطقة البحث في وسط الجمهورية اليمنية، في محافظة ذمار. وتعدُّ هذه المنطقة جزءاً من سهول المرتفعات الوسطى المنبسطة التي تحيط بها من جانبيها الشرقيّ و الغربيّ الهضاب و المرتفعات البركانية. وتغطي هذا السهل مقذوفات الحمم البركانية التي يرجع أصلها إلى العصر الثلاثي، إضافة إلى المواد الرسوبية التي تكونت بفعل التعرية الريحية و المائية في الزمن الرباعي (الانبعاوي و الخرباش، 1996). ووفقا لما برز في الخريطة الجيولوجية لليمن (Robertson, 2018) يوضح الجدول رقم (1) أدناه المساحة التي تغطيها هذه الرواسب و أشكال السطح الأخرى:

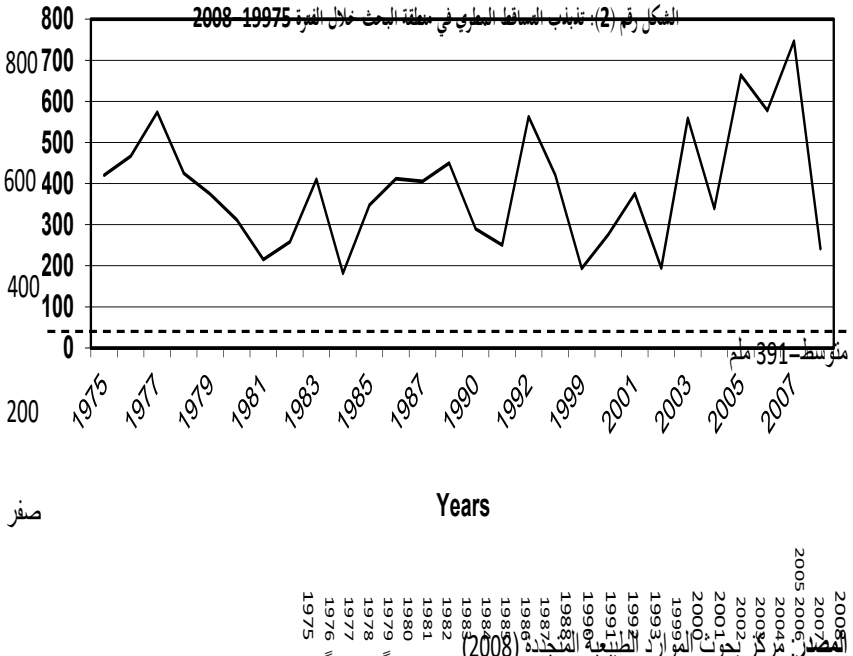
مساحة أشكال الخصائص السطحية و الجيومورفولوجية في منطقة البحث:

نوع الرسوبيات أو الطبقة السطحية	مساحتها (كلم2)
مقذوفات الحمم البركانية (مقذوفات بازلتية)	20.70
الرماد البركاني و التوفا	13.10
طبقة صخرية	2.80
خليط الرمل القديم و اللويس	0.65
تراكيب صخرية و رسوبيات أخرى متنوعة	0.17
المجموع	37.42

المصدر: Robertson, 2018, p. 1

وتعد المنطقة جافة من الناحية المناخية، حيث تنطبق عليها خصائص الأقاليم الجافة، وهي (الحفيان، 2010):

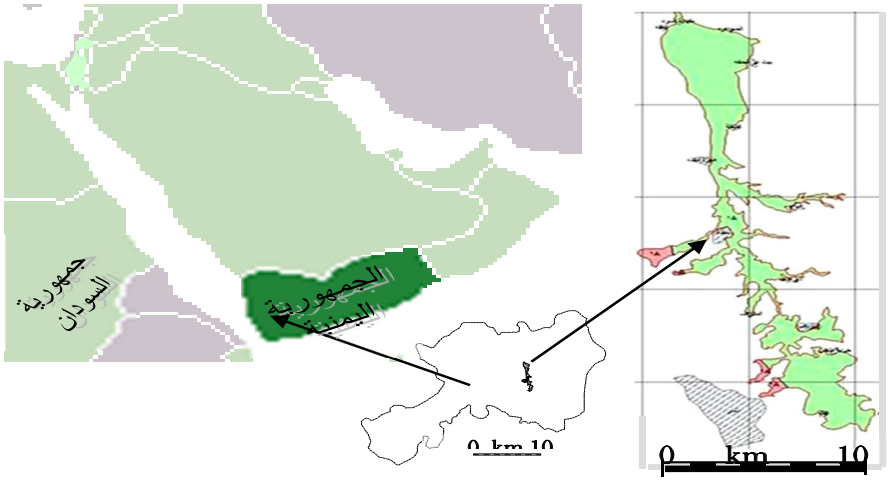
1. قلة التساقط حيث بلغ متوسطه خلال الفترة 1975-2008 ما مقداره 350.9 ملم فقط.
2. تفوق معدل التبخر السنوي (2000 ملم) على معدل التساقط السنوي (350.9 ملم). وهذا يعني سيادة النقص المائي في الموازنة المائية الطبيعية (Natural Water Balance).
3. تذبذب التساقط زماناً و مكاناً. فقد تراوح المعدل السنوي بين 181 في أدناه و 600ملم في أقصاه (الشكل رقم 2).
4. فقر المنطقة البيئي من الناحية النباتية و من حيث التنوع الحيوي.



تعتبر الزراعة، بشقيها المحصولي و الحيواني، سبيلاً رئيساً لكسب العيش في المنطقة. وينتج الفلاحون الحبوب مثل القمح و الشعير و الذرة بأنواعها، والخضر مثل الطماطم و البصل و البطاطس و الكوسة و العدس، ومعها الفواكه مثل المشمش. كما تربى الحيوانات مثل الماعز و الضأن، و بعض الحيوانات الأخرى مثل الحمير، و لذا ينتج البرسيم كمحصول علف.

كما يوضحه (الشكل رقم 3)، يقع سهل السواد الفيضي شمال شرق مدينة ذمار، حيث تبلغ مساحة هذا السهل 37.42 كلم2. وقد شكل جريان وادي المواهب، الذي يبلغ طوله حوالي 24 كلم، وسط السهل مصدرا طبيعيا لتكوين أنواع التربة الرسوبية في وسط وجانبي السهل الفيضي، علاوة على ما أضافته الترسبات الريحية (البلايستوسينية) في الزمن الرباعي الحديث- عصر الفانيزوزويك. فقد أفضى الترسيب الريحي إلى نوعين من الرسوبيات: أولهما الرماد البركاني، مع ما يوجد به من التوفا (Tufa)، وهي عبارة عن ترسبات جيرية ترتبط بأعالي الأودية. و ثانيهما خليط الرمل و اللويس، وهي شبيهة بما يسمى بالجدافر التي درسها (Laidmair, 1962)، وأرجعها إلى أصل مفتتات عالقة شبيهة باللويس الأصلي، ويفرِّقها عنه كبر أقطار ذراته التي يبلغ متوسطها 0.11 ملم مقارباً باللويس الأصلي الذي يبلغ فقط 0.05 ملم.

الشكل رقم (3): موقع منطقة البحث



وصف أنواع التربة في منطقة البحث:

العامل الطبيعي هو أهم عوامل تكوين أنواع التربة في منطقة البحث، حيث لا دور يذكر هنا للإنسان، إلا تدخله في عمليات تشكيل أنواع التربة أو تغيير خصائصها. ومن أبرز عوامل تكوين أنواع التربة وتحديد خصائصها عامل الجفاف حيث الميزان المائي خاسر، لذا سيطر نوع أنواع التربة اللاغسلية بجانب النوع الشعري المسامي. ولولا جريان وادي المواهب في المنطقة لغاب النوع المائي (المغدق) من أنواع التربة. وبحكم هذه الخصائص للتربة، غابت أو ضعفت عمليات غسل أنواع التربة وعملية هجرة المواد في أفق أنواع التربة. و هذا هو السبب الذي أدى إلى عدم تطور أنواع التربة في معظم أنحاء السهل الفيضي، وإن كان من الطبيعي غياب أنواع التربة كاملة الأفق (المتطورة) في حالة السهول الفيضية الرسوبية (الحفيان، 2004). وفيما يلي أهم خصائص أنواع التربة في منطقة البحث:

لون أنواع التربة:

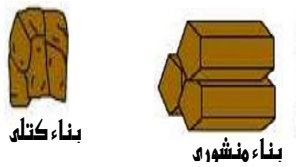
لا شك أن لون أنواع التربة هو انعكاس لمكنوناتها. ولا يختلف لون أنواع التربة كثيراً في المقاطع (Soil Profiles) التي تمت دراستها في مختلف مواقع منطقة البحث باستثناء القليل من التباينات. فقد لوحظ أن أنواع التربة الثقيلة القوام تكون داكنة اللون أكثر من أنواع التربة خفيفة القوام، كما أن أنواع التربة الرطبة تتميز بلونها البني الغامق مقارنا باللون البني الفاتح في أنواع التربة الجافة. كما أنه في الأفق التحتية يتفاوت اللون على الرغم من ملاحظة اللون البني المحمر و البني الغامق.

عمق أنواع التربة:

يتفاوت عمق أنواع التربة في منطقة البحث بتفاوت نشاط عمليات الترسيب الريحي و المائي. إلا أن عمق أنواع التربة يكون في حدود 150 سم، رغم أنها تكون عميقة في وسط السهل الفيضي و أقل عمقا في أطرافه. وتجدر الملاحظة هنا إلى أن التكوينات الحصوية تغيب في أنواع التربة العميقة، مع وجود بعض الترسبات الجيرية و الملحية.

قوام أنواع التربة: القوام السائد في منطقة البحث هو الرملي الطيني السلتي و الطيني. إلا أن هناك بعض الأفق التي قوامها سلتي رملي و طيني سلتي.

بناء أنواع التربة: هو نتاج عمليات التخثر (Flocculation) التي ينتج عنها النمط الذي تتجمع به حبيبات أنواع التربة، أو مفتتاتها بعد الحرث. وتكمن أهمية البناء في أنه يحدد مسامية أنواع التربة. أما بالنسبة لتربة منطقة البحث وبناء على التحليل المختبري، فهي ذات القوام المتوسط والناعم وبناء كتلي (blocky) الشكل أما الطبقة السوداء المدفونة فهي ذات بناء منشوري (prismatic) (الشكل رقم4).



الشكل رقم (4): أهم أشكال بناء أنواع التربة في منطقة البحث

الخصائص الكيميائية للتربة:

بحسب ما أوضحه (Thompson, 1957) كان من المتوقع أن يكون محتوى الفسفور(P) الكلي في مثل تربة هذه المناطق الجافة في حدود 0.15% إلا أن هذه النسبة ارتفعت في منطقة البحث بحيث تراوحت بين 0.18% و 0.34%، على الرغم من أن أنواع التربة في عموميتها من النوع الرسوبي.

كربونات الكالسيوم (CaCO3):

تُعدُّ معظم أنواع التربة المنطقة تربة جيرية (تكلسية)، حيث يوجد الكلس في آفاق أنواع التربة بأشكال مختلفة (خيطية, أغشية, بقع مستديرة وطبقات إسمنتية) إلا أن مستويات كربونات الكالسيوم تختلف من مكان إلى آخر في الطبقات السطحية وتحت السطحية (حيدر, 2015). تتراوح نسبة كربونات الكالسيوم في أنواع التربة بين 4,25% و 22%.

درجة حمضية وقلوية أنواع التربة(pH V):

الرقم الهيدروجيني pH متقارب ويتراوح مابين 7,1 –8,2 ويدل على إنها تربة متوسطة أو متعادلة القلوية وهو مؤشر لحالة الخصوبة في أنواع التربة فإذا ارتفع هذا الرقم يؤثر سلباً على إمكانية استفادة النبات من العناصر الغذائية المتوفرة قيها وخاصة الفسفور والحديد و المنغنيز، حيث إن القيم للرقم الهيدروجيني من 7-6 هي القيم الأنسب لاستغلال العناصر الغذائية من قبل النبات ومع هذا تختلف النباتات عن بعضها بعضاً في هذه الخاصية.

درجة التوصيل الكهربائي (EC):

تعتبر درجة التوصيل الكهربائي مؤشرا واضحا للمقادير الكلية للأملاح الذائبة في أنواع التربة، واستناداً إلى تصنيف المركز الأمريكي لبحث الأراضي المالحة فإن أنواع التربة التي لها درجة توصيل كهربائي بين صفر و 2000 مايكرو موز/سم) يعد محتواها منخفضاً من الأملاح، وقد وجد في منطقة البحث أن درجة التوصيل الكهربائي أقل من 2000 مايكرو موز/سم) في الطبقات السطحية وتحت السطحية وذلك بناء على التحاليل

المختبرية للعينات المجمعة، أما في المنطقة التي تروى بماء الصرف الصحي فقد بلغت أعلى من 2000 مايكرو موز/سم) وهذا يدل على أن ارتفاع الملوحة كانت بسبب ماء الصرف الصحي.

المادة العضوية (حالة الخصوبة- Organic Matter):

من خلال التحاليل المعملية لعينات أنواع التربة المجمعة من منطقة البحث، أتضح أن نسبة المادة العضوية في أنواع التربة منخفضة في مواقع متعددة حيث وصلت قيمها إلى 1% أو أقل من ذلك في الأجزاء الجنوبية والوسطى من منطقة البحث و التي تشمل وادي المواهب ووادي مدافع ووادي الصلة، كما ارتفعت قيم المادة العضوية إلى المستوى العادي في ثلاثة مواقع فقط حيث وصلت مابين 2.8% و3%.وهي في الأجزاء الشمالية لمنطقة البحث والتي تشمل منطقة قاع السواد (لقدسي، 2015).

تصنيف أنواع التربة:

قام (Acres, 1980) بتصنيف أنواع التربة في منطقة البحث وفق أسس التصنيف الأمريكي (Soil Survey Staff 1994)) الذي أوجده ماربت (Marbet, 1885). استند هذا التصنيف على الأسس التالية:

1.القوام و العمق. -2الصرف السطحي للماء. -3الأفق الجيري و الملوحة و القلوية. -4 التشقق. -5 اللمعان للآفاق تحت السطحية. وعلى مستوى عموم منطقة البحث، صنفت أنواع التربة إلى نوعين هما:

1.رتبة أنواع التربة الجافة (Aridisols):

هي من نوع أنواع التربة الأكثر انتشاراً في العالم حيث تمثل 20% من تربة الكرة الأرضية. وهي أنواع التربة التي تقع ضمن السهول الجبلية، و تنتج هذه أنواع التربة من الترسبات المائية (Alluvium)، وتحتوي على بعض الطبقات التكلسية التي تكونت نتيجة تسرب الماء، وقد تكون هذه الطبقات متصلبة أو غير متصلبة. كما أن أفقها (B) متطور بسب الهجرة الطينية في الفترات المناخية الرطبة.

2.رتبة أنواع التربة الحديثة: (Entisols):

لقد لوحظ بأن النمط السائد في ظروف تكوين هذا النوع من التربة ناتج أيضاً عن الترسبات المائية. Alluvium وهي بالطبع تختلف في خصائصها عن رتبة أنواع التربة الجافة.

وبناءاً على هذا لتصنيف تمت تسمية سلاسل أنواع التربة في المنطقة بحيث تمت التسمية على المنطقة التي وجدت فيه كل سلسلة لأول مرة –كما يقول (لقدسي، 2015 ، ص 49). و السلاسل هي (الشكل رقم 5):

1. تربة الطلبة (AB): ذات أصل مائي ترسبي، و طبقاتها مختلفة القوام الذي يتباين في الطبقات السطحية بين الطمي و الطمي الغريني، وبين الطمي الطيني و الطمي الطيني السلتي في الطبقات التحتية. تحوي 5% كالسيوم.
2. تربة بني فلاح (BH): تربة رسوبية عميقة وجيدة الصرف. قوامها يتراوح بين الطمي و السلت والرمل، و إن كانت نسبة السلت أكثر من 40 %.
3. تربة جهران (JN): تربة رسوبية عميقة وجيدة الصرف، و تصنف من نوع القوام الطيني. تتباين نسبة المادة العضوية بين طبقاتها حول 1 %. وتحوي نسبة عالية من الماغنيسيوم بشقيه المتبادل و الذائب، كما توجد بها أفق كربونات الكالسيوم (الجير) بنسبة تتراوح بين 30-70%.

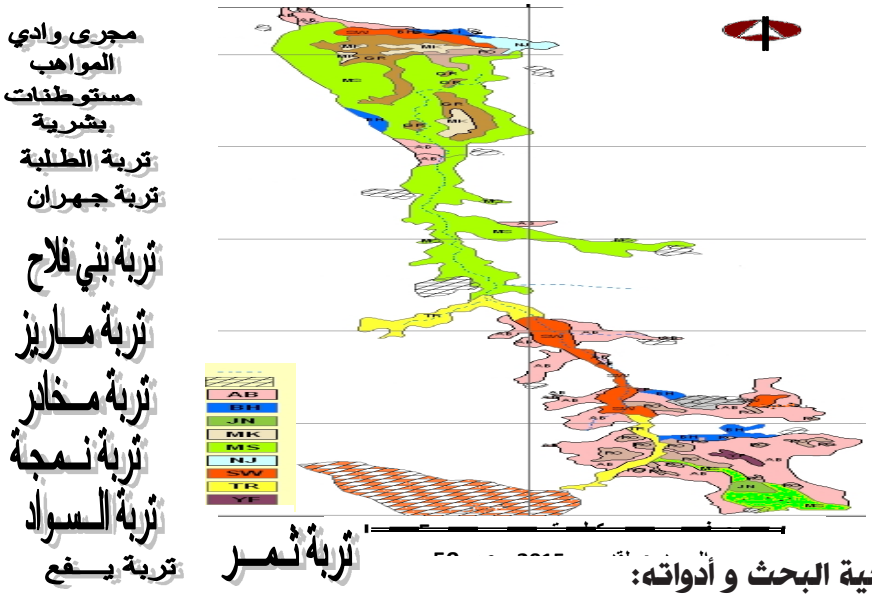
تعلو هذا الأفق طبقات ذات لون بني وبني داكن.

4. تربة يفع (YF): تربة ذاتية المنشأ، جيدة الصرف. تحوي على أفق جيري، و قوامها السطحي طمي و التحتي طمي طيني. تحوي نسبة عالية نسبياً من المادة العضوية مما يميزها بالقدرة على الاحتفاظ بالرطوبة.
5. تربة ماريز (MS): تربة عميقة رسوبية جيدة الصرف غير عميقة التشقق. وهي تربة متطورة و ذات بناء جيد. قوامها عموما هو طمي خشن. إلا أن قوامها السطحي بين (طميي طيني سلتي) و(طميي سلتي)، والتحت سطحي بين (طيني) و(طيني سلتي) و(سلتي طيني). بدأت تظهر فيها الملوحة و القلوية.

الشكل (5): تشقق تربة ماريز

6. تربة السواد (SW): تربة رسوبية رديئة الصرف الطبيعي. وبسبب ارتفاع مستوى الماء الجوفي تكون رطوبتها مرتفعة طول السنة. يؤشر ارتفاع الرقم الهيدروجيني (8.5) إلى أنها تربة ملحية وتحتوي على نسبة عالية من الصوديوم و من الجير الذي تصل نسبته إلى 15% و يظهر على شكل حبيبات.
7. تربة مخادر (MK): تربة لا تختلف في نشأتها عن بقية سلاسل أنواع التربة في منطقة البحث، إلا أن ترسباتها تظهر في شكل طبقات متراكمة، على الرغم من احتوائها على الحصى و الحجارة.
8. تربة النمجة (NJ): تربة اقرب للشبه بتربة السواد بسبب رطوبتها المرتفعة، مع وجود مكونات من الصوديوم و الملح، إلا أنها تحوي أفقاً طينياً وسبب رطوبتها كونها رديئة الصرف.
9. تربة ثمر (TR): تتداخل في صفاتها مع عدة ترب أخرى أهمها السواد و النمجة و مارز.

الشكل رقم (5): تصنيف أنواع التربةفي منطقة البحث



منهجية البحث و أدواته:

استنادا على الحقيقة التي تقول بأن الجغرافيا هي علم البيئة البشري (Human Ecology)، و من حيث التناول (Approach)، تم التحليل و النقاش في موضوع البحث. وقد اعتمد البحث بدرجة أساسية على المعلومات الحقلية التي جمعت من العمل الميداني. وبما أن موضوع البحث هو حالة أنواع التربة تحت تأثير استخدام ماء الصرف الصحي في الإنتاج الزراعي، فقد تم التعامل مع المعلومات الحقلية من حيث جمعها و تحليلها على النحو التالي:

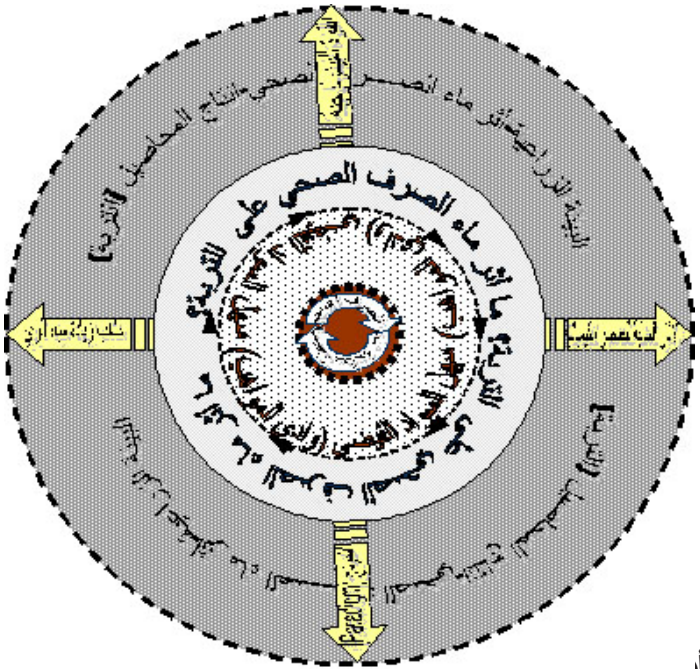
1. ورقة الملاحظة (Observation Sheet) لتدوين الملحوظات والقياسات الحقلية و المعلومات الشفهية من المعنيين بالأمر.
2. الفحص الحقلي: وقد تمت ملاحظة حالة أنواع التربة كما يلي:

- مصدر الري و حالة الصرف.
- حالة النباتات (المحاصيل) النامية.
- قطاع أنواع التربة: الوصف العام، تحديد خصائص الأفق المختلفة، التطور و اتجاهه.

3.التحليل الكيمائي:

- قياس مدى (كمية) تلوث أنواع التربة بمكونات ماء الصرف الصحي.
- قياس مدى (كمية) العناصر اللازمة لنمو النبات في أنواع التربة، وتأثير نقصها أو زيادتها.

4.كشف الكائنات الدقيقة في أنواع التربة:



التحليل: أثر الصرف الصحي على التربة.

أولاً: التأثيرات الكيميائية (تلوث أنواع التربة):

لا شك أن أوضح أثر يتركه ماء الصرف الصحي على أنواع التربة هو تغيير تركيبتها الكيميائية الطبيعية: أي تلوثها. وهناك العديد من المواد الكيميائية التي تلوث أنواع التربة، وتعد المعادن الثقيلة، مثل الزئبق والرصاص والزرنيخ والكادميوم والسيلنيوم من اخطر المواد التي تلوث أنواع التربة إضافة إلى الملوثات الأخرى. ومن هذه الملوثات ما يستقر في المكان الذي لوثه لمدة طويلة دون أن يطرأ عليه أي تغيرات كيميائية، ومنها ما يستقر لمدة قصيرة حيث تتغير كيميائيا بفعل الحرارة والرطوبة والتفاعلات الضوئية والمكروبات والعوامل البيئية الأخرى. ويؤدي تلوث أنواع التربة إلى ضعف خصوبتها وانخفاض إنتاج المحاصيل الزراعية. كما تؤثر بعض المواد الكيمائية الضارة في النبات وتكوينه الطبيعي، مما يترتب عليه انخفاض في قيمته الغذائية. ولا يقتصر اثر تلوث أنواع التربة على النبات فحسب، بل يمتد الأثر ليشمل الإنسان و الحيوان. و بما أن موضوع البحث هو الأثر البيئي لاستخدام ماء الصرف الصحي على أنواع التربة، فسيتم تتبع أهم الآثار السالبة للعناصر الكيميائية التي يخلفها ماء الصرف الصحي في أنواع التربة:

1.تملح أنواع التربة: أ-(والموصلية الكهربية (EC):

تشترك عدة عناصر في إصابة أنواع التربة بالتملح. والموصلية الكهربية (EC) هي وسيلة قياس درجة التملح، والشكل رقم (7) أدناه يوضح أهم بؤر التملح في منطقة البحث. ويلاحظ من الشكل أن تأثر موقع المحطة بالتملح بحيث يأتي في المرتبة الثانية في درجات التملح وتتفوق على منطقتين أخريين، و لا تتفوق على

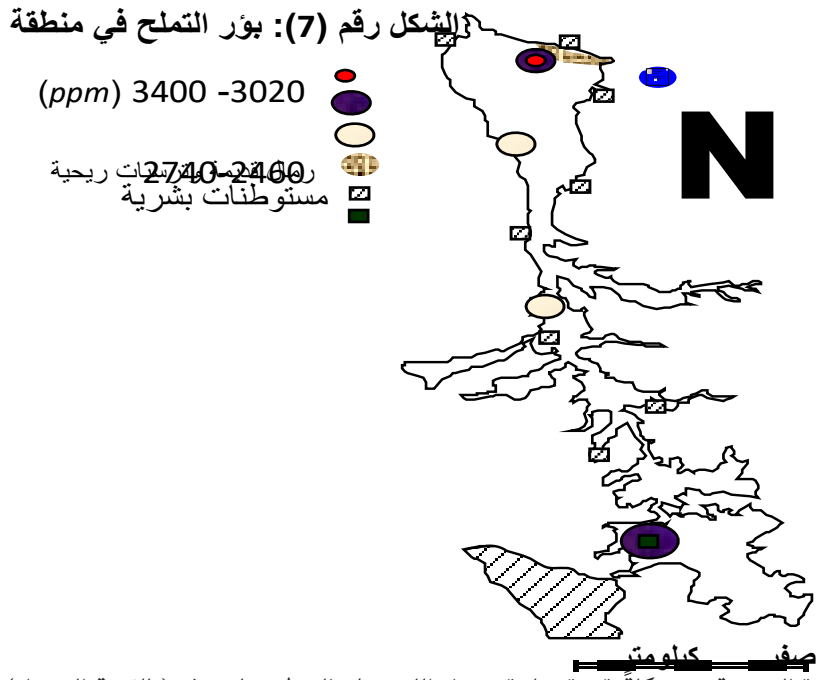
هذا الموقع في درجة التملح إلا المنطقة التي في أقصى شمال السهل الفيضي، وهي التي تأثرت بعوامل أخرى زادت من حدة تملحها: منها أن المنطقة سهلية منخفضة نسبيا مما يجعلها ملتقى تدفقات السيل وحيث تتجمع الماء دون أن تنصرف فيتبخر الماء تاركاً كميات كبيرة من الأملاح على سطح أنواع التربة.

2.تملح أنواع التربة: ب- تركز محتوى الصوديوم (Na):

إن تركز محتوى الصوديوم (Na) في أنواع التربة هو أحد عوامل إصابة أنواع التربة بالتملح. و يلاحظ من الشكل رقم (8) تأثير ماء الصرف غير المعالج على تركيز هذا العنصر، حيث يكون

أقل تركيزا في المناطق التي لا يستخدم فيها بكثافة، غير أنه يتركز شمال المحطة في منطقة ضيقة يتجمع فيها ماء الصرف الصحي..

الشكل رقم (7): بؤر التملح في منطقة



- ادة العضوية و مشكلة قشرة صلدة سوداء اللون على السطح بما يعرف (بالقوية السوداء).
- ضعف إذابة العناصر الضرورية التي يحتاجها النبات في أنواع التربة.
- زيادة تركز محلول أنواع التربة: صعوبة امتصاصه بواسطة النبات.

3.تملح أنواع التربة: ب- تركز محتوى الصوديوم (Na):

إن تركز محتوى الصوديوم (Na) في أنواع التربة هو أحد عوامل إصابة أنواع التربة بالتملح. و يلاحظ

من الشكل رقم (8) تأثير ماء الصرف غير المعالج على تركيز هذا العنصر، حيث يكون أقل تركيزا في

المناطق التي لا يستخدم فيها بكثافة، غير أنه يتركز شمال المحطة في منطقة ضيقة يتجمع فيها ماء الصرف الصحي.

و من الأضرار التي تخلفها الأملاح:

• تدهور القيمة الإنتاجية للتربة، بما يؤدي إلى قلة النبات الطبيعي، وعدم قابليتها للإنتاج المحصولي خاصة كبريتات و كلوريدات (أملاح) الصوديوم و الكالسيوم و والماغنسيوم. والمحصلة النهائية هي تدهور قيمة أنواع التربة.

تغير الرقم الهيدروجيني للتربة (pH)= قلوية أنواع التربة. وفي حالة كون أنواع التربة القلوية فإن مواد مثل كربونات وبيكربونات الصوديوم تذوب في وجود الماء محللةً معها الم

و من أضرار تركز محتوى الصوديوم (Na) في أنواع التربة:

• تؤدي زيادة تركزه إلى تفريق حبيبات أنواع التربة، و بالتالي هجرتها إلى أسفل القطاع.

• عدم ثبات بناء أنواع التربة.

• في وجود أملاح كربونات الصوديوم الحرة التي تنتج عن وجود ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء و الصوديوم المتبادل ينتج تحلل مائي ((عواد، 2017)).

• تدهور القيمة الإنتاجية للتربة، بما يؤدي إلى قلة النبات الطبيعي، وعدم قابليتها للإنتاج المحصولي خاصة في حالة كبريتات و كلوريدات (أملاح) الصوديوم.

• ارتفاع الملوحة يقلل من نسبة المادة العضوية في أنواع التربة نتيجة تحللها و تفسخها إلى مركبات أقل تعقيداً و تركيباً (حيدر، 2005، ص 31).

• إضاف إلى أضرار التملح المذكورة أعلاه.

4.تكلس أنواع التربة و تجيرها (تركيز كربونات الكالسيوم CaCo3):

كما في حالة الأملاح فإن لماء الصرف غير المعالج تأثيره السلبي على أنواع التربة، و ذلك بتركيز الجير في شكل كربونات الكالسيوم فوق الحد المطلوب. فيلاحظ من الشكل رقم (9) تزايد تركز هذه الكربونات طرديا مع الاقتراب من محطة المعالجة. فكلما زادت كمية الماء المستخدم من هذا المصدر زاد تركزها. وسبب قلة التركز شمالا (بعيدا عن المحطة) هو خلط ماء الصرف الصحي بماء الري من الماء الجوفية عن طريق الآبار. و يدلل على صحة هذه الحقيقة زيادة التركز مرة أخرى في أقصى شمال السهل الفيضي حيث يقل استخدام ماء الري من الماء الجوفية و يكون الاعتماد كاملاً على ماء الصرف الصحي.

و من أضرار تركز كربونات الكالسيوم:

• وجودها في شكل مواد لاحمة و متحجرة.

• تدهور القيمة الإنتاجية للتربة، بما يؤدي إلى قلة النبات الطبيعي، وعدم قابليتها للإنتاج المحصولي إذا تحولت إلى كبريتات و كلوريدات (أملاح) الكالسيوم. المحصلة النهائية هي تصحر أنواع التربة.

• تغير الرقم الهيدروجيني للتربة (pH)= قلوية أنواع التربة. وفي حالة تكون أنواع التربة قلوية فإنها تذوب في وجود الماء و مشكلةً عند جفافها قشرة صلدة على السطح بما يعرف (بالكاليشا Caliches).

• ضعف عمليات هجرة العناصر الضرورية في أنواع التربة مما لا يساعد على تطورها.

- سمية محلول أنواع التربة عند امتصاصه بواسطة النبات.
- أخرى.

5. الفسفور (P) المتيسر في أنواع التربة:

يتزايد مستوى الفسفور في أنواع التربة متأثراً بعوامل عديدة, مثل محتوى أنواع التربة من المواد العضوية، والطين ، كما وجد أن أنواع التربة المشتقة من الصخور القاعدية و أنواع التربة المشتقة من الصخور الحمضية تكون أغنى في محتواها الكلي من الفسفور غالبا. وأوضح (Thompson, 1957) بأن محتوى الفسفور الكلي في ترب المناطق الجافة يتراوح في حدود 0.15 % .

تبين من التحاليل الكيميائية لعينات أنواع التربة في منطقة البحث والموضحة بالخريطة رقم (10) أن محتوى الفسفور يوجد بشكل كبير في المنطقة القريبة من قرية المواهب وهي قريبة من محطة الصرف الصحي إلى الشمال وهي منطقة مستوية تتلقى ماء المحطة ويقلل من جريانه فيها قلة الانحدار: فهو يقدر بدرجه واحدة فقط، ويقدر محتوى الفسفور في هذه المنطقة ب 34 جزء في المليون. أما في منطقة المحطة فقد بلغ 32 جزءاً في المليون، ويرجع ارتفاع الفسفور في هذه المنطقة القريبة من المحطة للصرف الصحي وذلك لزيادة النشاط الميكروبي وتكسير الكربوهيدرات إلى فسفور معدني. والرقم الهيدروجيني للتربة في هذه المنطقة يتراوح بين 7.4- 8.20، وهي مناسبة لنشاط الميكروبات، كما تصل درجة الحرارة الى25درجة مئوية. و تنخفض قيم الفسفور كلما اتجهنا شمالا حيث لا تصل ماء الصرف الصحي إذ تبلغ 3.70 جزء في المليون ثم تتغير إلى ما بين 4.90 و 5.60 جزء في المليون في منطقة قاع السواد .

و من أضرار زيادة تركز الفسفور في أنواع التربة:

- وجودها في شكل مواد لاحمة و متحجرة.
- تدهور القيمة الإنتاجية للتربة، بما يؤدي إلى قلة النبات الطبيعي، وعدم قابليتها للإنتاج المحصولي إذا تحولت إلى كبريتات و كلوريدات (أملاح) الكالسيوم. المحصلة النهائية. المحصلة النهائية هي التصحر.
- تأثيره على مكونات أنواع التربة من المادة العضوية.
- مع غيره-يؤدي إلى تآكل النظام البيئي الحيوي للتربة، ويقلل من إنتاجيتها.
- يسرِّع نمو الطحالب و الأعشاب الطفيلية في ماء الري.

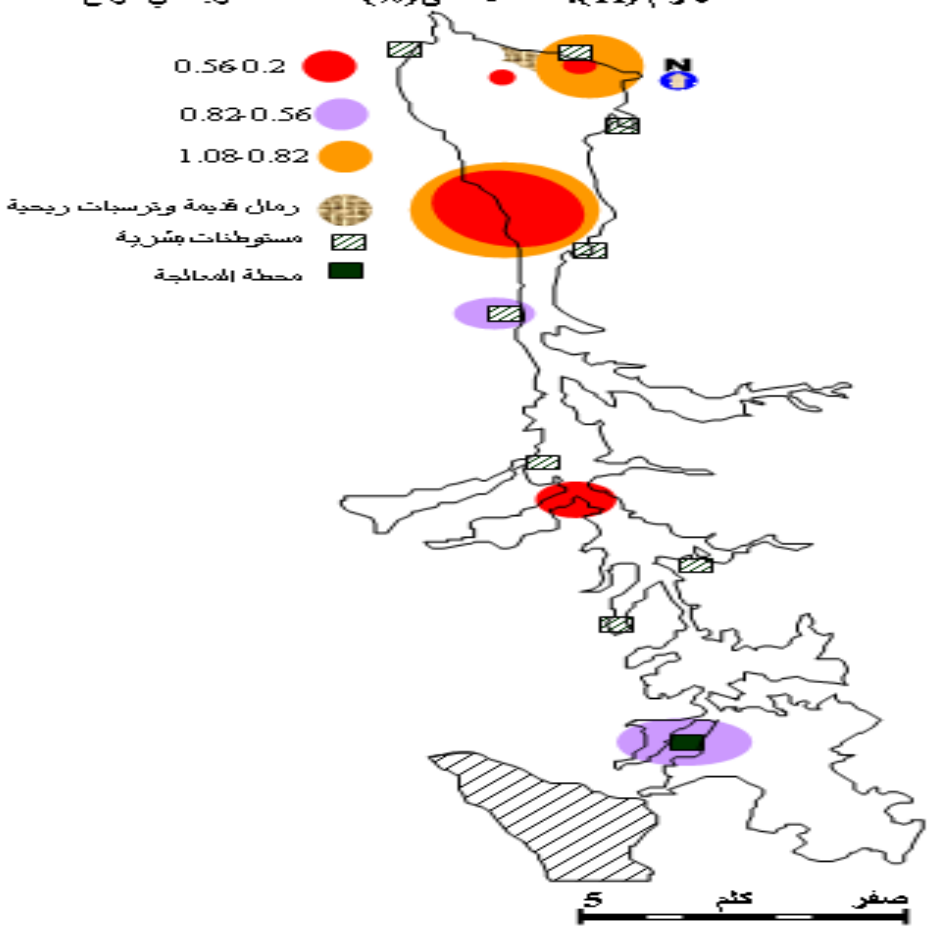
6.تخفيض مستوى محتوى أنواع التربة من المادة العضوية:

تعد المادة العضوية أهم مكونات أنواع التربةة، لأنها الوسط الذي تذوب فيه كل العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات في أنواع التربةة. وتعمل على زيادة قدرة أنواع التربةفي الاحتفاظ بالماء (تبلل أنواع التربةة)، كما أنها الوسط الذي يجذب الكائنات الحية في أنواع التربةمما يساعد في تحلل المواد الغذائية. والنسبة الأمثل للمادة العضوية في أنواع التربةهي 3%. غير أنه بسبب تأثير ماء الصرف الصحي لا تصل إلى هذا الحد في أي موقع من مواقع المنطقة، على الرغم كونها سهلاً فيضياً يتوقع فيه وصول هذه النسبة إلى معدلاتها الطبيعية (الشكل رقم 11).

و من أضرار نقص المادة العضوية في أنواع التربة:

- تناقص قدرة النبات على امتصاص غذائه من أنواع التربة، وعلى الاحتفاظ بالماء (رطوبة أنواع التربة)، وتناقص التهوية.
- نقص مادة غذائية أساسية في أنواع التربة، وحتى قدرة جذور النبات على التحرك بسهولة بحثاً عن الغذاء، و يعني هذا تدهور أنواع التربة.
- عدم كفاءة الوسط الذي تذوب فيه كل العناصر الغذائية و المعادن في أنواع التربة ليمتصها النبات.
- عدم كفاءة عملية تثبيت النتروجين في أنواع التربة.
- تدهور قدرة أنواع التربة في الاحتفاظ بالماء بما يؤدي على تفككها و سهولة تعريتها و انجرافها.

الشكل رقم (11): الحد الأقصى (%) للمادة العضوية في انواع

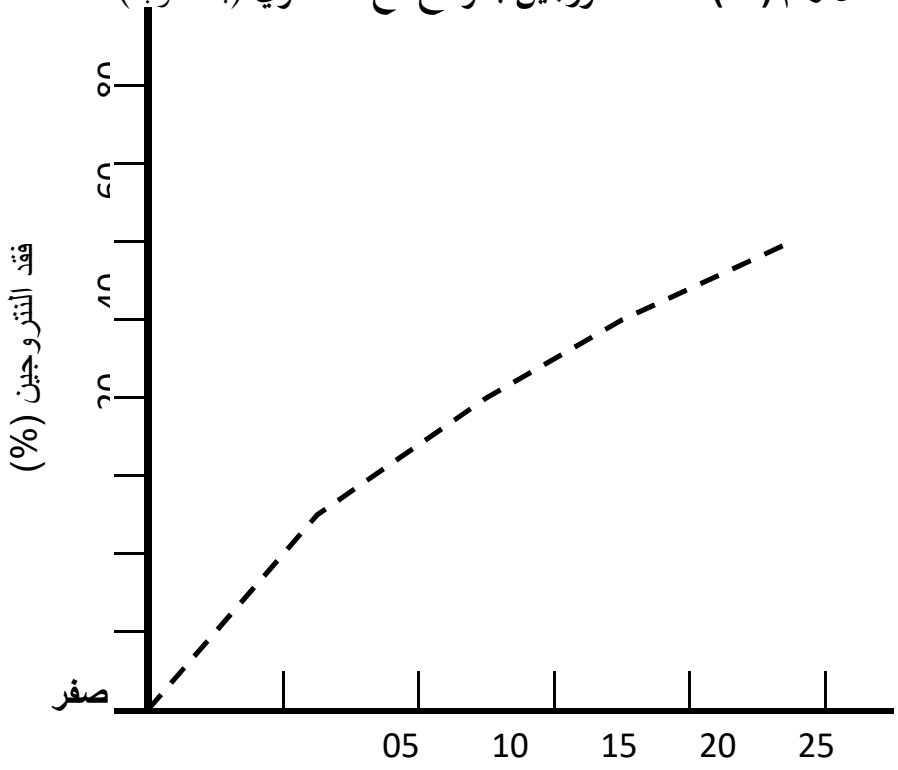


بما أن المحطة تعمل بصورة دائمة دون توقف، فإن تواتر وجود الماء يؤدي إلى آثار سالبة، منها:

1. زيادة كمية ماء الري، حيث إن تدفق ماء الري دون ضوابط وقتية أو مكانية و لفترات طويلة، يوجِد ظروفاً اختزالية في التربة ترفع مستوى العناصر الصغرى و الثقيلة في تربة منطقة البحث (حيدرة، 2005).
2. فقد النتروجين بالرشح (بالتسرب) مع ماء الري:

فعندما تتحلل المركبات العضوية مكونة مركبات معدنية بسيطة يتعرض بعض هذه المركبات للفقد مع ماء الري إلى باطن الأرض بعيدا عن جذور النبات أو إلى المصارف التي تنقلها بعيدا عن الأرض المروية، وهذا ما يفعله ماء الصرف الصحي بسبب تواتر تدفق الماء من المحطة دون توقف. و تتأثر سرعة الفقد ومقداره بعوامل متعددة، منها: الصورة الكيميائية للمركب النتروجيني، قوام أنواع التربةة- كمية ماء الري. وتسرب هذه المركبات إلى باطن الأرض قد يؤدي إلى تلوث الماء الجوفي. الشكل (رقم 13) أدناه يوضح العلاقة الإحصائية بين كمية ماء الري و فقدان النتروجين في أنواع التربة.

الشكل رقم (14): فقد النتروجين بالرشح مع ماء الري (بالتسرب)



3 -تأثيره على تثبيت النشادر (الأمونيا) في التربة:

يؤثر ماء الري المتواتر بكثرة بين ترطيب و تجفيف التربة على تثبيت النشادر (الأمونيا) في التربة، وبالتالي عدم تحوله إلى نترات يمتصها النبات ، والنترات تعتبر من أهم صور النتروجين التي تضاف إلى الأرض ، وبالتالي فإن ذلك يؤثر على نمو النبات سلبا، ويمكن أن يكون قصر الجذور من أوضح هذه التأثيرات (إسلام، و عمارة، 2006).

صور الفوسفات Phosphorus: يسهم في تغذية النبات بتحوله إلى صور معدنية بسيطة خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة، كما يظهر على الصور التالية:

1.في التربة الحمضية: في صورة فوسفات حديد أو ألمونيوم. على سطح الحبيبات الغروية. معادن الطين التي تستبدل فيها السيليكات بالفوسفات.

تؤثر الأملاح الذائبة على ذوبان مركبات الفسفور، وذلك:

2.زيادة ذوبان كربونات الكالسيوم. حلول كاتيونات الأملاح محل الكالسيوم المتبادل (Exchange-able Calcium).

3. تأثير الأيون المشترك. بالتأثير على الرقم الهيدروجيني:

يسهم البوتاسيوم (Potassium) المتبادل أو غير المتبادل في تغذية النبات خاصة البطاطس (معامل ارتباط بين وزن البطاطس و البوتاسيوم الممتص =0.9+) والبرسيم والذرة والطماطم. عدم وجود طمي يؤثر في وجود البوتاسيوم.

الكالسيوم (Calcium): يوجد في تربيات الأقاليم الجافة. تحسن من نمو النبات في التربة الحمضية و تزيد الإنتاجية- له دور هام في كثير من التفاعلات في التربة. و لكن زيادته ترفع الرقم الهيدروجيني مما يؤدي إلى ترسيب الكالسيوم.

الماغنيسيوم Magnesium يوجد في معادن الطين و يقل في التربة الرملية، و يحل محل الحديد لتقارب نصفي قطريهما

جدول رقم (4): تأثير زيادة أو نقص بعض مكونات التربة على المحاصيل في منطقة البحث.

الفسفور				
النبات	عمره	النسيج	أعراض النقص	النسبة (معيار سبيرمان)
الذرة		الساق	ن بطئ-لون غامق	30%(0.3-)
القمح	أشهر3	قمة النبات	ذبول الأوراق، ونقص عددها	30%(0.3-)
البطاطس	يوم45-40	الأوراق	اص إفرار اللون	70-80%(0.7-0.8-)
الطماطم	يوم35-30	أ عناق الورقة	نقص الوزن	0.25%(0.25-)
البصل	يوم50-40	الأوراق	تذبل الأوراق و تموت الأطراف	60%(0.6-)
النتروجين: عند الزيادة: زيادة النمو الخضري، تتخشن الثمار وتزداد سماكة القشرة و يقل المحصول				
النبات	عمره	النسيج	أعراض النقص	النسبة (معيار سبيرمان)

الفسفور				
الذرة	يوم60	الأوراق الساق	- يصفر لون الأوراق.1 - تجف العروق الوسطى2 -يكون الساق رفيعاً.3	5.0%(0.5.0 -) 5.3%(0.5.3-) 4.5%(0.4.5-)
الشعير	يوم75	الأوراق الفروع الساق	- يصفر لون الأوراق.1 - يقل التفريع.2 - تصغر السنابل3 -يكون الساق رفيعاً.4	0.3(0.3-)% 0.4(0.4-)% 0.4(0.4-)% 0.35(0.35-)%
العنب	يوم65	الأوراق الشجرة	-ألوان خضراء فاتحة1 -يتقزم النبات2	5.5%(0.5.0 -) 0.2%(0.2-)
الطماطم	يوم55	الأوراق الساق	-اصفرار الأوراق و جفافها.1 - يتصلب الساق2	0.3(0.3-)% 0.3(0.3-)%
الكالسيوم				
النبات	عمره	النسيج	أعراض النقص	النسبة (معامل سبيرمان)
عموم النباتات	--	الجذور	يبطء النمو-تصاب الجذور بالعفن- . تنشوه الأوراق-تموت البراعم	0.3(0.3-)%
الماغنيسيوم: ضروري للكلوروفيل مثل الحديد				
النبات	عمره	النسيج	أعراض النقص	النسبة (معيار سبيرمان)
عموم النباتات	--	الأوراق الشجرة	نقص اللون الأخضر في الأوراق-وتصفر- ويبطئ النمو	0.4(0.4-)%
المادة العضوية: عند الزيادة المفرطة في الماء يعني زيادة تعكر في الماء مما يعيق عملية التمثيل الضوئي: قلة الأكسجين المذاب، و يحول التربة إلى خث (Bog Soil)				
النبات	عمره	النسيج	أعراض النقص	النسبة (معيار سبيرمان)
عموم النباتات	--	الجذور	1عدم القدرة على الامتصاص. 2.-نقص المعادن المهمة في التربة. 3.الجفاف بسبب نقص الماء.	0.2%(0.2-)

المصدر: معلومات(ملاحظات) العمل الميداني (2022-2023).

ملاحظة: النحاس: لا يظهر نقصه أعراضاً مميزة، إلا أنه في الحالات الخفيفة تموت قمم النبات ويظهر التصميغ على الورقة وعلى الثمرة وتتشقق ويقصر نمو الطماطم بشكل واضح ويقصر حجم الجذور-تفقد الأفرع و السيقان استقامتها (Nierop, et al, 2013.).

المصدر: نتائج العمل الميداني، 2019.

الخاتمة:

في منطقة شبه جافة مناخيا و موازنتها المائية سلبية، مثل منطقة البحث، حيث تكاد تنعدم الموارد المائية، لابد للفلاح أن يجد في ماء الصرف الصحي مصدراً متيسراً ورخيصا للحصول على ماء الري. إلا أنه، بسبب تجاوز كميات الماء المطلوب معالجتها وضعف الطاقة الاستيعابية لمحطة المعالجة، وبسبب أن إدارة المحطة لا تلتزم بالمستوى المتعارف عليه في المعالجة، فإن ماء الصرف الصحي المستخدم في الري يعتبر غير معالج معالجة كاملة و أقل من أي مواصفات أو مقاييس في العالم. وأدى هذا إلى تلوث التربة الزراعية و تناقص كفاءتها مما كان له آثار سلبية على البيئة الزراعية في منطقة البحث، وهي:

أولاً: تزايدت معدلات الملوحة في التربة حيث أورد البحث من الأدلة ما يثبت أن ماء الصرف الصحي المستخدم في الري –دون سواه- هو المسئول الأول عن تملح التربة في منطقة البحث. وقد كان ذلك بعدة طرق:

1. تركز كبريتات و كلوريدات (أملاح) الصوديوم و الكالسيوم و والماغنسيوم في التربة.
2. ارتفاع الرقم الهيدروجيني للتربة (pH) بما يعني قلوية التربة. وفي حالة تكون التربة قلوية فإن مواد مثل كربونات وبيكربونات الصوديوم تذوب في وجود الماء محللةً معها المادة العضوية و مشكلةً قشرة ملحية صلدة سوداء اللون على سطح التربة. تركز محتوى الصوديوم (Na):

ثانياً: تزايدت معدلات التكلس في التربة. وقد كان ذلك بعدة طرق:

1.تركيز الجير في شكل كربونات الكالسيوم فوق الحد المطلوب. تزايد مستوى الفسفور في التربة متأثراً بعوامل عديدة, مثل محتوى التربة من المواد العضوية، والطين.

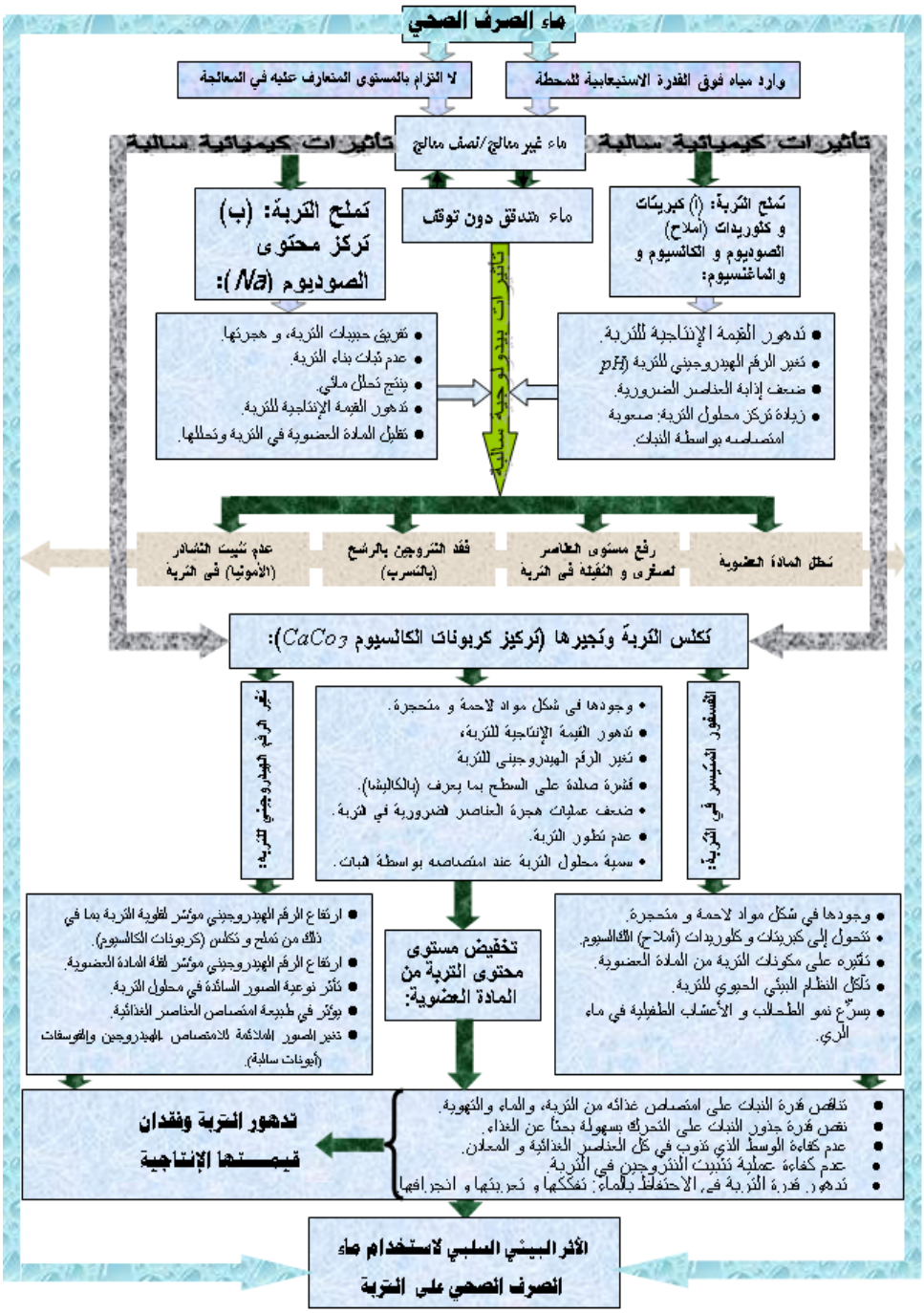
ثالثاً: تخفيض مستوى محتوى التربة من المادة العضوية:

رابعاً: تغير الرقم الهيدروجيني للتربة:

خامساً: زيادة كمية ماء الري، لفترات طويلة، يؤدي إلى خلق مثالب عديدة، منها:

1. أنه أوجد ظروفاً اختزالية في التربة رفعت من مستوى العناصر الصغرى و الثقيلة في التربة. فقد التربة النتروجين بالرشح (بالتسرب) مع ماء الري.
2. يؤثر ماء الري المتواتر بكثرة بين ترطيب و تجفيف التربة على تثبيت النشادر (الأمونيا) في التربة، وبالتالي عدم تحوله إلى نترات يمتصها النبات.
3. المحاصيل، و تربية حيوانات بأعداد تفوق القدرة التحملية للأرض (Carrying Capacity)، وقطع النباتات الطبيعية بمعدل يفوق قدرتها على التجدد. كانت نتيجة ذلك كله، مع وجود استعداد طبيعي للمنطقة [يدلل عليه وجود رمال قديمة وترسبات ريحية في أقصى شمال المنطقة] أن تدهورت القيمة الإنتاجية للتربة مما سيؤدي، في أغلب الاحتمالات إلى تصحرها.

من ذلك كله كان مؤداه أن خرج البحث بالنموذج (Paradigm) التالي:



المصدر: معلومات(ملاحظات) العمل الميداني (2023-2022).

مراحل معالجة ماء الصرف الصحي:

تمرّ عمليّة معالجة ماء الصرف الصحي بالعديد من المراحل كالآتي:

مرحلة المعالجة الأولية (بالإنجليزية: Preliminary Treatment):

تتمّ في هذه المرحلة إزالة جميع المواد التي قد تُعيق عمليّات المعالجة اللاحقة، مثل أغصان الأشجار، والحصى، والزيوت، والرمال، والتربة، باستخدام الأدوات الآتية:

- المصافي: (بالإنجليزية: Screens) تعمل على حجز المواد كبيرة الحجم.
- أحواض حجز الرمل: (بالإنجليزية: Grit Chambers) ترسّب المواد غير العضويّة كالزيوت، والرمال، والتربة، والحصى؛ حيث تُمرّر ماء الصرف الصحي في أحواض ترسيب رملية، ويتمّ التحكّم في المواد المُترسّبة عن طريق التحكّم في سرعة الترسيب، ليتمّ تخزينها في أحواضٍ محدّدة وإرسالها إلى مكبّ النفايات لاحقاً، وتتميّز هذه الأحواض بصغر حجمها.

مرحلة الترسيب الابتدائي:

(بالإنجليزية: Primary Sedimentation)، في هذه المرحلة تُزال المواد ذات الكثافة العالية التي قد تكون مواد عضويّة أو غير عضويّة، وتؤدّي هذه المرحلة إلى انخفاض تركيز المواد العالقة بنسبة تصلُ إلى 55 %.

مرحلة المعالجة الحيوية:

(بالإنجليزية: Biological Treatment) هي المرحلة التي تؤكسد فيها المواد العضويّة الموجودة في ماء الصرف الصحي بواسطة البكتيريا الهوائية، ويتمّ استخدام وسيلة المُعالجة حسب نظام النموّ البيولوجي المُستخدم للكائنات الحيّة الدقيقة، كالآتي:

النمو البيولوجي الهوائي المعلق:

تكون البكتيريا مُعلّقةً في الماء العادمة أثناء عمليّة الخلط، وتُستخدم الطرق الآتية للمُعالجة البيولوجيّة:

- الحمأة المنشطة (بالإنجليزية: Activated Sludge)، فيها تُنشط الكائنات الحيّةُ الدقيقة عن طريق إضافة كميّةٍ قليلةٍ من حمأة نشطت سابقاً، ثم تُخلط الماء العادمة وتُقلب لتهويتها، لتقوم البكتيريا بأكسدة المواد العضوية، وتؤدّي عمليّة التقليب المستمرّة إلى تخثّر المواد المُعلّقة وزيادة تركيزها ليُتخلّص منها لاحقاً في عمليّة الترسيب الثانوية.
- برك الأكسدة (بالإنجليزية: Stabilization ponds)، هي عِبارة عن أحواضٍ بسيطة الصنع، تتمّ معالجة الماء فيها بطريقةٍ طبيعيّةٍ بالاعتماد على الطحالب، وأشعة الشمس، والعناصر الموجودة في ماء الصرف.

النمو البيولوجي الهوائي المتلاحق:

تكون البكتيريا مُتّصلةً بدعامات، وتُستخدم الطرق الآتية للمُعالجة البيولوجيّة:

- المرشحات البيولوجية (بالإنجليزية: Trickling filters)، تتكوّن المرشّحات البيولوجية من أحواض مبنيّة من الطوب أو الخرسانة المسلحة، وتكون مملوءةً بالحَصى أو البلاستيك،

وعند خروج الماء العادِمة من حوض الترسيب الابتدائي تُوزّع على سطح المرشّحات بواسطة أنابيب مثقبة، لتتخلّل الماء الفجوات بين الحصى، وبالتالي تتشكّل طبقةٌ هُلاميّةٌ على السطح تحتوي على البكتيريا والكائنات الحيّة الدقيقة لتقوم بعمليّة الأكسدة.

- الأقراص البيولوجيّة الدوارة (بالإنجليزية: Rotating Biological Contactors)، وهي عِبارةٌ عن أقراص دائريّة مَصنوعة من البلاستيك تدور بشكل بطيء، وتكون مغمورةً إلى مُنتصفها بالمياه العادمة، ونتيجةً للدوران تتكوّن طبقة بيولوجيّة تبدأ بعمليّة المُعالجة عند غمر هذه الأقراص في الماء العادمة، ثمّ تعريضها للجو.

مرحلة الترسيب النهائية:

(بالإنجليزية: Final Sedimentation)، يحتوي الماء عند وصوله إلى هذه المرحلة على العديد من المواد العالقة مثل البكتيريا، وتُعدّ هذه المرحلة جزء لا يتجزأ من عملية المعالجة؛ إذ يُجرى فيها التخلص من العكورة والملوثات التي في الماء، [4] وتُعالج ماء الصرف الصحي في هذه الخطوة بناءً على نظام حديث خاص بإمدادات المياه، إذ يُساعد هذا النظام على إبطاء تدفق الماء ممّا يؤدي إلى تنقية الماء وترسُّب الجسيمات خارج الماء. تستقر الترسبات في القاع لتكون مادة تُسمّى الحمأة بسبب تراكم المواد الصلبة المُستخرجة من ماء الصرف الصحي، وعادةً ما تُزال هذه المادة بشكل دوري، وممّا يجدر ذِكره بأنّه في حال معالجة الماء الخاصة بالشرب يجب إضافة المواد المُخثرة للماء قبل البدء بعملية الترسيب من أجل تسهيل العملية.[

أنواع ماء الصرف الصحي:

يصنّف ماء الصرف الصحي حسب مَصدره إلى:

- ماء الصرف الصحي المنزلي: (بالإنجليزية: Domestic Wastewater)، هي عبارة عن الماء العادمة القادِمة من المَنازل، والأماكن التجاريّة كالأسواق، والمطاعم، والبنوك، والأماكن المؤسّسية كالمدارس، والمُستشفيات.
- ماء الصرف الصحي الصناعية: (بالإنجليزية: Industrial Wastewater)، هي الماء العادمة القادمة من المصانع المختلفة.
- المياه المتسللة والمتدفقة: (بالإنجليزية: Infiltration and Inflow Water)، هي الماء المُتسلّلة إلى شبكات الصرف الصحي من آبار الماء الجوفيّة عن طريق الارتشاح والتسرّب من خلال الأنابيب التالفة أو عن طريق وصلات الأنابيب، بالإضافة إلى ماء الأمطار التي تدخل عن طريق المَناهل والمصارف.
- ماء المطر: (بالإنجليزية: Storm Water)، هِي عبارة عن ماء المطر أو الماء الناتج عن ذَوبان الثلوج التي تدخل شبكات ماء الصّرف الصحي.

مكونات ماء الصرف الصحي:

تتكوّن ماء الصرف الصحيّ بشكلٍ تقريبي من 99 % من المياه، و1% من المواد العضوية وغير العضوية على شكل مواد ذائبة وعالقة؛ حيث يتواجد كلٌّ من البروتين، والسليليلوز، والدهون، والمواد غير

العضوية على شكل مواد عالقة، بينما تَكون المواد الكحولية، والدهون الحمضية، والأحماض الأمينية على شكل مواد ذائبة. تتراوح قيمة الرقم الهيدروجيني في ماء الصرف الصحي المنزلية ما بين 6.7-8، أمّا الرقم الهيدروجيني لماء الصرف الصحي الصناعيّة فيختلف حسب المكوّنات الكيميائيّة لها،[٦] ويُشار إلى تنوّع الكائنات الحيّة الدقيقة الموجودة في ماء الصرف الصحي ما بين الفطريات، والبكتيريا، والأوليات، والفيروسات، والطحالب الدقيقة.[7]

أثر ماء الصرف الصحي على البيئة:

تؤثّر ماء الصرف الصحي بشكلٍ سلبيّ في الإنسان والبيئة المحيطة كالآتي:

- تساعد ماء الصرف الصحي على انتشار المَيكروبات ومُسبّبات الأمراض، ما يُؤثّر سلباً على صحّة الإنسان وزيادة احتماليّة إصابته بالأمراض المُستعصية؛ حيث تُسبّب البكتيريا الموجودة في ماء الصرف الصحي العديد من الأمراض أهمها: التهاب الأمعاء، وتقرّحات الأمعاء الدقيقة، والكوليرا، والتيفوئيد، وأمراض الجهاز التنفسي، والحمى، واليرقان.[8]
- تُسبّب الفيروسات الموجودة في ماء الصرف الصحي التهابات الأمعاء، والتهاب السحايا، والشلل، واليرقان، وأمراض الجهاز التنفسي، وأمراض القلب غير المألوفة، كما تُسبّب الأحياء الأوليّة إصابة الإنسان بالإسهال، والأميبا، وأوبئة الكبد، وغيرها من الأمراض.
- استهلاك الأكسجين المُذاب في الماء بواسطة الميكروبات ممّا يؤدّي إلى موت الكائنات الحية المائية، وحدوث عفن في المياه، وانتشار الروائح الكريهة.
- حدوث اختلالٍ في التنوّع الحيوي.
- التسبّب في تلوّث التربة عند تسرّب الماء العادمة، ووُصولها إلى الأراضي الزراعيّة.

بات من الضروري الاستفادة من ماء الصرف الصحي في الاستعمالات اليومية، حيث ابتُكر نظام خاص بمعالجة ماء الصرف الصحي لِيُصبح بالإمكان إعادة استخدامها في المصانع، أو في المنشآت الزراعية، أوغيرها، ويمرّ نظام المعالجة للماء بمجموعة من المراحل لِضمان الحصول على ماء نقية خالية من كافة الشوائب، بدءًا من المعالجة الأولية ووصولاً إلى مرحلة الترسيب النهائية.

المراجع و المصادر باللغة العربية:

(1) أبو خضرة، أحمد مختار (1981): التتابع الطباقي و التاريخ الترسبي للجمهورية العربية اليمنية، الجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت.

(2) إسلام، أحمد مدحت و عمارة، مصطفى محمود (2016): كيمياء البيئة: تطبيقات أسس فروع الكيمياء على ملوثات الهواء و الماء و الترب، دار الفكر العربي، القاهرة.

(3) الانبعاوي، محمد و الخرباش، صلاح (1996): جيولوجية اليمن، مركز عبادي للدراسات و البحوث، صنعاء.

(4) الحفيان, عوض إبراهيم, (1995): الأسس البيئية للتنمية الريفية و الزراعة في السودان، دار جامعة الخرطوم للنشر، الخرطوم.

(5) الحفيان, عوض إبراهيم, (2001): الإنسان و بيئته: تأثير الإنسان على أغلفة البيئة الأربع، دار جامعة الخرطوم للنشر، الخرطوم.

(6) الحفيان, عوض إبراهيم, (2004): الجغرافيا العامة للجمهورية اليمنية, عوامل التباين والتآلف في البيئة اليمنية, سلسلة إصدارات جامعة صنعاء, صنعاء.

(7) الحفيان, عوض إبراهيم, (2010): بيئات الأقاليم الجافة، دار جامعة صنعاء للطباعة و النشر، صنعاء.

(8) الحفيان, عوض إبراهيم, (2005): أسس علم البيد وجغرافيا (جغرافية التربة)، دار المتفوق للنشر, صنعاء.

(9) حيدر، عبد الرحمن (2015): الأثر البيئي لاستخدام ماء الصرف الصحي في الري الزراعي: إب، ذمار، صنعاء، وزارة التخطيط و التعاون الدولي، الوحدة الرئيسية لمراقبة الفقر، صنعاء.

(10) عواد، كاظم مشحوت (1987): التسميد و خصوبة التربة، جامعة البصرة، البصرة.

(11) الغليبي و آخرون , (2005) : بحث تقييم الأثر البيئي لاستخدام الماء العادمة المعالجة في القطاع الزراعي منطقة المواهب ـ ذمار, مركز بحوث الموارد الطبيعية المتجددة , ذمار

(12) الغليبي وآخرون,(2005): ,بحث تقييم الأثر البيئي لاستخدام الماء العادمة في منطقة الحزام الأخضر بمحافظة الحديدة, مركز بحوث الموارد الطبيعية المتجددة, ذمار .

(13) فؤاد القدسي، (2010): أثر ماء الصرف الصحي على الموارد الطبيعية في السهل الفيضي لوادي المواهب-قاع السواد (محافظة ذمار)، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة صنعاء، صنعاء.

(14) مجلس حماية البيئة، رئاسة مجلس الوزراء، الجمهورية اليمنية (2016): الوضع البيئي في اليمن، صنعاء.

(15) مركز بحوث الموارد الطبيعية المتجددة (2018): خرائط الموارد البيئية و الزراعية، وزارة الزراعة و الري، ذمار.

(16) منظمة الصحة العالمية ،المكتب الإقليمي لشرق الأوسط ،المركز الإقليمي لأنشطة الصحة والبيئة (2017): تقرير الماء والإصحاح رقم 6،إعادة استعمال ماء الفضلات في الزراعة (دليل إرشادي للمخططين رقم13315، عمان.

(17) المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2018): بحث استخدام ماء الصرف الصحي في الإنتاج الزراعي في الدول العربية, نوفمبر، الخرطوم.

(18) اليعري, حافظ علي محمد (2015): التربة في منخفض صنعاء: بحث جيومورفولوجية, رسالة ماجستير, غير منشورة, جامعة صنعاء, صنعاء.

المصادر و المراجع باللغتين الانجليزية و الألمانية:

(19) Acres, B.D. (2012): Soil and Land Suitability of the Montana Plains and Wadi Rima', Land Resources Development Centre, Surry).

(20) Birkeland, Peter W. (1999): Soils and Geomorphology, 3rd Edition. Oxford University Press, Oxford.

(21) Diplock, E.E; Mardlin DP, Killham KS, Paton GI (2009), "Predicting bioremediation of hydrocarbons: laboratory to field scale",

(22) Edwards, R. J. (2008). "Typical Soil Characteristics of Various Terrains". http://www.smeter.net/grounds/earthres-2.php.

(23) Fuller, et. al. (1950): Essentials of Soil Study, Heinemann, London.

(24) Google Site, Worldwide Web (www).

(25) Laidmair, A (2012): Hadhramaut Bevolkerung und Wirt haft in Handle der gegewant" in Bonn Geographer, Abh. H. 30, ss. 11041

(26) Marbet, (1885): On the Classification of Soil on Clour and Effect of Climate, Washington DC.

(27) Nierop, Klaas G. J.; Verstraten Jacobus M. (2003), "Organic Matter Formation In Sandy Subsurface Horizons Of Dutch Coastal Dunes In Relation To Soil Acidification", in: Organic Geochemistry 34: 499–513,

(28) Robertson Group. ple, (2013): Geological Map of Yemen, The Natural Resources, Republic of Yemen, AFESD and UNDP, Sana'a.

(29) Shende, G.B. (2015): Status of Waste Water Treatment and Agricultural Reuse With Special Reference to Indian Experience and Development Need, FAO Regional Seminar on The Treatment and Use of Sewage Effluent For Irrigation, Rome.

(30) Soil Survey Division Staff (1993). "Soil Structure". Handbook 18. Soil survey manual. Washington D.C.

(31) Soil Survey Staff. (1994) Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA-SCS Agric. Handb. 436. United States Government Printing Office, Washington, DC.

(32) Thompson, J. (1957): Phosphorus Content in Arid Lands Soils, Cambridge University Press, Cambridge.

(33) Troll, A.M. (1971): Soil and Vegetation Systems, Caldron Press, Oxford.

(34) Trudgill, S.T. (1977): Soil and Vegetation Systems, Caldron Press, Oxford

(35) United States Department of Agriculture (2008): "The Color of Soil". - Natural Resources Conservation Service. Washington D.C

(36) Natural Resources Conservation Service. Washington D.C.