مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

المعالجة الثالثية لمياه الصرف الصحي
باستخدام نبات عدس الماء في محطة الجنديرية نموذجا

الدكتور حسين جنيدي*
الدكتور جورج ديب**
ديما عقدة***

(تاريخ الإيداع 22 / 3 / 2016. قبل للنشر في 31 / 5 / 2016)

□ ملخّص □

يهدف هذا البحث إلى إمكانية استخدام نبات عدس الماء *Lemna sp.* في إزالة المغذيات من ميا هالصرف الصحي بعد المعالجة الثانوية لها. تم استزراع نبات عدس الماء في حوض إطفاء الحريق والري في محطة الجنديرية التابعة لمحافظة اللاذقية، العاملة بنظام الحمأة المنشطة والتهوية المديدة. استمرت الدراسة الحقلية مدة شهر، تم اختبار فعالية إزالة المغذيات ضمن ظروف التشغيل الحالية ومقارنتها بفعالية الإزالة ضمن ظروف التشغيل الموصى بها في الدراسات المرجعية. أخذت القياسات بشكل أسبوعي للشوارد التالية (NH_4^+, NO_3^-,PO_4^{3-}) بالإضافة إلى الأس الهيدروجيني pH ودرجة الحرارة قبل وبعد حوض النبات . أظهرت النتائج كفاءة ذات دلالة معنوية في تخفيض تركيز الفوسفات والأمونيوم والنترات . بناءً على النموذج المبدئي المقدم في هذه الدراسة، نجد أن منظومة المعالجة الثالثية باستخدام نبات عدس الماء هي منظومة اقتصادية واعدة نوصي بها في محطات المعالجة الثانوية.

الكلمات المفتاحية :معالجة مياه الصرف الصحي ، عدس الماء ، الأمونيوم ، النترات ، الفوسفات.

***مدرس – قسم هندسة النظم البيئية – المعهد العالي لبحوث البيئة–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية**
****أستاذ – قسم علم الحياة النباتية –كلية العلوم– جامعة تشرين–اللاذقية–سورية**
*****طالبة ماجستير – قسم الكيمياء البيئية–المعهد العالي لبحوث البيئة–جامعة تشرين– اللاذقية–سورية**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

Tertiary Treatment for Domestic Wastewater Using Plant Duckweed in Al-Jenderia Station Model

Dr. Hussien Juniedi*
Dr. George Deeb**
Deema Okdeh***

(Received 22 / 3 / 2016. Accepted 31 / 5 /2016)

□ ABSTRACT □

This paper aims to examine the possibility of using the duckweed *Lemnassp* plant to remove nutrients from secondary-treated wastewater. The farming of the duckweed plant took place in the tank of irrigation and fire-fighting in the Al-Jenderia wastewater treatment plant (WWTP) in Latakia Governorate. Field studies has been conducted for one months. The nutrients removal efficiency within the current operating conditions applicable at the station were compared with its values within the recommended operating conditions stated in the literature. Measurements were taken on a weekly basis for the following ions (PO_4^{-3},NO_3^-,NH_4^+) in addition to the *pH* and temperature before and after the duckweed tank. The results showed significant efficiency in removing phosphate, ammonium and nitrate. Based on the pilot model presented in this study, we conclude that the tertiary treatment system using duckweed plant is a promising economic system recommend for upgrading secondary treatment plants.

Keywords: Wastewater treatment, Duckweed, ammonium، nitrate، phosphate.

***Assistant Professor, Department of Environmental Systems Engineering , Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University –Lattakia-Syria**
****Professor , Department of Botany, Faculty of Science, Tishreen University –Lattakia-Syria**
*****Postgraduate Student , Department of Environmental Chemistry, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University – Lattakia-Syria**

مقدمة

بالرغم من انتشار محطات معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية وكفاءتها في إزالة الملوثات العضوية، إلا أن مياه الصرف الخارجة منها إلى المسطحات المائية بقيت تحتوي على مستويات عالية من المغذيات (النتروجين والفوسفور)، حيث أن دخول هذه المواد إلى المجاري المائية الطبيعية يمكن أن يؤدي إلى إفراط في نمو العوالق النباتية، ويكون التحلل اللاحق لهذه النباتات يكون سببا في تخفيض مستوى الأكسجين المنحل في الماء، بالتالي موت الكائنات الحية مما يؤدي إلى إحداث تغيير في النظام البيولوجي بأكمله أو تدميره وهو ما يسمى بظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication، لذلك كان لابد من معالجة مياه الصرف الصحي معالجة ثالثية لتخليصها من المغذيات [1،2]. أجريت العديد من الدراسات على أنواع مختلفة من نظم معالجة مياه الصرف الصحي لإزالة المغذيات، غير أن هذه النظم تحتاج إلى أجهزة ميكانيكية وطاقة كهربائية، الأمر الذي يستدعي تقنيات كبيرة، ومع الأخذ بعين الاعتبار الشروط الاجتماعية والاقتصادية للدول النامية يجب اختيار تقنية ملائمة تكون سهلة الاستعمال، تتميز بسهولة التركيب وكلف صيانة و طاقة منخفضة [3].

تعد أنظمة العلاج الطبيعي واحدة من أفضل خيارات المعالجة، وإن استخدام النباتات هو أحد النظم الطبيعية لإزالة المغذيات من مياه الصرف الصحي، وقد استخدمت على نحو فعال لمعالجة مختلف أنواع مياه الصرف الصحي [4]، ويعود ذلك أساسا إلى أن النباتات لديها العديد من الخصائص فيما يتعلق بعمليات المعالجة، فهي تتميز بخاصة الترشيح وتوفير مساحة سطحية للكائنات الحية المرافقة، كما تساعد على امتصاص المغذيات وتحرير الأكسجين، إضافة إلى الفوائد المرجوة من النبات المحصود، مع انخفاض تكاليف البناء والطاقة المستخدمة وسهولة التشغيل والصيانة [5،6]. لذلك اقترحت النباتات المائية العائمة المختلفة كأداة للمعالجة الحيوية لمياه الصرف الصحي، حيث أثار اهتمام العلماء والباحثين حول العالم معالجة مياه الصرف الصحي عن طريق البرك المغطاة بنبات عدس الماء وذلك بالاعتماد على النمو والخصائص المورفولوجية للنبات، كما توفر مياه الصرف الصحي كافة العناصر الغذائية اللازمة لإنتاج كميات ضخمة من الكتلة الحيوية لعدس الماء [7].

يُعد نبات عدس الماء الأكثر استخداما منذ 30 عاماً لاستعادة المغذيات من مياه الصرف الصحي، حيث تمتاز أنظمة نبات عدس الماء عن أنظمة البحيرات التقليدية بأنها تعمل على منع نمو الطحالب من خلال البساط الذي يشكله نبات عدس الماء وبالتالي يمنع تبخر الماء، كما يخفض من انتشار يرقات البعوض والروائح الكريهة المنبعثة من مياه الصرف الصحي، وهو أيضا مصدر جيد للبروتين والنشاء الضروريين لإنتاج قيمة إضافية مثل العلف الحيواني وإنتاج الإيتانول الحيوي [8].

يتمتع نبات عدس الماء بفاعلية وقدرة هائلة على امتصاص المغذيات من مياه الصرف الصحي المعالجة أوليا، وبكفاءة عالية لإزالة الأمونيوم والفوسفات 48% ,80% على التوالي، هذا ما أكدته مجموعة من الباحثين [9].

قامت دراسة تقييم كفاءة إزالة المغذيات باستخدام عدس الماء *Lemna gibba* ووجد أن 76–82% من إزالة النتروجين الكلي و 63–83% من إزالة الفوسفات الكلية يعزى إلى*Lemna gibba* [10].

أجريت دراسة أخرى في البرازيل لتقييم كفاءة عدس الماء في معالجة مياه الصرف الصحي، وذلك باستخدام أربعة أحواض لاستزراع النبات، عمق كل حوض (0.90)m ومساحته ($2.57)m^2$ وحجمه ($2.3)m^3$ مع تدفق (2)L\min، كان وقت الاحتفاظ الهيدروليكي يوم لكل حوض والإجمالي أربعة أيام، أظهر عدس الماء كفاءة في إزالة الأمونيا والفوسفات و COD 47% ,51.8% ,52.3% على التوالي [11].

أهمية البحث وأهدافه

الهدف من هذه الدراسة اختبار قدرة نبات عدس الماء على التخلص من المغذيات وهي الأمونيوم والنترات والفوسفات (NH_4^+ NO_3^-,PO_4^{3-}) ضمن المياه المصروفة إلى الوسط المحيط من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وبالتالي تهدف إلى إمكانية إعادة تأهيل محطات المعالجة في محافظة اللاذقية التي تعتمد على المعالجة الثانوية لمياه الصرف الصحي، حيث يكون استخدام عدس الماء بمثابة المعالجة الثالثية للمياه، وذلك بدلاً من استخدام التكنولوجيات المتعارف عليها، كما يشكل إنتاج العلف الحيواني لهذا النبات الغني بالبروتينات بعد معالجته لمياه الصرف الصحي قيمة مضافة للبحث، ذات أهمية تطبيقية وذات مردود اقتصادي.

طرائق البحث و موادها

1-الوصف النباتي لعدس الماء

ينتمي نبات عدس الما ء *Lemna sp.* إلى: صف أحاديات الفلقة *Li Liopsida* تحت صف الأريكيات *Arecidae*، *رتبة* الأريكيات *Arecales* والفصيلة اللمنية *Lemnaceae* [12].

هو من النباتات المائية الطافية التي تعيش حياة حرة لا تثبت نفسها بالتربة، ليس لها جذور أو أوراق حقيقية، يتألف جسمها من وريقات صفيحية خضراء لا تتجاوز أبعادها عدة مليمترات، ويختلف سطحها العلوي عن سطحها السفلي الذي ينطلق منه شبه جذر أشبه ما يكون على شكل شعيرات وهي غير متفرعة، طولها يتراوح بين 1-2 سم أزهار وثمار هذا النبات بالغة الصغر إلى درجة يصعب معها رؤيتها بالعين المجردة، ولا يزيد طول النبات على 4.8 مم، وهي من أصغر النباتات المزهرة المعروفة [12].

الشكل 1: نبات عدس الماء

من الناحية التصنيفية، تضم فصيلة عدس الماء *Lemnaceae* 6 أجناس موزعة على 30 نوع، وهي نباتات صغيرة سابحة عائمة تعرف عادة باسم أبرز أجناسها عدس الماء، ينتشر في كل أنحاء العالم و تتمثل في الوطن العربي بجنسين وخمسة أنواع، تنتشر أنواع هذا النبات على سطح المياه الراكدة، تزهر في حزيران وآب من كل عام وأحيانا في شهر أيلول [12].

يتكيف هذا النبات في بيئات مختلفة حيث يغوص إلى الأسفل في الأتربة سيئة التهوية وخصوصا في فصل الشتاء للحماية من انخفاض درجة الحرارة، ولكن عندما تتحسن الظروف البيئية المناسبة للنمو من حرارة وضوء وبالتحديد في فصل الربيع والصيف، تصعد إلى سطح الماء من جديد بوساطة الفقاعات الغازية CO_2 الموجودة ضمن النسيج الفراغي (الهوائي) الذي يعد من الصفات التكيفية لهذه النباتات مع البيئة المائية [12].

2-عدس الماء في سورية

ينتشر نبات عدس الماء في بيئتنا المحلية وخصوصا ضمن قنوات الري في سهل الغاب (محافظة حماة) وفي ساقية على طريق حلب القديم ضمن محافظة اللاذقية، وفي المناطق التي تتوفر فيها الظروف المناسبة، تمتد على مساحات واسعة من سطوح هذه القنوات، ويساعد ضعف حركة الماء على استقرار نباتات هذا النوع في موقعها لأنها صغيرة الحجم وتتجمع متماسكة مع بعضها البعض لتواجه حركة التيارات المائية، يعد وجود هذا النبات بكميات كبيرة جدا كمؤشر حيوي لمياه الصرف الصحي و الزراعي [13]. تم في بحثنا أخذ العينات عن طريق جمعها من ساقية على طريق حلب القديم كما يظهر الشكل (2).

2-موقع الدراسة

تمت الدراسة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة الجنديرية التابعة لمحافظة اللاذقية، وهي محاولة للاستفادة قدر الإمكان من الأحواض الموجودة في المحطة، وبالتالي تم استزراع نبات عدس الماء في حوض إطفاء الحريق والري، أي أنه لم تكن لدينا إمكانية للتحكم في عمق الحوض، ستكون بذلك كفاءة المعالجة ضمن الحوض مبنية على الظروف المكانية للمحطة بشكل كامل، يظهر الشكل (3) مخطط المحطة، استمرت الدراسة خلال شهري تشرين الأول وتشرين الثاني عام 2015 ، قمنا باستزراع النبات بوزن جاف $kg\backslash m^2$ (2) في حوض إطفاء الحريق والري، أبعاده m(D)2.25×(W)5.5×6.5(L) علما أن عمق المياه في حوض النبات m(1.75) مع زمن احتفاظ هيدروليكي سبعة أيام كما في الشكل (4).

تعاني محطة الجنديرية في الوضع الراهن من مشاكل تشغيلية كثيرة من أبرزها انقطاع التيار الكهربائي، حيث تخرج المحطة عن العمل يومياً لمدة لا تقل عن تسع ساعات بسبب أزمة الكهرباء الحالية، والذي يؤثر سلبا في عمل المحطة حيث أن محطات المعالجة تعتمد بشكل رئيسي على الأكسجين الذي توفره المهويات التي تعمل بالتيار الكهربائي، الأمر الذي يؤدي إلى تدني كفاءة المعالجة.

وصف محطة الجنديرية:

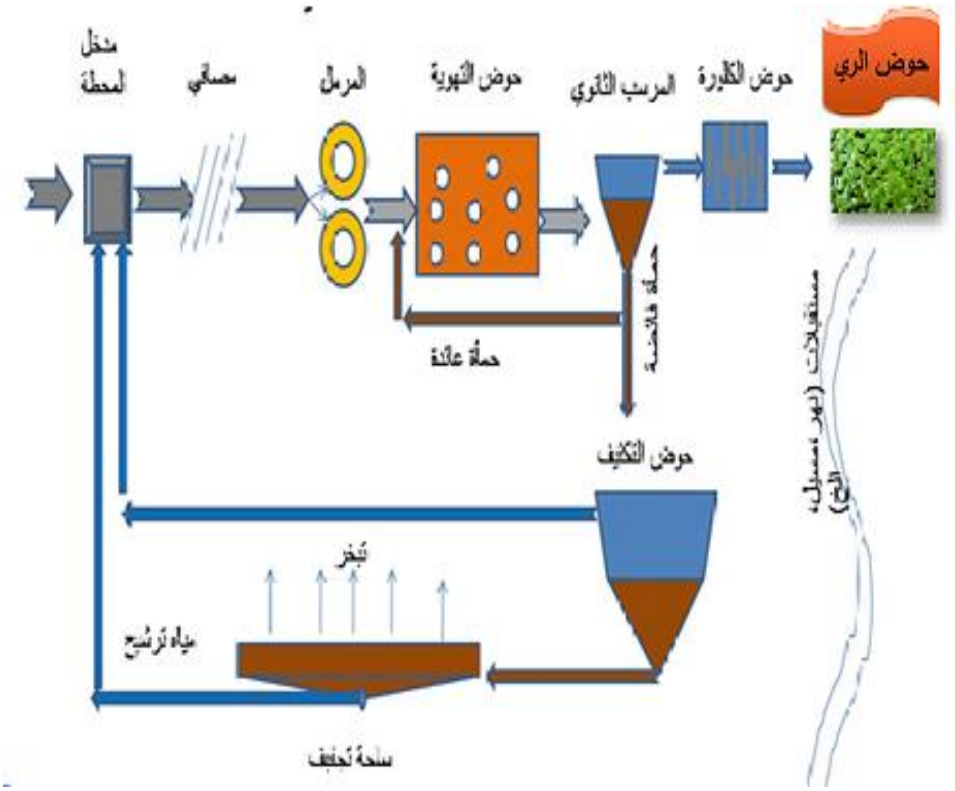
تم إنشاء محطة المعالجة لمحور عين اللبن الجنديرية بطريقة الحمأة المنشطة والتهوية المديدة لمياه المجاري المنزلية إضافة إلى الصرف الناتج عن الأعمال الصناعية الخفيفة ، محطة المعالجة المذكورة توافق عدد سكان قدره /9892/ نسمة حتى نهاية الفترة التصميمية الأولى المقدرة بعام /2020/ والتدفق الوسطي الناتج هو l\s (13.7).

آلية عمل المحطة:

- تدخل مياه الصرف الصحي إلى محطة المعالجة حيث تخضع المياه للتصفية بداية عبر المناخل القضبانية، ومن ثم تتابع إلى أحواض إزالة الرمال مرورا بمقياس التدفق.
- تخرج مياه الصرف المعالجة من منظومة إزالة الرمال لتدخل إلى حوض التهوية، وهنا تخضع إلى المعالجة البيولوجية.
- ومن ثم تتابع إلى أحواض الترسيب الثانوي، ومنها إلى وحدة المعالجة بالكلور (التعقيم) للتخلص من العوامل الممرضة.
- يعتمد المخطط التصميمي على وجود خزان تصرف إليه المياه المعالجة بعد مرحلة التعقيم، ليتم استخدامها هذه المياه لأعمال المحطة المختلفة (تنظيف الساحات-الري-إطفاء الحريق).

نظرا للظروف الحالية التي يمر بها الوطن، فإن عمليات التعقيم متوقفة بالوقت الراهن لعدم توفر مواد التعقيم اللازمة، وبالتالي سمح ذلك باستخدام حوض الري وإطفاء الحريق لزراعة نبات عدس الماء فيه.

الشكل 2: جمع النبات من ساقية على طريق حلب القديم



الشكل 3: مخطط محطة معالجة مياه الصرف الصحي في محطة الجنديرية

الشكل 4: الحوض الذي تم استزراع النبات فيه

تم أخذ عينات مياه الصرف الصحي قبل حوض استزراع النبات ومن ثم تم أخذ عينات من حوض النبات بعد سبعة أيام (وهو زمن الاحتفاظ الهيدروليكي)، ونقلت هذه العينات في عبوات بلاستيكية سعة L (0.5) إلى المختبر في المعهد العالي لبحوث البيئة في جامعة تشرين.

3-القياسات الحقلية

a. قياس درجة الحرارة Temperature :

قيست درجة الحرارة بوساطة ميزان حرارة زئبقي مدرج بدرجات الحرارة المئوية (0 -100°c) وبدقة 0.1 °c وذلك بعد قطف العينة مباشرة وذلك بغمر رأس الميزان بالعينة والانتظار حتى ثبات القيمة على الميزان ثم تؤخذ القراءة

قياس الأس الهيدروجيني pH :

قيست درجة ال pH باستخدام جهاز قياس حقلي، حيث تمت معايرة الجهاز في المخبر باستخدام محاليل عيارية، وتمت العملية مباشرة في الطبيعة بعد قطف العينات من الموقع وذلك بغمر المسبر بالعينة والانتظار حتى ثبات القيمة على الشاشة ثم تؤخذ القراءة .

4- التحاليل الكيميائية للمياه:

تم تقدير تركيز الأمونيوم والنترات والفوسفات ل مياه الصرف الصحي قبل الزراعة وبعدها باستخدام جهاز Spectrophotometric في مخابر المعهد العالي للبحوث البحرية في جامعة تشرين، حيث تم تقدير تركيز الأمونيوم والنترات والفوسفات عند طول موجة nm(640-220-690) على التوالي.

النتائج والمناقشة

يبين الجدول رقم 1 أن متوسط الأس الهيدروجيني للحوض الذي تم استزراع النبات فيه كان (pH=7.48)، وهذا يتوافق مع دراسة كانت قيم pH فيها بين (7.25-7.51) [9].

كما يظهر الجدول 1 أن الكفاءة المتوسطة لإزالة الأمونيوم والنترات والفوسفات كانت 18.90% ,19.91% ,34.73% على التوالي عند درجة حرارة تتراوح بين (17.0-21.8)°C.

نلاحظ أن الكفاءة الأعلى في الإزالة كانت بالنسبة للفوسفات، يمكن تفسير ذلك بأن إزالة الفوسفور تتم بآليات مختلفة منها امتصاص النبات، والترسيب الكيميائي مع Ca^{+2},Fe^{+3},Al^{+3} والامتصاص الميكروبي، وبالتالي هناك عوامل أخرى ساهمت مع النبات في إزالة الفوسفور [14،15].

تبين المخططات البيانية (5-6-7) كفاءة نبات عدس الماء في إزالة المغذيات المدروسة، ولكن نلاحظ انخفاض الكفاءة في العينة الأخيرة بتاريخ 11\16 وقد يعزى ذلك إلى انخفاض درجة حرارة المياه التي تؤثر في نمو النبات وبالتالي انخفاض كتلته الحيوية، حيث يرتبط معدل إزالة المغذيات بشكل طردي مع معدل نمو النبات [14]، فقد كان وزن النبات في العينة الأخيرة هو الأقل 2.4 $kg\backslash m^2$ كما يظهر الجدول 2، هذا يتوافق مع دراسة تم فيها استزراع عدس الماء ضمن حوض في الهواء الطلق تبين أن كفاءة الإزالة صيفا للأمونيوم و الفوسفور الكلي كانت 73% ,98% على التوالي، وانخفضت شتاء إلى44% 40% على التوالي [16].

يعود ارتفاع الأمونيوم في المياه الناتجة عن المعالجة الثانوية إلى انقطاع التيار الكهربائي في محطة الجنديرية لفترات زمنية طويلة الأمر الذي يؤدي إلى توقف عمل المهويات السطحية مسببا انخفاض الأكسجين المنحل مما يعيق عمليات النترجة [1،17].

يفسر زيادة النترات في حوض النبات في تاريخ 11\16 بأنه عند تراكيز عالية من الأمونيوم يكون امتصاص عدس الماء للنترات محدوداً ويساهم في تراكم النترات في الوسط، كما يفسر بسبب حدوث عمليات النترجة، وتشير الأبحاث إلى أن عدس الماء يفضل امتصاص الأمونيوم عن النترات[11،18].

يستطيع عدس الماء النمو إذا كان تركيز الأمونيوم الكلي أعلى من 50mg\l عند أس هيدروجيني أقل من 7.9، ومن أجل نمو جيد لنبات عدس الماء يجب أن يكون تركيز الأمونيوم أقل من50 mg\l [19].

إن انخفاض كفاءة إزالة المغذيات قد يعزى لعدة أسباب منها: العمق الكبير للحوض، ويعد العمق الأمثل لأنظمة نبات عدس الماء 0.4-0.9 م ولكحد أقصى 1م حيث تنخفض الكفاءة كلما زاد العمق [16،18]؛ انخفاض منسوب حوض النبات عن سطح الأرض بمقدار متر واحد كما يبين الشكل 4، وبالتالي عدم تعرض بساط النبات بشكل كلي للأشعة الشمسية حيث يبقى جزء من مساحة البساط في الظل وهذا يؤثر في نمو النبات وكفاءة امتصاصه، علما أن زيادة معدل النمو هو المسؤول عن زيادة كفاءة الإزالة [20،21]، كما أن انخفاض المنسوب عن سطح الأرض يحول دون تعرض الحوض للرياح التي تكون سببا في الخلط الضروري لمنع انخفاض pH الوسط، كما يحول دون اكتظاظ النبات وموته [22]؛ تدني كفاءة عمل المحطة بسبب الانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي الذي يؤثر سلبا في الكفاءة، حيث أن محطات المعالجة تعتمد بشكل رئيسي على الأكسجين الذي توفره المهويات التي تعمل بالتيار الكهربائي، مما يؤثر سلبا في كفاءة المحطة، كما يعود التباين في تراكيز المغذيات من عينة لأخرى إلى اختلاف مواصفات المياه الداخلة إلى المحطة [4].

لا يمكن تعميم تجارب النبات في مياه المجاري على أي مكان آخر، فهناك عوامل بيئية متعددة تختلف من منطقة إلى أخرى فضلا عن أن تركيز الفضلات في مياه المجاري يختلف من بلد إلى آخر تبعا لكميات المياه المستعملة يوميا والمطروحة في مياه الصرف الصحي [23].

ومع ذلك ورغم انخفاض الكفاءة في الشروط الحالية فقد أثبتت هذه الدراسة أن محطات الصرف الصحي التي تعتمد على النبات هي أكثر كفاءة في إزالة المواد المغذية من المعالجة الثانوية، وهذا الاستنتاج مطابق لنتائج البحوث الأخرى [24].

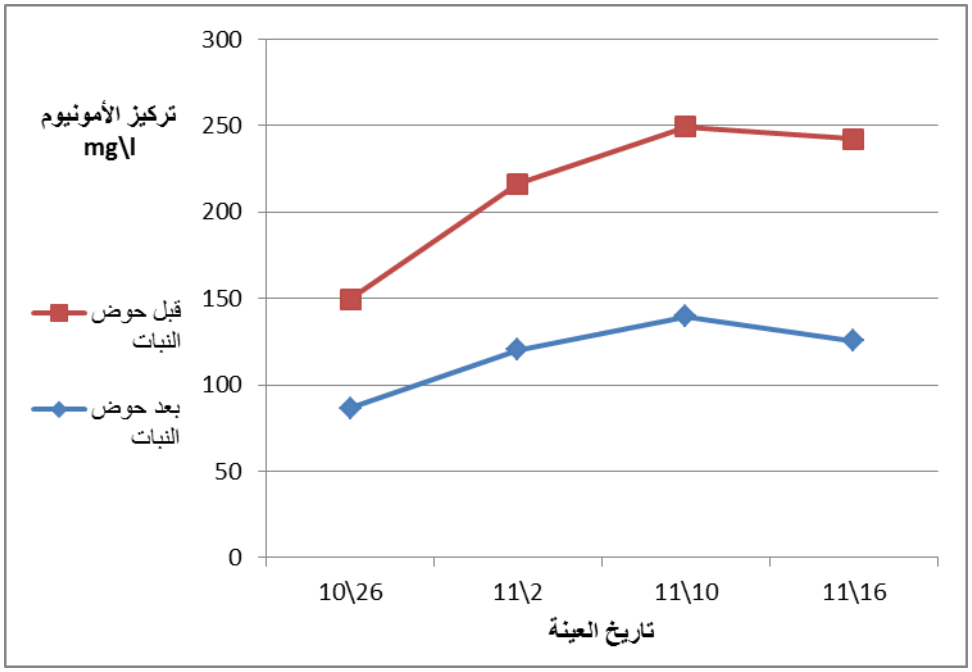
عند أجراء التحليل الاحصائي باستخدام برنامج الـ SPSS تبين أنه يوجد تأثير معنوي للزمن في المعاملات المدروسة (أمونيوم – نترات – فوسفات) عند درجة ثقة 99% حيث كانت قيمة $P-Value(sig)= 0 < 0.01$

الجدول 1: البارامترات المقاسة قبل وبعد حوض النبات

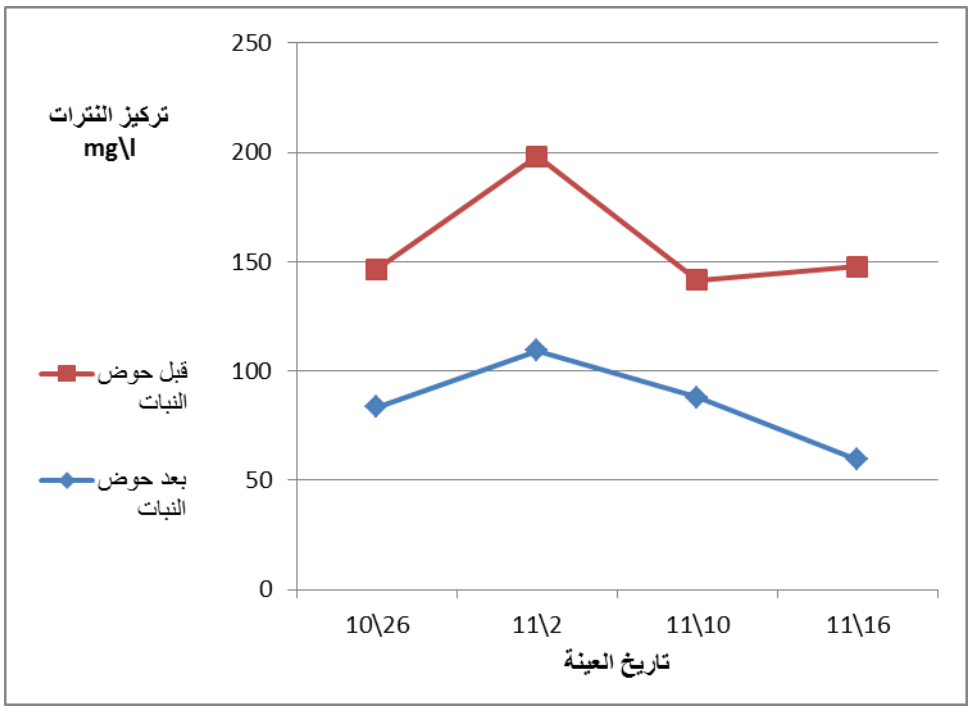
تاريخ العينة		درجة الحرارة C°	pH	NH_4^+ mg\l	NO_3^- mg\l	PO_4^{-3} mg\l
10\26	قبل		7.5	86.58	83.45	1.44
	بعد	20.9	7.5	63.11	65.37	1.35
	الكفاءة%			27.10	21.66	6.12
11\2	قبل		7.5	120.28	109.45	1.78
	بعد	19.3	7.7	96.14	88.74	0.62
	الكفاءة%			20.06	18.90	65.14
11\10	قبل		7.5	139.58	88.02	4.19
	بعد	17.8	7.4	109.81	53.64	1.40
	الكفاءة%			21.32	39.08	66.59
11\16	قبل		7.4	125.52	59.66	6.46
	بعد	17.2	7.3	116.60	88.14	6.39
	الكفاءة%			7.11	–	1.06
الكفاءة المتوسطة %				18.90	19.91	34.73

الجدول 2: وزن النبات بعد انتهاء المعالجة

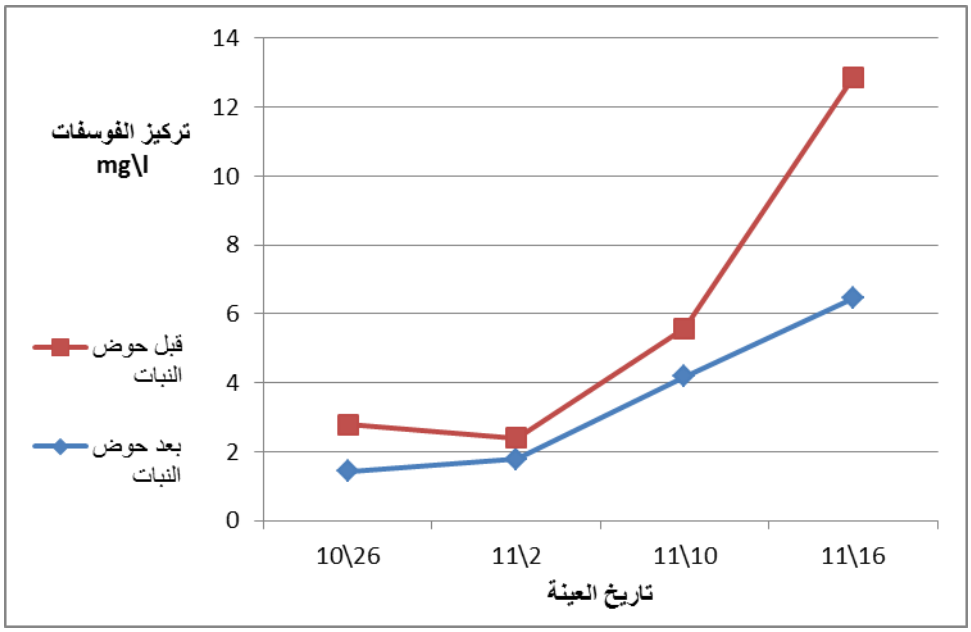
تاريخ العينة	متوسط درجة الحرارة خلال 7أيام	الوزن بعد حوض النبات $Kg\m^2$
10\26	21.8	2.8
11\2	20.2	2.7
11\10	18.5	2.6
11\16	17.0	2.4



الشكل5: مخطط تغيرات تركيز الأمونيوم قبل وبعد الزراعة بنبات عدس الماء



الشكل 6: مخطط تغيرات تركيز النترات قبل وبعد الزراعة بنبات عدس الماء



الشكل7: مخطط تغيرات تركيز الفوسفات قبل وبعد الزراعة بنبات عدس الماء

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

1. كفاءة نبات عدس الماء في إزالة الأمونيوم والنترات والفوسفات من مياه الصرف الصحي المعالجة ثانويا.
2. انخفاض نمو نبات عدس الماء مع انخفاض درجة الحرارة، وبالتالي انخفاض كتلته الحيوية الذي ينعكس سلبا على كفاءة الإزالة.

التوصيات :

1. بناءً على النموذج المبدئي المقدم في هذه الدراسة، نجد أن منظومة المعالجة الثالثية باستخدام نبات عدس الماء هي منظومة اقتصادية واعدة ذات كفاءة عالية ونوصي بها في محطات المعالجة الثانوية بشكل عام.
2. استخدام ساحات التجفيف الإضافية الموجودة في أغلب محطات معالجة مياه الصرف الصحي في اللاذقية ذات العمق المنخفض والمساحة الكبيرة كأحواض معالجة ثالثية لزراعة نبات عدس الماء مع إجراء تعديلات بسيطة.
3. إجراء دراسة لمعرفة مدى كفاءة استخدام عدس الماء كعلف للدواجن.

المراجع:

[1] *معالجة مياه الصرف الصحي بمحطة الصرف الصحي بالعكاشية–مكة المكرمة* . دراسة أعدت لأمانة المجلس البلدي, مركز فقيه للأبحاث والتطوير 2007.

[2] ديب,جورج. *دراسة توزع العوالق النباتية تحت تأثير بعض العوامل البيئية وظاهرة الإثراء الغذائي في مياه حوض سد الأبيش*، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية–سلسلة العلوم البيولوجية ،2014, (27) العدد(1).

[3] HARE, C. *Nitrate removal efficiency and net productivity of channelized wastewater-fed pleuston wetland*. A thesis submitted to Sonoma State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Biology, 2010.

[4] عبد الصبور ,ممدوح.*تقنيات مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها للأغراض الزراعية* ، مجلة أسيوط للدراسات البيئية – العدد التاسع عشر) يوليو (٢٠٠٠).

[5] SHAH, M. HASHMI, H. ALI, A and GHUMMAN, A. Performance assessment of aquatic macrophytes for treatment of municipal wastewater. Journal of Environmental Health Science & Engineering 2014, 12:106.

[6] BENJAWAN, L. LEE, S and KOOTTATEP, T. *Nitrogen Removal in Duckweed-Based Ponds with Effluent Recirculation*. Kasetsart J. Vol.4,2008,767-775.

[7] ORON, G. DE-VEGT, A and PORATH, D. *Nitrogen removal and conversion by duckweed grown on wastewater*. Water Res.Vol.22,1988,179–184.

[8] MURADOV, N. TAHA, M. BALL, A and MOURADOV, A. Dual application of duckweed and azolla plants for wastewater treatment and renewable fuels and petrochemicals production. Biotechnology for Biofuels 2014, 7:30

[9] ABO-ELKEIR, W. Ismail, G. Abo-Elnour, F and Hamad D. *Assessment of the Efficiency of Duckweed (Lemna gibba) in Wastewater Treatment.* International Journal of Agriculture and Biology.*Vol.9*,2007,681-687.

[10] KOÈRNER, S and VERMAAT, J. *The Relative Importance of Lemna gibba L. Bacteria And Algae for The Nitrogen And Phosphorus Removal in Duckweed-Covered Domestic Wastewater*. Elsevier Science Britain, Vol. 32, No. 12, pp, 1998, 3651-3661.

[11] TAVARES, F. LAPOLLI, F and FRACALOSSI, D. *Use of Domestic effluent through duckweeds and red tilapia farming in integrated system*.Pan-American Journal of Aquatic Sciences. 2010, 5(1):1-10.

[12] KESSANO, M. *Sustainable Management of Duckweed Biomass Grown for* Nutrient Control in Municipal Wastewaters. Utah State University, 2011,p,1-96.

[13] درويش ,أكرم يحيى. *التنوع الحيوي والمجمعات الطبيعية* في ج.ع.س، الإرشاد البيئي، مشروع حماية الحيوان والنبات جامعة البعث، حمص–سورية .1999,الصفحة 310.

[14] IQPAL, S. *Duckweed Aquaculture Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries.* Dept. of Water & Sanitation in Developing Countries, Sandec Swiss Federal Institute for Environmental Science & Technology, EAWAG Ueberlandstrasse 133, CH-8600 Duebendorf, Switzerland,1999,report no. 6/99.

[15] WENDEOU, S. AINA, M. CRAPPER, M and ADJOVI, E. *Influence of Salinity on Duckweed Growth and Duckweed Based Wastewater Treatment System*. Journal of Water Resource and Protection, 2013, 5, 993-999.

[16] ABDEL-AZIZ, S. *Nutrient recovery from domestic wastewater using a UASB-duckweed ponds system.* Submitted in fulfilment of the requirements of the Academie Board of Wageningen University and the Academie Board of the UNESCO-IHE Institute for Water Education for the Degree of Doctor to be defended in public on Wednesday, in Delft, The Netherlands, 2004.

[17] KORNER,S. K. DAS, S. VEENSTRA, S and VERMAAT, J. *The effect of pH variation at the ammonium/ammonia equilibrium in wastewater and its toxicity to Lemna gibba*. Aquatic Botany 71 (2001) 71–78.

[18] CAICEDO, R. VAN DER STEEN, P. ARCE, O and GIJZEN, J. *Effect of Total Ammonia Nitrogen Concentration and pH on Growth Rates of Duckweed {Spirodela polyrrhiza). Water Res.*, 34,2000, 3829-3835.

[19] HASAN, M and CHAKRABARTI, R. *Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture*. Food and agriculture organization of the united nations, Rome. FAO and fishers aquaculture technical paper 531, 2009, 2070-7010.

[20] FLÁVIA DE ALMEIDA TAVARES, FLÁVIO RUBENS LAPOLLI RODRIGO ROUBACH, MARIELE KATHERINE JUNGLES, DÉBORA MACHADO FRACALOSSI, AQUILES MOREIRA DE MORAES3 . *Use of Domestic effluent through duckweeds and red tilapia farming in integrated system*. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 2010, 5(1): 1-10.

[21] HAMMOUDA, O. GABER, A and ABDEL-HAMEED, M. *Assessment of the effectiveness of treatment of waste water-contaminated aquatic systems with Lemna gibba*. Enzyme Microbiol. Technol,1995, 17: 317–23

[22] AL-NOZAILY, F. *Pilot plant operation of a duckweed covered sewage lagoon (DSL) in Sana'a, Yemen-II. Growth, nutrients budget and FC removal*. Submitted in fulfillment of the requirements of the Board for Doctorates of Delft University of Technology and the Academic Board of the International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering for the Degree of doctor to be defended in public on Wednesday, in the Auditorium of TU Delft,2001.

[23] رستم، محمود. *الطحالب (الاشنيات) وأثرها في تنقية المياه الملوثة*. مجلة بحوث جامعة حلب–علوم أساسية–كيمياء،1983، العدد(5).

[24] HUNTER, R. COMBS, D and GEORGE, B. *Nitrogen, phosphorous, and organic carbon removal in simulated wetland treatment systems.* J. Environ. Contam. Toxicol. 41,2001, 274-281.