

تأثير تغيير وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة حرارة الماء في كفاءة إزالة الملوثات العضوية والمغذيات في برك الأكسدة المغطاة بنباتات عدس الماء

د. قصي كمال الدين الأحمدي* زينة عامر إدريس أحمد الشريفي**

*استاذ مساعد، جامعة الموصل/ كلية الهندسة، قسم هندسة البيئة

** طالبة ماجستير، جامعة الموصل / كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية

الخلاصة

يتناول البحث دراسة تأثير بعض العوامل التشغيلية على كفاءة إزالة الملوثات العضوية والمغذيات في برك الأكسدة المغطاة بنباتات عدس الماء. أثبتت نتائج البحث أن تغطية برك الأكسدة بعدس الماء تحسن من خصائص المعالجة البيولوجية من حيث إزالة المواد العضوية والمغذيات وثبات وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة الحرارة. كما أن هناك علاقة بين انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة البيولوجية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به مع كفاءة إزالة كل من المواد العضوية والنيتروجينية والفوسفات، إذ أظهرت النتائج انخفاض كفاءة إزالة كلاً من المركبات العضوية والنيتروجينية والفوسفات مع انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي. من جانب آخر، بينت نتائج البحث وجود اختلاف في كفاءة إزالة المواد العضوية والمغذيات مع اختلاف درجات الحرارة، إذ سُجِّلَت أعلى كفاءة إزالة للمواد العضوية عند درجة حرارة (26 درجة سيليزية) وتقل كفاءة الإزالة عند ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة. وسُجِّلَ أعلى تركيز أوكسجين مذاب عند درجة حرارة (26 درجة سيليزية) وانخفض التركيز تدريجياً عند درجات حرارة (32 و 18) درجة سيليزية وعلى التوالي.

Effect of Hydraulic Detention Time and Water Temperature on the Removal Efficiency of Organic and Nutrients Pollutants In Duckweed Based Wastewater Stabilization Ponds

Dr. Kossay K. Al-Ahmady* and Zena A. AL-Shrefy**

* Ass. Professor, University of Mosul, College of Engineering, Environmental Eng. Dept.

** M.Sc. Student, University of Mosul, College of Engineering, Civil Eng. Dept.

Abstract

This study deals with the effect of some operational parameters on the removal efficiency and behavior of duckweed based wastewater stabilization ponds. The results of the study showed that; covering the oxidation ponds with duckweed improve their ability to treat higher organic and nitrogenous loads. In addition, there is a relationship among the hydraulic detention time and each of the removal efficiency of organic and nutrients. Decreasing the hydraulic detention time decreases the removal efficiency of organic. On the other hand, the results of research also showed that; increasing nitrogen and phosphor load leads to decrease removal efficiency of nitrate, nitrite, and phosphate, and increases removal efficiency of ammonia. Temperatures have also impact on the organic and nutrients removal and the concentration of dissolved oxygen in effluent. Highest removal and dissolved oxygen concentrations were recorded at the temperature of (26°C), and these values decrease with increasing or decreasing the temperatures.

Keywords: Duckweed; Stabilization ponds; Nutrient removal; HDT; Temperature

المقدمة

تعد مركبات النتروجين والفسفور من بين المكونات الرئيسية المثيرة للقلق في مياه الفضلات لما لها من دور في ظاهرة الإثراء الغذائي. بشكل عام من الممكن أن تصل أي منظومة مائية إلى حالة توازن مع ظاهرة الإثراء الغذائي بشكل تلقائي إلا أن المشكلة تأتي من تدخل الإنسان، حيث يؤدي الطرح المفرط لمياه الفضلات المدنية والصناعية، غير المعالجة، في المجمعات المائية إلى زيادة كمية المغذيات بشكل كبير (Kadlec and Robert, 1996).

تعد أنظمة الحمأة المنشطة بتفرعاتها المتعددة من طرائق المعالجة البيولوجية الواسعة الانتشار والمستخدمة لإزالة المواد العضوية (Metcalf and eddy, 2003). ومع مرور الوقت تطورت أنظمة الحمأة المنشطة باتجاه إزالة مركبات النتروجين والفسفور ومنها نظام التهوية المطولة الذي أثبت فعالية معقولة في إزالة هذه المركبات إلا أن التشغيل الطويل والمستمر لأجهزة التهوية والمضخات الموجودة في هذه الوحدات غالباً ما يقود إلى التعطل مع ما يرافق ذلك من كلف صيانة وتشغيل مرتفعة (Alturkumany, 2008).

ومن أنظمة المعالجة الأخرى التي استخدمت بنجاح، خلال العقود الماضية، في معالجة مياه الفضلات ذات الأحجام القليلة نسبياً، برك الأكسدة وذلك بسبب انخفاض كلفة إنشائها وتشغيلها كونها لا تحتوي على معدات كهربائية أو ميكانيكية بالإضافة إلى عدم حاجتها لمهارات تشغيلية مرتفعة (Crites, et al., 2006)، إلا أن انتشار الروائح والبعضوكفانتها في إزالة المواد العضوية دون النتروجين والفسفور أدى إلى توقف استخدامها فيما بعد. وفي الوقت الحاضر ومع بروز تقنيات استخدام النباتات المائية الطافية (Mycrophyte) مع برك الأكسدة فقد عاد استخدام هذه الطريقة إلى الواجهة وذلك لقابلية هذه النباتات على إزالة مركبات النتروجين والفسفور بالإضافة إلى المواد العضوية (Rana, 2004). وعلى العموم يحقق استخدام نباتات عدس الماء في معالجة مياه الفضلات غرضين رئيسيين الأول تنقية الماء بطريقة بسيطة ورخيصة والثاني إمكانية استخدام الكتلة الحيوية التي تولدها هذه النباتات علماً للماشية (Fange, et al., 2007)، وبما أن مصدر الطاقة الرئيسي لأنظمة المعالجة بواسطة البرك المغطاة بنباتات عدس الماء هي الشمس (Kadlec, 1999) عليه فإنه بوجود الطاقة الشمسية وتوفر الأراضي المناسبة يمكن لنظام المعالجة هذا أن يكون بديلاً لأنظمة المعالجة الأكثر تعقيداً.

وعلى الرغم من الشعبية الكبيرة التي يلقاها استخدام نبات عدس الماء في الوقت الحاضر، فإن هذا النظام لا يزال غير معروف بشكل جيد كون أن الغالبية العظمى من الدراسات قد نفذت باستخدام نظام الجرعة، كذلك فإن معظم هذه الدراسات لم تأخذ بنظر الاعتبار تأثير وقت المكوث الهيدروليكي والأحمال المسلطة على النبات ودرجات الحرارة على كفاءة وأداء عمل هذه الوحدات. حيث درس الباحث (Caicedo, 2005) تأثير تغيير عمق برك الأكسدة على إزالة النتروجين عند استخدام نبات عدس الماء وبأعماق (0.4، 0.4، 0.7) متر وبأوقات مكوث (21، 12، 21) يوماً واستنتج الباحث بأن كفاءة إزالة النتروجين كانت بحدود (62%، 43%، 44%) على التوالي. كما أجرى الباحث (الطائي، 2010) دراسة حول تأثير نباتات عدس الماء في إزالة العناصر المغذية الذائبة (الأمونيا، والنترت، والنترات والفسفور) من مياه الفضلات المدنية باستخدام تراكيز مختلفة من المياه، حيث استنتج الباحث بأن تراكيز المغذيات انخفضت تدريجياً من اليوم الأول وحتى اليوم العاشر، كما وقام الباحث (Öbek and Hasar, 2002) بإجراء دراسة حول مقارنة كفاءة معالجة مياه الفضلات المدنية الخارجة من المعالجة الثانوية باستخدام نبات عدس الماء في حالة حصاه وعند عدم حصاه حيث أثبتت نتائج البحث ضرورة حصاد نبات عدس الماء لأجل تحقيق كفاءة إزالة أفضل. في حين قام الباحث (Kuraishi and Sharma, 2010) بتقييم كفاءة إزالة المغذيات والملوثات الموجودة في مياه الفضلات المنزلية باستخدام نبات عدس الماء بوقت مكوث هيدروليكي مقداره (28 يوماً)، استنتج الباحث بأن كفاءة إزالة كل من (TP, TN, COD, BOD, TSS) هي (86%، 87.3%، 63%، 67.5%، 78.4%) و(91.9%، 85.4%، 67.3%، 64%، 67.9%) في شهري تموز وأب على التوالي.

يهدف هذا البحث إلى إيجاد تأثير تغيير وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة حرارة الماء في البركة في كفاءة إزالة المواد العضوية والنتروجين والفسفور ومقارنة النتائج للبرك المغطاة بعدس الماء (Duckweed) مع تلك غير الحاوية عليه التي تعمل تحت الظروف التشغيلية نفسها.

المواد وطرائق العمل

1. إنشاء المحطة الاختبارية (برك الأكسدة):

لدراسة كفاءة النظام المقترح فقد أنشأت ست عشر بركة أكسدة متقلبة متشابهة الشكل بحجم (45 لتراً) لكل منها وذلك بالاعتماد على التوصيات والدراسات التي أجراها الباحثين (Caicedo, 2005). اشتملت البرك الاختبارية على أحواض بلاستيكية بأبعاد (35 سم القطر، 45 سم العمق). رتبت البرك الاختبارية بشكل صفين متوازيين إذ يشتمل كل صف على ثماني برك مرتبة على التوالي مع بعضها البعض.

وبالنظر لكون درجة الحرارة عاملاً مهماً في نمو النبات وانتشارها تعمل على تنظيم النمو والعمليات الحيوية للنبات وتعد مهمة في تحديد معدل الاستفادة من المواد المغذية والضوء (السعدي وآخرون، 1986)، فقد غيرت درجة حرارة

مياه الفضلات وذلك باعتماد ثلاث قيم لدرجات الحرارة وهي (18، 26، 32) درجة سيليزية، إذ استخدمت مسخنات كهربائية مع ترموستات (عدد 16) لغرض السيطرة على درجة الحرارة والحصول على الدرجة المطلوبة، حيث وُضِعَتْ هذه المسخنات داخل برك الأكسدة وعلى أحد الجوانب من الأعلى.

ولغرض الحصول على درجة الحرارة المنخفضة نسبياً (18 درجة سيليزية) فقد استخدمت مبردة هواء وضعت في نهاية الجانب الأيمن للبرك، إذ سُلِّطَ الهواء على البرك الاختبارية أفقياً وذلك باستخدام أنبوب توجيه هواء بلاستيكي بأبعاد (30 سم القطر).

وبما أن عامل الضوء من العوامل المهمة والمؤثرة في نمو عدس الماء، إذ يقوم عدس الماء خلال عملية البناء الضوئي ببناء الكتلة الحية الجديدة للنبات، لذا فقد تم أثناء البحث السيطرة على طول فترة الإضاءة في منطقة العمل وذلك عن طريق استخدام مصابيح كهربائية عدد (9) تعطي إضاءة صفراء مشابهة لضوء الشمس إذ صُنِّعَتْ قاعدة خشبية بشكل متوازي أضلاع بطول (5 م) وعرض (2 م) وارتفاع (1.5 م) كما وغطيت القاعدة الخشبية بقماش أسود للسيطرة على الإضاءة إذ تَبَيَّنَ المصابيح الكهربائية على طول القاعدة الخشبية ومن منتصف عرضها. كما تم التحكم بطول مدد تشغيل الإضاءة ومدد انقطاعها في البرك الاختبارية المستخدمة عن طريق استخدام مؤقتات كهربائية مبرمجة (Programmable timers)، تعمل هذه المؤقتات ضمن مدى واسع من أطوار التشغيل، إذ تم وعن طريق ضبطها التحكم بفترة عمل المصابيح الكهربائية وبما يحقق فترة تشغيل تساوي 18 ساعة وانقطاع 6 ساعات (18 ساعة ضوء، 6 ساعات ظلام).

اعتمد نظام الجريان المستمر (Continuous Flow) أسلوباً لتغذية الوحدات الاختبارية لأن هذا النظام يعد من أكثر أنظمة تشغيل محطات المعالجة انتشاراً (Metcalf and Eddy, 2003)، واستخدمت مياه فضلات مصنعة مختبرياً لغرض السيطرة على الحمل المسلط على المنظومة وتجنب التغيرات في الخصائص إذ حضرت هذه المياه من مواد كيميائية عديدة بحيث تتشابه خصائص مياه الفضلات المنزلية وحسب التوصية المقترحة من الباحث (Vanrollegem, et al., 2001) وكما مبين في الجدول رقم (1).

جدول رقم (1): المواد المستخدمة في تصنيع مياه الفضلات المستخدمة في البحث

الرمز الكيميائي	اسم المادة	التسلسل
NH ₄ CL	كلوريد الأمونيوم	1
-	بيبتون	2
KH ₂ PO ₄	فوسفات البوتاسيوم ثنائية الهيدروجين	3
C ₆ H ₁₂ O ₆	النشا	4
-	الحليب	5
K ₂ HPO ₄	Orthophosphate Anhydrous	6
MgSO ₄ .7H ₂ O	كبريتات المغنيسيوم	7
CH ₄ N ₂₀	يوربا (DIDACTIC)	8

2. المراحل التشغيلية وعمل الوحدات الاختبارية

شُغِّلَت الوحدات الاختبارية الستة عشر في آن واحد، إذ صمم العمل لكي تعمل البرك الاختبارية الثمانية الأولى كبرك أكسدة تقليدية، في حين تعمل البرك الاختبارية الثمانية الأخرى كبرك أكسدة مغطاة بشكل كامل بنبات عدس الماء. تمت عملية حصاد عدس الماء المغطى لسطح البرك الثمانية كل ثلاثة أيام. تَبَيَّنَ عمق الماء في البرك بمقدار (38 سم) في كل بركة وحسب التوصية المقترحة من الباحث (Caicedo, 2005). ولغرض تحقيق أهداف البحث ودراسة النظام المقترح فقد قُسمَ عمل الوحدات الاختبارية إلى ستمراحل تشغيلية. استخدمت في المراحل الفردية (الأولى والثالثة والخامسة) أربعة تراكيز لمياه الفضلات في حين استخدمت ثلاثة تراكيز لمياه الفضلات للمراحل الزوجية (الثانية والرابعة والسادسة)، استخدمت درجة الحرارة (18) درجة سيليزية في المرحتين الأولى والثانية في حين استخدمت درجة (26) درجة سيليزية في المرحتين الثالثة والرابعة ودرجة (32) درجة سيليزية في المرحتين الخامسة والسادسة.

تم تغيير وقت المكوث الهيدروليكي (Hydraulic Detention Time, HDT) في البحث في حين استخدم وقت مكوث هيدروليكي ثابت في كل بركتين إحداهما المغطاة بنبات عدس الماء والأخرى غير المغطاة وذلك للمقارنة في كفاءة الإزالة، والجدول رقم (2) يبين خصائص المراحل التشغيلية الستة لعمل المنظومات الاختبارية الخاصة بالبحث.

النتائج والمناقشة

1. تأثير تغير وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة في كفاءة إزالة المواد العضوية

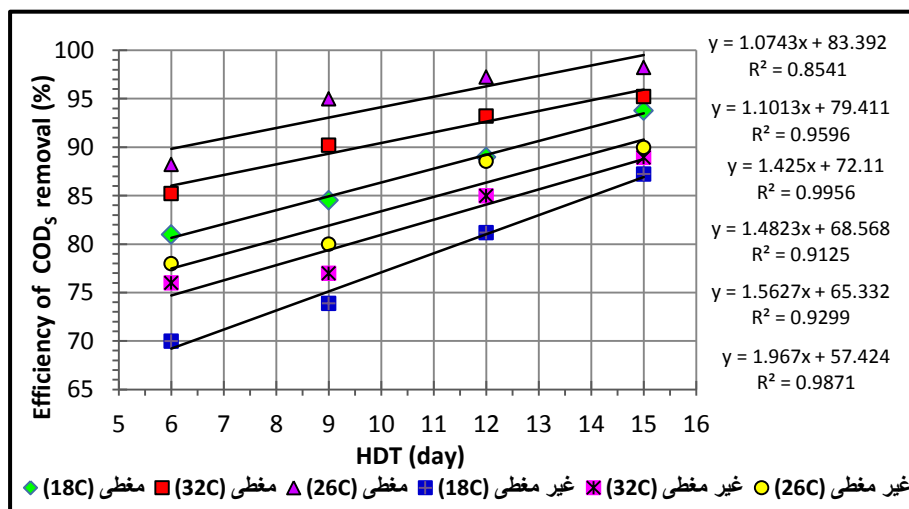
تمت مراقبة تراكيز المتطلب الكيميائي للأوكسجين المذاب (COD) وتراكيز المتطلب البيوكيميائي للأوكسجين (BOD₅) للمياه الخارجة من الوحدات الاختبارية لكافة المراحل التشغيلية لغرض تقييم كفاءة إزالة لبرك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به عند تغيير وقت المكوث الهيدروليكي (HDT) وحسب ما ذكره العديد من الباحثين ومنهم (Al-Taweel, 2001) و (AL-Saidy, 2007) و (Noemi, et al., 2004) و (Sabine, et al., 2003).

جدول رقم (2): خصائص المراحل التشغيلية لعمل الوحدات الاختبارية الخاصة بالبحث

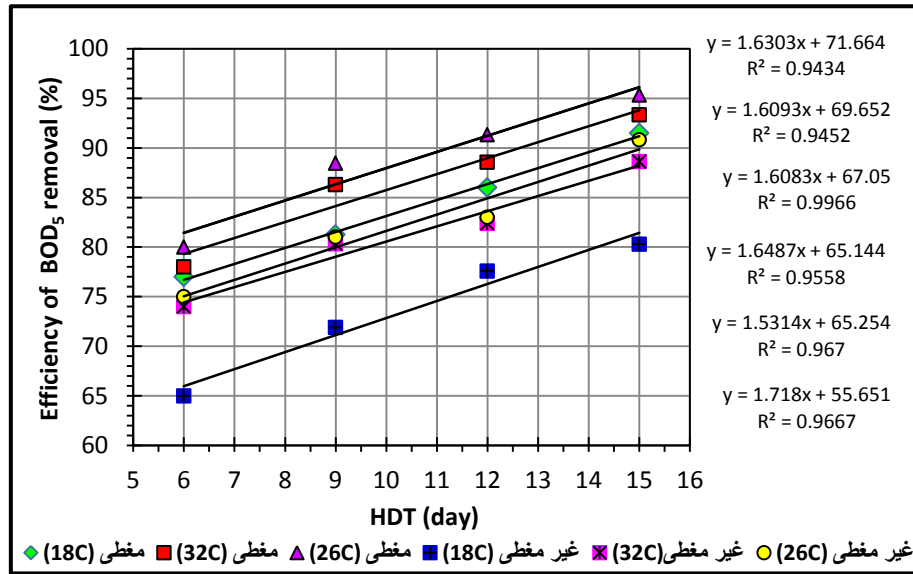
برك الأكسدة (بدون تغطية بعدس الماء)														برك الأكسدة (مغطاة بعدس الماء)														درجة الحرارة (°C)	المرحلة التشغيلية
وقت التعويق (يوم)							وقت التعويق (يوم)							وقت التعويق (يوم)							وقت التعويق (يوم)								
9	15	9	12	6	15	12	6	9	15	9	12	6	15	12	6	9	15	9	12	6	15	12	6	18	الأولى				
9	15	12	9	15	12	9	6	9	15	12	9	15	12	9	6	9	15	12	9	15	12	9	6	18	الثانية				
9	15	9	12	6	15	12	6	9	15	9	12	6	15	12	6	9	15	9	12	6	15	12	6	26	الثالثة				
9	15	12	9	15	12	9	6	9	15	12	9	15	12	9	6	9	15	12	9	15	12	9	6	26	الرابعة				
9	15	9	12	6	15	12	6	9	15	9	12	6	15	12	6	9	15	9	12	6	15	12	6	32	الخامسة				
9	15	12	9	15	12	9	6	9	15	12	9	15	12	9	6	9	15	12	9	15	12	9	6	32	السادسة				

يلاحظ من الأشكال (1) و (2) اختلاف كفاءة إزالة المواد العضوية الذاتية (COD) و (BOD₅) للوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به بثبوت كل من درجة حرارة مياه الفضلات ووقت المكوث الهيدروليكي، حيث يلاحظ أن الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء أكثر كفاءة بإزالة المواد العضوية من الوحدات الاختبارية غير المغطاة به. ويعود السبب في ذلك إلى قابلية عدس الماء على تجهيز برك الأكسدة المغطاة بالأوكسجين من خلال الأوراق والجذوع والجذور فضلاً عن تجهيزها بالأوكسجين عن طريق السطح، إذ يتم أكسدة المادة العضوية بواسطة البكتريا الموجودة على عدس الماء وهذا يؤدي إلى النمو البكتيري وتتفق مع ما أورده الباحثان (Gurtekin & Şekerdağ, 2008) و (Kuraishi & Sharma, 2010).

ويلاحظ من الأشكال أيضاً أن انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي أدى إلى انخفاض في كفاءة الإزالة بسبب عدم قدرة برك الأكسدة البيولوجية على أكسدة المادة العضوية الداخلة إلى البركة جميعها وخاصة عند زيادة التصريف المسلط على المنظومة وهذا يتفق مع ما جاء به كل (Metcalf and Eddy, 2003) و (Gijzen & Ikramullah, 1999) و (Kuraishi & Sharma, 2010) و (Dalu, & Ndamba, 2002).

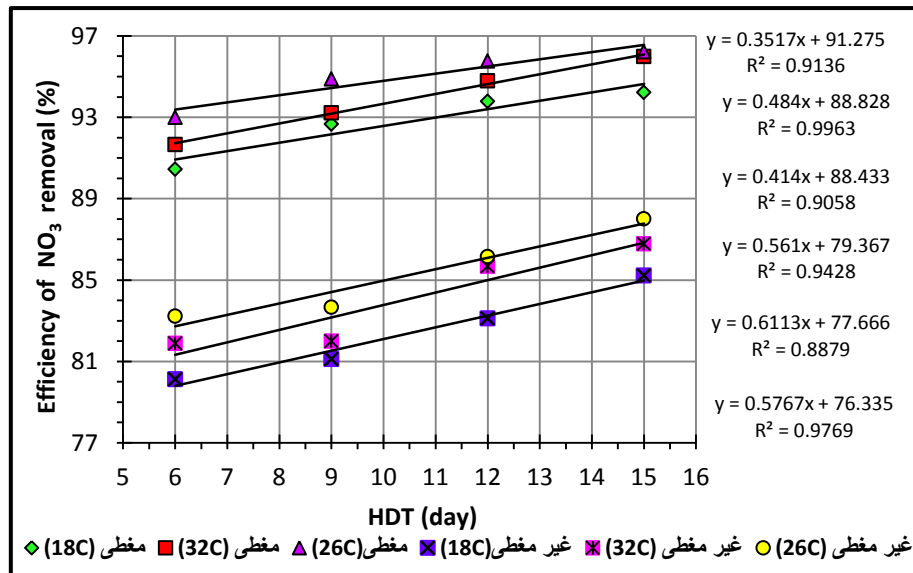


الشكل (1): العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي وكفاءة إزالة المواد العضوية (COD) لبرك الأكسدة الاختبارية وللمراحل التشغيلية الستة.

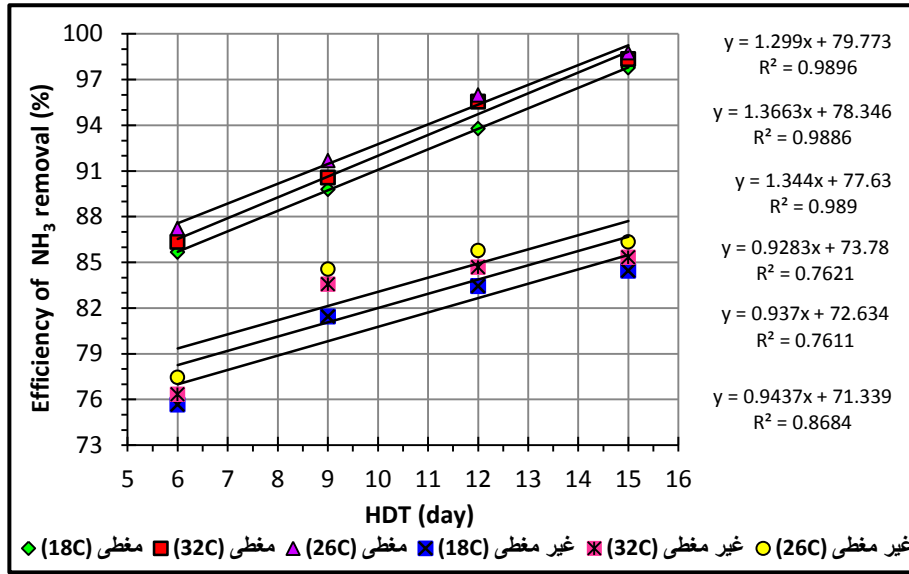


الشكل (2): العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي وكفاءة إزالة المواد العضوية (BOD₅) لبرك الأكسدة الاختبارية وللمراحل التشغيلية الستة

2. تأثير تغيير وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة في كفاءة إزالة المركبات النتروجينية
فُحصت تراكيز النترات (NO₃) والأمونيا (NH₃) للمياه الخارجة من الوحدات الاختبارية لكل المراحل التشغيلية لغرض تقييم كفاءة إزالة لبرك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به، (et al., Chaiprapat 2003) ، (Lyerly&Courtney, 2004) ، (Al-Saidy, 2007) و (Alaerts, et. al., 1996).
تمثل الأشكال (3) ، (4) تأثير وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة البيولوجية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به في كفاءة إزالة تراكيز النترات (NO₃) والأمونيا (NH₃) بثبوت الحمل النتروجيني المسط على الوحدات الاختبارية.



الشكل (3): العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي وكفاءة إزالة النترات (NO₃) لبرك الأكسدة الاختبارية وللمراحل التشغيلية الستة بثبوت الحمل النتروجيني



الشكل (4): العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي وكفاءة إزالة الأمونيا (NH_3) لبرك الأكسدة الاختبارية وللمراحل التشغيلية الستة بثبوت الحمل النتروجيني

يلاحظ من الأشكال (3) ، (4) ظهور اختلاف في كفاءة إزالة كل من النترات والأمونيا على التوالي إذ نجد أن برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء ذات كفاءة إزالة أعلى من برك الأكسدة التقليدية عند ثبوت كل من الحمل النتروجيني المسلط على الوحدة الاختبارية ودرجة حرارة مياه الفضلات ووقت المكوث الهيدروليكي، وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده الباحثون مثل: (Gurtekin and Şekerdağ, 2008) ، (Noemi Ran, et. al, 2004).

تعدّ النترات المصدر الثاني الذي يمدّ النبات بالنتروجين الضروري لنموه وإدامة فعاليته الحيوية، يلاحظ من الشكل (3) ارتفاع نسبة إزالة النترات عند تغطية برك الأكسدة بنبات عدس الماء، ويعود سبب ذلك إلى استهلاك النبات والكائنات الحية الأخرى للنترات، فضلاً عن ارتفاع تركيزه نتيجة تحول كميات كبيرة من الأمونيا إلى النترات بفعل الأحياء المجهرية وتقوم بكتريا Nitrobacter في تحويل النتريت إلى نترات فيزداد تركيزه فيحصل ارتفاع في نسبة الإزالة (الطائي، 2010).

يلاحظ من الشكل (4) انخفاض تركيز الأمونيا في برك الأكسدة المغطاة عنها في البرك غير المغطاة، ويعود السبب في ذلك إلى أن النبات يفضل الأمونيا مصدراً للنتروجين الذي يكون متوافراً في مياه الفضلات نتيجة تحلل المواد العضوية كالأحماض الأمينية واليوريا (Dortch, 1990)، إذ تعمل بعض السلالات البكتيرية والفطريات والطحالب والخمائر على تحليل المواد العضوية (العمر، 2000)، (حسن، 2001)، وقسم من الأمونيا الناتجة من التحلل تذهب إلى النبات إذ تتحد مع الأحماض العضوية لتنتج الأحماض الأمينية التي تعدّ الوحدة الأساس في بناء البروتينات (1969 ، Beevers and Hageman) فيما ينطلق القسم الآخر من الأمونيا إلى الهواء الجوي.

كذلك وتبين الأشكال أعلاه أن انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي أدى إلى نقصان في كفاءة الإزالة إذ عزى سبب ذلك كل من (AL-Saidy, R. A. J, 2007) ، (Al-Taweel, M. F, 2001) إلى عدم قدرة برك الأكسدة البيولوجية على إزالة جميع النترات والأمونيا الداخلة إلى البركة وخاصة عند زيادة التصريف المسلط على المنظومة.

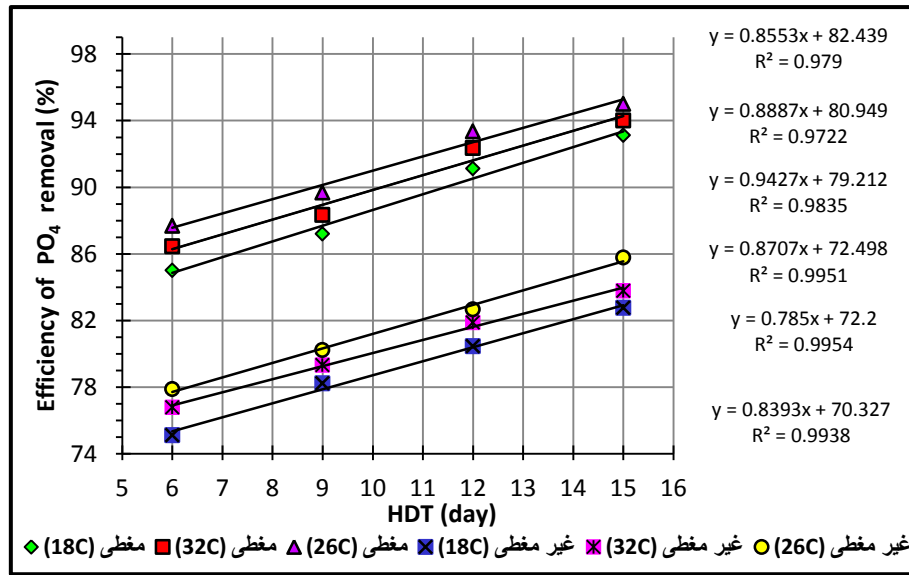
3. تأثير تغير وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة في كفاءة إزالة الفسفور

تمت مراقبة تركيز الفسفور في المياه الخارجة من الوحدات الاختبارية وذلك لتقييم كفاءة الإزالة (AL-Saidy, R. A. J, 2007) ، (Zed Rengel, et. al, 2007).

يبين الشكل (5) العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي للوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به وكفاءة إزالة الفسفور الخارج من الوحدات الاختبارية، حيث يلاحظ من الشكل (5) اختلاف كفاءة إزالة كل من الفوسفات للوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به بثبوت كل من حمل الفسفور المسلط على الوحدة الاختبارية ودرجة حرارة مياه الفضلات ووقت المكوث الهيدروليكي، إذ يلاحظ أن الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء ذات كفاءة إزالة

أعلى من الوحدات الاختبارية غير المغطاة به. ويعود السبب في ذلك إلى أن الفسفور من العناصر المهمة في البناء الحيوي للنبات الذي يحصل عليه عن طريق امتصاصه بشكل حيوي من مياه الفضلات الحاوية عليه مما يساهم في انخفاض تركيزه في الماء ويمتلك نبات عدس الماء ميزة مهمة أخرى وهي أنه يستطيع أن يخزن الفسفور في خلاياه متى كانت المياه غنية به وهذا ما سيحمله يواصل نموه على مياه مجردة من الفسفور (FAO, 1999).

ويلاحظ من الشكل (5) أيضاً أن انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي أدى إلى انخفاض في كفاءة الإزالة (Martin, et. al, 1997)، ويعود السبب في ذلك إلى انجراف كميات من الفوسفات إلى خارج البرك من دون أن تحظى بفرصة معالجة مناسبة، وتتفق هذه النتيجة مع ما أورده كل من (Al-saidy, R. A. J, 2007) ، (Al-Taweel, M. F, 2001) و (Vermaat&Hanif, 1998).



الشكل (5): العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي (HDT) وكفاءة إزالة الفوسفات (PO₄)

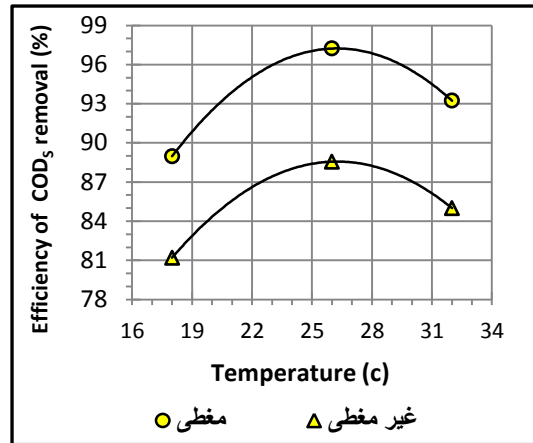
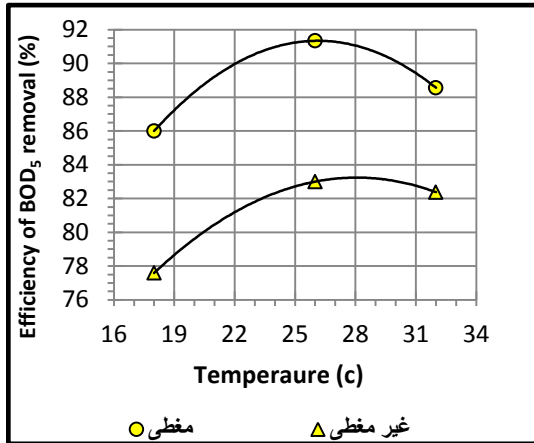
لبرك الأكسدة الاختبارية والمراحل التشغيلية الستة بثبوت حمل الفسفور المسلط

4. تأثير تغيير درجة حرارة الماء في برك الأكسدة في كفاءة إزالة المواد العضوية

تم في الأشكال (6) و (7) تمثيل العلاقة بين درجة حرارة مياه الفضلات مع كفاءة إزالة المواد العضوية الخارجة من برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به ولكافة المراحل التشغيلية.

يلاحظ من الشكلين (6) ، (7) اختلاف كفاءة إزالة المواد العضوية للوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به مع اختلاف درجات الحرارة وثبوت وقت المكوث الهيدروليكي (HDT)، إذ أن أفضل كفاءة إزالة للمواد العضوية كانت عند درجة حرارة (26 درجة مئوية) وتقل كفاءة الإزالة عند درجة حرارة (32 درجة مئوية) وأن أقل كفاءة إزالة كانت عند درجة حرارة (18 درجة مئوية) في برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به .

ويعود السبب في ذلك إلى أن انخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى غطس النباتات إلى قاع المياه ومكوته ساكناً ثم يعاود نشاطه بعد رجوع الدفء إذ أن عدس الماء يتحمل درجة الحرارة الواقعة بين 6-33°م ، ويتباطأ في النمو عند الدرجات الحرارية الأعلى من 30°م وتتفق هذه النتيجة مع ما جاء به كل من: (Lqbal, 1999) ، (Lemna corp., 1994)، (Zimmo, et. al, 2000)، (Reed, et. al, 1988). ولوحظ أن كفاءة الإزالة للوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء أعلى من كفاءة الإزالة للمواد العضوية عند الدرجة الحرارية نفسها إذ تعد درجة الحرارة عاملاً محدداً لنمو النباتات وانتشاره فهو يرتبط بمدى تحمل النبات لتلك الدرجة، لأنها تعمل على تنظيم النمو والعمليات الحيوية وتعد مهمة للنبات في تحديد معدل الاستفادة من المواد المغذية والضوء (السعدي، 1986).



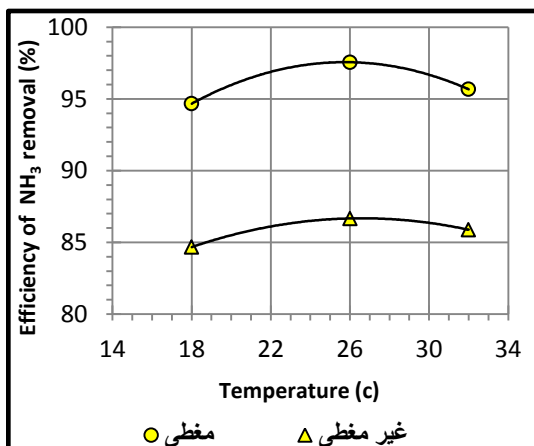
الشكل (7) : العلاقة بين درجة الحرارة وكفاءة إزالة المواد العضوية (BOD₅) لبرك الأكسدة الاختبارية

الشكل (6) : العلاقة بين درجة الحرارة وكفاءة إزالة المواد العضوية (COD₅) لبرك الأكسدة الاختبارية

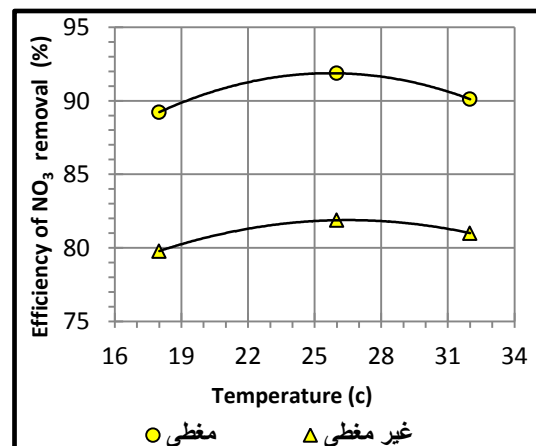
5. تأثير تغير درجة حرارة الماء في برك الأكسدة في كفاءة إزالة المغذيات

تم في الأشكال (8) ، (9) ، (10) تمثيل العلاقة بين درجة حرارة المياه في برك الأكسدة مع كفاءة إزالة المغذيات الخارجة من برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به بثبوت الحمل النتروجيني وحمل الفسفور المسلط ولكافة المراحل التشغيلية.

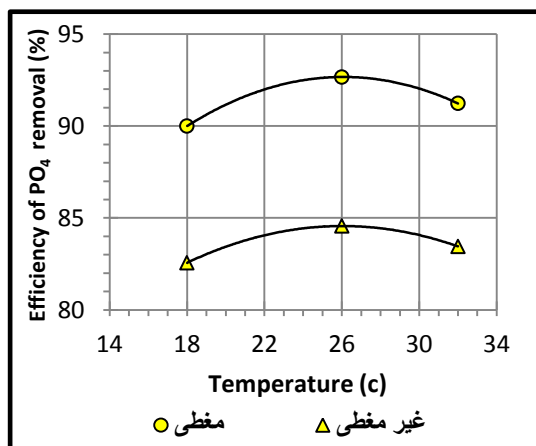
وكما يلاحظ من الأشكال أن هنالك اختلافاً في كفاءة إزالة كل من النترات (NO₃) والنتريت (NO₂) والأمونيا (NH₃) والفوسفات للوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به مع اختلاف درجات الحرارة وثبوت وقت المكوث الهيدروليكي، إذ أن أفضل كفاءة إزالة كانت عند درجة حرارة (26 درجة مئوية) وتقل كفاءة الإزالة عند درجة حرارة (32 درجة مئوية) كما أن أقل كفاءة إزالة كانت عند درجة حرارة (18 درجة مئوية) في برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به.



الشكل (9) : العلاقة بين درجة الحرارة وكفاءة إزالة الأمونيا (NH₃) لبرك الأكسدة الاختبارية عند حمل نتروجيني يساوي (52) كغم/هكتار. يوم



الشكل (8) : العلاقة بين درجة الحرارة وكفاءة إزالة النترات (NO₃) لبرك الأكسدة الاختبارية عند حمل نتروجيني يساوي (52) كغم/هكتار. يوم



الشكل (10): العلاقة بين درجة الحرارة وكفاءة إزالة الفوسفات (PO_4) لبرك الأكسدة الاختبارية عند حمل فسفور يساوي (10) كغم/هكتار. يوم

ويعود السبب في ذلك إلى أن عدس الماء ينمو في درجة حرارة المياه بين (6 و 33 م°) ودرجة الحرارة المثلى لنموه تتراوح بين (25 و 31 م°)، حيث يتعرض عدس الماء في ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة بشدة إلى الإجهاد وهبوط في النمو وتتفقد هذه النتيجة مع ما ذكره كل من: (Zimmo, et. al., 1999)، (Lqbal, 2000).

الاستنتاجات

1. يساهم نبات عدس الماء بتحسين كفاءة إزالة كل من المواد العضوية والمغذيات (NO_3 , NO_2 , PO_4 , BOD_5 , COD)، إذ لوحظ ارتفاع كفاءة إزالة برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء من (75%، 77.45%، 77.89%، 83.22%، 87.22%) في برك الأكسدة التقليدية إلى (80%، 87.22%، 88.23%، 93%)، (BOD_5 , COD , NO_3 , NO_2 , PO_4) وعلى التوالي.
2. تنخفض كفاءة إزالة كل من المركبات العضوية (BOD_5 , COD) والنيتروجينية (NO_3 , NO_2 , NH_3) والفوسفات (PO_4) مع انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة المغطاة بعدس لماء وغير المغطاة به.
3. تختلف كفاءة إزالة المواد العضوية (BOD_5 , COD) والمغذيات (NO_3 , NO_2 , PO_4) مع اختلاف درجات الحرارة ويثبت وقت المكوث الهيدروليكي، إذ تم تسجيل أعلى كفاءة إزالة للمواد العضوية عند درجة حرارة (26 درجة سيليزية) وتقل كفاءة الإزالة عند ارتفاع درجة الحرارة إلى (32 درجة سيليزية) وتنخفض كفاءة الإزالة عند انخفاض درجة الحرارة إذ تم تسجيل أقل كفاءة إزالة عند درجة حرارة (18 درجة سيليزية) وفي كل من برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به.

المصادر

- حسن، فاطمة عبد العزيز، (2001)، "استخدام مياه المجاري المعالجة في إقامة غابات صناعية"، المجلة العربية لإدارة مياه الري، العدد الرابع، صفحة: 16 - 26.
- السعدي، حسين علي؛ الدهام، نجم قمر و الحصان، ليث عبد الجليل (1986)، "علم البيئة المائية"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، طبع دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل. العراق. صفحة: 421 - 538.
- الطائي، نضال تحسين طه (2010)، "دراسة تحليلية لبيئة وإنتاجية نبات عدسالماء Lemna spp. المستعمل في معالجة مياه الصرف الصحي"، رسالة ماجستير، كلية الزراعة / جامعة بغداد.
- العمر، مثنى عبد الرزاق (2000)، "التلوث البيئي"، دار وائل للنشر. عمان، الأردن، صفحة: 133-183.

- AL - Taweel, M . F. (2001), "Using duckweed pond as a polishing pond", M. Sc. thesis, University of Yemen, pp 44-56.
- Alaerts G. A.; Mahbubar M. A. and Kelderman P.(1996), "Performance analysis of a full-scale duckweed covered sewage lagoon", *Water Research*, Vol. 30, pp 843-852.
- AL-Saidy, R . A . J. (2007), "The treatment of domestic wastewater using duckweed plant", M. Sc. thesis, University of Baghdad, pp 31-44.
- Alturkumany, A. M. S. (2008), "Assess the current status of small treatment plants in syria", Syria, pp 1-46.
- Beevers, L. and Hageman, R. H. (1969), " Nitrate reduction in higher plants", Annual review of plant physiology. 20: 495-522.
- Caicedo Bejarano, J. R. (2005), "Effect Of Operational Variables on Nitrogen Transformations In Duckweed Stabilization Ponds", Ph.D. thesis, *University of Wageningen*, pp 1-10.

- Chaiprapat S. and Cheng, J. ; John J. and Joel J. Ducoste; Sarah K. Liehr**, "Modeling nitrogen transport in duckweed pond for secondary treatment of swine wastewater", *Journal Of Environmental Engineering*, pp 731-739.
- Crites, R., Middlebrooks, E., Reed, S., 2006**, "Natural Wastewater Treatment Systems", New York, Ch1, PP 1-10.
- Dortch, Q. (1990)**, "The interaction between ammonium and nitrate uptake in phytoplankton", *Current Science*. 61:183-201.
- Fangeyy, babourina o, rengelz, yangxi, pupm. Et. Al (2007)**, "Ammonia and nitrate uptake by the floating plant", *land oltiapunclateann bot* 99, pp 365-370.
- FAO(1999)**, "Duckweed – A Tiny Aquatic Plant with Enormous Potential for Agriculture and Environment", FAO Publications, Rome, Italy.
- Gürtekin, E. and , Şekerdağ, N. (2008)**, "The Role of Duckweed (*Lemna Minor L.*) In Secondary Clarifier Tanks", *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, Vol. 18, NO.1, pages 28-31.
- Kadlec, R. H. (1999)**, "the limits of phosphorus removal in wetlands. *Wetlands Ecology and Managaneze*. Vol 3 , pp 165-175.
- Kadlec, R. and Knight, R. (1996)**, "*Treatment Wetland*", S. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.
- Kuraishi, M . A and Sharma, S (2010)**, "An Experimental Investigation Of Nutrient Removal Efficiency In Duckweed Covered Waste Water System", Vol. 30, NO. 9 ,pp 768-772.
- Lemna Corporation (1994)**, "The view of the for cost effective wastewater treatment", Promotional Brochure, Ch5, PP 14-28.
- Lqbal, S. (1999)**, " Duckweed Aquaculture Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries", *Swiss Federal Institute for Environmental Science & Technology, (EAWAG). Ueberlandstrasse 133, CH-8600 Duebendorf, Switzerland*, pp 22-75.
- Lyerly, Courtney Neil,(2004)**, " Swine wastewater treatment in an integrated system of an aerobic digestion and duckweed nutrient removal: Pilot study", M.Sc. Thesis, North Carolina State University, Biological and Agricultural Engineering, Raleigh, NC, pp 104.
- Martin, S. , Sani, L. and Jean, M. (1997)**, "duckweed ponds sustainable sanitation in developing countries ", *faculte de science , department de chimie, Niger*.
- Metcalf and Eddy, Inc. (2003)**, "waste water engineering treatment/disposal/reuse", fourth edition, McGraw-Hill, inc, New York, Ch8, pp 661-665.
- Noemi R. and Moshe, A. ,Gideon, O. (2004)**, "A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*Lemnagibba L.*) for treatment of domestic primary effluent in Israel", *Water Research* Vol. 38 , pp 2241–2248.
- Öbek, E. and Hasar, H (2002)**, "Role of duckweed (*lemna minor l.*) harvesting in biological phosphate removal from secondary treatment effluents", *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 11, No. 1, pp 27 – 29.
- Rana, S., (2004)**, "Topological Data Structures for Surfaces: An introduction to geographical information science", John Wiley & Sons, Chichester.
- Reed, S.C.; Middlebrooks, E. J. and Crites, R. W. (1988)**, "Natural systems for waste management treatment. McGraw-Hill. new York .removal: pilot study", M.Sc. Thesis, North Carolina State
- Sabine Korner and Vermaat, J. E, Veenstra, S. (2003)**, "The capacity of duckweed to treat wastewater: ecological considerations for a sound design", *Journal Environment Quality*, VOL. 32, pp 1583-1590.

Vanrolleghem, P. A. , Nopens, I. and Capalozza, C. (2001), "Stability analysis of a synthetic municipal wastewater", Department Of Applied Mathematics, Biometrics and Process Control.

Vermaat, J.E. and M.K. Hanif(1998)," Performance of common duckweed species (lemnaceae) and the water fern *azolla filiculoides* on different types of wastewater", *Water Research* 32(9): 2569-2576.

Zed, R. and Yun Ying Fang and, Olga, B. and Xiao E. Yang ; Pei Min Pu (2007), "Ammonium and nitrate uptake by the floating plant *land oltiapunctata*", *Annals of Botany* VOL. 99, pp 365 – 370.

Zimmo O. R and Al Sa'ed; Gijzen R. H (2000),"Comparison between algae-based and duckweed-based wastewater treatment: differences in environmental conditions and nitrogen transformations", *Water Science and Technology*, Vol. 42, No. 11, pp 215–222.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل