تأثير تغيير الأحمال العضوية وأحمال النتروجين والفسفور 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 علوم وتقانات البيئة
** طالبة ماجستير، جامعة الموصل / كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير تغيير كل من الأحمال العضوية وأحمال النتروجين والفسفور على كفاءة إزالة الملوثات العضوية والمغذيات في برك الأكسدة المغطاة بنباتات عدس الماء. بينت نتائج البحث مساهمة تغطية برك الأكسدة بنباتات عدس الماء في زيادة قابليتها على تحمل أحمال عضوية ونتروجينية أعلى وعند درجات حرارية ثابتة، إذ من الممكن رفع قيمة الحمل العضوي المسلط على البركة من (65 كغم/ هكتار. يوم) إلى (158 كغم/ هكتار. يوم) ولتحقيق نفس كفاءة الإزالة، في حين يمكن رفع قيمة الحمل النتروجيني المسلط من (49 كغم/هكتار. يوم) إلى (111 كغم/ هكتار. يوم) وتحقيق نسبة الإزالة نفسها. من جانب آخر، أظهرت نتائج البحث انخفاض كفاءة إزالة كل من النترات والنتريت بارتفاع الحمل النتروجيني المسلط على الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به، وبالمقابل ارتفاع كفاءة إزالة الأمونيا والفوسفات مع ارتفاع الحمل النتروجيني والفسفور المسلط وعند ثبوت وقت المكوث الهيدروليكي لكلا الحالتين.

Keywords: **Duckweed; Stabilization ponds; Nutrient removal; Organic load; nitrogen load; phosphorus load**

Effect of Organic, Nitrogenous and Phosphorus Loads Variation 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 Environmental Science and Technology.**
**** M.Sc, University of Mosul, College of Engineering, Civil Eng. Dept.**

Abstract

In this research, an experimental laboratory plant was constructed in order to evaluate the effect of organic, nitrogenous and phosphorus loads 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, covering the oxidation ponds with duckweed improve their ability to treat higher organic and nitrogenous loads. Organic and nitrogen load can be increased from (65 kg/ ha. day) to (158 kg/ ha. day) and from (49 kg. ha. day) to (111 kg/ ha. day) by covering the ponds by duckweed. 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 increases removal efficiency of ammonia and phosphate at the same hydraulic retention time.

أستلم: 2013 - 4 – 8 قبل: 2014 - 3 – 20

المقدمة

يتعرض العالم حاضراً ومستقبلاً إلى مشكلة رئيسة تتمثل في إمكانية السيطرة على التلوث لاسيّما تلوث المياه الذي تسببه عملية طرح الملوثات الناتجة بفعل النشاطات الحيوية للإنسان والتي تتمثل بالأنشطة الصناعية والزراعية والأنشطة الأخرى، مما أدى الى طرح الكثير من المعادن والمواد العضوية والتي كان لها تأثيرا سلبياً على البيئة ونوعية المياه والأنظمة الإحيائية الموجودة فيها(Thurman & Webber ,1984) ، (GESAMP, 1993) (الناصري، 1988) (مولود وآخرين، 1991) و(Serobaba & Yakovlev , 1994). تُسهم مصادر التلوث في تخريب الأنظمة البيئية و فقدان التوازن بين عناصرها المختلفة بحيث وصل الإنسان إلى حالة زادت فيه قدرته على تغيير بيئته وتخريبها على نحو أسرع من إدراكه لمدى التهديد الذي يسببه لها، وهذا الأمر يتطلب وعياً متزايداً للحفاظ على توازن هذه البيئة التي جعلها الله سبحانه و تعالى متوازنة إذ قال عز من قائل في كتابه الكريم "وأنبتنا فيها من كل شيء موزون" سورة الحجر:19.

إن عملية طرح العناصر المغذية الذائبة الموجودة في مياه الصرف الصحي بعد عملية المعالجة إلى الأنهار أو البحار هي من المشاكل الصعبة المطلوب السيطرة عليها في القرن الحادي والعشرون من خلال البحث والتطوير وانشاء وحدات المعالجة المناسبة (الطائي، 2010).

لقد تنوعت أساليب معالجة مياه الفضلات فبدأت بالمعالجات الفيزيائية والكيميائية التقليدية لحين الوصول إلى المعالجة البيولوجية بمختلف طرائقها. تعد أنظمة الحمأة المنشطة بتفرعاتها المتعددة من أهم 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 غالبا ما يقود إلى التعطل مع ما يرافق ذلك من كلف صيانة وتشغيل مرتفعة (Alturkumany, 2008).

ومن أنظمة المعالجة الأخرى التي استخدمت بنجاح في العقود الماضية في معالجة مياه الفضلات ذات الأحجام القليلة نسبيا : برك الأكسدة وهي عبارة عن مجمعات مائية ضحلة ذات حجم محسوب، وتتم المعالجة في هذه البرك بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا بالاستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلا في مياه الفضلات.

تعتبر برك الأكسدة من الأنظمة الواسعة الانتشار وذلك بسبب انخفاض كلفة إنشائها وتشغيلها كونها لا تحتوي على معدات كهربائية أو ميكانيكية فضلا عن عدم حاجتها لمهارات تشغيلية مرتفعة (Crites, et al., 2006)، إلا أن انتشار الروائح والبعوض وكفاءتها في إزالة المواد العضوية دون النتروجين والفسفور أدى إلى توقف استخدامها فيما بعد وافترة من الزمن.

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). يعد جنس عدس الماء ("Duckweed" الاسم العلمي.*Lemna* sp) الذي يمكن استخدامه في التقنيات الحيوية المهمة في معالجة المياه، إذ تقوم هذه النباتات المائية بامتصاص المغذيات الموجودة في المياه وتحويلها إلى كتلة حية تستخدم في تغذية الحيوانات والإنسان (Skillicorn, et. al, 1993) ، (Leng , et. al, 1994) ، (Hanczakowski, et. Al, 1995) و(Phuc, et. al, 2001).

وعلى العموم يلعب نبات عدس الماء دورا ناجحا في معالجة مياه الفضلات في عملية امتصاص العناصر المعدنية الذائبة الناتجة من تحلل المواد العضوية بذلك يحقق النبات ثلاثة وظائف مفيدة إذ يقوم بتنقية الماء بطريقة بسيطة ورخيصة، وإمكانية استخدام الكتلة الحية التي تولدها هذه النباتات كعلفا للماشية، كذلك يسمح بإعادة استعمال هذه المياه للري أو للاستعمالات الادنى الأخرى كغسل الأرضيات (Fange, et. al, 2007). تعود نباتات عدس الماء لعائلة (Lemanceae)، وتمتاز بكونها صغيرة الحجم وعلى شكل تراكيب شبيهة بالأوراق تدعى السعف "Fronds" وتتكاثر خضرياً، تطلق عدة مسميات على نبات عدس الماء في البلدان المختلفة، إذ يطلق عليه اسم عدس الماء (Adas Al- a ma) في العراق ومصر في حين يطلق عليه اسم بليسنا أو بلسن (Bulasina) في اليمن والاسم الفارسي له كلومل (Gelumel) (Townsend, et . al, 1985).

وبالنظر لأهمية وفائدة هذه النباتات فقد قام العديد من الباحثين بدراسة خصائصها ومعقولية استخدامها، فقد درس الباحث (Caicedo, 2005) تأثير المعالجة اللاهوائية على أداء برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء بوقت مكوث مقداره (3 أيام)، حيث استخدم الباحث مجموعتين من البرك، تستلم المجموعة الأولى مياه الفضلات المنزلية مباشرة أما الثانية فتستلم مياه الفضلات المنزلية بعد مرورها بالمعالجة اللاهوائية. استنتج الباحث أن نسبة إزالة مركبات النتروجين 63% و 68% والفسفور 24% و 29% ولكلا النظامين على التوالي. كما أجرى الباحث (Ferrer, et. al, 2001) دراسة حول كمية الميثان المنبعثة من برك الأكسدة المستخدمة لمعالجة مياه الفضلات المنزلية ومقارنة كمية الميثان المنبعثة عند تغطية عدس الماء لسطح بركة وتغطية سطح بركة أخرى بالطحالب، حيث استنتج الباحث أن كمية الميثان المنبعثة كانت بمعدل

($0.2\ gCH_4/m^2.\ d$) وكمية الميثان المنبعثة من البرك المغطاة بالطحالب كانت بمعدل ($0.46\ gCH_4/m^2.\ d$) وهي متماثلة ليلاً ونهاراً. كما وقام الباحث (Boonyapookana, et. al, 2002) بإجراء دراسة حول مقارنة نمط تجميع وإزالة سمومية المعادن الثقيلة باستخدام نبات عدس الماء باختلاف فترات حصاده، وذلك باستخدام تراكيز مياه فضلات مختلفة مقدارها(1 ، 2 ، 4، 8) ملغم/ لتر لكل من الكادميوم والكروم، وبفترات حصاد (3 ، 6 ، 9 و 12) يوما، حيث أثبتت نتائج البحث حصول زيادة في إزالة سمومية مياه الفضلات عند زيادة كل من التركيز وفترة الحصاد، في حين قام الباحثان (Omar and Balla, 2009) بدراسة كفاءة استخدام نباتات عدس الماء في برك الأكسدة لإزالة المغذيات من مياه الفضلات المدنية الحاوية على تراكيز ملحية عالية بوقت مكوث هيدروليكي مقداره (7 أيام) وبتراكيز ملحية مختلفة واستنتج الباحثان بأن عدس الماء يستطيع النمو في برك الأكسدة الحاوية على تركيز ملحي 1250 ملغم/ لتر ولا يمكنه النمو عند زيادة التركيز عن ذلك الحد.

يهدف هذا البحث إلى إيجاد تأثير تغيير الأحمال العضوية وأحمال النتروجين والفسفور في البركة في كفاءة إزالة المواد العضوية والنتروجين والفسفور ومقارنة النتائج للبرك المغطاة بعدس الماء (Duckweed) مع تلك غير الحاوية عليه والتي تعمل تحت الظروف التشغيلية نفسها.

المواد وطرائق العمل

تم الاستقصاء والتحري عن أماكن وجود عدس الماء طبيعيا في مناطق عديدة ومتفرقة من مدينة الموصل ومحيطها لغرض الحصول عليه أثناء فصول السنة، اشتملت عملية الجمع على ثلاث مراحل، إذ جُمِع في المرحلة الأولى نباتات عدس الماء (duckweed) من ثلاثة مواقع هي أحواض الترسيب الموجودة في محطة معالجة مياه الفضلات الموجودة في حي الخضراء في مدينة الموصل، ومن بركة كبيرة في حي الانتصار ناتجة عن طفح مياه فضلات منزلية، وجُمِع النبات أيضاً من بركة مياه ناتجة عن تجمع مياه فضلات قادمة من عدة مناطق سكنية تقع قرب جسر نينوى القديم وتصب في نهر دجلة.

تمت مرحلة الجمع الثانية لعدس الماء في فصل الربيع من عام 2011 ومن مواقع التجميع الثلاثة نفسها التي جمعت منها في فصل الشتاء وقد لوحظ أن حالة النبات كانت أفضل كون أن فصل الربيع يعد أكثر ملاءمة لنمو النبات وتكاثره. أمّا في فصل الصيف فقد جفت مواقع التجميع الطبيعية التي جمع منها النبات في الفصول الأخرى، لذا فقد اقتصر التجميع على موقع حوض الترسيب لمحطة المعالجة الموجودة في حي الخضراء.

أُخِذَت ثلاثة مكررات عشوائية حجم (40 لتر) لكل مكرر من مياه المسطح المائي الحاوي على نبات عدس الماء، إذ اختيرت ثلاثة مواقع مختلفة لغرض جمع ثلاث مكررات من كل موقع، ووضعت في عبوات بلاستيكية محكمة الإغلاق داخل صندوق تبريد يحتوي على الثلج ونقلت مباشرة إلى المختبر لاستخدامه لتنمية نبات عدس الماء.

أعد موقع في مختبر هندسة البيئة بجامعة الموصل لغرض زراعة عدس الماء في أحواض مختلفة الأحجام باستخدام مياه صرف صحي مأخوذة من محطة المعالجة في حي الخضراء. سُحِب ثلث حجم المياه الموجودة في الحوض كل ثلاثة أيام وعوّض الفرق بمياه جديدة لغرض تجديد المغذيات التي يحتاجها النبات في نموه، واستُبدِلت معظم المياه الموجودة في الحوض كل شهر للتخلص من مخلفات النبات التي قد تؤثر في نموه. تم حصاد النبات أسبوعياً على أن يبقى 25% من النبات لغرض نموه مجدداً.

ولدراسة كفاءة النظام المقترح فقد أُنشِئَت ستة عشر بركة أكسدة اختبارية 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 (35سم 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 وانتشاره إذ تعمل على تنظيم النمو والعمليات الحيوية للنبات وتعد مهمة في تحديد معدل الاستفادة من المواد المغذية والضوء (السعدي وآخرون، 1986)، فقد تم تغيير درجة حرارة مياه الفضلات وذلك باعتماد ثلاث قيم لدرجات الحرارة وهي (18، 26، 32) درجة سيليزية، إذ استخدمت مسخنات كهربائية مع ثرموستات (عدد 16) لغرض السيطرة على درجة الحرارة والحصول على الدرجة المطلوبة، حيث وُضِعَت هذه المسخنات داخل برك الأكسدة وعلى أحد الجوانب من الأعلى. كذلك ولغرض الحصول على درجة الحرارة المنخفضة نسبياً (18 درجة سيليزية) فقد استخدِمَت مبردة هواء وضعت في نهاية الجانب الأيمن للبرك، إذ سُلِّط الهواء على البرك الاختبارية أفقياً وذلك باستخدام أنبوب توجيه هواء بلاستيكي بقطر30سم.

ولكون 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 صُنِّعَت قاعدة خشبية بشكل متوازي أضلاع بطول (5م) وعرض (2م) وارتفاع (1.5 م) كما وغطيت القاعدة الخشبية بقماش أسود للسيطرة على الإضاءة إذ

ثُبِّتَت 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 18ساعة وانطفاء 6ساعات (18ساعة ضوء ، 6ساعات ظلام).

اعتُمِد 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 التغاير في الخصائص إذ حضرت هذه المياه من مواد كيميائية عديدة بحيث تشابه خصائص مياه الفضلات المنزلية وحسب التوصية المقترحة من الباحث (Vanrollegem, et al., 2001) وكما مبين في الجدول رقم (1).

شُغلت 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 المغطي لسطح البرك الثمانية كل ثلاثة أيام. ثُبِّت عمق الماء في البرك بمقدار (38سم) في كل بركة وحسب التوصية المقترحة من الباحث (Caicedo, 2005). ولغرض تحقيق أهداف البحث ودراسة النظام المقترح فقد قُسِّم عمل الوحدات الاختبارية إلى ست مراحل تشغيلية. استُخدِم في المراحل الفردية (الأولى والثالثة والخامسة) أربعة تراكيز لمياه الفضلات في حين استخدمت ثلاثة تراكيز لمياه الفضلات للمراحل الزوجية (الثانية والرابعة والسادسة)، كما استخدمت درجة الحرارة (18) درجة سيليزية في المرحلتين الأولى والثانية في حين استخدمت درجة (26) درجة سيليزية في المرحلتين الثالثة والرابعة ودرجة (32) درجة سيليزية في المرحلتين الخامسة والسادسة وكما مبين في الجدول رقم (2) ، (3).

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 (3) يبين خصائص المراحل التشغيلية الستة لعمل المنظومات الاختبارية الخاصة بالبحث.

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

التسلسل	اسم المادة	الرمز الكيميائي
1	كلوريد الأمونيوم	NH_4CL
2	بيبتون	-
3	فوسفات البوتاسيوم ثنائية الهيدروجين	KH_2PO_4
4	النشا	$C_6H_{12}O_6$
5	الحليب	-
6	Orthophosphate Anhydrous	K_2HPO_4
7	كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$
8	يوريا (DIDACTIC)	CH_4N_{20}

الجدول رقم (2) : تراكيز مياه الفضلات المستخدمه في المراحل التشغيليه السته

المراحل التشغيلية (الأولى ، الثالثة والخامسة)			
التركيز	COD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
الأول	500	40	8
الثاني	500	45	9
الثالث	500	75	15
الرابع	500	80	16
المراحل التشغيلية (الثانية ، الرابعة والسادسة)			
التركيز	COD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
الأول	500	50	10
الثاني	500	60	12
الثالث	500	100	20

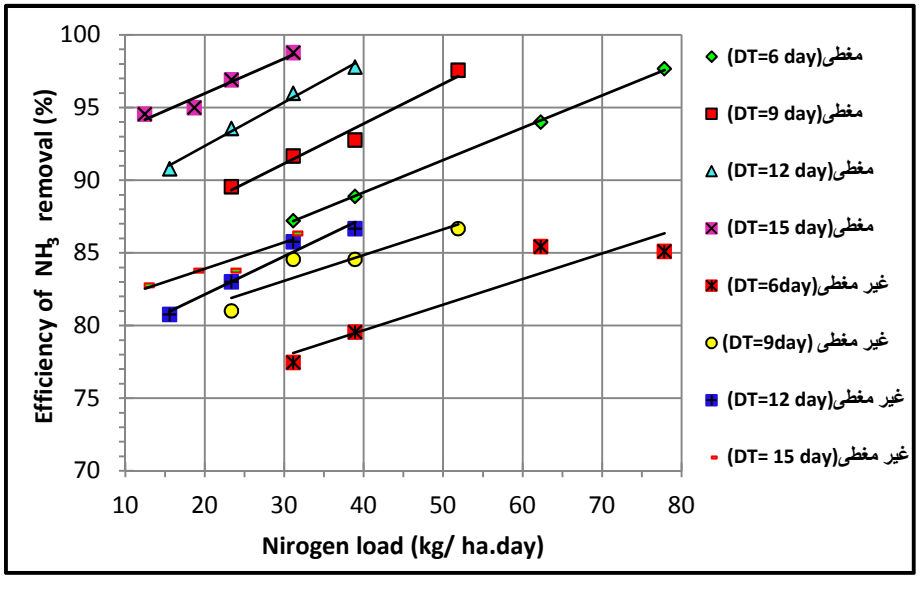
جدول رقم (3) :خصائص المراحل التشغيلية لعمل الوحدات الاختبارية الخاصة بالبحث

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

النتائج والمناقشة

1. تأثير تغير الأحمال النتروجينية المسلطة في الوحدات الاختبارية في كفاءة إزالة الأمونيا

تم في الشكل (1) تمثيل العلاقة بين الحمل النتروجيني المسلط على الوحدات الاختبارية بوحدة (كغم نتروجين/ هكتار. يوم) مع النسبة المئوية لإزالة الأمونيا ولجميع المراحل التشغيلية. يلاحظ من الشكل بأنه عند تسليط حمل نتروجيني متساو فإن كفاءة الإزالة ستزداد عند تغطية برك الأكسدة بعدس الماء عنها في الوحدة الاختبارية التي لا تحتوي على عدس ماء (Noemi Ran ,et. al, 2004) ، (Al- Saidy, 2007) و (الطائي، 2010). كذلك يبين الشكل أنه بزيادة الحمل النتروجيني المسلط تزداد كفاءة الإزالة في الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به بثبوت وقت المكوث الهيدروليكي، وهذا ينتج عن زيادة تركيز الأمونيا في مياه الفضلات، إذ تعد الأمونيا مصدراً مهماً في تغذية النباتات فكلما ازداد تركيزها زادت نسبة امتصاص النبات لها مما يؤدي إلى زيادة إنتاج الكتلة الحية (Luord ,1980) و (Pollock & Porath ,1982)، بالمقابل يصبح تركيز الأمونيا ساما على عدس الماء اذا ازداد تركيزه الى أكثر من 60 ملغم/ لتر (Leng, et. al, 1994). وكما يلاحظ من الشكل (1) فأنه عند تسليط حمل نتروجيني يساوي (31.14) كغم/هكتار. يوم عند وقت مكوث مقداره (6 أيام)، فإن كفاءة إزالة الأمونيا ستساوي (87.22 %) و (77.45%) في الوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به على التوالي.



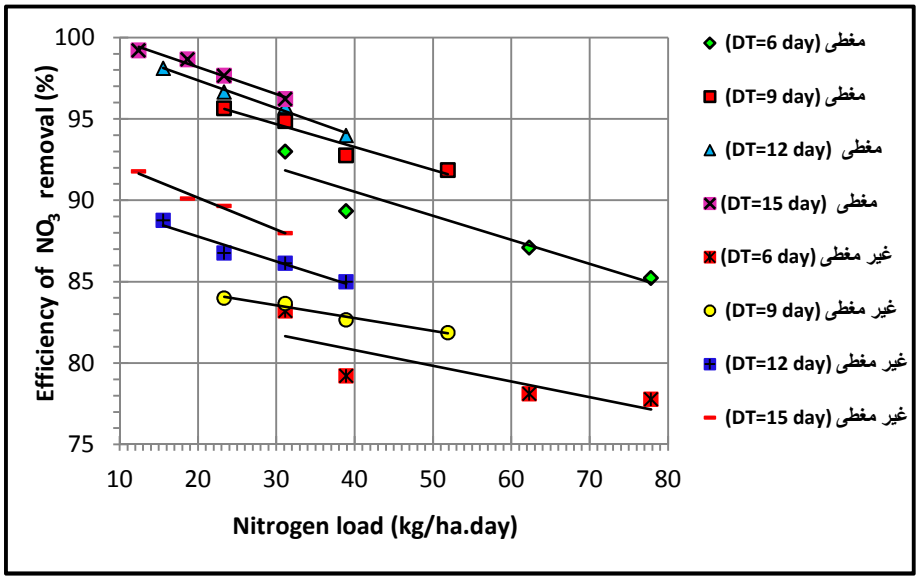
الشكل (1): العلاقه بين الحمل النتروجيني المسلط على الوحدات الاختباريه وكفاءة إزاله الامونيا (NH_3)

2. تأثير تغير الأحمال النتروجينية المسلطة في الوحدات الاختبارية في كفاءة إزالة النترات(NO_3) والنتريت (NO_2)

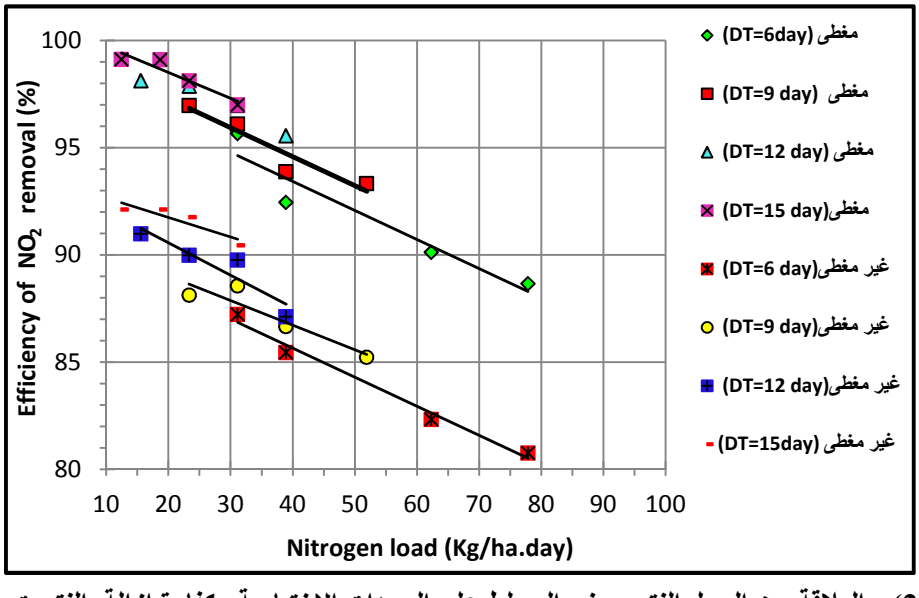
في الأشكال (2) و (3) تم تمثيل العلاقة بين الحمل النتروجيني المسلط على الوحدات الاختبارية بوحدة (كغم نتروجين/ هكتار. يوم) مع النسبة المئوية لإزالة النترات (Nitrate removal) والنسبة المئوية لإزالة النتريت (Nitrite removal) على التوالي ولجميع المراحل التشغيلية. وكما يلاحظ من الشكلين فأنه عند تسليط حمل نتروجيني متساو فإن

كفاءة الإزالة ستزداد عند تغطية برك الأكسدة بعدس الماء عنها في الوحدة الاختبارية التي لا تحتوي على عدس ماء ، (Noemi Ran, et. al, 2004) ، (Zimmo, et. al, 2000) و (Al- Saidy, 2007). كذلك تبين الأشكال أنه بزيادة الحمل النتروجيني المسلط تقل كفاءة الإزالة في الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به بثبوت وقت المكوث الهيدروليكي، وذلك نتيجة لوجود علاقة عكسية بين نسبة إزالة الأمونيا وكل من النترات والنتريت الموجودة في التراكيز المختلفة من مياه الفضلات، إذ ترتفع نسبة إزالة الأمونيا عند تسليط الأحمال النتروجينية العالية وتنخفض في حالة تسليط الأحمال المنخفضة، وعلى العكس في حالة إزالة النترات والنتريت، وهذا يعطي دليلاً واضحاً لآلية توازن النتروجين في الطبيعة، التي جعلته يكون متوازناً في النظام البيئي نتيجة توازن فعل عدة أنواع من الأحياء المجهرية، بحيث يبقى محتفظا بالمستويات الصحيحة للمواد المغذية الأولية للنبات دون الإفراط في تراكم أحداها على حساب الأخرى (شارلس، 1984).

إذ يلاحظ من المنحنيين بأنه عند تسليط حمل نتروجيني يساوي (31 كغم/هكتار. يوم) عند وقت مكوث هيدروليكي مقداره (6 أيام)، فإن كفاءة إزالة النترات والنتريت ستساوي في الوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء (93% و 95.6 %)، في حين ستكون في برك الأكسدة غير المغطاة به (83.2% و 87.2 %) وعلى التوالي.



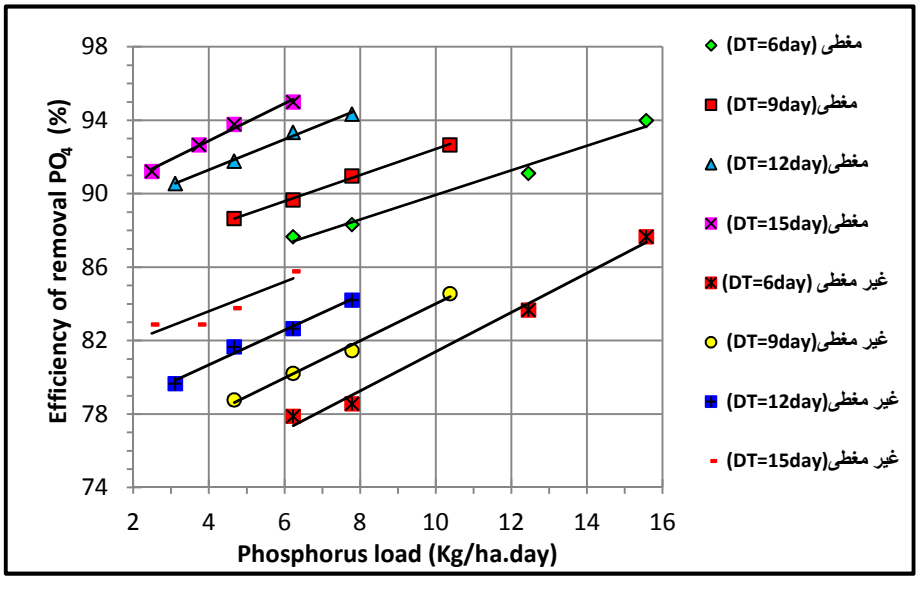
الشكل (3) : العلاقة بين الحمل النتروجيني المسلط على الوحدات الاختبارية وكفاءة إزالة النترات (NO_3)



الشكل (2) : العلاقة بين الحمل النتروجيني المسلط على الوحدات الاختبارية وكفاءة إزالة النتريت (NO_2)

3. تأثير تغير أحمال الفسفور المسلطة في الوحدات الاختبارية في كفاءة إزالة الفوسفات (PO_4)

في الشكل (4) ، تم تمثيل العلاقة بين أحمال الفسفور المسلطة على الوحدات الاختبارية بوحدة (كغم فسفور/ هكتار. يوم) مع النسبة المئوية لإزالة الفوسفات ولجميع المراحل التشغيلية. ويلاحظ من الشكل أنه عند تسليط حمل فسفور متساو فإن كفاءة الإزالة ستزداد عند تغطية برك الأكسدة بعدس الماء عنها في الوحدة الاختبارية التي لا تحتوي على عدس ماء، كذلك يلاحظ من الشكل انه بزيادة حمل الفسفور المسلط تزداد كفاءة الإزالة في الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به بثبوت وقت المكوث الهيدروليكي، ويعود السبب إلى ازدياد جاهزية نبات عدس الماء لامتصاص الفسفور في برك الأكسدة المغطاة به عند توفره بتراكيز مرتفعة إذ يمتلك نبات عدس الماء صفة مميزة في قدرته على النمو بتراكيز عالية من الفسفور (Leng , et. al, 1994) (Noemi Ran, et. al, 2004) ، (Al- Saidy, 2007) و (الطائي، 2010)

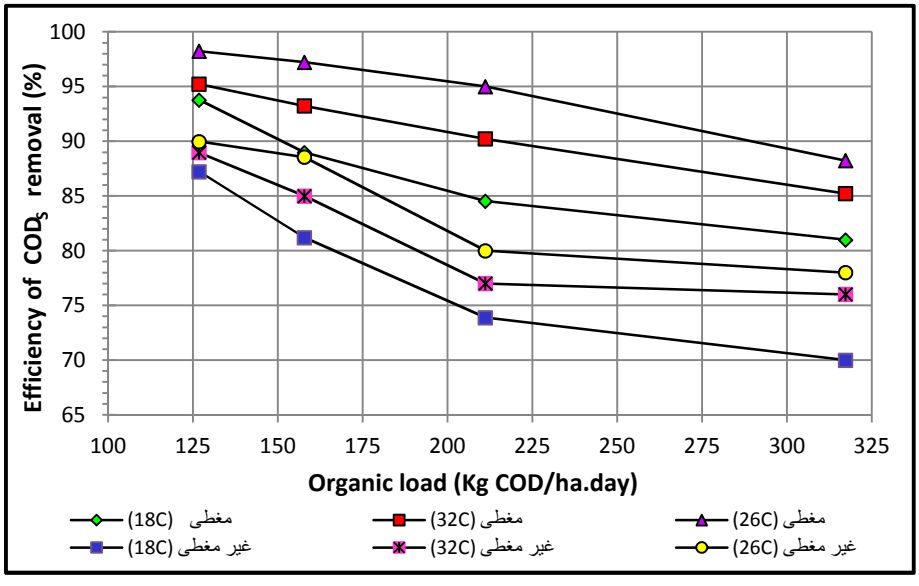


الشكل (4) : العلاقة بين أحمال الفسفور المسلطة على الوحدات الاختبارية وكفاءة إزالة الفوسفات (PO4)

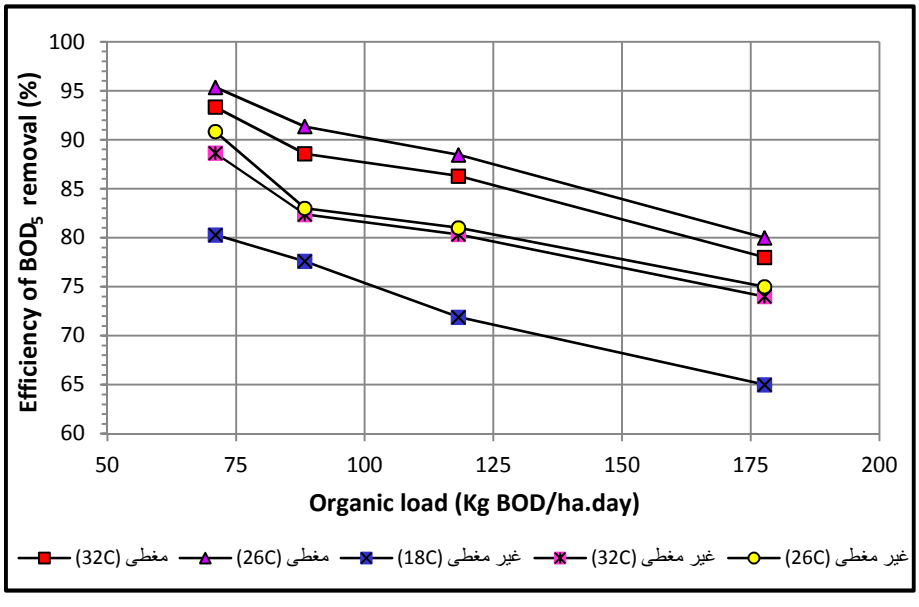
4. تأثير تغيير الأحمال العضوية المسلطة في الوحدات الإختبارية في كفاءة إزالة المواد العضوية

تم في الشكل (5) تمثيل العلاقة بين الحمل العضوي المسلط على الوحدات الاختبارية بوحدة (كغم COD/ هكتار. يوم) مع النسبة المئوية لإزالة المواد العضوية ولجميع المراحل التشغيلية. ويلاحظ من الشكل أنه عند تسليط حمل عضوي متساو فإن كفاءة الإزالة ستزداد عند تغطية برك الأكسدة بعدس الماء عنها في الوحدة الاختبارية التي لا تحتوي على عدس ماء (Noemi Ran , et . al, 2004). كذلك ويبين الشكل أنه بزيادة الحمل العضوي المسلط تنخفض كفاءة الإزالة في الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به. إذ يلاحظ من المنحني بأنه عند تسليط حمل عضوي يساوي (317 كغم/ هكتار. يوم) عند (32 درجة مئوية)، فإن كفاءة إزالة المواد العضوية ستساوي في الوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء (85.2%)، في حين ستكون في برك الأكسدة غير المغطاة به تساوي (76%).

أما في الشكل (6) ، فقد تم تمثيل العلاقة بين الحمل العضوي المسلط على الوحدات الاختبارية بوحدة (كغم BOD/ هكتار. يوم) مع النسبة المئوية لإزالة المواد العضوية (BOD removal) ولجميع المراحل التشغيلية. ويلاحظ من الشكل أنه عند تسليط حمل عضوي متساوٍ فإن كفاءة الإزالة ستزداد عند تغطية برك الأكسدة بعدس الماء عنها في الوحدة الاختبارية التي لا تحتوي عليه (Noemi Ran , et. al, 2004). إذ يلاحظ من المنحني بأنه عند تسليط حمل عضوي يساوي (71.0) كغم/ هكتار. يوم بدرجة حرارة (32 درجة مئوية) ، فإن كفاءة إزالة المواد العضوية ستساوي في الوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء (93.34%)، في حين ستكون في برك الأكسدة غير المغطاة به تساوي (88.632%).



الشكل (5) : العلاقة بين الحمل العضوي المسلط على الوحدات الاختبارية وكفاءة إزالة المواد العضوية المذابة (COD_S)



الشكل (6): العلاقه بين الحمل العضوي المسلط على الوحدات الاختباريه وكفاءة إزاله المواد العضويه (BOD_5)

الاستنتاجات

1. يساهم نبات عدس الماء بتحسين كفاءة إزالة كل من المواد العضوية والمغذيات (COD , BOD_5 , NO_3 , NH_3 ، PO_4)، إذ لوحظ ارتفاع كفاءة إزالة برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء من (78% ، 75% ، 83.22% ، 77.45% ، 77.89%) في برك الأكسدة التقليدية إلى (88.23% ، 80% ، 93 %، 87.22% ، 87.67%) بالبرك المغطاة ولكل من (COD , BOD_5 , NO_3 , NO_2 , NH_3 ، PO_4) وعلى التوالي.
2. تساهم تغطية برك الأكسدة بنباتات عدس الماء إلى زيادة قابليتها على تحمل أحمال عضوية ونتروجينية أعلى وعند درجات حرارية ثابتة، إذ من الممكن رفع قيمة الحمل العضوي المسلط على البركة من (65 كغم/هكتار.يوم) إلى (158 كغم/هكتار.يوم) وبتحقيق كفاءة الإزالة نفسها، في حين يمكن رفع قيمة الحمل النتروجيني المسلط من (49 كغم/هكتار.يوم) إلى (111 كغم/هكتار.يوم) ولتحقيق نسبة الإزالة نفسها.

3. تنخفض كفاءة إزالة كل من المركبات العضوية (BOD_5 , COD) والنتروجينية (NH_3 , NO_2 , NO_3) والفوسفات (PO_4) مع انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة المغطاة بعدس لماء وغير المغطاة به.
4. تختلف كفاءة إزالة المواد العضوية (BOD_5 , COD) والمغذيات (PO_4 , NH_3 NO_2 , NO_3) مع اختلاف درجات الحرارة وبثبوت 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.
5. تنخفض كفاءة إزالة كل من النترات والنتريت (NO_2 , NO_3) بارتفاع الحمل النتروجيني المسلط على الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به وبثبوت وقت المكوث الهيدروليكي، بالمقابل ترتفع كفاءة إزالة الأمونيا والفوسفات (PO_4 , NH_3) مع ارتفاع الحمل النتروجيني والفسفور المسلط وعند ثبوت وقت المكوث الهيدروليكي.
6. تختلف كفاءة إزالة المواد العضوية (BOD_5 , COD_S) والمغذيات (PO_4 , NH_3 NO_2 , NO_3) مع اختلاف درجات الحرارة وبثبوت 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

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 عدس الماء .Lemna spp المستعمل في معالجة مياه الصرف الصحي" ، رسالة ماجستير ، كلية الزراعة / جامعة بغداد.

الناصري، سفيان كامل (1988)، "مبادىء الثروة السمكية"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة البصرة. العراق، صفحة:231.

شارلس ، ساوثويك ، ترجمة صالح، قيصر نجيب؛ الدباغ، سهيلة عباس أحمد وصالح، طارق محمد (1984)، "علم البيئة ونوعية بيئتنا"، طبع جامعة الموصل، رقم الأيداع في المكتبة الوطنية ببغداد 758 لسنة 1984 .العراق، صفحة:9-95.

مولود، بهرام خضر؛ السعدي، حسين علي و الأعظمي، حسين أحمد شريف (1991)، "علم البيئة والتلوث"، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، العراق، صفحة: 366

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,Ch3, pp 1-46.

Boonyapookana, B. , Upatham, E. S, Kruatrachue, M. ,Pokethitiyook, P and Singhakaew, S. (2002), "Phytoaccumulation and phytotoxicity of cadmium and chromium in duckweed Wolffia globosa" *International Journal Phytoremediation,* Vol. 4, No. 2, pp 87-100.

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.

Crites, R., Middlebrooks, E., Reed, S., 2006,"Natural Wastewater Treatment Systems", New York, Ch1, pp 1-10.

Fange yy,babourina o, rengelz, yangxi, pupm. Et. Al (2007), "Ammonina and nitrate uptake by the floating plant", landoltia punclate ann bot 99, pp 365-370.

Ferrer, A. V. M and Van Der Steen, N. P And Samarasinghe, K. G; Gijzen, H.J (2001) "Quantification and comparison of methane emissions from algae and duckweed – based wastewater treatment ponds" *Universidad del valle / instituto cinara*, pp 92-98.

GESAMP (1993), "Impact of Oil and Related Chemical and Wastes on the Marine Environment". R. Stud. GESAMP. 50:180-181.

Hanczakowski, P.; Symczyk, B. and Wawrzyski, M. (1995), "Composition and nutritive value of sewage-grown duckweed (Lemna minor) for rats Animal". *Feed Science Technology*. 52: 339-343.

Kadlec, R. and Knight, R. (1996), "*Treatment* Wetland", S. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.

Kadlec, R. H. (1999) ,"the limits of phosphorus removal in wetlands . Wetlands Ecology And Managaneze. Vol 3 , pp 165-175.

Leng, R.A.; Stambolie, J.H. and Bell, R.E. (1994), "Duckweed a potential high protein feed resource for domestic animals and fish In: Improving animal production systems based on local feed resources. 7th AAAP Animal Science Congress". pp: 100-117.Livestock Research for Rural Development. 7 (1). pp:36-106. (Centre for Duckweed Research & Development University of New England Armidale, NSW 2351).

Leng, R.A.; Stambolie, J.H. and Bell, R.E. (1994), "Duckweed a potential high protein feed resource for domestic animals and fish In: Improving animal production systems based on local feed resources. 7th AAAP Animal Science Congress. pp: 100-117.Livestock Research for Rural Development", 7 (1). pp:36-106. (Centre for Duckweed Research & Development University of New England Armidale, NSW 2351).

Luord, A. (l980), "Effects of nitrogen and phosphorus upon the growth of some Lemnaceae. In:Biosystematische Untersuchungen in der Familie der Wasserlinsen (Lemnaceae),Veroffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH Zurich", Landolt E. Band 70.

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 (Lemna gibba L.) for treatment of domestic primary effluent in Israel", *Water Research* Vol. 38 , pp 2241–2248.

Omar, M. and Balla, D. (2009) "Drainage water purification in saline detention ponds with duckweeds" *Progress in Managing Water for Food and Rural Development*, VOL. 48, pp17-24.

Phuc, B. H. N.; Lindberg, J. E.; Ogle, B. and Thomke, S. (2001), "Determination of the nutritive value of tropical biomass products as dietary ingredients for monogastrics using rats: 1. comparison of eight forage species at two levels of inclusion in relation to a casein diet", Asian-Aust. Journal Animal Science14(7): 986-993.

Porath, D. and Pollock, J. (1982), "Ammonia stripping by duckweed and its feasibility in circulating aquaculture". Aquat. Bot. 13: 125-131.

Rana, S., (2004), "Topological Data Structures for Surfaces: An introduction to geographical information science", John Wiley & Sons, Chichester.

Skillicorn, P.; Spira, W. and Journey, W. (1993), "Duckweed aquaculture - a new aquatic farming system for developing countries". The World Bank. Washington DC. pp:76.

Skillicorn, P.; Spira, W. and Journey, W. (1993), "Duckweed aquaculture - a new aquatic farming system for developing countries", The World Bank. Washington DC. pp:76.

Thurman, H. V. and Webber. G. (1984), Marine biology, Charles E. Merrll Publ. Comp. Collumbus, Ohio.

Townsend, C. C., Guest, Evan, Omar,S. A., And Al-Khayat.A. H. (1985) "*Flora of Iraq*". Volume eight (monocotyledons), Ministry of agriculture & agrarian reform, Iraq. pp: 36-37.

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

Yakovlev, V. and Serobaba, I.I. (1994), "International integration of environment protection measures with regard for national priorities as the basis for black sea ecosystem sustainable development". Tr. Yugnire. Proc. South. Sci. Res. Inst. Mar. Fish Ocean. 41: 15-18.

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

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل