استعمال بعض الطحالب في معالجة مياه الفضلات الصناعية لمعمل نسيج الحلة

رسالة مقدمة من قبل

سعاد غالي كاظم العزاوي

إلى مجلس كلية العلوم - جامعة بابل

وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم

في علوم الحياة / بيئة وتلوث

إشراف

د. ميسون مهدي صالح

كانون الثاني – ٢٠٠٦ ذو الحجة – ١٤٢٧

The Use of Some Algae in treatment of Industrial Wastewater for Hilla Textile

A Thesis Submitted By

Suad Ghali Kadum Al-Azawy

To the Council of the College of Science University of Babylon

In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Biology / Ecology

Supervisor

Dr. Maysoon M. Saleh

December - ٢٠٠٦ **Tho Alheja - ١٤٢٧**

الإهداء

إلى

إلهي وخلاّقي وحرزي وموئلي ... إليك لدى الإعسار واليسر أنزع

إلــى أئمــة الهـدى هـم عـدل الكتــاب ... ومـن بهـم نهـج النبــي وشرعه يتجدد

(عليهم أفضل الصلاة والسلام)

إلى مقدستي رعاها الله من حُجرِ جناتٍ ضمن زمناً ... والدتي

إلى سحائب وجدٍ تهدهدني بأنغام الحنان ... والديّ

إلى نفوس كريمة طالما شددتُ أزري بها ... أخوتي

سعاد

شكر وتقدير

بسمه تعالى نبدأ وبه نستعين والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين والخلق أجمعين محمد وعلى آله الطيبين الطاهرين وأصحابه الغر المنتجبين.

يسعدني أن أتقدم بوافر الشكر وعظيم الامتنان إلى الأستاذ المساعد الدكتورة ميسون مهدي صالح لاقتراحها موضوع البحث ولما منحتني من ثقة مطلقة وتوجيهات قيمة طوال فترة البحث والأستاذ الدكتور فكرت حسن مجيد لجهوده الخيرة المخلصة طوال مدة الدراسة سائلة الله عز وجل أن يجزيهما عني خير جزاء وأن يوفقهما لخدمة المسيرة العلمية.

كما أتقدم بوافر التقدير والاعتزاز إلى رئاسة جامعة بابل وعمادة كلية العلوم ورئاسة قسم علوم الحياة أساتذة ومنتسبين لما قدموه من دعم مادي ومعنوي خلال مدة دراستي.

ويدعوني الواجب أن أعرب عن جزيل الشكر والعرفان إلى عائلتي لدعمهم المستمر والسيد عباس المدرس لمساعدته في إجراء بعض التحاليل الخاصة بالبحث والدكتور هادي مزعل لتوجيهاته القيمة في التحليل الإحصائي للبيانات والشركة العامة للصناعات النسيجية في الحلة لتسهيلهم أخذ العينات.

ولايفوتني الوفاء في شكر زملائي الدكتور جاسم سلمان والدكتورة أواز بهروز والسيد واثق الركابيّ وكلٍّ من ست نهى فالح وندى سعد وذكرى الكعبيّ وأنوار الحسينيّ وزينة هادي وسهى طه لمساعدتهم في توفير المواد الكيمياوية والمصادر العلمية.

وأخيراً شكري وتقديري إلى كل من أعانني بتشجيع ودعاء وصدق معي القول.

ســعاد

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَتُصْبِحُ الْأَرْضُ مُخْضَرَّةً إِنَّ اللَّهَ لَطِيفٌ خَبِيرٌ﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة الحج

الآية ٦٣

ز

توصية الأستاذ المشرف

أشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة بـ (**استعمال بعض الطحالب في معالجة مياه الفضلات الصناعية لمعمل نسيج الحلة**) قد جرى تحت إشرافي في قسم علوم الحياة/ كلية العلوم/ جامعة بابل، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الحياة (بيئة وتلوث).

التوقيع

المشرف: د. ميسون مهدي صالح الطائي

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: كلية العلوم/ جامعة بابل

التاريخ: / ١ /٢٠٠٧

توصية رئيس قسم علوم الحياة

إشارة إلى توصية الأستاذ المشرف أعلاه، أحيل هذه الرسالة إلى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها.

التوقيع:

الاسم: د. كريم حميد رشيد

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: كلية العلوم/ جامعة بابل

التاريخ: / ١ /٢٠٠٧

بسم الله الرحمن الرحيم

قرار لجنة المناقشة

نشهد نحن أعضاء لجنة التقويم والمناقشة، بأننا اطلعنا على الرسالة الموسومة بـ (**استعمال بعض الطحالب في معالجة مياه الفضلات الصناعية لمعمل نسيج الحلة**) وقد ناقشنا الطالبة (**سعاد غالي كاظم**) في محتوياتها، وفيما له علاقة بها، ووجدنا أنها جديرة لنيل درجة ماجستير في علوم الحياة – بيئة وتلوث.

رئيس اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. فؤاد منحر علكم

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: كلية التربية / جامعة القادسية

التاريخ: /١/٢٠٠٧

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. هادي مزعل ياسر

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: كلية العلوم للبنات / جامعة بابل

التاريخ: /١/٢٠٠٧

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. رباب عمران راضي

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: كلية العلوم/ جامعة بابل

التاريخ: /١/٢٠٠٧

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع

المشرف: د. ميسون مهدي صالح الطائي

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: كلية العلوم/ جامعة بابل

التاريخ: / ١ /٢٠٠٧

مصادقة عمادة كلية العلوم

أصادق على ما جاء في قرار اللجنة اعلاه.

التوقيع:

الاسم: د. عوده مزعل ياسر

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: كلية العلوم / جامعة بابل

التاريخ: /١/٢٠٠٧

Summary

This work was conducted to study the capability of three algae namely: *Chlorella vulgaris* , *Scendesmus quadriacuda* and *Nitzscjia palea* to reduce some pollutant concentration from wastewater of Hilla textile industry such as nitrite , nitrate , active phosphorus and sulphate. In addition the ability of these algae to reduce calcium and magnesium hardness causes total hardness and color reduce.

The result showed that *Chlorella vulgaris* gave the best result than other algae, and recorded ٧٦٪, ٨٤٪ reduce of nitrite and nitrate consequently during the ١٠th day of treatment was achieved, ٨٥٪ of reactive phosphate, ٤٧٪ sulphate.

The ability of this algae on removing alkalinity was ٦٥٪ and of total hardness ٣٦٪. While $Ca^{+٢}$ and $Mg^{+٢}$ reduce was ٤٧٪, ٣٣٪ during ٨th day of treatment ٦٨٪ removed of electrical conductivity and salinity and ٥٧٪ removed of color.

Lower capability to remove nitrite and nitrate was shown by *S. quadricauda*, which ٦٦٪ and ٧٩٪ consequently, ٧٥٪ of reactive phosphate at ١٠th day and ٤٢٪ of sulphate at ٧th day of treatment.

The alkalinity was reduced to ٥٩٪ and ٣٠٪ of total hardness also calcium and magnesium hardness removed to ٤٢٪, ٣٠٪ of ٨th day of treatment, ٥٥٪ reduce of electrical conductivity and salinity ٥٤٪ removed of color at ٩th day of treatment.

The ability of *Nitzschia palea* to remove nitrite and nitrate was as low as ١٤٪, ٢٤٪ at ٩th, ٦th day consequently. ٧٦٪ of reactive was removed during the five days of treatment also ١٧٪ of sulphate at ١٠th day.

The alkalinity was reduced to ٣٦٪ and ١٤٪ of total hardness both of them on ١٠th day. While reduce percentage was low ٣١٪ $Ca^{+٢}$ and ٨٪ $Mg^{+٢}$. ٢١٪ removed of electrical conductivity and salinity as well ٢٥٪ removed of color at ٨th day of treatment.

Using mixed culture of (*C. vulgaris* and *S. quadricauda*), (*C. vulgaris* and *N. palea*) and (*S. quadricauda* and *N. palea*) also mixture showed low coefficient comparably unialgal culture in unsterilized waste water.

When bimass of algae was Concerned *C. vulgaris* showed the highest growth rate (٠.٢٥٢) and doubling time which was (٢٨.٦٦) hr, during the second day for unsterilized wastewater.

N. palea gave average of growth rate was (٠.١٨٠) with fourth day and (٠.٢٧٩) second day for unterilized, storizied waste water consequently. Doubling (٤٠.١٣) hr, (٢٥.٨٩) hr consequently.

Water samples were collected monthly for water and phytoplankton from march ٢٠٠٥ till February ٢٠٠٦. the result showed that water temperature ranged between (٣٧٣ – ٢١)^{o}C. EC vales recorded (١٢٩٧ – ٢٠٣٠)Ms/cm. the salinity ranged between (٨٣٠ – ١٢٩٩)ppt. pH levels were on the

alkaline site of neutrality (٧.١٤ – ٩.٢٧). dissolved oxygen concentration were ranging from (١ – ٤.٤)mg/l.

Total alkalinity was ranging between (١٨٩ – ٥٣٢)mg/l wile total hardness (٢١١ – ٧٠٠)mg/l. Calcium (٤٨ – ١٤٥) mg/l, Magnesium (٣٥ – ١٣٣) mg/l sulphate (١٩٧ – ٤٧٠)mg/l while nutrient elements recorded (١٢ – ٣), (٣٩ – ٨) and (٣.٩ – ٠.٧) for nitrite, nitrate and phosphate respectively.

From the entrie sampling period (٥٢) taxonomic groups at study area. The encountered taxonomic group belong to Bacillriophyceae (٢٠), Chlorophaceae (١٤), Cyanophaceae (١٢), Euglenophaceaae (٤), Chrysophyacec (٢). The total count of phytoplankton was raning from (١٣٩.١ – ٦٩٤.٤) cell × $١٠^{٣}$/l.

الخلاصة

تمّ اختيار قابلية ثلاثـة أنواع من الطحالب:

(*Chlorell vulgaris* و *Scenedesmus quadricauda* و*Nitzschia palea*) فـي إزالـة بعض الملوثـات الموجودة فـي ميـاه الصـرف الصـناعيّ للشركة العامـة للصـناعات النسيجية مثل النتريت والنترات والفوسفات الفعالـة والكبريتـات ودراسـة قابلية هذه الطحالب في خفض أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم المسببين للعسرة الكلية من المياه الفضلات الصـناعية التابعـة للشركة كذلك معرفـة فعاليتها في إزالة اللون بالتراكيز المطروحة بشكل مباشر من حوض الشطف.

استعملت مزراع الوجبة (Batch culture) في إجراء هذه الدراسـة وذلك بتنميـة الطحالب فـي وسط (Chu ١٠) بشكل مزارع وحيدة الطحلب Unialgal culture وأضيف إليها مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة في ظروف مختبرية ثابتة (درجة الحرارة 25 ± 2) وشدة إضاءة مقدارها ٥٠ مايكروانشتاين/م^{٢}/ثا وفي نظام ضوئيّ ١٦:٨ ساعة إضاءة: ظلام.

بينت النتائج بأن النوع *C. vulgaris* تميز بكفاءته العالية في إزالة الملوثات من مياه الفضلات الصناعية مقارنة بـالنوعين الآخرين إذ بلغت الإزالة ٧٦٪ للنتريت و٨٤٪ للنترات في اليوم العاشر من المعاملة. وتمكن أيضاً من إزالـة الفوسفات الفعالـة ٨٥٪ والكبريتات ٤٧٪ في اليوم العاشر وخفض القاعدية إلى ٦٥٪ والعسرة الكليـة ٣٦٪ أمـا بالنسبة لعسرة الكالسيوم فقد انخفضـت إلـى ٤٧٪ فـي اليوم السـابع من المعاملـة وبلغت نسبة الإزالـة لعسرة المغنيسيوم ٣٣٪ في اليوم الثـامن وانخفضـت كلّ من التوصـيلية الكهربائية والملوحة بنسبة ٦٨٪ كما أظهر الطحلب كفاءة جيدة في إزالة اللون ٥٧٪ في اليوم الثامن.

وأضـهر النوع *S. quadricauda* كفاءة أقل فـي إزالـة النتريـت والنترات إذ بلغت ٧٩٪ و٦٦٪ علـى التوالي خـلال مـدة التجربة. وتمكن من إزالـة ٧٥٪ من الفوسفات الفعالـة فـي اليوم العاشر و٤٢٪ من الكبريتـات فـي اليـوم السـابع من المعاملـة. كمـا انخفضت القاعدية إلى ٥٩٪ والعسرة الكلية إلى ٣٠٪ أما بالنسبة لعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم فقد انخفضـت إلـى ٣٠٪ و٤٢٪ علـى التوالي في اليوم الثامن من المعاملة وانخفضت كل من التوصيلية الكهربائية والملوحة بنسبة ٥٥٪. أما اللون فقد تمكن الطحلب من إزالته في اليوم التاسع بنسبة ٥٤٪

وبينت الدراسة أن كفاءة النوع *N. palea* قليلة جداً مقارنـة بالنوعين السابقين في إزالة النتريت والنترات إذ بلغت ٢٤٪ و١٤٪ في اليوم السادس والتاسع على التوالي. وأزيل ٧٦٪ من الفوسفات الفعالة خلال خمسة أيام الأولى من المعاملة أما الكبريتـات فقد بلغت الإزالة ١٧٪ وانخفضت القاعدية والعسرة الكلية إلى ١٤٪ و٣٦٪ في اليوم العاشر من المعاملة وعلى التوالي. أمـا بالنسبة لعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم فقد كانت الإزالـة قليلـة بلغت نسبة ٨٪ و٣١٪ علـى التـوالي وانخفضـت كل مـن التوصـيلية الكهربائيـة والملوحة بنسبة ٢١٪ وأظهر الطحلب نسبة إزالة منخفضة للون مقدارها ٢٥٪ في اليوم الثامن من المعاملة.

وأظهرت النتـائج عند استعمال المزارع المختلطـة لنـوعين أو ثلاثـة أنـواع مـن الطحـالب المدروسـة حـدوث انخفـاض فـي مقدرتها على إزالة بعض الملوثات في حالة معاملة مياه الصرف الصناعي غير المعقمة مقارنةً مع وجودها بشكل مزارع منفردة.

وفيما يخص الكتلة الحية للطحالب فقد سُجل النوع *C. vulgaris* أعلى معدل للنمو ٠.٢٥٢ وأدنى زمن للتضاعف (للجيل) (٢٨.٦٦ ساعة) في اليوم الثاني من المعاملة لنماذج مياه الفضلات غير المعقمة وللنماذج المعقمة بلغ أعلى معدل للنمو ٠.١٣٦ وأقل زمن تضاعف (٥٣.١٢ ساعة) في اليوم السادس.

وشملت الدراسة تقييم الميـاه الفضـلات الصـناعية لمعمـل نسيج الحلـة وأوضـحت نتـائج الدراسـة أن هذه الميـاه تقـع ضـمن محـددات ميـاه الصـرف للصـنـاعات النسـيجية مـن حيـث التوصـيلية الكهربائيـة والملوحـة والأس الهيـدروجيني وعسـرة الكالسـيوم والمغنيسيوم والنترات. في حين كانت العسرة الكلية والقاعدية وتراكيز النتريت والفوسفات والكبريتات والأوكسجين الذائب فقد كانت أكثر من المحدد البيئي.

ولغرض التعرف على أنواع الهائمات النباتية في موقع طرح ميـاه الصـرف الصـناعيّ فقد أجريت دراسـة نوعيـة وكميـة على الهائمات النباتية إذ أظهرت الدراسة وجود ٥٢ وحدة تصنيفية للهائمات النباتية إذ شخصـت ٢٠ مجموعـة تعود إلـى الدايتومات و١٤ مجموعة تعود إلى الطحالب الخضراء و١٢ مجموعة تعود إلى الطحالب الخضر المزرقة و٤ مجاميع تعود إلى اليوغلينات و٢ مجموعتين تعود إلى الطحالب البنية الذهبية. وكان العدد الكلي للهائمات النباتية يتراوح بين ١٣٩.١ – ٦٩٤.٤ ملغم/ليتر.

قائمة المحتويات

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
	الخلاصة باللغة العربية	I
	قائمة المحتويات	III
	قائمة الجداول	VII
	قائمة الأشكال	X
الفصل الأول: المقدمة والاستعراض المراجع		
١-١	مقدمة	١
١-٢	تلوث المياه	٣
١-٣	المصادر الرئيسة لتلوث المياه	٣
١-٣-١	التلوث بفضلات المجاري المنزلية	٣
١-٣-٢	المصادر الصناعية	٤
١-٣-٣	المصادر الزراعية	٤
١-٣-٤	التلوث بالمياه التجارية	٤
١-٣-٥	مصادر متنوعة	٤
١-٤	أنواع الملوثات	٤
١-٥	المياه الصناعية	٧
١-٦	مواصفات المياه الفضلات الصناعية للصناعات النسيجية	٧
١-٧	الملوثات الرئيسة في المياه الفضلات الصناعية للصناعات النسيجية	٨
١-٨	معالجة المياه الفضلات الصناعية الصناعية	٩
١-٨-١	المعالجة التمهيدية	٩
١-٨-٢	المعالجة الأولية	٩
١-٨-٣	المعالجة الثانوية	١٠
١-٨-٤	المعالجة المتقدمة	١٠
١-٩	طرائق المعالجة للمياه	١١
١-١٠	أهمية الطحالب	١٤
١-١١	الأصباغ في الصناعات النسيجية	١٦
١-١٢	استعمال الطحالب في المنظومات الريادية لمعالجة مياه الفضلات	١٨
١-١٣	الدراسات الحديثة	٢٤
١-١٤	الهدف من الدراسة	٢٦
الفصل الثاني: المواد وطرائق العمل		
٢-١	موقع الدراسة	٢٧
٢-١-١	الأجهزة المستعملة	٢٩
٢-١-٢	المواد الكيميائية المستعملة	٣٠
٢-٢	عزلات الطحالب المستعملة في الدراسة	٣١
٢-٣	غسل وتعقيم الأدوات المستعملة	٣٢
٢-٤	جمع نماذج مياه الفضلات	٣٢
٢-٥	حفظ وإدامة العزلة	٣٣
٢-٦	الوسط الزرعي الصلب	٣٣
٢-٧	خزن الطحلب	٣٤
٢-٨	معاملة مياه الفضلات بالطحالب	٣٥
٢-٩	معاملة مياه الفضلات غير المعقمة بخليط من الطحالب	٣٥
٢-١٠	مياه الفضلات غير المعاملة بالطحالب (السيطرة)	٣٥
٢-١١	الكتلة الحية	٣٦
٢-١١-١	العدد الكلي للخلايا	٣٦
٢-١١-٢	الوزن الجاف	٣٦
٢-١٢	كثافة خلايا الطحالب	٣٧
٢-١٣	التحاليل الفيزيائية والكيمائية والبايولوجية	٣٧
٢-١٣-١	التحاليل الفيزيائية	٣٧
٢-١٣-١-١	التوصيلية الكهربائية والملوحة	٣٧
٢-١٣-٢	التحاليل الكيميائية	٣٧
٢-١٣-٢-١	الأس الهيدروجيني	٣٧
٢-١٣-٢-٢	القاعدية الكلية	٣٧
٢-١٣-٢-٣	العسرة الكلية	٣٨

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
٢-١٣-٢-٤	عسرة الكالسيوم	٣٨
٢-١٣-٢-٥	عسرة المغنيسيوم	٣٨
٢-١٣-٢-٦	النترات	٣٨
٢-١٣-٢-٧	النتريت	٣٨
٢-١٣-٢-٨	الفوسفات الفعالة	٣٨
٢-١٣-٢-٩	الكبريتات	٣٩
٢-١٣-٢-١٠	الأوكسجين الذائب	٣٩
٢-١٤	قياس اللون	٣٩
٢-١٥	حساب النسبة المئوية للإزالة	٣٩
٢-١٦	الهائمات النباتية	٣٩
٢-١٦-١	الدراسة النوعية	٣٩
٢-١٦-٢	الدراسة الكمية	٤٠
٢-١٧	التحليل الإحصائي	٤٠
الفصل الثالث: النتائج		
٣-١	تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الفضلات الصناعية للشركة العامة للصناعات النسيجية	٤١
٣-٢	الهائمات النباتية	٤٨
٣-٢-١	الدراسة النوعية	٤٨
٣-٢-٢	الدراسة الكمية	٤٨
٣-٣	معاملة مياه الفضلات الصناعية بطحلب *C. vulgaris*	٥٢
٣-٣-١	الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بالطحلب	٥٢
٣-٤	معاملة مياه الفضلات الصناعية بطحلب *S. quadricauda*	٦٢
٣-٤-١	الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بالطحلب	٦٢
٣-٥	معاملة مياه الفضلات الصناعية بطحلب *N. palea*	٧٢
٣-٥-١	الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بالطحلب	٧٢
٣-٦	معاملة مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة بخليط من الطحالب	٨٢
٣-٦-١	الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بالطحالب	٨٢
٣-٧	الكتلة الحية للطحلب *C. vulgaris*	١٠٠
٣-٨	الكتلة الحية للطحلب *S. quadricuada*	١٠٢
٣-٩	الكتلة الحية للطحلب *N. palea*	١٠٥
٣-١٠	الكتلة الحية لخليط الطحالب	١٠٧
٣-١١	مياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب (السيطرة)	١١٧
الفصل الرابع: المناقشة		
٤-١	المناقشة	١٢٢
٤-٢	الفحوصات الفيزياوية والكيميائية	١٢٢
٤-٣	الدراسة النوعية والكمية للهائمات النباتية	١٢٣
٤-٤	معالجة مياه الفضلات الصناعية لمياه الفضلات الصناعية بالطحالب	١٢٤
	الاستنتاجات	١٣١
	التوصيات	١٣١
	المصادر	١٣٢
	الخلاصة باللغة الإنكليزية	A

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
١	مكونات الوسط الغذائي ١٠ – chu (ملغم/لتر) المستعمل	٣٤
٢	التغيير الشهري في أعداد وأنواع الهائمات النباتية (خلية × $١٠^{٣}$/لتر) في موقع الدراسة للفترة ٢٠٠٦-٢٠٠٥	٥٠
٣	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعقمة والمعاملة بطحلب *Chlorella vulgaris*	٥٣
٤	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلب *Chlorella vulgaris*	٥٤
٥	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعقمة والمعاملة بطحلب *S. quadricauda*	٦٣
٦	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلب *S. quadricauda*	٦٤
٧	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعقمة والمعاملة بطحلب *N. palea*	٧٣
٨	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلب *N. palea*	٧٤
٩	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلبي *C. vulgaris & S. quadricauda*	٨٣
١٠	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلبي *C. vulgaris & N. palea*	٨٤
١١	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلبي *S. quadricauda & N. palea*	٨٥
١٢	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بالطحالب الثلاث (المزيج الثلاثي)	٨٦
١٣	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١٠١
١٤	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١٠١
١٥	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *S. quadricauda* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١٠٣
١٦	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *S. quadricauda* النامية في مياه الفضلات الصناعية المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١٠٣
١٧	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١٠٦
١٨	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١٠٦
١٩	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *S. quadricauda & C. vulgaris* باختلاف المدة الزمنية	١٠٩
٢٠	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *N. palea & C. vulgaris* باختلاف المدة الزمنية	١٠٩
٢١	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *S. quadricauda & N. palea* باختلاف المدة الزمنية	١١٠
٢٢	الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *S. quadricauda , C. vulgaris & N. palea* باختلاف المدة الزمنية	١١٠
٢٣	قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب	١١٨

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
٢٤	النسبة المئوية لإزالة بعض الملوثات من مياه الفضلات الصناعية بوساطة الطحالب	١٢١

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
١	التباين الشهري لدرجة حرارة الماء (مْ) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٢
٢	التباين الشهري لقيمة الأس الهيدروجيني (pH) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٢
٣	التباين الشهري لقيم التوصيلية الكهربائية (مايكروسيمنز/سم) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٣
٤	التباين الشهري للملوحة (.%) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٣
٥	التباين الشهري لقيم القاعدية (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٤
٦	التباين الشهري لقيم العسرة الكلية (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٤
٧	التباين الشهري لقيم عسرة الكالسيوم (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٥
٨	التباين الشهري لقيم عسرة المغنيسيوم (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٥
٩	التباين الشهري لقيم النتريت (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٦
١٠	التباين الشهري لقيم النترات (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٦
١١	التباين الشهري لقيم الفوسفات (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٧
١٢	التباين الشهري لقيم الكبريتات (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٧
١٣	التباين الشهري لقيم الأوكسجين الذائب (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٨
١٤	التباين الشهري للعدد الكلي للهائمات النباتية (خلية × $١٠^{٣}$/سم) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة	٤٩
١٥	النسبة المئوية للإزالة الكلية للتوصيلية الكهربائية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٥٧
١٦	النسبة المئوية للإزالة الكلية للنتريت من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٥٧
١٧	النسبة المئوية للإزالة الكلية للنترات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٥٨
١٨	النسبة المئوية للإزالة الكلية للفوسفات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٥٨
١٩	النسبة المئوية للإزالة الكلية للكبريتات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٥٩
٢٠	النسبة المئوية للإزالة الكلية للقاعدية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٥٩
٢١	النسبة المئوية للإزالة الكلية للعسرة الكلية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٦٠
٢٢	النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة الكالسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٦٠
٢٣	النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة المغنيسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٦١
٢٤	النسبة المئوية للإزالة الكلية للون من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية	٦١
٢٥	النسبة المئوية للإزالة الكلية للتوصيلية الكهربائية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية	٦٧
٢٦	النسبة المئوية للإزالة الكلية للنتريت من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية	٦٧
٢٧	النسبة المئوية للإزالة الكلية للنترات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية	٦٨
٢٨	النسبة المئوية للإزالة الكلية للفوسفات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية	٦٨

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
٢٩	النسبة المئوية للإزالة الكلية للكبريتات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية	٦٩
٣٠	النسبة المئوية للإزالة الكلية للقاعدية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية	٦٩
٣١	النسبة المئوية للإزالة الكلية للعسرة الكلية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية	٧٠
٣٢	النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة الكالسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية	٧٠
٣٣	النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة المغنيسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda*	٧١
٣٤	النسبة المئوية للإزالة الكلية للون من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda*	٧١
٣٥	النسبة المئوية للإزالة الكلية للتوصيلية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٧٧
٣٦	النسبة المئوية للإزالة الكلية للنتريت من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٧٧
٣٧	النسبة المئوية للإزالة الكلية للنترات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٧٨
٣٨	النسبة المئوية للإزالة الكلية للفوسفات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٧٨
٣٩	النسبة المئوية للإزالة الكلية للكبريتات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٧٩
٤٠	النسبة المئوية للإزالة الكلية للقاعدية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٧٩
٤١	النسبة المئوية للإزالة الكلية للعسرة الكلية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٨٠
٤٢	النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة الكالسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٨٠
٤٣	النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة المغنيسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٨١
٤٤	النسبة المئوية للإزالة الكلية للون من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية	٨١
٤٥	النسبة المئوية للإزالة الكلية للتوصيلية الكهربائية والملوحة في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩٠
٤٦	النسبة المئوية للإزالة الكلية للنتريت في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩١
٤٧	النسبة المئوية للإزالة الكلية للنترات في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩٢
٤٨	النسبة المئوية للإزالة الكلية للفوسفات الفعالة في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩٣
٤٩	النسبة المئوية للإزالة الكلية للكبريتات في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩٤
٥٠	النسبة المئوية للإزالة الكلية للقاعدية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩٥
٥١	النسبة المئوية للإزالة الكلية للعسرة الكلية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩٦
٥٢	النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة الكالسيوم في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩٧
٥٣	النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة المغنيسيوم في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩٨

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
٥٤	النسبة المئوية للإزالة الكلية للون في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية	٩٩
٥٥	العدد الكلي لخلايا طحلب *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة	١٠٤
٥٦	العدد الكلي لخلايا طحلب *S. quadricauda* النامية في مياه الفضلات الصناعية المعقمة وغير المعقمة	١٠٤
٥٧	العدد الكلي لخلايا طحلب *N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة باختلاف المدة الزمنية	١٠٧
٥٨	العدد الكلي لخلايا طحلبين *S. quadricauda* و *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١١١
٥٩	العدد الكلي لخلايا طحلبين *N. palea* و *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١١١
٦٠	العدد الكلي لخلايا طحلبين *S. quadricauda* و *N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١١٢
٦١	العدد الكلي لخلايا طحالب *S. quadricauda* و *C. vulgaris* و*N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة باختلاف المدة الزمنية	١١٢
٦٢	العدد الكلي لخلايا الطحلب *C. vulgaris* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة (من حوض الشطف) باختلاف المدة الزمنية	١١٣
٦٣	العدد الكلي لخلايا الطحلب *S. quadricauda* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة (من حوض الشطف) باختلاف المدة الزمنية	١١٣
٦٤	العدد الكلي لخلايا الطحلب *N. palea* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة (من حوض الشطف) باختلاف المدة الزمنية	١١٤
٦٥	العدد الكلي لخلايا الطحلب *N. palea* و *C. vulgaris* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة (من حوض الشطف) باختلاف المدة الزمنية	١١٤
٦٦	العدد الكلي لخلايا الطحلب *S. quadricauda* و *C. vulgaris* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة (من حوض الشطف) باختلاف المدة الزمنية	١١٥
٦٧	العدد الكلي لخلايا الطحلب *S. quadricauda* و *N. palea* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة (من حوض الشطف) باختلاف المدة الزمنية	١١٥
٦٨	العدد الكلي لخلايا الطحلب *S. quadricauda* و *C. vulgaris* و *N. palea* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة (من حوض الشطف) باختلاف المدة الزمنية	١١٦
٦٩	النسبة المئوية لإزالة الملوثات من مياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب (السيطرة) باختلاف المدة الزمنية	١١٩

١-١ المقدمة

أدى التطور الذي شهدته معظم دول العالم وزيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة إلى زيادة ملحوظة في الطلب على المياه وعلى الرغم من أن بعض الدول لا تعاني من هذه المشكلة بسبب تنوع مصادرها المائية وبكميات تفي بالطلب إلا أن توزيع المياه الصالحة للاستعمال على سطح الكرة الأرضية ليس متساوياً وقد أدى ذلك إلى اختلال التوازن بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعليّ عليها الأمر الذي أدى إلى التفكير في تنوع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بكافة الطرائق. زمنها إعادة استعمال مياه الصرف الصناعيّ وجدت قبولاً ملحوظاً في الآونة الأخيرة (درويش، ١٩٩٧).

يعد تلوث البيئة المائية من المشكلات العالمية الكبيرة التي تشغل الحكومات والشعوب في كل أرجاء العالم التي تسعى جاهدة لحلها إذ إن استمراره كفيل لأحداث أضرار بالغة في صحة الإنسان والأنظمة البيئية والتطور الحضاريّ (السعدي، ٢٠٠٦)

تساهم مياه الصرف الصناعيّ في تلوث المياه لذا يجب أن تحتوي المصانع على وحدات كفوءة لمعالجة المخلفات الصناعية في مياه الصرف قبل طرحها في الوسط البيئي وهذا ما ينسجم مع مبدء الحماية البيئية المتكاملة، يمكن التحكم بكمية مياه الصرف الصناعيّ ونوعيته وذلك باختيار المواد الأولية وطرائق التصنيع اختياراً جيداً ولابد من الإشارة إلى أن معالجة مياه الصرف الصناعيّ أمر لايمكن فصله عما يدعى بإدارة التلوث الصناعيّ أو إدارة النفايات الصناعية (Industrial waste management) وتتباين طرائق المعالجة بين فيزيائية وكيميائية وحياتية، فعند اختيار نظام المعالجة الكيميائية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار كمية المياه الملوثة ونوعيتها وتوفير الكيمياويات اللازمة كذلك سلامة العملية وأمانتها ونوعية التلوث الناتج، وأن الحاجة إلى ضبط العمليات هنا أكبر مما في حالة أنظمة المعالجة الحياتية، فإذا استعملت المواد الكيمياوية بكميات فائقة أو لم يتح زمن تلامس مناسب فان التفاعلات الكيميائية لن تتم الشكل الأمثل وينتج عن ذلك تكون ملوثات أخرى جديدة صعبة المعالجة (البيطار، ٢٠٠٥).

تتنوع تقنيات معالجة التلوث الصناعيّ تنوعاً كبيراً وقد تتضمن كل العمليات المتبعة في معالجة الصرف الصحي فضلاً عن التقنيات الخاصة بكل صناعة ومن الشائع الدمج بين تقنيات المعالجة المختلفة فيزيائية حياتية أو حياتية (هوائية – ولا هوائية) أو تكون معالجة فيزيائية كيميائية. (Pia- Bes, A. *et al.*, ٢٠٠٢)

وقد أكد المختصين بعلوم الحياة والهندسة في مجال معالجة مياه الصرف الصناعيّ من خلال الخبرات العلمية والعملية المتراكمة خلال ربع قرن على أن فعالية نظام المعالجة الحياتية وأفضليتها على المعالجات الفيزيائية والكيميائية على الرغم من تطورها وحداثتها، ويعزى ذلك إلى أن نظام المعالجة الحياتية يعد وسيلة طبيعية آمنة صحياً وفي الوقت ذاته زهيدة الثمن بسيطة التجهيز لا تشكل عبئاً مالياً أو فنياً يضاف لتكاليف الإنتاج (Kroiss & Muller, ١٩٩٩ و حمدي، ٢٠٠٢). وفضلاً عن ذلك فإن لنظام المعالجة الحياتية ميزة هامة جداً وهي أنه نظام عمليّ يعتمد على الكائنات الحية الدقيقة (البكتريا –والطحالب والفطريات والابتدائيات) التي تستوطن هذه المياه وهذا ما يبرر الانتشار الواسع لأنواع أنظمة المعالجة في مدن العالم المتقدم (William, ١٩٩٧).

١-٢ تلوث المياه

يعرف التلوث على أنه أي ضرر أو خلل يحدث في النظام البيئيّ بسبب تدخل الإنسان (Clark, ١٩٩٨). أو التغير المفاجئ أو التدريجيّ في الخواص الفيزيائية أو الكيميائية أو الجيولوجية أو الحياتية للمحيط Environment (Taha *et al.*, ٢٠٠٤). أما تلوث المياه (Water pollution) فيعرف بأنه الانحطاط في نوعية المياه الطبيعية بسبب إضافة المواد الضارة إليها بتراكيز متزايدة أو إدخال تأثيرات عليها مثل زيادة درجة حرارتها أو نقصان بعض مكوناتها الطبيعية الأساسية من جراء تدخلات الإنسان مما يجعل هذه المياه غير صالحة للاستعمالات الحياتية والصناعية (رمضان وجماعته، ١٩٩١)

وتستهلك الصناعات المختلفة كالصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية والدوائية والصناعات النسيجية وكذلك الصناعات الصحية كميات كبيرة من المياه ويسبب تدفق مياه الصرف الصناعيّ إلحاق ضرر كبير في البيئة المائية سواء كانت هذه المياه معالجة أم غير معالجة وذلك لاحتوائها على الملوثات الرئيسة الخطرة أو الضارة كالزيوت والشحوم والأحماض والقلويات والمواد الصلبة والمعلقة والسيانيدات والأملاح والمنظفات فضلاً عن مواد كيميائية متنوعة، لذلك يعد التخلص من المخلفات الصناعية واحداً من أكبر المشكلات التي تبذل جهود مكثفة وتنفق أموال طائلة من أجلها على مستوى العالم للتقليل من أثارها المدمرة لكافة العناصر البيئية (Johnson, ٢٠٠٠ و Hennigan, ٢٠٠١).

١-٣ المصادر الرئيسة لتلوث المياه

تصنف المصادر الرئيسة لتلوث المياه إلى:

١-٣-١ التلوث بفضلات المجاري المنزلية Municipal Wastewater

تعد مياه المجاري واحدة من أخطر المشكلات على الصحة العامة لأنها ناتجة من طرح مياه فضلات المنازل أو المؤسسات التجارية في المدينة داخل شبكات المجاري إذ تمتاز هذه المصادر بأنها تطرح إلى البيئة المائية في هيأة مياه معالجة بصورة تامة أو معالجة جزئياً أو غير معالجة في بعض الأحيان وتشكل ٢٨% من مصادر تلوث المياه (الصائغ وأروى، ٢٠٠٢ و سرحان، ٢٠٠٢).

١-٣-٢ المصادر الصناعية Industrial Sources

وهي من أهم وأكثر المصادر المسببة لتلوث المياه لاسيما بالمواد الكيميائية كالحوامض والقواعد والمواد السامة ومن القطاعات الصناعية التي لها تأثيرات بيئية هي الصناعات الغذائية والنسيجية والمعدنية والمطاطية والبلاستيكية والكيميائية والنفطية وتسهم هذه المصادر بـ ٤٨% من تلوث المياه (العمر، ٢٠٠٠).

١-٣-٣ المصادر الزراعية Agricultural Sources

ارتفع في الآونة الأخيرة استعمال المبيدات الحشرية والأسمدة الكيميائية لأغراض تحسين الإنتاج الزراعي مما يؤدي إلى جرف قسم كبير من هذه الملوثات مع مياه الأمطار أو مياه الري مسببة تلوثاً كيميائياً خطيراً للبيئة المائية فضلاً عن التأثير السمي والتراكم الحيوي للأنظمة البيئية وتسهم هذه المصادر بـ ٢٤% من تلوث المياه (Sabater & Carrasco, ٢٠٠١)

١-٣-٤ التلوث بالمياه التجارية Commercial Sources

تحرص معظم دول العالم على صيانة سواحلها البحرية من مخاطر التلوث التجاريّ الناتج عن ازدحام حركة مرور الناقلات مهما كان نوع حمولتها. إن حوادث تسرب النفط إلى البحر قد تؤدي إلى نقص كبير في كمية المواد الغذائية ونوعيتها التي ينتجها البحر التي تسهم بدرجة كبيرة في تغذية الإنسان (الصائغ وأروى، ٢٠٠٢).

١-٣-٥ مصادر متنوعة Different Sources

تسهم النشاطات الواقعة خارج المدن (غير المرتبطة بشبكات معالجة المياه كالحرف والصناعات في القطاع الخاص وغيرها من التجاوزات إلى زيادة ملوثات المياه (العادلي، ٢٠٠٣).

١-٤ أنواع الملوثات

صنفت الملوثات الأساسية حسب خواصها اعتماداً على (EPA, ١٩٧١)

١) الفضلات المستهلكة للأوكسجين Oxygen demanding Wastes

تعد كمية الأوكسجين الذائبة في الماء أهم مقياس لجودة المياه ونوعيتها وان الفضلات المستهلكة للأوكسجين مواد تتأكسد في الماء مستهلكة في أثناء أكسدتها الأوكسجين الموجود وهذه الفضلات هي فضلات عضوية قابلة للتحلل حياتياً (Biodegradable organic substances) وتوجد عادة في مياه الصرف الصحيّ والصرف الصناعيّ ويمكن الاستدلال عليها من قيم المتطلب الكيميائيّ COD والحياتي ،BOD للأوكسجين الذي يشير إلى مقدار المواد العضوية المتحللة بوساطة الأكسدة الحياتية في ذلك الوقت (Ghoreishi & Haghighi, ٢٠٠٣)

٢) الممرضات Pathogens

الممرضات هي أحياء مجهرية أو كائنات دقيقة تصيب الإنسان ويمكن تقسيم المياه الملوثة من حيث إمراضيتها إلى:

- مياه ممرضة (water-pallogen) مياه حاملة لأمراض كالتيفوئيد والكوليرا وتنقل هذه الأمراض بالشرب أو الاستحمام.
- مياه حاملة للمرض (water –borne) مياه محتوية لكائنات تسبب أمراضاً كديدان البلهارزيا وهي تنتقل بالتلامس كالاستحمام.
- مياه النظافة الشخصية (Water- hygiene) مياه تسبب أمراض الجلد وأمراض الصيف كالرمد وهي تحدث بسبب قلة المياه المستعملة للنظافة الشخصية. (Anisowrth, ٢٠٠٤ و٢٠٠٥ ,Hutichison *et al.*).

٣) المغذيات Nutrients

هي مواد كيميائية من أشهرها الفسفور والنيتروجين تساعد على نمو الكائنات الحية وجودها بنسب معقولة في الماء يعد طبيعياً وأساسياً في أية مياه جارية على سطح الأرض بدايتها ملوثات عندما تزيد عن حدها الطبيعيّ، فتبدأ النباتات المائية بالاستفادة منها بشكل كبير مما يؤدي إلى نموها وانتشارها بسرعة كبيرة وبالتالي يؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائيّ (Euotriphication) (Heath *et al.*, ١٩٩٨ و Van-den Berg, ١٩٩٨).

٤) المواد غير العضوية Inorganic matter

وتشمل الحوامض والقواعد والمنظفات الصناعية وغيرها من المواد التي تحتاج إلى معادلة (Nutralization) وتتطلب السيطرة على قيم pH. (الهاشميّ، ١٩٩٩).

٥) الكيمياويات السامة Toxic chemicals

وهي الملوثات التي تشمل الأملاح المعدنية (Metal salts) والمبيدات (Pesticides) والمواد المشابهة لها التي تحتاج إلى عناية وسيطرة في استعمالها لتجنب تلوث الماء والتربة. (السعديّ، ٢٠٠٦).

أ.العناصر الثقيلة (Heavy metals)

المصدر الرئيس لهذه الملوثات هو الصرف الصناعيّ، والعناصر الثقيلة مثل: الكروم والرصاص والزئبق وهي عناصر تكون كثافتها أكثر من كثافة المياه بخمسة اضعاف أو أكثر مما يسمح بترسبها في قاع الأنهار أو البحيرات إلا أن خطرها موجود على الدوام بسبب عدم تحللها طبيعياً (Tam *et al.*, ٢٠٠١)

ب. المبيدات (Pesticides)

هي مواد كيميائية تستعمل للقضاء على الحيوانات القارضة كالفئران (Rodenticides) أو للقضاء على الحشرات (Insecticides) أو الأعشاب (Herbicides) أو الفطريات (Fungicides) وخطورة هذه المواد متأتية من مقاومتها للانحلال إذ تبقى مدة طويلة في الطبيعة قبل أن تتفكك إلى مركباتها الأصلية. وكذلك سهولة ذوبانها في الشحوم (Lipids Soluble) مما يسمح لها بالبقاء داخل جسم الكائن الحيّ والانتقال من كائن إلى آخر في السلسلة الغذائية مسببة السرطان. (Ji *et al.*, ٢٠٠١)

٦) التلوث الحراري Thermal pollution

التلوث الحراريّ سببه رمي المصانع بشكل مباشر المياه المستعملة في العمليات الصناعية لغرض التبريد التي تحمل عادة درجة حرارة عالية في المياه مما يؤدي إلى موت الكائنات المائية فضلاً عن ما يسببه من انخفاض في قدرة المياه على إذابة الأوكسجين(EpA, ١٩٩٦ و Seyler *et al.*, ٢٠٠٥).

٧) المركبات العضوية المتطايرة Volatile Organic Compounds

هي مواد كيميائية تنتج من العمليات الصناعية وتوجد عادة في المياه الجوفية بتركيز عالٍ، لأنها تتطاير عند ملامستها للهواء الجوي وبالتالي فتركيزها في المياه السطحية منخفض جداً فضلاً عن أنها مواد سامة وتسبب السرطان عند تناولها بتركيز عالٍ في الماء ومن أكثرها سمية مركب Vinyl Chloride (Razama *et al.*, ١٩٩٥)

٨) التلوث الإشعاعيّ Radioactive Pollution

إن جميع المواد ذات النشاط الإشعاعي تعد خطرة على الصحة العامة والأحياء عموماً، ومن هذه المواد هي الراديوم ٢٢٨.٢٢٦ والسترونتيوم ٩٠ وغيرها. وليس هناك مواصفة تسمح بأية تراكيز للمواد المشعة في المياه الطبيعية ومع ذلك فكثيراً ما تتلوث المصادر المائية بهذه المواد بسبب خلل في المنظومات الحاوية على المواد المشعة مثل المفاعلات النووية ومحطات التوليد الكهرونووية وبعض المؤسسات العلاجية (العمر، ٢٠٠٠).

١-٥ المياه الصناعية

تعد العمليات الصناعية ثاني أكبر مستهلك للمياه الخام بصورة عامة بعد الاستهلاك الناتج عن العمليات الزراعية إذ إن معظم الصناعات تتطلب المياه لعمليات مختلفة كالغسل والتبريد والاستخلاص، فضلاً عن عمليات كيميائية أخرى. ومياه الصرف الصناعيّ تكون حاوية على المواد العضوية أو غير العضوية أو كلتيهما وكذلك المواد السامة التي تؤثر عكسياً على النشاط البايولوجيّ (الحياتيّ) في الأنهار أو محطات معالجة مياه الفضلات لهذا لا بد من معالجة هذه المياه ومعادلتها قبل طرحها للمياه السطحية وتعد صناعة الغزل والنسيج في مقدمة الصناعات استهلاكاً للمياه في أغلب المناطق تعد مخلفات هذه الصناعة الأكثر تعقيداً من ناحية المعالجة ذلك لأنها متنوعة في خواصها كما أن العديد من المواد المنتجة من قبل صناعات أخرى مثل الأصباغ وألياف النايلون ومواد الإنهاء والقصر التي تدخل بشكل مباشر فيها لذا فإن كل واحدة من هذه الملوثات تحتاج إلى طريقة خاصة من طرائق المعالجة وهذا ما يزيد الأمر تعقيداً. وتختلف أنواع الملوثات وتراكيبها تبعاً لتغير حالة المواد الخام من حالة إلى أخرى، هذا فضلاً عن أن المخلفات تختلف باختلاف الوحدات الناتجة عنها، فبعض الوحدات تنتج النسيج القطنيّ فقط والأخرى تقوم بعمليات الصبغ والقصر بينما تقوم أخرى بعمليات الطباعة وغيرها من العمليات المتنوعة الأخرى، مما يسبب تنوع الملوثات السائلة (Al-layla *et al.*, ١٩٨٠ والهاشميّ، ١٩٩٩ والملاح، ٢٠٠١).

١-٦ مواصفات المياه العادمة للصناعات النسيجية

تعد صناعة الغزل والنسيج من أقدم الصناعات التي عرفها الإنسان ويعتقد الكثير من العلماء أن بلاد ما بين الرافدين هي الموطن الأول لهذه الصناعة (Parsons and Rose, ٢٠٠٣) كما تعد نسبياً اقل تلوثاً للبيئة عند مقارنتها مع الصناعات الأخرى مثل صناعة الحديد والصلب والورق والبترول، إلا أن بعض خطوطها الإنتاجية تعد مصادر خطرة للتلوث البيئيّ وكذلك لها تأثيرات ضارة على الصحة العامة وعلى نوعية المياه. وتستعمل الصناعات النسيجية المياه في العمليات الرطبة للبوش والغسيل والتبييض والصباغة وشطف الأقمشة مما يتولد نتيجة لذلك كميات كبيرة من مياه الصرف الصناعيّ المحملة بأنواع عديدة من الملوثات الكيميائية التي تمثل مصدرا رئيساً للتلوث في حالة عدم معالجتها قبل تصريفها إلى المياه السطحية أو شبكة الصرف الصحي العمومية (Yontem, ٢٠٠٠ ; العادلي، ٢٠٠٣).

١-٧ الملوثات الرئيسة في المياه العادمة للصناعات النسيجية

أشار عدد من الباحثين إلى أهم الملوثات الرئيسة للمياه العادمة للصناعات النسيجية (EpA, ١٩٩٨ و Ledakowicz, ١٩٩٨ و٢٠٠٠ Babu *et al.*, و٢٠٠١ Wallace, و٢٠٠٢ Sponza, و ٢٠٠٣ Libra & sosath, و ٢٠٠٤ Xu & Li,) التي تشمل ما يأتي:

١. مواد عضوية خطرة مثل بنتاكلوروفينول التي تستعمل ضمن مواد البوش للحفاظ على الخيوط السوداء من العفن الفطري ويزال في عمليات التجهيز ويدخل ملوثاتٍ في مياه الصرف، فضلاً عن بوليمرات طبيعية وتركيبية مع ألياف وشحوم ومواد عالقة ناتجة عن عمليات الغسيل.

٢. مواد مستهلكة للأوكسجين الذائب في المياه نتيجة لكيمياويات حمام الصبغة التي تساهم بحوالي ٢٥ – ٣٥% من إجمالي الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصناعي.

٣. الأملاح المستعملة في الصبغة المباشرة Direct Dye والصبغة الفعالة reactive Dye للخيوط والأنسجة القطنية التي تسبب في زيادة مستوى الأملاح في مياه الصرف الصناعيّ وتتخطي الحدود المحلية.

٤. العناصر الثقيلة مثل النحاس والكادميوم والكروم والنيكل والقصدير قد توجد في مياه الصرف الناتجة من مصانع الغزل والنسيج بسبب عمليات السمكرة أو عاملاً مؤكسداً للأصباغ الكبريتية نتيجة لاستعمال أملاح العناصر الثقيلة في الصباغة.

٥. ارتفاع قيم الأس الهيدروجينيّ (pH) نتيجة لاستعمال القلويات وخافضات التوتر السطحيّ.

٦. بقايا ألوان الصبغات من عمليات الصباغة والطباعة التي تمثل مصدراً للتلوث في مياه الصرف لأن في هذه العمليات يتم تثبيت ٥٠ – ٩٠ % من الصبغة على الشعيرات والباقي يصرف بعد عملية الشطف.

٧. ارتفاع معدلات درجات حرارة مياه الصرف الصناعيّ الناتجة من العمليات الرطبة كالغسيل والشطف.

١-٨ معالجة المياه العادمة الصناعية

تشمل هذه المعالجة مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والاحيائية التي يتم فيها إزالة العناصر الثقيلة والمواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة أو تقليلها إلى درجة مقبولة، وقد يشمل ذلك إزالة بعض العناصر المغذية ذات التراكيز العالية مثل الفسفور والنتروجين في تلك المياه ويمكن تقسيم تلك العمليات حسب درجة المعالجة إلى عمليات تمهيدية وأولية وثانوية ومتقدمة. (Water corporation, ٢٠٠٠)

١-٨-١ المعالجة التمهيدية Advanced Treatment

تستعمل في هذه المرحلة من المعالجة وسائل لفصل الأجزاء الكبيرة وتقطيعها الموجودة في المياه لحماية أجهزة المحطة ومنع انسداد الأنابيب، وتتكون هذه الوسائل من منخل متسع الفتحات وأجهزة سحق وتحتوي هذه المرحلة أحياناً أحواضاً أولية للتشبع بالأوكسجين، ومن خلال هذه العملية فإنه يمكن إزالة ٥ -١٠ % من المواد العضوية القابلة للتحلل فضلاً عن ٢ -٢٠% من المواد العالقة. ولا تعد هذه النسب من الإزالة كافية الغرض لإعادة استعمال المياه في أي نشاط (Lue-Hing *et al.*, ١٩٩٢ و Bes-Pia & Iborra-Clar, ٢٠٠٤).

١-٨-٢ المعالجة الأولية Primary treatment

الغرض من هذه المعالجة إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب ويمكن في هذه المرحلة إزالة ٣٥ – ٥٠% من المواد العضوية القابلة للتحلل فضلاً عن ٥٠ -٧٠% من المواد العالقة في هذه الدرجة من المعالجة لا يعدّ الماء صالحاً للاستعمال وتحتوي الوحدة الخاصة بالمعالجة الأولية أحواض للترسيب ووحدات تغذية لبعض المواد الكيميائية فضلاً عن أجهزة لخلط تلك المواد مع المياه (Andress & Jordan, ١٩٩٨ و Loomis *et al.*, ٢٠٠٢) .

١-٨-٣ المعالجة الثانوية Secondary treatment

هذه المرحلة من المعالجة هي تحويل احيائي للمواد العضوية إلى كتل حيوية تزال فيما بعد عن طريق الترسيب في حوض الترسيب الثانويّ وهناك عدة أنواع من أنظمة المعالجة الثانوية يمكن تقسيمها حسب سرعة تحليل المواد العضوية إلى عمليات عالية المعدل ومن أمثلتها عملية الحمأة المنشطة Activated sludge process والترشيح بالتنقيط Trickling filter والتلامس الحيويّ دائريّ الحركة Rotating biological contactors وعمليات منخفضة المعدل ومن أمثلتها بحيرات أو برك التهوية Aerated Lagoons وبرك التثبيت Stabilization pond ويمكن من خلال المعالجة الثانوية إزالة ما يقارب ٩٠% من المواد القابلة للتحلل فضلاً عن ٨٥% من المواد العالقة (Barclay *et al.*, ١٩٩٤ و Liang &Wong, ٢٠٠٠).

١-٨-٤ المعالجة المتقدمة Tertiary treatment

يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى ماء عالي النقاوة وتحتوي هذه المرحلة عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بالطرائق التقليدية ومن الملوثات التي تزال في هذه المعالجة هي النتروجين والفسفور والمواد العضوية والمواد العالقة الصلبة فضلاً عن المواد التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة (Fongsatitkul & Elefsiniotis, ٢٠٠٤ و Chen *et al.*, ٢٠٠٥).

وتتضمن عمليات المعالجة المتقدمة ما يلي:

I- التخثير الكيميائي والترسيب Chemical Coagulation & Sedimentaton

وتتضمن إضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغير فيزيوكيميائيّ للجسيمات العالقة ينتج عنه تلاصقها مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها وتستعمل عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد والألمنيوم والكالسيوم والبوليمر (Weber & Leboeuf, ١٩٩٩).

II- الادمصاص الكاربونيّ Carbon Adsorption

ويتم في هذه العملية استعمال كاربون منشط لإزالة المواد العضوية الذائبة إذ يتم تمرير المياه من خلال خزانات تحتوي على الوسط الكاربونيّ ويتم من خلال الكاربون المنشط ادمصاص المواد العضوية الذائبة الموجودة في مياه الفضلات وبعد تشبع الوسط الكاربونيّ يتم إعادة تنشيطه بوساطة الحرق أو استعمال مواد كيميائية (EpA, ٢٠٠٠).

III- التبادل الأيونيّ Ion Exchange

وتستعمل هذه العملية لأغراض إزالة المواد غير العضوية من فضلات المياه الصناعية بوساطة مبادلات أيونية إذ يتم إحلال ايونات معينة موجودة في الماء من مادة تبادل غير قابلة للذوبان بأيونات أخرى (Seeger, ١٩٩٩).

VI- التناضح العكسيّ Reverse Osmosis

يتم في هذه العملية ضخ المياه الملوثة تحت ضغط عالٍ من خلال غشاء رقيق ذيّ فتحات صغيرة جداً يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح (Sostar–Turk & simonic, ٢٠٠٥).

١-٩ طرائق المعالجة الحياتية للمياه

أصبحت المعالجة الحياتية تعرف بالتقنية الاحيائية البيئية وتهدف إلى استعمال نظام بايولوجيّ في السيطرة على التلوث وإزالة الملوثات من المخلفات السائلة الصناعية والصحية وغيرها من خلال أكسدة المواد العضوية المختلفة وتحويلها إلى مركبات مستقرة وكتلة حيوية تتألف في معظمها من الكائنات الحية الدقيقة التي يمكن فصلها عن المياه ومعالجتها على انفراد وبالتالي الحصول على مياه خالية من التلوث العضويّ ويعد وجود الأوكسجين والكائنات المجهرية أهم عنصرين من العناصر المطلوبة لإنجاح المعالجة الحياتية فضلاً عن شروط أخرى مثل درجة الحرارة ووجود بعض المغذيات المساعدة وللمعالجة فوائد جمة أدى إلى زيادة أهميتها في الوقت الحاضر فهي أكثر أماناً وأقلّ خطورة من الناحية الصحية وذات تكاليف اقتصادية منخفضة، والملوثات تتحطم أكثر مما تتركز كما أن قابلية الأحياء المجهرية سريعة للتكيف (المشهدانيّ، ٢٠٠٢ و ٢٠٠٤ ,*Baban et al.*).

يمكن تقسيم المعالجة الحياتية اعتماداً على وجود الهواء إلى نوعين هما:

أ. الطريقة الهوائية Aerobic method:

وذلك باستعمال الأحياء المجهرية الهوائية في تنقية المياه الملوثة ومعالجتها، وهي الطريقة الشائعة في معالجة فضلات المجاري المنزلية والفضلات الصناعية. ومن ميزات هذه العملية وجود الأوكسجين أثناء المعالجة، وإمكانيتها في تحطيم الملوثات العضوية فضلاً عن حدوث ادمصاص على الكتلة الحية للأحياء المجهرية المستعملة، أما اللون فلا يتحطم عادةً في هذه العملية (Kapdan & Alparslan, ٢٠٠٥).

ب- الطريقة اللاهوائية Anaerobic method

ويستعمل فيها الأحياء المجهرية اللاهوائية لمعالجة المياه الملوثة. ومن ميزات هذه العملية وجود طلب للأوكسجين الحياتي في المياه بنسبة تزيد على ٥٠٠ mg/l وقابليتها في تحطيم المواد العضوية السريعة الذوبان وارتفاع الأس الهيدروجينيّ، وإنتاج الميثان وثاني أوكسيد الكاربون. أما نواتج تحطيم الصبغات فتكون مركبات ثانوية سامة، ويكون عمل هذه الأنظمة فعّالاً ما بين درجة حرارة ٢٥ – ٣٧ْم (Shaw *et al.*, ٢٠٠٢ و ٢٠٠٣ ,Bell & Buckley).

ومن الطرائق الشائعة للمعالجات الحياتية:

أولاً: عملية الترشيح بالتنقيط Trickling Filter

تعد عملية الترشيح بالتنقيط من أقدم طرائق المعالجة الحياتية وقلَّ استعمالها في الوقت الحاضر ما عدا معالجة مياه الفضلات الصناعية وتتم هذه العملية بطريق رش المياه المراد معالجتها فوق طبقة من مسحوق الحجر أو البلاستك تخدم هذه الطبقة عملية نمو الأحياء المجهرية التي تعمل عند توفر الأوكسجين المذاب على مهاجمة المواد العضوية الموجودة في هذه المياه مستعملة إياها موادّ غذائية لاستمرار نموها. أن هذه العملية تعمل على إزالة كميات كبيرة من الملوثات العضوية الموجودة في المياه لتجعلها مناسبة لطرحها في الأنهار أو شبكات المجاري بعد عملية الترسيب الثانوي التي تلحقها، إن الفشل الذي صاحب الأنظمة القديمة كان بسبب قلة المعرفة بخصائص هذه المخلفات وكفاءة التدوير المثالية إلا أن المعرفة الحالية أثبتت أن كفاءتها على إزالة الملوثات هي ٩٩٪ فضلاً عن قلة التكاليف، وأنها اتجاه آخر في معالجة المطلقات السائلة لصناعة النسيج إذ تم استعمال البلاستك في المرشحات تتبعها برك أكسدة للمعالجة الحياتية (El- teman & Law, ١٩٩٨ و٢٠٠٤ ,Van –der Bruggen & Curcio).

ثانياً: الملامسات الحياتية الدوارة Rotating Biological Contactors

تتألف وحدة المعالجة من مجموعة من أقراص بلاستيكية غالباً، تدور حول محور مرتبط بها وهي غاطسة إلى حوالي نصف قطرها في مياه الفضلات وبعد خروجها يدخل الهواء ملامساً الغشاء الحيوي الذي تجري المعالجة بوساطته. تمتاز هذه الطريقة باستهلاكها طاقة قليلة وبقلة الحمأة الناتجة عنها، ويبلغ معدل التنقية % ٨٥ (Libra & Sosath, ٢٠٠٣)

ثالثا: الحمأة المنشطة Activated Sludge

تعد هذه الطريقة من أكثر الطرائق شيوعاً في الوقت الحاضر بسبب فعاليتها العالية في المعالجة، وسميت بهذا الاسم لأنه يتم إعادة جزء من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الثانوية إلى أحواض المعالجة التي توجد فيها الأحياء المجهرية عالقة في المياه وبتماس مباشر مع المواد العضوية ويتم المحافظة على استمرارية هذا التماس بطريق استعمال مراوح ميكانيكية تساعد على توفير كمية الأوكسجين المذاب الكافية لسد حاجة الأحياء المجهرية، ويتم حجز المياه في هذه الأحواض مدة زمنية تقدر بـ ٦ ساعات في الأقل، وأن هذه العملية ذات كفاءة عالية وفعالة في إزالة نسبة ٩٣% من كمية المواد العضوية، ومن مميزاتها أنها ذات كلفة واطئة وتحتاج إلى مساحات صغيرة نسبياً (Ledakowicz & Gonera, ١٩٩٩ و٢٠٠٢ ,Pala & Tokat)

رابعاً: أحواض التهوية Aerated Lagoons

وهي إحدى طرائق الحمأة المنشطة التي تستعمل لمعالجة التصريفات الصغيرة. ومن مزاياها تثبيت المواد العضوية، والاستغناء عن معالجة الرواسب قبل تجفيفها أو استعمالها. وتتم هذه العملية بدخول مياه الصرف في أحواض التهوية، إذ تنشط البكتريا الهوائية لأكسدة المواد العضوية وتساعد على ذلك عملية التهوية الميكانيكية.

ويمكن التخلص من الحمأة الزائدة في هذه العملية إما بتجفيفها في أحواض التجفيف، ثم استعمالها سماداً، أو بإعادة جميع الرواسب إلى أحواض التهوية، أي التشغيل بدون صرف حمأة، أو يمكن إذابتها كيميائياً وإدخالها في أحواض المعالجة لتتم أكسدتها مع فضلات المياه (Banat *et al.*,١٩٩٧ و٢٠٠٠, Stewart).

خامساً: برك الاكسدة Oxidation Ponds

تعد برك الأكسدة أبسط الطرائق إطلاقاً لمعالجة مياه المجاري والمخلفات الصناعية ويجري استعمالها في معظم دول العالم، وعلى سبيل المثال فأن برك الأكسدة تمثل ثلث محطات معالجة المياه العادمة في الولايات المتحدة.

وتتم المعالجة في هذه البرك بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك تقوم به الطحالب والبكتريا مستعينة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلاً في فضلات المياه، كما تعد هذه الطريقة مهمة لمعالجة أنواع كثيرة من المخلفات الصناعية، إذ يمكن إزالة الشوائب السامة وذلك يتحقق بالمكوث زمناً طويلاً وبارتفاع الأس الهيدروجينيّ للمياه. وقد أثبتت التجارب أن وجود العناصر الثقيلة (الكروم والكادميوم والنحاس والزنك والنيكل) بتركيز ٦ ملغم/ليتر لا يؤثر في تشغيل البرك، وقد أشار عدد من الباحثين إلى فعالية هذه العملية بالقضاء على البكتربا الضارة والفيروسات وبيوض الديدان الممرضة وذلك بسبب المكوث زمناً طويلاً (Cetkauskaite & Jakstaite, ١٩٩٩ و٢٠٠١ ,Ledakowicz *et al.*).

١-١٠ أهمية الطحالب

الطحالب هي كائنات حية مجهرية ذوات خلايا حقيقية النواة تحوي ٨٠ رايبوسوماً وأغلفة نووية ومايتوكوندريا وكلوربلاست وهي كائنات ذاتية التغذية لها القابلية على استعمال أشعة الشمس مصدراً للطاقة وأكسدة المواد العضوية مصدراً للكاربون وهذا مكنَّها في أن تلعب بدور مهم في إعادة تدوير العناصر في البيئة من خلال التفاعلات الكيموحياتية في الخلايا الحية (William, ١٩٩٧).

و للطحالب أهمية كبيرة وتدخل في مجالات تطبيقية واسعة منها:

- تعدّ الطحالب مصدراً مهماً للعناصر والفيتامينات والبروتينات والأحماض الامينية، كما تستعمل غذاءً في بعض المناطق الساحلية في العالم إذ يوجد ٧٠ نوعاً من الطحالب البحرية الصالحة للأكل تقريباً، كل هذه الأنواع تستعمل في هاواي بينما يشغل حوالي ٢٠ نوعاً في اليابان و٨ أنواع في الفلبين و٥ أنواع في كندا، مثل: طحلب (*Carrageen*) و(*Dulse*) و(*Porphyra*). إذ تزيد من الطاقة ومن مقاومة الجسم للعديد من الأمراض وذلك من خلال مساعدتها في عملية الهضم وفي عملية تمثيل الطعام وتعد مصدراً غذائياً للكثير من الحيوانات المائية والبرية وأعلافاً للماشية والدواجن (Gross, ٢٠٠٠و ٢٠٠٣ ,Yun &Park).
- تستعمل الطحالب في خصوبة التربة إذ تعد الطحالب البنية لاسيما (*Ascophyllum*) و(*Laminaria*) مصدراً للأسمدة بعد تجفيفها وذلك لاحتوائها على نسبة كبيرة من المواد النيتروجينية وتُستغل صناعياً لاستخراج اليود والبوتاسيوم والآكار مثل (*Gelidium*) كما أن لها دوراً في تكوين الصخور المرجانية والجيرية. ولا يمكن أن تعيش الشعاب المرجانية بدون الطحالب التي تعيش في أنسجة البوليبات الخاصة بهذه الشعاب إذ تنتج مركبات كيميائية تساعد حيوانات المرجان على ابراز هياكلها التي تتكون من الحجر الجيري. ومن هذه الطحالب (*Orallina elongate* و*Haliptilon virgatum* و*Laurencia spp*) (Kehmerier, ١٩٩٨ و٢٠٠٠ ,Benedetti- Cecchi).

- يشير عدد من الباحثين إلى أن الطحالب تعد مصدراً من مصادر الأوكسجين على سطح الأرض إذ يقدر العلماء أن ما بين ٥٠ – ٧٠% من عمليات البناء الضوئيّ تمت فيها. وبهذا تستطيع أن تحافظ على نسبته في الجو ثابتة من خلال قابليتها في إزالة غاز ثاني أوكسيد الكاربون الزائد على النسبة العادية ٣% فتمنع تلوث البيئة في البحر وبذلك تغطي المحيطات ٥ ×١٠^١٠ طن من المادة الجافة في العام (Nakamura & Imamura, ١٩٨٨ و٢٠٠٠ ,Tsukahara *et al.*).
- ساهمت الطحالب في تطوير العديد من العلوم مثل: علم الخلية وعلم الوراثة وعلم وظائف الأعضاء والتقنية الاحيائية واستعملت بعض أنواعها مثل *Chlamydomonas, chlorella* في أبحاث البناء الضوئيّ والوراثة، كما تدخل في بعض الصناعات مثل صناعة الايس كريم ومعاجين الأسنان ومنظفات البشرة ومزيلات الرائحة وأصباغ الأظافر وفي كثير من الصناعات الغذائية (و Sheehan *et al.*,١٩٩٨ و ٢٠٠٠ ,Tam & Wong).
- أشارت الاكتشافات الجديدة إلى أن للطحالب البحرية القدرة على مقاومة السرطان من خلال التجارب التي تم إجراؤها على الفئران، كما ساعدت الطحالب البحرية البنية اللون على تقليل مستويات هرمون الاستروجين لتجربة أقيمت على مجموعة من النساء اللاتي يعانين من عدم انتظام الدورة الشهرية (العوضي، ٢٠٠٥).
- تؤدي الطحالب دوراً مهماً في معالجة المياه العادمة، أو تستعمل معالجات حياتية لفضلات المياه بصورة مفردة أو بشكل مرتبط مع البكتريا إذ تقوم الطحالب بتوفير الأوكسجين للبكتريا التي تعمل على أكسدة المواد العضوية في تلك المياه (Bich *et al.*, ١٩٩٩ و٢٠٠٤ ,Nandini *et al.*).
- -توصل فريق من العلماء من جامعة بيلفيد بغرب ألمانيا إلى تطوير طحالب بوساطة تقنيات الهندسة الوراثية قادرة على إنتاج الهيدروجين بما يعادل ١٣ مرة أكثر من أية طحالب طبيعية وهذا يعني أن المتر المكعب الواحد من الطحالب قادر في المستقبل على إضاءة البيت وتسخين الماء أو ربما تشغيل السيارة ومن الأنواع المهمة القادرة على إنتاج الهيدروجين *Chalamydomonas Reinhardtii* (الخطيب، ٢٠٠٥).
- تستعمل الطحالب لإنتاج عدد من المنتجات الطبية ومن أشهرها *Spirulina* المأخوذ من الطحالب الخضراء، وذلك لاحتوائه على العناصر والفيتامينات والكلوروفيل بينما يكون عشب البحر (*Kelp*) البني العملاق و*Macrocystis* مصدراً للدواء وهو واسع الاستعمال (المالكيّ، ٢٠٠٤)

١-١١ الأصباغ في الصناعات النسيجية

مواد ملونة تستطيع أن ترتبط بطريقة ما بالمواد المراد صبغها وتكسبها ألواناً زاهية بحيث لا تتأثر بالغسل والضوء والأوكسجين والحوامض والقواعد، وتتم عملية الربط إما مباشرة أو بمساعدة مواد تسمى المثبتات، وعموماً تستعمل الأصباغ لتلوين الأقمشة والمنسوجات غير أنها قد تستعمل أحياناً لتلوين مواد طبيعية أو صناعية كالجلود والأخشاب، ويحتوي مياه الصرف الصناعيّ عدداً كبيراً من المواد العضوية إذ يستعمل حوالي ١٢٠٠ مركب كيمياويّ لتصنيع الأصباغ أو قد تستعمل مواد لا عضوية في تفاعلات خاصة للحصول على أنواع معينة من الأصباغ (رمضان وجماعته، ١٩٩١).

وقد أشار باحثون إلى أن أصباغ الازو (Azo dyes) هي الأصباغ الصناعية الرئيسة التي تدخل في الصناعات النسيجية، وأن انطلاق هذه الأصباغ للبيئة تعد من المسببات الرئيسة للمطفرات والمسرطنات المهددة للصحة العامة. أصباغ النسيج الصناعية تحتوي على جزيئات اروماتية معقدة وهي تنقسم إلى (i) الأصباغ الأيونية (Anionic) سالبة الشحنة التي تشمل الأصباغ المباشرة الحامضية والفعالة (acid & reactive dyes) (ii) الأصباغ الكاتيونية (Cationic) موجبة الشحنة والتي تشمل الأصباغ القاعدية (basic dyes) (iii) الأصباغ غير المتأينة (Non-ionic) وهي الأصباغ المتفرقة (disperse dyes) (Acuner & Dilek, ٢٠٠٤).

لذلك تعددت الدراسات والبحوث الخاصة بمعالجة هذه الأصباغ فقد اثبت علمياً أن الأكسدة الضوئية الكيميائية باستعمال الأشعة فوق البنفسجية وبيروكسيد الهيدروجين (UV/ H_2O_2 photo chemical reactor) لها القابلية في تحطيم أصباغ الازو الحامضية الحمراء (Acid red ١) والصفراء (Acid Yellow ٢٣) ويعتمد هذا التحطيم على قيم الاس الهيدروجيني (pH) والتركيز الابتدائي للصبغة وكمية بيروكسيد الهيدروجين المضافة (H_2O_2) فضلاً عن ذلك فقد تمت الإشارة إلى عمليات الأكسدة المتقدمة (advance Oxidation) لأصباغ الازو الصناعية بوجود Fenton's reagent والأكسدة الضوئية لثاني أوكسيد التيتانيوم TiO_2 (Shu *et al.*, ١٩٩٤).

ومن الطرائق المهمة في إزالة اللون من مياه فضلات الصناعات النسيجية هي المعالجة بالأوزون (Ozonation) والترسيب (precipitation) والتلبيد (Flocculation) كما وجدت الاختبارات أن ٤٠ – ٨٠% من الأصباغ تدمص (Adsorption) بوساطة الكتلة الحية في منشآت المعالجة لمياه الصرف الصناعيّ (Clarke & Anliker, ١٩٨٠).

وقد أشارت البحوث إلى أن ثمانية أنواع من أصباغ الازو الحامضية يمكن أن تتحطم بطريق الأكسدة بوساطة الأوزون والأشعة فوق البنفسجية (uv/ ozone) (Shu & Huang, ١٩٩٥).

إن الأصباغ الجيدة والمفيدة من الناحية التجارية هي التي تمتلك درجة عالية من الثبوتية الضوئية أو الكيميائية وهذا يدل على صعوبة إزالة هذه الأصباغ والى الحاجة إلى عمليات معالجة خاصة (Banat *et al.*, ١٩٩٦) .

وأشارت البحوث إلى إمكانية تحطيم ١٣ نوعاً من أصباغ الازو حياتياً عند المعالجة (بالحمأة المنشطة) لا هوائياً، إذ بلغت نسبة الإزالة لأصباغ الازو الأحادية (monoazo dyes) والثنائية (Diazo dyes) ٧٥-٩٤ % خلال مدة زمنية تتراوح ما بين ٠-٤٢ يوماً، بينما أصباغ الازو المتعددة (Polyazo dyes) فقد تراوحت نسبة إزالتها ما بين ٥١-٦٣% خلال المدة الزمنية نفسها (Brown & Laboureur, ١٩٨٣).

ويؤكد عدد من الباحثين أن للأحياء المجهرية دوراً مهماً وفعالاً في تحطيم الأصباغ المباشرة (Direct dyes)، إذ تصل نسبة المعالجة إلى ٩٥ % خلال مدة زمنية تتراوح ما بين ٢-١٦ يوماً وللبكتريا (*Pseudomonus* sp.) القابلية في اختزال الآصرة وتكسير الصبغة إلى مركبات اروماتية لتكون نسبة الإزالة ٤٢ – ٩١% خلال أربعة وعشرين ساعة من التلقيح. أما فطر (*Phanerochaete chrysosporium*) فله كفاءة عالية في تحطيم الأصباغ الايونية بنسبة ٢٣-٩٠% ولمدة زمنية قدرها ٣-٢١ يوماً (Weber, ١٩٩١ و Zissi & Lyberatos, ١٩٩٦ و Heinfling *et al.*, ١٩٩٧).

وقد وجد أن بعض أصباغ الازو تتحطم صناعياً في ظروف لا هوائية مثل Direct Red ٧ و Acid yellow ٢٥ و Acid orange ٧ و Mordant Black ١١ إذ بلغت نسبة الإزالة ٩٠ % في مدة زمنية تتراوح ما بين ٠ – ٥٦ يوماً (Botheling *et al.*, ١٩٨٩).

١-١٢ استعمال الطحالب في المنظومات الريادية لمعالجة مياه الفضلات

لقد استعملت الطحالب في الكثير من الدراسات المتعلقة بمجال معالجة مياه الصرف الصحيّ والصناعيّ بهدف استعادة المغذيات وتدويرها من جهة، والسيطرة على الفضلات، وتحقيق المردودات الاقتصادية من جهة أخرى، فقد تكون الفضلات إنتاجاً مرغوباً فيه بدلاً من أن تكون عبئاً ثقيلاً على البيئة (المشهدانيّ، ٢٠٠٢).

لقد تطورت أساليب المعالجة التي بدأت بالطرائق التقليدية البسيطة إلى طرائق المعالجة المتطورة والتعقيم باستعمال مزارع الطحالب الدقيقة لإزالة المغذيات من مياه الفضلات الغنية بالنتروجين والفسفور وإنتاج الأوكسجين معالجات ثالثية (Tang *et al.*, ١٩٩٧ و Gonzalez *et al.*, ١٩٩٧):

(i) المزارع الوجبة Batch Culture

تكون إضافة طحالب المعالجة ثابتة ومحددة في الكمية وضمن حجم معين لمياه الفضلات كما في برك مياه الفضلات Wastewater Pond.

(ii) المزارع المستمرة Continuous Cultures

جريان مستمر لمياه الفضلات غير محدود الحجم والمجتاز من خلال محطة المعالجة سواء أكانت (Fermentor, Chemostat, Bioreactor) أو جزءاً من Constructed Wetland والحاوية على الطحالب.

(iii) المزارع شبه المستمرة Semi-Continuous Cultures

حجم مياه الفضلات المعالجة تحت ظروف مزارع الوجبة Batch Culture فترة زمنية معينة أو محدودة.إذ تُستبدل مياه الفضلات لكل المزارع الطحلبية وتستعمل مرة أخرى لمعالجة حجوم جديدة من مياه الفضلات.

(iv) إعادة التدوير لمياه الفضلات Re-circulation

يتم إعادة تدوير مياه الفضلات خلال عدد من طرائق المعالجة المختلفة بمساعدة عوامل معالجة حياتية بهدف الحصول على ماء ذي درجة عالية من نقاوة.

توفر الطحالب نظاماً حيوياً يمكن استغلاله بسهولة لاستخلاص الفسفور من مياه الفضلات المنزلية والصناعية، إذ بينت الاختبارات أن الطحالب تزيل كميات الفسفور من ٠.٨ إلى ٢ ملغم/ليتر كما تشير الدراسات المختبرية إلى أنه يمكن رفع نسبة إزالة الفسفور الذائب إلى ما يقارب ٩٠ % وذلك عند توفر كمية كافية من الضوء، وهذا يتم في مدة زمنية قصيرة تتراوح من ٦ – ١٢ ساعة ويمكن أن يطلق على مياه الفضلات اسم برك الأكسدة (Oxidation ponds) شريطة أن يتم فيها إطلاق الأوكسجين، وتمثيل العناصر الغذائية من قبل الطحالب (ذرب، ١٩٩٢).

وقد شُخصت عدة أجناس من الطحالب التي تتميز باستعمالها الواسع ومقاومتها للتلوث العضويّ منها *Chlorella* و *Scenedesmus* و *Stigeoclonium* و *Nitzschia* و *Oscillatoria* (Shubert, ١٩٨٤).

وسجلت البحوث أن الإزالة للنترات كانت أكثر من ٩٠٪ لمياه الصرف الصحي و٨٠% من الفوسفات حتى نهاية اليوم العاشر من التلقيح بوساطة طحلب *Chlorella pyrenoidosa* و.*Scenedesmus* sp كمزارع نقية إذ كان التلقيح الابتدائي للمعالجة (١×١٠^{٧} و٦×١٠^{٦} cells/ml) على التوالي خلال ثلاثة أيام (Lau *et al.*, ١٩٩٥).

كما بينت الدراسات أن المفاعلات الحيوية (bioreactors) المستعملة في معالجة مياه الفضلات الصناعية بوساطة الطحالب كفوءة خلال مدة زمنية قصيرة تعد بالساعات بينما المعالجات التقليدية للطحالب تحتاج إلى أيام وهذا ما حققته *Chlorella vulgaris* في إزالة ١٠٠٪ من الامونيا خلال ١٦ ساعة و٩٤٪ للفوسفات خلال ٨ ساعات (Tam & Wong, ٢٠٠٠).

ودرس Sallal (١٩٨٢) معالجة مياه المجاري بايولوجياً، وذلك بتنمية الطحالب sp *Gloecapsa* و*C. vulgaris* و *Scenedesmu obliqus*، وتم دراسة المنافسة فيما بينهما وتأثير درجات الحرارة على نموها.

وقد أكدت إحدى الدراسات على المحتوى البروتيني للكتلة الحية الناتجة من معاملة فضلات المياه بوساطة الطحالب، إذ وضع نموذج رياضي استعمل لوصف إنتاج الطحالب الخضراء *Scenedesmus obliqus* و *Coelastrum sphaerieum* في المزارع الكتلوية في نظام معاملة فضلات المياه، ويتراوح معدل إنتاج الطحالب من الوزن الجاف ١.٧ –١٦.٩ غم /م^{٣} /يوم (Soeder *et al.*, ١٩٩٠).

وقد درست إمكانية نوعين من الطحالب الخضراء *C. vulgaris* و*Chlorella miniata* في إزالة الامونيا والنيكل من مياه الفضلات الصناعية وأشارت نتائج الإزالة بتفوق *C. miniata* بنسبة ٩٩% بالمقارنة مع *C. vulgaris* التي أزالت النيكل بنسب تراوحت ما بين ٣٣-٤١% (Wong *et al.*, ٢٠٠٠).

وقد وجد في دراسات أخرى أن طحلبي *S. quadricuada* و*C. vulgaris* قادران على إزالة المغذيات لاسيما عنصري الفسفور والنتروجين، فضلاً عن إزالة العناصر الثقيلة مثل عنصري النحاس والكادميوم (Reddy & Prasad, ١٩٩٢ و Rai *et al.*, ١٩٩٤).

هنالك العديد من العوامل الضرورية لنمو الطحالب منها الضوء وثاني أوكسيد الكاربون والمغذيات فالضوء يعد عامل ذو تأثير محدد للنمو ويعد أيضاً من المقاييس المهمة التي تؤثر على انقسام الخلية فمثلاً في حالة انخفاض الضوء تظهر مشكلة التظليل الذاتي (Self-Shading) عند الكثافات العالية للطحالب التي تؤدي إلى تراكم المثبطات الذاتية (auto-inhibitors) والاختزال في كفاءة التخليق أو التنظيم الضوئي (Photosynthetic efficiency). كما يعد انخفاض مصدر الكاربون غير العضوي أو ثاني أوكسيد الكاربون ونسبة النتروجين إلى الفسفور N:P حالة محددة للنمو للمزارع الطحلبية (Darley, ١٩٨٢ و Talbot *et al.*, ١٩٩١).

ويعد النتروجين أيضاً من العناصر المهمة لنمو الهائمات النباتية والأحياء الأخرى إذ يدخل في تصنيع الأحماض الأمينية والبروتينات (Reynolds, ١٩٨٤). وقد درس الأيض النتروجيني في طحلب *C. vulgaris*، باستعمال مصادر مختلفة من النيتروجين. وقد وجد أن خلايا الطحلب تمتص النترات أكثر من الأمونيا واليوريا (الأسدي، ١٩٨٢ ودلي وآخرون، ٢٠٠١).

وتؤخذ المصادر غير العضوية للنتروجين المتضمنة للأمونيا والنترات عبر غشاء الخلية الطحلبية ويتطلب تحويل النترات إلى الأمونيا طاقة وإنزيم (NR) (enzyme nitrtae reductase) الذي يحتاج إلى الحديد (Iron) والمولبيدينوم (Molybdenum) كعوامل مساعدة (Co factors) (Lee & Palsson, ١٩٩٤).

وأشارت الدراسات إلى وجود تعايش بين الطحالب والأحياء المجهرية الأخرى، إما في السلسلة البيئية، أو أثناء معالجات المياه العادمة، فقد درس مجموعة من الباحثين أهمية كل من البكتريا *Pseudomonas vesicularis* و *Pseudomonas diminuta* النامية في ظروف هوائية إجبارية، والمعزولة من مزارع طحلبية مختبرية وقابليتها في تحفيز نمو كل من طحلب *Scenedesmus bicellularis* و*Chlorella sp.*

و يشير العلماء حديثاً عندما يوجد نوعان من الأحياء المجهرية (بكتريا و طحالب) ينموان معاً تحدث فوائد متبادلة بينهما فالطحالب معروفة بإنتاج الأوكسجين الكافي لمتطلبات البكتريا الهوائية والبكتريا بدورها تستطيع تحفيز النمو الطحلبي بوساطة تحرير الفيتامينات والهرمونات النباتية أو أن تكون مصدراً لثاني أوكسيد الكاربون CO_2 لاسيما أثناء انخفاض المحتوى الكاربونيّ، وبهذا تتمكن المزارع الطحلبية المجتمعة مع البكتريا طحلب *C. vulgaris* مع بكتريا *Azospirillum brasilense* من إزالة

كميات كبيرة من الفسفور والنتروجين الموجود بشكل (امونيا و نترات) أكثر مما لو كانت وحدها تحت الظروف المختبرية لفضلات المياه الصناعية أو فضلات المياه الصحية والمنزلية (De- Bashan *et al.*, ٢٠٠٥ و ٢٠٠٢).

إن سمية المركبات العضوية وغير العضوية والأحياء المجهرية يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار بسبب تأثيراتها البيئية من جهة، ولأهميتها من ناحية الفوائد الاقتصادية من جهة أخرى فالأحياء المجهرية تلعب دور مهم في العديد من العمليات البيئية الطبيعية والهندسية فالمياه العادمة التابعة لشركة الصناعات النسيجية التركية تميزت من خلال نواتج اختبار السمية والتحليلات الفيزيائية والكيميائية بوجود ملوثات مثل المتطلب الكيمياويّ والحياتي للأوكسجين فضلاً عن اللون والعناصر الثقيلة ولهذا استعملت أنواع من الأحياء في المعالجات أو في تطبيقات السمية الكامنة منها الطحالب مثل *Chlorella sp* والبكتريا *Coliform*, والابتدائيات مثل الفوريسلا *Vorticella sp* والأسماك Lepistes التي تعد مستويات اغتذائية مختلفة لتحري عن سمية فضلات المياه العادمة (Sponza, ٢٠٠٢).

فقد اختبرت إحدى المؤسسات الاميريكية المسؤولة عن تصنيع الأصباغ American Dye Manufactures Institute ADMI اختبار ٥٦ نوعاً من الأصباغ المنتخبة وتأثيرها على الطحالب الخضراء مثل طحلب *Selenastrum capricornutum* وبتراكيز مختلفة ١ – ١٠ ملغم/ليتر ولمدة زمنية قدرها ١٤ يوماً وأشارت النتائج إلى أن تركيز ١ ملغم/ليتر يعد مثبطاً لنمو الطحلب بعد مرور سبعة أيام من التلقيح (Brown & Anliker, ١٩٨٨).

اكتسبت الطحالب اهتماماً واسعاً في الوقت الحاضر لاسيما في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية كأنظمة حياتية تستعمل في عمليات المعالجة الثانوية والثالثية لمياه الفضلات فكثافة نمو الطحالب عادة تسبب ارتفاع الأس الهيدروجيني لمياه الفضلات الذي يؤدي إلى تحرير الامونيا وترسيب الفسفور مما ينتج زيادة في كفاءة إزالة المغذيات كما تعتمد عمليات المعالجة على التدخلات المعقدة بين العوامل الفيزيائية كشدة الضوء ودرجة الحرارة والعوامل الحياتية، فالمفترض في المعالجات هو أفضل نمو للوصول إلى أعلى كثافة طحلبية وأعلى كفاءة في إزالة المغذيات، ولهذا أشار الكثير من العلماء على استعمال *Chlorella* و*Scendesmus* في معالجات مياه الصرف الصحي والصناعيّ (Van-Coillic *et al.*, ١٩٩٠ و Polec *et al.*, ١٩٩٢).

ويرى الباحثون أهمية استعمال الطحالب في المعالجات الحياتية للمنظفات (خافضات الشد السطحي) Biosurfactants، وذلك لفوائدها المتعددة مقارنة بالمنظفات الكيميائية الصناعية منها التحلل حياتياً وبشكل عام فإنها ذات سمية قليلة، كما يمكن إنتاجها من مواد خام رخيصة وبكميات كبيرة، وبهذا تعد منتجات مقبولة اقتصادياً فضلاً عن أهميتها في التطبيقات الصناعية والطبية والسيطرة البيئية. ومن الطحالب المستعملة لهذا الغرض: *Chlorella Sorokinana* و *Chlorella pyrenoidosa* و *C. vulgaris* (Kosaric, ١٩٩٢) .

وقد أثبتت الدراسات الحديثة أن للطحالب الموجودة في برك التثبيت (Stabilization ponds) دوراً لا يقل أهمية عن البكتريا في التحطيم الحياتي لأصباغ الازو ونسبة الاختزال تعتمد على التركيب الجزيئي للصبغة وأجناس الطحالب المستعملة، إذ يكون إنزيم الاختزال (azo reductase) للطحالب هو المسؤول عن تحطيم هذه الأصباغ إلى مركبات اروماتية من خلال كسر اصرة الازو (azo linkage) للصبغة (Eriochrome blue SE) بوساطة طحلب *Oscillatoria tenuis* و *Chlorella vulgaris* (Jingi & Houtian, ١٩٩٢).

وفي دراسة أخرى اكدت أن آلية التحطيم الحياتي لطحلب *Chlorella vulgaris* لها القابلية في معالجة صبغة (tectilon Yellow ٢G) وهي من أصباغ الازو الاحادية. وقد وجد أن طحلب *Spirogyra* sp. له امكانية في اختزال صبغة (reactive Yellow ٢٢) من خلال آلية الامتصاص الحياتي (Acuner & Dilek, ٢٠٠٤) (bisorption).

كما وأشار اكسوويتزر إلى إمكانية استعمال طحلب *Chlorella vulgaris* في إزالة ٣ أنواعاً من الأصباغ الفعالة Remazol Black (RB) – Remaz Red (PR) و Remazol Golden Yellow (RGY) فقد بلغت نسبة إزالة صبغة (RB) عند درجة حرارة (٣٥ مْ) ٥٧.٦٪ أما صبغة (RR) فكانت ٥٢.١٪ عند (٢٥ مْ) و٧٠.٧٪ لصبغة (RGY) في درجة حرارة (٢٥ مْ) (Aksu & Tezer, ٢٠٠٥).

وفي دراسة أخرى أكدت إمكانية استعمال *Chlorella vulgaris* في معالجة أحد أصباغ الازو الأحادية (tectilon yellow ٢G) وتحويلها إلى ناتج نهائي مخفف بنسبة إزالة قدرها ٨٨٪ وعند طول موجي (٣٥٠ nm) وبآلية التحطيم الحياتي (Biodegradation) (Acuner & Dilek, ٢٠٠٤).

وأوضحت بحوث أخرى أن *Chlorella sp.* لا تقوم بقصر الأصباغ فقط بل تستعملها كمصدر للكاربون والنتروجين (Jingi & Hoution, ١٩٩٢).

وأشار ليما وآخرون إمكانية استعمال مزارع الطحالب النقية والمختلطة لتحطيم صبغة P-Nitrophenol عند تركيز ٥٠ – ٣٠ ملغم/ليتر بعد مرور خمسة أيام من بداية التجربة إذ بلغت نسبة الإزالة ٧٧٪ للطحلب *Chlorella vulgaris* التي كانت أكثر كفاءة من الطحالب *Chlorella pyrenoidosa* و*Coenochloris pyrenoidosa* (Lima *et al.*, ٢٠٠٣).

أشار شآو وآخرون بإمكانية معالجة متدفقات النسيج اللونية بوساطة مفاعلات مزارع أحياء مجهرية متسلسلة في ظروف هوائية وغير هوائية إذ بلغت نسبة إزالة اللون أكثر من (٩٤٪ <) خلال عشرين يوماً وثُبت من هذه الدراسة أن للمعدنة (Mineralization) دور مرغوب فيه في تقليل واختزال سمية الأصباغ (Shaw *et al.*, ٢٠٠٢).

وسجلت دراسة أخرى في إزالة اللون من مياه فضلات الصناعات النسيجية القطنية باستعمال الحمأة المنشطة (activated sludge system) على الرغم من خصائص هذه الصناعة المتضمنة لتراكيز عالية من الملوثات العضوية والمنظفات والصابون والكبريت والزيوت ودرجة الحرارة والقاعدية العالية والمواد الصلبة العالقة والذائبة إلا أنها حققت نتائج في الإزالة وصلت إلى ٨٦٪ (Pala & Tokat, ٢٠٠٢).

وقد استعمل العديد من طرائق المعالجة الحياتية لمياه فضلات الصناعات النسيجية الصوفية منها mineralization و nitrification و dentrification وحققت نتائج في إزالة اللون بنسبة ٥٠٪ والمتطلب الكيمياوي للأوكسجين (COD) بنسبة ٨٠٪ واختزال الملوثات السامة بنسبة ٧٥٪ (Baban *et al.*, ٢٠٠٤).

وفي مدينة أصفهان في إيران استطاع باحثان من معالجة مياه الفضلات النسيجية عن طريق الاختزال والأكسدة الحيوية التي تؤدي إلى تقليل اللون والمتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD) والمتطلب الكيمياوي للأوكسجين (COD) بنسبة (٩٧ – ١٠٠)% - (٧٦ – ٨٣)% و(٩٢ – ٩٧)% على التوالي (Ghoreishi & Haghighi, ٢٠٠٣).

١-١٣ الدراسات الحديثة

استعملت الطحالب في معالجة عدد من الملوثات المختلفة ومعظم هذه الدراسات كانت تخص مياه الصرف الصحي فقد درس (رشيد، ١٩٩٩) مختبرياً إمكانية تنقية المياه الخام باستعمال واحات الأكسدة كما استعملت المرشحات الحياتية وأثرها في معالجة المياه الثقيلة.

كذلك دراسة تضمنت قابلية الطحالب الخضر *C. vulgaris* و*S. abundance* و *S. quadricauda* في إزالة الفسفور والنتروجين من مياه الفضلات، إذ كانت أعلى إزالة للفسفور ٨٥ % والنترات ٥٠ % (Kassim & Al-Lami, ١٩٩٩). أما دراسة (نصر الله، ١٩٩٧)، أشار إلى استعمال الطحالب الخضر *S. quadricanda* و*C. vulgaris* و*Oedogonum sp.* عند معاملتها بمياه فضلات كمعاملة ثالثية إذ سجلت أعلى إزالة قدرها ٤٧.٩% و٦٤.٧% لكل من النترات والفسفور على التوالي. في حين استعمل (المشهداني، ٢٠٠٢) طحلب *C. vulgaris* في معاملة مياه المخلفات الصناعية السائلة لمعامل الألبان (معمل أبي غريب في بغداد) والزيوت النباتية (مصنع الرشيد في بغداد) لإنتاج الزيوت النباتية والصابون، وذلك باعتبار الطحلب المذكور آنفاً مرشحاً حياتياً فعالاً (active Biofilter)، وكانت نسبة الإزالة المئوية للعوامل المدروسة عند معاملة مياه المخلفات الصناعية للألبان وبوجود التهوية وبطريقة مزارع الوجبة (Batch Culture) هي ($BOD_٥$) ٩٤.١٪، (COD) ٨٩.٢٪، (Cl) ٧٧.٩٪، ($PO_٤$) ٩٧.٧٪، ($NO_٣$) ٨٩.٥٪، أما عند استعمال تقنية المزرعة المستمرة (Continuous Culture Technique) وفي منظومة مختبرية ذات خمسة أحواض مصممة لهذا الغرض محلياً، فقد بلغت أفضل نسب إزالة للعوامل المدروسة ٧٢.٣٪، ٣٥.٤٪، ٥٧٪، ٧٠٪، ٧٣.٣٪ على التوالي. أما دراسة (الربيعي، ٢٠٠٣)، فقد تضمنت اختبار قابلية ثلاثة أنواع من الطحالب *Oscillatoria psendogemiuata* و*Spirulina major* و*N. palea* في إزالة المغذيات النباتية المكونة من الامونيا والنتريت والنترات والفسفور الفعال والفسفور الكلي، فضلاً عن خفض المتطلب الكيميائي للأوكسجين وإزالة بعض العناصر الثقيلة من مياه فضلات محطة الرستمية. وسجلت أعلى إزالة للأمونيا ١٠٠% والنتريت ٧٠% والنترات ٨٠% والفسفور الفعال ١٠٠% والفسفور الكلي ٨١% والمتطلب الكيميائيّ للأوكسجين ٨٠% وللعناصر الثقيلة ١٠٠%. مما تقدم يتضح لنا قلة الدراسات في العراق بخصوص استعمال الطحالب في تنقية المياه، والتخلص من المغذيات والملوثات الأخرى.

وتضمنت دراسة العادلي (٢٠٠٣) بعض أساليب معالجة الكبريتات ومنها استعمال أوكسيد الكالسيوم وكاربونات الصوديوم إذ تم إزالة الكبريتات بنسبة ٢٦٪ عند استعمال أي منها على حدة بتركيز ٤ غم.لتر$^{-١}$ في حين بلغت الإزالة ١٧٪ عند استعمالها معاً بتركيز ٦ غم.لتر$^{-١}$ وبنسبة ١:١ وهذه النسب أدت إلى تقليل تركيز الكبريتات في مياه الفضلات الصناعية لمعمل نسيج الحلة.

ما استعملت المبادلات الأيونية ٤١٠ Ambrlite و$X_٨$ Dowex و٤ Dowex في إزالة الكبريتات وأوضحت النتائج أن نسب الإزالة كانت ٧٠٪ و٦١٪ و٢٦٪ على التوالي.

أما دراسة تاج الدين (٢٠٠٤) فتضمنت تجريب طريقة المعالجة الكيميائية والمبادل الأيوني في إزالة العسرة مختبرياً وبينت النتائج أن أعلى نسبة إزالة للعسرة ٩٥٪ وذلك عند إضافة كاربونات الصوديوم بتركيز log/L كما حصلت إزالة العسرة بنسبة ٨٦٪ عند إضافة خليط من النورة وكاربونات الصوديوم بنسب مساوية وبتركيز g/L ٨. أما في طريقة المبادل الأيوني فكانت نسبة الإزالة للعسرة عالية جداً وبينت النتائج وجود علاقة عكسية بين عسرة المياه وتشبع المبادل الأيوني.

وفي دراسة الجبوري (٢٠٠٣) استعمل بوليمر الايثر التاجي (Polydibenzo-١٨-Crown-٦) (PDB١٨C٦) والأكسدة الضوئية المحفزة بوجود ثاني أو كسيد التانيوم $TiO_٢$ أو أوكسيد الزنك في معالجة المياه الصناعية الناتجة عن الشركة العامة للصناعات النسيجية في الحلة.

وكذلك استعمل هيدروكسيد الصوديوم NaOH لإزالة الأصباغ من المياه الصناعية من وحدة صناعة الغزل والنسيج وذلك بترسيبها.

١-١٤ الهدف من الدراسة

١. دراسة سنوية لمياه الفضلات الصناعية لشركة الصناعات النسيجية في الحلة من حيث الخواص الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية.

٢. دراسة مدى تأثير المياه الفضلات الصناعية للشركة في مجتمع الهائمات النباتية كمياً ونوعياً.

٣. تهدف الدراسة في التعرف على كفاءة الطحالب التالية: *C. vulgaris* و *S. quadricauda* و *N. Palea* في

أ. إزالة المغذيات (النتريت والنترات والفوسفات الفعالة) من المياه العادمة للشركة.

ب. إزالة العسرة الكلية وعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم والقاعدية والكبريتات.

ج. إزالة اللون.

د. المقارنة بين عملية الإزالة باستعمال مياه فضلات معقمة وغير معقمة.

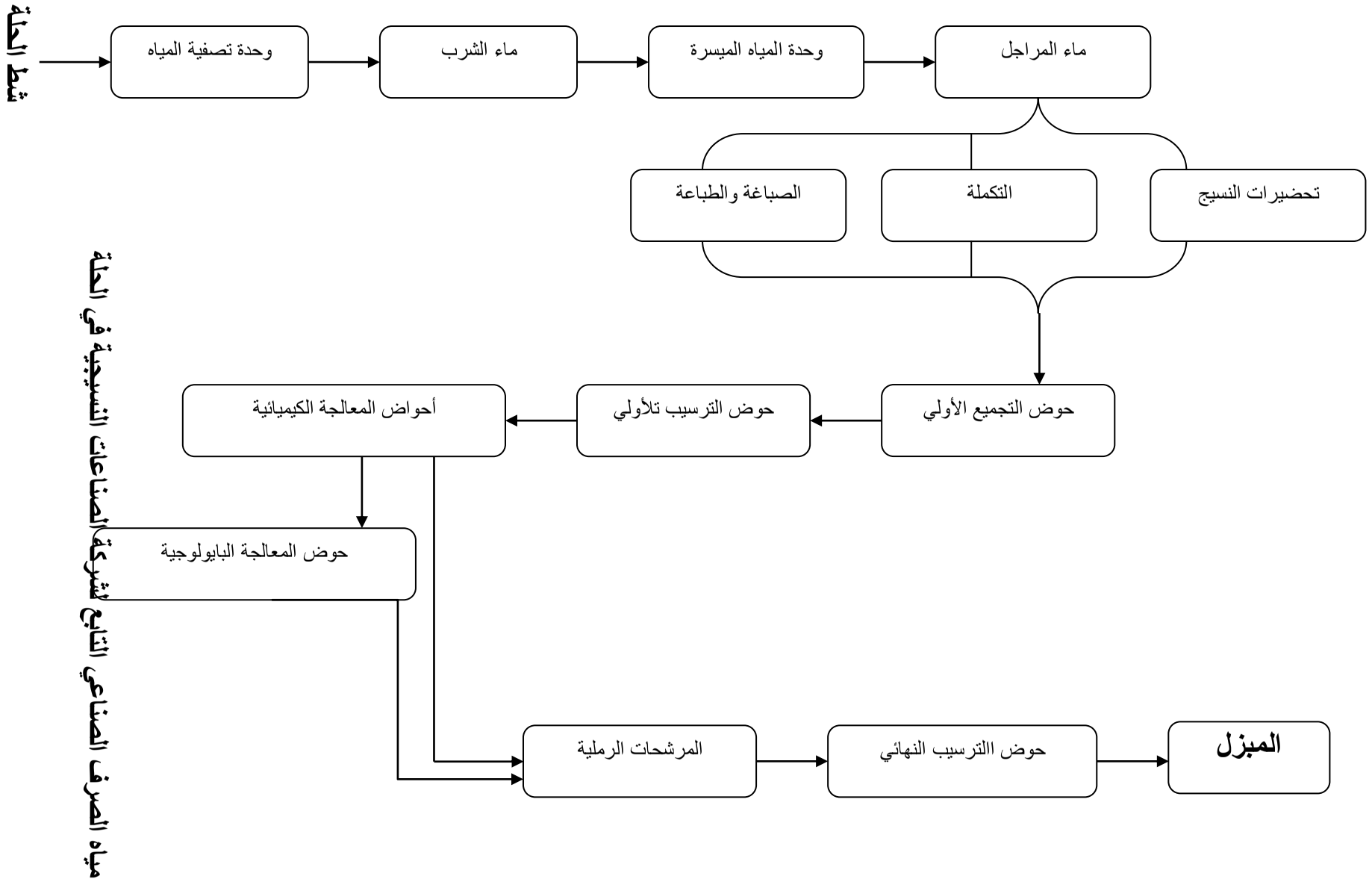
١-٢ وصف منظومة معالجة المياه الصناعية في معمل نسيج الحلة

إن المياه الصناعية الناتجة من عمليات الإنتاج لمعمل نسيج الحلة تمر بمحطة معالجة قبل عملية تصريف هذه المياه إلى المبزل. إن المياه الخارجة من وحدات الإنتاج قبل دخولها محطة المعالجة تكون حاوية على الكثير من المواد الكيميائية والهايدروكاربونية والعناصر الثقيلة فضلاً عن الأصباغ الناتجة من وحدة الصباغة والنفط والشحوم من وحدات التكملة ووحدات صيانة المكائن والمعدات، تعالج هذه المياه بوحدة متخصصة قبل عملية طرحها تعرف هذه الوحدة باسم (وحدة المعالجة للمياه الصناعية).

إن المياه المأخوذة من النهر تحول إلى مياه خالية من الأملاح (Soft water) قبل دخولها وحدة الإنتاج لكي تكون مياه صالحة للاستعمال الصناعي. وفيما يلي متابعة لمرور المياه الصناعية الناتجة من وحدات الإنتاج بمراحل المعالجة.

إن المياه الصناعية الناتجة من وحدات الإنتاج ومنها وحدات قسم التكملة والتنشية والمبادلات الأيونية تذهب في البداية إلى أحواض المصبغة بعد ذلك تسحب من حوض المصبغة بوساطة ثلاثة مضخات إلى حوض التجانس، وحوض التجانس هو حوض دائري حاوٍ على قاشطة تعمل على قشط الحمأة (sludge) تتحرك في صورة دائرية داخل الحوض ويسمى هذا الحوض بحوض التجانس لأنه يعمل على مجانسة المادة الكيميائية، بعد ذلك ينتقل الماء إلى خمسة أحواض بوساطة أنابيب، تكون الأحواض الخمسة حاوية على مازجات، إذ تضاف في هذه الأحواض مادتا (الشب والنورة)، ثم تمزج بوساطة المازجات، بعد ذلك تنتقل إلى حوض محور صغير بيضوي الشكل لغرض التهوية، إذ كان سابقاً هذا الحوض مصمماً لتجميع المياه الثقيلة، إلا أن المياه الثقيلة ربطت بالمجاري المصرفة إلى شبكة مجاري المدينة وحور الحوض لاستعمالات التهوية.

بعد ذلك تذهب هذه المياه إلى أحواض تلبيد (flocculation) وحوض التلبيد هو حوض مستطيل الشكل حاوٍ على قاشطتين أحدهما عليا والأخرى سفلى، السفلى لقشط الحمأة (sludge) والقاشطة العليا لقشط المواد الطائفة بالحوض (الزيت، الزغب، ...الخ) بعد ذلك ينتقل إلى المرشحات إذ توجد مرشحات المياه، مرشحات الخبث، مرشحات الأطيان بعد ذلك تصرف هذه المياه إلى المبزل بوساطة ثلاث مضخات.


شط الحلة
وحدة تصفية المياه
ماء الشرب
وحدة المياه الميسرة
ماء المراجل
الصباغة والطباعة
التكملة
تحضيرات النسيج
حوض التجميع الأولي
حوض الترسيب تلأولي
أحواض المعالجة الكيميائية
حوض المعالجة البايولوجية
المرشحات الرملية
حوض االترسيب النهائي
المبزل
مياه الصرف الصناعي التابع لشركة الصناعات النسيجية في الحلة

٢-١-١ الأجهزة والأدوات المستعملة

فيما يلي الأجهزة والأدوات المستعملة في الدراسة واسم الشركة المصنعة لها

الأجهزة		الشركة المصنعة
مجهر ضوئي	Compound microscope	Olympus (Japan)
الموصدة	Autoclave	Gallenkamp (England)
جهاز قياس الأس الهيدروجيني	pH meter	HANNA (Portugal)
فرن كهربائي	Oven	Memmert (Germany)
حاضنة مضاءة مبردة	Illuminated cooled incubator	Gallen kamps (England)
مضخة سحب الهواء	Vacuum pump	Thomas (U.S.A)
ميزان حساس	Sensitive balance	Sartorius (Germany)
المطياف الضوئي	Spertrophotometer ٦٠١	bausca & lomb
المطياف الضوئي	Spectrophotometer (Cintra ٥)	Bekman (China)
صفيحة التسخين	Hot plate	Gallen kamp, (England)
ماصات مختلفة الأحجام	Pipettes (different size)	Oxford (U.S.A)
شريحة حساب كريات الدم البيض	Haemocytometer	Neubauer, (Germany)
جهاز قياس التوصيل الكهربائي	Conductivity meter	Bischof L١٧

٢-١-٢ المواد الكيميائية المستعملة

	اسم المادة	الشركة
١.	Ammonia	BDH
٢.	Ammonium chloride	Fluka
٣.	Ammonium molybdate	Fluka
٤.	Ascorbic acid	BDH
٥.	Barium chloride	BDH
٦.	Calcium carbonates	BDH
٧.	Calcium chloride	BDH
٨.	Canada balsam	Fluka
٩.	Erichrom black T	Merck
١٠.	Ethanol	Fluka
١١.	Ethylene diamine tetra acetic acid disodium	BDH
١٢.	Acetic acid glacial	BDH
١٣.	Glycerol	BDH
١٤.	Hydrochloric acid	BDH
١٥.	Manganese chloride	Merck
١٦.	Magnesium sulfate	Merck
١٧.	Meroxid	BDH
١٨.	Methyl red	Merck
١٩.	Methyl orange	Merck
٢٠.	N-naphthyl ethylene diamine dihydrochlorid	Fluka
٢١.	Nitric acid	BDH
٢٢.	Phenolphthalein	Merck
٢٣.	Potassium antimonyl tartart	Merck
٢٤.	Potassium dichromate	Fluka
٢٥.	Potassium hydroxide	Fluka
٢٦.	Potassium Iodide	Fluka

الشركة	اسم المادة	
Merck	Potassium nitrate	٢٧.
Merck	Potassium phosphate dihydrogen	٢٨.
BDH	Sodium carbonate	٢٩.
Merck	Sodium chloride	٣٠.
Fluka	Sodium hydroxide	٣١.
BDH	Sodium nitrate	٣٢.
BDH	Sodium thiosulfate	٣٣.
Merck	Sulfonyl amid	٣٤.
BDH	Sulfuric acid	٣٥.

٢-٢ عزلات الطحالب المستعملة في الدراسة

تم الحصول على مزرعة من الطحالب *C. vulgaris* وطحلب *S. quadricauda* وطحلب *N. palea* kutz من قسم علوم الحياة / كلية العلوم للبنات/ جامعة بغداد. يعود النوع الأول والثاني إلى شعبة الطحالب الخضراء (*Chlorophyta*) ومن رتبة (*Chlorococcales*). إذ أن طحلب *C. vulgaris* من عائلة Chlorellaceae ويمتاز بأنه طحلب أحادي الخلية غير متحرك صغير الحجم إذ يتراوح قطره بين (٢ – ١٢) مايكرون. الطحلب كروي الشكل وقد يكون في شكل تجمعات غير منتظمة، جدار الخلية سليلوزي رقيق والبلاستيدة كأسية الشكل جدارية أو جانبية تحوي مركز نشوي واحد وهنالك استعمالات كثيرة لهذا الطحلب إذ يستعمل كمصدر للبروتين في إنتاج الغذاء وإطلاق الأوكسجين في معالجات مياه الفضلات (Graham and Wilcox, ٢٠٠٠).

يرجع طحلب *S. quadricauda* إلى عائلة Scendesmaceae إذ يعيش هذا الطحلب بشكل مستعمرات صغيرة غير متحركة هائمة أو ملتصقة في الأحواض المائية. يتراوح عدد الخلايا (٢ – ٣٢) خلية مرتبة في صف أو صفين. الخلايا تكون اهليجية الشكل أو مغزلية والخلايا الطرفية قد تحتوي على بروزات متباينة الطول. تتجمع الخلايا في شكل طولي ومتوازٍ بحيث يكون طول الخلية دائماً أقل من عرضها. البلاستيدة تكون صفائحية ولها مركز نشوي واحد. يستعمل هذا الطحلب في التجارب الوراثية لقابليته السريعة على التكاثر (Graham and Wilcox, ٢٠٠٠).

ويعود النوع الثالث إلى شعبة الطحالب الدايتومية (Chrysophyta) ومن عائلة Bacillariophaceae من رتبة الدايتومات الريشية (Pennales). تمتاز الخلايا بلونها الذهبي والأخضر الزيتوني والهيكل المتطاول النهائة الضيقة نوعا ما. كما يمتاز بجدار مشبع بالسليكا وتحتوي على بلاستيدين ويتراوح طوله بين (١٨ – ٦٠) مايكروميتراً وعرضه (٣ – ٥) مايكروميتراً. ويمكن أن يتواجد بشكل مفرد أو مجتمع كما يمتاز هذا النوع بتحمله الواسع للظروف البيئية القاسية (Lowe, ١٩٧٤).

٢-٣ غسل وتعقيم الأدوات المستعملة

غسلت جميع الأدوات المستعملة بماء الحنفية ثم بالماء المقطر وبعدها بمحلول حامض الهيدروكلوريك المخفف (٠.٠١) عياري، ثم غسلت بعد ذلك بالماء المقطر ووضعت في الفرن الكهربائي بدرجة حرارة (١١٠ ْم) لمدة ساعة واحدة (الربيعي، ٢٠٠٣).

٢-٤ جمع نماذج مياه الفضلات

جمعت عينات مياه الفضلات الصناعية العادمة التابعة لشركة الصناعات النسيجية في الحلة من موقع طرحها في المبزل المقابل للشركة وأجريت جميع التجارب الخاصة بمعالجة الملوثات عليه فيما عدا تجربة معالجة اللون فقد جمعت العينات من حوض الشطف (شطف الأقمشة من الأصباغ) وذلك لمعرفة إمكانية الطحالب المستعملة في معالجة اللون بالتراكيز المطروحة بشكلها المباشر قبل أن يحدث لها أي تخفيف أو معالجة كيميائية ويتم الجمع بوساطة أوعية بلاستيكية سعة ٥ لتر بعد غسلها بمياه الفضلات ثم نقلها مباشرة إلى المختبر بمدة لا تتجاوز ٣٠ دقيقة. وضعت بعد ذلك في قناني زجاجية شفافة سعة ٢.٥ لتر وسدت الفوهة بالقطن

ثم عقم قسم منها بجهاز المؤصدة للتخلص من الأحياء المجهرية وترك القسم الآخر بدون تعقيم واستعملت قناني وينكلر Winkler سعة ٢٥٠ مليلتر لغرض قياس الأوكسجين الذائب.

٢-٥ حفظ وإدامة العزلة

تم تنمية وإكثار المزارع النقية للطحالب باستعمال الوسط الزرعي CHU ١٠ medium (Chu, ١٩٤٢) والمحورة من قبل Kassim (١٩٩٨) جدول (١). حضر الوسط بشكل محاليل أساسية stock solution تحفظ في الثلاجة ٤ ْم حال الانتهاء من تحضيرها وبدون تعقيم لحين استعمالها.

يتم تحضير الوسط النهائي بخلط كميات محددة من المحاليل الأساسية ويكمل الحجم إلى ١ لتر بالماء المقطر، ضبط بعدها الأس الهيدروجيني بين (٦.٨ – ٧) بإضافة قطرات من حامض الهيدروكلوريك HCl ٠.٠١ عياري أو محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH ٠.٠١ عياري. وباستعمال جهاز قياس الأس الهيدروجيني (pH meter) بعد معايرته بمحاليل قياسية بعد ذلك يتم تعقيم الوسط باستعمال جهاز المؤصدة (Autoclave) بدرجة حرارة ١٢١ ْم وضغط ١.٥ بار لمدة ٢٠ دقيقة وترك الوسط الزرعي إلى اليوم التالي لغرض استعماله في التنمية.

زرعت عزلات الطحالب بطريقة الوجبة (Batch culture) في أوساط زرعية سائلة حجمها ٢٥٠ مليلتر في دوارق زجاجية حجم ٥٠٠ مليلتر إذ أضيف لها ٥٠ مليلتر من مزرعة الطحالب الخزنية. ثم حضنت في غرفة الزرع (Plant cabinate) بدرجة 25 ± 2 ْم وشدة إضاءة ٥٠ مايكروانشتاين/م^{٢}/ثا نظام ضوئي ٨:١٦ ساعة إضاءة : ظلام.

٢-٦ الوسط الزرعي الصلب

حضر الوسط الزرعي السائل chu-١٠ كما في الجدول (١) وأضيف إليه الآكار (Agar) بنسبة ٢٪ وضبط الأس الهيدروجيني له (٧ – ٧.٢)، ثم عقم في جهاز الموصدة تحت ضغط ١٥ بار وبدرجة حرارة ١٢١ ْم ولمدة ٢٠ دقيقة. تم صب الوسط بعد التعقيم في أطباق بتري معقمة وتركت بدرجة حرارة المختبر حتى تبرد وتتصلب (Prate & Baslerova, ١٩٧٢).

٢-٧ خزن الطحلب

تم عمل تخطيط بوساطة Loop معقمة من الأوساط السائلة المزروعة بالطحلب سابقاً على الأوساط الصلبة في أطباق بتري وتم حضنها في غرفة الزرع لحين ظهور المزرعة أو النمو للاستفادة منها وقت الحاجة.

جدول رقم (١) يوضح مكونات الوسط الغذائي chu – ١٠ (ملغم/ليتر) المستعمل والمحور من (Kassim, ١٩٩٨)

Salts	Chu – N١٠	Kassim
$Ca(NO_3)_2$	٤٠	–
K_2HPO_4	١٠	١٠
$MgSO_4.7H_2O$	٢٥.٥	٢٥.٠
$Na_2CO_3.5H_2O$	–	٢٠.٠
Na_2SiO_3	٢٥	–
$FeCl_3$	٠.٨	٠.٨
$NaNO_3$		٥٣.٣
$CaCl_2$		٤٠
$MnCl_2.4H_2O$		٠.٠٤٥
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$		٠.٠٠٧
$ZnSO_4.2H_2O$		٠.٠٥٦
$CuSO_4.5H_2O$		٠.٠٠٢
$CoSO_4.7H_2O$		–
$CoCl_2.6H_2O$		٠.٠١
H_3BO_3		٠.٧٢
pH	٦.٥ – ٧	٧.٠ – ٧.٥

٢-٨ معاملة مياه الفضلات بالطحالب

تم توزيع مياه الفضلات المعقمة في قناني زجاجية معقمة سعة (٢.٥ لتر) بواقع ١٧٠٠ مليلتر من المياه لكل قنينة والكمية نفسها من مياه الفضلات غير المعقمة في قناني أخرى ولكل معاملة أضيف لها ٣٠٠ مليلتر من اللقاح الابتدائي للطحالب (*C. vulgaris* و *S. quadricauda* و *N. palea*) كل على انفراد وبثلاث مكررات لكل منها ثم وضعت المعاملتين في غرفة الزرع وأخذ ١٢٥ مليلتر من المزرعة يومياً لإجراء الفحوصات الحيوية والكيميائية ولمدة عشرة أيام. تم إضافة اللقاح من المزارع الخزنية كان عند وصولها إلى طور الاستقرار (Stationary phase) (الربيعي، ٢٠٠٣).

٢-٩ معاملة مياه الفضلات غير المعقمة بخليط من الطحالب

وضع ١٧٠٠ مليلتر من مياه الفضلات غير المعقمة في قنينة سعة ٢.٥ لتر ثم أضيف إليها اللقاح الابتدائي بشكل مزيج والمكون من ١٥٠ مليلتر من طحلب *C. vulgaris* و١٥٠ مليلتر من طحلب *S. quadricauda*.

ثم وضع أيضاً ١٧٠٠ مليلتر أخرى من مياه الفضلات غير المعقمة في قنينة زجاجية ٢.٥ لتر ثم أضيف إليها ١٥٠ مليلتر من *S. quadricauda* و١٥٠ مليلتر من طحلب *N. palea*. وبالنمط نفسه كمعاملة أخرى أضيف اللقاح الابتدائي بشكل مزيج والمكون من ١٥٠ مليلتر من *C. vulgaris* و ١٥٠ مليلتر من طحلب *N. palea* معاً.

ووضع أيضاً (١٧٠٠ مليلتر) من مياه الفضلات غير المعقمة في قنينة زجاجية سعة ٢.٥ لتر ثم أضيف إليه (١٠٠ مليلتر من طحلب *C. vulgaris*) و(١٠٠ مليلتر من طحلب *S. quadricauda*) و(١٠٠ مليلتر من دايتوم *N. palea*) ووضعت جميع المعاملات في غرفة النمو وأخذ ١٢٥ مليلتر من المزرعة لكل معاملة وبثرث مكررات يومياً لإجراء الفحوصات الحيوية والكيميائية ولمدة عشرة أيام (الربيعي، ٢٠٠٣).

٢-١٠ مياه الفضلات غير المعاملة بالطحالب (السيطرة)

وضع ٢ لتر من مياه الفضلات غير المعقمة في قنينة زجاجية سعة ٢.٥ لتر وبثلاث مكررات ثم وضعت في غرفة الزرع وأخذ ١٢٥ مليلتر من المزرعة يومياً لإجراء الفحوصات الحيوية والكيميائية ولمدة عشرة أيام.

٢-١١ الكتلة الحية

٢-١١-١ العدد الكلي للخلايا

حسبت الكتلة الحية على أساس عدد الخلايا وذلك باستعمال شريحة تعداد الخلايا Haemocytometer وذلك بوضع قطرة من العينة المسحوبة من المزرعة على سطح كل ردهة من ردهتي الشريحة ثم يوضع الغطاء وتفحص تحت المجهر على القوة (٤٠x) وعبر عن النتائج خلية/مل وباستعمال طريقة القطاع المستعرض وكما يلي:

حجم العينة في القطاع (ملم^3) = طول القطاع (ملم) × عرض القطاع (ملم) × عمق الشريحة (ملم)

عدد القطاعات في ١ ملم من العينة = ١٠٠٠ ملم^3 / حجم العينة في القطاع الواحد (ملم^3)

عدد الخلايا في(١ مل) من العينة = معدل عدد الخلايا في القطاع الواحد × عدد القطاعات في ١ ملم من العينة

ثم حسب معدل النمو (μ) Growth rate اعتماداً على (Fogg, ١٩٧٥) حسب المعادلة الآتية:

$$\mu = \frac{\text{LogNe} - \text{LogNo}}{t}$$

إذ إن:-

μ = معدل النمو (عدد الخلايا/يوم).

Ne = عدد الخلايا في نهاية التجربة (خلية/مل).

No = عدد الخلايا في بداية التجربة (خلية/مل).

t = وقت التجربة (يوم).

أما زمن التضاعف Doubling time (G) (ساعة) فقد حسب من المعادلة الآتية:

$$G = \frac{0.301}{\mu} \times 24$$

٢-١١-٢ الوزن الجاف

رشح ١٠٠ مليلتر من العينة باستعمال أوراق ترشيح قطر الثقوب ٠.٤٥ مايكرون بوساطة جهاز سحب الهواء vacuum pump ثم جفف في درجة حرارة (١٠٥ – ١١٠) مْ وحسب الوزن الجاف يومياً حسب المعادلة الآتية: (APHA, ١٩٥٥) وعبر عن الناتج (ملغم/ليتر).

٢-١٢ كثافة خلايا الطحالب

قيست الامتصاصية للتعرف على كثافة خلايا الطحالب باستعمال جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer على طول موجي ٥٤٠ نانوميتر يومياً خلال مدة التجربة. وصفر الجهاز على مياه الفضلات غير المعاملة بالطحالب (Tom and Wong, ١٩٨٩).

٢-١٣ التحاليل الفيزيائية والكيمائية والبايولوجية

٢-١٣-١ التحاليل الفيزيائية

قيست درجة حرارة الماء حقلياً وباستعمال محرار زئبقي اعتيادي مدرج لغاية نصف درجة مئوية.

٢-١٣-١-١ التوصيلية الكهربائية والملوحة Electrical Conductivity and Salinity

قيست التوصيلية الكهربائية للعينات حقلياً باستعمال جهاز التوصيلية الكهربائية Conductivity meter وعبر عنها بوحدات مايكروسيمنز/سم $(\mu m / cm)$.

وقيست الملوحة حسب المعادلة الآتية:

% الملوحة = قيمة التوصيلية الكهربائية × ١٠٠٠/٠.٦٤ (Mackereth *et al.*, ١٩٧٨).

٢-١٣-٢ التحاليل الكيميائية

٢-١٣-٢-١ الأس الهيدروجيني pH

قيس الأس الهيدروجيني للعينات حقلياً باستعمال جهاز قياس الأس الهيدروجيني pH meter بعد معايرته بالمحاليل القياسية ذات الأس الهيدروجيني ٤ و٧ و٩.

٢-١٣-٢-٢ القاعدية الكلية Total alkalinity

قيست القاعدية الكلية بطريقة التسحيح (Lind, ١٩٧٩) إذ أخذ (١٠٠ مل) من ماء العينة وسحح مع حامض الكبريتيك القياسي (٠.٠٢ عياري) بعد إضافة الكواشف لكل من المثيل البرتقالي والفينونفثالين وعُبر عن الناتج بـ ملغم/ليتر.

٢-١٣-٢-٣ العسرة الكلية **Total hardness**

اتبعت طريقة التسحيح باستعمال مادة Na_2-EDTA (٠.٠١ عياري) لتقدير العسرة الكلية حسب (Lind, ١٩٧٩) وباستعمال كاشف Eriochrome Black T وعبر عن الناتج بـ ملغم/ليتر.

٢-١٣-٢-٤ عسرة الكالسيوم **Calcium Hardness**

قيس تركيز الكالسيوم بالتسحيح مع مادة Na_2EDTA القياسي (٠.٠١ عياري) حسب (APHA, ١٩٨٥) بعد إضافة (NaOH) (١ عياري) للعينة وباستعمال Murexid Indicator ككاشف وعبر عن الناتج بـ ملغم/ليتر.

٢-١٣-٢-٥ عسرة المغنيسيوم **Magnesium Hardness**

قدر المغنيسيوم في عينات المياه المدروسة بإتباع الطريقة المذكورة في APHA (١٩٨٥) وذلك بطرائق حسابية:

Mg hardness = (Total hardness – Ca hardness) × ٠.٢٢٤

ويعبر عن الناتج بـ ملغم/ليتر.

٢-١٣-٢-٦ النترات **Nitrate**

اتبعت طريقة الاختزال بعمود الكادميوم لتقدير النترات حسب (Parsons *et al.*, ١٩٨٤) باختزال النترات إلى نتريت بعد إضافة (sulphanil amid) و ethylendiamine dihydrochloride (N-(l-naphthyl للعينة ثم قيست الامتصاصية الضوئية عند طول موجي ٥٤٣ نانوميتر وعبر عن الناتج بـ ملغم/ليتر.

٢-١٣-٢-٧ النتريت **Nitrite**

قيس تركيز النتريت باستعمال جهاز المطياف الضوئي عند طول موجي ٥٤٣ نانوميتر حسب (Parson *et al.*, ١٩٨٤) وعبر عن الناتج بـ ملغم/ليتر.

٢-١٣-٢-٨ الفوسفات الفعالة **Reactive phosphate**

قيس تركيز الفوسفات الفعالة حسب (Murphy and Riely, ١٩٦٢) والموضحة من قبل (Parson *et al.*, ١٩٨٤) بعد إضافة mixed reagent للعينة ككاشف ثم قيست الامتصاصية الضوئية عند طول موجي ٨٦٠ نانوميتر وعبر عن الناتج بـ ملغم/ليتر.

٢-١٣-٢-٩ الكبريتات **Sulphate**

اتبعت طريقة الكدرة (Turbidity method) لتقدير تركيز الكبريتات حسب (APHA, ١٩٩٢) قيست العينات بجهاز المطياف الضوئي عند طول موجي ٤٢٠ نانوميتر بعد إضافة المادة المكيفة و $BaCl_2$ للعينة وعبر عن الناتج بـ ملغم/ليتر.

٢-١٣-٢-١٠ الأوكسجين الذائب **Dissolved oxygen**

تم قياس الأوكسجين الذائب باستعمال طريقة ونكلر بتحوير الازايد حسب (APHA, ١٩٨٥) وذلك بتسحيح النموذج مع محلول ثايوسلفات الصوديوم القياسي (٠.٠٢٥ عياري) بعد تثبيت كمية الأوكسجين الذائب حقلياً ويتم إضافة النشا ككاشف وعبر عن الناتج بـ ملغم/ليتر.

٢-١٤ قياس اللون

تم قياس الامتصاصية للمياه الصناعية قبل وبعد المعالجة عند (الطول الموجي λ_{max} المحدد لها) وخلال مدة المعالجة بجهاز (Spectrophotometer cintera ٥) بعد امرار العينات بجهاز الطرد المركزي وعلى سرعة ٣٠٠٠ دورة/دقيقة ولمدة عشر دقائق وذلك باستعمال الجزء الرائق للقياس (Lima *et al.*, ٢٠٠٣).

٢-١٥ حساب النسبة المئوية للإزالة

تم حساب النسبة المئوية للإزالة كما جاء في دراسة (العادلي، ٢٠٠٣).

$$\text{النسبة المئوية للإزالة} = \frac{\text{تركيز الملوث قبل المعالجة} - \text{تركيز الملوث بعد المعالجة}}{\text{تركيز الملوث قبل المعالجة}} \times 100$$

النسبة المئوية للإزالة الصافية= النسبة المئوية للإزالة الكلية – النسبة المئوية للإزالة معاملة السيطرة

٢-١٦ الهائمات النباتية Phytoplankton

٢-١٦-١ الدراسة النوعية Qualitative Study

استعملت شبكة الهائمات النباتية قطر فتحاتها (٢٠ مايكرومتر) لجمع العينات. ووضعت النماذج المرشحة في قناني بولي اثيلين وحفظت بإضافة محلول (Lugol's solution) (Vollenweider, ١٩٧٤).

وشخصت الطحالب غير الدايتومية بتحضير شرائح مؤقتة وفحصتها على قوة تكبير ٤٠X باستعمال المجهر المركب وباستعمال مفاتيح التشخيص الواردة في (Prescott, ١٩٧٣) ولتشخيص الدايتومات وضعت قطرة من النموذج وسط شريحة زجاجية وجفف على صفيحة ساخنة بدرجة (٧٠ مْ) وأضيف لها قطرة من حامض النتريك المركز لإيضاح هياكل الدايتومات وبعد جفاف القطرة وضع غطاء الشريحة الزجاجية الحاوي على قطرة من مادة (الكندا بلسم) وتركت لليوم التالي للفحص وتم التشخيص اعتماداً على (Germain, ١٩٨١ و Mackereth *et al.*, ١٩٧٨).

٢-١٦-٢ الدراسة الكمية Quantitative Study

رسب ١ لتر من ماء العينة بعد إضافة محلول Lugol's solution إلى (١٠ مل) وحسب طريقة (Furet & Evans, ١٩٨٢) إذ استعملت شريحة Haemocytometer لحساب عدد خلايا الهائمات النباتية وذلك بوضع قطرة من العينة المركزة على سطح كل ردهة من ردهتي العد بعد رجها جيداً ثم بوضع غطاء الشريحة وتترك لتستقر الخلايا وبعدها يتم العد.

٢-١٧ التحليل الإحصائي

حللت تجارب الدراسة بالنسبة للخواص الفيزيائية والكيميائية وفق التصميم العشوائي الكامل Completely randomized في حين حللت تجارب الدراسة لنسبة الإزالة كتجارب عاملية وفق التصميم العشوائي الكامل Factorial experiments with completely randomized design وتم استعمال اختبار أقل فرق معنوي (L.S.D.) Least significant difference تحت مستوى (٠.٠٥) لبيان معنوية النتائج، فضلاً عن استعمال معامل الارتباط لإيجاد العلاقة المترابطة لبعض الحالات (الراوي وخلف الله، ١٩٨٠).

٣-١ تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية للشركة العامة للصناعات النسيجية

تبين الأشكال (١ – ١٣) التغيرات الشهرية لبعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية للشركة العامة للصناعات النسيجية خلال مدة الدراسة (آذار – كانون الأول لعام ٢٠٠٥ وشهري كانون الثاني وشباط لعام ٢٠٠٦) ومن خلال نتائج هذه الدراسة لوحظ بأن هنالك تبايناً في قيم معظم العوامل الفيزيائية والكيميائية بين الأشهر المدروسة للمياه المعدومة من الصناعات النسيجية، إذ تراوحت قيم درجات حرارة الماء باختلاف أشهر الدراسة بين (٢١ - ٣٧)مْ في شهر آذار وتموز على التوالي. وأشارت نتائج التحليل الإحصائي بوجود فرق معنوي بين أشهر الدراسة تحت مستوى معنوية.

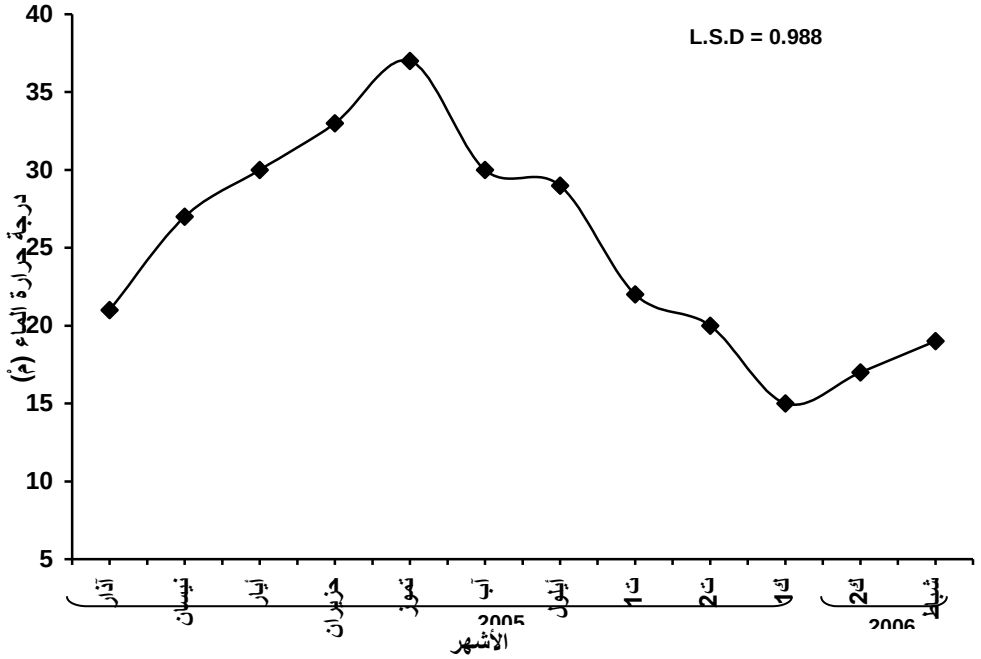
وقد تباينت مديات قيم التوصيلية الكهربائية للمياه المعدومة من (١٢٩٧ – ٢٠٣٠ مايكروسمنز/سم) في شهر آذار وأيلول على التوالي ولوحظ كذلك وجود فروق معنوية بين الأشهر والنمط نفسه لقيم الملوحة إذ كانت مرتفعة وتراوحت بين (٨٣٠ – ١٢٩٩) جزء بالألف على التوالي. أما معدلات الأس الهيدروجيني (pH) فكانت تميل إلى الجانب القاعدي إذ سجلت أدنى قيمة ٧.١٤ في الشهر تموز وأعلى قيمة ٩.٢٧ في شهر كانون الأول من الدراسة. وأثبتت النتائج وجود فروق معنوية بين الأشهر. وبلغت أدنى وأعلى قيمة لمعدلات قاعدية الكلية

لعينات المياه المدروسة بين (١٨٩ – ٥٣٢) ملغم/ليتر في شهر كانون الأول وأيار على التوالي. دلت نتائج التحليل الإحصائي على وجود فروق معنوية في النتائج التي تم الحصول عليها.

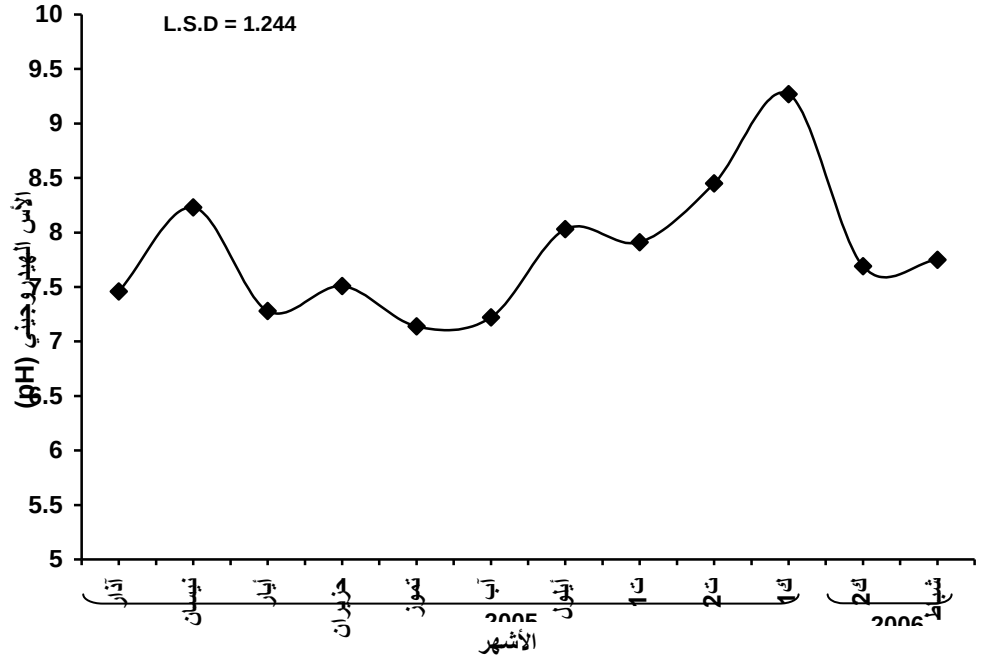
أما تراكيز العسرة الكلية فقد سجل أدنى معدل لها في شهر أيلول ٢١١ ملغم/ليتر وأعلى معدل في شهر شباط ٧٠٠ ملغم/ليتر. وقد بلغت قيم معدلات عسرة الكالسيوم وعسرة المغنيسيوم بين (٤٨ – ١٤٥) ملغم/ليتر في شهر أيلول وكانون الثاني على التوالي وبين (٣٥ – ١٣٣) ملغم/ليتر في شهر تموز وشباط على التوالي. وأشارت نتائج التحليل الإحصائي بوجود فروق معنوية للعسرة الكلية وعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم تحت مستوى معنوية خلال مدة الدراسة.

وتراوحت قيم تراكيز النتريت من (٣ – ١٢) ملغم/ليتر في شهر أيار وآذار على التوالي، والنترات (٨ – ٣٩) ملغم/ليتر في شهر (شباط، تشرين الثاني) على التوالي. وأظهر اختبار التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية لكل من النتريت والنترات عند مستوى معنوية بين أشهر الدراسة. في حين تراوحت الفوسفات فعالة الفعالة (٠.٧ – ٣.٩) ملغم/ليتر في شهر (تشرين الأول – حزيران) والكبريتات (١٩٧ – ٤٧٠) ملغم/ليتر في شهر (آب – كانون الأول). وكان هنالك فرق معنوي بين أشهر الدراسة.

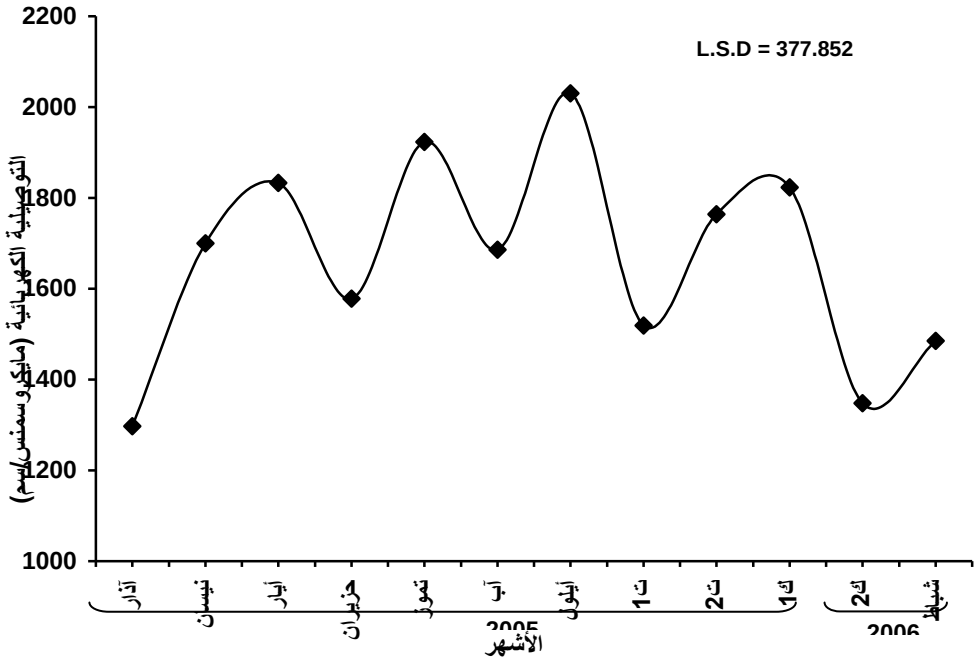
وقد تذبذبت قيم الأوكسجين المذاب (Dissolved Oxygen) خلال فترة الدراسة من (١ – ٤.٤) ملغم/ليتر في شهر كانون الأول وحزيران على التوالي. وسجل فرق معنوي بين الأشهر للأوكسجين المذاب.



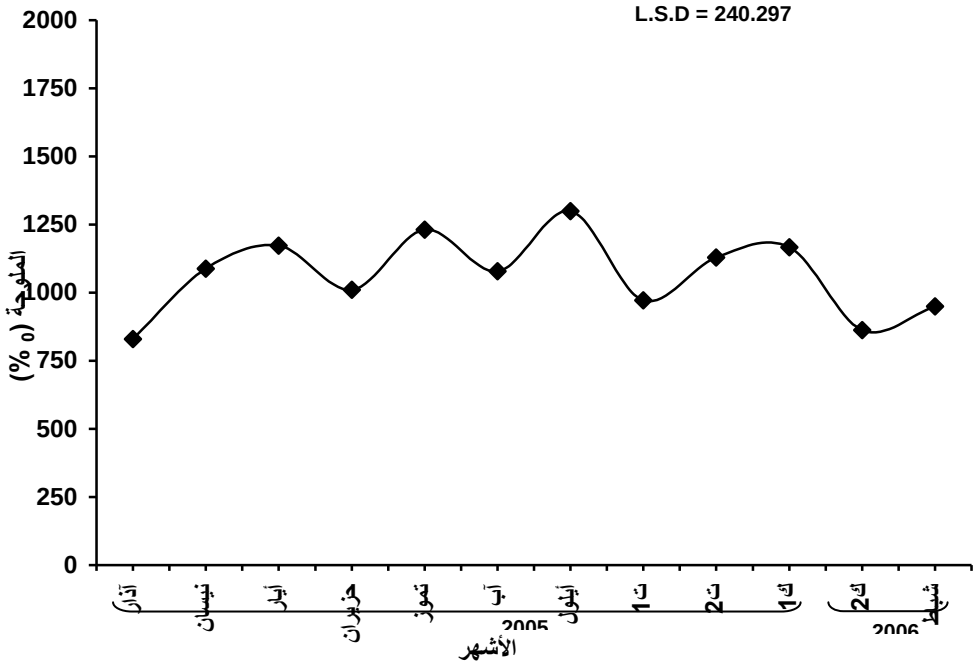
شكل (١) التباين الشهري لدرجة حرارة الماء (مْ) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



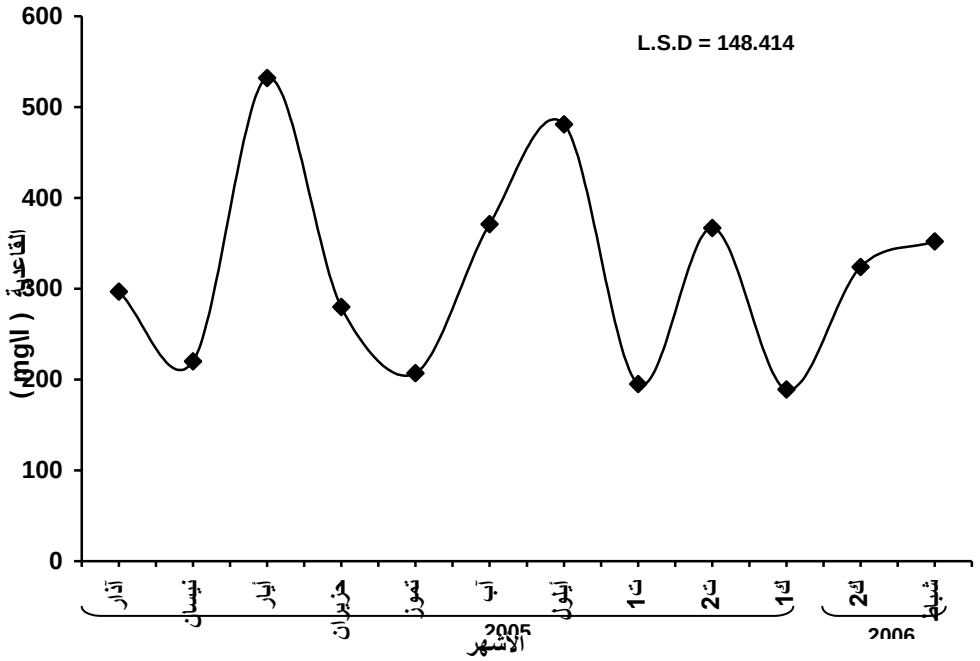
شكل (٢) التباين الشهري لقيمة الأس الهيدروجيني (pH) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



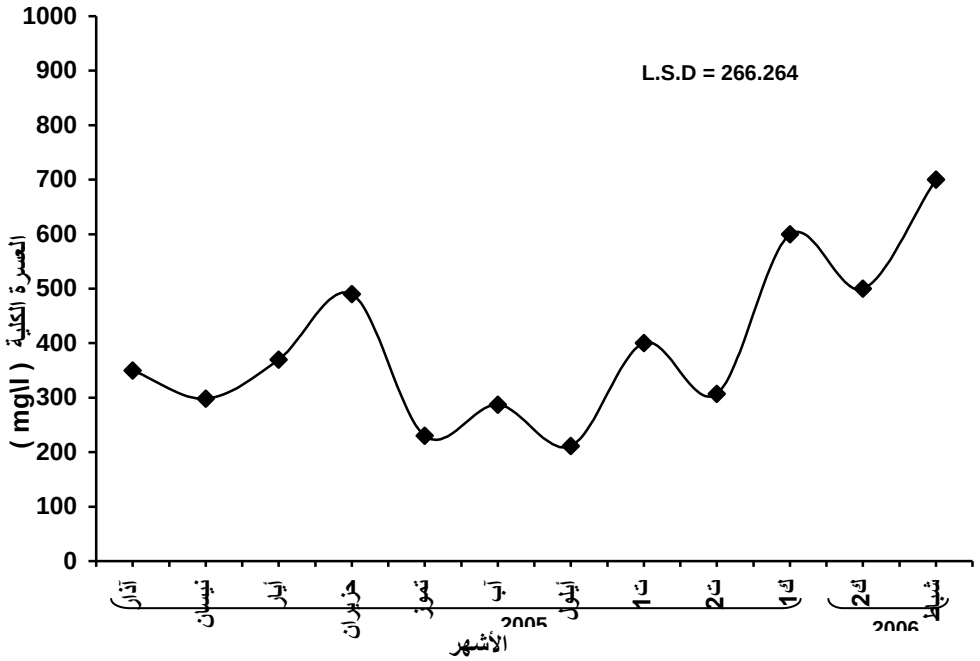
شكل (٣) التباين الشهري لقيم التوصيلية الكهربائية (مايكروسيمنس/سم) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



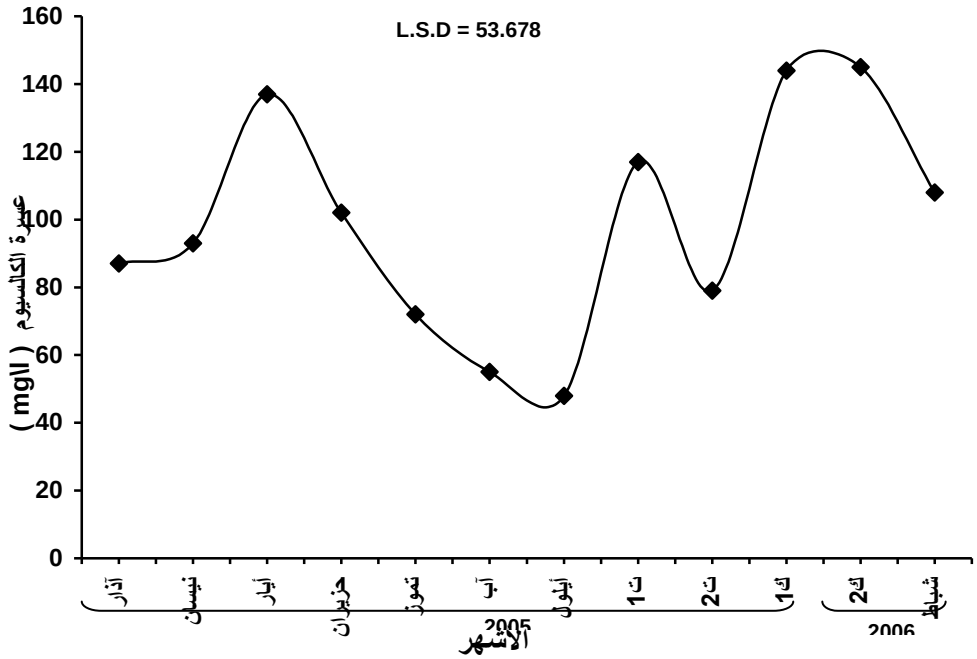
شكل (٤) التباين الشهري للملوحة (.%) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



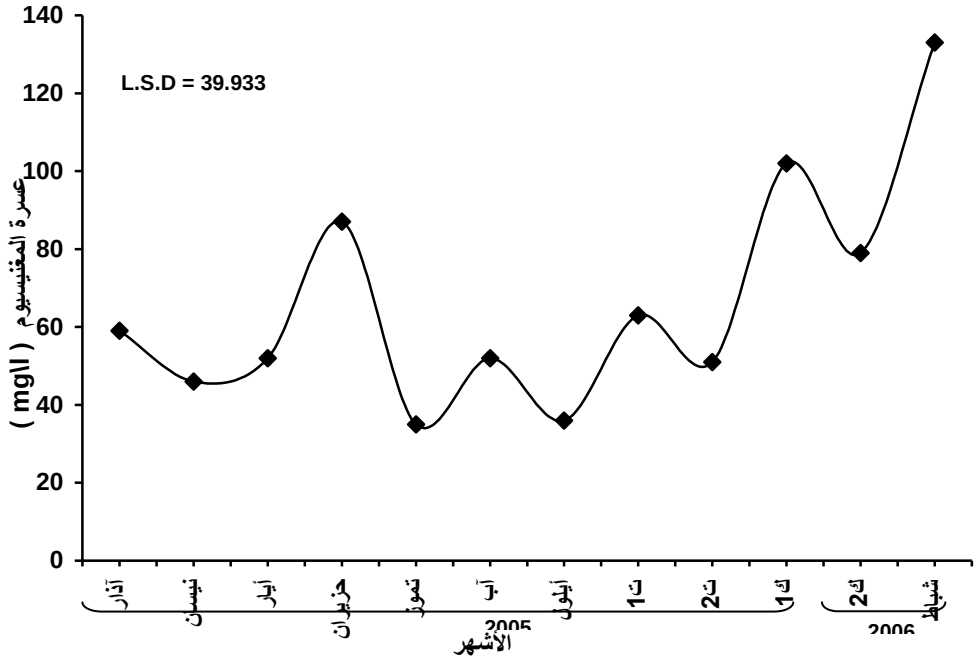
شكل (٥) التباين الشهري لقيم القاعدية (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



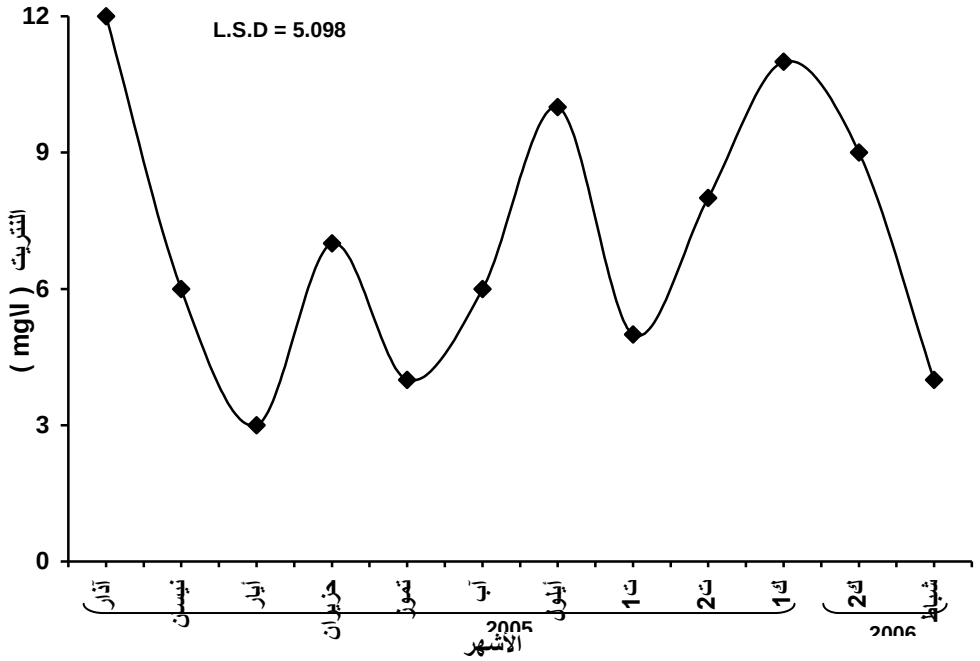
شكل (٦) التباين الشهري لقيم العسرة الكلية (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



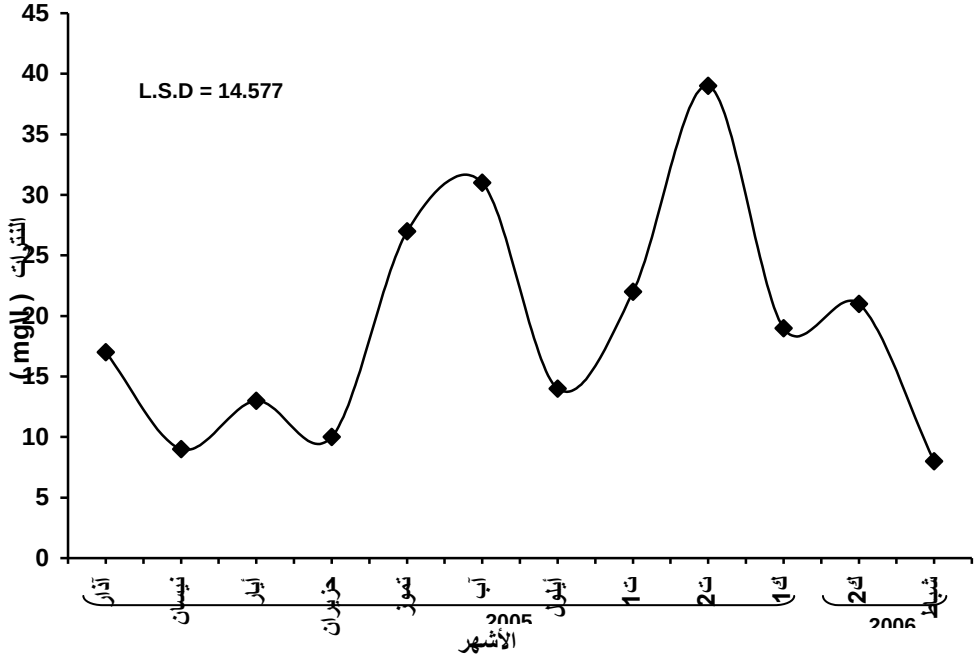
شكل (٧) التباين الشهري لقيم عسرة الكالسيوم (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



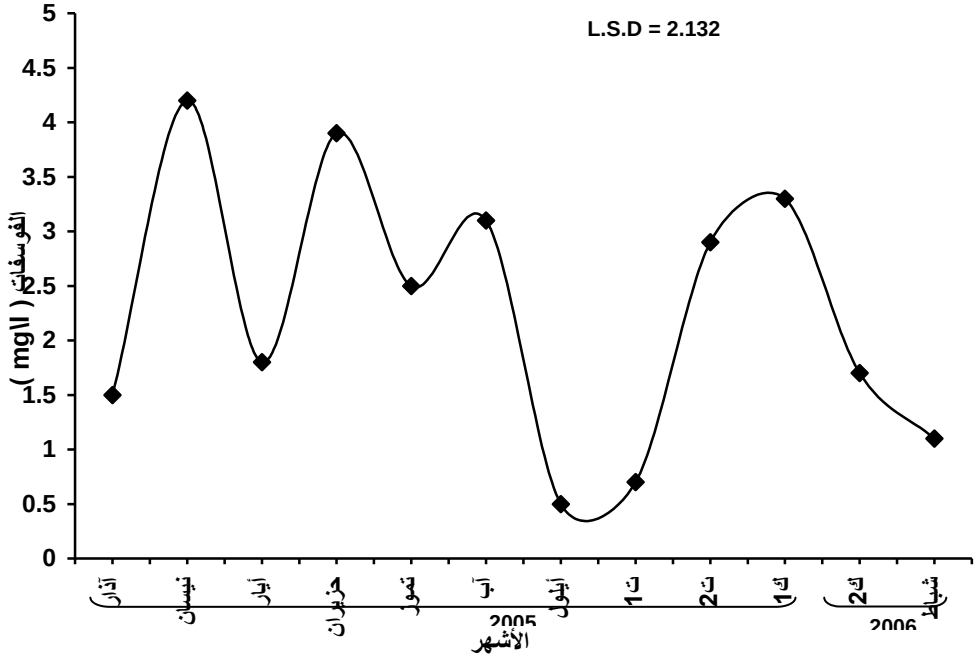
شكل (٨) التباين الشهري لقيم عسرة المغنيسيوم (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



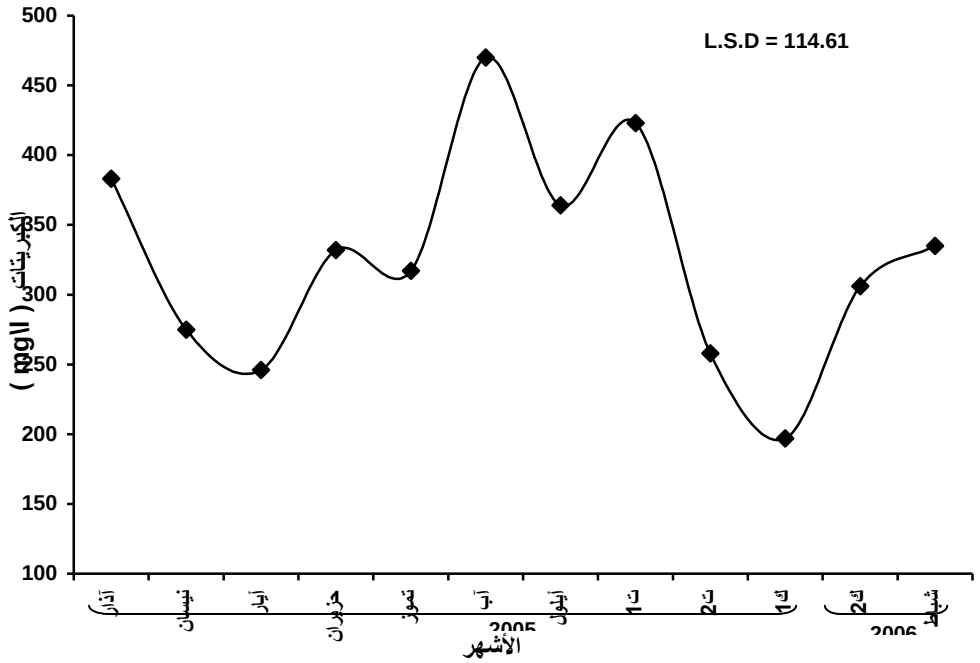
شكل (٩) التباين الشهري لقيم النتريت (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



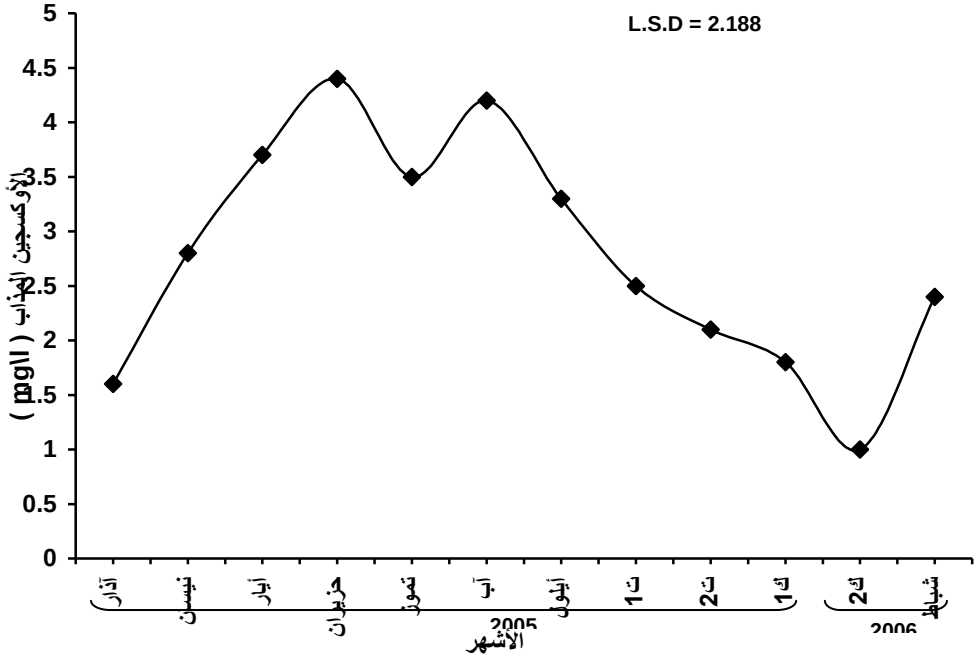
شكل (١٠) التباين الشهري لقيم النترات (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



شكل (١١) التباين الشهري لقيم الفوسفات الفعالة (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



شكل (١٢) التباين الشهري لقيم الكبريتات (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة



شكل (١٣) التباين الشهري لقيم الأوكسجين الذائب (ملغم/ليتر) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة

٣-٢ الهائمات النباتية Phyto Plankton

٣-٢-١ الدراسة النوعية Qualitative Study

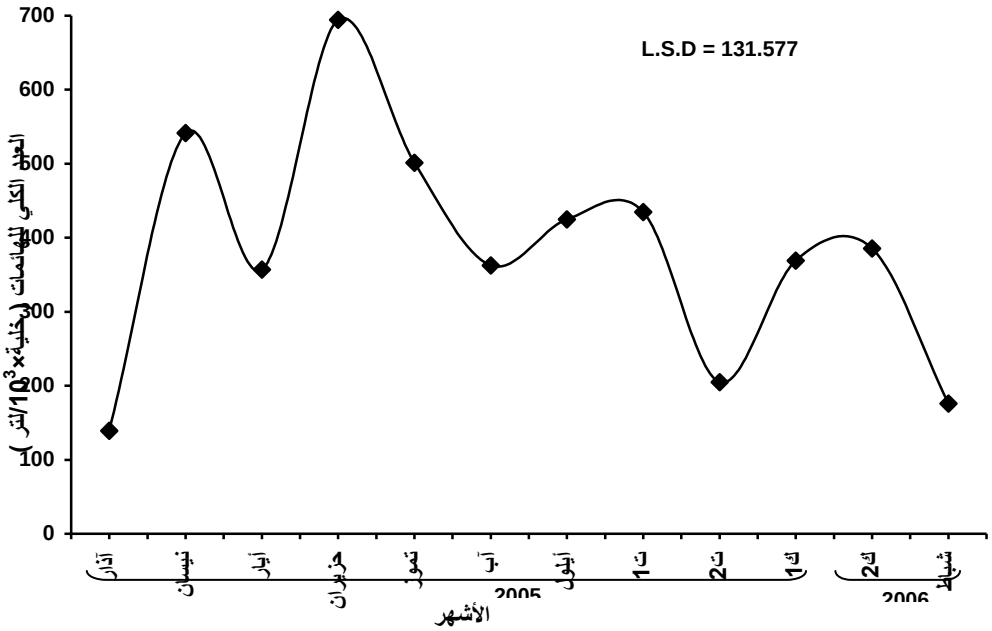
يوضح الجدول (٢) التغيرات الشهرية في أعداد وأنواع الهائمات النباتية في موقع الدراسة وخلال فترة (آذار – كانون الأول ٢٠٠٥ وشهري كانون الثاني وشباط ٢٠٠٦) وقد شخصت خلال الدراسة الحالية (٥٢) نوعاً تعود الأغلبية منها إلى صنف الدايتومات إذ شكلت (٢٠) نوعاً كان (٤) نوعاً منها يعود إلى الدايتومات المركزية و(١٦) نوعاً يعود إلى رتبة الدايتومات الريشية، تلتها الطحالب الخضر وشكلت (١٤) نوعاً أما الطحالب الخضر المزرقة فقد كانت (١٢) نوعاً.

أما طحالب اليوغلينة والطحالب الذهبية فشكلت (٤ و٢) نوعاً على التوالي. وتمثلت أربعة أجناس بأعلى عدد من الهائمات المشخصة مثل *Nitzschia* و *Chlorella* و *Oscillstoria* و *Scendesmus*. وكذلك شخصت بعض الأنواع والأجناس التي كانت ذات مياه مطلقة في مياه الصرف الصناعي طوال مدة الدراسة مثل*Chlamydpmanas sp* و *Scenedesmus sp.* و *Cyclotella meneghiniana* و *Chorella vulgaris* و *Spirolina*.

٣-٢-٢ الدراسة الكمية Quantitative Study

يبين شكل (١٤) وجدول (٢) التغيرات الشهرية للعدد الكلي والنوعي للهائمات النباتية في المياه الفضلات الصناعية الصناعية كانت واضحة لمياه الصرف الصناعي. فقد بلغت أعلى كثافة (٦٩٤.٤ خلية×$١٠^{٣}$/لتر) خلال شهر حزيران ٢٠٠٥، وكانت أدنى قيمة للكثافة (١٣٩.١ × ملغم/لتر) خلال شهر آذار.

وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود ارتباط معنوي سالب بين الطحالب الدايتومية والعسرة الكلية (r = - ٠.٦٧٦) وسجل ارتباط معنوي موجب للطحالب غير الدايتومية مع النترات (r = + ٠.٢٥٣) والفوسفات فعالة (r = ٠.٥٣١). وسجل ارتباط معنوي موجب للطحالب غير الدايتومية والدايتومية مع الكبريتات (r = ٠.٧٥٥) (r = ٠.٦٣٤) على التوالي.



شكل (١٤) التباين الشهري للعدد الكلي للهائمات النباتية (خلية × ١٠٣/سم) لمياه الفضلات الصناعية في موقع الدراسة

٣-٣ معاملة مياه الفضلات الصناعية بطحلب *C. vulgaris*

٣-٣-١ الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بالطحلب

يبين الجدول (٣ و٤) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية والمعاملة بطحلب *C. vulgaris* لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة على التوالي. تراوحت قيمة الأس الهيدروجين للنموذجين المعقم وغير المعقم خلال فترة التجربة بين (٨ – ٨.٦) و(٧ – ٨.٥) على التوالي. وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة.

انخفضت قيم التوصيلية الكهربائية والملوحة للنماذج غير المعقمة والمعقمة من (٣٥٠–٢٣٣٠) (٣٧٩– ١٧٢٢) مايكروسمنز/سم و (٢٢٤– ١٤٩١) (٢٤٢–١١٠٢) جزء بالألف. دلت نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات المجموعة باختلاف الأيام. وبلغت نسبة الإزالة للتوصيلية الكهربائية والملوحة في اليوم الأول (١٠.٧٪ و ٩.٩٪) وازدادت لتصل (٨٥% و ٧٨%). وبينت نتائج التحليل الإحصائي بأن هنالك فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة.

وأظهرت نتائج معاملة مياه الفضلات الصناعية بالطحلب *C. vulgaris* انخفاضاً تدريجياً بتراكيز المغذيات النباتية (النتريت والنترات والفوسفات الفعالة) جدول (٣ و٤). ابتداءً من اليوم الأول وحتى اليوم العاشر فقد انخفض تركيز النتريت من (٦ و٤.٣) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة قبل المعاملة بالطحلب ليصل إلى ٠.٨ و ١ ملغم/ليتر للنموذجين على التوالي في اليوم العاشر والثامن من العاملة. دلت نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات المجموعة في تراكيز المغذيات باختلاف الأيام.وأظهرت النتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي.

بلغت نسبة الإزالة للنتريت شكل (١٦) خلال اليوم الأول من المعاملة (٨.٣٪ و ٤.٦٪) للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي وقد وصلت (٨٧٪ و ٧٦%) للنموذجين في اليوم العاشر. أظهرت نتائج التحلي الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام والمعقم وغير المعقم.

في حين انخفض تركيز النترات (٢١ و١٢) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة قبل المعاملة إلى (٢ و٠.٦) ملغم/ليتر و ٢ ملغم/ليتر للنموذجين على التوالي. واستمر الانخفاض حتى اليوم العاشر للنماذج غير المعقمة وتوقف في اليوم الخامس للنماذج المعقمة (جدول ٣ و٤). دلت نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات الموجودة وباختلاف تراكيز النترات مع اختلاف أيام الدراسة.

وقد بلغت نسبة الإزالة للنترات للنماذج غير المعقمة والمعقمة شكل (١٧) في اليوم الأول ١٩٪ و ٢٥٪ على التوالي وازدادت لتصل إلى (٩٧% و٨٣%) في اليوم العاشر للنموذجين (غير المعقم والمعقم). وأشارت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين أيام المعاملة والنماذج غير المعقمة والمعقمة.

أما بالنسبة للفوسفات الفعالة فقد انخفض التركيز تدريجياً من (٢ و٣.٨) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة قبل المعاملة بالطحلب إلى (٠.١ و٠.٦) ملغم/ليتر للنموذجين على التوالي. وأظهر الطحلب كفاءة عالية في إزالة الفوسفات فعالة منذ اليوم الأول شكل (١٨) حيث كانت نسبة الإزالة ١٥ و٧.٩٪ في اليوم الأول ثم وصلت إلى ٩٥% في اليوم الثامن للنموذج غير المعقم بينما وصلت إلى ٨٤% في اليوم التاسع للنموذج المعقم. ولوحظ فرق معنوي بين النموذجين والأيام.

وسجلت تراكيز الكبريتات بانخفاض من (٤٣٢ و٤١٥) ملغم/ليتر في اليوم الأول قبل المعاملة للنماذج غير المعقمة والمعقمة إلى ١٩٠ و ٢٣٦ ملغم/ليتر في اليوم العاشر والثامن على التوالي (جدول ٣ و٤). وبلغت نسبة الإزالة في اليوم الأول ٨.١٪ و ٥٪ للنموذجين على التوالي شكل (١٩) وارتفعت لتصل إلى ٥٦% و ٤٣% في اليوم العاشر للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي. وكان هنالك فرق معنوي بين الأيام والنماذج خلال مدة المعاملة.

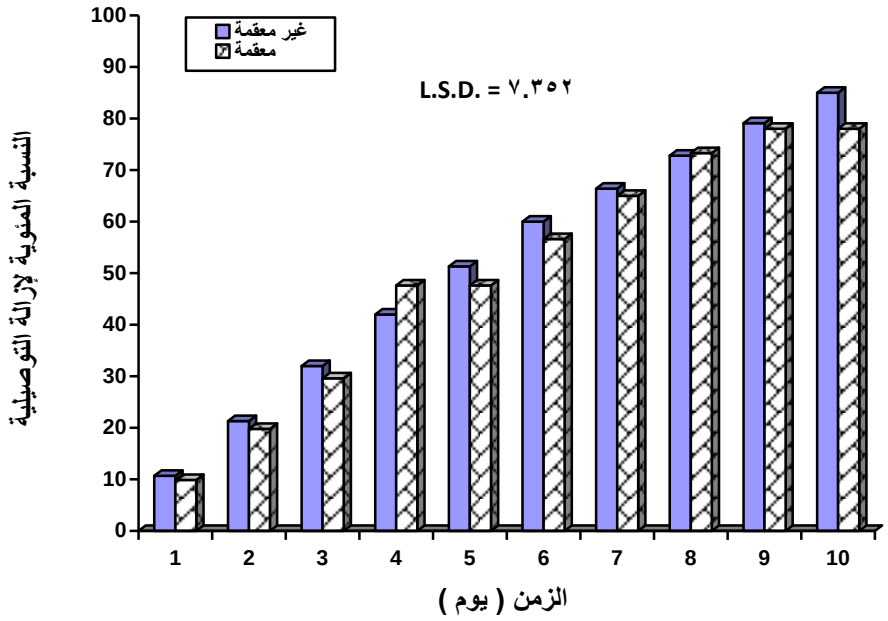
وبينت نتائج معاملة مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* كفاءة جيدة لإزالة القاعدية والعسرة الكلية وعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم ابتداءً من اليوم الأول من المعاملة وحتى اليوم العاشر. في حين انخفضت القاعدية من تركيز (٣٥٠ و٣٩٠) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة قبل المعاملة إلى ٧٢ و ١٢٠ ملغم/ليتر للنموذجين على التوالي في اليوم العاشر جدول (٣ و٤). وأظهر التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة وكانت نسبة إزالة القاعدية في اليوم الأول ١١.٤ و ٧.٧٪ واستمرت لتصل إلى (٧٩% و ٦٧%) للنموذجين على التوالي شكل (٢٠).

أما بالنسبة للعسرة الكلية فقد كان الانخفاض في التركيز بطيء خلال مدة المعاملة، إذ انخفض التركيز من (٧٠٠ و ٤٢٠) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة قبل المعاملة بالطحلب إلى ٣٣٠ و ٢٣٠ ملغم/ليتر في اليوم العاشر للنموذجين على التوالي. أما نسبة الإزالة للعسرة الكلية في اليوم الأول فقد بلغت ١٤.٣ و ٧.١٪ لتصل نسبة الإزالة إلى ٥٣% في اليوم الثامن للنماذج غير المعقمة و ٤٥% للنماذج المعقمة شكل (٢١). كما أظهر التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام والنماذج.

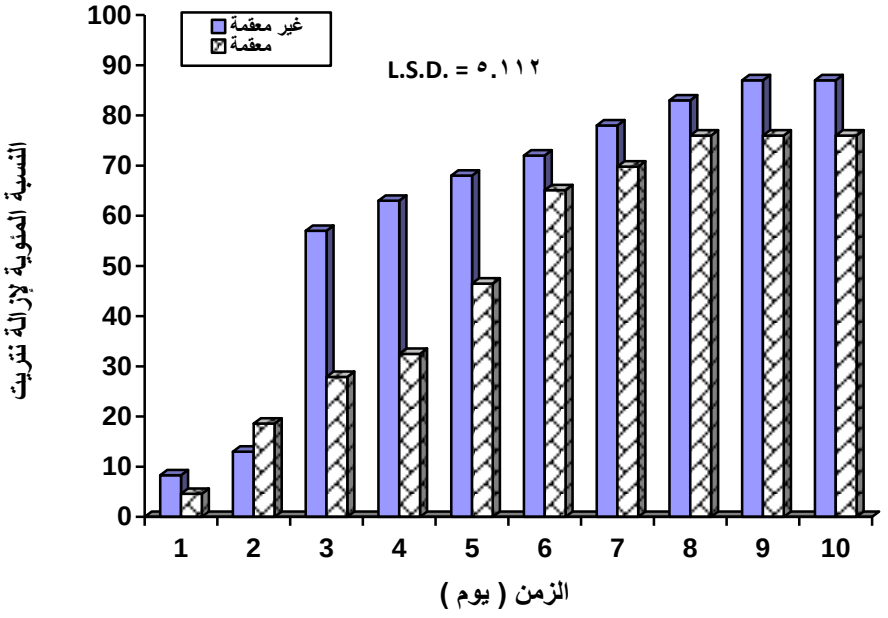
وأشارت النتائج بوجود انخفاض تدريجي في عسرة الكالسيوم خلال مدة المعاملة من (١٥٠ و ١٢٥) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة قبل المعاملة إلى ٦٣ و ٧٠ ملغم/ليتر في اليوم العاشر للنموذجين على التوالي جدول (٣ و٤). وأظهر التحليل الإحصائي وجود فرق بين الأيام خلال مدة المعاملة. وبلغت قابلية الطحلب في إزالة عسرة الكالسيوم في اليوم الأول من المعاملة ١٣.٣ و ٤٪ بينما وصلت نسبة الإزالة إلى ٥٨% في اليوم العاشر للنماذج غير المعقمة و ٤٤% في اليوم السابع للنماذج المعقمة شكل (٢٢).

وكذلك الحال بالنسبة لعسرة المغنيسيوم فكانت التراكيز قبل المعاملة (١٢٣ و ٦٦) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة وانخفضت إلى ٥٨ و ٣٦ ملغم/ليتر على التوالي جدول (٣ و٤). وسجل فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة أما نسبة الإزالة فقد كانت في اليوم الأول ١٤.٦ و ٦٪ لتصل إلى (٥٣ و ٤٥)% في اليوم الثامن والتاسع وللنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي شكل (٢٣). دلت نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات الموجودة بين الأيام ونوع النموذج).

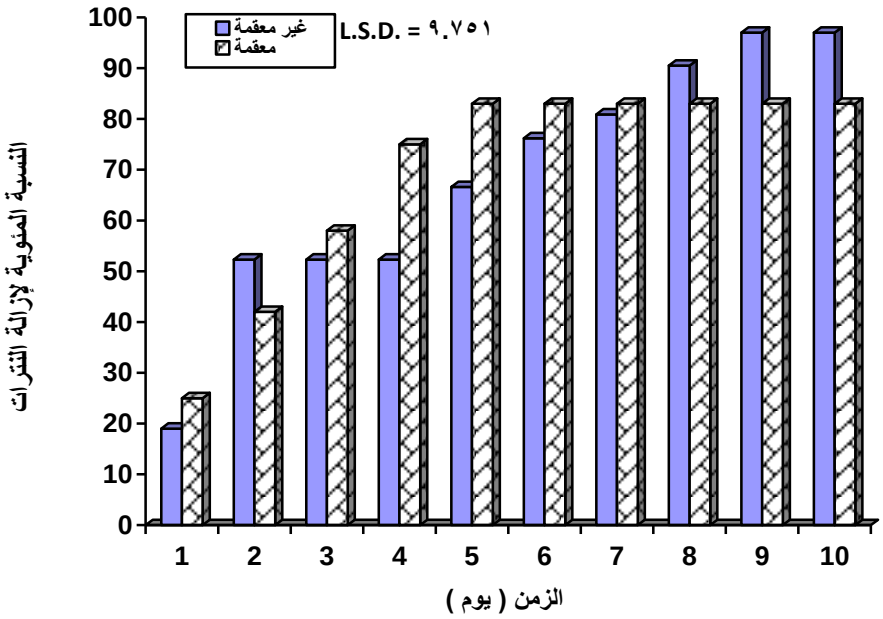
وأظهرت النتائج كفاءة لطحلب *C. vulgaris* في إزالة اللون إذ بلغ الطول الموجي (L_{max}) لمياه الفضلات الصناعية الملونة غير المعاملة (٢٠٧). وقد انخفضت امتصاصية اللون بصورة تدريجية خلال مدة المعاملة من ٢.٠٠٠ نانوميتر قبل المعاملة إلى ٠.٩٣٠ و ١.٠٩١ نانوميتر في اليوم العاشر للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي وسجل فرق معنوي خلال أيام المعاملة. أما نسبة الإزالة فقد ازدادت من ٤.٣٪ و ٠.٧٦٪ إلى ٥٧٪ في اليوم الثامن للنموذج غير المعقم و ٤٩.٦٪ في اليوم السابع للنموذج المعقم شكل (٢٤). وجد هنالك فرق معنوي في نسب الإزالة باختلاف أيام الدراسة ونوع النموذج.



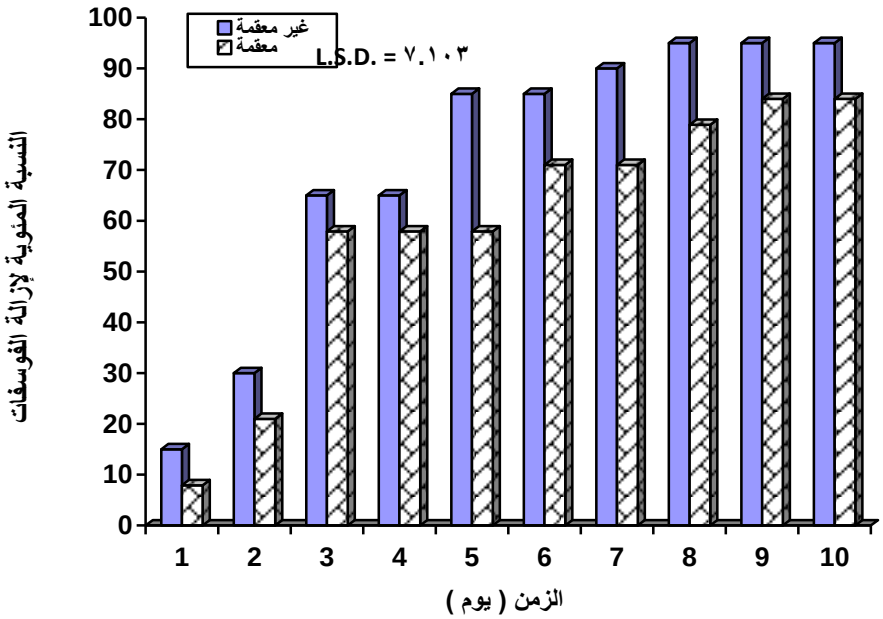
شكل (١٥) النسبة المئوية للإزالة الكلية للتوصيلية الكهربائية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية



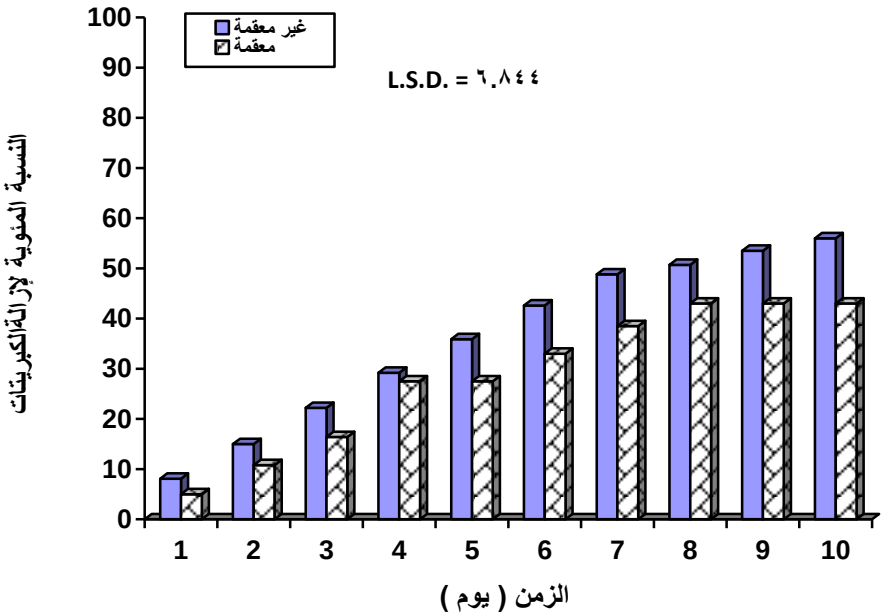
شكل (١٦) النسبة المئوية للإزالة الكلية للنتريت من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية



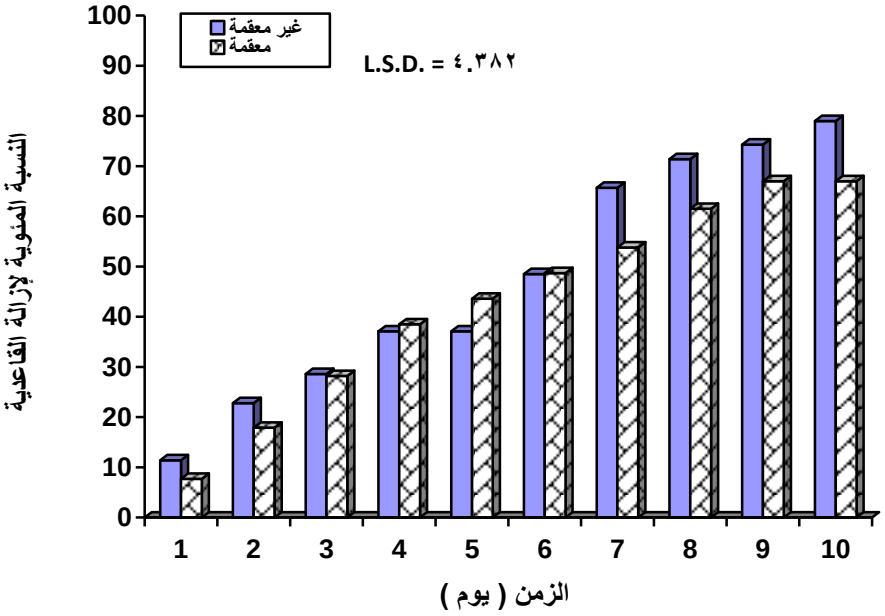
شكل (١٧) النسبة المئوية للإزالة الكلية للنترات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية



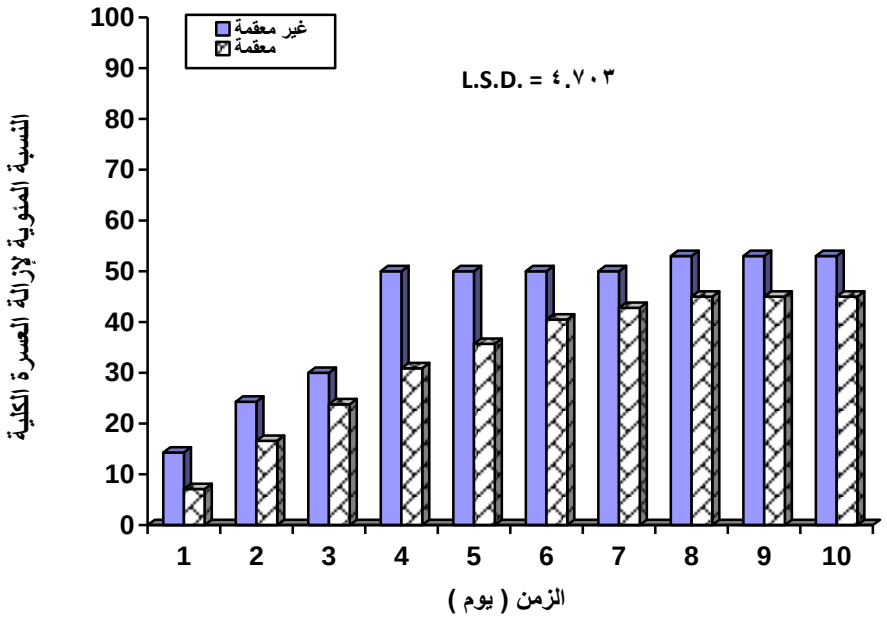
شكل (١٨) النسبة المئوية للإزالة الكلية للفوسفات الفعالة من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية



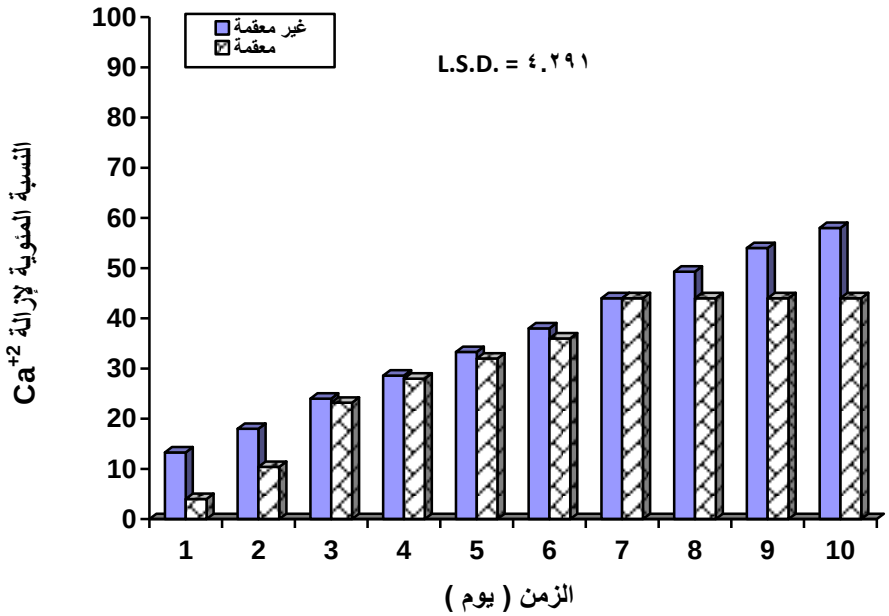
شكل (١٩) النسبة المئوية للإزالة الكلية للكبريتات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية



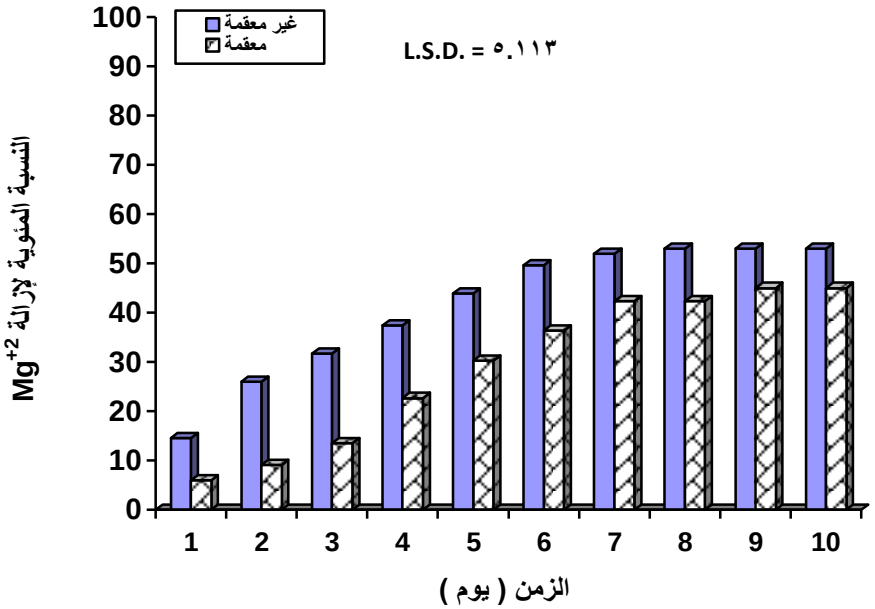
شكل (٢٠) النسبة المئوية للإزالة الكلية للقاعدية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية



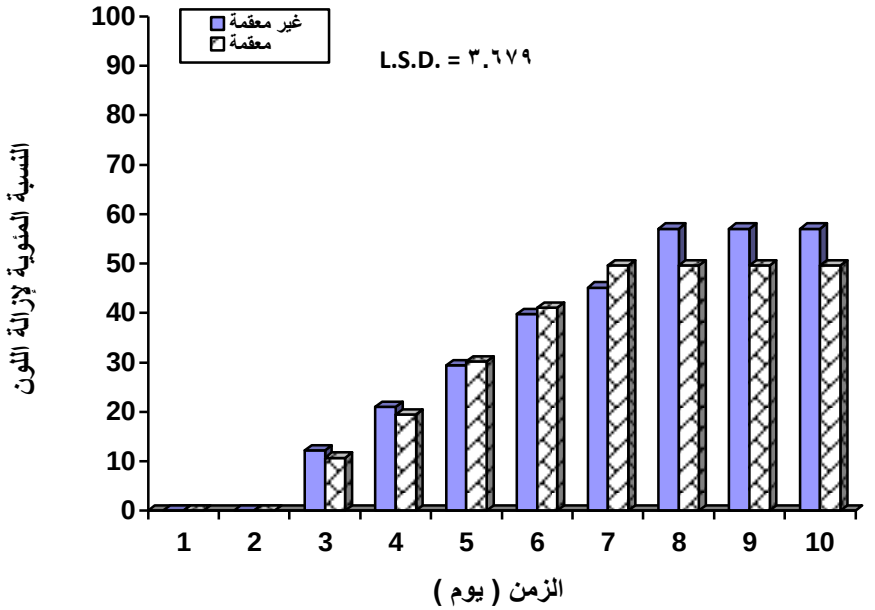
شكل (٢١) النسبة المئوية للإزالة الكلية للعسرة الكلية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٢٢) النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة الكالسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٢٣) النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة المغنيسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٢٤) النسبة المئوية للإزالة الكلية للون من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية

٣-٤ معاملة مياه الفضلات الصناعية بطحلب *S. quadricauda*

٣-٤-١ الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بالطحلب

يبين الجدول (٥ ، ٦) قيم الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية والمعاملة بطحلب *S. quadricauda* لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة على التوالي. تراوحت قيم الأس الهيدروجين بين (٧.٥ – ٨.٥) و (٧.٧ – ٩.١) لنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي خلال مدة التجربة وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي بوجود فرق معنوي في قيم الأس الهيدروجيني بين الأيام خلال مدة المعاملة.

أما قيم التوصيلية الكهربائية والملوحة فانخفضت من (٥٠٠ – ١٨٠٠) (٥٣٥ – ١٤٥٠) مايكروسمنز/سم و – ١١٥٢) (٣٢٠ (٣٤٢ – ٩٢٨) جزء بالألف للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي ولوحظ وجود فرق معنوي بين الأيام. وسجلت نسبة الإزالة في اليوم الأول لكل من التوصيلية الكهربائية والملوحة (٩.٤٪ و ٨.٦٪) لتصل إلى (٧٢% و ٦٣%) في اليوم العاشر وللنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي شكل (٢٥).

وأظهرت النتائج انخفاضاً مستمراً للمغذيات النباتية (النتريت والنترات والفوسفات الفعالة) ابتداءً من اليوم الأول وحتى اليوم العاشر عند المعاملة مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda*. فقد انخفض تركيز النتريت من (٤.٤ و٥) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة قبل المعاملة إلى (١ و ١.٦) ملغم/ليتر في اليوم العاشر للنموذجين على التوالي وكان هناك فرق معنوي بين أيام المعاملة فقط جدول (٥ و٦).

وبلغت نسبة الإزالة للنتريت شكل (٢٧) في اليوم الأول ٤.٥٪ و ٨٪ للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي. وزادت نسبة الإزالة لتصل إلى ٧٧% في اليوم التاسع للنماذج غير المعقمة والمعقمة وكذلك ٨٦% للنماذج المعقمة.

وكان الانخفاض في النترات أعلى من النتريت خلال أيام التجربة العشرة. إذ انخفض من ١٠ و ٢٠ ملغم/ليتر قبل المعاملة للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي إلى (٠.٨ و ٣.٧) ملغم/ليتر في اليوم العاشر وسجل فرق معنوي بين المعاملات والأيام شكل (٢٧).

وبلغت نسبة الإزالة للنترات ١٧٪ و ١٥٪ للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي في اليوم الأول من المعاملة وازدادت الإزالة لتصل إلى (٩٢ و ٨١%) للنموذجين على التوالي في اليوم العاشر.

كذلك الحال في الفوسفات فعالة فقد كان الانخفاض أعلى في التركيز منذ اليوم الأول للنموذجين إذ انخفض من ٢.٧ و ١.٨ ملغم/ليتر للنموذجين قبل المعاملة إلى (٠.٤ و ٠.٥) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة في اليوم العاشر. وأبرزت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة جدول (٥ و٦). كانت النسبة إزالة الفوسفات فعالة في اليوم الأول ١٤.٨ و ٥.٥٪ للنموذجين غير المعقم والمعقم لتصل إلى ٨٥% للنماذج غير المعقمة و ٧٢% للنماذج المعقمة في اليوم العاشر شكل (٢٨).

وانخفضت الكبريتات تدريجياً خلال مدة المعاملة من (٤٧٠ و ٤٤) ملغم/ليتر في النماذج غير المعقمة والمعقمة قبل المعاملة إلى ٢٣٠ و ٢٥٥ ملغم/ليتر للنموذجين كليهما. وأظهر التحليل الإحصائي عدم وجود فرق معنوي في حين سجل فرق معنوي بين الأيام. وازدادت الإزالة من ٣.٢ و ٦.٨٪ في اليوم الأول وللنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي لتبلغ ٥١% للنموذج غير المعقم في اليوم العاشر و ٤٢% للنموذج المعقم في اليوم السابع شكل (٢٩). لم تشير نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات باختلاف النماذج.

وأوضحت النتائج أن لطحلب *S. quadricauda* كفاءة جيدة ومماثلة لطحلب *C. vulgaris* في إزالة القاعدية والعسرة الكلية وعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم عند معاملته بمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة ابتداءً من اليوم الأول وحتى اليوم العاشر.

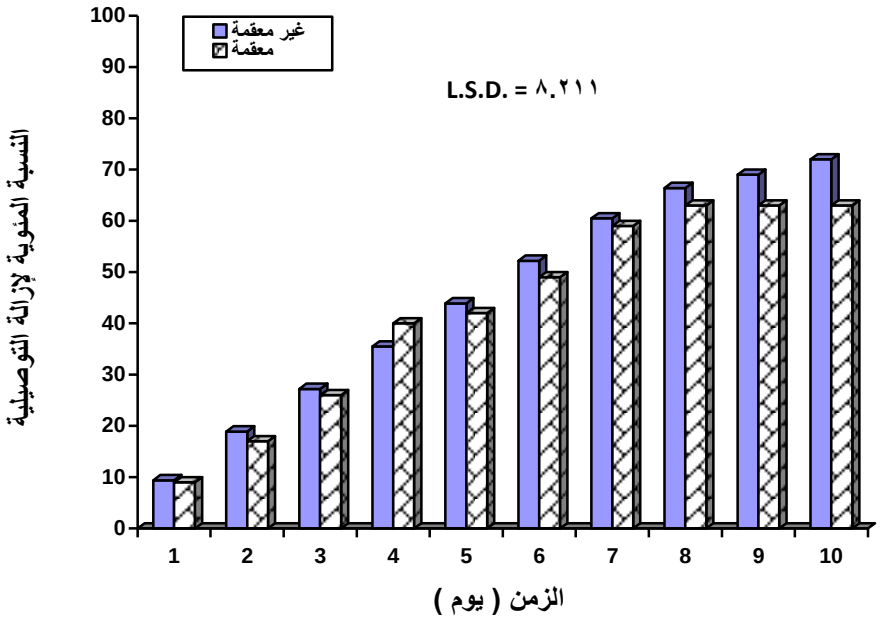
فقد انخفض تركيز القاعدية قبل المعاملة من (٣٠٠ و ٥٠٠) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة إلى ٨٠ و ١٧٠ ملغم/ليتر للنموذجين على التوالي وسجل فرق معنوي بين الأيام جدول (٥ و٦). وبلغت نسبة إزالة القاعدية في اليوم الأول ١٦.٦٪ و ١٤٪ للنموذجين غير المعقم والمعقم وازدادت لتصل ٧٣% للنماذج غير المعقمة في اليوم الثامن و ٦٢٪ للنماذج المعقمة في اليوم التاسع شكل (٣٠). دلت نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات الموجودة بين النماذج.

وأشارت النتائج أن نسبة إزالة العسرة الكلية بلغت خلال الأربع وعشرين ساعة الأولى ٥٪ و ٧.٥٪ في النموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي ووصلت في الثامن والعاشر إلى (٤٧% و ٤٤%) للنموذجين على التوالي. وقد انخفض تركيز العسرة الكلية من ٦٠٠ و ٨٠٠ ملغم/ليتر للنموذجين غير المعقم والمعقم إلى ٣٢٠ و ٤٥٠ ملغم/ليتر على التوالي. وأظهر التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام والنماذج، شكل (٣١).

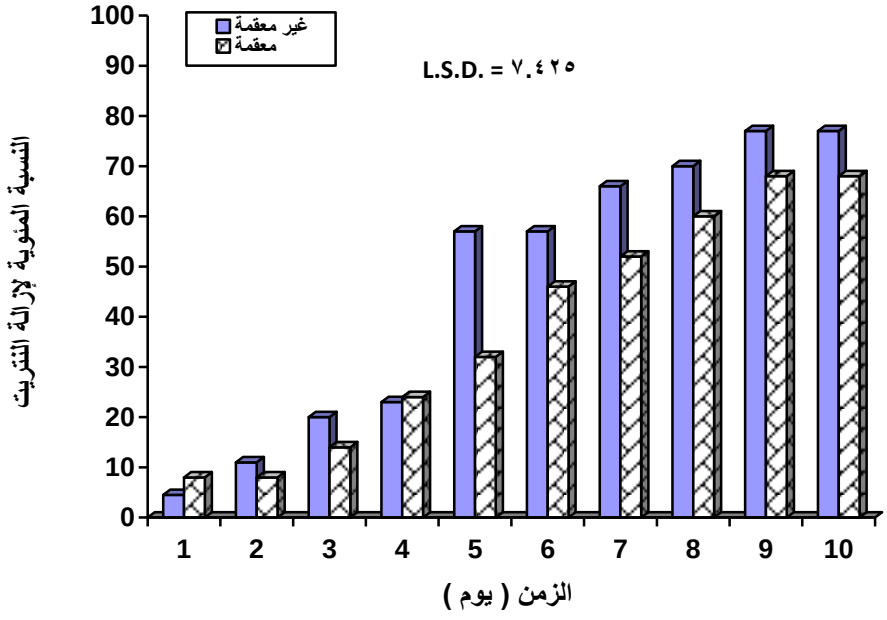
أما الانخفاض في تركيز عسرة الكالسيوم فقد كان مستمراً خلال أيام التجربة ومنذ اليوم الأول من (١٦١ و ١٣٠) ملغم/ليتر للنموذج غير المعقم والمعقم إلى ٧٦ و ٦٥ ملغم/ليتر للنموذجين على التوالي في اليوم الثامن جدول (٥ و٦). ولوحظ فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة. وكانت نسبة الإزالة للنمط نفسه في اليوم الأول ١١.٢٪ و ٧.٧٪ للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي وأخذت بالزيادة لتصل إلى ٥٣% للنماذج غير المعقمة في اليوم الثامن و٥٠% للنماذج المعقمة في اليوم السابع شكل (٣٢). دلت نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات الموجودة باختلاف النماذج والمدة الزمنية.

وسجلت تراكيز عسرة المغنيسيوم انخفاض من (٩٨ و١٥٠) ملغم/ليتر قبل المعاملة للنماذج غير المعقمة والمعقمة إلى ٥٥ و ٨٦ ملغم/ليتر للنموذجين على التوالي. وكان هناك فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة. وكذلك الحال لنسبة الإزالة فقد بلغت ٢٪ و ٧.٣٪ في اليوم الأول للنماذج غير المعقمة والمعقمة على التوالي وأخذت بالاستمرار في الزيادة لتصل إلى ٤٤% في اليوم الثامن للنماذج غير المعقمة و ٤٣% في اليوم العاشر للنماذج المعقمة شكل (٣٣).

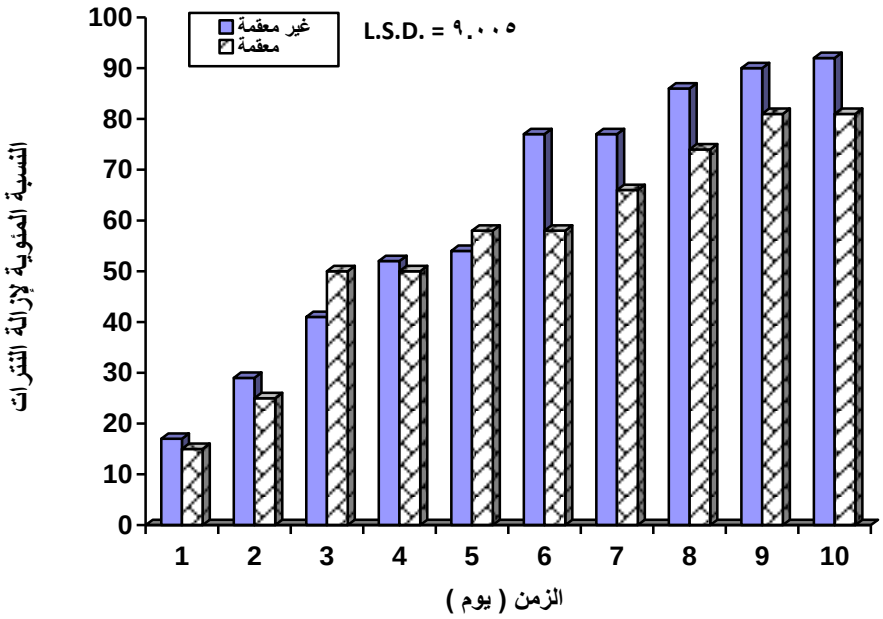
وأظهرت النتائج أن لطحلب *S. quadricauda* كفاءة مقاربة لكفاءة طحلب *C. vulgaris* في إزالة اللون من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة. فقد انخفضت الامتصاصية بصورة مستمرة خلال مدة التجربة من ٢.١٦٥٤ نانوميتر إلى (١.٠٠٤ و ١.١٥٥) نانوميتر للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي. وأثبتت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة. أما نسبة الإزالة فقد كانت في اليوم الأول من المعاملة ١.٠٣٪ و ١.٠٨٪ وأخذت بالزيادة لتصل إلى ٥٤٪ و ٤٧٪ في اليوم التاسع للنماذج غير المعقمة والمعمقة على التوالي شكل (٣٤). دلت نتائج التحليل الإحصائي اختلاف نسبة الإزالة باختلاف النماذج والمدة الزمنية.



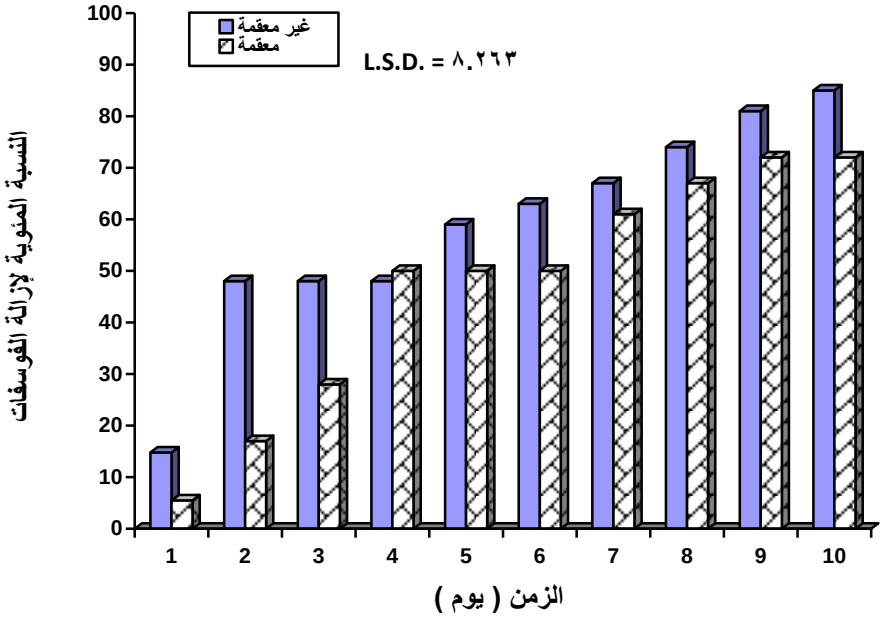
شكل (٢٥) النسبة المئوية للإزالة الكلية للتوصيلية الكهربائية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية



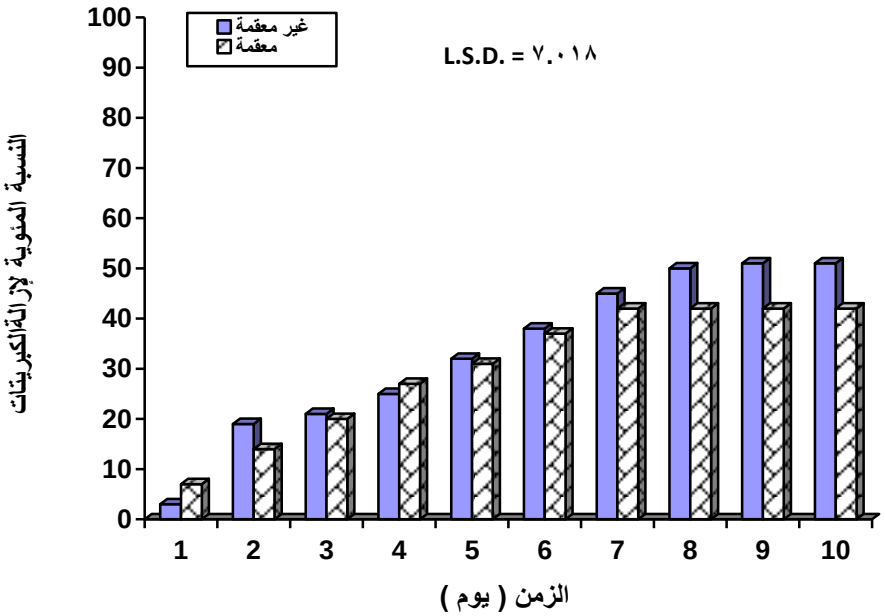
شكل (٢٦) النسبة المئوية للإزالة الكلية للنتريت من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية



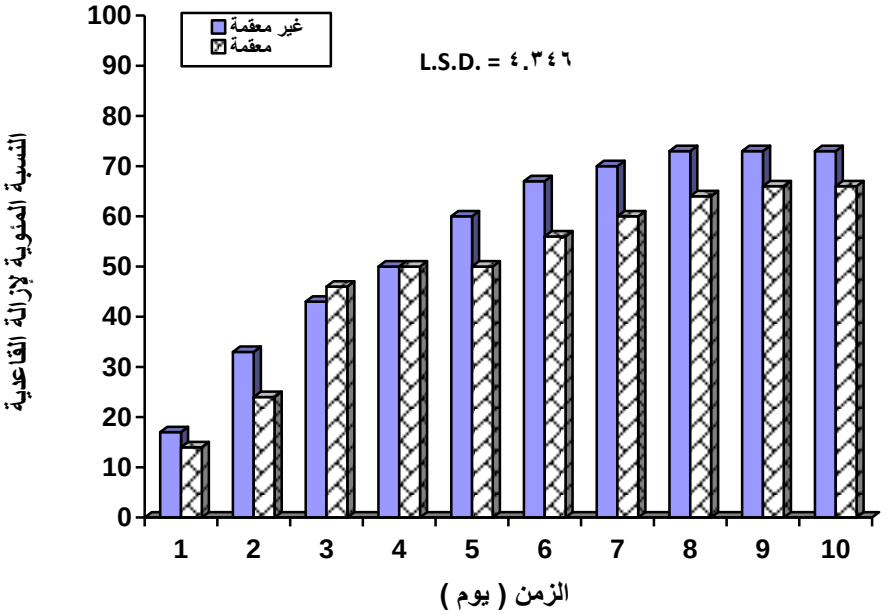
شكل (٢٧) النسبة المئوية للإزالة الكلية للنترات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية



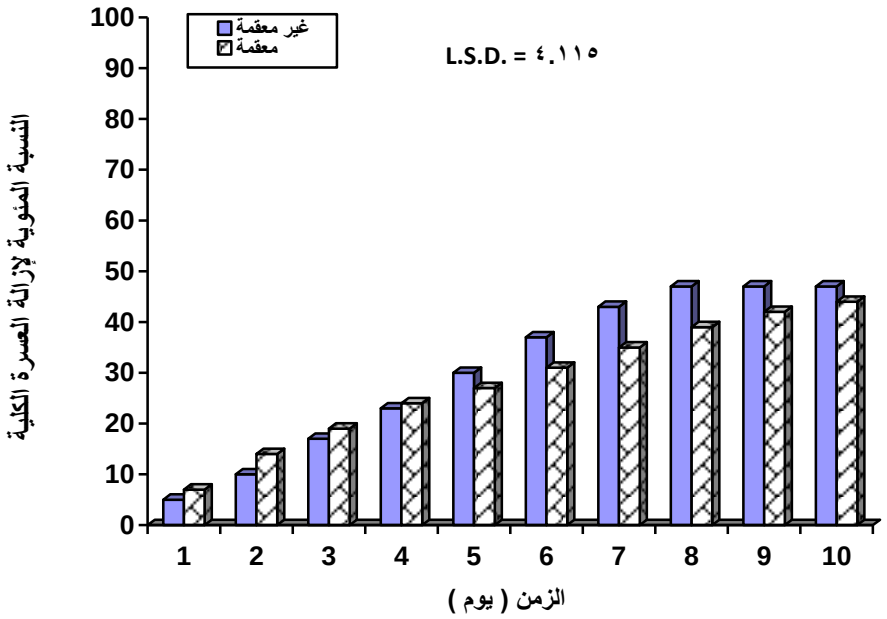
شكل (٢٨) النسبة المئوية للإزالة الكلية للفوسفات الفعالة من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية



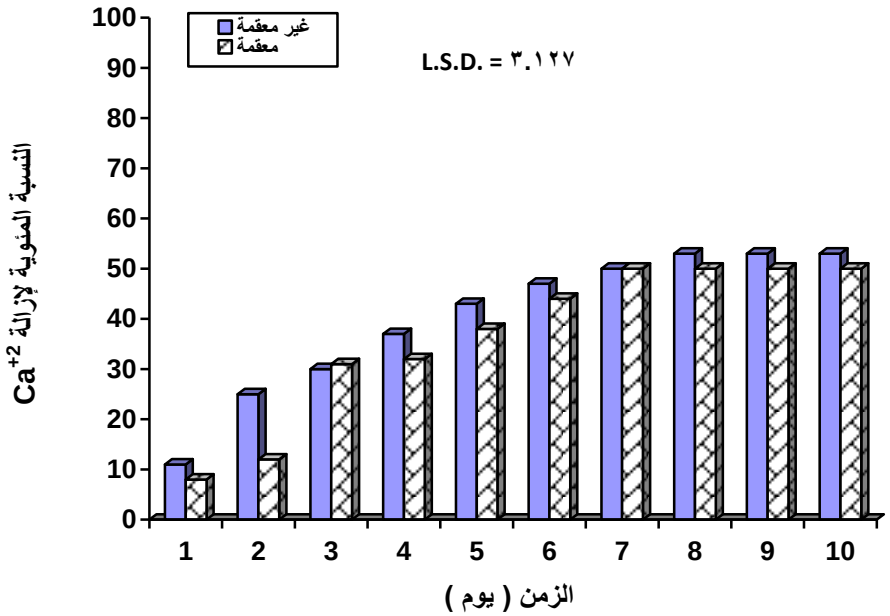
شكل (٢٩) النسبة المئوية للإزالة الكلية للكبريتات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية



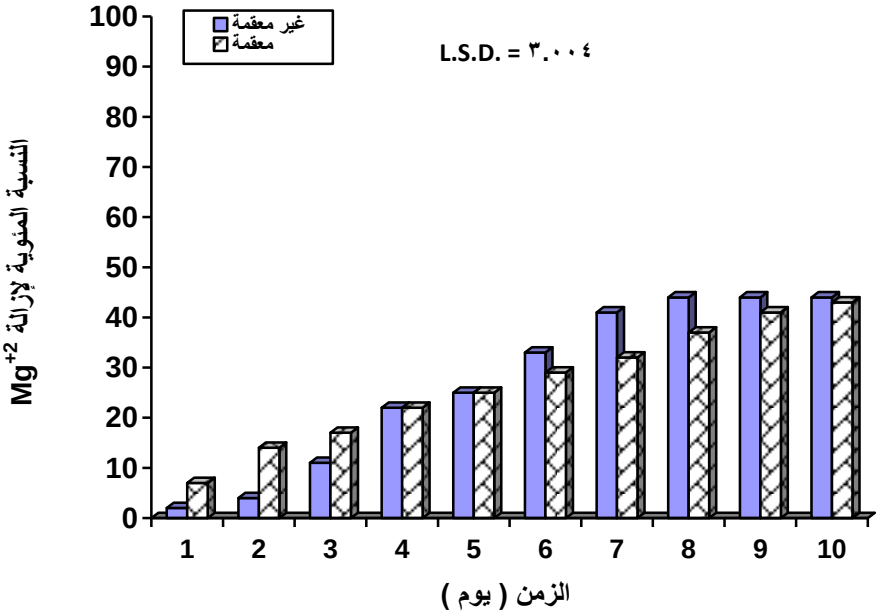
شكل (٣٠) النسبة المئوية للإزالة الكلية للقاعدية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية



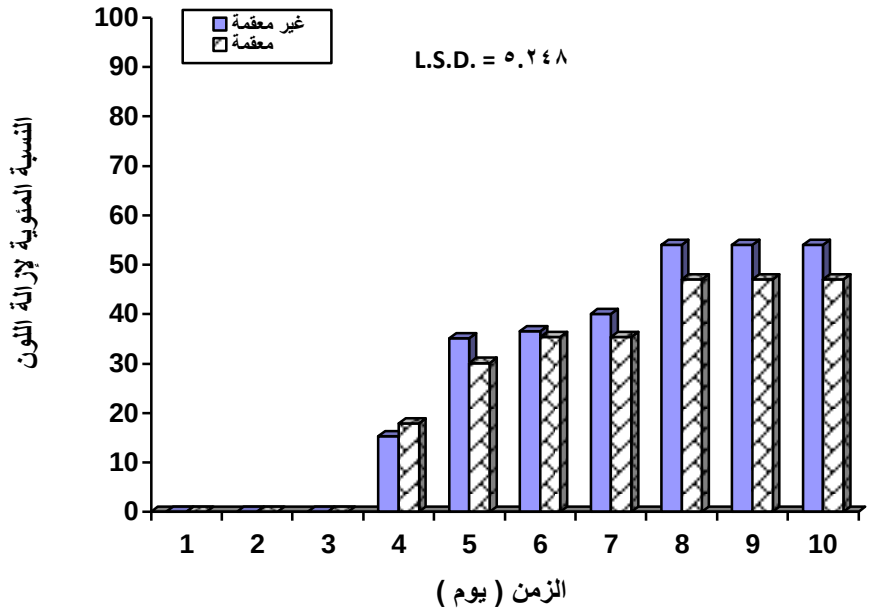
شكل (٣١) النسبة المئوية للإزالة الكلية للعسرة الكلية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٣٢) النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة الكالسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٣٣) النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة المغنيسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٣٤) النسبة المئوية للإزالة الكلية للون من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *S. quadricauda* وباختلاف المدة الزمنية

٣-٥ معاملة مياه الفضلات الصناعية بطحلب *N. palea*

٣-٥-١ الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بالطحلب

يبين الجدول (٧ و٨) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بطحلب *N. palea* لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة على التوالي. وأظهرت النتائج أن قيم الأس الهيدروجيني تميل للطبيعة القاعدية إذ تراوحت خلال أيام المعاملة من (٧.٨ – ٨.٢) و (٧.٩ – ٧.٦) للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي وسجل فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة.

أما مديات قيم التوصيلية الكهربائية والملوحة فقد انخفضت من (١١٦٦ – ١٨٧٥) (٩٣٠ – ١٤٣٥) مايكروسمنز/سم و(٧٤٦ – ١٢٠٠) (٥٩٥ – ٩١٨) جزء بالألف للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي وسجل فرق معنوي بين الأيام. وكانت نسبة الإزالة لكل من التوصيلية الكهربائية والملوحة في اليوم الأول (٤.٧٪ و ٤.٩٪) لتصل الإزالة إلى (٣٨% و ٣٥%) في اليوم العاشر وللنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي شكل (٣٥).

وانخفضت تراكيز المغذيات النباتية (النتريت، النترات، الفوسفات الفعالة) لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بطحلب *N. palea* خلال فترة المعاملة. فقد انخفض تركيز النتريت من (٧.٩ و ٥.٦) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة قبل المعاملة إلى ٥.٩ و ٤.٣ ملغم/ليتر في اليوم التاسع والخامس للنموذجين على التوالي جدول (٧ و٨). وسجلت نسبة الإزالة من اليوم الأول للمعاملة وكانت بمقدار ٥٪ و ٣.٦٪ في اليوم الأول واستمرت لتصل إلى ٢٥% و ٢٣% في اليوم التاسع والخامس وللنموذجين على التوالي. وأشارت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي ولم يظهر بين النماذج غير المعقمة والمعقمة شكل (٣٦).

في حين سجلت تراكيز النترات انخفاضاً قبل المعاملة من (٣٠ و ١٤.٢) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة إلى ١٩ و ١٠ ملغم/ليتر في اليوم السادس والتاسع على التوالي. وكان هناك فرق معنوي بين الأيام. وللنمط نفسه كانت نسبة الإزالة أيضاً خلال فترة المعاملة، إذ بلغت في اليوم الأول ٦.٧٪ و ٣.٤٪ للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي. وازدادت بشكل طفيف لتبلغ نسبة الإزالة (٣٧% و ٣٢%) وللنماذج غير المعقمة والمعقمة على التوالي شكل (٣٧).

وأظهر الطحلب كفاءة جيدة في إزالة الفوسفات فعالة من مياه الفضلات الصناعية خلال الأيام الخمسة الأولى من المعاملة، إذ انخفض التركيز من ١.٤ و ٢.٦ ملغم/ليتر قبل المعاملة إلى ٠.٢ و ١ ملغم/ليتر في اليوم السابع من المعاملة وللنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي. وأكدت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة. وتراوحت نسبة الإزالة من ١٤.٣٪ و ٧.٧٪ للنموذجين كليهما خلال الأربعة والعشرين ساعة الأولى من المعاملة وازدادت لتصل إلى (٨٦% و ٦١%) في اليوم السابع من المعاملة للنموذجين على التوالي شكل (٣٨). دلت نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات باختلاف النماذج.

أما الكبريتات فقد كان الانخفاض في التركيز بطيء خلال مدة المعاملة الذي تراوح من ٤٢٧ و ٣٨٢ ملغم/ليتر للنموذجين غير المعقم والمعقم قبل المعاملة ليصل إلى ٣١٧ و ٣٠٠ ملغم/ليتر في اليوم العاشر للنموذجين كلاهما على التوالي. ولوحظ وجود فرق معنوي بين الأيام لمدة المعاملة. كما كانت نسبة الإزالة قليلة إذ تراوحت بين ٣.٣٪ و ٢.٩٪ ووصلت إلى (٢٦% و ٢١%) لكلا النموذجين غير المعقم والمعقم في اليوم العاشر على التوالي شكل (٣٩).

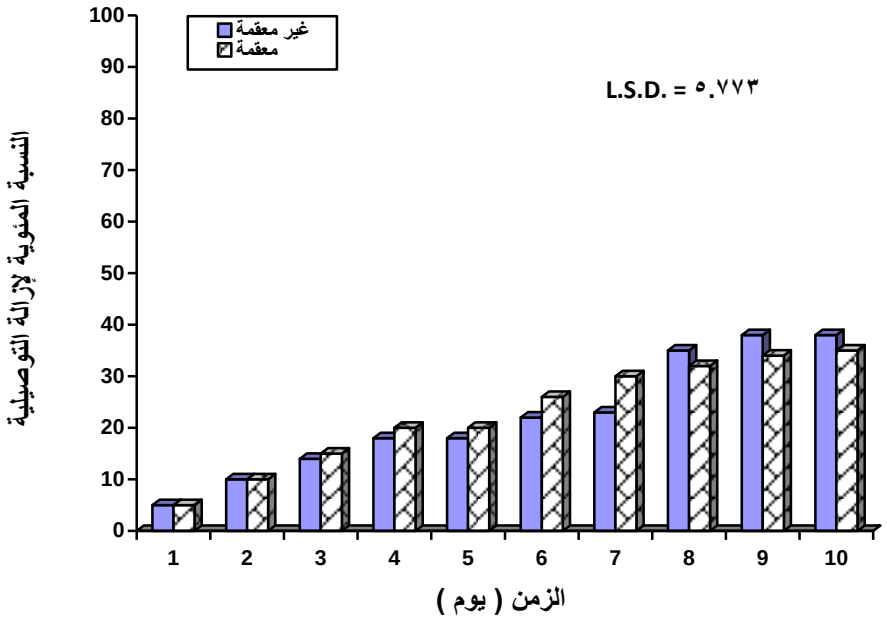
وللطحلب *N. palea* كفاءة منخفضة في إزالة (القاعدية والعسرة الكلية وعسرة الكالسيوم وعسرة المغنيسيوم) ابتداءً من اليوم الأول حتى اليوم العاشر من معاملة مياه الفضلات الصناعية الصناعية. فقد انخفض تركيز القاعدية قبل المعاملة من (٢٩٩ و١٨٦) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة إلى ١٥٠ و ٩٨ ملغم/ليتر في اليوم السابع والسادس للنموذجين على التوالي وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة. وبلغت نسبة إزالة القاعدية في اليوم الأول من المعاملة ٨.٤ و ٧٪ واستمرت لتصل (٥٠% و ٤٧%) للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي شكل (٤٠).

وانخفضت تراكيز العسرة الكلية منذ اليوم الأول من المعاملة وبشكل تدريجي ومستمر من اليوم العاشر من (٨٠٠ و ٩٠٠) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة إلى ٥٥٠ و ٦٥٠ ملغم/ليتر لكلا النموذجين على التوالي. وسجل فرق معنوي بين الأيام والنماذج. وبلغت نسبة الإزالة في اليوم الأول ٧.٥٪ و ٤.٤٪ لكلا النموذجين وازدادت لتصل إلى (٣١% و ٢٨%) في اليوم العاشر ولكلا النموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي (٤١).

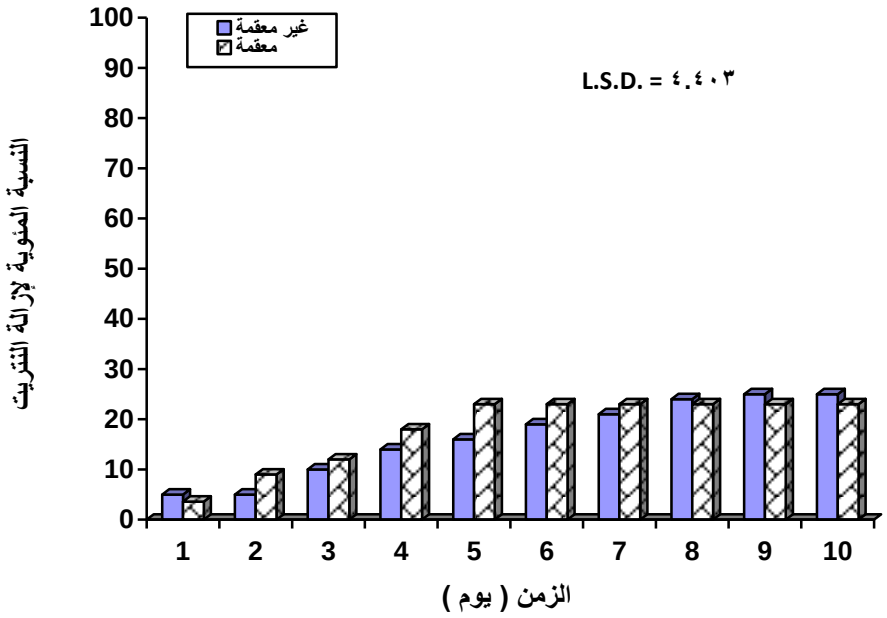
وأظهر الطحلب إزالة منخفضة لعسرة الكالسيوم، إذ انخفضت التراكيز قبل المعاملة من (٢٠٠ و ١٢٧) ملغم/ليتر للنماذج غير المعقم والمعقمة إلى ١١٥ و ٨٠ ملغم/ليتر في اليوم الخامس والتاسع على التوالي ولكلا النموذجين. وأكدت النتائج وجود فرق معنوي بين النماذج والأيام. إذ تراوحت نسبة الإزالة من ٢٨٪ و ٥.٥٪ في اليوم الأول وازدادت لتصل إلى و (٤٢% و ٣٧%) لكلا النموذجين على التوالي شكل (٤٢).

أما إمكانية الطحلب فقد كانت منخفضة جداً في إزالة المغنيسيوم فقد انخفضت قبل المعاملة من ١٣٤ و ١٧٣ ملغم/ليتر للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي إلى ٩٧ و ١٢٨ ملغم/ليتر في اليوم العاشر للنموذجين كليهما. والتحليل الإحصائي أثبت وجود فرق معنوي بين الأيام خلال فترة المعاملة. وكانت نسبة الإزالة لعسرة المغنيسيوم في اليوم الأول ٠.٧٪ و ٤٪ للنموذجين كليهما وازدادت لتصل إلى (٢٨% و٢٦%) في اليوم العاشر على التوالي شكل (٤٣).

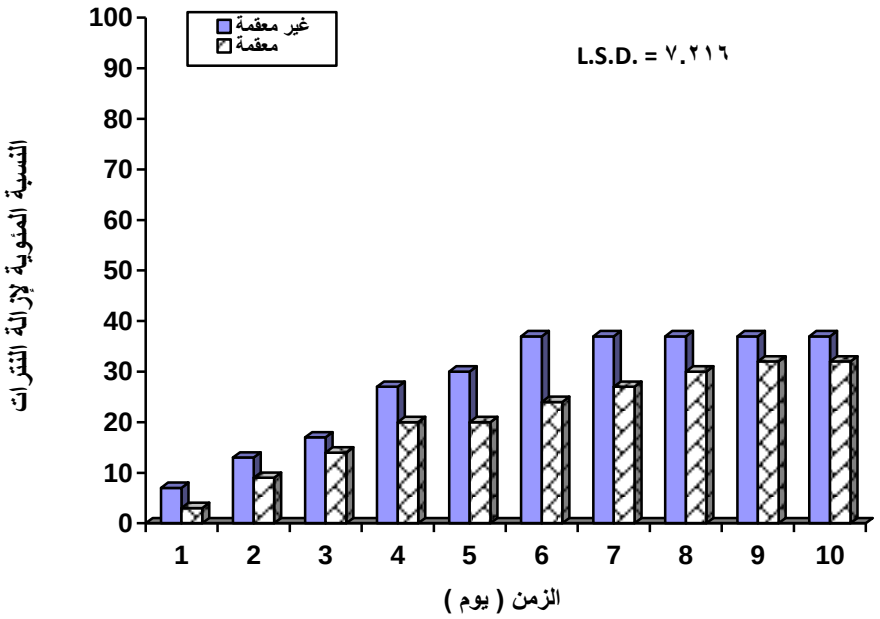
وسجل طحلب *N. palea* كفاءة منخفضة في إزالة اللون مقارنة بالطحالب السابقة لمياه الفضلات الصناعية المعاملة. فقد انخفضت الامتصاصية من ٢.١٦٥٤ نانوميتر قبل المعالجة إلى (١.٦٠٥ و ١.٧٩٩) نانوميتر للنماذج غير المعقمة والمعقمة في اليوم العاشرعلى التوالي. وسجل التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام خلال مدة المعاملة ولم يظهر فرق معنوي بين النماذج. وبلغت نسبة الإزالة في اليوم الأول من المعاملة ١.٦٪ و ١.٥٪ واستمرت لتصل إلى ٢٦٪ للنماذج غير المعقمة في اليوم السابع و ١٧٪ للنماذج المعقمة في اليوم الخامس شكل (٤٤).



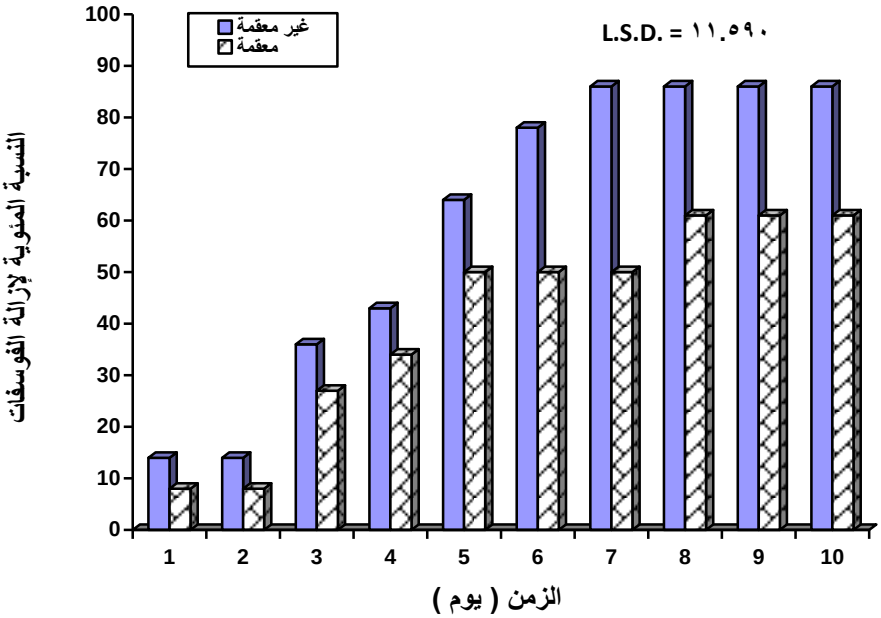
شكل (٣٥) النسبة المئوية للإزالة الكلية للتوصيلية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية



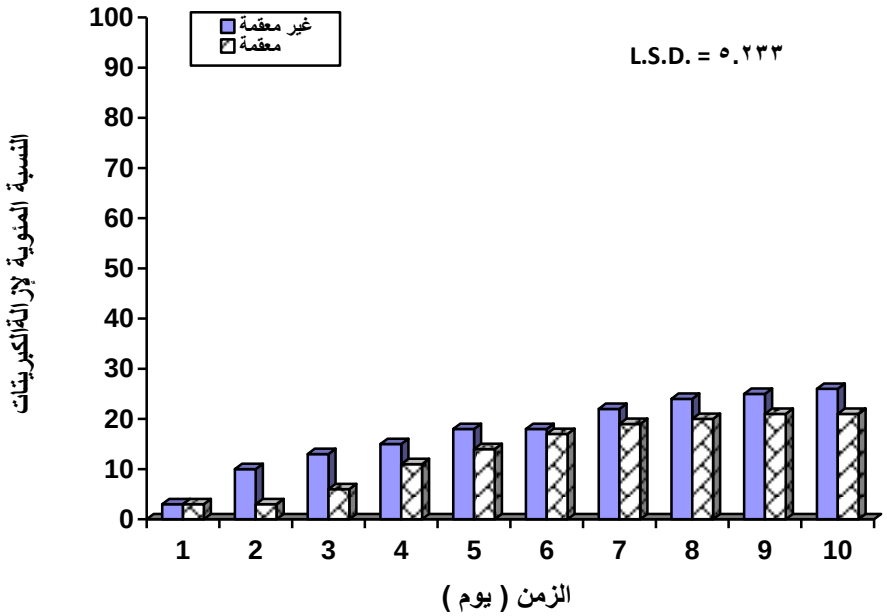
شكل (٣٦) النسبة المئوية للإزالة الكلية للنتريت من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية



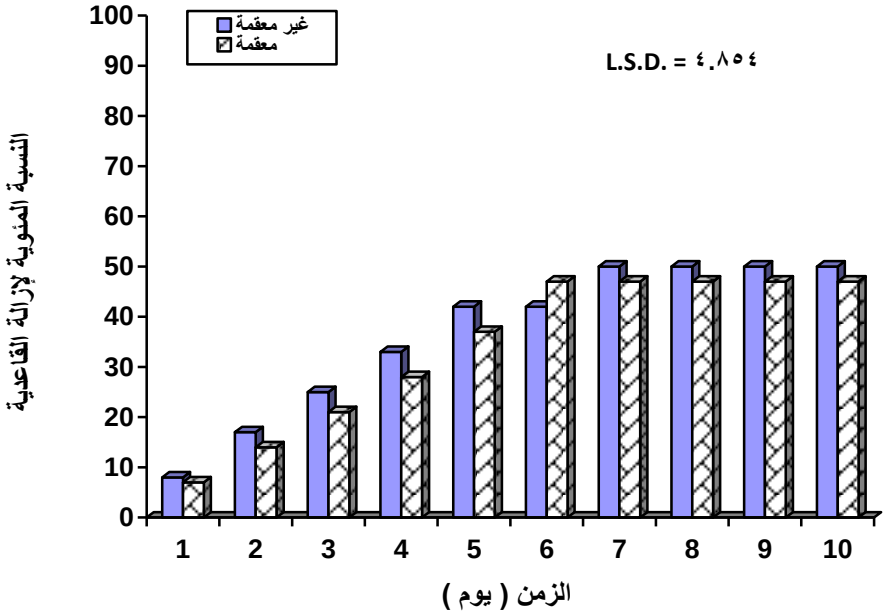
شكل (٣٧) النسبة المئوية للإزالة الكلية للنترات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية



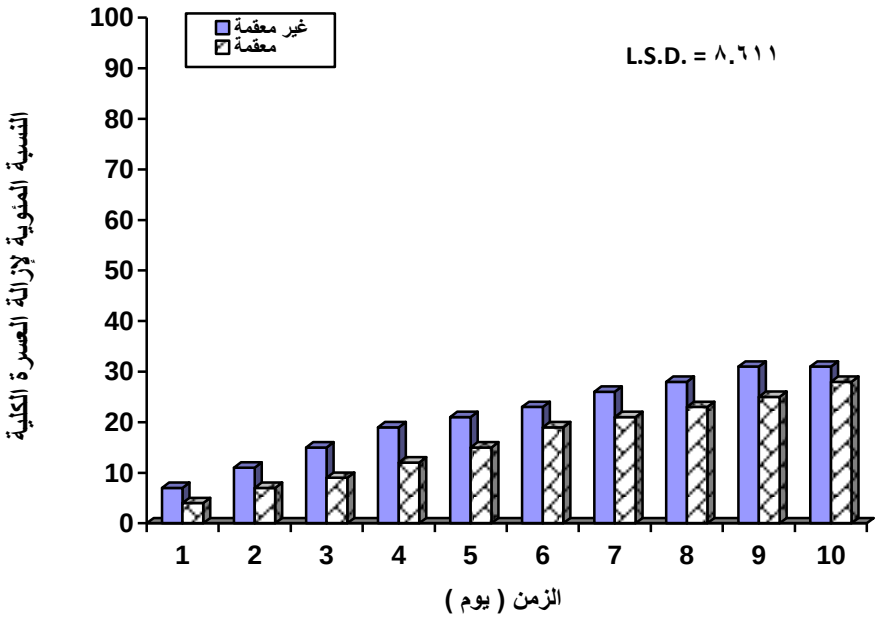
شكل (٣٨) النسبة المئوية للإزالة الكلية للفوسفات الفعالة من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية



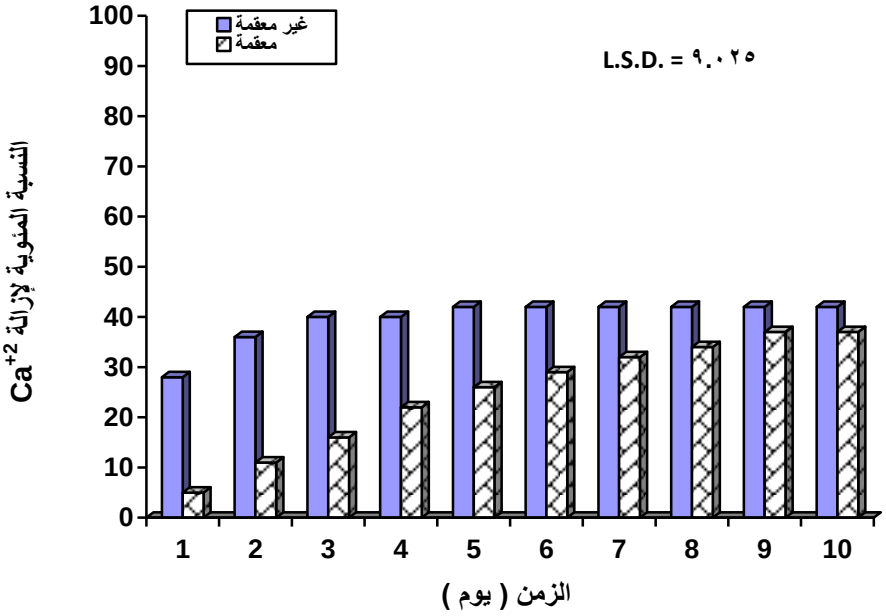
شكل (٣٩) النسبة المئوية للإزالة الكلية للكبريتات من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية



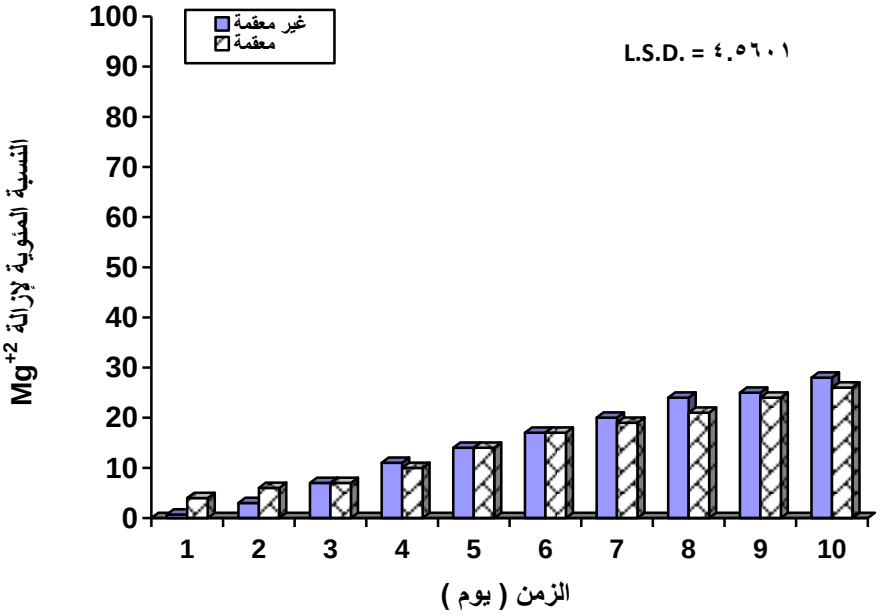
شكل (٤٠) النسبة المئوية للإزالة الكلية للقاعدية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية



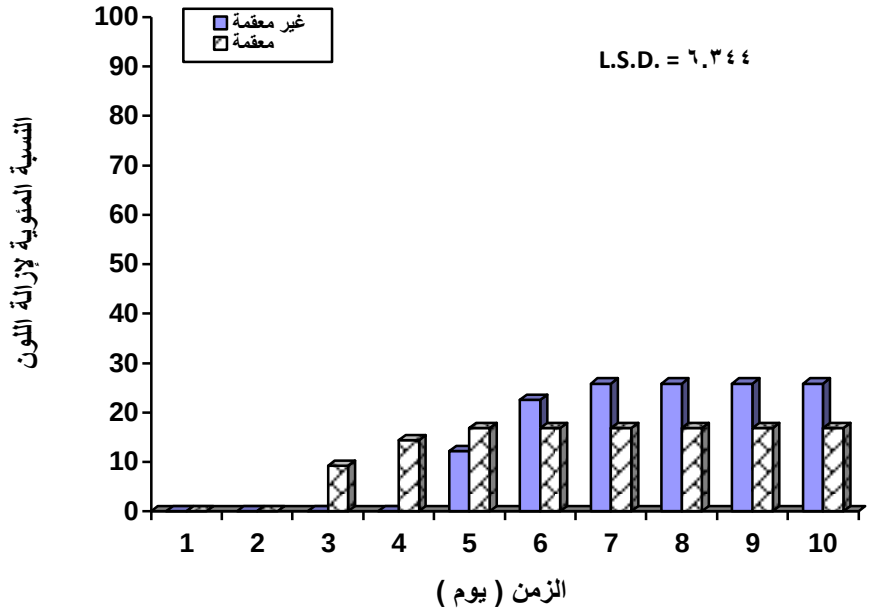
شكل (٤١) النسبة المئوية للإزالة الكلية للعسرة الكلية من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٤٢) النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة الكالسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٤٣) النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة المغنيسيوم من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٤٤) النسبة المئوية للإزالة الكلية للون من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة بطحلب *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية

٣-٦ معاملة مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة بخليط من الطحالب

٣-٦-١ الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بالطحالب

تبين الجداول (٩ ، ١٠ ، ١١ ،١٢) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بخليط من الطحالب. وأظهرت نتائج معاملة مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة بالمزيج الثنائي للطحالب (*S. quadricauda* و *C. vulgaris*) و(*S. quadricauda* و*N. palea*) و (*N. palea* و*C. vulgaris*) فضلاً عن مزيج من هذه الأنواع الثلاثة. تراوحت قيم الأس الهيدروجيني للأنواع الثلاثة بين (٧.٩ – ٨.٦) و(٧.٧ – ٨.٢) و(٧.٣ – ٨.٣) و(٧.٣ – ٨.٤) للمزيج الثنائي الثلاثي على التوالي خلال مدة التجربة.

أما قيم التوصيلية الكهربائية والملوحة فانخفضت (٦٢٠ – ١٧٩٣) (٦٢٢ – ١٢٧٧) (٤٩٠ – ١٢٢٩) (٥٨٩ – ١٣٨٤) مايكروسمنز/سم و(٣٩٧ – ١١٤٧) (٣٩٨ – ٨١٧) (٣١٤ – ٧٨٦) (٣٧٧ – ٨٦٦) جزء بالألف للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي ولوحظ وجود فرق معنوي بين الأيام.

وسجلت نسبة الإزالة في اليوم الأول لكل من التوصيلية الكهربائية والملوحة (٨.٤ و٧.٥ و٨.١ و٢)% في اليوم الأول وازدادت لتصل إلى (٦٥ و٥١ و٦٠ و٥٧)% في اليوم العاشر وللمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي شكل (٤٥).

وانخفضت تراكيز المغذيات (النتريت والنترات والفوسفات الفعالة) ابتداءً من اليوم الأول وحتى اليوم العاشر لكل من المزيج الثنائي والثلاثي. إذ انخفض تركيز النتريت من ٤.٣ ملغم/ليتر للخليط (*S. quadricauda* & *C. vulgaris*) و٥ ملغم/ليتر للخليط (*S. quadricauda* & *N. palea*) و٣.٧ ملغم/ليتر للخليط (*N. palea* & *C. vulgaris*) و٥.٧ ملغم/ليتر للمزيج الثلاثي قبل المعاملة إلى ١.٣ ملغم/ليتر و٢.٧ ملغم/ليتر و١.٨ ملغم/ليتر و٢.٢ ملغم/ليتر للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي.

وسجل فرق معنوي في انخفاض تركيز النتريت خلال الأيام. وبلغت نسبة الإزالة ٧ و١٠ و١١ و٨.٨٪ للمعاملات ذات المزيج الثنائي والثلاثي على التوالي خلال الأربع والعشرين ساعة الأولى من المعاملة وازدادت لتصل إلى ٧٠% في اليوم التاسع و٤٦% في اليوم السابع و٥١% في اليوم الخامس و٦١% في اليوم الثامن لكل من المعاملات على التوالي شكل (٤٦). دلت نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات الموجودة وباختلاف النماذج.

أما بالنسبة للنترات فقد كان الانخفاض في التركيز تدريجياً ومستمراً خلال مدة المعاملة، إذ انخفض التركيز ١٧ ملغم/ليتر لخليط (*C. vulgaris* & *S. quadricauda*) و ٣٩ ملغم/ليتر لخليط (*N. palea* & *S. quadricauda*) و٩.٣ ملغم/ليتر لخليط (*C. vulgaris* & *N. palea*) و٩.٩ ملغم/ليتر للمزيج الثلاثي قبل المعاملة بالطحالب إلى ٣ ملغم/ليتر و١٥ ملغم/ليتر و٣ ملغم/ليتر و٣.٤ ملغم/ليتر لكل من المزيج الثنائي والمزيج الثلاثي على التوالي.

وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام. وبالنمط نفسه كانت نسبة الإزالة خلال اليوم الأول من المعاملة (٧.٦ و٧.٧ و٧.٥ و١٣٪) للمعاملة الثنائية والمزيج الثلاثي على التوالي إذ وصلت نسبة الإزالة إلى ٨٢% في اليوم العاشر و٦١% في اليوم التاسع و٦٨% في اليوم الثامن و٦٦% في اليوم السادس للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي شكل (٤٧).

وأشارت النتائج إلى انخفاض الفوسفات فعالة منذ اليوم الأول، إذ انخفض التركيز من ٠.٩ ملغم/ليتر لخليط (*C. vulgaris* & *S. quadricauda*) و٢.٥ ملغم/ليتر لخليط (*N. palea* & *S. quadricauda*) و٠.٧ ملغم/ليتر لخليط (*C. vulgaris* & *N. palea*) و٢.٤ ملغم/ليتر للمزيج الثلاثي قبل المعاملة إلى ٠.٣ ملغم/ليتر و١.٢ ملغم/ليتر و٠.٣ ملغم/ليتر و١.١ ملغم/ليتر للمزيج الثنائي والثلاثي.

وأظهرت النتائج بوجود فرق معنوي بين الأيام خلال مدة التجربة وكذلك بين المزيج الثنائي والثلاثي. وبلغت إزالة الفوسفات في اليوم الأول (١١ و٨ و٤٪ و٨.٣٪) للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي ووصلت نسبة الإزالة إلى ٦٦% في اليوم الثامن و٥٢% في اليوم العاشر و٢٤% في اليوم الثالث و٥٤% في اليوم الثامن للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي شكل (٤٨).

أما الكبريتات فقد انخفض التركيز من ٣٨٨ ملغم/ليتر و٣٥٩ ملغم/ليتر و٣١٧ ملغم/ليتر و٣٨٥ ملغم/ليتر للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي إلى ٢٨٥ و٢٦٠ و٢٤٠ و٢٩١ ملغم/ليتر في اليوم العاشر للنماذج الثنائي والثلاثي على التوالي.

تبين وجود فرق معنوي خلال الأيام وسجلت نسبة الإزالة في الفوسفات في اليوم الأول (٢.٣٪ و٣.٣٪ و٣٩٪ و٣.٤٪) للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي وازدادت لتسجل نسبة (٢٦% و٢٧% و٢٤% و٢٤%) في اليوم العاشر للمعاملات على التوالي شكل (٤٩).

وبينت النتائج معاملة مياه الفضلات الصناعية بالخليط المتكون من (*C. vulgaris* & *S. quadricauda*) و (*S. quadricauda* & *N. palea*) و(*C. vulgaris* & *N. palea*) والمزيج الثلاثي للطحالب كفاءة منخفضة في إزالة القاعدية والعسرة الكلية وعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم) ابتداءً من اليوم الأول وحتى اليوم العاشر. وحصل انخفاض متدرج في تركيز القاعدية منذ اليوم الأول للمزيج الثنائي والثلاثي من (٥٠٠ و٣٤٣ و٣٢١ و٤٠٠) ملغم/ليتر على التوالي إلى ٢٤٠ و٢٠١ و١٧٠ و٢٠٠ ملغم/ليتر للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي. وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي خلال الأيام جدول (٩، ١٠، ١١، ١٢).

وكانت نسبة إزالة القاعدية في اليوم الأول ٨ و٥.٨ و٨ و٦.٣٪ كل من المزيج الثنائي والثلاثي على التوالي. واستمرت بالزيادة لتصل نسبة الإزالة إلى (٣٨٪ ٥٢، ٤١، ٤٧، ٥٠%) في اليوم الثامن والسادس للمزيج الثنائي واليوم التاسع للمزيج الثلاثي على التوالي. أما بالنسبة للعسرة الكلية فقد كان الانخفاض في التركيز بطيء خلال أيام المعاملة. إذ انخفض التركيز من ٦٠٠ ملغم/ليتر لخليط (*C. vulgaris* & *S. quadricauda*) و٥٥٠ و٢٤٥ و٥٠٠ ملغم/ليتر للمزيج قبل المعاملة بالطحالب إلى ٣٠٠ و٤٠٠ و١٤٠ و٢٧٠ ملغم/ليتر للخليط الثنائي والثلاثي على التوالي في اليوم العاشر من المعاملة. وسجل التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام.

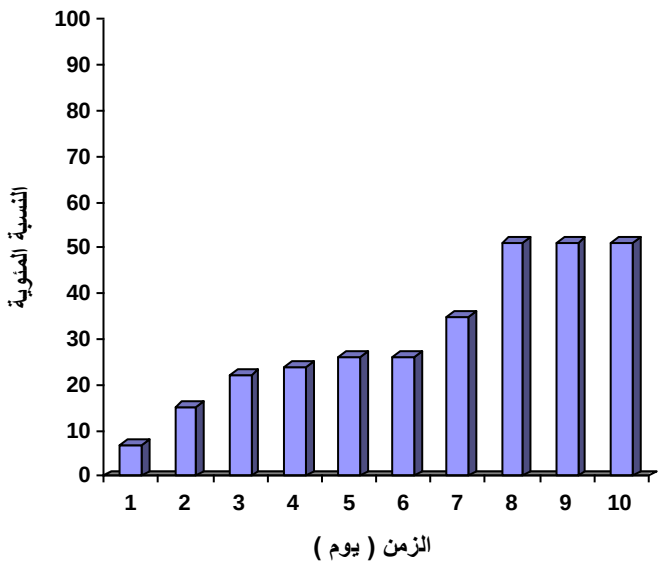
وبلغت الإزالة في اليوم الأول (٨.٣ و٤ و% ١٠٪) لكل من المزيج الثنائي والثلاثي على التوالي ووصلت نسبة الإزالة إلى (٥٠، ٢٧، ٤٣، ٤٦٪) في اليوم العاشر وللمعاملات على التوالي شكل (٥١).

وحصل انخفاض في تركيز عسرة الكالسيوم تدريجياً خلال مدة المعاملة من ١٤٤ ملغم/ليتر للخليط (*C. vulgaris* & *S. quadricauda*) و٨٥ ملغم/ليتر للخليط (*N. palea* & *S. quadricauda*) و١١٠ ملغم/ليتر (*C. vulgaris* & *N. palea*) و١٠٧ ملغم/ليتر للمزيج الثلاثي قبل المعاملة إلى ٨٠ و٥٤ و٦٥ و٦٣ ملغم/ليتر لكل من المزيج الثنائي والثلاثي على التوالي. ولوحظ فرق معنوي بين الأيام، أما بالنسبة للإزالة فقد كانت في اليوم الأول ٥.٥ و٥.٩ و٣ و٤.٧٪ للمعاملات الثانية والثلاثية على التوالي واستمرت لتصل نسبة الإزالة ٤٤% في اليوم التاسع و(٣٦%، ٤١% اليوم السابع و٤١% في اليوم العاشر لكل من المزيج الثنائي والثلاثي على التوالي شكل (٥٢). دلت نتائج التحليل الإحصائي معنوية الفروقات الموجودة بين الأيام والمزيج.

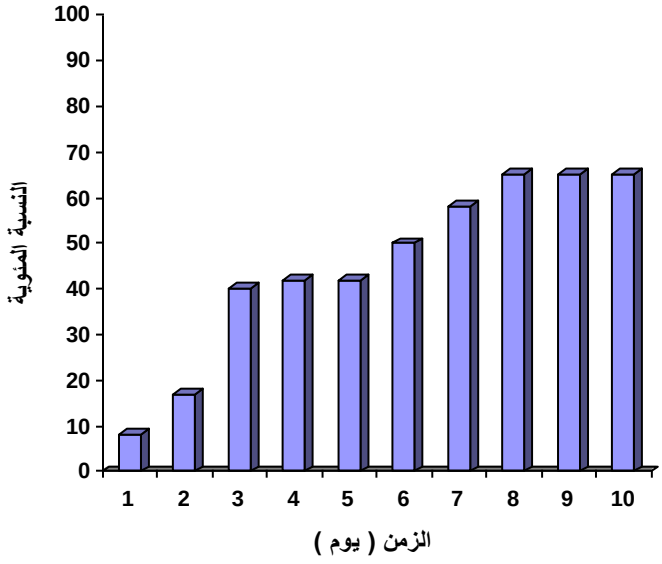
وانخفض تركيز المغنيسيوم من ١٠٢ ملغم/ليتر للخليط (*C. vulgaris* & *S. quadricauda*) و١٠٤ ملغم/ليتر للخليط (*N. palea* & *S. quadricauda*) و٣٠ ملغم/ليتر للخليط (*C. vulgaris* & *N. palea*) و٨٨ ملغم/ليتر للمزيج الثلاثي قبل المعاملة إلى ٤٩ و٧٧ و١٧ و٤٦ ملغم/ليتر للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي في اليوم العاشر من المعاملة. كما أظهر التحليل

الإحصائي وجود فرق معنوي خلال أيام التجربة وكذلك بين المعاملات شكل (٥٢). وسجلت نسبة الإزالة خلال الأربع والعشرون ساعة الأولى ٨.٨ و٣.٨ و٣.٣ و١١.٤٪ وازدادت لتصل نسبة الإزالة (٥٢، ٢٦، ٤٣، ٤٨%) في اليوم العاشر للمزيج الثنائي والثلاثي على التوالي.

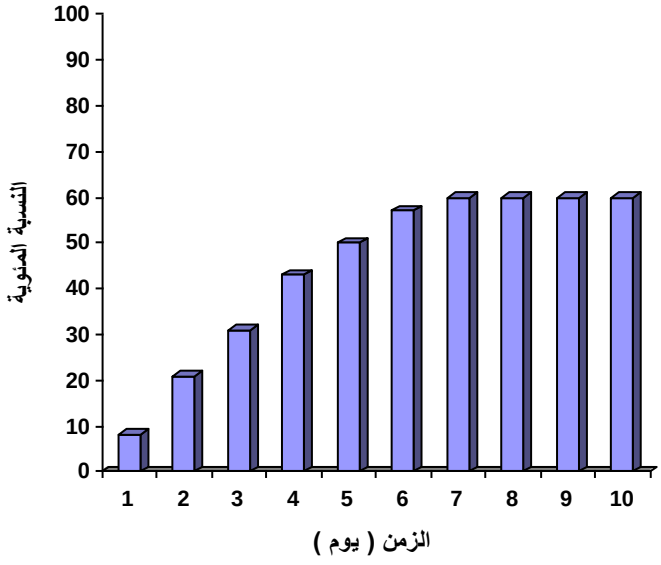
كما وأظهرت النتائج كفاءة متذبذبة في إزالة اللون لمياه الفضلات الصناعية المعاملة بالمزيج الثنائي والثلاثي. فقد انخفضت امتصاصية اللون بصورة مستمرة خلال مدة المعاملة من ٢.١٦٥٤ نانوميتر إلى ١.٢٣٣ و١.٤٨٨ و١.٣٠١٠ و١.١٩١ نانوميتر للمعاملات على التوالي في اليوم الثامن وسجل فرق معنوي بين الأيام ولم يظهر بين المعاملات الثنائية والثلاثية. أما نسبة الإزالة فقد كانت في اليوم الأول من المعاملة (٣٪ و٢.٥٪ و٧٪ و١.٣٪) للمزيج الثنائية والثلاثية على التوالي. وزادت لتصل إلى (٤٣٪ و٣١٪ و٤٠٪ و٤٥٪) في اليوم الثامن والسادس لكل من المعاملة الثنائية واليوم العاشر للمزيج الثلاثي على التوالي شكل (٥٤).



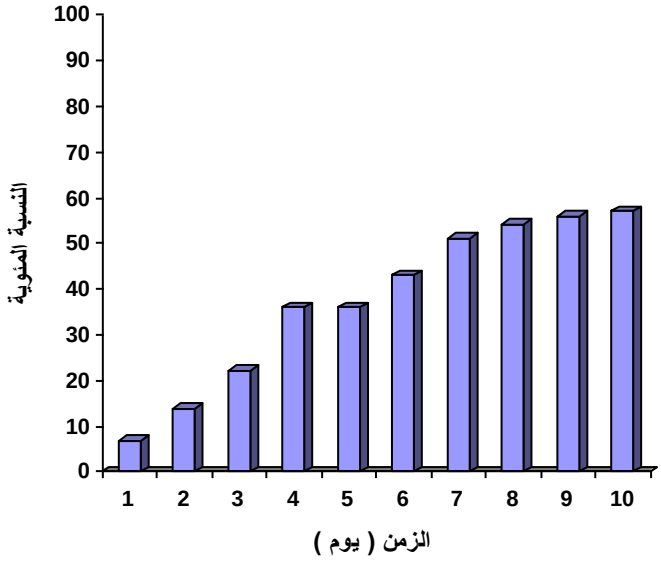
Scenedesmus و *Nitzschia*



Scenedesmus و *Chlorella*

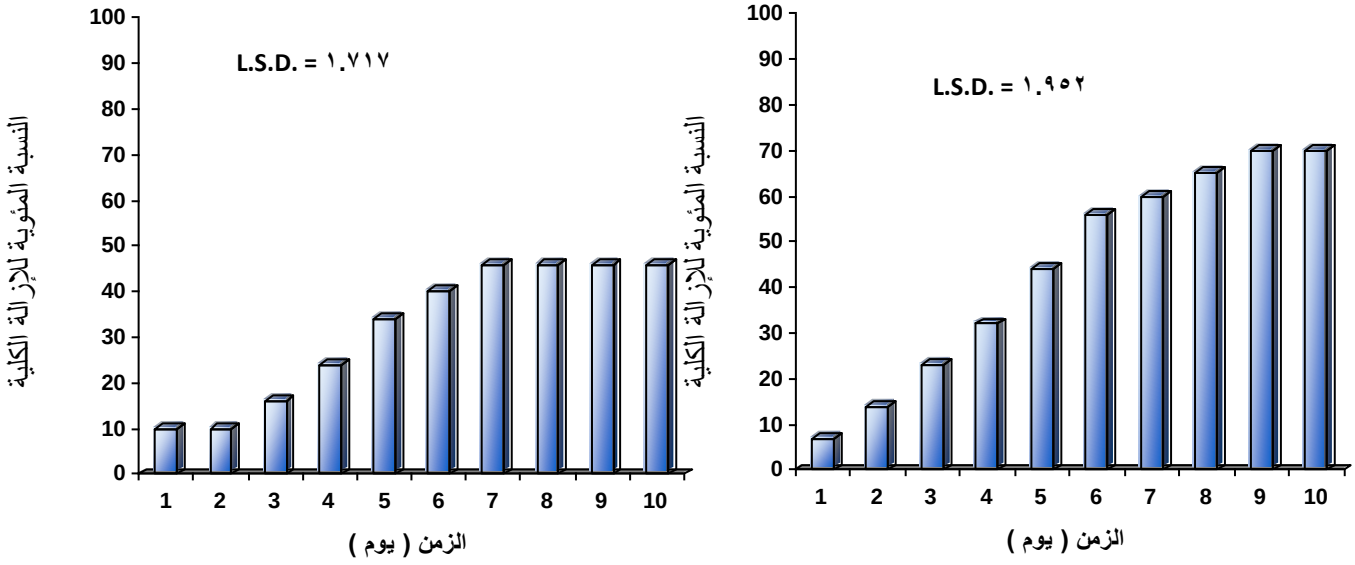


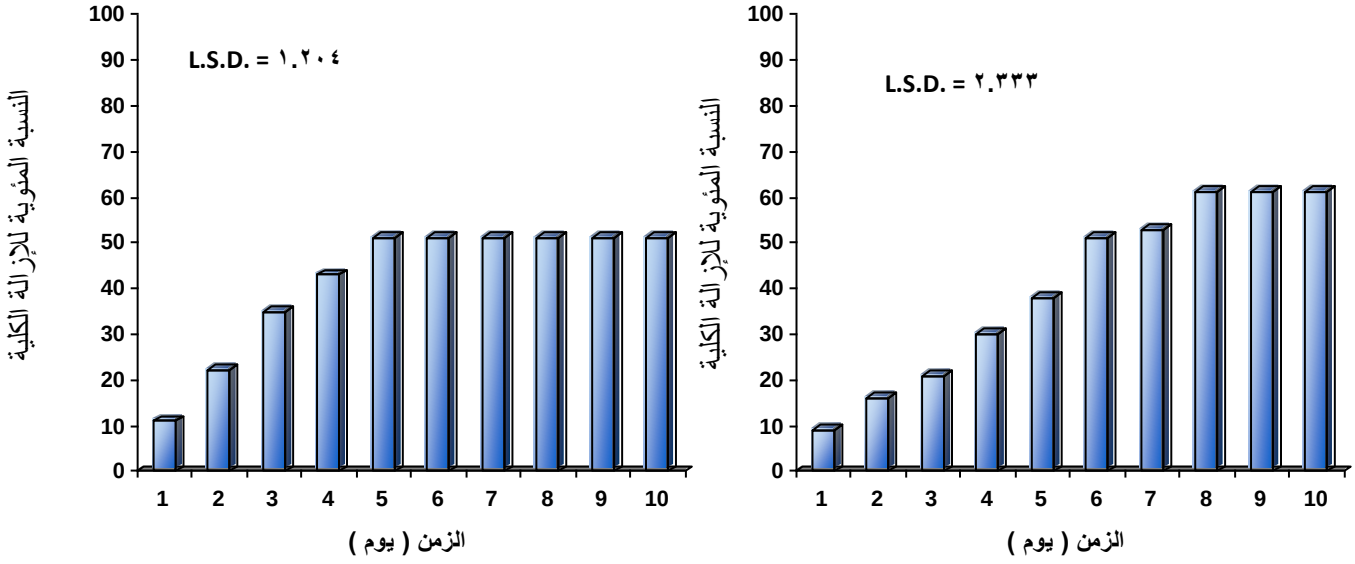
Scenedesmus و *Chlorella*



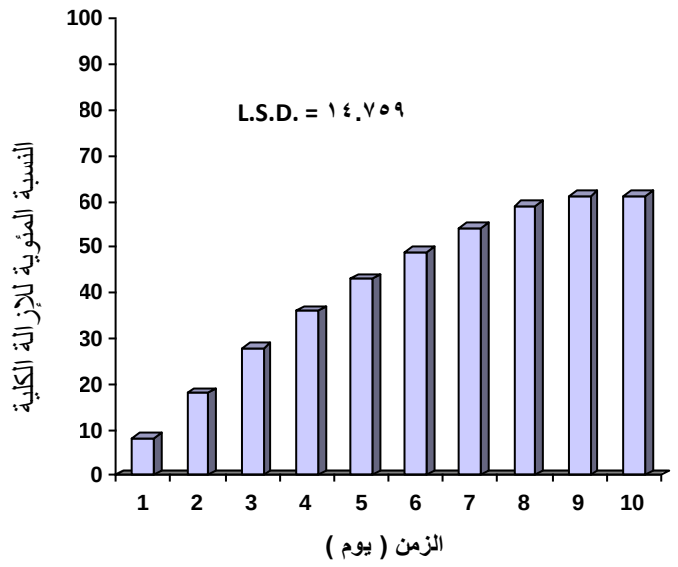
المزيج الثلاثي

شكل (٤٥) النسبة المئوية للإزالة الكلية للتوصيلية الكهربائية والملوحة في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية

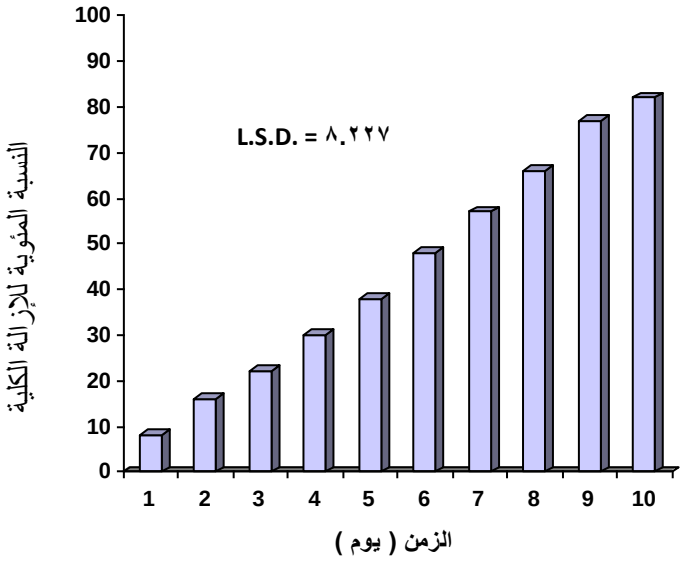




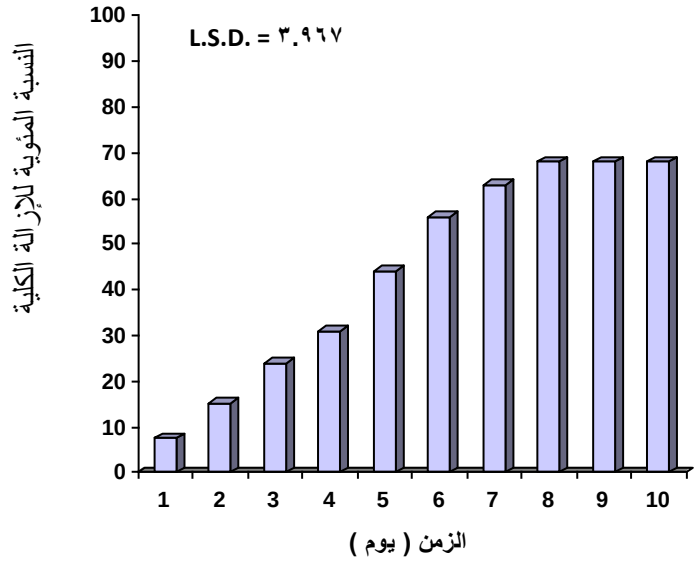
شكل (٤٦) النسبة المئوية للإزالة الكلية للنتريت في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية



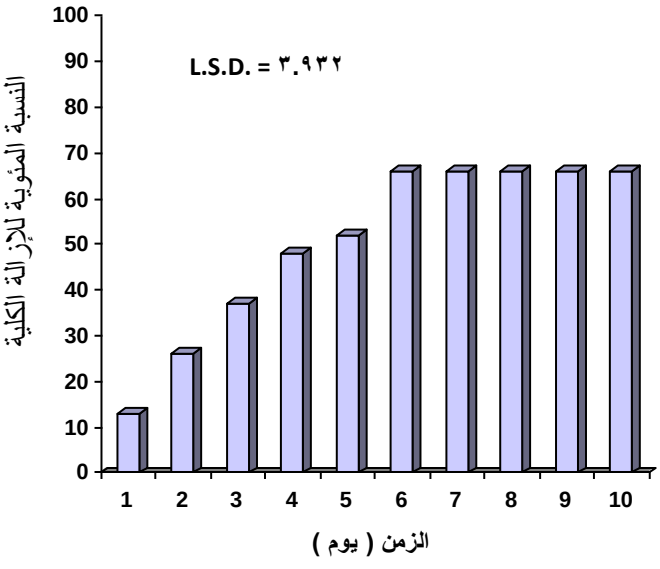
Nitzschia و *Scenedesmus*



Chlorella و *Scenedesmus*

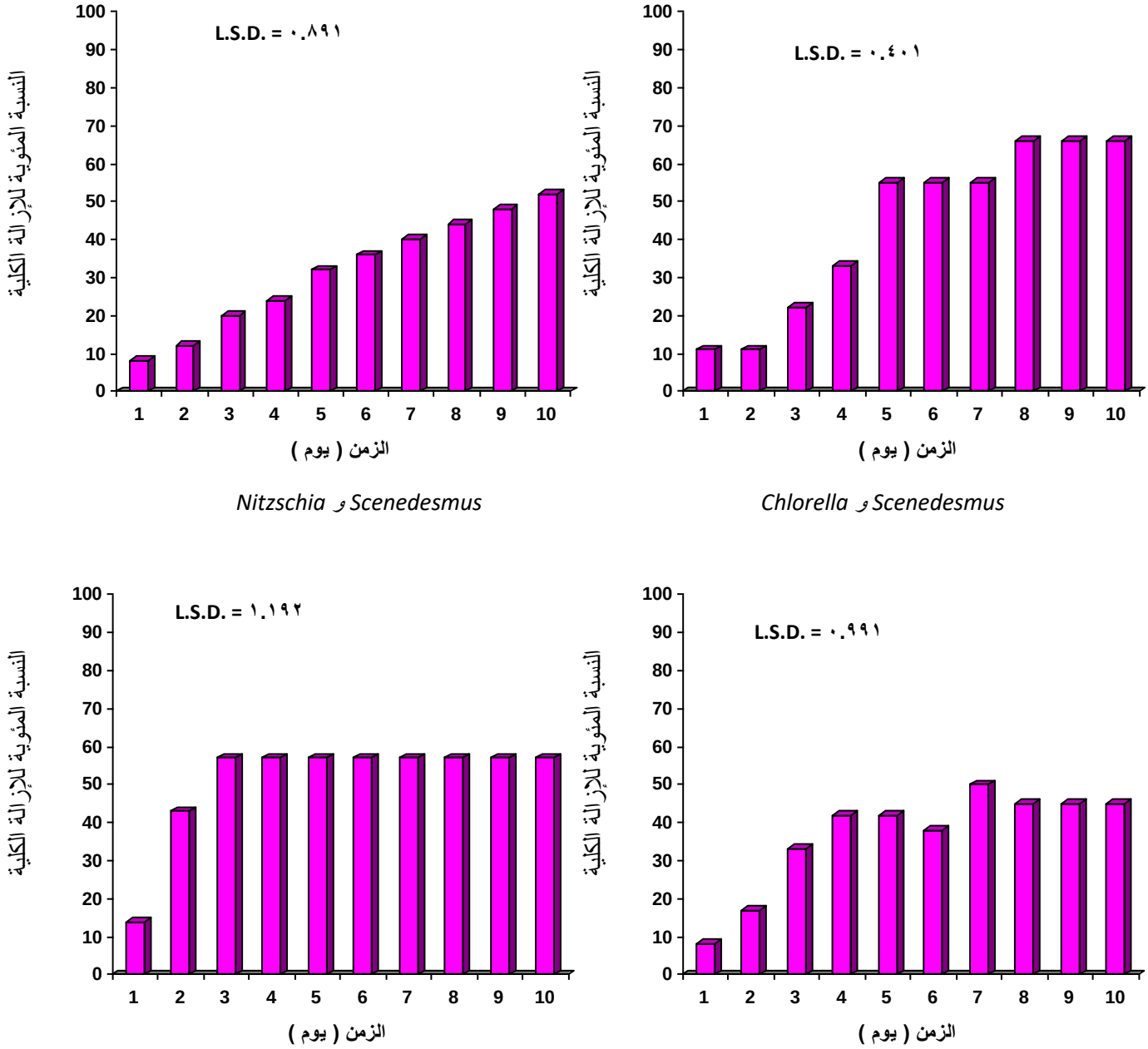


Chlorella و *Scenedesmus*

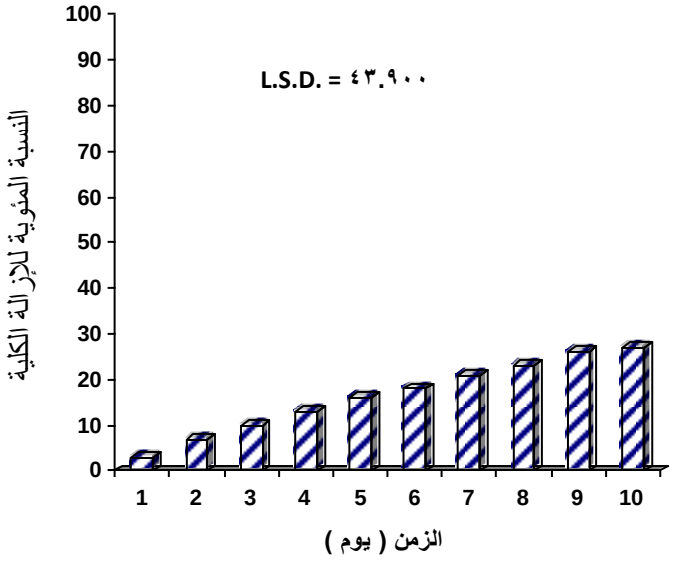


المزيج الثلاثي

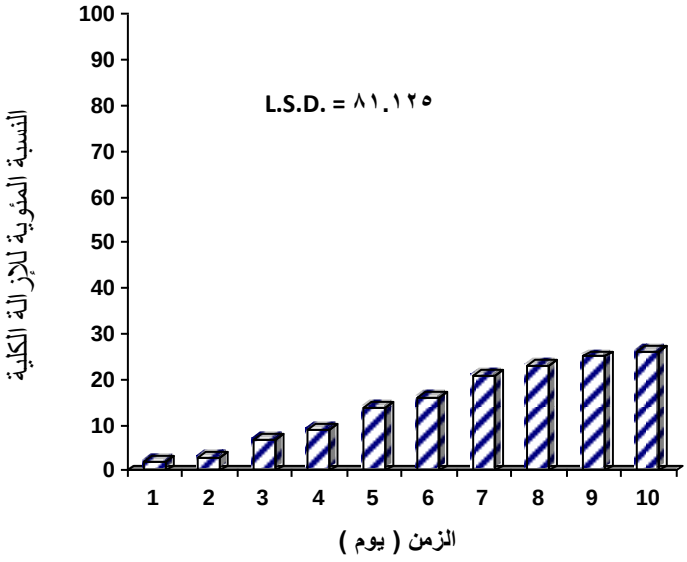
شكل (٤٧) النسبة المئوية للإزالة الكلية للنترات في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية



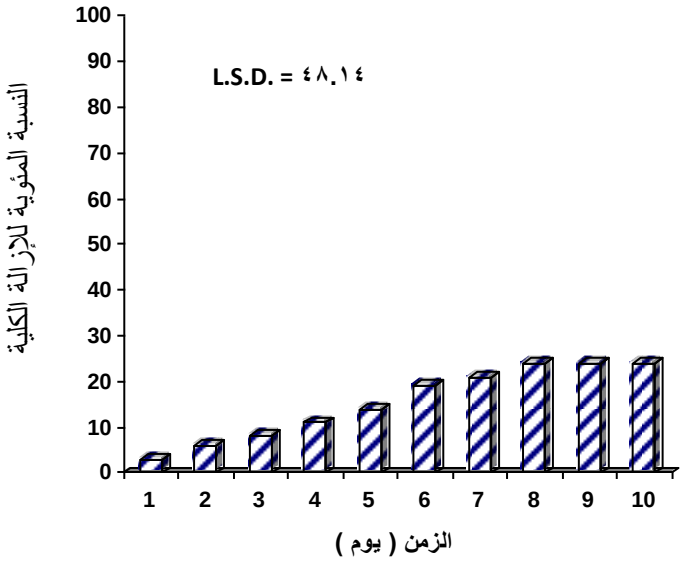
شكل (٤٨) النسبة المئوية للإزالة الكلية للفوسفات الفعالة في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية



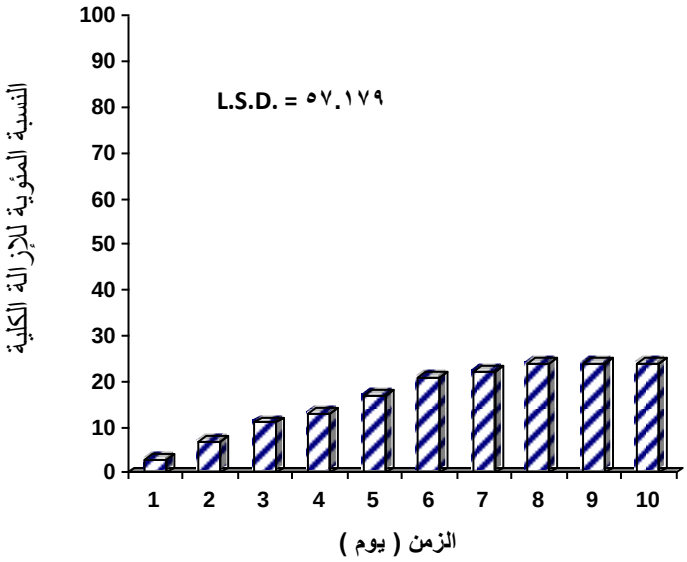
Scenedesmus و *Nitzschia*



Scenedesmus و *Chlorella*

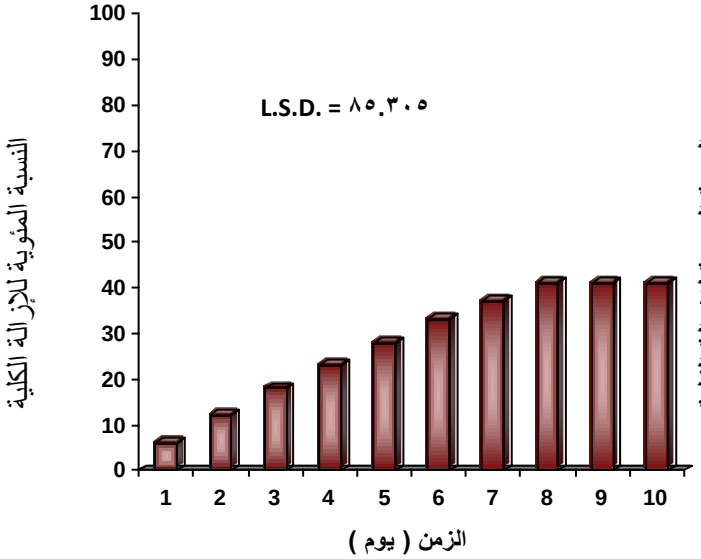


Scenedesmus و *Chlorella*

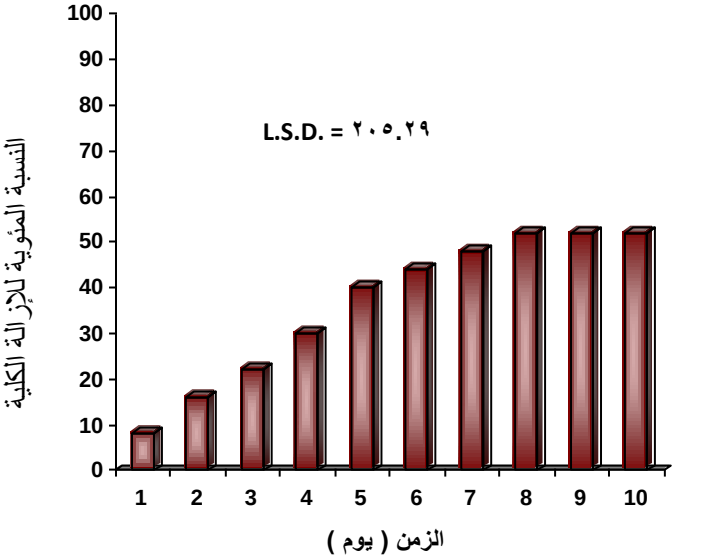


المزيج الثلاثي

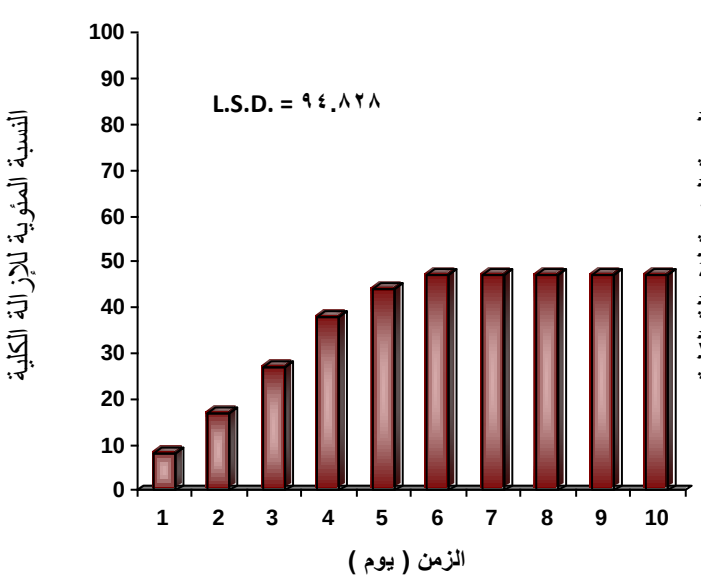
شكل (٤٩) النسبة المئوية للإزالة الكلية للكبريتات في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية



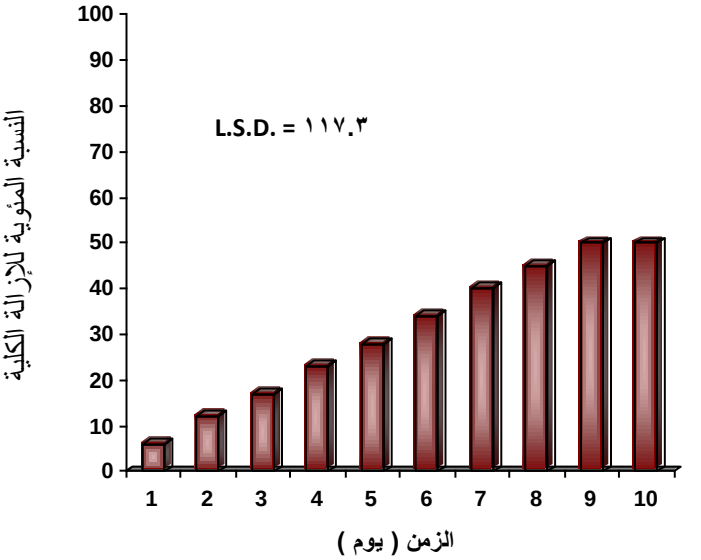
Scenedesmus و *Nitzschia*



Scenedesmus و *Chlorella*

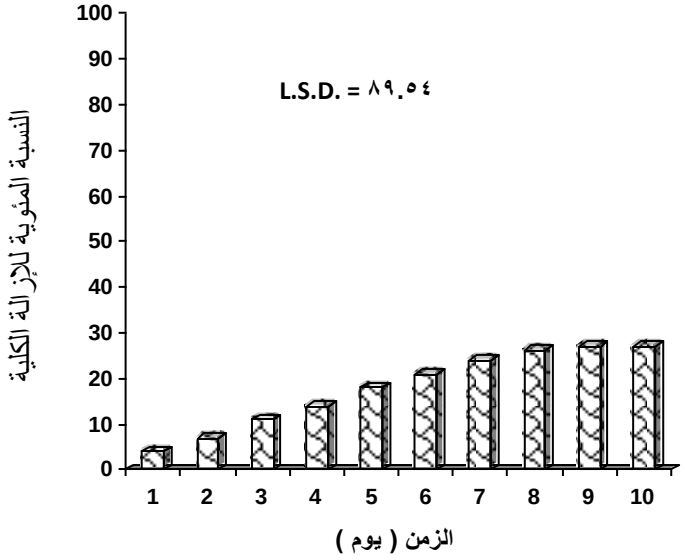


Scenedesmus و *Chlorella*

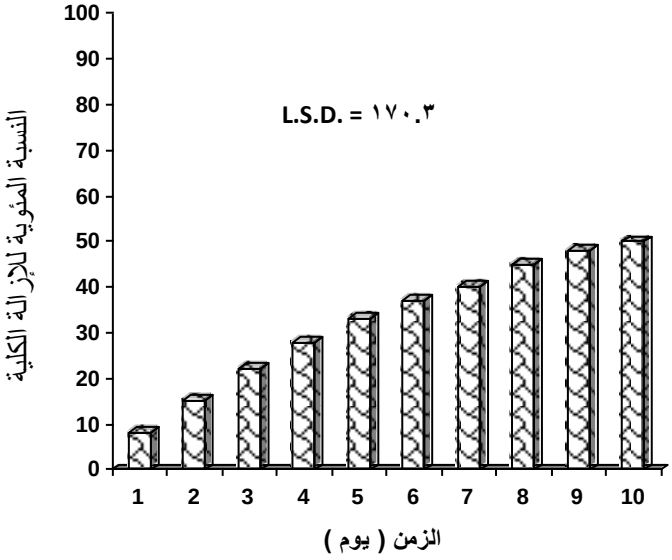


المزيج الثلاثي

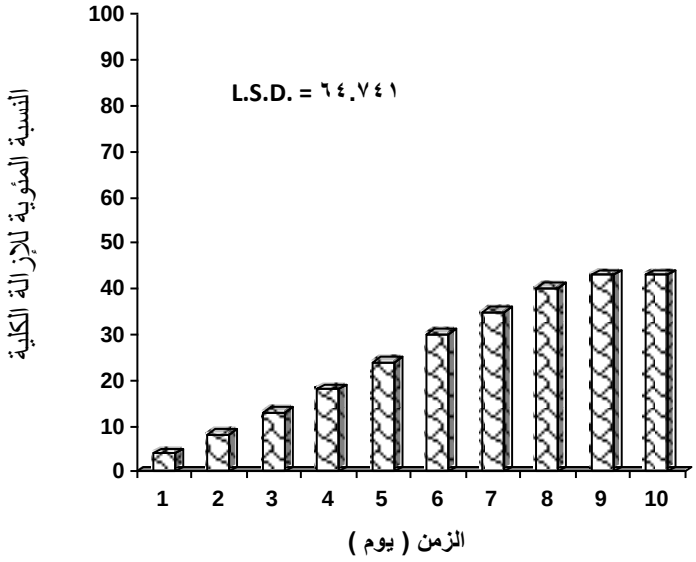
شكل (٥٠) النسبة المئوية للإزالة الكلية للقاعدية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية



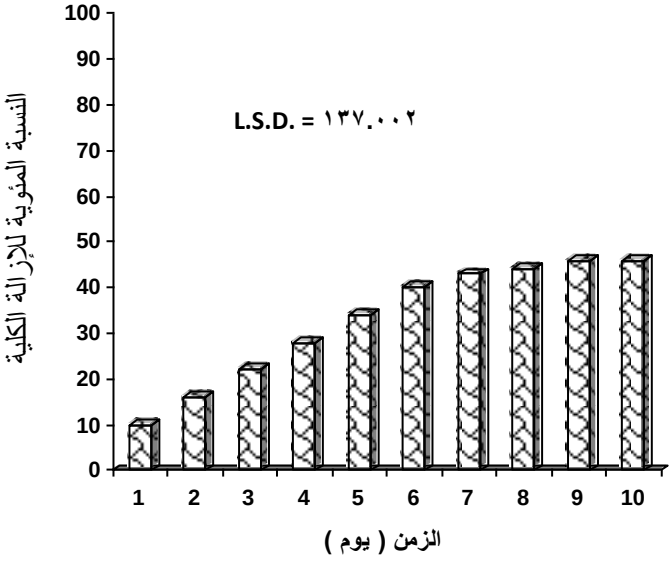
Scenedesmus و *Nitzschia*



Scenedesmus و *Chlorella*

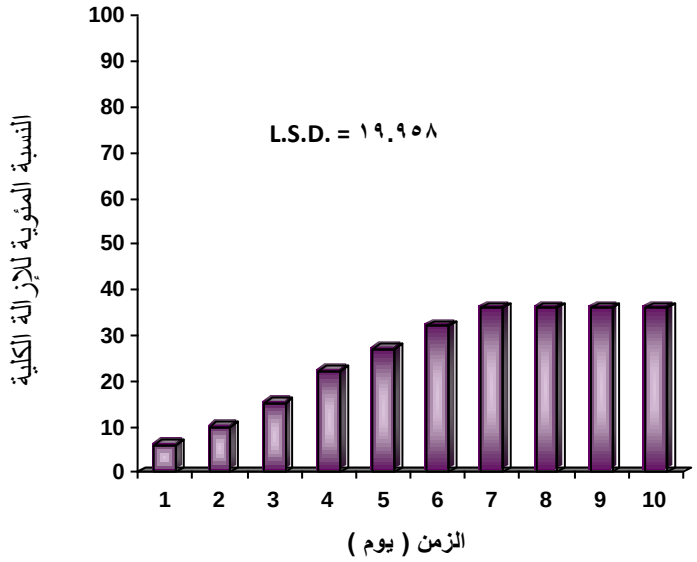


Scenedesmus و *Chlorella*

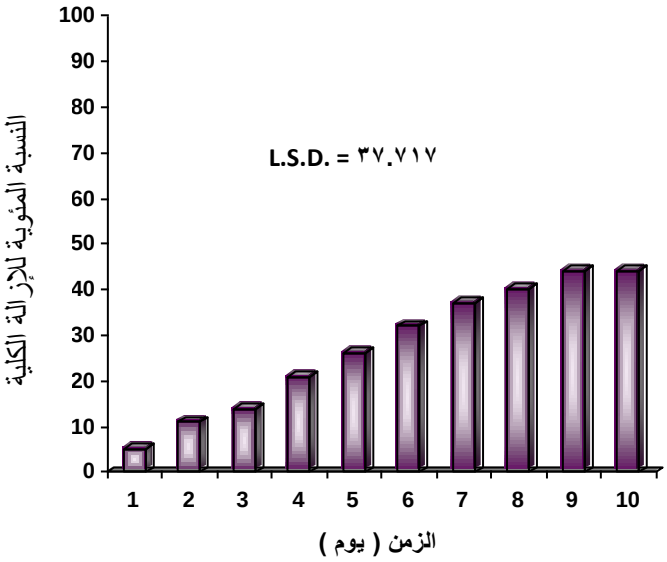


المزيج الثلاثي

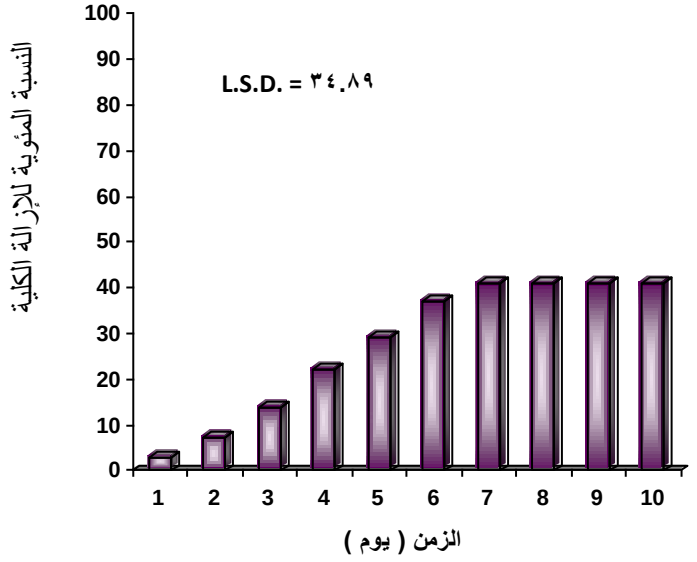
شكل (٥١) النسبة المئوية للإزالة الكلية للعسرة الكلية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية



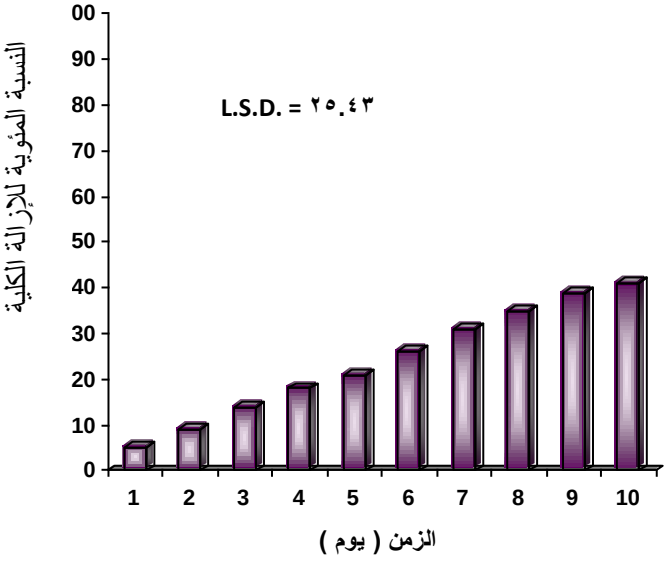
Scenedesmus و *Nitzschia*



Scenedesmus و *Chlorella*

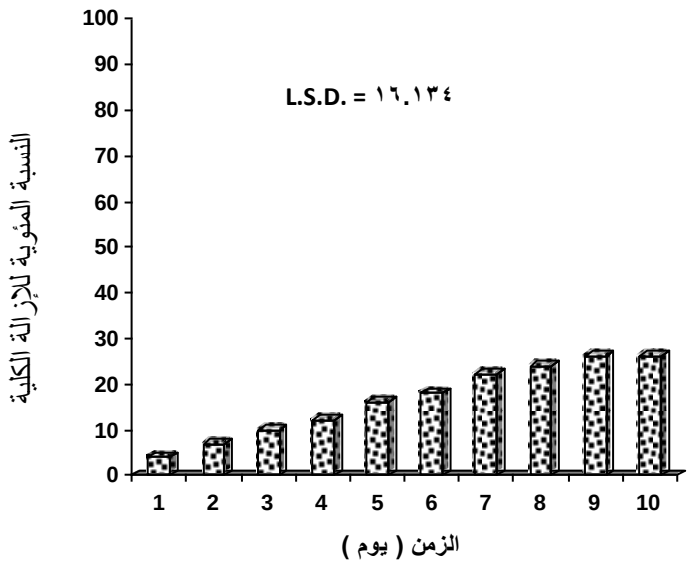


Scenedesmus و *Chlorella*

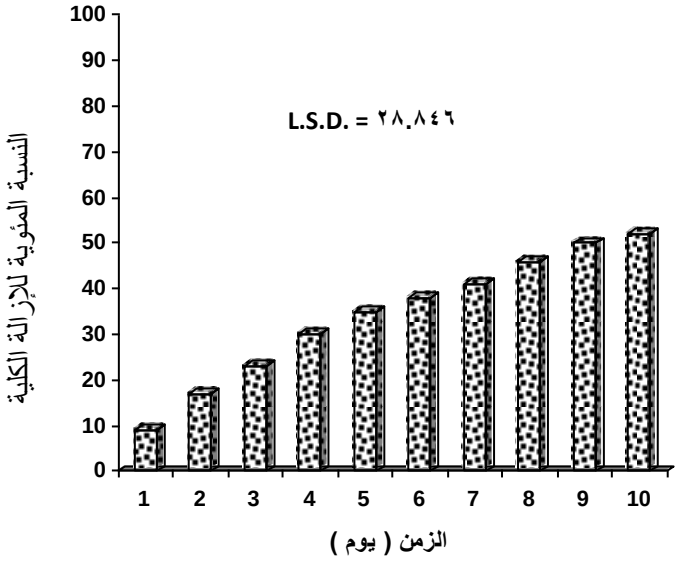


المزيج الثلاثي

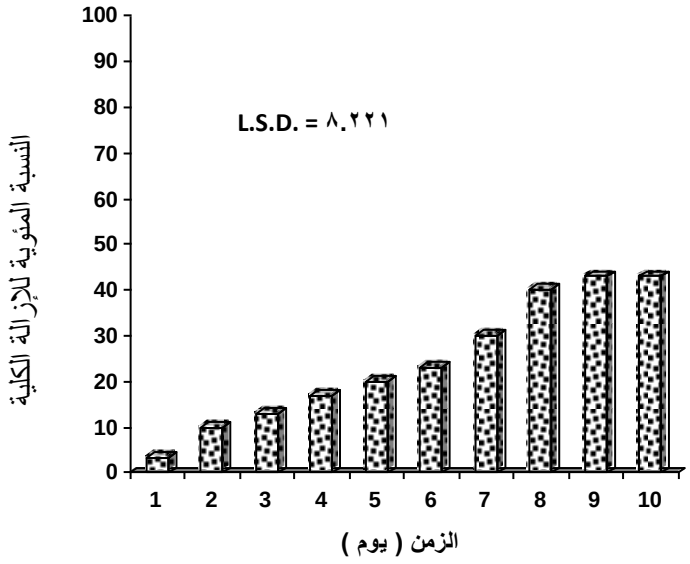
شكل (٥٢) النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة الكالسيوم في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية



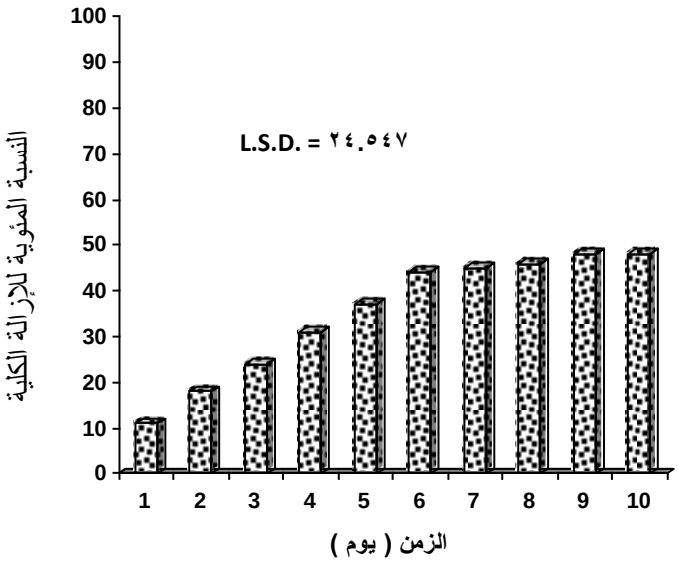
Scenedesmus و *Nitzschia*



Scenedesmus و *Chlorella*

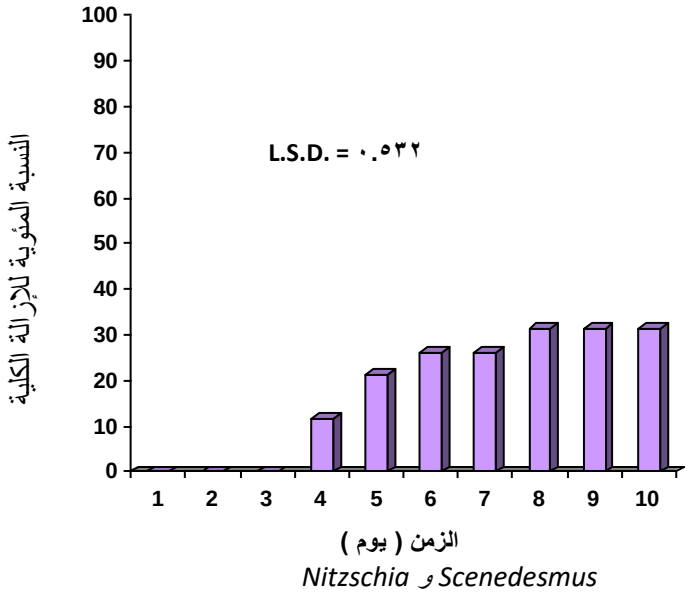


Scenedesmus و *Chlorella*

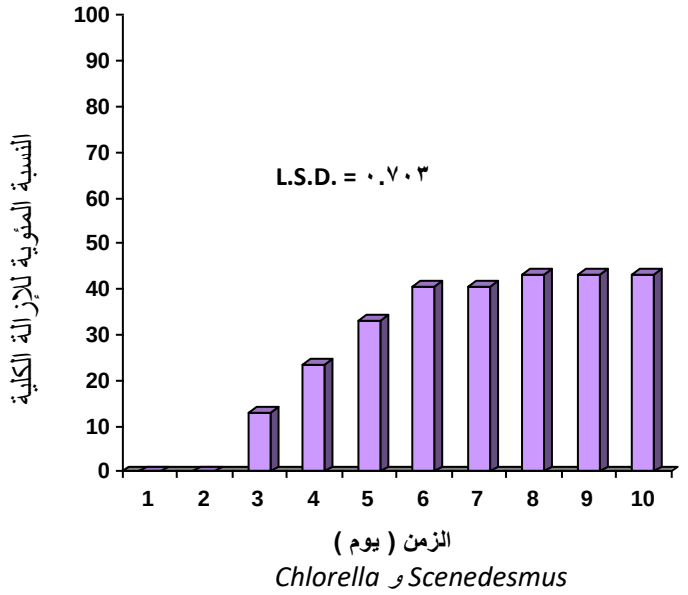


المزيج الثلاثي

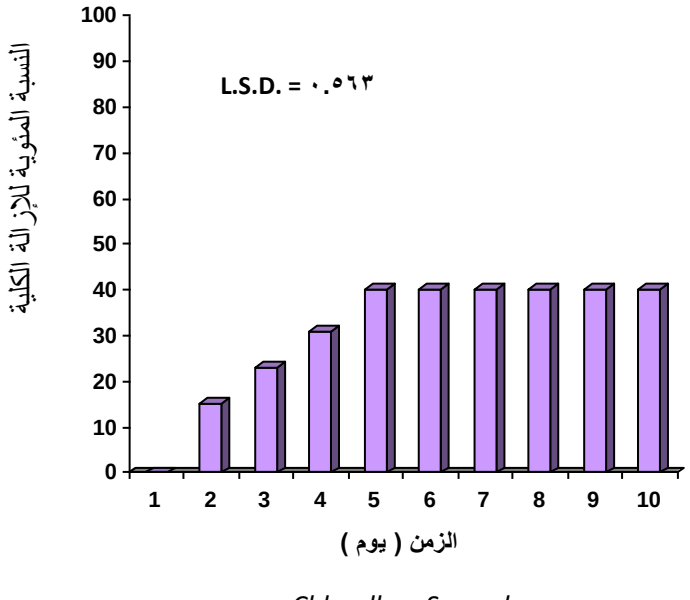
شكل (٥٣) النسبة المئوية للإزالة الكلية لعسرة المغنيسيوم في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية



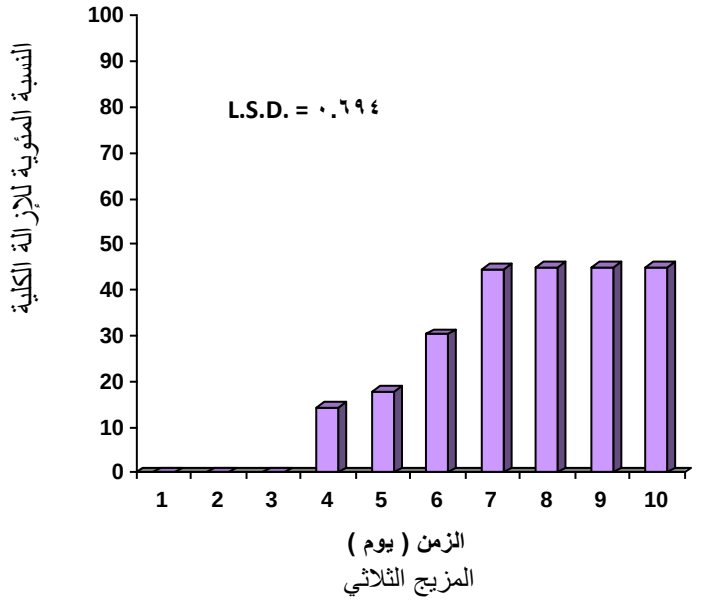
Scenedesmus و *Nitzschia*



Scenedesmus و *Chlorella*



Scenedesmus و *Chlorella*



المزيج الثلاثي

شكل (٥٤) النسبة المئوية للإزالة الكلية للون في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة في المزيجات الثنائية والثلاثية باختلاف المدة الزمنية

٣-٧ الكتلة الحية للطحلب *C. vulgaris*

سجلت أفضل زيادة في عدد خلايا الطحلب خلال اليوم السابع (٤.٢٣ × ١٠^٦ خلية/مل) في النماذج المعقمة، واستمر عدد الخلايا بالزيادة فقد وصل إلى (٤.٤٥ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم الثامن، في حين لوحظ انخفاض عند اليوم العاشر. أما في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة فقد سجلت أفضل زيادة لعدد الخلايا في اليوم السادس (٢.١٦ × ١٠^٦ خلية/مل) واستمرت ليصل العدد الكلي للطحلب (٣.٣١ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم التاسع شكل (٥٥).

وازدادت الامتصاصية في نماذج مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة. وسجلت نتائج الوزن الجاف ٠.٠١٥ ملغم/ليتر و٠.٠٣٢ ملغم/ليتر من بداية التجربة للنموذجين غير المعقم والمعقم على التوالي، ووصلت إلى أقصى وزن جاف (٠.١٧١ و٠.١٦٨ ملغم/ليتر) في اليوم العاشر على التوالي جدول (١٣ ، ١٤).

أما معدلات النمو فقد ازدادت هي الأخرى مع انخفاض في زمن التضاعف، إذ كان أفضل معدل نمو (٠.٢٥٢) في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة خلال اليوم الثاني واقل زمن تضاعف (٢٨.٦٦ ساعة). في حين سجل أفضل معدل نمو في اليوم السادس (٠.١٣٦) وأقل زمن تضاعف (٥٣.١٢ ساعة) للنماذج المعقمة.

جدول (١٣) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة

الأيام	عدد الخلايا خلية × ٠٦/مل	الامتصاصية (٥٤٠nm)	الوزن الجاف ملغم/ليتر	معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)
٠	٠.٣٦	٠.٠٣٧	٠.٠١٥	٠.٠٠	٠.٠٠
١	٠.٥٥	٠.٠٥٩	٠.٠١٨	٠.١٨٣	٣٩.٤٧
٢	١.١٥	٠.٠٨٨	٠.٠٢٢	٠.٢٥٢	٢٨.٦٦
٣	١.٢٩	٠.١٣٨	٠.٠٣١	٠.١٨٤	٣٩.٢٦
٤	١.٥٣	٠.١٥١	٠.٠٣٨	٠.١٥٧	٤٦.٠١
٥	١.٦٧	٠.١٧٥	٠.٠٤٢	٠.١٣٣	٥٤.٣١
٦	٢.١٦	٠.٢١١	٠.٠٩٣	٠.١٢٩	٥٦.٠٠
٧	٢.٤٣	٠.٢٣١	٠.١٠٤	٠.١١٧	٦١.٧٤
٨	٢.٨٨	٠.٢٨٩	٠.١٦٣	٠.١١٣	٦٣.٩٣
٩	٣.٣١	٠.٣٤١	٠.١٦٦	٠.١٠٧	٦٧.٥١
١٠	٢.٨٧	٠.٣٧٢	٠.١٧١	٠.٠٩٠	٨٠.٢٧

جدول (١٤) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية المعقمة

الأيام	عدد الخلايا خلية × ١٠٦/مل	الامتصاصية (٥٤٠nm)	الوزن الجاف ملغم/ليتر	معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)
٠	٠.٥٩	٠.٠٢٧	٠.٠٣٢	٠.٠٠	٠.٠٠
١	٠.٦٧	٠.٠٩٥	٠.٠٣٤	٠.٠٥٥	١٣١.٣٤
٢	٠.٧٥	٠.٠١٣١	٠.٠٣٧	٠.٠٥٢	١٣٨.٩٢
٣	١.٠٢	٠.١٧١	٠.٠٥٣	٠.٠٧٩	٩١.٤٤
٤	١.٨٨	٠.٢٠٥	٠.٠٥٩	٠.١٢٥	٥٧.٧٩
٥	٢.٧٣	٠.٢٣٥	٠.٠٧٥	٠.١٣٣	٥٤.٣١

٦	٣.٢٨	٠.٢٧٧	٠.٠٧٨	٠.١٣٦	٥٣.١٢
٧	٤.٢٣	٠.٣١٧	٠.٠٨٢	٠.١٣٢	٥٤.٧٢
٨	٤.٤٥	٠.٣٤٦	٠.١٥٤	٠.١١٨	٦١.٢٢
٩	٣.٨٨	٠.٣٨١	٠.١٥٩	٠.٠٩١	٧٩.٣٨
١٠	٣.٦٧	٠.٤٠٧	٠.١٦٨	٠.٠٨٦	٨٤.٠٠

٣-٨ الكتلة الحية للطحلب *S. quadricauda*

أظهرت النتائج قابلية الطحلب على النمو والزيادة لكتلة الحية في مياه الفضلات الصناعية فقد ازدادت الخلايا بشكل تدريجي في النماذج المعقمة لتصل إلى (٣.١٥ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم الثامن. أما في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة سجلت أفضل زيادة في عدد الخلايا في اليوم السادس (١.٥٤ × ١٠^٦ خلية/مل) وازدادت عدد الخلايا في اليوم التاسع إلى (٣.٠٨ × ١٠^٦ خلية/مل) شكل (٥٦).

وازدادت قيم الامتصاصية مع زيادة كثافة خلايا الطحلب، وكذلك بالنسبة للوزن الجاف الذي بلغ في اليوم الأول (٠.٠١٥ و٠.٠٢١) ملغم/ليتر في الفرق بين غير المعقم والمعقم على التوالي وازداد الوزن الجاف في اليوم ليبلغ (٠.١٧٦ و٠.٢٠٣) ملغم/ليتر جدول (١٥ ، ١٦).

وسجل أعلى معدل للنمو للنماذج غير المعقمة في اليوم الخامس ٠.١٨٧ يرافقه أقل زمن تضاعف ٣٨.٦٣. أما أفضل معدل للنمو للنماذج المعقمة كان في اليوم الأول ٠.١٨٨ وأقل زمن تضاعف ٣٨.٤٢ ساعة.

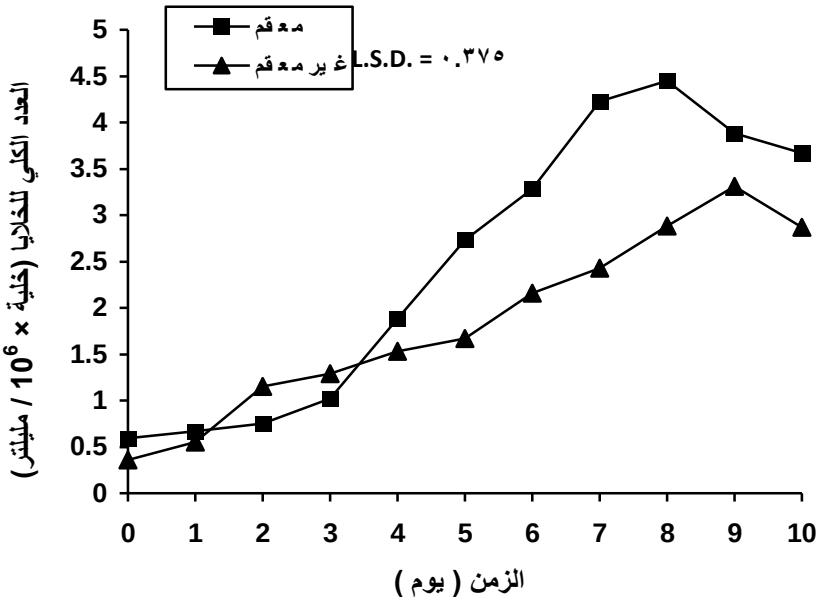
جدول (١٥) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *S. quadricauda* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة

الأيام	عدد الخلايا خلية × ١٠^٦/مل	الامتصاصية (٥٤٠nm)	الوزن الجاف ملغم/ليتر	معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)
٠	٠.٢٢	٠.٠٥٥	٠.٠١٥	٠.٠٠	٠.٠٠
١	٠.٣٤	٠.٠٦٥	٠.٠١٧	٠.١٦٨	٤٣.٠٠
٢	٠.٣٩	٠.٠٧٣	٠.٠١٩	٠.١٨٢	٣٩.٦٩
٣	٠.٤١	٠.٠٨٥	٠.٠٣٣	٠.١٧٣	٤١.٧٦
٤	٠.٨٤	٠.٠٨٨	٠.٠٦١	٠.١٧٣	٤١.٧٦
٥	٠.٧٣	٠.١٦٤	٠.٠٧٧	٠.١٨٧	٣٨.٦٣
٦	١.٥٤	٠.٢٠٨	٠.٠٨٦	٠.١٦٣	٤٤.٣٢
٧	٢.٣٢	٠.٢٢١	٠.٠٩٣	٠.١٥٨	٤٥.٧٢
٨	٢.٥٤	٠.٢٦٩	٠.١١٢	٠.١٥٢	٤٧.٥٣
٩	٣.٠٨	٠.٢٩٠	٠.١٢٣	٠.١٣٣	٥٤.٣١
١٠	٢.٨٤	٠.٣٠١	٠.١٧٦	٠.١١٥	٦٢.٨١

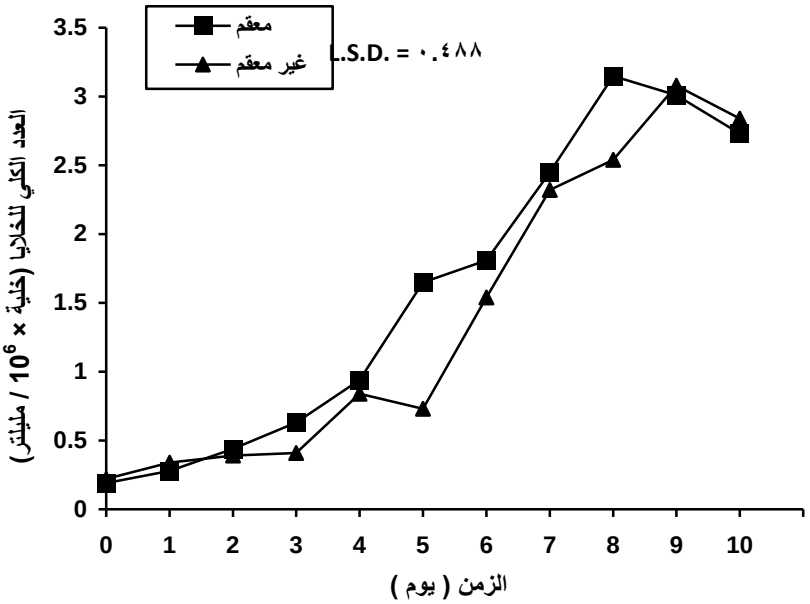
جدول (١٦) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *S. quadricauda* النامية في مياه الفضلات الصناعية المعقمة

الأيام	عدد الخلايا خلية × ١٠^٦/مل	الامتصاصية (٥٤٠nm)	الوزن الجاف ملغم/ليتر	معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)
٠	٠.١٩	٠.٠٣٩	٠.٠٢١	٠.٠٠	٠.٠٠
١	٠.٢٨	٠.٠٤١	٠.٠٢٤	٠.١٨٨	٣٨.٤٢
٢	٠.٤٤	٠.٠٤٩	٠.٠٣١	٠.١٢٤	٥٨.٢٦
٣	٠.٦٣	٠.٠٧٨	٠.٠٣٤	٠.٠٨٩	٨١.١٧
٤	٠.٩٤	٠.٠٩٥	٠.٠٤٤	٠.٠٨٤	٨٦.٠٠
٥	١.٦٥	٠.١٣	٠.٠٧١	٠.١٠٤	٦٩,٤٦
٦	١.٨١	٠.٢٤٥	٠.٠٩٣	٠.١٤١	٥١.٢٣
٧	٢.٤٥	٠.٢٨٧	٠.١٠٦	٠.١٤٦	٤٩.٤٨

٨	٣.١٥	٠.٣٠٢	٠.١٥٥	٠.١٣٣	٥٤.٣١
٩	٣.٠١	٠.٣٢١	٠.١٨٢	٠.١٢٧	٥٦.٨٨
١٠	٢.٧٣	٠.٣٣٤	٠.٢٠٣	٠.١١١	٦٥.٠٨



شكل (٥٥) العدد الكلي لخلايا طحلب *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٥٦) العدد الكلي لخلايا طحلب *S. quadricauda* النامية في مياه الفضلات الصناعية المعقمة وغير المعقمة وباختلاف المدة الزمنية

٣-٩ الكتلة الحية للطحلب *N. palea*

أظهر طحلب *N. palea* زيادة في عدد الخلايا قدرت (١.٤٢ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم الرابع للنماذج المعقمة و(١.٥٧ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم السادس للنماذج غير المعقمة. أما العدد الكلي للخلايا فقد بلغ (٢.٨٥ × ١٠^٦ و ٢.٣٧ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم الثامن والعاشر لكل من النموذجين المعقم وغير المعقم على التوالي.

ولقيم الامتصاصية زيادة طبيعية مع زيادة كثافة خلايا الطحلب، أما نتائج الوزن الجاف فقد سجلت في اليوم الأول (٠.٠١٣ و٠.٠١١ ملغم/ليتر) واستمر بالزيادة ليصل إلى (٠.٠٧٨ و٠.١٣٧ ملغم/ليتر) في اليوم العاشر للنماذج غير المعقمة والمعقمة على التوالي.

أما معدلات النمو فقد بلغت في اليوم الرابع ٠.١٨٠ أعلى معدل نمو وأقل زمن للتضاعف ٤٠.١٣ ساعة للنماذج غير المعقمة. أما نماذج المياه المعقمة فكان أفضل معدل نمو لها في اليوم الثاني ٠.٢٧٩ وأقل زمن تضاعف ٢٥.٨٩ ساعة شكل (٥٧)، جدول (١٧ ، ١٨).

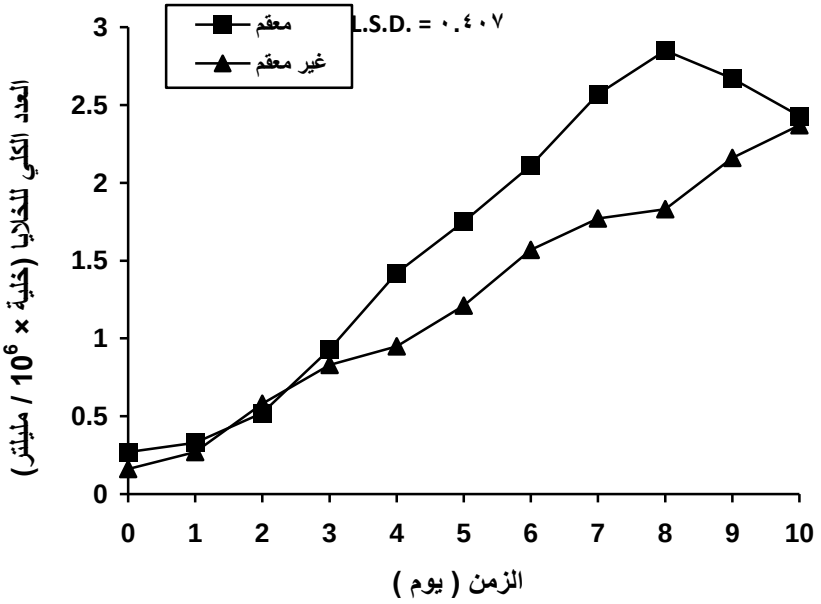
جدول (١٧) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية المعقمة وباختلاف المدة الزمنية

الأيام	عدد الخلايا خلية × $١٠^{٦}$/مل	الامتصاصية (٥٤٠nm)	الوزن الجاف ملغم/ليتر	معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)
٠	٠.١٦	٠.٠٢١	٠.٠١٣	٠.٠٠	٠.٠٠
١	٠.٢٧	٠.٠٢٦	٠.٠١٤	٠.٠٨٧	٨٣.٠٣
٢	٠.٥٨	٠.٠٣٢	٠.٠١٥	٠.١٤٢	٥٠.٨٧
٣	٠.٨٣	٠.٠٣٣	٠.٠٢٠	٠.١٧٩	٤٠.٣٦
٤	٠.٩٥	٠.٠٤١	٠.٠٢٢	٠.١٨٠	٤٠.١٣
٥	١.٢١	٠.٠٤٨	٠.٠٢٥	٠.١٦٢	٤٤.٥٩
٦	١.٥٧	٠.٠٦٧	٠.٠٣٧	٠.١٤٩	٤٨.٤٨
٧	١.٧٧	٠.٠٩٩	٠.٠٤٥	٠.١٣٩	٥١.٩٧
٨	١.٨٣	١.٠٠٧	٠.٠٥٩	٠.١٢٧	٥٦.٨٨
٩	٢.١٦	١.١٠٥	٠.٠٧٣	٠.١١١	٦٥.٠٨
١٠	٢.٣٧	١.١١٣	٠.٠٧٨	٠.٠٩٥	٧٦.٠٤

جدول (١٨) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحلب *N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة وباختلاف المدة الزمنية

الأيام	عدد الخلايا خلية × $١٠^{٦}$/مل	الامتصاصية (٥٤٠nm)	الوزن الجاف ملغم/ليتر	معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)
٠	٠.٢٧	٠.٠١٣	٠.٠١١	٠.٠٠	٠.٠٠
١	٠.٣٣	٠.٠١٨	٠.٠١٣	٠.٢٢٧	٣١.٨٢
٢	٠.٥٢	٠.٠٢٣	٠.٠٢٥	٠.٢٧٩	٢٥.٨٩
٣	٠.٩٣	٠.٠٢٩	٠.٠٦٨	٠.٢٣٨	٣٠.٣٥
٤	١.٤٢	٠.١٥٩	٠.٠٧١	٠.١٩٣	٣٧.٤٣
٥	١.٧٥	٠.١٧١	٠.٠٨٩	٠.١٧٦	٤١.٠٤

٦	٢.١١	٠.١٩٢	٠.١٠٩	٠.١٦٥	٤٣.٧٨
٧	٢.٥٧	١.٠٠١	٠.١٢٣	٠.١٤٩	٤٨.٤٨
٨	٢.٨٥	١.٠٥٢	٠.١٢٩	٠.١٣٢	٥٤.٧٣
٩	٢.٦٧	١.١٢٢	٠.١٣١	٠.١٢٦	٥٧.٣٣
١٠	٢.٤٣	١.٣٦٤	٠.١٣٧	٠.١١٧	٦١.٧٤



شكل (٥٧) العدد الكلي لخلايا طحلب *N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة وباختلاف المدة الزمنية

١٠-٣ الكتلة الحية لخليط الطحالب

بينت نتائج معاملة مياه الفضلات الصناعية بطحلب *C. vulgaris* مع *S. quadricauda* قابلية الطحالب على النمو والزيادة للكتلة الحية فقد ازدادت الخلايا لتصل إلى (٣.٤٥ و١.٨٨ × ١٠^{٦} خلية/مل) في اليوم العاشر للطحلبيين على التوالي شكل (٥٨).

وازدادت قيم الامتصاصية مع زيادة كثافة خلايا الطحالب. أما الوزن الجاف الابتدائي فقد كان (٠.٠٢٣ ملغم/ليتر) وازداد بعد ذلك ليصل (٠.٢١٧ ملغم/ليتر) في اليوم العاشر. وسجل أفضل معدل نمو (٠.٠٤٢٠ و٠.٦٠٢) وأقل زمن تضاعف (١٧.٢٠ و١٢.٠٠) ساعة في اليوم الثالث والثاني وللطحلبيين على التوالي جدول (١٩).

وسجلت أفضل زيادة في عدد خلايا طحلب *C. vulgaris* في اليوم الثامن (٢.٧٦ × ١٠^{٦} خلية/مل) أما للطحلب *S. quadricauda* فكانت في اليوم الرابع وبلغت (١.٥١ × ١٠^{٦} خلية/مل) جدول (١٩).

كما أوضحت نتائج معاملة مياه الفضلات الصناعية بطحلبي *S. quadricauda* و *N. palea* زيادة بطيئة لطحلب *N. palea* في الأيام الأولى كما ولوحظ استقرار في عدد خلايا الطحلب في اليوم السابع (٠.١٣ × ١٠^{٦} خلية/مل) من التجربة. أما

طحلب *S. quadricauda* فقد ازدادت خلايا الطحلب بشكل تدريجي من (٠.١١ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم الأول إلى (٣.٢١ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم العاشر وكانت أفضل زيادة في عدد الخلايا في اليوم السادس إذ بلغت (٢.٤٨ × ١٠^٦ خلية/مل) شكل (٦٠).

كذلك ازدادت الامتصاصية لتصل إلى ٠.١٥٦ نانوميتر في اليوم العاشر جدول (٢٠). وكان الوزن الجاف ٠.٠١٢ ملغم/ليتر في بداية التجربة ووصل إلى أقصى وزن جاف ٠.١٠٣ ملغم/ليتر في اليوم العاشر.

أما معدل النمو فقد ازداد هو الآخر مع انخفاض في زمن التضاعف إذ كان أفضل معدل نمو ٠.٤٣٣ في مياه الفضلات الصناعية اليوم الثاني وأقل زمن تضاعف ١٦.٦٨ ساعة للطحلب *S. quadricauda*. أما أفضل معدل نمو لطحلب *N. palea* فقد كان ٠.٣٠١ في اليوم الأول وأقل زمن تضاعف ٢٤.٠٠ ساعة جدول (٢١).

كما أوضحت نتائج معاملة مياه الفضلات الصناعية بطحلب *C. vulgaris* & *N. palea* أفضل زيادة في عدد خلايا طحلب *C. vulgaris* في اليوم الثالث (١.٦٧ × ١٠^٦ خلية/مل) أما طحلب *N. palea* فكانت في اليوم الثاني (٠.٠٩ × ١٠^٦ خلية/مل) واستمر كلا الطحلبيين بالزيادة ليصل إلى (٣.٥٧ و٠.١٧ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم العاشر والسادس على التوالي لكلا الطحلبيين شكل (٥٩).

وبلغت الامتصاصية في يومها التاسع زيادة قدرها ٠.٢٤٧ نانوميتر وكان الوزن الجاف ٠.٠٥٦ ملغم/ليتر في بداية التجربة وازداد ليصل ٠.٢٤٥ ملغم/ليتر في اليوم العاشر. وسجل أفضل معدل للنمو لطحلب *C. vulgaris* ٠.٣٣١ في اليوم الثالث وأقل زمن تضاعف ٢١.٨٢ ساعة، أما طحلب *N. palea* فقد كان أفضل معدل للنمو ٠.٤٤٧ وأقل زمن تضاعف ١٥.١٤ ساعة في اليوم الثاني جدول (٢٠).

وعند معاملة مياه الفضلات الصناعية بالمزيج الثلاثي للطحالب أظهرت نتائج زيادة خلايا طحلب *C. vulgaris* و *S. quadricauda* بشكل تدريجي من ٠.٠٩ و٠.٠٣٣ × ١٠^٦ خلية/مل) للطحلبيين على التوالي في اليوم الأول إلى (٢.٣٤ و٢.١٣ × ١٠^٦ خلية/مل) في اليوم العاشر، أما عدد خلايا طحلب *N. palea* فقد أخذت بالاستقرار في اليوم الخامس (٠.١١ × ١٠^٦ خلية/مل) شكل (٦١).

ازدادت الامتصاصية والوزن الجاف إذ بلغت ٠.١٧٣ نانوميتر و٠.١١٣ ملغم/ليتر) في اليوم العاشر وعلى التوالي. وسجل أفضل معدل نمو لطحلب *C. vulgaris* ٠.٢٧٤ وأقل زمن تضاعف ٢٦.٣٦ ساعة. أما طحلب *S. quadricauda* فكان أعلى معدل نمو في اليوم السادس ٠.٢٧٠ وأقل زمن تضاعف ٢٦.٧٥ ساعة. وكذلك الحال للطحلب *N. palea* إذ بلغ معدل النمو في اليوم الثالث ٠.٣٠١ وأقل زمن تضاعف ٢٤.٠٠ ساعة جدول (٢٢).

جدول (١٩) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف للطحلبين *S. quadricauda* و *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية

الأيام	عدد الخلايا خلية × ١٠^٦/مل		الامتصاصية (٥٤٠nm)	الوزن الجاف ملغم/ليتر	*Scenedesmus*		*Chlorella*	
	S.	*C.*			معدل النمو μ	زمن التضاعف ((ساعة	معدل النمو μ	زمن التضاعف ((ساعة
٠	٠.٠٢	٠.٠٥	٠.٠٣١	٠.٠٢٣			٠.٠٠	٠.٠٠
١	٠.٠٥	٠.١١	٠.٠٤٤	٠.٠٣٧	٠.٣٩٧	١٨.١٩	٠.٣٤٢	٢١.١٣
٢	٠.٣٢	٠.٣٢	٠.٠٥٧	٠.٠٥٢	٠.٦٠٢	١٢.٠٠	٠.٤٠٣	١٧.٩٢
٣	٠.٨٤	٠.٩١	٠.٠٨٤	٠.٠٨٣	٠.٥٤١	١٣.٣٥	٠.٤٢	١٧.٢٠
٤	١.٥١	١.٣٧	٠.١٠٤	٠.١٠٧	٠.٥٣٦	١٣.٤٧	٠.٣٥٩	٢٠.١٢

٢٣.٦٨	٠.٣٠٥	١٨.٥٢	٠.٣٩	٠.١٢٩	٠.١٢٧	١.٦٩	١.٧٩	٥
٢٧.٦٧	٠.٢٦١	٢١.٥٦	٠.٣٣٥	٠.١٤٥	٠.١٤١	١.٨٤	٢.٠٥	٦
٣٠.٤٨	٠.٢٣٧	٢٤.٨٢	٠.٢٩١	٠.١٦٣	٠.١٥٨	٢.٢٨	٢.٢١	٧
٣٣.٢٩	٠.٢١٧	٢٧.٨٩	٠.٢٥٩	٠.١٨١	٠.١٧٥	٢.٧٦	٢.٣٧	٨
٣٦.٦٧	٠.١٩٧	٣١.٨٢	٠.٢٢٧	٠.٢٠١	٠.١٩٣	٣.٠١	٢.٢٤	٩
٣٩.٤٧	٠.١٨٣	٣٦.٦٧	٠.١٩٧	٠.٢١٧	٠.٢١١	٣.٤٥	١.٨٨	١٠

جدول (٢٠) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف للطحلبين *N. palea* و *C. vulgaris* وباختلاف المدة الزمنية

Chlorella		*Nitzschia*		الوزن الجاف ملغم/ليتر	الامتصاصية (٥٤٠nm)	عدد الخلايا خلية × ١٠^{٦}/مل		الأيام
زمن التضاعف ((ساعة	معدل النمو μ	زمن التضاعف ((ساعة	معدل النمو μ			*C.*	*N.*	
٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٥٦	٠.٠٤٣	٠.١٧	٠.٠١	٠
٢٦.٢٧	٠.٢٧٥	٢٤.٠٠	٠.٣٠١	٠.٠٨١	٠.٠٧٢	٠.٣٢	٠.٠٢	١
٢٢.٤٣	٠.٣٢٢	١٥.١٤	٠.٤٧٧	٠.٠٩٨	٠.٠٩٥	٠.٧٥	٠.٠٩	٢
٢١.٨٢	٠.٣٣١	٢٠.٨٢	٠.٣٤٧	١.٠٧٤	٠.١٢٧	١.٦٧	٠.١١	٣
٢٧.٠٥	٠.٢٦٧	٢٦.٨٥	٠.٢٦٩	١.٢١٥	٠.١٥٣	١.٩٨	٠.١٢	٤
٣٣.٤٤	٠.٢١٦	٣٠.٧٤	٠.٢٣٥	١.٤٤٧	٠.١٨٦	٢.٠٥	٠.١٥	٥
٣٧.٤٣	٠.١٩٣	٣٥.٢٤	٠.٢٠٥	١.٦٥٦	٠.١٩٤	٢.٤٤	٠.١٧	٦
٤١.٧٦	٠.١٧٣	٤١.٠٤	٠.١٧٦	١.٩٧٣	٠.٢١١	٢.٧٥	٠.١٧	٧
٤٥.٧٢	٠.١٥٨	٤٦.٩١	٠.١٥٤	٠.٢١٩	٠.٢٢٥	٣.١٢	٠.١٧	٨
٤٨.٤٨	٠.١٤٩	٥٦.٨٩	٠.١٢٧	٠.٢٣٠	٠.٢٤٧	٣.٤٢	٠.١٤	٩
٥٤.٧٣	٠.١٣٢	٦٦.٨٩	٠.١٠٨	٠.٢٤٥	٠.٢٣١	٣.٥٧	٠.١٢	١٠

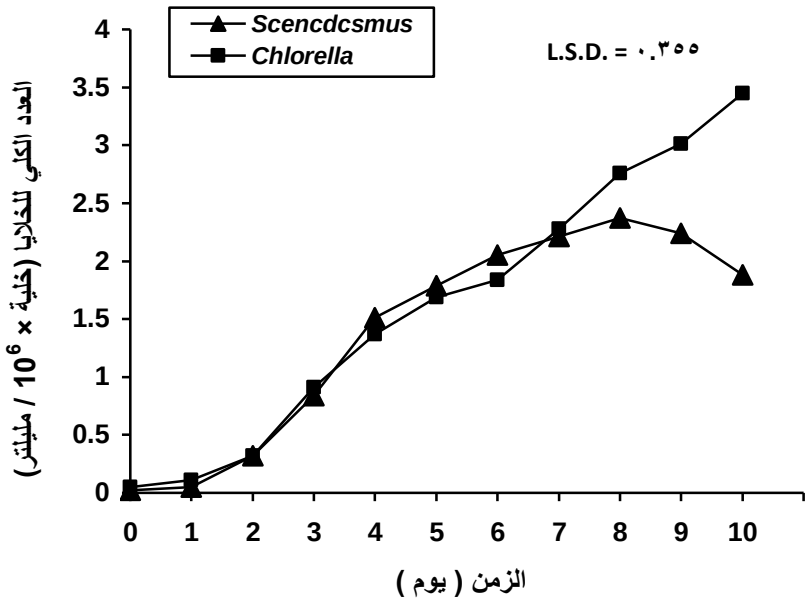
جدول (٢١) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف للطحلبين *S. quadricauda* و *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية

الأيام	عدد الخلايا خلية × 10^6/مل		الامتصاصية (٥٤٠nm)	الوزن الجاف ملغم/ليتر	*Nitzschia*		*Scenedesmus*	
	N.	*S.*			معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)	معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)
٠	٠.٠١	٠.١١	٠.٠٢٩	٠.٠١٢	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠
١	٠.٠٢	٠.٢٨	٠.٠٣١	٠.٠١٧	٠.٣٠١	٢٤.٠٠	٠.٤٠٦	١٧.٧٩
٢	٠.٠٢	٠.٨١	٠.٠٣٧	٠.٠٢١	٠.٣٠١	٢٤.٠٠	٠.٤٣٣	١٦.٦٨
٣	٠.٠٣	١.٠٤	٠.٠٤٣	٠.٠٢٩	٠.١٥٩	٤٥.٤٣	٠.٣٢٥	٢٢.٢٣
٤	٠.٠٥	١.٥٨	٠.٠٥٥	٠.٠٣٤	٠.١٧٥	٤١.٢٨	٠.٢٨٩	٢٤.٩٩
٥	٠.٠٦	١.٨٤	٠.٠٦٩	٠.٠٤٧	٠.١٥٥	٤٦.٦١	٠.٢٤٥	٢٩.٤٨
٦	٠.٠٩	٢.٤٨	٠.٠٩٨	٠.٠٥٧	٠.١٥٩	٤٥.٤٣	٠.٢٢٥	٣٢.١٢
٧	٠.١٣	٢.٦٣	٠.١١٧	٠.٠٦٦	٠.١٥٩	٤٥.٤٣	٠.١٩٧	٣٦.٦٧
٨	٠.١٣	٢.٨٤	٠.١٢١	٠.٠٧٣	٠.١٣٩	٥١.٩٧	٠.١٧٥	٤١.٢٨
٩	٠.١٣	٣.٠٧	٠.١٤٩	٠.٠٩١	٠.١٢٣	٥٨.٧٣	٠.١٦١	٤٤.٨٧
١٠	٠.١٣	٣.٢١	٠.١٥٦	٠.١٠٣	٠.١١١	٦٥.٠٨	٠.١٤٥	٤٩.٨٢

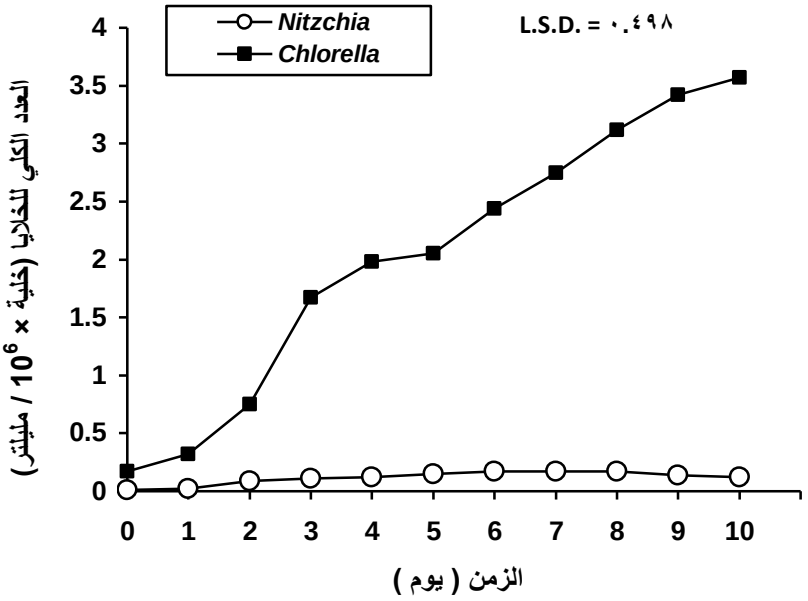
جدول (٢٢) الكتلة الحية بدلالة عدد الخلايا والامتصاصية والوزن الجاف ومعدل النمو وزمن التضاعف لطحالب *S. quadricauda* و *C. vulgaris* و *N. palea* وباختلاف المدة الزمنية

الأيام	عدد الخلايا خلية × 10^6/مل			الامتصاصية (٥٤٠nm)	الوزن الجاف ملغم/ليتر	*Nitzschia*		*Chlorella*		*Scenedesmus*	
	N.	*C.*	*S.*			معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)	معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)	معدل النمو μ	زمن التضاعف (ساعة)
٠	٠.٠٥	٠.٠٩	٠.٠٣	٠.٠٣١	٠.٠١١	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٠٠
١	٠.٠٠٨	٠.١١	٠.٠٥	٠.٠٤٨	٠.٠١٧	٠.٢٠٤	٣٥.٤١	٠.٠٨٧	٨٣.٠٣	٠.٢٢٢	٣٢.٥٤

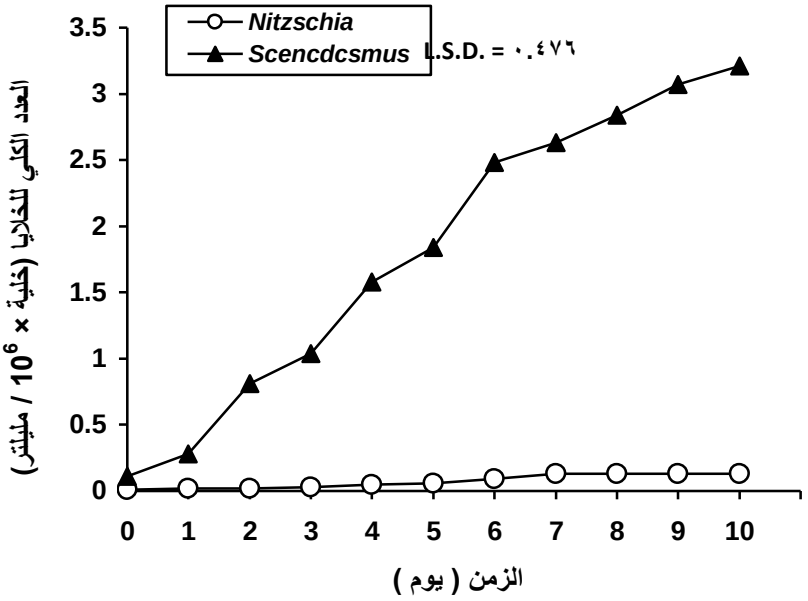
٣٩.٢٦	٠.١٨٤	١١٦.٥٢	٠.٠٦٢	٤٨.١٦	٠.١٥٠	٠.٠٢٣	٠.٠٥٩	٠.٠٧	٠.١٢	٠.٠١	٢
٣٨.٤٢	٠.١٨٨	٢٧.٥٧	٠.٢٦٢	٢٤.٠٠	٠.٣٠١	٠.٠٢٨	٠.٠٧١	٠.١١	٠.٥٥	٠.٠٤	٣
٤٣.٢٦	٠.١٦٧	٢٦.٣٦	٠.٢٧٤	٢٦.٧٥	٠.٢٧٠	٠.٠٣٤	٠.٠٨٥	٠.٣	١.١٢	٠.٠٦	٤
٣٠.٧٤	٠.٢٣٥	٣٠.٦١	٠.٢٣٦	٢٦.٩٥	٠.٢٦٨	٠.٠٤٦	٠.١١٥	٠.٤٥	١.٣٧	٠.١١	٥
٢٦.٧٥	٠.٢٧٠	٣٦.٣٠	٠.١٩٩	٣٢.٢٥	٠.٢٢٤	٠.٠٥١	٠.١٢٣	١.٢٦	١.٤	٠.١١	٦
٢٨.٥٥	٠.٢٥٣	٣٨.٦٣	٠.١٨٧	٣٧.٦٢	٠.١٩٢	٠.٠٧٤	٠.١٤٧	١.٧٨	١.٨٣	٠.١١	٧
٣١.٩٦	٠.٢٢٦	٤٢.٢٤	٠.١٧١	٤٣.٠٠	٠.١٦٨	٠.٠٩٢	٠.١٥٥	١.٩٣	٢.١١	٠.١١	٨
٣٥.٤١	٠.٢٠٤	٤٧.٨٤	٠.١٥١	٤٨.٤٨	٠.١٤٩	٠.١٠٤	٠.١٧٣	٢.٠٧	٢.٠٧	٠.١١	٩
٣٩.٠٥	٠.١٨٥	٥٢.٧٣	٠.١٣٧	٥٣.٩١	٠.١٣٤	٠.١١٣	٠.١٧٣	٢.١٣	٢.٣٤	٠.١١	١٠



شكل (٥٨) العدد الكلي لخلايا طحلبين *S. quadricauda* و *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة وباختلاف المدة الزمنية

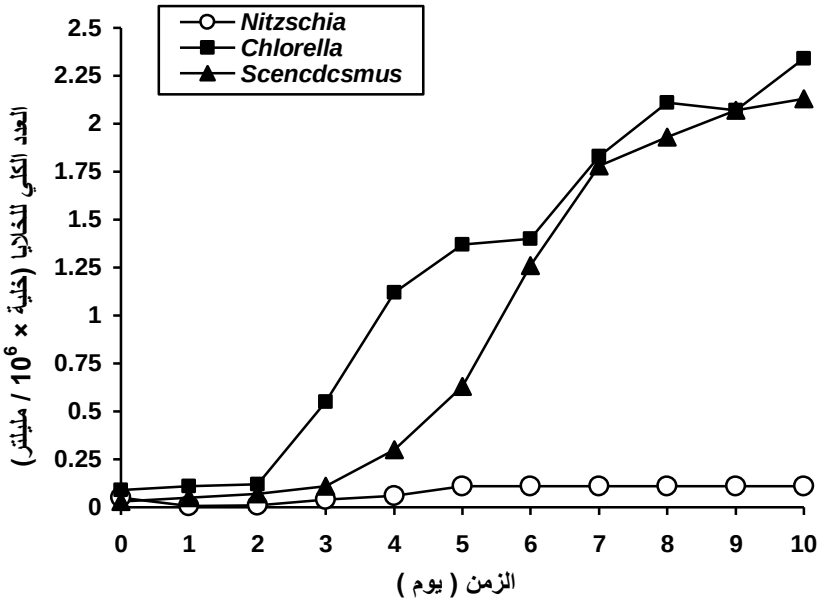


شكل (٥٩) العدد الكلي لخلايا طحلبين *N. palea* و *C. vulgaris* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة وباختلاف المدة الزمنية

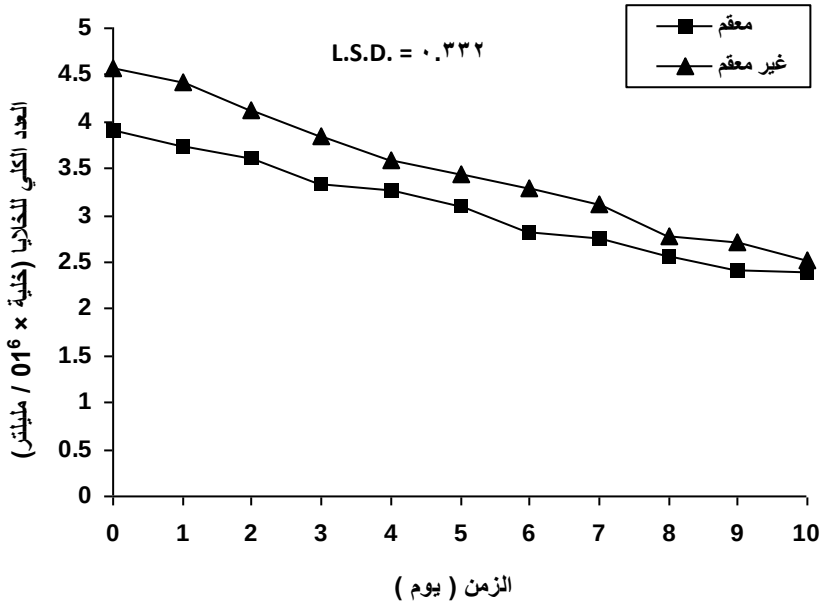


شكل (٦٠) العدد الكلي لخلايا طحلبين *S. quadricauda* و *N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة وباختلاف المدة الزمنية

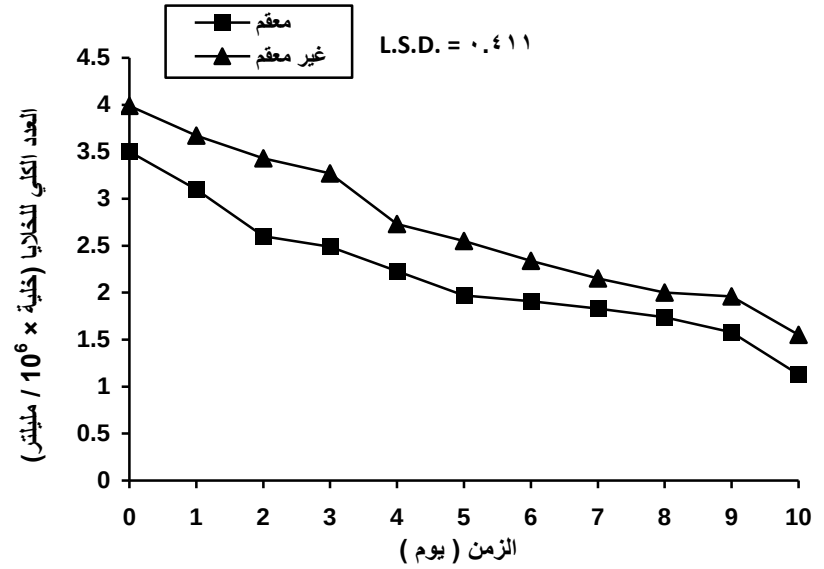
L.S.D. = ٠.٣١٨



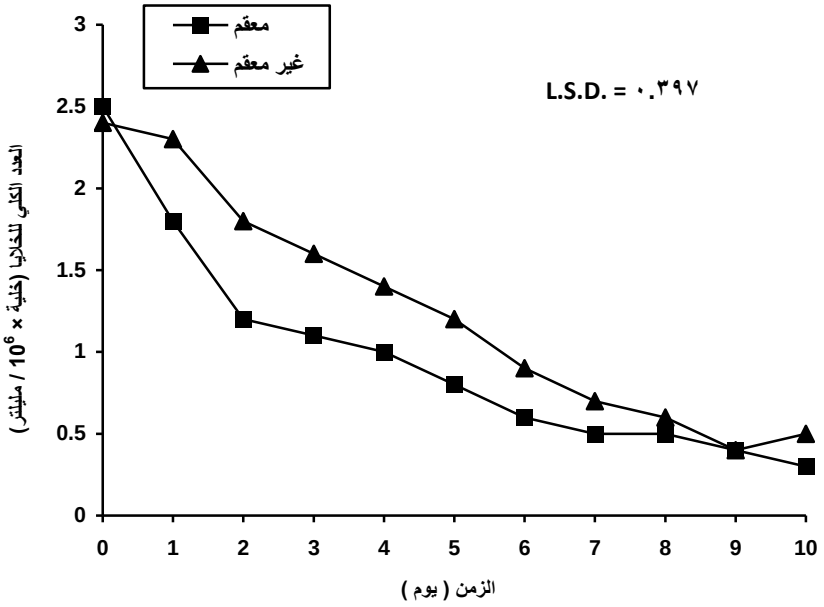
شكل (٦١) العدد الكلي لخلايا طحالب *S. quadricauda* و *C. vulgaris* *N. palea* النامية في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة وباختلاف المدة الزمنية



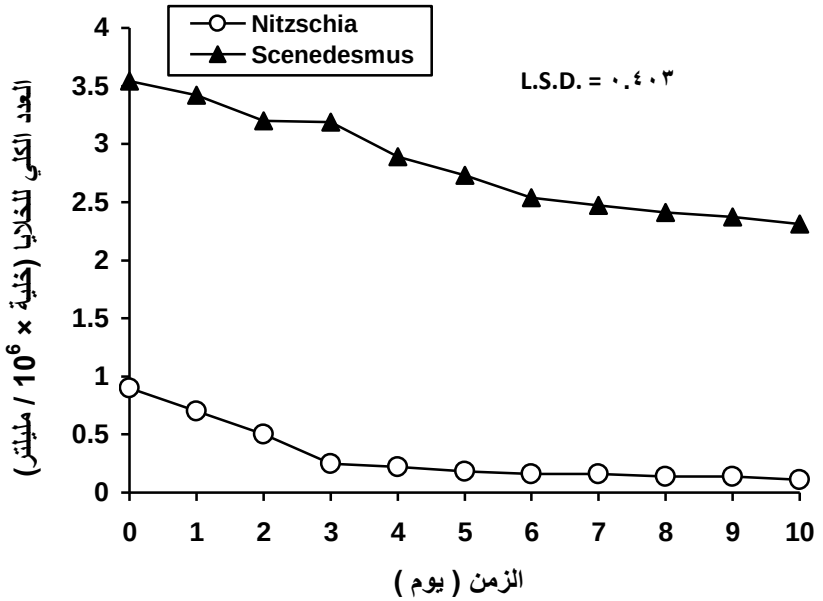
شكل (٦٢) العدد الكلي لخلايا طحلب *C. vulgaris* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة (من حوض الشطف) وباختلاف المدة الزمنية



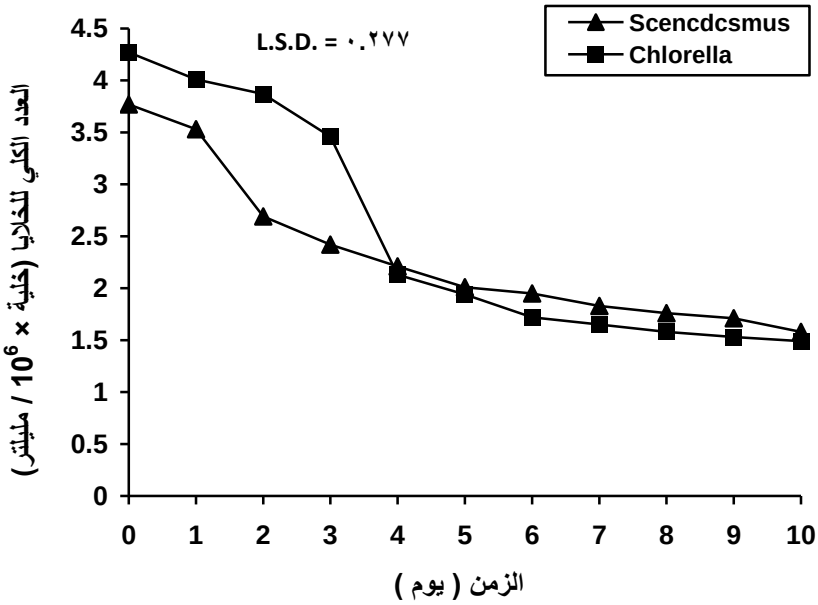
شكل (٦٣) العدد الكلي لخلايا الطحلب *S. quadricauda* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة (من حوض الشطف) وباختلاف المدة الزمنية



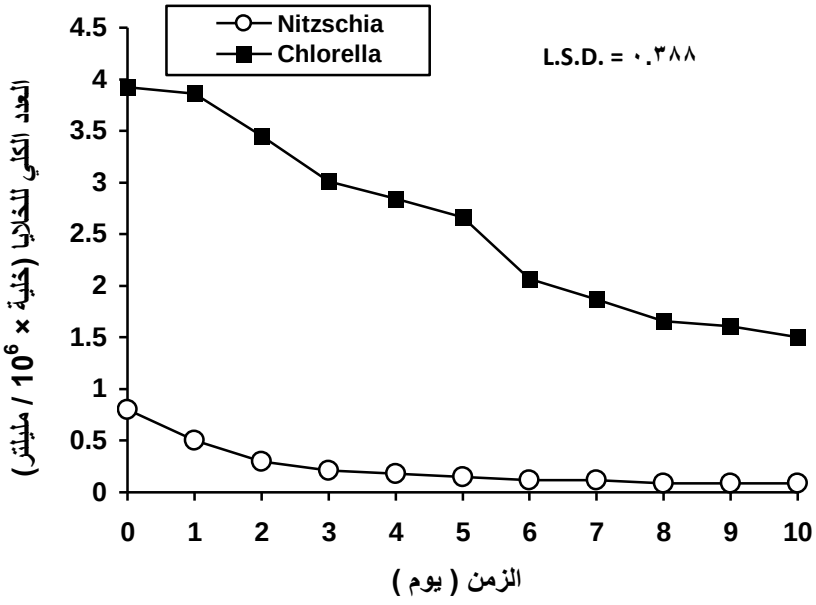
شكل (٦٤) العدد الكلي لخلايا الطحلب *N. palea* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة (من حوض الشطف) وباختلاف المدة الزمنية



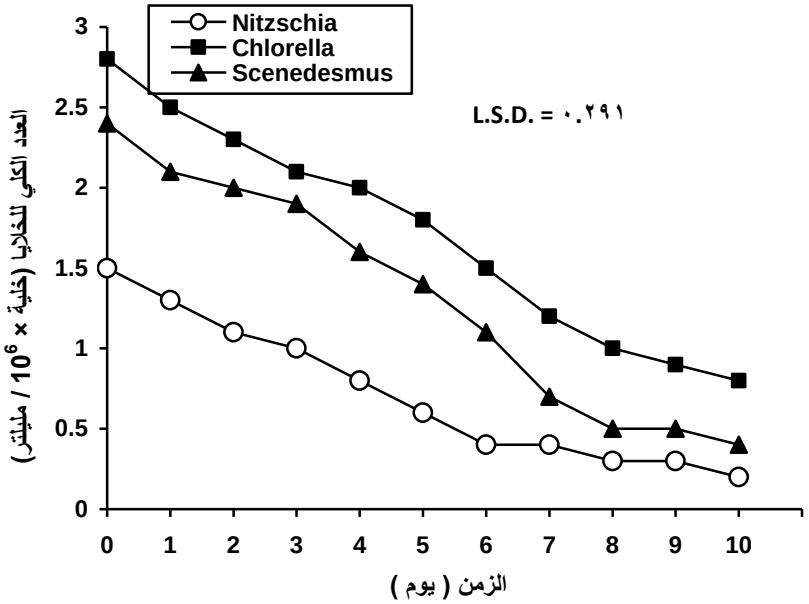
شكل (٦٥) العدد الكلي لخلايا الطحلب *N. palea* & *C. vulgaris* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة (من حوض الشطف) وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٦٦) العدد الكلي لخلايا الطحلب *S. quadricauda* و *C. vulgaris* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة (من حوض الشطف) وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٦٧) العدد الكلي لخلايا الطحلب *S. quadricauda* و *N. palea* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة (من حوض الشطف) وباختلاف المدة الزمنية



شكل (٦٨) العدد الكلي لخلايا الطحالب *S. quadricauda* و *C. vulgaris* و *N. palea* في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة (من حوض الشطف) وباختلاف المدة الزمنية

٣-١١ مياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب (السيطرة)

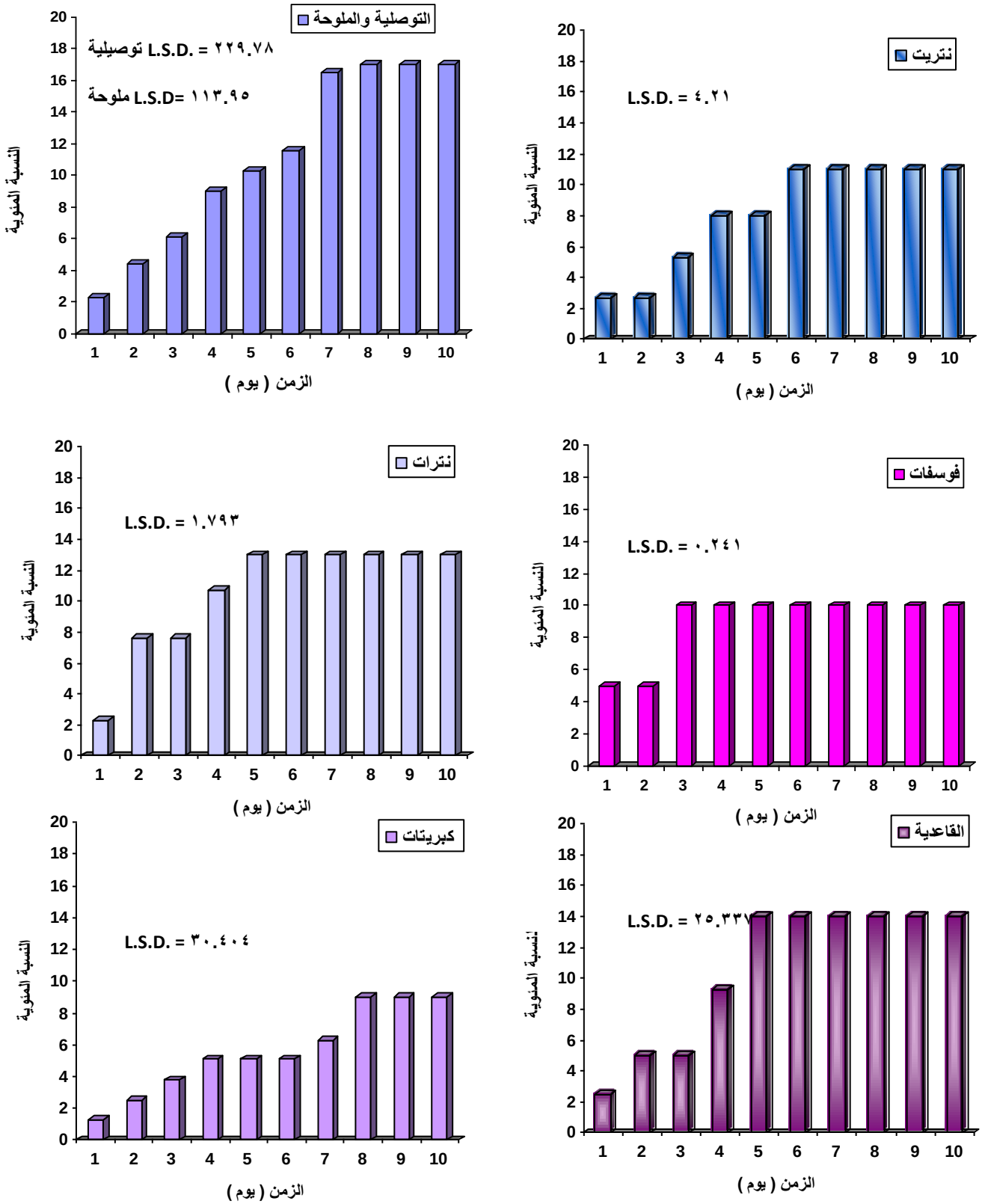
يبين الجدول (٢٣) وشكل (٦٢) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية غير المعاملة بالطحالب لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة وتراوحت قيم الأس الهيدروجيني خلال فترة التجربة بين (٧.٢ – ٨.٨) وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام. وانخفضت قيم التوصيلية الكهربائية والملوحة من (٢٢٠٠ – ١٨٢٠) مايكروسمنز/سم و – ١١٦٥) (١٤٠٨ جزء بالألف في اليوم العاشر على التوالي إذ بلغت نسبة الإزالة للتوصيلية الكهربائية والملوحة في اليوم الأول (٢.٣٪) وازدادت لتصل إلى (١٧٪) على التوالي. وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام شكل (٧٠أ).

وأظهرت نتائج مياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب انخفاضاً بتراكيز المغذيات النباتية (النتريت والنترات والفوسفات الفعالة) إذ انخفض تركيز النتريت من (٧.٥ – ٦.٧) ملغم/ليتر والنترات (١٧ – ١٤.٧) ملغم/ليتر والفوسفات فعالة (٤ – ٣.٦) ملغم/ليتر. وأظهر نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام وسجلت نسبة الإزالة في اليوم الأول ٢.٧٪ و٢.٣٪ و٥٪ وازدادت لتصل ١١٪ و١٣٪ و١٠٪ في اليوم العاشر وعلى التوالي شكل (٧٠أ).

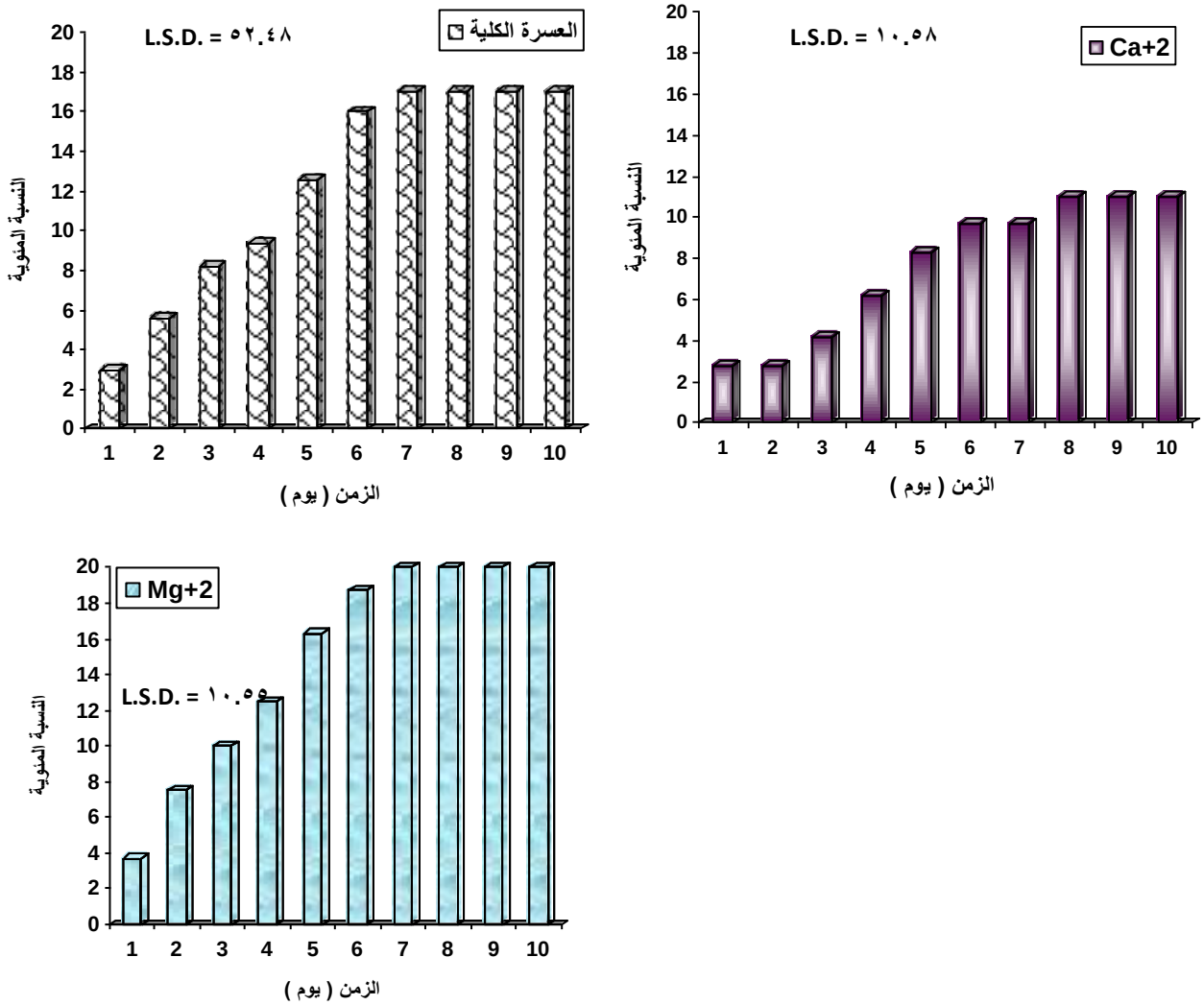
سجلت تراكيز الكبريتات انخفاض من (٥٢٤ – ٤٧٥) ملغم/ليتر إذ لم تظهر فروق معنوية بين الأيام أما نسبة الإزالة فقد كانت لليوم الأول ١.٣٪ واستمرت لتصل ٩٪ في اليوم العاشر.

وبينت نتائج مياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب مقدرة في إزالة القاعدية إذ انخفضت (٢٨٠ – ٢٤٠) ملغم/ليتر والعسرة الكلية (٥٠٠ – ٤١٥) ملغم/ليتر وعسرة الكالسيوم (١٤٤ – ١٢٨) ملغم/ليتر وعسر المغنيسيوم (٨٠ – ٦٤) ملغم/ليتر. وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الأيام أما نسبة الإزالة فقد كانت باليوم الأول ٢.٥٪ و٣٪ و٢.٨٪ و٣.٧٪ وارتفعت لتبلغ في اليوم العاشر ١٤٪ و١٧٪ و١١٪ و٢٠٪ على التوالي شكل (٧٠ب).

وأظهرت النتائج بأن مياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب غير قادرة على إزالة اللون.



شكل (أ-٦٩) النسبة المئوية لإزالة الملوثات من مياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب (السيطرة) وباختلاف المدة الزمنية



شكل (ب-٦٩) النسبة المئوية لإزالة الملوثات من مياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب (السيطرة) وباختلاف المدة الزمنية

٤-١ المناقشة

تختلف دول العالم بدرجة تقدمها في مجال الصناعة ومدى التقنيات المتبعة في وسائل الإنتاج ومهما تكن درجة التصنيع في الدولة سواء أكان تصنيعاً متقدماً أو غير متقدم فإنها جميعاً تعاني من المخلفات الصناعية التي تطرح إلى البيئة المائية نتيجة لمراحل التصنيع المختلفة أو تكون ناتجاً عرضياً أو مواد وسطية تستعمل في مراحل الإنتاج إلا أن تلك المخلفات تختلف من حيث التكوين والكمية ودرجة الخطورة باختلاف نوع الصناعات التي تنتج عنها.

٤-٢ الفحوصات الفيزيائية والكيميائية

تباينت مديات قيم التوصيلية الكهربائية والملوحة بين (١٢٩٧ – ٢٠٣٠) مايكروسمنس/سم (٨٣٠ – ١٢٩٠) جزء بالألف على التوالي ومن هذا يتضح أن قيم التوصيلية الكهربائية لمياه الشركة مرتفعة نتيجة لإضافة مواد كيميائية مختلفة اثناء العمليات الإنتاجية منها إضافة الشب وأوكسيد الكالسيوم (Hussain *et al.*, ٢٠٠٣).

بينت النتائج أن الأس الهيدروجيني يتراوح بين المتعادل والقاعدي لجميع الأشهر في موقع الدراسة ويرجع ذلك إلى استعمال (NaOH) و(Na_2CO_3) أو نوعية الأصباغ المستعملة أثناء العمليات الإنتاجية التي تزيد من قاعدية المياه (Yontem, ٢٠٠٠).

كانت قيم القاعدية بشكل عام مرتفعة لاسيما شهر أيار إذ بلغت (٥٣٢ ملغم/ليتر). إذ لم تتمكن وحدة المعالجة من خفضها إلى الحدود المسموح بها لهذا بقيت أكثر من (٢٠٠ ملغم/ليتر) وهذه طبيعة المياه الناتجة من الصناعات النسيجية وذلك بسبب ظروف التركيز ودرجات الحرارة المرتفعة في المرجل البخاري التي تساعد على تكوين هيدروكسيد الصوديوم نتيجة تحلل فوسفات الصوديوم مائياً إذ تضاف الأخيرة إلى مياه المرجل لوقايته من تكون الترسبات الكلسية الصلدة كما أن إضافة هذه المادة لذلك نلاحظ تباين بين قيم القاعدية (Hussain *et al.*, ٢٠٠٣).

أما تراكيز العسرة الكلية فقد كانت تتراوح بين (٢١١ – ٧٠٠) ملغم/ليتر وعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم (٤٨ – ١٤٥) ملغم/ليتر و(٣٥ – ١٣٣) ملغم/ليتر على التوالي ومن هذا ثبت أن تراكيز الكالسيوم والمغنيسيوم لمياه الصرف في الصناعات النسيجية ضمن المحددات البيئية أما تراكيز العسرة الكلية كانت عالية وذلك لترسيب بعض أملاح العسرة عند درجات الحرارة العالية في المرجل البخاري منها أملاح الحديد والسترونيتيوم والكاربونات والزنك والمنغنيز والألمنيوم والكروم (التشريعات البيئية، ١٩٨٨ و Eckenfelder, ١٩٧٨).

تعتمد تراكيز النتريت والنترات على العديد من العمليات الفيزيائية والكيميائية في المياه وكذلك على المواد الكيميائية ونوعية الصبغات المضافة التي تحتوي على أيون النترات أو النتريت في تركيبهما وبهذا ظهر أن تراكيز العنصرين تراوحت بين (٣ – ١٢) و(٨ – ٣٩) ملغم/ليترعلى التوالي وهذا ضمن المحددات البيئية للنترات لمياه الفضلات الصناعية في الصناعات النسيجية (الهاشمي، ١٩٩٩).

ويعد الفسفور من أهم المغذيات وأن تراكيزه الفسفور تختلف حسب طبيعة وكمية المخلفات الصناعية المطروحة وحسب طبيعة الأرض المحيطة وكثافة الهائمات النباتية وكذلك تعزى الزيادة إلى مواد التنظيف ومساحيق الغسيل الحاوية على نسبة من الفوسفات كاستعمال فوسفات الصوديوم في المرجل البخاري وبهذا كانت نتائج الفسفور أعلى من المحددات البيئية وهذا يتفق مع (Reynolds, ١٩٩٤).

أما تراكيز الكبريتات في مياه الفضلات الصناعية للصناعات النسيجية كانت خارج المحددات البيئية في بعض الأحيان وتعزى الزيادة لاستعمال مركبات تحتوي على الكبريتات مثل كبريتات الصوديوم وحامض الكبريتيك خلال التحضيرات النسيجية أو استعمال الصبغات الكبريتية في وحدة الصباغة فضلاً عن استعمال الشب (كبريتات الألمنيوم) التي تعمل على رفع تركيز الكبريتات (Kabdasli *et al.*, ١٩٩٥ و الهاشمي، ١٩٩٩ و Yontem, ٢٠٠٠).

٤-٣ الدراسة النوعية والكمية للهائمات النباتية

سجلت مجاميع الدايتومات الأغلبية في الدراسة النوعية للهائمات النباتية خلال مدة الدراسة وهذا متوافق مع العديد من الدراسات (Al-Saadi *et al.*, ١٩٩٦ و Suliaman *et al.*, ٢٠٠٠)

وجد في هذه الدراسة تفوق طفيف للطحالب الخضر على الطحالب الخضر المزرقة (Ismail *et al.*, ٢٠٠٠). كذلك وجدت أنواع مختلفة من الهائمات النباتية وذلك يعود إلى العوامل البيئية خلال مدة الدراسة وملائمة تلك العوامل كالضوء والحرارة وحركة الماء والملوحة والمغذيات النباتية نتيجة للمخلفات الصناعية المطروحة التي تؤثر بصورة كبيرة على تذبذب وتغير تراكيز تلك العوامل التي تعود إلى تنوع في الهائمات النباتية. كما وجد (Al-Mukhtar *et al.*, ١٩٨٦).

بينت نتائج الدراسة الحالية أن أدنى كثافة للهائمات النباتية كانت في شهر آذار إذ بلغت (١٣٩.١×$١٠^{٣}$) خلية/ليتر، بينما أعلى كثافة لها في شهر حزيران إذ بلغت (٦٩٤.٤ × $١٠^{٣}$) خلية/ليتر وقد يعزى ذلك إلى تأثير بعض العوامل البيئية مثل ارتفاع درجة الحرارة وزيادة الإضاءة والنهار الطويل وهذا ما وجد في دراسة (Habib *et al.*, ١٩٩٧ وجبر، ٢٠٠٣).

٤-٤ معالجة مياه الفضلات الصناعية لمياه الفضلات الصناعية بالطحالب

تعد مياه الفضلات وسطاً لنمو الطحالب وذلك لكونها غنية بالمواد العضوية واللاعضوية الضرورية لنموها، إذ تعمل الطحالب بشكل عام على إزالة المغذيات وإنتاج الأوكسجين نتيجة البناء الضوئي مما يؤدي إلى تحسين نوعية المياه وجعلها صالحة للاستهلاك العام (Ganizares *et al.*, ١٩٩٤ و Chevalier *et al.*, ٢٠٠٠). ولهذا استعمالها في عمليات معالجة التلوث الحاصل في المياه الصناعية كخطوة أو مرحلة من مراحل المعالجة الحياتية لمياه الفضلات الأمر الذي دفع العديد من الدارسين والباحثين للاستفادة مما تقدمه الهندسة بتقنين منظومات لإنتاج الزراعة الكتلوية ومن خلال السيطرة على ضبط وتوفير الظروف المثلى للنمو من درجة حرارة وضوء وتهوية وعوامل أخرى، وذلك في أنظمة زرع مختلفة كمنظومات التنمية في النظام الساكن أو في منظومات تنمية تعمل بالنظام المستمر (التغذية المستمرة، أو شبه المستمرة) (نصر الله، ١٩٩٧ و رشيد، ١٩٩٩).

يعد الأس الهيدروجيني من العوامل التي تحدد صلاحية الماء ونوع وعدد الأحياء التي تتواجد فيه، فقد لوحظ في جميع المعاملات وجود ارتفاع تدريجي في الأس الهيدروجيني الذي تراوح بين (٧ – ٩) هذا ربما يعزى إلى عملية البناء الضوئي التي تقوم بها الطحالب (Del la Noue and De pauw, ١٩٨٨).

ونتيجة لعمليات التنفس وتحلل المواد العضوية من قبل الأحياء المائية ينتج غاز ثنائي أوكسيد الكاربون، إذ لوحظ أن تحلل غرام واحد من المواد العضوية ينتج عنه ١.٦٩ غرام من ثنائي أوكسيد الكاربون و يتحد هذا الغاز مع الماء لينتج حامض الكاربونيك (HCO_3) إذ يتواجد هذا الحامض بشكل كبير في الماء الذي يتراوح أسه الهيدروجيني بين (٧ – ١٠.٥) (السعدي وآخرون، ١٩٨٦ و Blier *et al.*, ١٩٩٦).

تتأثر كفاءة الطحلب *Chlorella pyrenoidosa* في إزالة الفوسفات والنترات من مياه الفضلات الصناعية بالأس الهيدروجين فقد وجد في أحد الدراسات أن كفاءة الطحالب تزداد عندما يكون الأس الهيدروجيني للوسط قاعدي (pH=٧.٣) (Guolan and Yuan, ٢٠٠٣).

أشارت نتائج الدراسة الحالية إلى ارتفاع قيم الأس الهيدروجيني من (٧ – ٨.٨) خلال فترة المعالجة وفسرت البحوث أن قيم الأس الهيدروجين (pH) للوسط تزداد إذا كانت نسبة استخلاص CO_2 من نظام النمو الطحلبي خلال التمثيل إلى كتلة حية أسرع من CO_2 المستبدل خلال التنفس، عمليات التخمر والانتشار الحيوي. وهذا ما توصلت له دراسة في إعادة تدوير مياه الفضلات الناتجة من مزارع أسماك المياه العذبة ومعالجتها بـ *Chlorella* و*Gambusia* (Liang & Wong, ٢٠٠٠).

وأظهرت نتائج الدراسة الحالية مقدرة الطحالب في إزالة التوصيلية الكهربائية والملوحة بنسبة (٦٨٪ و٦١٪) للطحلب *C. vulgaris* للنماذج غير المعقمة والمعقمة (٥٥٪ و ٤٦٪) للطحلب *S. quadricauda* للنماذج غير المعقمة والمعقمة. أما الإزالة لـ *N. palea* فقد بلغت (٢١٪ و١٨٪) للنماذج غير المعقمة والمعقمة على التوالي. وبما أن التوصيلية الكهربائية هي تعبير عددي عن مجموعة الأيونات الموجبة والسالبة والموجودة في المياه (NO_3^- و NO_2^- و Ca^{+2} و Mg^{+2} و PO_4^{-2}، OH^- و CO_3^- و SO_4^- و HCO_3^-) إذ تعد هذه الأيونات عناصر مغذية لذا تستعملها الطحالب لأغراض التغذية والنمو (APHA, ١٩٥٥).

أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن الطحالب الخضراء وبالأخص *C. vulgaris* ذات كفاءة عالية في إزالة المغذيات النباتية (الفسفور والنتروجين) من مياه الفضلات. إذ تستطيع الطحالب أن تسحب الفوسفات بشكل سريع وبكميات أكثر مما تحتاجه للنمو ثم تخزنه في الخلايا وتتبلمر الفوسفات بعد ذلك داخل الخلايا بشكل مركبات متعددة الفوسفات Polyphosphate Compound (المشهداني، ٢٠٠٢).

وقد بينت نتائج الدراسة الحالية أن طحلب *C. vulgaris* كان متفوق في إزالة الفوسفات الفعالة بنسبة ٧٤٪ و ٨٥٪ لمياه الفضلات الصناعية المعقمة وغير المعقمة على التوالي. يليه طحلب *S. quadricauda* و *N. palea* فقد بلغت نسبة إزالتهما للفوسفات ٦٢٪، ٥١٪ لمياه الفضلات الصناعية المعقمة و٧٥٪، ٧٦٪ لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة على التوالي. وبالرغم من أن الفسفور الفعال Reactive Phosphate يمكن أن يمتص مباشرة من قبل الخلايا الطحلبية إلا أن الأشكال الأخرى من الفسفور يمكن أن تستعمل بعد أن تحللها بوساطة مجموعة من الإنزيمات تنتج من قبل الطحالب نفسها أو الأحياء الأخرى وتحتاج عملية امتصاص الفسفور إلى طاقة التي تشتق من عملية البناء الضوئي أو التنفس كما ويتأثر امتصاص الفسفور بعوامل عديدة أهمها الأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة وشدة الإضاءة إذ لوحظ أن الأس الهيدروجيني العالي يعمل على ترسيب الفسفور (Reynolds, ١٩٨٤ و١٩٩٧ Tang *et al.*, و٢٠٠٠ Graham and Wilcox,).

وقد سُجلت أدنى نسبة إزالة للنتريت والنترات ١٢٪ و١٩٪ في الدراسة الحالية عند معاملة مياه الفضلات المعقمة بالطحلب *N. palea* ونسبة مقاربة لها للنماذج غير المعقمة التي تعود إلى أن العديد من الدايتومات الريشية تفضل استعمال الأمونيا والأشكال العضوية مثل اليوريا والأحماض الأمينية كمصدر للنتروجين (Hellebsut and Lewin, ١٩٧٧).

إذ كانت نسبة الإزالة للنترات ٥٠٪ عند معاملة مياه فضلات محطة الرستمية بالطحالب *S. quadricauda* و *C. vnlgaris* و *S. abundans* بعد أسبوعين من المعاملة (Kassim & Al-Lami, ١٩٩٩).

وفي دراسة (Megharaje *et al.*, ١٩٩٢) إن التفاوت في درجة إزالة النتروجين اللاعضوي يعود إلى نوع الطحلب المستعمل وإلى اختلاف تركيز ونوع المكونات الكيميائية لمياه الفضلات ويعود كذلك إلى اختلاف نوع وكثافة خلايا الطحلب وحجم

وعمر المزرعة فقد بلغت في دراسة (المشهداني، ٢٠٠٢) نسبة إزالة النترات ٨٩.٥٪ عند معاملة مياه الفضلات الصناعية لمعمل الألبان والزيوت بطحلب *C. vulgaris*. كما وجد أن درجة الحرارة لها تأثير على إزالة الفسفور من قبل الطحالب *Phormidium bohneri* و*Oscillatoria sp.* و*Phor. Tenue* في درجة حرارة ١٥مْ ولشدة الإضاءة تأثير على إزالة الفسفور حيث وجد عند زيادة معدل شدة الإضاءة من ٨٠ إلى ٣٥٠ مايكروانشتاين/م^{٢}/ثا تزداد معدلات الإزالة (Chevalier *et al.*, ٢٠٠٠).

تلعب الطحالب دور مهم في الكيمياء الحياتية للأرض منذ أكثر من ثلاثة بلايين سنة وذلك من خلال مشاركتها في التدوير الأرضي للعناصر (C, N, O, S, P) ومن المتطلبات المهمة والضرورية لنمو الطحالب الخضراء (الفسفور، النتروجين، الكبريت، الكالسيوم، المغنيسيوم والكاربون). وقد تكون موجودة طبيعياً أو تضاف بشكل أملاح (Manadalam & Palsson, ١٩٩٨ و٢٠٠٠ ,Graham Qwilcox).

وأكدت إحدى الدراسات أن زيادة كثافات المزارع الطحلبية لطحلب *C. vulgaris* تعتمد على الموازنة بين العناصر الكتلة الحية وتركيب الوسط المغذي المستعمل للتنمية. فقد وجد أن الكاربون يكون (٥١.٤ – ٧٢.٦)% من وزن الطحلب والنتروجين (٦.٢ – ٧.٧) % والفسفور (١ – ٢)% والمغنيسيوم (٠.٣٦ – ٠.٨٠)% والكالسيوم (٠.٠٠٥ – ٠.٠٨)% والكبريت – ٠.٣٩)% ٠.٢٨) (Oh-Hama and Miyachi, ١٩٨٨).

وهذا ما تفسره النتائج التي حققتها الطحالب وبالأخص طحلب *Chlorella vulgaris* فقد بلغت نسبة الإزالة للكبريتات ٤٧٪ والكالسيوم ٤٧٪ والمغنيسيوم ٣٣٪ في مياه الفضلات غير المعقمة. فيما كانت نسبة الإزالة للكبريتات ٣٤٪ والكالسيوم ٣٣٪ والمغنيسيوم ٢٥٪ في مياه الفضلات المعقمة.

تركيب الطحالب يتمثل بالصيغة الجزيئية ($C_aH_bO_cN_d$) فكميات العناصر المختلفة في الطحالب تعتمد على الظروف البيئية وأجناس الطحالب والتغيرات الكيميائية مهمة لأنها تشارك في العمليات الأيضية (metabolism) للطحالب في المياه فإزالة ثاني أوكسيد الكاربون من الماء باستمرار يسبب تغيرات في الكميات النسبية لـ (حامض الكاربونيك الذائب) البيكاربونات والكاربونات الأحادية Soluble carbonic acid-bicarbonutes-monocarbonates. هذه النتيجة المتغيرة لها علاقة بالعسرة الكلية (Total hardness) لمياه وقيم (pH) الأس الهيدروجيني (Al-Layla *et al.*, ١٩٨٠).

تحتوي مياه الفضلات العسرة على غزارة في الطحالب الخضراء المزرقة والدايتومات زائداً على بعض اليوغلينا وزيادة نمو الطحالب يؤثر على كمية ثاني أوكسيد الكاربون وكمية كاربونات الكالسيوم في الماء والقلوية والعسرة الكلية وكمية الأوكسجين الذائب وتزيل الطحالب باستمرار ثاني أوكسيد الكاربون من الماء أثناء ساعات النهار نتيجة لعملية التمثيل الضوئي فتؤدي هذه العملية إلى تغيير أو تعديل الكميات النسبية للأحماض الكاربونية الذائبة. وتؤدي عملية التمثيل الضوئي إلى ترسيب بعض الكاربونات الأحادية غير المقيدة وينتج عن ذلك تغير في العسرة الكلية للماء ولذلك فأن النمو الكثيف للطحالب في الماء سيعمل على تقليل عسرته إلى الثلث (ذرب، ١٩٩٢). وهذا ما يفسر إزالة العسرة الكلية في الدراسة الحالية إذ سجلت نسبة الإزالة ٣٦٪، ٣٠٪، ١٤٪ في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة للطحالب *C. vulgaris* و*S. quadricauda* و*N. palea* على التوالي في حين كانت الإزالة لمياه الفضلات الصناعية المعقمة ٢٨٪، ٢٧٪، ١١٪ على التوالي.

إن زيادة أعداد طحلب *Anabena* في خزان المعالجة لمياه فضلات المجاري أدت إلى انخفاض العسرة الكلية من ١٢٠ ملغم/ليتر إلى ٩٠ ملغم/ليتر وبشكل مفاجئ وهذه الزيادة في أعداد الطحلب شجعت ترسيب كاربونات الكالسيوم التي بدورها أدت إلى تقليل عسرة الماء لأن الطحلب استعمل $CO_٢$ نصف الذائب في عملية البناء الضوئي وهذا يؤدي إلى زيادة الأس الهيدروجيني الذي بدوره يساعد في ترسيب كاربونات الكالسيوم (De-Fabricius *et al.*, ٢٠٠٣).

تزايد استعمال الطحالب للأغراض الصناعية زاد الحاجة إلى توفر مزارع عالية الكثافة، وإلى أهمية إنتاج الكتلة الحية من خلال إنجاز مفاعل حيوي ضوئي Photo bioreactors مغلق يستعمل مصدر طاقة ضوئي (Lee & Palsson, ١٩٩٤).

وأشارت البحوث إلى أن المعالجات الثانوية لمياه الصرف الصحي باستعمال تقنية التثبيت (Immobilization) للطحالب المستعملة *Phormidum laminosum* & *Pharmidum bohneri* استطاعت أن تزيل ٩٨٪ من النتروجين و٦٠٪ من الفسفور (De la Noue & Brassers, ١٩٨٩). كما أنه يمكن إزالة المغذيات من مياه الفضلات الخاصة بالمجاري وسماد الأبقار (Sewage & Cattle-manure) باستعمال ثلاثة أنواع من الطحالب حقيقية النواة *S. C. vulgaris* & *C. kessleri* *quadricauda* باستعمال طرق تنقية مختلفة منها (K-Carrageenan وSodium alginate وImmobilization). إذ كانت نسبة الإزالة لطحلب *Chlorella vulgaris* ٧٢٪ للفوسفات الفعالة ٨٢٪ للنتروجين الكلي، بينما طحلب *Chlorella kessleri* ٦٠٪ للفوسفات الفعالة و٦٤٪ للنتروجين الكلي، أما طحلب *S. quadricauda* فكانت إزالته للنتروجين الكلي ٤٣٪ وللفوسفات الفعالة ٥١٪. وتزداد إزالة المغذيات بوجود الإضاءة الطبيعية مقارنة مع الإضاءة الاصطناعية (Travieso *et al.*, ١٩٩٦).

وأشير من خلال دراسة حديثة إلى أهمية المعالجة في ظروف تنمية غير معقمة كما وجد أن بكتريا *Azospirillum brasilene* بوجودها مشتركة مع طحلب *Chlorella vulgaris* تستطيع زيادة نمو المجتمعات الطحلبية وبهذا ستؤدي إلى رفع نسبة المعالجة فيما لو كان الطحلب لوحده لإزالة النترات فالمعروف أن الطحالب لها القابلية على إنتاج الأوكسجين وتحرير كمية كبيرة من المواد العضوية وبهذا تتمكن البكتريا الهوائية من تمثيل المواد العضوية وتحفيز النمو الطحلبي بوساطة ما تحرره من الفيتامينات والهرمونات النباتية كما تعد مصدر رئيس لثاني أوكسيد الكاربون لاسيما عند انخفاض المحتوى الكاربوني (De-Bashan *et al.*, ٢٠٠٥). وهذا ما جاء في نتائج المرتفعة للعينات غير المعقمة.

وأظهرت النتائج في الدراسة الحالية حدوث انخفاض للقاعدية إذ بلغت نسبة الإزالة ٥٣٪ و٥٢٪ و٣٣٪ في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة لمعمل نسيج الحلة و٦٥٪ و٥٩٪ و٣٦٪ للمياه الفضلات المعقمة لكل من الطحالب (*N. palea* و *S. quadricauda* و *C. vulgaris*) على التوالي وعند مقارنتها بالبحوث وجد أن الطحالب لها القابلية على خفض القاعدية من خلال تكوين كاربونات الكالسيوم بوساطة عملية (Calcification) وكذلك استهلاك الطحالب لغاز CO_2 الموجود في الماء الضروري لعملية البناء الضوئي (Photosynthesis) وبذلك تنخفض القاعدية (Graham & Wilcox, ٢٠٠٠).

إن مشكلة اللون في مياه الصرف للصناعات النسيجية لاقت اهتماماً كبيراً في السنوات القليلة الماضية ليس لمضارها السامة فقط ولكنها ظاهرة للعيان مما تسبب في مشاكل جمالية فقد التجأ العلماء حديثاً إلى استعمال المعالجة الحياتية في إزالة أو تخفيف حدة اللون لما لها من فوائد اقتصادية من جهة وسهولة في إدارة العمليات من جهة أخرى.

ومن التقنيات الحديثة المستعملة هي المعالجة بالطحالب إذ تعتمد نسبة وميكانيكية إزالة اللون سواء كانت تحطيم حياتي (Biodegradation) أو امتصاص حياتي (Biosorption) أو ادمصاص (Adsorption) على نوع الصبغة وأجناس الطحالب المستعملة (Banat *et al.*, ١٩٩٧ و Aksu and Tezer, ٢٠٠٥).

وقد بينت الدراسة الحالية إلى أن طحلب *C. vulgaris* حقق أعلى نسبة في إزالة اللون إذ بلغت ٥٧٪ و٤٩٪ في مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة على التوالي لمعمل نسيج الحلة. أما طحلب *S. quadricauda* فقد بلغت إزالته ٥٤٪ و٤٧٪ لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعقمة على التوالي. بينما كانت أوطأ نسبة للطحلب *N. palea* إذ بلغت ٢٥٪ و١٧٪ لمياه الفضلات غير المعقمة والمعقمة على التوالي.

وبهذا اختلفت الدراسة الحالية في استعمال مياه صناعية تحتوي على ملوثات مختلفة مقارنة بأغلب البحوث التي استعملت محلول صبغة نقية فقط للتعرف على إمكانية الإزالة.

أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن أفضل طحلب استعمل في الإزالة هو *C. vulgaris* ثم طحلب *S. quadricauda* يليه المزرعة المختلطة وأخيراً طحلب *Nitzschia palea* يعد طحلب *Chlorella* من الطحالب المفضلة في الدراسات الفسلجية للطحالب لكونه ينمو بسرعة وله قابلية تحمل عالية لظروف زرعية مختلفة ويشترك *Scenedesmus* مع طحلب *Chlorella* في العديد من الصفات، وكذلك يشتركان في معيشتها في البيئات نفسها وبالرغم من كونهما جنسين مختلفين، إلا أن لهما علاقة قريبة إلى حد بعيد إذ يعودان للرتبة نفسها وهي *Chlorococeales* (نصر الله، ١٩٩٧).

وأظهرت النتائج أن إزالة المغذيات النباتية في مياه الفضلات غير المعقمة كان أفضل من المعقمة وهذا يعود لوجود أحياء مجهرية مختلفة أخرى من الطحالب والفطريات والبكتريا التي تشارك تحطيم المواد العضوية واستهلاك الفسفور والنتروجين أو قد تؤدي عملية التعقيم إلى اتحاد جزء من الفسفور الفعال مع عناصر ومركبات أخرى مكون معقدات لا يمكن استهلاكها من قبل الطحالب (Nichols, ١٩٧٩).

وأشارت النتائج في الدراسة الحالية إلى زيادة عدد الخلايا في مياه الفضلات المعقمة بشكل مستمر وتدريجي إلى نهاية التجربة أما في مياه الفضلات غير المعقمة فقد كان هناك انخفاض في عدد الخلايا من اليوم التاسع أو العاشر، الذي قد يعزى إلى استهلاك المواد الغذائية من قبل الطحالب أو هناك بعض المنافسة مع البكتريا والفطريات (Dumas *et al.*, ١٩٩٨).

المصادر باللغة العربية

الأسدي، محمد شريف. (١٩٨٢). مانح النيتروجين والأحماض الامينية الكيوتونية المستقبلية في طحلب الكلوريلا. المجلة العراقية للعلوم. ٢٣(١): ٨١-٩٣.

تاج الدين، سوسن سمير هادي (٢٠٠٤). دراسة العسرة في مياه نهر الحلة وكيفية معالجتها لغرض الاستعمالات الصناعية في الشركة العامة للصناعات النسيجية. رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بابل، ص٧٥.

التشريعات البيئية. (١٩٨٨). دائرة حماية وتحسين البيئة العراقية، (وزارة الصحة) في عباوي.

البيطار، فائز. (٢٠٠٥). إدارة النفايات الصناعية. جامعة دمشق، سوريا. ص: ١-٢.

جبر، أياد محمد. (٢٠٠٣). التأثيرات البيئية المحتملة لتصريف المياه الصناعية على الهائمات النباتية. رسالة ماجستير – كلية العلوم – جامعة بابل. الصفحة ٩١.

الجبوري، مثنى صالح مشكور، (٢٠٠٣). دراسة ومعالجة المياه الصناعية المصرفة التابعة للشركة العامة للصناعات النسيجية في الحلة، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة باب، ص١-١٢٥.

حمدي، عبد الحميد علي. (٢٠٠٢). الطحالب تلتهم مخلفات الصناعة، قسم المنتجات الطبيعية والمايكروبية، المركز القومي للأبحاث، القاهرة، مصر.

الخطيب، ماجد. (٢٠٠٥). محركات خلايا الوقود من الطحالب، الشرق الأوسط جريدة العرب الدولية السعودية ص ٤-١.

درويش، عبد الكريم. (١٩٩٧). التلوث الصناعي للحياة. دار المعرفة، سوريا.

دلي، فاطمة عبد الحسن، ثائر إبراهيم، فاطمة شغيث، أمل عباس. (٢٠٠١). استخدام الأسمدة الزراعية اللاعضوية في الإنتاج الكتلوي للطحلب *Chlorella vulgaris*. مجلة كلية التربية للبنات، ص ٥٠٧-٥١٢.

ذرب، حمودي حيدر، (١٩٩٢). الطحالب وتلوث المياه. مطابع المكتب المصري الحديث، القاهرة. ص١٢٩-١٣٨.

الراوي، خاشع محمود وخلف الله، عبد العزيز (١٩٨٠). تصميم وتحليل التجارب الزراعية، مطابع مديرية دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل.

الربيعي، غيداء حسين (٢٠٠٣). استخدام بعض الطحالب في معالجة مياه الفضلات المنزلية. رسالة ماجستير. كلية العلوم – جامعة بغداد.

رشيد، خالد عباس، (١٩٩٩). إزالة النترات والفوسفات من مخلفات مياه مشروع ٧ نيسان باستخدام منظومة ريادية ومختبرية في آن واحد.

رمضان، عمر موسى، خالد أحمد عبد الله الغنام، أحمد عبد الكريم ذنون. (١٩٩١). الكيمياء الصناعية والتلوث الصناعي، دار الحكمة للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

سرحان، عبد الرضا طه. (٢٠٠٢). شحة الموارد المائية وانعكاساتها من نوعية المياه وتلوثها، مجلة القادسية، المجلد ٧، العدد ٤.

السعدي، حسين علي والدهام، نجم قمر والجهات، ليث عبد الجليل. (١٩٨٦). علم البيئة المائية. جامعة البصرة، مطبعة جامعة البصرة، الصفحة ٥٣٧.

السعدي، حسين علي. (٢٠٠٦). البيئة المائية، دار البازوري العلمية للنشر والتوزيع.

الصائغ، عبد الهادي عيسى، أروى شاذل طاقة. (٢٠٠٢). التلوث البيئي، الدار الجامعية للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

العادلي، بتول محمد حسن. (٢٠٠٣). دراسة تراكيز الكبريتات في مياه الشركة العامة للصناعات النسيجية في الحلة وطرائق معالجتها. رسالة ماجستير. جامعة بابل. ص: ٥-٧.

العمر، مثنى عبد الرزاق. (٢٠٠٠). التلوث البيئي، الطبعة الأولى، دار وائل للطباعة والنشر، الأردن.

العوضي، سارة. (٢٠٠٥). ماهي الطحالب المتعددة الخلايا ... ؟. مركز الأبحاث، جامعة الكويت، الكويت.

المالكي، سعود. (٢٠٠٤). أهمية الطحالب، مجلة علوم الأحياء، جامعة السعودية، ص: ١-٣.

المشهداني، يحيى كريم صال خضير. (٢٠٠٢). دراسة مختبرية لاستخدام طحلب *Chlorella vulgaris* في معاملة مياه الصرف الصحي الصناعي لمعامل الألياف والزيوت. رسالة ماجستير. كلية العلوم. جامعة بغداد.

مصطفى، معاذ حامد. (٢٠٠٢). وادي المر مبزل طبيعي لمشروع ري الجزيرة الشمالي في العراق، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة، المجلد الخامس، العدد الأول، ص ٣٧-٥٤.

الملاح، وسيم عماد ورشيد، (٢٠٠١). دراسة معالجة وتدوير المياه الصناعية لمعمل نسيج بغداد. رسالة ماجستير، جامعة بغداد، ص ١-٨.

نصر الله، إسراء كريم. (١٩٩٧). قابلية بعض أنواع الطحالب الخضراء على إزالة الفوسفات والنترات في مجال مياه الصرف الصحي. رسالة ماجستير. كلية التربية - جامعة بغداد. ص٨٨.

الهاشمي، محمد علي. (١٩٩٩). تقسيم معالجة المخلفات الصناعية التي يطرحها معمل نسيج الحلة إلى شط الحلة، قسم البناء والانشاءات، جامعة التكنولوجية، بغداد. ص ٣-٥، ص ٣-٢٧.

المصادر باللغة الإنكليزية

Acuner, E. and Dilek, F. (٢٠٠٤). Treatment of toctilon yellow ٢G by *Chlorella vulgaris*. Journal of process Biochemistry, ٣٩(٥): ٦٢٣-٦٣١.

Aksu, Z. and Tezer, S. (٢٠٠٥). Biosorption of reactive dyes on the green algae *Chlorella vulgaris*. Process Biochemistry, ٤٠: ١٣٤٧-١٣٦١.

Al-Layla, M.A.; Ahmed, S.; Middle brooks, E. (١٩٨٠). Handbook of wastewater collection and treatment. Garland STPM press, New York. ٤٦٧-٤٧٣.

Al-Mukhtar, E.A.; Musa, S.A.; Sabri, S. and Ali, N.M. (١٩٨٦). Physical and chemical characteristics of lower reaches of Diyala, central Iraq. J. Environ. Sci. Health, ٢١(١٦): ٥٣٧-٥٥٠.

Al-Saadi, H.A.; Al-Lami, A. and Kassim, T.I. (١٩٩٦). Algal ecology and composition in Garmal Ali river, Iraq. Related rivers, ١٢(١): ٢٧-٣٨.

American public health association (APHA). (١٩٥٥). Examination of water, Sewage and Industrial Wastes, ١٠th ed.

American public health association (APHA). (١٩٨٥). Standard method for examination of Water and Waste Water, ١٦th. Ed. New York.

American public health association (APHA). (١٩٩٢). Standard method for examination of water and wastewater, ١٨th. Ed. Washington DC, U.S.A.

Andress, S. and Jordan, C. (١٩٩٨). Onsite Sewage System. Virginia Polytechnic Institute and State University, Civil Engineering Department, Blacksburg.

Anisowrth, R. (٢٠٠٤). Safe piped water: managing microbial water quality in piped distribution systems. (WHO) world health organization.

Baban, A.; Yediler, A.; Ciliz, N. and Kettrup, A. (٢٠٠٤). Biodegradability oriented treatability studies on high strength segregated waste water of woolen textile dyeing plant. Journal of chemosphere, ٥٧: ٧٣١-٧٣٨.

Babu, B.V.; Rana, H.T.; Krishna, V.R. and Sharma, M. (٢٠٠٠). COD reduction of reactive dyeing effluent from textile industry. Department of Chemical Engineering, Bilra Institute of technology and science, pilani-٣٣٣ ٠٣١, India.

Banat, I.M.; Nigam, P.; Mcmullan, G. and Marchant, R. (١٩٩٧). The Isolation of thermophilic bacterial cultures capable of textile Dye Decolorization. Environment International, ٢٣(٤): ٥٤٧-٥٥١.

Banat, I.M.; Nigam, P.; Singh, D. and Marchant, F. (١٩٩٦). Microbial decolorization of textile-dye-containing effluents: Areview. Biosource technology, ٥٨: ٢١٧-٢٧٧.

Barclay, S.J.; Carliell, C.M. and Buckley, C.M. (١٩٩٤). Tretment of exhaust reactive dye bath effluent using anaerobic digestion. Department of chemical engineering, university of Natal, South Africa.

Bell, J. and Buckley, C. (٢٠٠٣). Treatment of a textile dye in the anaerobic baffled reactor. Journal of water research, ٢٩(٢): ١٢٩-١٣٤.

Benedetti-Cecchi, L. (٢٠٠٠). Priority effect taxonomic resolution, and the prediction of variable patterns of colonization of alga in littoral rock pools. Journal of Oecolgia, ١٢٣: ٢٦٥-٢٧٤.

Bes-Pia, A. and Iborra-Clar, A. (٢٠٠٤). Nanofilteration of biologically treated textile effluents using ozone as apre-treatment. Journal of desalination, ١٦٧: ٣٨٧-٣٩٢.

Bich, N.N.; Yaziz, M.I. and Kadir, N.A. (١٩٩٩). Combination of *Chlorella vulgaris* and *Eichhornia crassipes* for wastewater nitrogen removel. Journal of water research, ٣٣(١٠): ٢٣٥٧-٢٣٦٢.

Blier, R.; Laliberte, G. and De la Noue, J. (١٩٩٦). Production of the cyanobacterium *Phormidium bohneri* in parall with equration of a dairy anaerobic effluent. Process Biochem., ٣١(٦): ٥٨٧-٥٩٣.

Botheling, R.S.; Gregg, B.; Frederick, R.; Gabel, N.; Campbell, S.E. and Sabljic, A. (١٩٨٩). Expert systems survey on biodegradation of Xenobiotic chemicals. Ecotoxicology and Environmental Safety, ١٨: ٢٥٢-٢٦٧.

Brown, D. and Anliker, R. (١٩٨٨). Dyestuffs and the environment-Arsik assessment-Risk assessment of chemical in the environment, editor Richardson M. the Royal society of chemistry: ٢٩٨-٤١٣.

Brown, D. and Laboureur, P. (١٩٨٣). The degradation of dyestuffs: part ١, primary biodegradation under anerobic conditions. Chemosphere, ١٢(٣): ١٥٣٩-١٥٥٣.

Cetkauskaite, A. and Jakstaite, A. (١٩٩٩). Waste water treatment in Lithuania from ١٩٥٠ to ١٩٩٠. European water management. ٢(٥): ٤٠-٥٥.

Chen, X.; Shen, Z.; Zhu, X.; Fan, Y. and wang, W. (٢٠٠٥). Advanced treatment of textile wastewater for reuse using electrochemical oxidation and membrance filtration, water SA, ٣١(١): ١٢٧-١٣٢.

Chevalier, D.P.; Lessard, P.; Vincent, W.F. and De la Nour, J. (٢٠٠٠). Nitrogen and phosphorus removal by high latitude mat-forming cynobacteria for potential use in tertiary wastewater treatment, J. Appl. Phycol. ١٢, ١٠٥-١١٢.

Chu, S.P. (١٩٤٢). The influence of mineral composition of the medium on the growth of phytoplanktinic algae. J. Ecol. ٣٠: ٢٨٤-٣٢٥.

Clark, E.A. and Anliker, R. (١٩٨٠). Organic dyes and pigments. Handbook of environmental chemistry. Sringer verlag.

Clark, R.B. (١٩٩٨). Marine pollution. ٤th ed. Clarendon press, Oxford.

Darley, W.M. (١٩٨٢). Algal Biology: A physiological approach. Basic microbiology, ٩, Black well scientific publication, oxford: ١٦٨.

De la Noue and De Pauw, N. (١٩٨٨). The potential of microalgal biotechnology: A review of production and uses of microalgae Adv. Biotechnol. ٦: ٧٢٥-٧٧٠.

De la Noue, J. and Brasseres, A. (١٩٨٩). Biotreatment of anaerobically digested swine manure with microalgae. Boil. Wasters, ٢٩: ١٧-٣١.

De-Bashan, L.E.; Antoun, H. and Bashan, Y. (٢٠٠٥). Cultivation factors and population size control the uptake of Nitrogen by the microalgae *Chorella vulgaris* when interacting with the microalgae growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. J. of microb. ecology, ٥٤: ١٩٧-٢٠٣.

De-Bashan, L.E.; Moreno, M.; Hernandez, J. and Bashan, Y. (٢٠٠٢). Removal of ammonium and phosphorus ions from synthetic wastewater by the microalgae *Chlorell vulgaris* coimmobilized in alginate beads with the microalgae growth- promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. Journal of water research, ٣٦: ١٢: ٢٩٤١-٢٩٤٨.

De-Fabricius, M.; Maidana, N.; Gouez, N. and Sabater, S. (٢٠٠٣). Distribution patterns of benthic diatoms in a pampean river exposed to seasonal floods: the cuarto. River (Argentina). Biodiversity and conservation, ١٢: ٢٤٤٣-٢٤٥٤.

Dumas, A.; Laliberate, G.; Lessard, P. and De ls Noue, J. (١٩٩٨). Biotreatment of fish farm effluents using the cyanobacterium *Phormidium bohner*, Aquacul. Eng. ١٧: ٥٧-٦٨.

Eckenfelder, W. (١٩٧٨). Principles of water quality management, CBI, publishing company INC.

El-teman, W.J. and Law, S. (١٩٩٨). Evaluation of memebrane filteration and ozonation for treatment of reactive-dye wastewater. J. Environ. Eng. ١٢٤(٣): ٢٧٢-٢٧٧.

EPA, June. (١٩٧١). Firm Co-operation instrumrntal for reducing pollution. Department of economics, Norwegian school of economics and business administration. Bergen, Norway.

EPA, Spectember. (١٩٩٦). Best management practices for pollution prevention in the textile industry, RPA/٦٢٥/p-٩٦/٠٠٤, United States Environmental protection Authority, Office of research and development, Washington.

EPA, August. (١٩٩٨). Biological treatment system proposed to control emissions of volatile organics and Odors. U.S. Department of energy Washington, D.C. ٢٠٥٨٥.

EPA, August, (٢٠٠٠). The environmental technology verification program. Physical removal of microbiology particulate and organic contaminants in drinking water in Escondido, California.

Fogg, G.E. (١٩٧٥). Algal culture and phytoplankton Ecology. The university of Wisconsin press. Wisconsin.

Fongsatitkul, P. and Elefsiniotis, P. (٢٠٠٤). Use of sequencing batch reactors and fenton's reagent to treat a Wastewater from a textile industry. Journal Biochmical Engineering, ٢١(٣): ٢٠٠-٢١٣.

Furet, J.E. and Evans, K. (١٩٨٢). An evaluation of the time required to obtain complete sedimentation of fixed algal particles prior to enumeration. Br. Phycol. J., ١٧: ٢٥٣-٢٥٨.

Ganizares, R.O.; Ramos, A.; Lemus, C.; Gomes, C. and Travieso, L. (١٩٩٤). Growth of *Phormidium* sp in aerobic secondary piggery wastewater. Appl. Microbial Biotechnol., ٤٢: ٤٨٧-٤٩١.

Germain, H. (١٩٨١). "Flora dus Diatoms, Diatom phyceaescandouce at samaters dumass if Armoricien ctdes contrecs voisinesd. Europe Occidentale Paris, Soc., Nour., Ed., Boubee.

Ghoreishi, S.`M. and Haghighi, R. (٢٠٠٣). Chemical catalytic reaction and biological oxidation for treatment of non-biodegradable textile effluent. Journal of chemical engineering, ٩٥: ١٦٣-١٦٩.

Gonzalez, L.E.; Canizares, R.O. and Baena, S. (١٩٩٧). Efficiency of ammonia and phosphorus removal from Colombian agroindustrial wastewater by the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Senedesmus dimorphus*. Bioresource Technol, volum. ٦٠: ٢٥٩-٢٦٢.

Graham, L.E. and Wilcox, L.W. (٢٠٠٠). Algae. Prentice-Hall, Inc. upper Suddle River, NJ٠٧٤٥٨. Wisconsin University.

Gross, W. (٢٠٠٠). Ecophysilogy living in highly acidic environments. Journal of Hydrobiologia, ٤٣٣: ٣١-٣٧.

Guolan, H. and Yuan, W. (٢٠٠٣). Nitrate and phosphate removal by co-immobilized *Chlorella pyrenoidosa* and activated sludge at different pH. Values. Water Qual. Res. J. Canada, ٣٨: ٤٥١-٥٥١.

Habib, M.A.; Yusoff, F.M.; Phang, S.M.; Ang, K.J. and Mohamed, S. (١٩٩٧). Nutritional values of chironomid larvae grown in palm oil mill effluent and algal culture. A aquaculture, ١٥٨: ٩٥-١٠٥.

Heath, R.G.; Steynberg, M.C.; Guglielmi, R. and Maritz, A.L (١٩٩٨). The implications of point source phosphorus management to potable water treatment. Journal of water science and technology, ٣٧(٢): ٤٣-٣٥.

Heinfling, A.; Bergbauer, M. and Szewyk, A. (١٩٩٧). Biodegradation of azo and phthalocyanine dyes by *Trametes versicolor* and *Bjerkandera adusta*. Appl. Microbiol. Biotechnol. ٤٨: ٢٦١-٢٦٦.

Hellebust, J.A. and Lewin, J. (١٩٧٧). Heterotrophic nutrition. In: the biology of diatoms. Botanicial monographs. Univ. Calif. Press. Berkeley, pp. ١٦٩-١٩٧.

Hennigan, R.D. (٢٠٠١). Water pollution. Journal of Bioscience, ١٩(١١): ٩٧٦-٩٧٨.

Hussain, F.H.; Mashkor, M.S. and Al-Sharify, A.N. (٢٠٠٣). Effect of $TiO_٢$ of ZnO catalysts upon the treatment of industrial water anther wethering condition National Journal of Chemistry, ٩: ٩٤-١٠٠.

Hutichison, M.L.; Walters, L.D.; Avery, S.N. Munro, F. and Moore, A. (٢٠٠٥). Analyses of livestock production, Waste storage, and pathogen levels and prevalences in farm manures. Applied of environmental microbiology, ٧(٣): ١٢٣١-١٢٣٦.

Ismail, A.M.; Al-Saadi, H.A. and Saadallg, H.A. (٢٠٠٠). On the algal composition of the southern Suria drainage, Iraq. J. Mesopetemia Univ. Science, ٤: ٢٣-٢٩.

Ji, B.T., Silverman, D.T.; Stewart, P.A.; Blair, A. and Hoover, R. (٢٠٠١). Occupational exposure to pesticides and pancreatic cancer. American Journal of industrial medicine, ٤٠: ٢٢٥-٢٢٦.

Jingi, L. and Houtian, L. (١٩٩٢). Degradation of azo dyes by algae. Journal of environmental pollution, ٧٥(٣): ٢٧٣-٢٧٨.

Johnson, B. (٢٠٠٠). Communicating environmental indicators center of environmental communicating, Cook College, Rutgers University.

Kabdasli, I.; Tunay, O. and Orhon, D. (١٩٩٥). Sulfate removal from Indigo dyeing textile wastewater (Abstract), J. Wa. Sci. and Tech., ٣٢(١٢): ٢١-٢٧.

Kapdan, I.K. and Alparslan, S. (٢٠٠٥). Application of anaerobic-aerobic sequential treatment system to real textile waste water for color and COD removal. Journal enzyme and microbial technology, ٣٦: ٢٧٣-٢٧٩.

Kassim, T.I. (١٩٩٨). Production of some phyto and zoo plankton and their use as live food for fish larvae-pH. D. Thesis, Univ. Basrah, ٥٥.

Kasssim, T.I. and Al-Lami, A.A. (١٩٩٩). Possible use of microgreen algae to remove phosphate and nitrate from waste water. Iraqi. J. of Biology. ١: ١١-١٦.

Kehmerier, K.J. (١٩٩٨). Controlling aquatic vegetation. Natural resource series, former Colorado state university research associate, Fishery and Wild life biology: ٣٤١-٣٥٠.

Kosaric, N. (١٩٩٢). Biosurfactants in industry. Journal of pure and applied chemistry, ٦٤(١١): ١٧٣١-١٧٣٧.

Kroiss, H. and Muller, H. (١٩٩٩). Development of design criteria for highly efficient biological treatment of textile wastewater. Journal of Water Science and Technology, ٤٠(٤-٥): ٣٩٩-٤٠٧.

Lau, P.S.; Tam, N.F. and Wong, Y.S. (١٩٩٥). Effect of algal density on nutrient removel from primary settled waste water. Journal of Environmental pollution, ٨٩: ٥٩-٦٦.

Ledakowicsz, S. and Gonera, M. (١٩٩٩). Optimization of oxidants dose for combined chemical and biological treatment of textile wastewater. Journal of water research, ٣٣(١١): ٢٥١١-٢٥١٦.

Ledakowicz, S. (١٩٩٨). Integrated processes of chemical and Biological oxidation of waste waters. Journal of environmental protection engineering, ٢٤: ٣٥-٤٧.

Ledakowicz, S.; Solecka, M. and Zylla, R. (٢٠٠١). Biodegradation, decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. Journal of Biotechnology, ٨٩: ١٧٥-١٨٩.

Lee, G.G. and Palsson, B.O. (١٩٩٤). High density algal photobioreactors using light-Emitting diodes. Biotechnol. Bioeng. ٤٤: ١١٦١-١١٦٧.

Liang, Y. and Wong, H. (٢٠٠٠). Reclamation of wastewater for polyculture of frechwater fish: Bioassays Using *Chlorella* and *Gambusia*. Environ. Contam. Toxicol. ٣٩: ٥٠٦-٥١٤.

Libra, J.A. and Sosath, F. (٢٠٠٣). Combination of biological and chemical processes for the treatment of textile wastewater containg reactive dyes. Journal of chemical technology and biotechnology, ٧٨: ١١٤٩-١١٥٦.

Lima, S.A.; Castro, P.M. and Morais, R. (٢٠٠٣). Biodegradation of P-Nitrophenol by microalgae. Journal of Applied phycology ١٥: ١٣٧-١٤٢.

Lind, G.T. (١٩٧٩). Handbook of common method in Limnology ٢nd ed., London. ١٩٩١ pp.

Lind, O.T. (١٩٧٩). Handbook of common method in limnology. C.V. Mosby Co., St. Louis. ١٩٩ pp.

Loomis, G.W.; Bow, D.B.; Green, L.T. and Gold, A.J. (٢٠٠٢). Evaluation of Innovative onsite wastewater treatment systems in the green Hill pond watershed, Rhode island- A Nodp II project update. University of Rode Island, Kingston, Rhode Island.

Lowe, R.L. (١٩٧٤). Environmental requirements and pollution tolerance of fresh water diatoms U.S. Environmental protection Agency, Cininati, Ohio.

Lue-Hing, C.; Zens, D.R. and Kuchenrither, R. (١٩٩٢). Municipal sewage sludge management. Processing, utilization and disposal. Water quality management library, ٤: ٤٥-٦٠.

Mackereth, F.J.H., Heron, J. and Talling, J. T. (١٩٧٨). Water analysis some revised method for liminologist, Sci. publ. freshwater, Biol. Ass. (England) ٣٦: ١-١٢٠.

Mandalam, R.K. and Palsson, B. (١٩٩٨). Elemental balancing of biomass and medium composition enhances growth capacity in high density *Chlorella vulgaris* cultures. Department of chemical engineering , Michigan University, Michigan.

Megharaj, M.; Pearson, H.W. and Venkatewarlu, K. (١٩٩٢). Removal of nitrogen and phosphorus by immobilized cells of *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus bijugatus* isolated from Soil. Enzyme Microb. Technol., ١٤: ٦٥٦-٦٥٨.

Murphy, J. and Riley, J.R. (١٩٦٢). Amodificational signle solution method for determination of phosphate in natural water, chem.. Acta, ٢٧: ٣١-٣٦.

Nakamura, Y. and Imamura, M. (١٩٨٨). Chance in properties of starch when photosynthesized at different temperatures in *Chlorella vulgaris*. Plant science letters, ٣١: ١٢٣-١٣١.

Nandini, S.; Lara-Aguilera, D.; Sarma, S. and Garcia-Ramirez, P. (٢٠٠٤). The ability of selected cladoceran species to utilize domestic wastewaters in Mexico city. Journal of Environmental Management ٧١: ٥٩-٦٥.

Nicholas, H.W. (١٩٧٩). Growth media-fresh water. In: Handbook methods, Culture methods and growth measurement, Cambridge. Univ. press, pp. ٧-٢٤.

Oh-Hama, T. and Miyachi, S. (١٩٨٨). Algal culture systems. Microalgae biotechnology, Gambridge University Press, Cambridge. pp, ٣-٢٦.

Pala, A. and Tokat, E. (٢٠٠٢). Color removal from cotton textile industry wastewater in an actived sludge system with various additives. Journal of water research, ٣٦: ٢٩٢٠-٢٩٢٥.

Parsons, M. and Rose, B. (٢٠٠٣). Textile history. Journal of textile history, ٥: ١٢٥-١٣١.

Parsons, T.R.; Mait, Y. and Laulli, C.M. (١٩٨٤). A manual of chemical and biological methods for seawater analysis pergamone press Oxford.

Pia-Bes, A.; Roca-Mendoza, J.A.; Alcaina-Miranda, M.I.; Clar-Iborra, A. and Iborra-Clar, M.I. (٢٠٠٢). Reuse of Wastewater of the textile industry after in treatment with a combination of physico-chemical treatment and membrane technologies. Journal of Desalination, ١٤٩: ١٦٩-١٧٤.

Polec, B; Ska, M. and Gozdek, A. (١٩٩٢). Trials of self cleaning intensification of sugar factory in accumulation reservoirs with the regard of algae biomass. Gazeta. Cukrownicza: ١٥٣-١٥٧.

Prate, D.S. and Baslerova, M. (١٩٧٢). Cultures of Algae in various media, Zechoslavak. Academy of science. (١١٩) pp.

Prescott, G.W. (١٩٧٣). Algea of the western Great Lakes Area. William, C., Brow, Co. Publishers, Dubuque, Lowa., ٩٧٧ pp.

Rai, P.; Mallick, N. and Rai, L. (١٩٩٤). Effect of Cu and Ni on growth, mineral uptake, photosynthesis and enzyme activities of *Chlorella vulgaris* at different pH values. Journal of Environmental Science ٧(١): ٥٦-٦٧.

Razama, A.; Benhrref, A. and Dufourc, E.J. (١٩٩٥). Volatile compounds of green microalgae grown on reused waste water. Journal of phycochemistry, ٣٨(٦): ١٣٧٥-١٣٧٩.

Reddy, G. and Prasad, M. (١٩٩٢). Cadmium induced potassium efflux from *Scenedesmus quadricauda*. Journal of Environmental contamination and Toxicology, ٤٩(٤): ٦٠٠-٦٠٧.

Reynold, C.S. (١٩٨٤). The ecology of fresh water phytoplankton Cambridge Univ. press. Cambridge. pp. ٣٨٤.

Reynolds, C.S. (١٩٩٤). The ecology for the successful biomanipulation of aquatic communities. Arch. Hyclrobiol., ١٣٠: ١-٣٣.

Sabater, C. and Carrasco, J. (٢٠٠١). Effects of the organophosphorus insecticide fenitrothion on growth in five freshwater species of phytoplankton. Pesticide laboratory, department of Biotechnology, E.T.S.I.A., Polyechnic University of Valencia, Spain.

Sallal, Abdul-karim, J. (١٩٨٢). Growth of algae and cyanbacteria on Sewage effluents of Kuwait. Kuwait, Alden press LTD, pp. ١٨٥-١٩٤.

Seeger, H. (١٩٩٩). The history of German waste water treatment. European water management, ٢(٥): ٥١-٥٦.

Seyler, C.; Hofstetter, T.B. and Hungerbuhler, K. (٢٠٠٥). Life cycle inventory for thermal of waste solvent from chemical industry: amulti-input allocation model. Journal of cleaner production ١٣: ١٢١١-١٢٢٤.

Shaw, C.B.; Carliell, C.M. and wheatley, A.D. (٢٠٠٢). Anaerobic/aerobic treatment of coloured textile effluents using sequencing batch reactors. Water Research, ٣٦: ١٩٩٣-٢٠٠١.

Sheehan, J.; Dunahay, T.; Benemann, J. and Roessler, P. (١٩٩٨). A look Back at the U.S. department of energy's aquatic species program: Biodiesel from algae. U.S. department of energy national laboratory ٨٠٤٠١-٣٣٩٣.

Shu, H.Y. and Huang, C.R. (١٩٩٥). Degradation of commercial azo dyes in water using ozonation and UV enhanced ozonation process. Chemosphere, ٣١(٨): ٣٨١٣-٣٨٢٥.

Shu, H.Y.; Huang, C.R. and Chang, M.C. (١٩٩٤). Decolorization of mono-azo dyes in wastewater by advanced oxidation process. Chemosphere, ٢٩(١٢): ٢٥٩٧-٢٦٠٧.

Shubert, L.E. (١٩٨٤). Algae as a biological Indicators. Academic. Press. London. pp ٢٣٤.

Soeder, C.J.; Stengel, E. and Grobelaar, J.U. (١٩٩٠). Modeling algal productivity in large outdoor cultures and waste treatment system. Journal of Biomass, ٢١(٤): ٢٩٧-٣١٤.

Sostar-Turk, S. and Simonic, M. (٢٠٠٥). Wastewater after reactive printing. Journal of Dyes and pigments, ٦٤(٢): ١٤٧-١٥٢.

Sponza, D.T. (٢٠٠٢). Necessity of toxicity assessment in Turkish industrial discharges examples from metal and textile industry effluents environmental monitoring and assessment, ٧٣: ٤١-٦٦.

Stewart, D.J. (٢٠٠٠). Treatment of wastewater from bluff with a high salt content. MWH New Zealand Ltd, Dunedin, New Zealand.

Suliama, N.I.; Saadalla, H.A. and Ismail, A.M. (٢٠٠٠). A qualitative study on the regulation influence of Himreen reservoir on phytoplankton in river Diayla, Iraq. J. Environ. Health and Science. pp. ٣٧-٤١.

Talbot, P.; Gortares, M. and Lencki, R. (١٩٩١). Absorption of $CO_٢$ in algal mass culture system: A different characterization approach. Biotechnol. Bioengng, ٣٧: ٨٣٤-٤٢.

Taha, A.A.; El-Mohmoudi, A.S. and El-Haddad, I.M. (٢٠٠٤). Pollution sources and related environmental impacts in the New communities southeast Nile Delta, Egypt. Emirates Journal for Engineering Research, ٩(١): ٣٥-٤٩.

Tam, N.; Wong, J. and Wong, Y. (٢٠٠١). Repeated use of two chlorella species, *C. vulgrais* and WW١ for cyclic nickel biosorption. Tournal of environmental pollution, ١١٤: ٨٥-٩٢.

Tam, N.F. and Wong, Y.S. (٢٠٠٠). Effect of immobilized microalgal bead concentration on wastewater nutrient removal. Journal of environmental pollution, ١٠٧: ١٤٥-١٥١.

Tang, E.P.; Vicent, W.F.; Proulx, D.; Lessard, P. and De la Noue, J. (١٩٩٧). Polar cyanobacteria versus green algae for tertiary wastewater treatment in cool climates. J. Appl. Phycol., ٩: ٣٧١-٣٨١.

Tom, N.F. and Wong, Y.S. (١٩٨٩). Wastewater nutrient removal by *chlorella pyrenoidosa* and scendesmus sp. Environ. Pollut. ٥٨: ١٩-٣٤.

Travieso, L.; Benitez, F.; Weiland, P.; Sanchez, E.; Dupeyron, R. and Dominguez, A.R. (١٩٩٦). Experiments on immobilization of microalgae for nutrient removal in wastewater treatments. Bioresource technology, ٥٥: ١٨١-١٨٦.

Tuskahara, K.; Kimura, T.; Minowa, T.; Swayama, ; Yagishita, T.; Inoue, S.; Hanaoka, T.; Usui, Y. and Ogi, T. (٢٠٠٠). Microalgal cultivation in a solution recovered from the low-temperature catalytic gasification of the microalga. Journal of Broscience and Bio engineering, ٩١(٣): ٣١١-٣١٣.

Van-Coillic, R.; Dela Noue, J.; Thallen, C. and poulitory, Y. (١٩٩٠). Tertiary domestics waste water treatment by *Scenedesmus* sp. Pilot scal culture. Revu-des-sciecde-laux France. ٣(٤): ٤٤١-٤٥٥.

Van-den Berg., M.S.; Scheffer, M.; Coops, H. and Simons, J. (١٩٩٨). The rule of *characean* algae in the management of eutrophic shallow lakes. Journal of phycology, ٣٤: ٧٥٠-٧٥٦.

Van-der Bruggen, B. and Curcio, E. (٢٠٠٤). Process intensification in the textile industry: the role of membrane technology. Journal of environmental management, ٧٣(٣): ٢٦٧-٢٧٤.

Vollenweider, R.A. (١٩٧٤). A manual on methods for measuring primary production aquatic environments. International Biol. Program Handbook ١٢. Blackwell scientific publications Ltd. Oxford ٢٢٥ pp.

Wallace, T.H. (٢٠٠١). Biological treatment of synthetic dye water and an industrial textile waste water containing azo dye compound master thesis, Environmental engineering, Virginia university, Virginia.

Water Corporation, (٢٠٠٠). Waste water treatment. Journal of bulletin, No. pp. ١-٥.

Weber, E. (١٩٩١). Studies of benzidine-based dyes in Sediment-Water system. Environmental Toxicology and chemistry, ١٠: ٦٠٩-٦١٨.

Weber, W.J. and Leboeuf, E.J. (١٩٩٩). Processes for advanced treatment of water, environmental science and technology, ٤٠(٤-٥): ١١-١٩.

William, H.C. (١٩٩٧). Microbiology. Study Guide to accompany microbiology, Harcourt Brace collage publishers, University of Hatford.

Wong, J.P.; Wong, Y.S. and Tam, N.F. (٢٠٠٠). Nickel biosorption by two chlorella species, C. vulgaris (a commercial species) and C. miniata (a local isolate). Journal of Bioresource technology, ٧٣: ١٣٣-١٣٧.

Xu, R. and Li, H. (٢٠٠٤). Degradation of dyes in aqueous solution by the fenton process. Journal of chemosphere, ٥٧(٧): ٥٩٥-٦٠٠.

Yontem, Z. (٢٠٠٠). Textile industry sectoral study. Unep blue plane for Mediterranean regional activity centre, Ankara, Turkey.

Yun, Y-S and Park, J.M. (٢٠٠٣). Kinetic Modeling of the light. Dependent photosynthetic activity of the green microalga *Chlorella vulgaris*. Applied of Microbiology and Biotechnology, ٥٥: ٧٦٥-٧٧٠.

Zissi, U. and Lyberatos, G. (١٩٩٦). Azo-dye biodegration under anoxic conditions. Journal of water science and technology, ٣٤(٦): ٣٩٥-٥٠٠.

الاستنتاجات

١. كانت كفاءة الطحالب المدروسة في إزالة الملوثات لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة أفضل من الفضلات المعقمة.

٢. كانت كفاءة الطحالب الخضر *Chlorella vulgaris* و *Scenedesmus quadricauda* في إزالة الملوثات من مياه الفضلات الصناعية أفضل من الطحلب العصوي *Nitzschia palea*.

٣. أثبتت الدراسة بأن للطحالب الخضراء قابلية على إزالة بعض الملوثات من مياه الفضلات الصناعية التابعة للشركة العامة للصناعات النسيجية في الحلة.

٤. أثبتت الدراسة الحالية تمكن الطحالب الخضر من إزالة اللون إذ كانت أعلى نسبة للإزالة ٥٧٪ في نماذج مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة.

٥. كانت للطحالب الخضراء كفاءة عالية في إزالة المغذيات النباتية (النتريت، النترات، الفوسفات) من مياه الفضلات الصناعية غير المعقمة إذ سجلت أعلى نسبة ٧٦٪ و٨٤٪ و٨٥٪ على التوالي.

٦. إن للمياه الصناعية تأثير كبير على التغيرات في العوامل الفيزيائية والكيميائية والحياتية لمياه المبزل.

٧. إن تراكيز التوصيلية الكهربائية والملوحة والأس الهيدروجيني وعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم فضلاً عن النترات كانت ضمن المحددات البيئية في حين يكون من العسرة الكلية والقاعدية والفوسفات والكبريتات والنتريت والأوكسجين الذائب خارج المحددات البيئية.

التوصيات

١. اختبار أنواع أخرى من الطحالب ممكن أن تحقق كفاءة أفضل في المعالجة.

٢. بناء منظومات ريادية تجريبية لاختبار كفاءة الطحالب في معالجة مياه الفضلات الصناعية في الحقل عند ظروف بيئية مختلفة.

٣. الاهتمام بدراسة اللون بشكل أكثر تفصيل من حيث أنواع الأصباغ وتراكيزها والميكانيكية التي تتم بها الإزالة من قبل الطحالب.

جدول (٢) التغيير الشهري في أعداد وأنواع الهائمات النباتية (خلية × 10^3/لتر) في موقع الدراسة للفترة ٢٠٠٥-٢٠٠٦

(-) النوع غير موجود

CYANOPHYCEAE	الأشهر											
	٢٠٠٥										٢٠٠٦	
	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت١	ت٢	ك١	ك٢	شباط
Anabaena sp.			٣٠.٢			٢٣.٧					١١.٣	
Catothrix sp.			٢٢.٥	٣٧.٣								
Chroococcus minutus				٣١.٤								٢٨.٢
Lyngbya nordgaardii							٣٧.٣		٤١.١			
Merismopedia elegans A. Braug				١٣.٣	٢٠.٥							
M. punctata		٤٥.٧				٢٥.٤						
Microcystis aeruginosa kuetizing					١٣.٤						٢١.٣	٥.٧
Oscillatoria articulata			٥٥.١		٣٣.٧						٢٣.٤	
O. formosa						٢٤.٣			٢٢.٣			
O. limnetica	٢٠.٢										٦٣.٤	
Phormidium tenue				٣٣.٢	٢٧.٥					٤٣.٥		
Spirolina major kuetzing				١٧.٦	٣٣.٩				٤١.٧		١٤.٢	
CHLOROPHACEAE												
Chlamydomonas sp.					٩٣.٢			١١٢.٥	٧٢.٤	٦٨.٢		
C. snowii			٣١.٩		٢٥.٤	١٥.٣						
Chlorella sp.				٢٢٥.٢	١٠٧.٣			٨٧.٧		١٥٦.٣		
C. vulgaris				١٤٤.٧	٧٨.٥	٩١.٤	٧٣.٤				٥٥.٣	
Cosmarium sp.			٢٦.٣				٤٣.٢					
Crucigenia rectangularis		٨٠.٢	٦٤.٥	١٠١.٣	٧٣.٢							
Eudorina elegans							٨٤.٤	٣٧.٥		١٦٦.٢		
Kirchneriella controta		١٠٧.٢		٤٣.٧								
Oocystis pyriformis					٨١.٢			٤٣.٥			٤٦.٣	
Scenedesms sp.		٧٠.٢	٤٣.٨					١١٧.٥				
S. acuminatus (lag.) chordat		٢٠.٣				١١.٥	١٩.٣					
S. quadricauda		١٥٣.٣			٨٢.٦	٩٢.٣					٧١.٣	
Spirogyra crassa kuetizing				٧.٦	١٦.٥							١٢.٦
Volvox sp.							٥٧.٩			٣٢.٢		

CYANOPHYCEAE	الأشهر											
	٢٠٠٥										٢٠٠٦	
	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت١	ت٢	ك١	ك٢	شباط
EUGLENAPHCEAE												
Euglena sp.			٢٣.٣			٣٦.٧	١٨.٤					
E. dongata					٣٣.٥	٢٥.٢						
Phacus sp.									٧٥.٣	٥٠.١	٣٠.٣	
Trachelomonus sp	٤٥.٥				٦٣.٧							
CHRYSOPHCEAE												
Mallomonas sp.			١٠.٣				٣٢.٥			٢٧.٣		
M. alpina	٢١.٧							٣٧.٤				
BACILLARIOPHYCAEA												
Cyclotella comota					١٧.٣						١٥.٩	
C. meneghiania kuetizing			٢٠.٦	٦.٤	٢.٩			٧.٧	٣٠.٧	١١.١		٧.١
C. ocellata			١١.٤					٥١.٣				٢٨.٢
Cymbella affinis		٧.٥					٦.٧				٧.٣	١٩.٤
C. cistula			١٦.٩			١٣.٢						
Diatoma elongatum					٧.٦					١٥.٤		
D. vulgare Bory				١٥.٣	١١.٤			٤.٢				
Fragilaria capucina		١٠.١					٩.٣					
F. brevistriata				٧.٥		٣.٣						
Melosira distans	٧.٣				٤١.١				١١.٣	٣٠.٢		
Navicula gracilis				٣.٦							٩.٢	
N. hungarica								٥.٧				
N. parva	١٤.٣											
Nitzschia dissipata	٤.٥				١٧.٦							
N. longissima		٧.٤						٦.٣			١١.٣	
N. palea		١٧.٣						٣٣.٤		٢١.٥		٩.٧
Rhoicosphenia curvata	١٨.٣	٢٢.٤		٦.٣	١١.٨							
Stephanodiscus tenuis					١٦.١			٧.٥	٥.٥	٤.٦		
Synedra acus												١٣.٣
S. ulna	٧.٣										٤.٩	
العدد الكلي للهائمات النباتية خلية × $١٠^{٣}$/لتر	١٣٩.١	٥٤١.٦	٣٥٦.٨	٦٩٤.٤	٥٠١.٢	٣٦٢.٥	٤٢٤.٦	٤٣٤.٧	٢٠٤.٨	٣٦٨.٨	٣٨٥.٤	١٧٥.٧

جدول (٣) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلب *Chlorella vulgaris*

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	٢٣٣٠	٢٠٨١	١٨٣٣	١٥٨٤	١٣٥٤	١١٣٥	٩٣٤	٧٨٣	٦٣٤	٤٨٧	٣٥٠	١١٥.٣١٨
الملوحة %	١٤٩١	١٣٣٢	١١٧٣	١٠١٤	٨٦٧	٧٢٦	٥٩٨	٥٠٢	٤٠٦	٣١٠	٢٢٤	٧١٠.٠٥
الأس الهيدروجينيpH	٧	٧.٥	٧.٧	٨.١	٧.٩	٨.٢	٨.٤	٨.٢	٧.٨	٨.٤	٨.٥	٠.٩٣٦
القاعدية الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	٣٥٠	٣١٠	٢٧٠	٢٥٠	٢٢٠	٢٢٠	١٨٠	١٢٠	١٠٠	٩٠	٧٢	١٥٧.٢٨
العسرة الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	٧٠٠	٦٠٠	٥٣٠	٤٩٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٣٠	٣٣٠	٣٣٠	٤٧٣.١١
عسرة الكالسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	١٥٠	١٣٠	١٢٣	١١٤	١٠٧	١٠٠	٩٣	٨٤	٧٦	٦٩	٦٣	٤٤.٩٦٦
عسرة المغنيسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	١٢٣	١٠٥	٩١	٨٤	٧٧	٦٩	٦٢	٥٩	٥٨	٥٨	٥٨	٣٦.٧٨٣
النتريت ملغم\التر	٦	٥.٥	٥.٢	٢.٦	٢.٢	١.٩	١.٧	١.٣	١	٠.٨	٠.٨	٣.٣٣١
النترات ملغم\التر	٢١	١٧	١٠	١٠	١٠	٧	٥	٤	٢	٠.٦	٠.٦	١١.٧٠٨
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	٢	١.٧	١.٤	٠.٧	٠.٧	٠.٣	٠.٣	٠.٢	٠.١	٠.١	٠.١	١.٢٠٧
الكبريتات ملغم\التر	٤٣٢	٣٩٧	٣٦٧	٣٣٦	٣٠٦	٢٧٧	٢٤٨	٢٢١	٢١٣	٢٠١	١٩٠	١٣٩.٥٥٤
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٩٠	١.٧١١	١.٥٢٧	١.٣٠٣	١.١٨٩	٠.٩٣٠	٠.٩٣٠	٠.٩٣٠	٠.٨٤٤

جدول (٤) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعقمة والمعاملة بطحلب *Chlorella vulgaris*

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D تحت مستوى ٠.٠٥
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٧٢٢	١٥٥٢	١٣٨١	١٢١٢	٩٠٢	٩٠٢	٧٤٧	٦٠٣	٤٥٩	٣٧٩	٣٧٩	٧٩.٣٨١
الملوحة .%	١١٠٢	٩٩٣	٨٨٤	٧٧٦	٥٧٧	٥٧٧	٤٧٨	٣٨٦	٢٩٤	٢٤٢	٢٤٢	٥٠٦.٥٧
الأس الهيدروجينيpH	٨	٨.٢	٧.٨	٨.٦	٨.٦	٨.٤	٨.٢	٨.١	٨.٣	٨.٣	٨.٤	٠.٦٣٧
القاعدية الكلية ملغم٣CaCo\التر	٣٩٠	٣٦٠	٣٢٠	٢٨٠	٢٤٠	٢٢٠	٢٠٠	١٨٠	١٥٠	١٢٠	١٢٠	١٥٣.٤٧
العسرة الكلية ملغم٣CaCo\التر	٤٢٠	٣٩٠	٣٥٠	٣٢٠	٢٩٠	٢٧٠	٢٥٠	٢٤٠	٢٣٠	٢٣٠	٢٣٠	١١٧.٤١٧
عسرة الكالسيوم ملغم٣CaCo\التر	١٢٥	١٢٠	١١٢	٩٦	٩٠	٨٥	٨٠	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	٣٥.١٠٥
عسرة المغنيسيوم ملغم٣CaCo\التر	٦٦	٦٢	٦٠	٥٧	٥١	٤٦	٤٢	٣٨	٣٨	٣٦	٣٦	١٨.٧٦٥
النتريت ملغم\التر	٤.٣	٤.١	٣٠٥	٣.١	٢.٩	٢.٣	١.٥	١.٣	١	١	١	٢.١٥٨
النترات ملغم\التر	١٢	٩	٧	٥	٣	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٥.٩٤٨
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	٣.٨	٣.٥	٣	١.٦	١.٦	١.٦	١.١	١.١	٠.٨	٠.٦	٠.٦	١.٩٩٩
الكبريتات ملغم\التر	٤١٥	٣٩٤	٣٧٠	٣٤٧	٣٠١	٣٠١	٢٧٨	٢٥٥	٢٣٦	٢٣٦	٢٣٦	١١٠.٠٦
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٩٣٣	١.٧٤٢	١.٥١٢	١.٢٧٥	١.٠٩٥	١.٩٥	١.٠٩٥	١.٠٩٥	٠.٧٧٢

جدول (٥) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلب *Scenedesmus quadricauda*

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D تحت
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٨٠٠	١٦٣٠	١٤٦٠	١٣١٠	١١٦٠	١٠١٠	٨٦٠	٧١٠	٦٠٥	٥٥٧	٥٠٠	٧٥١.٥١١
الملوحة .%	١١٥٢	١٠٤٣	٩٣٤	٨٣٨	٧٤٢	٦٤٦	٥٥٠	٤٥٤	٣٨٧	٣٥٦	٣٢٠	٤٨١.٠١٦
الأس الهيدروجينيpH	٧.٧	٧.٥	٧.٧	٨	٨.٢	٨.٤	٨.١	٨.١	٨.٥	٨.٥	٨	٠.٥٥٢
القاعدية الكلية ملغم$_{٣}$CaCo\التر	٣٠٠	٢٥٠	٢٠٠	١٧٠	١٥٠	١٢٠	١٠٠	٩٠	٨٠	٨٠	٨٠	١٣٢.٩٧٩
العسرة الكلية ملغم$_{٣}$CaCo\التر	٦٠٠	٥٧٠	٥٤٠	٥٠٠	٤٦٠	٤٢٠	٣٨٠	٣٤٠	٣٢٠	٣٢٠	٣٢٠	١٨٦.٩٧٧
عسرة الكالسيوم ملغم$_{٣}$CaCo\التر	١٦١	١٤٣	١٢٠	١١٣	١٠٢	٩٢	٨٥	٨٠	٧٦	٧٦	٧٦	٧٢.١١٨
عسرة المغنيسيوم ملغم$_{٣}$CaCo\التر	٩٨	٩٦	٩٤	٨٧	٧٦	٧٣	٦٦	٥٨	٥٥	٥٥	٥٥	٢٩.٥٢٢
النتريت ملغم\التر	٤.٤	٤.٢	٣.٩	٣.٥	٣.٤	١.٩	١.٩	١.٥	١.٣	١	١	٢.٢١٥
النترات ملغم\التر	١٠	٨.٣	٧.١	٥.٩	٤.٨	٤.٦	٢.٣	٢.٣	١.٤	١	٠.٨	٥.١١٥
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	٢.٧	٢.٣	١.٤	١.٤	١.٤	١.١	١	٠.٩	٠.٧	٠.٥	٠.٤	١.٢٤١
الكبريتات ملغم\التر	٤٧٠	٤٥٥	٣٧٩	٣٧٢	٣٥٠	٣٢٠	٢٨٩	٢٥٩	٢٣٦	٢٣٠	٢٣٠	١٤٤.٢١
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٨٣٤	١.٤٠٤	١.٣٧٥	١.٢٩٩	١.٠٠٤	١.٠٠٤	١.٠٠٤	٠.٨١

جدول (7) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعقمة والمعاملة بطحلب *Scenedesmus quadricauda*

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٤٥٠	١٣٢٥	١٢٠٠	١٠٧٣	٨٧٠	٨٣٨	٧٣.٨	٦٤٠	٥٣٥	٥٣٥	٥٣٥	٥٦٧.٢٣٩
الملوحة .%	٩٢٨	٨٤٨	٧٦٨	٦٨٧	٥٥٧	٥٣٦	٤٧٢	٤١٠	٣٤٢	٣٤٢	٣٤٢	٣٥٣.٥١٩
الأس الهيدروجينيpH	٧.٧	٧.٧	٨	٧.٧	٨.٤	٨.٦	٨.٤	٨.٦	٨.٨	٩.١	٨.٨	٠.٩٦٤
القاعدية الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	٥٠٠	٤٣٠	٣٨٠	٢٧٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٢٠	٢٠٠	١٨٠	١٧٠	١٧٠	١٨٧.٤٤
العسرة الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	٨٠٠	٧٤٠	٦٩٠	٦٥٠	٦١٠	٥٨٠	٥٥٠	٥٢٠	٤٩٠	٤٦٠	٤٥٠	١٩٢.١٤٣
عسرة الكالسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	١٣٠	١٢٠	١١٤	٩٠	٨٨	٨١	٧٣	٦٥	٦٥	٦٥	٦٥	٤٠.٥٥٩
عسرة المغنيسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	١٥٠	١٣٩	١٢٩	١٢٤	١١٧	١١٢	١٠٧	١٠٢	٩٥	٨٨	٨٦	٣٤.٤٧١
النتريت ملغم\التر	٥	٤.٦	٤.٦	٤.٣	٣.٨	٣.٤	٢.٧	٢.٤	٢	١.٦	١.٦	٢.٤١٤
النترات ملغم\التر	٢٠	١٧	١٥	١٠	١٠	٨.٣	٨.٣	٦.٧	٥.٢	٣.٧	٣.٧	٩.٣٣٤
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	١.٨	١.٧	١.٥	١.٣	٠.٩	٠.٩	٠.٩	٠.٧	٠.٧	٠.٥	٠.٥	٠.٨٥٦
الكبريتات ملغم\التر	٤٤٠	٤١٠	٣٨٠	٣٥٢	٣٢٠	٣٠١	٢٧٨	٢٥٥	٢٥٥	٢٥٥	٢٥٥	١١٣.٠٢٤
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٧٧٨	١.٥١٣	١.٣٩٩	١.٣٩٩	١.١٥٥	١.١٥٥	١.١٥٥	٠.٦٣١٨

جدول (١) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلب *Nitzschia palea*

الفحوصات		اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D
	قبل المعالجة	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٨٧٥	١٧٨٧	١٦٩٥	١٦١٠	١٥٣٠	١٣٥٠	١٤٧٠	١٤٥٠	١٢١٣	١١٦٦	١١٦٦	٤١٨.٦٩
الملوحة .%	١٢٠٠	١١٤٢	١٠٨٥	١٠٣٠	٩٧٩	٨٦٤	٩٤٠	٩٢٤	٧٧٦	٧٤٦	٧٤٦	٢٦٨.٠٠
الأس الهيدروجينيpH	٨	٨	٧.٨	٨	٨.٢	٨.٢	٧.٩	٨	٨.٢	٨.٢	٨.٢	٠.٥٦٤
القاعدية الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	٢٩٩	٢٧٤	٢٤٩	٢٢٤	١٩٩	١٧٤	١٧٤	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	٩٠.٥٠٧
العسرة الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	٨٠٠	٧٤٠	٧١٠	٦٨٠	٦٥٠	٦٣٠	٦١٢	٥٩٢	٥٧٢	٥٥٠	٥٥٠	١٣٣.٠٨
عسرة الكالسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	٢٠٠	١٤٤	١٢٨	١٢٠	١٢٠	١١٥	١١٥	١١٥	١١٥	١١٥	١١٥	٤٢.٧١٦
عسرة المغنيسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	١٣٤	١٣٣	١٣٠	١٢٥	١١٩	١١٥	١١	١٠٧	١٠٢	١٠٠	٩٧	٢٢.٦٤٥
النتريت ملغم\التر	٧.٩	٧.٥	٧.٥	٧.١	٦.٨	٦.٦	٦.٤	٦.٢	٦	٥.٩	٥.٩	١.٣٣٥
النترات ملغم\التر	٣٠	٢٨	٢٦	٢٥	٢٢	٢١	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩	٧.٧١٢
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	١.٤	١.٢	١.٢	٠.٩	٠.٨	٠.٥	٠.٣	٠.٢	٠.٢	٠.٢	٠.٢	٠.٨٢٦
الكبريتات ملغم\التر	٤٢٧	٤١٣	٣٨٤	٣٧٣	٣٦٤	٣٥١	٣٤٩	٣٣٤	٣٢٥	٣٢١	٣١٧	٦٨.٩٩٢
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٩٠١	١.٦٧٧	١.٦١٥	١.٦١٥	١.٦٠٥	١.٦١٥	٠.١٣١

جدول (٨) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية المعقمة والمعاملة بطحلب *Nitzschia palea*

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٤٣٥	١٣٦٥	١٢٩٠	١٢٢١	١١٤٠	١١٤٠	١٠٥٥	١٠١٠	٩٧٠	٩٥٠	٩٣٠	٢٩٦.٠٣٢
الملوحة .%	٩١٨	٨٧٤	٨٢٦	٧٨١	٧٣٠	٧٣٠	٦٧٥	٦٤٦	٦٢١	٦٠٨	٥٩٥	١٨٤.٨٩
الأس الهيدروجينيpH	٧.٤	٧.٦	٧.٨	٧.٨	٧.٨	٨	٨.٢	٨	٧.٨	٧.٦	٧.٨	٠.٧٢٤
القاعدية الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	١٨٦	١٧٣	١٦٠	١٤٧	١٣٣	١١٧	٩٨	٩٨	٩٨	٩٨	٩٨	٥٦.٢٧٣
العسرة الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	٩٠٠	٨٦٠	٨٤٠	٨٢٠	٧٩٠	٧٦٠	٧٣٠	٧١٠	٦٩٠	٦٧٠	٦٥٠	١٣٧.٨٦
عسرة الكالسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	١٢٧	١٢٠	١١٣	١٠٦	٩٩	٩٤	٩٠	٨٦	٨٣	٨٠	٨٠	١٦.٣٤٩
عسرة المغنيسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	١٧٣	١٦٦	١٦٣	١٦٠	١٥٥	١٤٩	١٤٣	١٤٠	١٣٦	١٣٢	١٢٨	٢٥.٠٦٢
النتريت ملغم\التر	٥.٦	٥.٤	٥.١	٤.٩	٤.٦	٤.٣	٤.٣	٤.٣	٤.٣	٤.٣	٤.٣	٠.٣٧٨
النترات ملغم\التر	١٤.٢	١٤.٧	١٣.٤	١٢.٧	١١.٨	١١.٨	١١.١	١٠.٧	١٠.٣	١٠	١٠	٢.٨٦٧
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	٢.٦	٢.٤	٢.٤	١.٩	١.٧	١.٣	١.٣	١.٣	١	١	١	٠.٣٠٥
الكبريتات ملغم\التر	٣٨٢	٣٧١	٣٧١	٣٥٨	٣٣٩	٣٢٧	٣١٦	٣٠٩	٣٠٥	٣٠٠	٣٠٠	٥٥.٨٥٤
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٩٧٨	١.٨٥٣	١.٧٩٩	١.٧٩٩	١.٧٩٩	١.٧٩٩	١.٧٩٩	١.٧٩٩	٠.٥٠٣

جدول (٩) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلبي *C. vulgaris & S. quadricauda*

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٧٩٣	١٦٤٣	١٤٩١	١٠٧٧	١٠٤٠	١٠٤٠	٨٩٠	٧٦٠	٦٢٠	٦٢٠	٦٢٠	٧١٤.٨٣
الملوحة .%	١١٤٧	١٠٥١	٩٥٤	٦٨٩	٦٦٥	٦٦٥	٥٦٩	٤٨٦	٣٩٧	٣٩٧	٣٩٧	٤٦٠.٥٠
الأس الهيدروجينيpH	٧.٩	٧.٩	٨	٨.٢	٧.٨	٧.٦	٨.٢	٨.٢	٨.٥	٨.٥	٨.٥	٠.٦٢٨
القاعدية الكلية ملغمCaCo٣\التر	٥٠٠	٤٦٠	٤٢٠	٣٩٠	٣٥٠	٣٠٠	٢٨٠	٢٦٠	٢٤٠	٢٤٠	٢٤٠	٢٠٥.٢٩
العسرة الكلية ملغمCaCo٣\التر	٦٠٠	٥٥٠	٥١٠	٤٧٠	٤٣٠	٤٠٠	٣٨٠	٣٦٠	٣٣٠	٣١٠	٣٠٠	١٧٠.٣
عسرة الكالسيوم ملغمCaCo٣\التر	١٤٤	١٣٦	١٢٨	١٢٣	١١٤	١٠٦	٩٨	٩٠	٨٦	٨٠	٨٠	٣٧.٧١٧
عسرة المغنيسيوم ملغمCaCo٣\التر	١٠٢	٩٣	٨٥	٧٨	٧١	٦٦	٦٣	٦٠	٥٥	٥١	٤٩	٢٨.٨٤٦
النتريت ملغم\التر	٤.٣	٤	٣.٧	٣.٣	٢.٩	٢.٤	١.٩	١.٧	١.٥	١.٣	١.٣	١.٩٥٢
النترات ملغم\التر	١٧	١٥.٧	١٤.٣	١٣.٢	١١.٨	١٠.٥	٨.٩	٧.٣	٥.٧	٣.٩	٣	٨.٢٢٧
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	٠.٩	٠.٨	٠.٨	٠.٧	٠.٦	٠.٤	٠.٤	٠.٤	٠.٣	٠.٣	٠.٣	٠.٤٠١
الكبريتات ملغم\التر	٣٨٨	٣٧٩	٣٧٥	٣٦١	٣٥٢	٣٣٣	٣٢٧	٣٠٥	٢٩٨	٢٩١	٢٨٥	٨١.١٢٥
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٨٧٨	١.٦٥٤	١.٤٤٤	١.٢٨٩	١.٢٨٩	١.٢٣٣	١.٢٣٣	١.٢٣٣	٠.٧٠٣

جدول (١٠) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلبي *S. quadricauda & N. palea*

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D تحت
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٢٧٧	١١٨٢	١٠٨٧	٩٩٢	٩١٢	٩٥٠	٩٥٠	٨٣٢	٦٢٢	٦٢٢	٦٢٢	٣٩٠.٩٠
الملوحة .%	٨١٧	٧٥٦	٦٩٥	٦٣٥	٥٨٤	٦٠٨	٦٠٨	٥٣٢	٣٩٨	٣٩٨	٣٩٨	٢٥٠.٦٤
الأس الهيدروجينيpH	٧.٥	٧.٨	٧.٨	٨.٢	٨.٥	٨.٢	٧.٨	٨.٢	٨.٥	٨.٥	٨.٢	٠.١٩٧
القاعدية الكلية ملغمCaCo٣\التر	٣٤٣	٣٢٣	٣٠١	٢٨٠	٢٦٥	٢٤٧	٢٩٩	٢١٥	٢٠١	٢٠١	٢٠١	٨٥.٣٠٥
العسرة الكلية ملغمCaCo٣\التر	٥٥٠	٥٢٩	٥٠٩	٤٩٠	٤٧١	٥٤٣	٤٣٦	٤١٨	٤٠٦	٤٠٠	٤٠٠	٨٩.٥٤
عسرة الكالسيوم ملغمCaCo٣\التر	٨٥	٨٠	٧٦	٧٢	٦٦	٦٢	٥٨	٥٤	٥٤	٥٤	٥٤	١٩.٩٥٨
عسرة المغنيسيوم ملغمCaCo٣\التر	١٠٤	١٠٠	٩٧	٩٤	٩١	٨٧	٨٥	٨١	٧٩	٧٧	٧٧	١٦.١٣٤
النتريت ملغم\التر	٥	٤.٥	٤.٥	٤.٢	٣.٨	٣.٣	٣	٢.٧	٢.٧	٢.٧	٢.٧	١.٧١٧
النترات ملغم\التر	٣٩	٣٦	٣٢	٢٨	٢٥	٢٢	٢٠	١٨	١٦	١٥	١٥	١٤.٧٥٩
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	٢.٥	٢.٣	٢.٢	٢	١.٩	١.٧	١.٦	١.٥	١.٤	١.٣	١.٢	٠.٨٩١
الكبريتات ملغم\التر	٣٥٩	٣٤٧	٣٣٥	٣٢٢	٣١٢	٣٠٢	٢٩٣	٢٨٤	٢٧٥	٢٦٦	٢٦٠	٤٣.٩٠٠
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٩١٣	١.٧٠٧	١.٦٠٠	١.٦٠٠	١.٤٨٨	١.٤٨٨	١.٤٨٨	٠.٥٣٢

جدول (١١) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بطحلبي *C. vulgaris & N. palea*

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D تحت
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٢٢٩	١١٢٨	٩٧٥	٨٤٥	٧٠٥	٦١٧	٥٣٠	٤٩٠	٤٩٠	٤٩٠	٤٩٠	٤٥٩.٦٦٠
الملوحة .%	٧٨٦	٧٢٢	٦ ٢٤	٥٤١	٤٥٣	٣٩٥	٣٣٩	٣١٤	٣١٤	٣١٤	٣١٤	٢٩٣.٨٠
الأس الهيدروجينيpH	٧.٤	٧.٧	٧.٣	٧.٧	٨.٢	٨.٣	٨.٣	٨.١	٧.٨	٨.٢	٨.٢	٠.٥٣٢
القاعدية الكلية ملغمCaCo٣\التر	٣٢١	٢٩٦	٢٦ ٥	٢٣٣	١٩٨	١٧٦	١٧٠	١٧٠	١٧٠	١٧٠	١٧٠	٩٤.٨٢٨
العسرة الكلية ملغمCaCo٣\التر	٢٤٥	٢٣٦	٢٢٥	٢١٣	٢٠٠	١٨٦	١٧١	١٥٩	١٤٧	١٤٠	١٤٠	٦٤.٧٤١
عسرة الكالسيوم ملغمCaCo٣\التر	١١٠	١٠٧	١٠٢	٩٥	٨٦	٧٨	٦٩	٦٥	٦٥	٦٥	٦٥	٣٤.٨٩
عسرة المغنيسيوم ملغمCaCo٣\التر	٣٠	٢٩	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢١	١٨	١٧	١٧	٨.٢٢١
النتريت ملغم\التر	٣.٧	٣.٣	٢.٩	٢.٤	٢.١	١.٨	١.٨	١.٨	١.٨	١.٨	١.٨	١.٢٠٤
النترات ملغم\التر	٩.٣	٨.٦	٧.٩	٧.١	٦.٤	٥.٢	٤.١	٣.٤	٣	٣	٣	٣.٩٦٧
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	٠.٧	٠.٦	٠.٤	٠.٣	٠.٣	٠.٣	٠.٣	٠.٣	٠.٣	٠.٣	٠.٣	١.١٩٢
الكبريتات ملغم\التر	٣١٧	٣٠٨	٢٩٩	٢٩١	٢٨٣	٢٧١	٢٥٨	٢٤٩	٢٤٠	٢٤٠	٢٤٠	٤٨.١٤
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٨٤٢	١.٦٦٩	١.٤٩٦	١.٣٢٣	١.٣٠١	١.٣٠٠	١.٣٠١	١.٣٠١	١.٣٠١	٠.٥٦٣

جدول (١٢) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعقمة والمعاملة بالطحالب الثلاث (المزيج الثلاثي)

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D تحت
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٣٨٤	١٢٨٤	١١٨٣	١٠٨١	٨٨٢	٨٨٢	٧٨١	٦٧٩	٦٣٤	٦١٤	٥٨٩	٤٧٣.٢٧
الملوحة .%	٨٨٦	٨٢٢	٧٥٧	٦٩٢	٥٦٤	٥٦٤	٤١٩	٤٣٤	٤٠٦	٣٩٣	٣٧٧	٣٢٠.٨١
الأس الهيدروجينيpH	٧.٣	٧.٧	٧.٩	٨	٧.٧	٨.١	٨.٣	٨.٥	٧.٩	٨.٨	٨.٤	٠.٨٣٧
القاعدية الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	٤٠٠	٣٧٥	٣٥٣	٣٣١	٣٠٩	٢٨٧	٢٦٣	٢٤١	٢١٩	٢٠٠	٢٠٠	١١٧.٣
العسرة الكلية ملغم$CaCo_3$\التر	٥٠٠	٤٥٠	٤٢٠	٣٩٠	٦٣٠	٣٣٠	٣٠٠	٢٩٠	٢٨٠	٢٧٠	٢٧٠	١٣٧.٠٠٢
عسرة الكالسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	١٠٧	١٠٢	٩٧	٩٢	٨٨	٨٤	٧٩	٧٤	٦٩	٦٣	٦٥	٢٥.٤٣
عسرة المغنيسيوم ملغم$CaCo_3$\التر	٨٨	٧٨	٧٢	٦٧	٦١	٥٥	٤٩	٤٨	٤٧	٤٦	٤٦	٢٤.٥٤٧
النتريت ملغم\التر	٥.٧	٥.٢	٤.٨	٤.٥	٤	٣.٥	٢.٨	٢.٧	٢.٢	٢.٢	٢.٢	٢.٣٣٣
النترات ملغم\التر	٩.٩	٨.٦	٥.١	٥.١	٥.١	٤.٧	٣.٤	٣.٤	٣.٤	٣.٤	٣.٤	٣.٩٣٢
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	٢.٤	٢.٢	٢	١.٦	١.٤	١.٤	١.٣	١.٢	١.١	١.١	١.١	٠.٩٩١
الكبريتات ملغم\التر	٣٨٥	٣٧٢	٣٥٧	٣٤٢	٣٣٦	٣١٩	٣٠٢	٢٩٨	٢٩٤	٢٩٤	٢٩٤	٥٧.١٧٩
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	١.٨٥٣	١.٧٨١	١.١٥١٠	١.١٩١	١.١٩١	١.١٩١	١.١٩١	٠.٦٩٤

جدول (٢٣) قيم بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الفضلات الصناعية غير المعاملة بالطحالب

الفحوصات	قبل المعالجة	اليوم										أقل فرق معنوي L.S.D تحت
		الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	٢٢٠٠	٢١٥٠	٢١١١	٢٠٦٥	٢٠١٠	١٩٧٣	١٩٤٥	١٨٣٥	١٨٢٠	١٨٢٠	١٨٢٠	٢٢٩.٧٨
الملوحة .%	١٤٠٨	١٣٧٦	١٣٥١	١٣٢٢	١٢٨٦	١٢٦٣	١٢٤٥	١١٧٤	١١٦٥	١١٦٥	١١٦٥	١١٣.٩٥
الأس الهيدروجينيpH	٧.٢	٧.٢	٧.٦	٨.٣	٨.٨	٧.٢	٧.٥	٨.٣	٨.٥	٧.٣	٧.٣	١.١٨٣
القاعدية الكلية ملغم٣CaCo\التر	٢٨٠	٢٧٣	٢٦٦	٢٦٦	٢٥٤	٢٤٠	٢٤٠	٢٤٠	٢٤٠	٢٤٠	٢٤٠	٢٥.٣٣٧
العسرة الكلية ملغم٣CaCo\التر	٥٠٠	٤٨٥	٤٧٢	٤٥٩	٤٥٣	٤٣٧	٤٢٠	٤١٥	٤١٥	٤١٥	٤١٥	٥٢.٤٨
عسرة الكالسيوم ملغم٣CaCo\التر	١٤٤	١٤٠	١٤٠	١٣٨	١٣٥	١٣٢	١٣٠	١٣٠	١٢٨	١٢٨	١٢٨	١٠.٥٨
عسرة المغنيسيوم ملغم٣CaCo\التر	٨٠	٧٧	٧٤	٧٢	٧٠	٦٧	٦٥	٦٤	٦٤	٦٤	٦٤	١٠.٥٥
النتريت ملغم\التر	٧.٥	٧.٣	٧.٣	٧.١	٦.٩	٦.٩	٦.٩	٦.٧	٦.٧	٦.٧	٦.٧	٤.٢١
النترات ملغم\التر	١٧	١٦.٦	١٥.٧	١٥.٧	١٥.٢	١٤.٧	١٤.٧	١٤.٧	١٤.٧	١٤.٧	١٤.٧	١.٧٩٣
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	٤	٣.٨	٣.٨	٣.٦	٣.٦	٣.٦	٣.٦	٣.٦	٣.٦	٣.٦	٣.٦	٠.٢٤١
الكبريتات ملغم\التر	٥٢٤	٥١٧	٥١١	٥٠٤	٤٩٨	٤٩٨	٤٩٨	٤٩١	٤٧٥	٤٧٥	٤٧٥	٣٠.٤٠٤
اللون نانوميتر	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	٢.٠٠٠	

جدول (٢٣) النسبة المئوية لإزالة بعض الملوثات من مياه الفضلات الصناعية بوساطة الطحالب

الفحوصات	السيطرة	*C. vulgaris*				*S. quardicuada*				*N. palea*				*C.+ S.*	
		غير معقمة		معقمة		غير معقمة		معقمة		غير معقمة		معقمة			
		الإزالة الكلية	الإزالة الصافية	الإزالة الكلية	الإزالة الصافية	الإزالة الكلية	الإزالة الصافية	الإزالة الكلية	الإزالة الصافية	الإزالة الكلية	الإزالة الصافية	الإزالة الكلية	الإزالة الصافية	الإزالة الكلية	الإزالة الصافية
التوصيلية الكهربائية مايكروسمنس/سم	١٧٪	٨٥٪	٦٨٪	٧٨٪	٦١٪	٧٢٪	٥٥٪	٦٣٪	٤٦٪	٣٨٪	٢١٪	٣٥٪	١٨٪	٦٥٪	٤٨٪
الملوحة .%	١٧٪	٨٥٪	٦٨٪	٧٨٪	٦١٪	٧٢٪	٥٥٪	٦٣٪	٤٦٪	٣٨٪	٢١٪	٣٥%	١٨٪	٦٥٪	٤٨٪
القاعدية الكلية ملغم٣CaCo\التر	١٤٪	٧٩٪	٦٥٪	٦٧٪	٥٣٪	٧٣٪	٥٩٪	٦٦٪	٥٢٪	٥٠٪	٣٦٪	٤٧٪	٣٣٪	٥٢٪	٣٨٪
العسرة الكلية ملغم٣CaCo\التر	١٧٪	٥٣٪	٣٦٪	٤٥٪	٢٨٪	٤٧٪	٣٠٪	٤٤٪	٢٧٪	٣١٪	١٤٪	٢٨٪	١١٪	٥٠٪	٣٣٪
عسرة الكالسيوم ملغم٣CaCo\التر	١١٪	٥٨٪	٤٧٪	٤٤٪	٣٣٪	٥٣٪	٤٢٪	٥٠٪	٣٩٪	٤٢٪	٣١٪	٣٧٪	٢٦٪	٤٤٪	٣٣٪
عسرة المغنيسيوم ملغم٣CaCo\التر	٢٠٪	٥٣٪	٣٣٪	٤٥٪	٢٥٪	٤٤٪	٢٤٪	٤٣٪	٢٣٪	٢٨٪	٨٪	٢٦٪	٦٪	٥٢٪	٣٢٪
النتريت ملغم\التر	١١٪	٨٧٪	٧٦٪	٧٦٪	٦٥٪	٧٧٪	٦٦٪	٦٨٪	٥٧٪	٢٥٪	١٤٪	٢٣٪	١٢٪	٧٠٪	٥٩٪
النترات ملغم\التر	١٣٪	٩٧٪	٨٤٪	٨٣٪	٧٠٪	٩٢٪	٧٩٪	٨١٪	٦٨٪	٣٧٪	٢٤٪	٣٢٪	١٩٪	٨٢٪	٦٩٪
الفوسفات الفعالة ملغم\التر	١٠٪	٩٥٪	٨٥٪	٨٤٪	٧٤٪	٨٥٪	٧٥٪	٧٢٪	٦٢٪	٨٦٪	٧٦٪	٦١٪	٥١٪	٦٦٪	٥٦٪
الكبريتات ملغم\التر	٩٪	٥٦٪	٤٧٪	٤٣٪	٣٤٪	٥١٪	٤٢٪	٤٢	٣٣٪	٢٦٪	١٧٪	٢١٪	١٢٪	٢٦٪	١٧٪
اللون نانوميتر	٠٪	٥٧٪		٤٩.٦٪		٥٤٪		٤٧٪		٢٥٪		١٧٪		٤٣٪	