مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (36) العدد (1) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (36) No. (1) 2014

إزالة النفط من سطح المياه باستخدام الطحالب البحرية

الدكتور حازم كراوي*
الدكتور أحمد قره علي**

(تاريخ الإيداع 24 / 11 / 2013. قُبِل للنشر في 14 / 2 /2014)

□ ملخّص □

تهدف هذه الدراسة إلى إلقاء الضوء على استخدام الطحالب البحرية ورقائق البولي بروبلين لإزالة النفط الخام من مياه البحر السطحية. حدد زمن الامتصاص الأمثل و السعة الامتصاصية لهذه المواد في حمام نفط/ماء ونفط فقط بدون ماء لثلاثة أنواع من النفط ذات لزوجة مختلفة. ارتبطت القدرة على إزالة النفط من سطح مياه البحر ببنية المادة الماصة وخواص سطحها إضافة إلى كمية وخواص النفط وبشكل خاص لزوجته.

بينت الدراسة أن زيادة زمن الامتصاص لا يؤثر على السعة الامتصاصية للمواد المدروسة بوجود نوعي النفط ذي اللزوجة المنخفضة والمتوسطة (LV و MV)، بينما ازدادت السعة الامتصاصية لهذه المواد عند زيادة زمن الامتصاص إلى 30 دقيقة بوجود الفيول HV. تجاوزت القدرة الامتصاصية للطحلب *Enteromorpha* القدرة الامتصاصية للطحالب البحرية الأخرى، بينما سجلت رقائق البولي بروبلين أعلى سعة امتصاصية. ازدادت السعة الامتصاصية للمواد المدروسة بشكل عام مع ازدياد لزوجة النفط. تشابهت السعات الامتصاصية للمواد المدروسة بوجود النفط فقط مع السعات الامتصاصية لهذه المواد بوجود النفط والماء.

تبين هذه النتائج إمكانية استبدال المواد المصنعة المستخدمة لإزالة النفط من الأوساط البحرية باستخدام الطحالب البحرية كونها ذات سعة امتصاصية عالية نسبياً.

الكلمات المفتاحية: مواد ماصة للنفط، مراقبة التلوث بالنفط، مكافحة حوادث النفط, استرداد النفط المتسرب

* مدرس– قسم الكيمياء البحرية – المعهد العالي للبحوث البحرية– جامعة تشرين اللاذقية– سورية.
** مدرس– قسم الكيمياء البحرية– المعهد العالي للبحوث البحرية– جامعة تشرين اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (36) العدد (1) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (36) No. (1) 2014

Removing crude oil from water surface by using marine algae

Dr. Hazem Krawi*
Dr. Ahmed Kara-Ali**

(Received 24 / 11 / 2013. Accepted 14 / 2 /2014)

□ ABSTRACT □

The aim of this study is to highlight the potential use of marine algae as well as polypropylene for the removal of crude oil from surface seawater.

The determination of optimal sorption time and sorption capacity of the materials in oil/water bath and oil bath without water in presence of three oils of different viscosity were investigated. The capacity of oil removal from seawater was related to structure and surface properties as well as oil amount and oil properties especially, its viscosity.

The results revealed that the extension of absorption time does not influence absorption capacity of the examined sorbents in presence of both oils of low and middle viscosity (LV and MV). Nevertheless, the sorption capacity was increased by extending the absorption time to 30 min. For high viscose oil (HV). The sorption capabilities of Enteromorpha exceeded those observed for all of the other algae, while polypropylene fiber showed the highest capacity. Overall, the sorption capacity of the studied sorbents increased with increasing oil viscosity. The absorption capacities of studied materials in the oil bath and oil/water bath were comparable.

The results suggested that substitution of synthetic oil sorbents used in Syria by marine algae is possible in oil removal, which have relatively high sorption capacity.

Key words: oil sorbents; oil pollution control; oil spill cleanup; oil spill recovery

*Assistant Professor, Marine chemistry department, high institute of marine research, Tishreen University Lattakia, Syria
**Assistant Professor, Marine chemistry department , high institute of marine research, Tishreen University Lattakia, Syria

مقدمة:

يعدّ النفط واحداً من أهم مصادر الطاقة في العالم، ولكن التنقيب عنه ونقله وتخزينه واستخدامه يمكن أن يسبب أضراراً بيئية هائلة. يتعرض النفط المتسرب إلى البيئة البحرية لعدة عمليات كالانتشار والانجراف والتبخر والانحلال والأكسدة الضوئية والتفكك الحيوي وتشكل المستحلبات (Daling and Strom, 1999). يقلل انتشار النفط من سماكة البقعة النفطية، بينما يرفع التبخر وتشكل المستحلبات من كثافة ولزوجة النفط المتبقي على سطح الماء.

تستخدم تقنيات عدة لإزالة النفط الطافي على سطح المياه كاستخدام المشتتات الكيميائية (Corexit 9572 and 9500) التي تعزز التشتت الطبيعي للنفط وتتأثر فعاليتها بنوع النفط وحرارة وملوحة المياه (Moles et al., 2002) والمعالجة الحرارية والتي يمكنها إزالة كمية كبيرة من النفط الطافي على سطح المياه تصل حتى 90% (Buist , 2003) و المعالجة الحيوية بإضافة المواد المغذية التي تعزز قدرة البكتيريا على تفكيك النفط (Maki, H., 2003). أما المعالجة الميكانيكية والتي ينصح بها كونها تزيل النفط من البيئة البحرية وتُجنب بذلك الأضرار الناجمة عن المعالجة الكيميائية والحرارية، حيث تستخدم لذلك وسائل متعددة كالحواجز النفطية لحصر النفط وتجميعه والكاشطات والمضخات لإزالة النفط الطافي على سطح المياه (Institut of Petroleum, 1975). تستخدم المواد الماصة للنفط لإزالة بقايا البقع النفطية الطافية على سطح المياه أو لإزالة النفط من المناطق الشاطئية القليلة العمق أو المناطق البحرية التي لا يمكن للكاشطات الوصول إليها (Doerffer, 1992). يساعد إضافة المواد الماصة إلى منطقة التسرب النفطي على تحويل النفط من الحالة السائلة إلى الحالة شبه الصلبة وبالتالي يمكن إزالته بسهولة عبر إزالة المواد الماصة (Doerffer, 1992). ينبغي أن تتمتع المواد الماصة بسعة امتصاصية عالية (محبة للنفط وكارهة للماء) وقدرة طفو جيدة وقدرة كافية على الاحتفاظ بالنفط الممتص وسهولة استرداد النفط الممتص وإمكانية استخدامها مرة أخرى إضافة إلى مقاومتها الفيزيائية والكيميائية العالية ضد التحلل الضوئي والهجوم الكيميائي (Radetic et al., 2008; Lim and Huang, 2007). يوجد ثلاثة أنواع رئيسة من المواد الماصة هي: منتجات معدنية لاعضوية و منتجات عضوية مصنعة و منتجات عضوية طبيعية (Teas et al. 2001). معظم المواد الماصة التجارية المتوافرة حالياً هي مواد مصنعة ذات إلفة عالية للنفط بسبب طبيعتها الكارهة للماء وتمتاز بقدرة طفو عالية إلا أن تحللها الحيوي الرديء جعلها أقل أهمية بالمقارنة مع بعض المواد الماصة الطبيعية (Johnson, 1973). دفع ذلك الكثير من الباحثين للاهتمام بالمواد الماصة الطبيعية العضوية منها واللاعضوية (Banerjee et al., 2006; Krawi, 2006; Mysore et al., 2004). على الرغم من كفاءة الامتصاص المنخفضة للمواد الطبيعية وقدرتها الضعيفة على الطفو بالمقارنة مع المواد المصنعة إلا أن إمكانية تحللها الحيوي ورخص ثمنها جعلها أكثر ملائمةً لمكافحة حوادث تسرب النفط المحدودة (Suni et al., 2004).

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى استخدام بعض أنواع الطحالب البحرية في مكافحة حوادث التلوث النفطي لمياه البحر واختبار مدى قدرة هذه المواد على امتصاص أنواع من النفط ذات لزوجة مختلفة وكميات مختلفة للحد من التأثيرات الضارة للمركبات النفطية على البيئة البحرية بشكل عام وذلك بالحد من انتشارها بإزالتها مباشرة باستخدام المواد الماصة المدروسة وبالتالي التقليل من آثارها الاقتصادية السلبية في حال وصول البقعة النفطية إلى مناطق ذات أهمية اقتصادية (المواقع السياحية، المرافئ، المحميات البحرية).

تم تنفيذ هذا البحث في مخابر المعهد العالي للبحوث البحرية – جامعة تشرين وكانت مدة البحث سنة واحدة.

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث اختبار السعة الامتصاصية لبعض الطحالب البحرية التي جمعت من أماكن عدة من الشاطئ السوري (عباس، 1992):

1. *Enteromorpha compressa* التي تنتمي لشعبة الطحالب الخضراء Chlorophyta رتبة Ulvales
2. *Sargassum vulgare* تنتمي لشعبة الطحالب الذهبية Chrysophyta صف الطحالب السمراء phaeophyta رتبة Scytosiphonales
3. *Stypopodium schimperi* تنتمي لشعبة الطحالب الذهبية Chrysophyta صف الطحالب السمراء phaeophyta رتبة Dictyotales
4. *Hypnea musciformis* شعبة الطحالب الحمراء Rhodophyta رتبة Gigartinales
5. رقائق البولي بروبلين (polypropylene) وهي مادة عضوية مصنعة تستخدم في إزالة النفط في سوريا ويعتبر من المواد الماصة التجارية الأكثر انتشاراً لمعالجة البقع النفطية (Lim and Huang, 2007).

المحاليل العضوية المستخدمة لتنفيذ التجارب هي: الأسيتون ونظامي الهكسان وثنائي كلور الميتان لتنظيف الأدوات الزجاجية المستخدمة من بقايا النفط.

استخدم لتنفيذ تجارب اختبار السعة الامتصاصية ثلاثة أنواع من النفط الخام ذات لزوجة مختلفة كما هو مبين في الجدول (1)، والتي تم الحصول عليها من شركة مصفاة بانياس.

الجدول (1) مواصفات أنواع النفط المستخدمة

نوع النفط	رمز النفط	اللزوجة (cSt)	درجة الحرارة (C°)	الكثافة (kg/m^3)
نفط خفيف	LV	2.7	40	839.0
نفط ثقيل	MV	22	40	911.2
فيول	HV	98.4	100	998.0

تم تجفيف الطحالب البحرية المختبرة في هذا البحث في الهواء الطلق حتى ثبات الوزن، وتمت المحافظة على المظهر الطبيعي للطحالب المجففة ولم تخضع لأي معالجة إضافية. أما رقائق البولي بروبلين فقد كانت على شكل شرائح بسماكة 0.3 Cm .

- تأثير زمن الامتصاص على السعة الامتصاصية:

استخدمت بياشر زجاجية سعة 250 ml لتحديد زمن الامتصاص الأمثل للمواد الماصة للنفط المدروسة في هذا البحث، حيث ملئت بـ 100 g من كل نوع من أنواع النفط المستخدمة كل على حدة، ثم أضيف 1 g من المادة الماصة. وضعت البياشر على هزاز آلي سرعته بحدود 100 rpm. تم تطبيق أزمنة امتصاص مختلفة (10, 30 ,120 min) ونفذت التجارب بتكرارية ثلاث مرات. أخرجت بعد ذلك المادة الماصة المبللة بالنفط وتم تصفيتها لمدة دقيقة واحدة ثم وزنت بعد ذلك وهي الطريقة المتبعة من قبل الكثير من الباحثين

(Johnson, 1973; Choi, 1992; Teas, 2001 ; Lim and Huang, 2007) ، بينما اعتمد بعض الباحثين على رسم منحني تغيرات الامتصاصية بدلالة الزمن (Radetic et al., 2008; Aisen et al., 2002). حددت كمية النفط الممتصة بطرح وزن المادة الماصة المضافة (1 g) من الوزن الكلي للمادة الماصة المبللة بالنفط وفق العلاقة (Teas, 2001):

$$S_{oil}(\text{g oil/ 1 g sorbent}) = S_T - S_A \qquad (1)$$

حيث S_T: الوزن الكلي (g) للمادة الماصة (المادة الماصة + النفط الممتص) وS_A: وزن المادة الماصة (1 g)

- الامتصاص من وسط يحتوي على نفط/ماء بحر:

وضع حوالي 500 g من ماء البحر ذي ملوحة ‰ 38 (من منطقة المعهد العالي للبحوث البحرية) في قمع زجاجي اسطواني الشكل ثم أضيفت كميات مختلفة من النفط (10 , 30 ,50 g) فوق الطبقة المائية (Teas, 2001)، ثم أضيف 1 g من المادة الماصة للنفط. وضع القمع على حامل مناسب مثبت على هزاز آلي ورجت العينات لمدة 30 min بسرعة 100 rpm. سحبت بعد ذلك المادة الماصة المبللة بالنفط من الوسط وتركت لمدة دقيقة واحدة فوق القمع لتصفيتها (Choi, 1992). حسبت كمية النفط الممتصة على المادة المدروسة باستخدام العلاقة التالية:

$$S_{oil}(\text{g oil/ 1 g sorbent}) = S_T - S_W - S_A \qquad (2)$$

حيث S_T: الوزن الكلي(g) للمادة الماصة (المادة الماصة + النفط الممتص + الماء الممتص)

S_A: وزن المادة الماصة (g) و S_W: وزن الماء الممتص (g)

امتصت الطحالب البحرية كمية قليلة من الماء و بدرجات متفاوتة، في حين امتصت رقائق البولي بوبلين كمية أقل من الماء كونها من المواد الكارهة للماء، ورغم ذلك بقيت هذه المواد الماصة المبللة بالنفط طافية على سطح المياه. حددت كمية الماء الممتصة من خلال الفرق بين كمية الماء المضافة وكمية الماء المتبقية (Krawi, 2006) وهي أبسط الطرق المتبعة لتحديد كمية الماء الممتص، علماً أن طريقة التحليل بتقنية التقطير باستخدام المحلات العضوية هي أكثر دقة (Teas, 2001) ولكن لا يمكن تطبيقها حالياً في مخبرنا.

- الامتصاص من وسط يحتوي على نفط فقط:

تستخدم المواد الماصة أيضاً لإزالة النفط من مناطق خالية من الماء وبالتالي على تماس مع مواد أخرى, حيث من المنتظر أن تتغير قدرة امتصاص النفط باختلاف وسط الامتصاص. نفذت التجارب(في درجة حرارة المخبر 25 °c) في وعاء زجاجي حاوي على 100 ml من النفط, أضيف إليها 1 g من المادة الماصة, ثم وضعت على هزاز آلي لمدة 30 min بسرعة 100 rpm. أخرجت بعد ذلك المادة الماصة المبللة بالنفط وتم تصفيتها لمدة دقيقة واحدة، ثم وزنت بعد ذلك. حددت كمية النفط الممتصة باستخدام العلاقة (1).

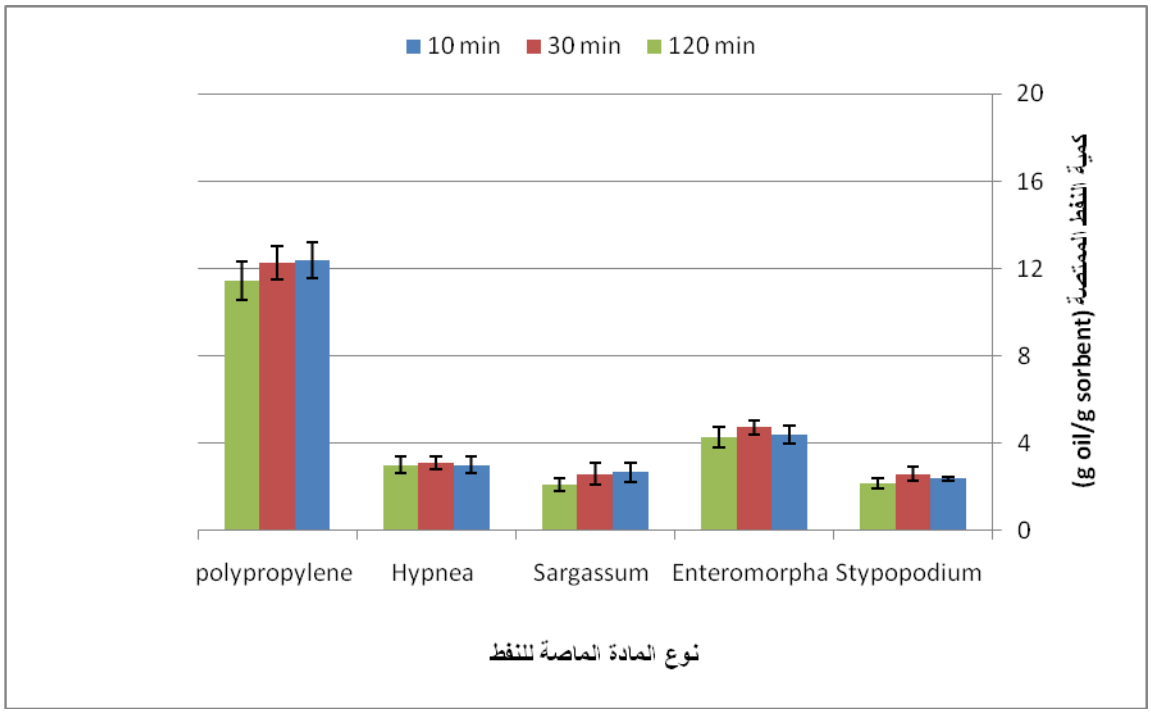
النتائج والمناقشة:

- تأثير زمن الامتصاص على السعة الامتصاصية:

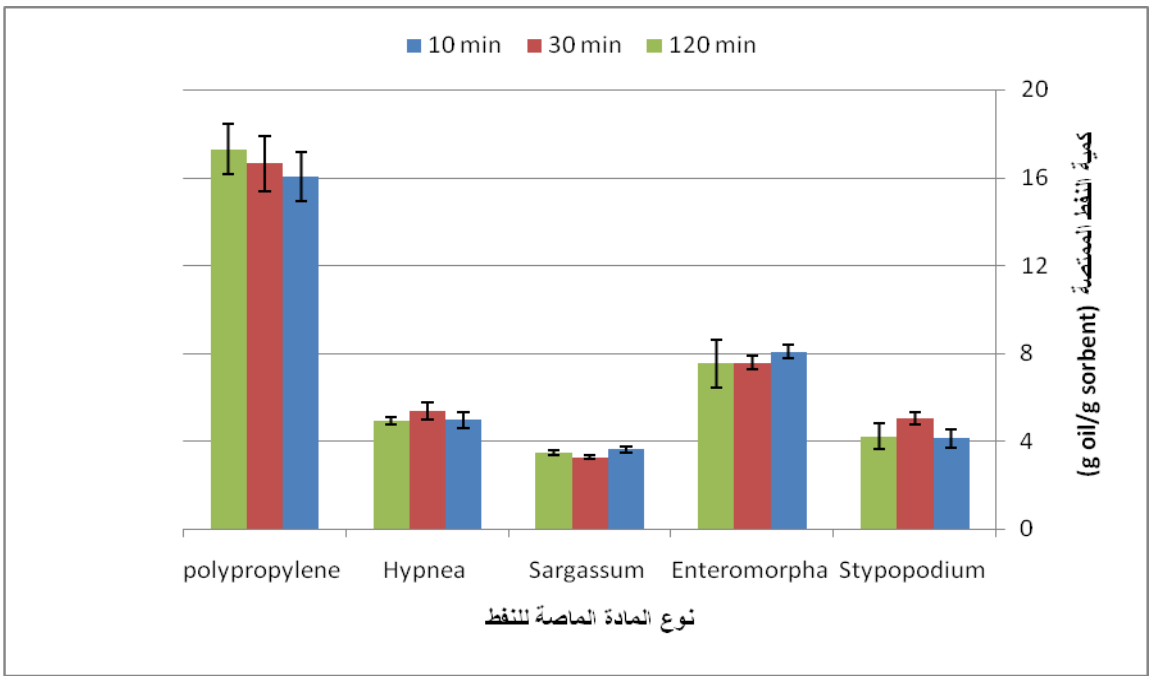
تهدف هذه التجارب إلى اختبار فيما إذا كانت زيادة زمن الامتصاص يؤثر على سعة الامتصاص للمواد الماصة المدروسة إضافة إلى تحديد زمن الامتصاص الأمثل لها، والذي عنده تستطيع المادة امتصاص أكبر كمية من

النفط. يظهر (الشكل 1) سعة الامتصاص الوسطى للمواد الماصة المدروسة بوجود النفط ذو اللزوجة المنخفضة LV، كما تشير أشرطة الخطأ إلى الانحراف المعياري. نلاحظ أن قيم الامتصاص للطحالب االبحرية ورقائق البولي بروبلين ثابتة نسبياً بوجود هذا النفط عند كل أزمنة الامتصاص. يمتص هذا النفط على الطحالب البحرية بسرعة كبيرة نظراً للزوجته المنخفضة ويتوزع بشكل متجانس على سطوح الطحالب ويجري بمعدلات عالية ضمن الفراغات التي يشكلها الطحلب *enteromorpha* ذي المشرة الأنبوبية الشعرية المتفرعة وطحلب *Hypnea* التي تتكون مشرته من فروع اسطوانية لحمية متشابكة (عباس، 1992)، كما يتغلغل هذا النوع من النفط بسرعة كبيرة ضمن مسامات رقائق البولي بروبلين. كما هو منتظر بلغت المواد الماصة المدروسة سعتها الامتصاصية الأعظمية بسرعة بعد إضافتها إلى الوسط وبالتالي لم تؤثر زيادة زمن الامتصاص على سعة الامتصاص لهذه الطحالب وهذا ما أكدته الدراسة الإحصائية (الجدول 2).

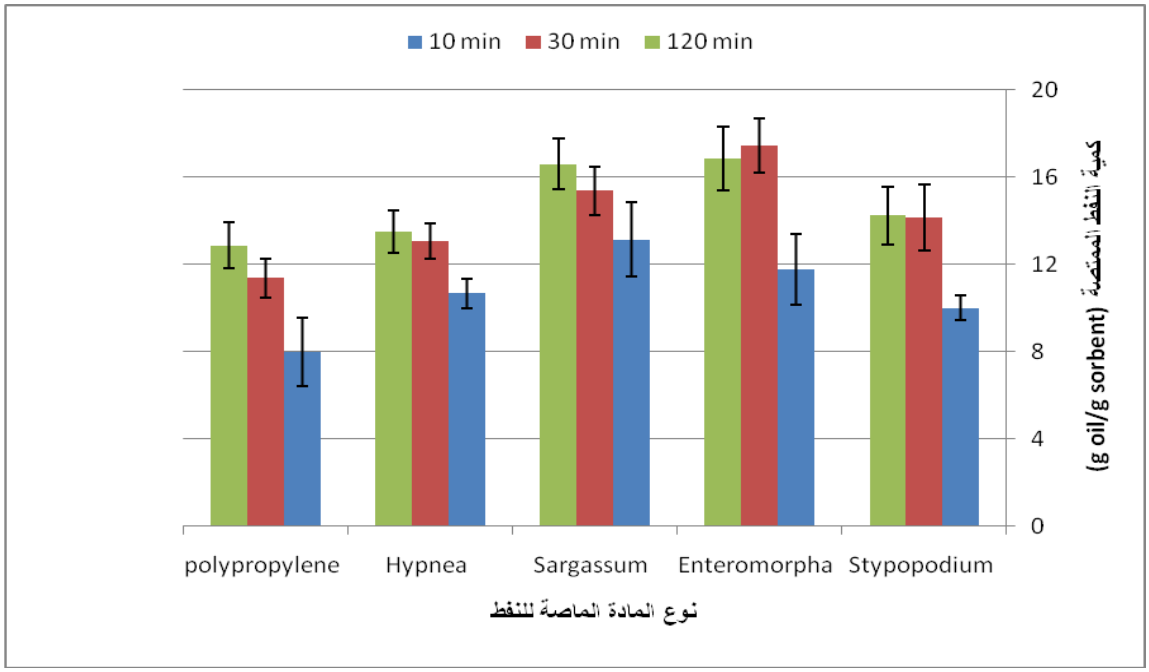
امتص النفط MV أيضاً بسرعة على سطوح المواد الماصة المختبرة إلا أنه جرى وبسبب لزوجته الأعلى ببطء ضمن فراغات كل من *enteromorpha* و *Hypnea* ومسامات رقائق البولي بروبلين إلا أننا لم نلاحظ علاقة ترابط بين السعة الامتصاصية وزمن الامتصاص، حيث إن زيادة زمن الامتصاص من 10 دقائق إلى 120 دقيقة لم تؤثر على كمية النفط الممتصة بوجود هذا النوع من النفط (الشكل 2). على الرغم من ظهور تباين طفيف في القيم الوسطى لكمية النفط الممتصة على *Stypopodium* و رقائق البولي بروبلين عند أزمنة الامتصاص المختلفة إلا أن الدراسة الإحصائية لم تظهر أي اختلاف ذي أهمية (الجدول 2). على نقيض ذلك لم تكن 10 دقائق كزمن امتصاص كافية لوصول الطحالب البحرية إلى سعتها الامتصاصية الأعظمية بوجود النفط HV نظراً للزوجته العالية التي أعاقت تبلل الطحالب بالنفط بسرعة كما هو الحال بوجود النوعين السابقين من النفط, ولكن مع زيادة زمن الامتصاص من 10 دقيقة إلى 30 أو 120 دقيقة ازدادت كمية النفط الممتصة مع بقاء جزء من الطحالب طاف على السطح وغير مبلل بالنفط لعدم قدرتها على اختراق طبقة النفط ذي اللزوجة العالية (الشكل 3). يمكن من خلال هذه النتائج اعتبار زمن الامتصاص عشر دقائق لنوعي النفط LV و MV كافياً لوصول المواد الماصة المدروسة إلى سعتها الامتصاصية الأعظمية. بينما تحتاج هذه المواد إلى زمن امتصاص 30 دقيقة على الأقل لتصل إلى سعتها الامتصاصية الأعظمية بوجود النفط HV العالي اللزوجة.



الشكل (1) السعة الامتصاصية للمواد المدروسة بوجود النفط LV عند أزمنة الامتصاص المختلفة. تظهر أشرطة الخطأ الانحراف المعياري للقيم المقاسة (n=3 لكل زمن امتصاص).



الشكل (2) السعة الامتصاصية للمواد المدروسة بوجود النفط MV عند أزمنة الامتصاص المختلفة. تظهر أشرطة الخطأ الانحراف المعياري للقيم المقاسة (n=3 لكل زمن امتصاص).



الشكل (3) السعة الامتصاصية للمواد المدروسة بوجود الفيول HV عند أزمنة الامتصاص المختلفة.
تظهر أشرطة الخطأ الانحراف المعياري للقيم المقاسة (n=3 لكل زمن امتصاص).

أظهرت نتائج المقارنة الإحصائية (T-test الثنائي الجانب عند مستوى الدلالة 0.05) لقيم الامتصاص عند أزمنة الامتصاص المختلفة وبوجود أنواع النفط الثلاثة (الجدول 2) عدم وجود اختلاف إحصائي ذي أهمية بالنسبة للنفط LV و MV عند زيادة زمن الامتصاص من 10 دقيقة إلى 30 أو 120 دقيقة، حيث أظهرت الدراسة الإحصائية عدم وجود اختلاف مهم في قيم الامتصاص عند أزمنة الامتصاص المختلفة باستثناء الطحالب *Stypopodium* التي أظهرت قيم امتصاص أعلى إحصائياً عند زمن امتصاص 30 دقيقة مما هي علية عند 10 دقائق. على خلاف ذلك كانت قيم الامتصاص عند 30 و 120 دقيقة أعلى إحصائياً مما هي عليه عند عشر دقائق لكل المواد الماصة عدا (*Sargassum*) بوجود الفيول HV العالي اللزوجة، بينما لم يرصد اختلاف جوهري في قيم الامتصاص لهذه المواد بين زمني الامتصاص 30 و 120 دقيقة.

بمقارنة هذه النتائج مع الدراسات العالمية نجد أن زمن تماس خمس دقائق للنفط مع القطن أو الألياف السيللوزية كان كافياً للوصول إلى السعة الامتصاصية الأعظمية (Johnson el al., 1973). تطابق ذلك مع نتائج (Schatzberg, 1971)، الذي لاحظ امتصاصاً سريعاً للنفط على معظم المواد الماصة التي درسها (مواد سيللوزية طبيعية و مواد بوليميرية مصنعة) والتي بلغت سعتها الامتصاصية الأعظمية بعد خمس دقائق. أظهرت دراسة أخرى أن زمن امتصاص عشر دقائق كاف لوصول حشيشة اللبن (milkweed ذو البنية المجوفة ونسبة عالية من المواد الشمعية) إلى سعتها الامتصاصية الأعظمية ولم تتحسن امتصاصية هذه المادة عند زيادة الزمن التماس إلى 30 و 60 دقيقة (Choi, 1992). عند دراسة آلية الامتصاص للكاربامايد فورم الدهيد (carbamid formaldehyde foam) تم الوصول إلى السعة الامتصاصية الأعظمية بعد مرور دقيقتين (Feklistov, 1996). على خلاف ذلك أظهر المطاط المعاد تدويره زيادة سريعة في كمية النفط الممتصة خلال العشرين دقيقة الأولى من التجربة ثم انخفضت سرعة الامتصاص بشكل كبير ولم يصل إلى حالة التوازن إلا بعد مرور 30 دقيقة (Aisen et al., 2002).

الجدول (2) الاختبار الإحصائي لقيم الامتصاص للطحالب البحرية المدروسة خلال أزمنة امتصاص مختلفة وفق الاختبار T-test الثنائي الجانب عند مستوى الدلالة 0.05.

زمن الامتصاص	الطحالب البحرية	نوع النفط		
		النفط الخفيف	النفط الثقيل	فيول
10 min and 30 min	*Stypopodium schimperi*	−	+	+
10 min and 120 min		−	−	+
30 min and 120 min		−	−	−
10 min and 30 min	, *Enteromorpha compressa*	−	−	+
10 min and 120 min		−	−	+
30 min and 120 min		−	−	−
10 min and 30 min	*Sargassum vulgare*	−	−	−
10 min and 120 min		−	−	+
30 min and 120 min		−	−	−
10 min and 30 min	*Hypnea musciformis*	−	−	+
10 min and 120 min		−	−	+
30 min and 120 min		−	−	−
10 min and 30 min	رقائق البولي بروبلين	−	−	+
10 min and 120 min		−	−	+
30 min and 120 min		−	−	−

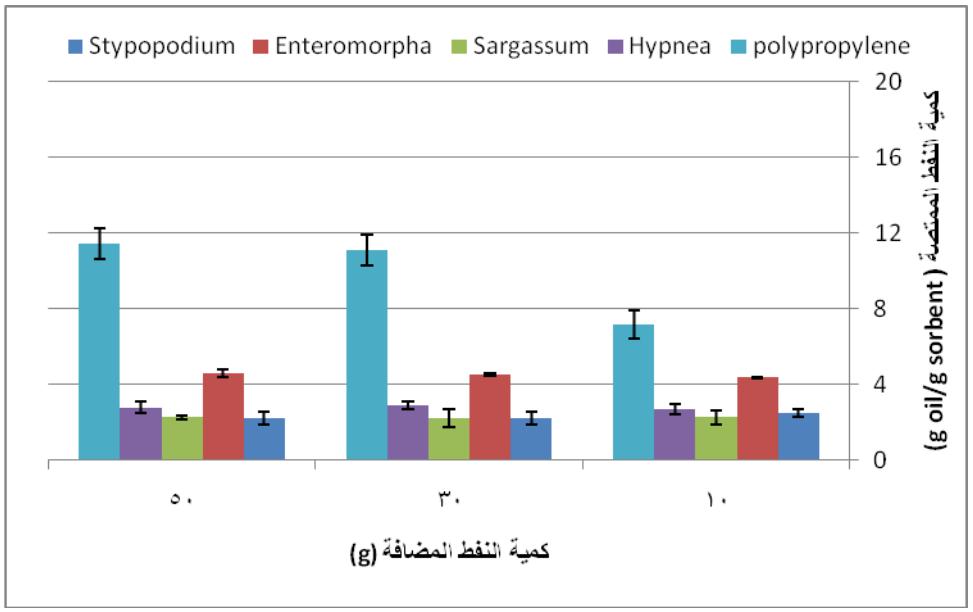
Significant = + not Significant = −

- الامتصاص من وسط يحتوي على نفط/ماء بحر:

يبين (الشكل4)السعات الامتصاصية للمواد الماصة المدروسة بوجود النفط LV (عند زمن امتصاص 30دقيقة)، حيث سجلت رقائق البولي بروبلين أعلى سعة الامتصاصية وبلغت حوالي 11.47 g/g وأخفضها للطحلب *Stypopodium* وبلغت سعته الامتصاصية حوالي 2.4 g/g. عند إضافة المواد المدروسة إلى الوسط امتصت النفط على سطوحها وتغلغل بمعدلات عالية ضمن مسامات رقائق البولي بروبلين وفراغات *enteromorpha* و *Hypnea* بفعل قوى التجاذب بين النفط والمواد الماصة ، حيث تقود هذه القوى لتغلل النفط ضمن البنية المسامية للبولي بروبلين (Teas, 2001) والفراغات المتولدة في بينية *Hypnea* كونها غزيرة التفرع. عند إزالة المواد الماصة المبللة بالنفط من الوسط وتصفيتها لم تستطع الاحتفاظ بالنفط الممتص، حيث تخلت عن كمية مهمة منه نظراً للزوجة النفط المنخفضة وبالتالي قدرته الضعيفة على الالتصاق على سطوح المواد الماصة (Choi, 1992). لم تقد زيادة كمية النفط المضافة إلى رفع السعة الامتصاصية للطحالب البحرية، حيث أبدت هذه المواد الماصة وعند مختلف كميات النفط المضافة ثباتية نسبية كون سعتها الامتصاصية أدنى من 10 g وهي أقل كمية نفط مضافة. على خلاف ذلك ارتفعت السعة

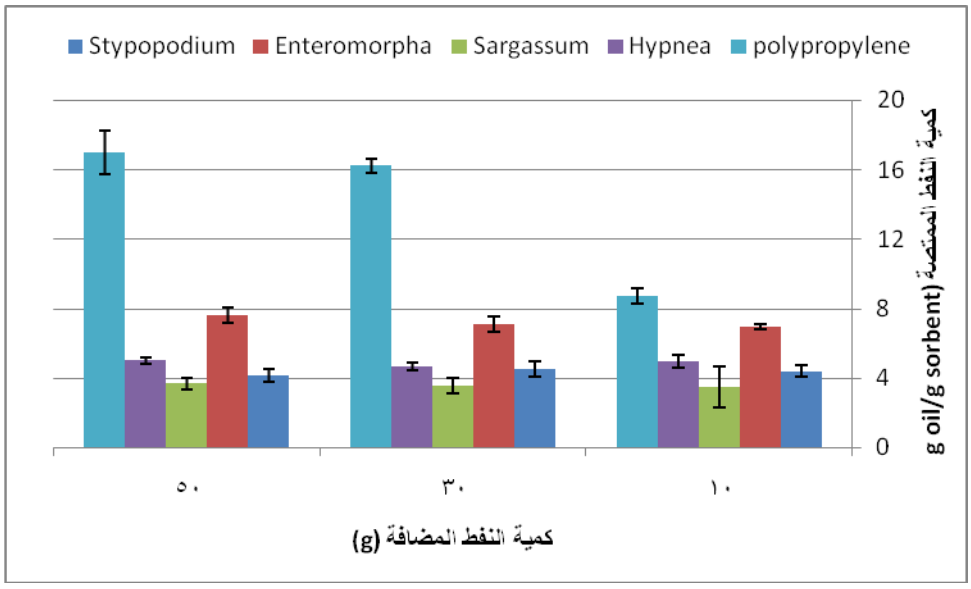
الامتصاصية لرقائق البولي بروبلين عند زيادة كمية النفط المضافة إلى 30 g أو 50 g لتوفر النفط في الوسط والسعة الامتصاصية المرتفعة لهذه المادة.

نلاحظ من (الشكل 5) الذي يبين السعات الامتصاصية للمواد الماصة المدروسة بوجود النفط الخام MV ذي اللزوجة الأعلى أن السعة الامتصاصية لرقائق البولي بروبلين كانت الأعلى وبلغت حولي 17 g/g تبعها الطحلب *enteromorpha* في حين سجل طحلب *Sargassum* أدنى سعة امتصاصية وبلغت حولي 3.7 g/g. انتقل النفط MV بسرعة إلى سطوح المواد الماصة وتغلل ضمن مسامات البولي بروبلين وفراغات *enteromorpha* و*Hypnea* بسرعة أبطأ من النفط LV بسبب اللزوجة الأعلى للنفط MV وهذا ما أدى إلى إطالة عملية امتصاصه. يعود انخفاض كمية النفط الممتصة على رقائق البولي بروبلين و الطحلب*enteromorpha* في حالة 10 g إلى أن الوسط يحتوي على كمية نفط أقل من السعة الامتصاصية لكلتا المادتين. حافظت المواد الماصة الأخرى على سعات امتصاصية ثابتة نسبياً عند مختلف كميات النفط المضافة لأن الوسط يحتوي على كمية نفط تفوق سعتها الامتصاصية.



الشكل (4) السعة الامتصاصية للمواد المدروسة بوجود كميات مختلفة من النفط LV ومياه البحر.
تظهر أشرطة الخطأ الانحراف المعياري للقيم المقاسة (n=3 لكل زمن امتصاص).

عند إزالة المواد الماصة المبللة بالنفط من الوسط وتصفيتها تخلت عن كمية أقل من النفط بالمقارنة مع النفط LV ويعود ذلك إلى اللزوجة الأعلى للنفط MV والتي تعزز قدرة التصاقه على سطوح المواد وتبطئ جريانه من المادة الماصة وبالتالي الاحتفاظ به بصورة أفضل على سطوحها وفي مسامات رقائق البولي بروبلين وفراغات *enteromorpha* و*Hypnea* . لهذا السبب كانت السعات الامتصاصية لجميع المواد الماصة المدروسة أعلى بوجود هذا النفط (MV).

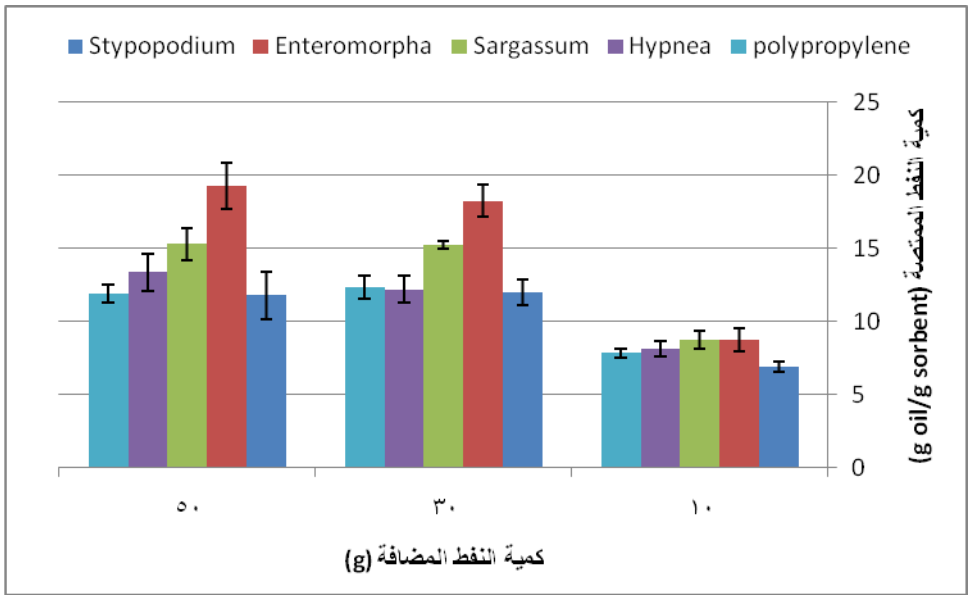


الشكل (5) السعة الامتصاصية للمواد المدروسة بوجود كميات مختلفة من النفط MV ومياه البحر.
تظهر أشرطة الخطأ الانحراف المعياري للقيم المقاسة (n=3 لكل زمن امتصاص).

أظهرت المواد الماصة المدروسة بوجود النفط الخام HV العالي اللزوجة ومياه البحر أعلى قيم امتصاص بالمقارنة مع نوعي النفط السابقين (الشكل 6). أبدى *enteromorpha* أعلى سعة امتصاصية بالمقارنة مع المواد الماصة الأخرى بوجود هذا النوع من النفط. وحدها رقائق البولي بروبلين كانت سعتها الامتصاصية أقل مما هي عليه بوجود النفط MV الأقل لزوجة يعود السبب إلى أن ارتفاع الزوجة أعاقت انغماس رقائق البولي بروبلين فيه ولم يلتصق النفط إلا على الجزء السفلي للرقائق الذي على تماس مع النفط، كما أن اللزوجة العالية للنفط أعاقت تغلغل النفط ضمن مسامات هذه الرقائق.

ازدادت بشكل عام كمية النفط الممتصة بازدياد كمية النفط المضافة. شكل هذا النوع من النفط بسبب لزوجته العالية وقدرته الكبيرة على الالتصاق على السطوح كتلة متماسكة (coherent mass) مع الطحالب البحرية المدروسة وهذا ما أدى إلى ارتفاع قيم الامتصاص. لوحظ أيضاً بقاء الطحالب البحرية المدروسة على سطح النفط خلال الدقائق الأولى ثم شكلت بعد ذلك كتلة متماسكة مع النفط وبقاء أجزاء منها غير مبللة. يعود انخفاض الفروق في السعة الامتصاصية بين المواد المدروسة بوجود هذا النوع من النفط إلى الزوجة المرتفعة التي أعاقت تغلغل النفط ضمن مسامات وفراغات المواد الماصة (Krawi, 2006)

شكل النفط HV طبقة فاصلة بين المواد الماصة والماء مما منع تماسها مع الماء وبالتالي انخفضت كمية الماء الممتصة بالمقارنة مع التجارب التي نفذت بوجود الأنواع الأخرى من النفط.



الشكل (6) السعة الامتصاصية للمواد المدروسة بوجود كميات مختلفة من النفط HV ومياه البحر.
تظهر أشرطة الخطأ الانحراف المعياري للقيم المقاسة (n=3 لكل زمن امتصاص).

تبين هذه النتائج التجريبية أن السعة الامتصاصية لرقائق البولي بروبلين و *enteromorpha* أعلى من السعة الامتصاصية للطحالب البحرية الأخرى بسبب إمكانية تغلغل النفط ضمن البنية المسامية لرقائق البولي بروبلين وضمن فراغات هذه الطحالب ذات بنية أنبوبية متفرعة, وذلك وفق ظاهرة الانتشار والخاصة الشعرية (Krawi, 2006). كما تلعب لزوجة النفط دوراً مهماً عند تحديد السعة الامتصاصية للمواد الماصة وبرهنت العديد من الدراسات هذا الدور (Krawi, 2006 ; Teas, 2001).

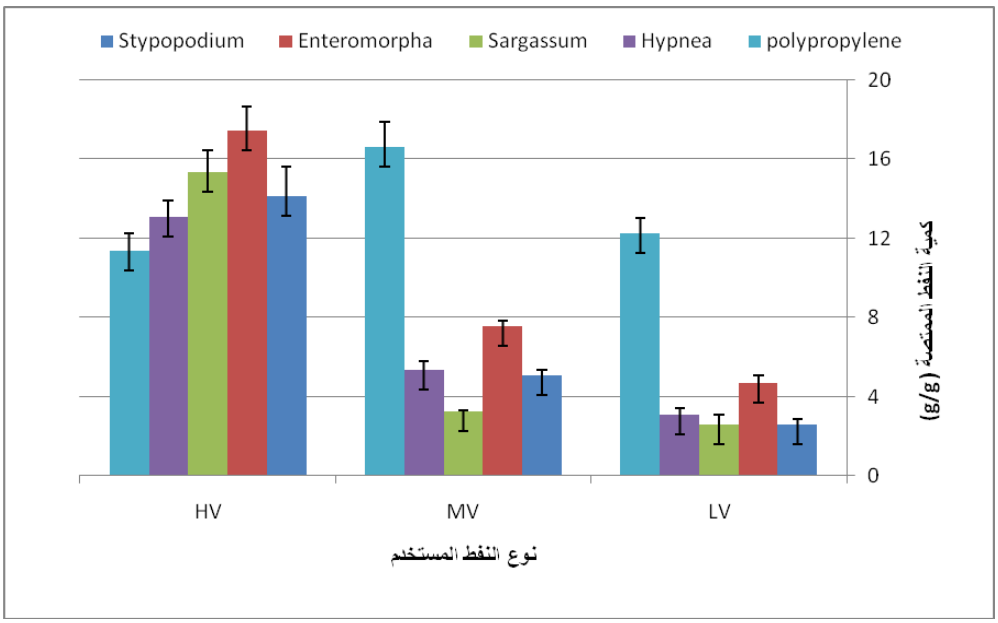
تجري عملية الامتصاص على المواد الماصة بفعل قوى فاندرفالس وعبر التأثيرات المتبادلة كقوى التجاذب الأليوفيلية بين النفط والمادة (Teas, 2001). يتغلغل النفط ضمن المسامات البولي بروبلين و فرغات enteromorpha بشكل رئيس عبر ظاهرة الانتشار والحركة الشعرية الداخلية، حيث يؤدي ارتفاع لزوجة النفط إلى انخفاض معدلات الامتصاص و الحركة الشعرية الداخلية للنفط وترفع في الوقت نفسه قدرة التصاق النفط على سطوح المواد ويمنع جريانه من المادة الماصة عند تصفيته، حيث أشار (Choi, 1992) إلى السلوك نفسه عند دراسة ألياف القطن وحشيشة اللبن (milkweed) ذات البنية المجوفة, كما برهنت ذلك العديد من الدراسات الأخرى (Deschamp et al., 2003). علاوة على ذلك يمثل قطر الألياف ومسامية المادة الماصة دوراً مهماً في عملية امتصاص النفط (Wie, 2003).

درس (Teas, 2001) قدرة امتصاص النفط للعديد من المواد الماصة مثل البولي بروبلين والخشب السللوزي والبرليت (perlit) حيث تطابقت نتائجنا مع نتائجه من حيث ازدياد كمية النفط الممتصة مع ارتفاع لزوجة النفط وانخفاض معدل الامتصاص والحركة الشعرية للنفط ذي اللزوجة العالية في المسامات المواد المدروسة وفي الوقت نفسه تعزز اللزوجة العالية التصاق النفط على سطوح المواد.

- الامتصاص من وسط يحتوي على نفط فقط:

أظهرت رقائق البولي بروبلين والـ *enteromorpha* بشكل عام أعلى سعة امتصاصية في الوسط الحاوي على النفط فقط. ازدادت السعة الامتصاصية للمواد المدروسة بازدياد لزوجة النفط, كما كانت الفروق في السعة الامتصاصية للمواد الماصة بوجود الفيول HV أدنى من تلك العائدة لأنواع النفط الأخرى. لدى مقارنة السعات الامتصاصية للمواد الماصة في الوسط الحاوي على النفط مع مثيلاتها في الوسط الحاوي على النفط وماء البحر لم يرصد اختلاف واضح في مستوى الامتصاص. تبين النتائج أن وجود ماء البحر لم يؤثر على امتصاص النفط على المواد الماصة المدروسة. يمكن تفسير ذلك بأن النفط وبسبب كثافته المنخفضة يبقى طافياً على سطح الماء وعلى تماس مباشر مع المواد الماصة, كما أن المواد المدروسة كارهه للماء. تطابقت هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها (Aisen et al., 2002) عند دراسة السعة الامتصاصية للمطاط المعاد تدويره. على خلاف ذلك أظهرت ألياف القطن وألياف البولي بروبلين و حشيشة اللبن زيادة طفيفة في سعتها الامتصاصية في الوسط الحاوي على النفط فقط (Choi, 1992). ازداد أيضاً امتصاص النفط على الصوف المعاد تدويره من الوسط الحاوي على النفط فقط حوالي 10 – 14 % بالمقارنة مع امتصاص النفط من وسط حاو على النفط والماء (Radetic et al., 2008). رصد أيضاً انخفاض كبير (75 %) في امتصاص وقود الديزل على ألياف القطن في وسط ماء/ نفط بالمقارنة مع امتصاص القطن في وسط حاو على النفط فقط (Lee et al., 1999). علاوة على ذلك لوحظ انخفاض امتصاص النفط الخام الثقيل على ألياف الحرير بمقدار 7 % في وسط حاو على النفط فقط (Annunciado et al., 2005).

الجدير بالذكر أن كل المواد المدروسة ظلت طافية على سطح المياه قبل وبعد امتصاص النفط مما يسهل عملية جمعها عند تطبيقها لمكافحة حادث تسرب ما.



الشكل (7) السعة الامتصاصية للمواد المدروسة في وسط حاو على النفط فقط.

تظهر أشرطة الخطأ الانحراف المعياري للقيم المقاسة (n=3 لكل زمن امتصاص).

الاستنتاجات والتوصيات:

- يمكن استخدام الطحالب البحرية المختبرة في هذا البحث في إزالة النفط الطافي على سطح المياه وبشكل خاص *enteromorpha* بدلاً من المواد المصنعة نظراً لسعتها الامتصاصية المرتفعة نسبياً.

- لم تؤثر زيادة زمن الامتصاص من 10 إلى 30 أو 120 دقيقة على السعة الامتصاصية للمواد الماصة بحضور النفط LV و MV، بينما ازداد السعة الامتصاصية لهذه المواد عند تمديد زمن الامتصاص إلى 30 أو 120 بوجود النفط HV العالي اللزوجة.

- تلعب لزوجة النفط دوراً مهماً في تحديد السعة الامتصاصية للمواد الماصة للنفط حيث تزداد مع ازدياد لزوجة النفط.

- لأسباب بيئية ينصح دائماً معالجة النفط المتسرب إلى البيئة البحرية باستخدام مواد ماصة للنفط ذات منشأ طبيعي لأن تحللها سريع وبالتالي لا تشكل ضرراً بيئياً إضافياً في حال بقائها في البيئة البحرية وعدم القدرة على إزالتها بعد تبللها بالنفط لأسباب معينه.

- ضرورة إجراء تجارب حقلية مستقبلاً للوقوف بشكل عملي على فعالية هذه المواد في إزالة النفط من سطح المياه البحرية.

- ضرورة إيجاد منظومة متكاملة لمكافحة النفط بالمواد الماصة (الآلية المثلى لتطبيق هذه الطريقة، الشباك اللازمة لاسترداد المواد الماصة المبللة بالنفط ، تحديد سبل التخلص منها بطريقة سليمة دون وجود آثار سلبية على المدى البعيد للنفط المسترد على الحياة في المنطقة المختارة للتخلص منه).

المراجع:

. AISIEN, F.A.; HYMORE, F.K.; EBEWELE, R.O. *Potential application of recycled rubber in oil pollution control*. Environmental Monitoring and assessment, Nigeria, 2002, 85: 175-190.

. ANNUNCIADO, T.R., SYDENSTRICKER, T.H.D.; AMICO, S.C. *Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills.* Mar. Pollut. Bull. 2005, 50, 1340–1346

. BANERJEE, S.S.; JOSHI, M.V.; JAYARAM, R.V. Treatment of oil spill by sorption technique using fatty acid grafted sawdust. Chemosphere, 2006, 64, pp. 1026-1031.

. CHOI, H.; CLOUD, R.M. *Natural sorbents in the oil spill cleanup*. Environmental Science and technology, Virginia, 1992, Vol. 26, No. 4, 772-776.

. BUIST, I. *Window-of-Opportunity for in situ burning*. Spill Science & Technology Bulletin, 2003, Vol. 8, No. 4, 341-346.

. DALING, P.S.; STROM, T., *Weathering of oil at sea: model/field data comparisons.* Spill Science & Technology Bulletin,1999, Vol. 5, No. 1, 63-74.

. DESCHAP, G.; CARUEL, H.; BORREDON, M.E.; BONNIN, C.; VIGNOLS, C. *Oil removal from water by selective sorption on hydrophobic cotton fibers. 1. Study of sorption properties and comparison with other cotton fiber-based sorbents.* Environ. Sci. Technol. 2003, 37, 1013–1015.

. DOERFFER, J.W. *Oil Spill Response in the Marine Environment*. Ship Research Institute, Technical University of Gdansk, Poland, Pergamon Press, 1992, pp. 391

. FEKLISTOV, V.N.; MELIEV, B.U. *Studies of foam sorbents applied for oil pollutant removal from land and Water areas*. Water Resurgences, Vol. 23, No. 6, Russia,1996, pp. 663-665.

. INSTITUTE OF PETROLEUM *Mechanical systems for the recovery of oil spilled on water*. Great Britain: Galliard Ltd Great Yarmouth, 1975. pp. 123

. JOHNSON, R.F.; MANJREKAR, T.G.; HALLIGAN, J.E. *removal of oil from water surfaces by sorption on unstructured fibres*. Environmental science and technology,Texas Tech University, 1973, Vol. 7, No. 5, 439-443.

KRAWI, H.; SCHULZ-BULL, D. *Oil spill recovery in the sea water by using passive sorbents.* PH.D. Dissertation - Rostock University, Germany, 2006, pp. 101.

LEE, B.; HAN, J.S.; ROWELL, R.M. *Oil sorption by lignocellulosic fibers*. In: Kenaf Properties, Processing and Products. Mississippi State University, Ag and Bio Engineering, USA, 1999, pp. 423–433.

LIM, T.-T. and HUANG, H. *Evaluation of Kapok (Ceiba pentandra (L.) Gaertn.) as a natural hollow hydrophobic-oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup*. Chemosphere, Singapore, 2007, 66, pp. 955-963.

. MAKI, H.; HIRAYAMA, N.; HIWATARI, T.; KOHATA, K.; UCHIYAMA, H.; WATANABE, M.; YAMASAKI, F.; FURUKI, M. *Crude oil bioremediation field experiment in the Sea of Japan*. Marine Pollution Bulletin, 2003, 47, pp.74-77.

. MOLES, A. *Effectiveness in the laboratory of corexit 9527 and 9500 in dispersing fresh, weathered and emulsion of Alaska North Slope crude oil under subarctic conditions.* Spill Science & Technology Bulletin, 2002, Vol. 7, No. 5, 241-247.

. MYSORER. D.; VIRARAGHAVAN, T.; JIN, Y.C. *Removal of oil by vermiculate*. France, Envirov. Bull, 2004,13, pp. 560 – 567.

. RADETIC, M.; ILIC, V.; RADOJEVIC, D.; MILADINOVIC, R.; JOCIC, D.; JOVANCIC, P. Efficiency of recycled wool-based nonwoven material for the removal of oils from water. Belgrade, Serbia, Chemosphere, 2008, 70, pp. 525-530.

. SCHATZBERG, P. *Coast Guard Report* No. 724110.1/2/1; U.S., Coast Guard Headquarters, Washington, DC., 1971.

. STERLING, M.C. Jr.; BONNER, J.S.; ERNEST, A.N.S.; PAGE, C.A. and AUTENRIETH, R.L. *Chemical dispersant effectiveness testing: influence of droplet of coalescence*. Marine Pollution Bulletin, 2004, 48, pp. 967-977

. TEAS, Ch.; KALLIGEROS, S.; ZANIKOS, F.; STOURNAS, E.L.; ANASTOPOULOS, G. *Investigation of the effectiveness of absorbent material in oil spill clean up*. Desalination,Greece, 2001, 140, 259-264.

. SUNI, S.; KOSUNEN. A.L.; HAUTALA, U.; PUSILA, A.; ROMANTSCHUK, M. Use of a by-product of peat excavations cotton grass fibre. Mar. Pollut. Bull., 2004, 49, pp. 916 – 921.

. TORERO, J. L.; STERPHEN, M.; OLENICK, GARO, J.P.; VANTELON, J.P. *Determination of the Burning Characteristic of the Slick of Oil and Water*. Spill Science & Technology Bulletin, UK, 2003, Vol. 8, No. 4, pp. 379-390.

. WEI, Q.F.; MATHER, R.R.; FOTHERINGHAM, A.F.; YANG, R.D. *Evaluation of nonwoven polypropylene oil sorbents in marine oil-spill recovery*. Marine pollution Bulletin, UK, 2003, 46, 780-783.

. عباس، آصف. مساهمة في دراسة النباتات البحرية القاعية على شاطئ اللاذقية. اطروحة ماجستير، 1992، كلية العلوم، جامعة تشرين.