البحوث والدراسات

تقنية حصاد المياه ودورها في إعادة تأهيل الخباري المتدهورة: دراسة حالة منطقة اللياح - الكويت*

موضي محمد أحمد**
د. علي محمد الدوسري***

ملخص:

تواجه التنمية في البيئة الصحراوية الكويتية تحدياً كبيراً، وهو النقص الحاد في الموارد المائية؛ فمعدل سقوط الأمطار السنوية في الكويت قليل وغير منتظم (بمتوسط يقدر بـ ١١٠ ملم)؛ مما يؤثر بشكل مباشر في نقص إمدادات المياه السطحية والجوفية، التي لها أهميتها للتوسع في عمليات التشجير وإعادة تأهيل المناطق المتدهورة، ومن هنا فإنه يجب الإسراع في استخدام تقنيات حصاد المياه التي تعتمد على جمع أكبر قدر ممكن من مياه المطر وتخزينها لاستخدامها في الزراعة. فهذا النظام يفيد النبات والتربة كثيراً، ويقلل القوة التخريبية لمياه السيول. لذلك اهتمت هذه الدراسة باستخدام نظام بسيط لحصاد المياه يسمى "المتون الهلالية"، طبقت في خَبرة تكونت بفعل الإنسان بعد ردم محاجر الصلبوخ في عام ٢٠٠٣. وتم إعداد برنامج متكامل لإعادة تأهيل الخبرة(١) المتدهورة في منطقة اللياح، وهو برنامج

---

* يتقدم الباحثان بالشكر الجزيل لمعهد الكويت للأبحاث العلمية لدعمه لهذه الدراسة. كما أن الشكر ممتد للمدقق اللغوي (السيدة خلود الطبطبائي)، كذلك (للأستاذ خليق الرحمن بيك) لمساعدته لنا في التحاليل الكيميائية.

** باحثة علمية في علم النبات، جامعة الكويت، عام ١٩٩٣، مجموعة الدراسات الصحراوية، دائرة السواحل وتلوث الهواء، معهد الكويت للأبحاث العلمية.

*** باحث علمي، دكتوراه في الجيولوجيا، جامعة رويال هولوي، المملكة المتحدة، عام ٢٠٠٣. مجموعة الدراسات الصحراوية، دائرة السواحل وتلوث الهواء، معهد الكويت للأبحاث العلمية.

(١) الخبرة وجمعها خباري: منخفض طبيعي تتجمع فيه مياه الأمطار، وهي غنية بالرواسب الطينية والرملية والحصى.

يعتمد على ركائز أساسية، منها القيام بعدة مصائد صغيرة شبه مستديرة للمياه، ومغطاة بسعف النخيل والأحجار، والاهتمام بحراثة التربة وتغطيتها بمخلفات نباتية، ومن ثم زراعتها بنباتات فطرية تتحمل الجفاف، مثل العوسج Lycium shawi. تحتاج هذه السدود إلى صيانة ومراقبة مستمرة ومنتظمة للحفاظ عليها. ولمعرفة كفاءة نظام حصاد المياه تم جمع عينات التربة وفحصها وتحليلها فيزيائياً وكيميائياً قبل إقامة سدود المياه وبعدها. وقد أظهرت النتائج أن متوسط التسرب الرأسي زاد من ١٠٧,١٥سم^{3} / دقيقة للتربة غير المعالجة إلى ١٩٣,٥سم^{3} / دقيقة للتربة المعالجة، وكان متوسط الفروقات في حجم الماء المتسرب للتربة ٧١٪. ومتوسط رطوبة التربة المتدهورة ١,٥٪، ارتفعت إلى ٣,٥٪ بعد العلاج. ومتوسط الكثافة الظاهرية للتربة ٢,٧٪، ولكن بعد استخدام نظام حصاد أقل أو يساوي ٢٪؛ مما انعكس إيجابياً على مسامية التربة. ومتوسط انضغاط التربة ٢٧٣ (psi)، ولكن بعد المعاملة انخفض إلى ١٩٠ (psi). خلصت الدراسة إلى أهمية تطبيق التقنيات البسيطة لحصاد المياه، وخاصة المتون الهلالية، مع الأخذ في الاعتبار تطويرها لتتناسب مع الظروف البيئية بالمنطقة وخاصة الرمال السافية من خلال زيادة ارتفاعها لزيادة كفاءتها.

مقدمة:

إن تدهور الأراضي أوجد ظروفاً أكثر صحراوية وأكثر جفافاً؛ فالأرض نظام بيئي هش، يمكن أن يختل تحت تأثير الممارسات البشرية الاعتيادية والتنموية وسوء استغلال الموارد الطبيعية، مثل المياه والتربة. وتعتبر عملية التدهور مشكلة اقتصادية واجتماعية وبيئية عالمية، تتطلب اهتماماً خاصاً؛ لأن نتائجها قد تكون وخيمة. ويمكن تعريف المنطقة المتدهورة بأنها مساحة من الأرض تعرضت فيها عناصر البيئة الأساسية – بسبب أو آخر– لأضرار ملحوظة؛ مما أفقدها بعض إمكاناتها وقدراتها الطبيعية أو كل هذه الإمكانات والقدرات. وحتى تستعيد المنطقة المتدهورة عافيتها يجب القيام ببعض الإجراءات العلاجية مثل، إضافة المحسنات للتربة أو زراعة بعض الأنواع النباتية لتحسين خصائص التربة المتدهورة، وهذا ما يعرف بالتأهيل البيئي (ميساك وآخرون، ١٩٩٨). لجأت بعض الدول في الوطن العربي – كاليمن والأردن وسوريا ومصر – إلى استعمال طرق بسيطة لحصاد المياه كان لها فاعلية في الحد من تدهور الأراضي (باحزيق ٢٠٠٢، الخرابشة وملاعبة ٢٠٠٢).

نتج عن تدهور الأراضي بدولة الكويت تضافر مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية. ومن أهم العوامل الطبيعية – كما جاء في دراسة (Dregene, 2002 – أحمد والعنزي، ٢٠٠٥) – الموقع الجغرافي، والجفاف، (متوسط كمية الأمطار ١١٢ مم/السنة) والحرارة المرتفعة، والسرعات العالية للرياح، وفقر التربة إلى المواد العضوية، وهشاشة الغطاء النباتي. وأما العوامل البشرية فسببها زيادة الضغط البشري على الموارد الطبيعية، مثل الرعي الجائر، وقلع الأشجار، وإقامة محاجر الصلبوخ، والحركة العشوائية للمركبات. وقد كان لغزو النظام العراقي البائد لدولة الكويت وما أعقبه من عمليات وأنشطة عسكرية لتحريرها خلال الفترة من أغسطس ١٩٩٠ إلى فبراير ١٩٩١، ومن ثم عمليات التخلص من مخلفات الحرب – آثار سلبية على عناصر منظومة البيئة الصحراوية. ويمكن تلخيص أهم مؤشرات تدهور الأراضي بدولة الكويت فيما يلي (العوضي والدوسري، ٢٠١٠):

- القضاء على الغطاء النباتي؛ مما يجعل التربة مهيأة للتجوية والتذرية الريحية والمائية، ومن ثم زيادة الأتربة والغبار في الجو.
- اختفاء النباتات ذات القيمة الرعوية (مثل نبات العوسج Lycium shawii والعرفج salicornium Rhanterium epapposum والرمث Haloxylon salicornium) وإحلال نباتات شوكية قليلة القيمة من الناحية الرعوية مثل نبات الحاد (Cornulaca monacantha).
- انتشار البقع الجرداء حول آبار المياه ونقاط الرعي أو الجواخير الصحراوية، وهي مساحات من الأرض عارية من الغطاء النباتي، ولا يوجد فيها أي أثر لنشاط حيواني.
- الانضغاط الميكانيكي للتربة بسبب الحركة العشوائية للمركبات والمعدات الثقيلة على الطرق الترابية.
- تصلب الجزء العلوي من التربة.

- تغدق وتملح التربة بسبب الإسراف في مياه الري (كحال بعض المزارع في منطقة الوفرة الزراعية).
- ظهور حالات لتلوث نفطي داخل الحقول النفطية وخارجها، وأماكن تبديل زيوت الشاحنات في محاجر الصلبوخ قبل منعها.

وأدت الأنشطة البشرية غير المنتظمة والآخذة في الازدياد إلى تدهور البيئة الطبيعية، وعلى مساحات واسعة من صحراء الكويت عامة وفي اللياح خاصة. من مؤشرات هذا التدهور البيئي تدمير الغطاء النباتي وكشف التربة وتكوين طبقة صلبة غير منفذة لمياه الأمطار من (الجاتش)، وهي رمال متماسكة بكربونات الكالسيوم وحبيبات الطين، ومن الصعب أن تخترقها جذور النباتات الفطرية، أو أن تحفر الحيوانات الصحراوية فيها جحورها، وكل ذلك نتيجة لحركة الآليات فوق الطرق الترابية بالإضافة إلى أثر قطرات المطر على مر السنين في تربة عارية من النباتات، غير قادرة على امتصاص القوة الاندفاعية لقطرات الأمطار من فوقها (Al-Dousari et al., 2000). ويمنع تصلب التربة ظهور نباتات جديدة، ويجعل السيول الفجائية أكثر قوة وحدة؛ حيث إن الغطاء النباتي له أثر واضح في بطون الأودية للتحكم بالقوة الجارفة للسيل، والاستفادة من مكوناته في الطمي والماء. وزيادة زحف الرمال وزيادة العواصف الغبارية وكمياتها في غير أوقاتها المعهودة. أصبحت هذه المؤشرات كلها أكثر قوة وعنفاً عند اختفاء الغطاء النباتي القادر على تجميع أجسام رملية وتكوينها، تتحكم في الرمال السافية بما يسمى بظاهرة "النباك". وإن اختفاء الحياة الفطرية – مثل الزواحف والقوارض والطيور والنباتات الفطرية – يسبب أيضاً خللاً في النظام الإيكولوجي للمنطقة.

إن الصحراء الكويتية وما تحويه من حياة فطرية وتربة ومعالم أرضية كنز حقيقي يجب المحافظة عليه، ومن ثم تنميته وإعادة تأهيله. وهذا يتطلب تصميماً وتنفيذاً لبرامج مستدامة لمكافحة التدهور، وجهداً متواصلاً وبحوثاً متطورة وموارد مالية. ومن أهم البرامج الاهتمام بإقامة الجزائر النباتية، وبخاصة في

الخبارى والأودية؛ حيث تزرع نباتات وأشجار فطرية، وتعمل هذه الجزائر كمصدر للبذور للمناطق المحيطة المتضررة، وإزالة السواتر الترابية في أماكن الخباري والأودية؛ حتى يعود النظام الهيدرولوجي في المنطقة لطبيعته السابقة. ولا شك أن الحرث الميكانيكي للتربة – وبخاصة للطرق الفرعية والإبقاء على الرئيسة قبل موسم الأمطار – يسهم في عودة الغطاء النباتي في المنطقة (Al-Dousari et al., 2000). ومن المفيد استعمال مواد صديقة للبيئة من مخلفات الأشجار ووضعها على أشكال متعددة على حواف الأودية والخباري لحجز مياه الأمطار من خط تصريف المياه باتجاه الأودية؛ حيث لوحظ أن هذه المواد لها القدرة على زيادة نفاذية التربة المتدهورة وخصوبتها، وزيادة الحياة الفطرية النباتية والحيوانية وتقليل النحت المائي والريحي في المنطقة (باحزيقل ٢٠٠٢، الخرابشة وملاعبة ٢٠٠٢، Ahmed et al., 2012).

إن قلة الموارد المائية أهم عائق يواجه برامج تأهيل الأراضي المتدهورة في الكويت؛ لذلك يجب تنمية المصادر المائية من خلال الاستغلال الأمثل لمياه الأمطار والسيول، اعتماداً على تقنيات مبتكرة لحصد المياه، تكون قليلة التكلفة، من مثل: (السدود، العوائق، المربعات الشطرنجية، وغيرها) التي تعتمد على تخزين مياه الأمطار وتجميعها؛ فتجعل من زراعة النباتات المقاومة للجفاف أمراً ممكناً على الرغم من الافتقار إلى موارد مائية أخرى. وكان (الدوسري وآخرون، ٢٠٠٨) أول من طبق تقنيات حصاد المياه في الكويت في منطقة الشعيبة الصناعية جنوب الكويت، التي تمثلت باستخدام المواد الصديقة للبيئة في تثبيت حواف الأودية، بالإضافة إلى إقامة العديد من السدود المدعمة بالجيوتكستايل والصخور (الشكل ١). ويعتبر الاحتفاظ بمياه الأمطار واستخدامها بكفاءة أمراً أساسياً بالنسبة إلى أي مشروع متكامل للبحوث والتنمية. ويعد حصاد المياه تقليداً قديماً تم استخدامه منذ آلاف السنين في معظم الأراضي الجافة في العالم، إلا أن ثمة تقنيات كثيرة قد جرى تطويرها، معظمها لأغراض الري. ويوضح الجدول (١) بعض أساليب حصاد المياه المطبقة في العالم.

الشكل (١) – استخدام المواد الصديقة للبيئة والسدود المدعمة بالجيوتكستايل للتحكم بالسيول في منطقة الشعيبة

الجدول (١)
طرق حصاد المياه للمستجمعات الصغيرة كما ذكرها (Critchley et al., 1991) بتصرف

الطريقة	آلية الطريقة	خصائص الطريقة
متون الكفاف	حواجز ترابية يتم إنشاؤها على طول خطوط الكفاف	معقدة ومضيعة للوقت
متون الهلالية	حواجز ترابية على شكل نصف دائرة أو هلال	سهلة ورخيصة، وملائمة للأرض المنبسطة وقابلة للتطوير
أحواض الجريان السطحي الصغيرة	تتكون من سواتر ترابية صغيرة تبنى على شكل مستطيل	تستخدم فوق الأراضي المنبسطة
شرائط الجريان السطحي	تقسيم الأرض إلى شرائط على امتداد خطوط الكفاف	لدعم محاصيل حقلية في البيئات الأشد جفافاً
نظم ما بين الصفوف	جمع المياه بين الصفوف	تستخدم فوق الأراضي المنبسطة
الحفر الصغيرة	عمل حفر صغيرة بعمق ٥–١٥سم محاطة بحاجز ترابي	تستخدم في زراعة المحاصيل الحولية، ويسمح بإعادة كثير من الأراضي الزراعية المتدهورة
نظام المسقاة	مصطلح يطلق في تونس، يقسم المنطقة إلى قسمين: قسم علوي يستخدم لتجميع مياه الجريان السطحي وتجهيزها، وآخر سفلي يستخدم للزراعة	لدعم أشجار الزيتون والتين

تابع/ الجدول (١)
طرق حصاد المياه للمستجمعات الصغيرة كما ذكرها
(Critchley et al., 1991 **بتصرف**)

الطريقة	آلية الطريقة	خصائص الطريقة
مدرجات مصاطب الكفاف	يتم عمل مدرجات لزراعة الأشجار والشجيرات بشكل مستو يتم تدعيمها بجدران حجرية للحد من سرعة تدفق المياه والتحكم بالانجراف	يقام في مناطق شديدة الانحراف للجمع بين حفظ التربة وحفظ المياه. ومن أشهرها المدرجات الجبلية العظيمة في اليمن.

الخباري من أكثر المنخفضات الصحراوية انتشاراً في صحراء الكويت؛ حيث تتجمع فيها مياه الأمطار والرواسب الرملية والطينية. وتتركز الخباري في المناطق الغربية والشمالية الغربية والوسطى والجنوبية من دولة الكويت مقارنة بالجزء الشرقي؛ حيث تختفي الخباري وتظهر السبخات (كليو، ١٩٩٠). ومن أهم الخباري في المنطقة الشمالية الغربية: خباري العوازم، ومطربة، وأم المدافع، وفي المنطقة الغربية : خبرة حومة، وأم الرويسات، والعناق، ومهزول، وأم العمارة. وأهم خباري المنطقة الجنوبية: أم الجحول، والشقيق، وقرينص، وجلهم، وفي المنطقة الوسطى: خبرة أم الرمم، وخبرة أم سالم. ومن أهم المظاهر الجيولوجية التي تحكمت في عدد الخباري وأشكالها وتوزعها وجود الجروف الصخرية والضليعات والتلال، والأودية والشعاب والشقاق، واختلاف بنية الطبقات والتركيب الصخري (كليو وآخرون، ٢٠٠٣).

وتعتبر الأمطار والرياح من أهم العوامل الطبيعية التي أسهمت في حفر عدد كبير من المنخفضات الصحراوية. وقد أثبتتها العديد من الدراسات (Smith, 2003) و (Johnson et al., 2011, 2012). وساعد تدخل الإنسان في أرضية الخباري على تفكك التربة ونقل مفتتاتها بفعل الرياح، ومن ثم انخفاض أسطح الخباري أو تدميرها عن طريق ما يأتي:

- حفر الآبار، ومن ثم إهمالها نتيجة لانخفاض منسوب المياه الجوفية.

- كثرة المرور العشوائي للسيارات والشاحنات الثقيلة التي تحمل الصلبوخ عبر هذه الخباري.
- استخدام أرضية الخباري في الأنشطة والمناورات العسكرية.
- الرعي المكثف لأرضية الخباري واقتلاع الأعشاب المثبتة للتربة من جذورها.

إن هناك دوراً للحيوانات البرية والحشرات مثل الضبان والجرذان واليرابيع والنمل في تغيير طبوغرافية أسطح الخباري؛ حيث تحفر هذه الحيوانات عدداً من الجحور في أرضية الخباري التماساً للرطوبة، وإذا ما سقطت أمطار غزيرة على هذه الجحور انهدمت؛ مما يؤدي إلى عدم انتظام أسطح الخباري (باحزيق ٢٠٠٢، الخرابشة وملاعبة ٢٠٠٢). وقد أثبتت دراسة (Al-Dousari et al., 2012) أن رواسب الخباري تعد من أهم المصادر الرئيسة للعواصف الترابية المحلية في دولة الكويت.

الطبيعة الجيولوجية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية لمنطقة اللياح:

تحوي اللياح مظاهر جيومورفولوجية طبيعية وأخرى تكونت بفعل الإنسان. كانت محاجر الصلبوخ تغطي مساحات كبيرة في اللياح إلا أنه توقفت أعمال الدراكيل الخاصة باستخراج الصلبوخ بعد صدور قرار مجلس الوزراء ٩٧٣ في اجتماعه ٤٧/٩٥ بتاريخ ٨ أكتوبر ١٩٩٥، وعليه، تم ردمها بالكامل في ٢٠٠٣، وتكونت على إثرها جيومورفولوجية جديدة للمنطقة بفعل الإنسان من خبار وأودية وتلال مستحدثة على المنطقة. ويتميز سطح منطقة اللياح الطبيعي بالاستواء مع بعض التعرجات، المتمثلة بالتلال وجال اللياح الذي يعتبر معلماً من معالم الكويت الجيومورفولوجية. وتتكون اللياح في معظمها من رسوبيات من الرمل والحصى (الصلبوخ)، وتعرف بتكوين الدبدبة المتكون في عصر البلوستوسين (Pleistocene)، يكسوها غطاء رقيق من نوعين رئيسين من الرواسب الحديثة (Holocene deposits) غير المتماسكة، هما:

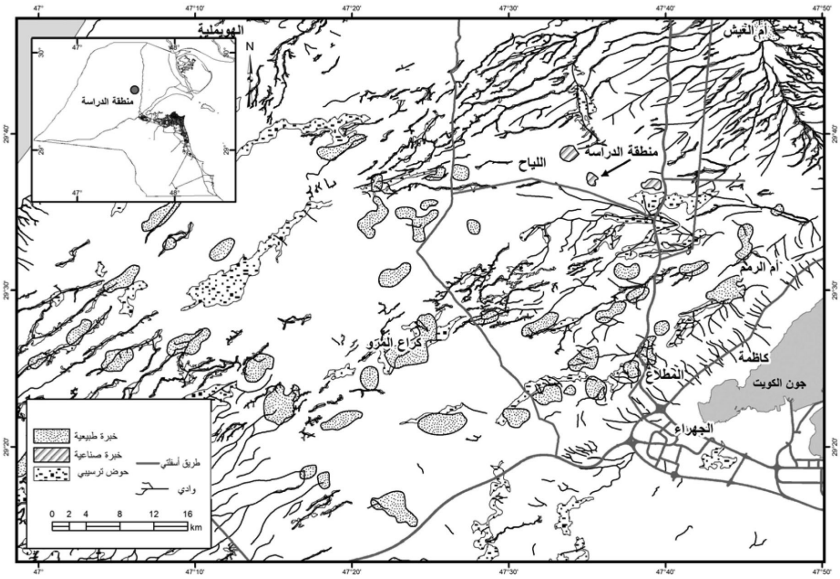
١ – الرواسب الريحية (Aeolian sediments) التي تنقلها وترسبها الرياح، وهي تغطي مساحات شاسعة، خاصة في الأجزاء الشمالية والغربية من منطقة اللياح؛ حيث تشكل عدداً من المظاهر المورفولوجية الرئيسة، مثل الفرشات الرملية الثابتة والمتحركة.

٢ – الرواسب الفيضية (Fluvial sediments) التي كونتها السيول، وهي خليط من الرمال والطمي (الطين والغرين) وبعض الحصى التي تتجمع في الأجزاء المنخفضة من سطح اللياح، كالخباري والأودية والقيعان.

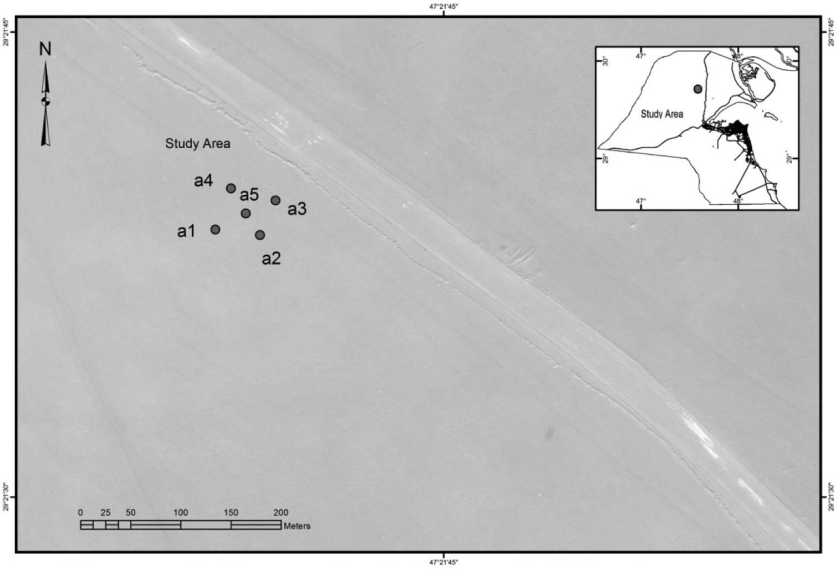
وهذا النوع من الرواسب يغطي مساحات شاسعة من اللياح. ويقطع سطح المنطقة مجموعة من التلال والأودية الجافة والمنخفضات الحوضية (الخباري). ويراوح ارتفاع سطح المحمية بين ٨٨ متراً و١٣٠ متراً فوق مستوى سطح البحر، منحدرة باتجاه شمال دولة الكويت. ويعتبر جال اللياح من أهم الظواهر البارزة على أرض المحمية، وهو مرتفع صخري يمتد من الشرق إلى الغرب، ويصل أقصى ارتفاع له إلى ١٢٠ متراً فوق مستوى سطح البحر. وتوجد كذلك مجموعة من التلال الجيرية التي تظهر في أماكن متفرقة من الموقع، وهي على شكل نتوءات بارزة، ذات امتداد طولي أقل ارتفاعاً من جال اللياح. ويقطع سطح المحمية مجموعة من الأودية الجافة، تزداد كثافة شبكة الأودية على ظهر اللياح كلما اتجهنا نحو الجنوب. ومن أبرز الأودية شعيب العوجة وشعيب حوبان. كما ينتشر على سطح المحمية بعض المنخفضات الصغيرة التي يطلق عليها اسم الخباري، وهي أرض منخفضة تتجمع فيها مياه الأمطار لفترات قصيرة، وتغطي قاعها مواد طينية مختلطة بالرمال وبعض الحصى.

منطقة الدراسة وأهدافها:

تقع منطقة الدراسة في خبرة، وقد تكونت بعد ردم محاجر الصلبوخ، وتكون طبوغرافية جديدة نتجت من فعل الإنسان بمنطقة اللياح على بعد ٢٠ كم شمال مدينة الجهراء (الأشكال: ٢، ٣، ٤) وهي خبرة، مساحتها ١٠٠م^{٢}، وتربتها رملية غنية بكربونات الكالسيوم والجبس، ومنضغطة. وتعاني منطقة الدراسة تدهوراً في خصائص التربة مع الاختفاء التام للغطاء النباتي، وانقراض تدريجي للحياة الفطرية، مثل الزواحف والحشرات. وقد لوحظ اختفاء الحياة الفطرية (النباتات والحيوانات) حتى في أوقات الربيع على الرغم من ازدهار المناطق المحيطة بالنباتات الفطرية؛ ذلك أنه خلال ردم محاجر الصلبوخ تم القضاء على مخزونها من البذور، الذي كان في التربة السطحية.



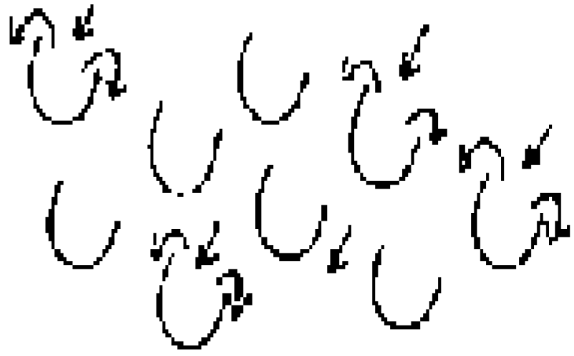
الشكل (٢) – خريطة لمنطقة اللياح والتوزع الهيدرولوجي فيها



الشكل (٣) – موقع منطقة الدراسة

الشكل (٤) – منطقة الدراسة (خبرة متدهورة في منطقة اللياح)

والهدف الرئيسي الذي ترمي إليه هذه الدراسة هو مراقبة فاعلية وسائل حصاد المياه، وجوانبه التقنية. لذلك يتضمن هذا البحث اختباراً لكفاءة تقنية المتون الهلالية، ومراقبة أثرها في تحسين خواص التربة المتدهورة. إضافة إلى ذلك، إجراء تجارب بمنطقة الدراسة في مجال تحسين خصائص التربة بوسائل اقتصادية بسيطة ومتاحة. والمتون الهلالية هي حواجز ترابية على شكل نصف دائرة، أو هلال أو شبه منحرف، تكون مواجهة لأعلى المنحدر بشكل مباشر؛ تتجمع أمامها المياه وهو المكان الذي تزرع فيه النباتات. وعادة ما يتم إنشاء هذه الحواجز على شكل صفوف. الشكل (٥).



الشكل (٥) – المتون الهلالية (Source: Critchley et al., 1991)

خطوات العمل:

الخطوات الرئيسة لإعادة تأهيل خبرة اللياح المتدهورة:

- تحديد طبيعة التدهور في الخبرة ودراسة مظاهره عن طريق تعرف الغطاء النباتي، وملاحظة الانجراف المائي والريحي، وانضغاط التربة، وفقدانها المادة العضوية، وتكوين القشرة الصلبة المانعة لتسرب المياه فيها، وغيرها من مظاهر تدني قدرات التربة.
- جمع ٥٠ عينة من التربة قبل تطبيق تقنيات حصاد المياه وبعد ٣ أشهر من تطبيقها، وعقد مقارنة بين الحالين.
- إقامة حواجز أو متون ترابية على شكل نصف دائرة، أو هلال تكون مواجهة لأعلى المنحدر بشكل مباشر. (اللوحة ٦).
- إقامة المتون على شكل صفوف، على أن يكون قطر الدائرة أو المسافة بين نهايتي الحاجز من١-٣م، والمسافة بين حاجز وآخر من ٣-٥م، في حين يكون ارتفاعه بين ٣٠-٥٠سم.
  - تم تطوير المتون الهلالية لتتوافق مع البيئة في الكويت من خلال:
  - تغطية الحواجز بسعف النخيل مع أحجار (اللوحة ٧).
  - حرث التربة داخل المتن على أعماق ١٥ -٢٥ سم.
  - زراعة نبات فطري مقاوم للجفاف ومتوافق مع البيئة المحيطة؛ لذلك تم التركيز على زراعة نبات العوسج Lycium shawii داخل المتن (اللوحة ٨)، وذلك للأسباب التالية:
    - أنه النبات السائد في منطقة اللياح.
    - لقدرته على التكيف السريع في المناطق المتدهورة.
    - يعد أكثر النباتات الفطرية فاعلية على حجز الرمال السافية في الكويت (Al-Dousari et al., 2010).
    - لتوافق تحاليل التربة مع الشروط الطبيعية لوجود هذا النبات التي أشار إليها (Ahmed et al., 2010).
    - تغطية التربة بمخلفات نباتية لتقليل التبخر.

ويمكن رفع كفاءة وتحسين إمكانات الموارد الطبيعية في المناطق الصحراوية من خلال التأهيل الذاتي؛ أي تهيئة أفضل الظروف لتأهيل التربة واستردادها عافيتها، وذلك من خلال تصميم برنامج تأهيلي متكامل لإصلاح عناصر البيئة المتضررة، والعمل على استرجاع كفاءة هذه العناصر؛ حيث يمكن تحقيق ذلك بالطرق الآتية (Shahid et al., 2003):

١ – الحرث السطحي للتربة (غير عميق) في بداية موسم الأمطار؛ وذلك لزيادة معدل التسرب الرأسي ونفاذية التربة الصماء. ولتهيئة أفضل الظروف لإعادة ظهور النباتات البرية وانتشار الحياة الفطرية. ولقد تم عمل تجربة مشابهة في منطقة اللياح؛ حيث تم اختيار منطقتين ذواتي تربة منضغطة ٥٠م × ٥٠م. تم حرث المنطقة الأولى يدوياً بعمق ٢٠–٣٠سم، والثانية ميكانيكياً بعمق ٣٠–٤٥ سم، وتم تثبيت التربة في المنطقتين بنشر إطارات السيارات فوقها؛ وذلك لحماية الرواسب الرملية الدقيقة من عمليات الانجراف الريحي. وقد لوحظ أن التربة المحروثة ميكانيكياً تتمتع بكثافة نباتية عالية مقارنة بالتربة المحروثة يدوياً (Al-Hajraf et al., 2008).

٢ – إقامة نظام حصاد المياه مثل المتون الهلالية؛ وذلك لتنمية المصادر المائية والاستفادة من مياه الأمطار والسيول وتجميع الرواسب والمواد العضوية.

٣ – تغطية التربة والحواجز الترابية بالمخلفات النباتية وسعف النخيل؛ وذلك لصيانة التربة والحد من انجرافها المائي والريحي، ولتحسين خصائصها والعمل على زيادة معدلات الرطوبة فيها، وزيادة كميات موادها العضوية، وتقليل التبخر والحرارة أيضاً.

٤ – التوسع في زراعة بعض الأنواع النباتية المقاومة للجفاف والقادرة على اختراق طبقات التربة إلى أعماق ٥٠ سم، على أقل تقدير، وهو ما يساعد على تحسين خصائص التربة وخاصة المسامية والنفاذية.

٥ – المراقبة الدورية ورصد التغيرات الموسمية التي تطرأ على الغطاء النباتي، التربة، الموارد المائية، التنوع البيولوجي، وذلك خلال فترة تأهيل المنطقة.

٦ – صيانة دورية للمتون الهلالية لإصلاح أية أضرار قد تكون ضرورية.

ولقد تم دراسة خصائص التربة لمنطقة الدراسة قبل استخدام نظام حصاد المياه وبعده، عن طريق جمع المعلومات الضرورية عن التربة، من خلال عمل اختبارات ميدانية؛ وذلك لقياس نفاذيتها والكثافة الظاهرية والمسامية وتقييم الحياة الفطرية فيها. وتم جمع عينات من التربة (٥٠ عينة) لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية.

الشكل (٦) – المرحلة الأولية من خلال إقامة متون ترابية على شكل نصف دائرة

الشكل (٧) – المرحلة الثانية من خلال تغطية الحواجز بسعف النخيل مع أحجار لحمايتها من سفي الرياح

الشكل (٨) – المرحلة الثالثة من خلال زراعة نبات العوسج (Lycium shawii) داخل المتن

التحاليل المخبرية لعينات التربة:

حفر قطاع التربة إلى عمق ٦٠ سم، ومن ثم جمع عينات من التربة على أعماق مختلفة (السطح، ١٠سم، ٢٠ سم، ٤٠ سم، ٦٠ سم) ووضعها في عبوات بلاستيكية، وتزويدها بأرقام مميزة لتحليلها لاحقاً في المختبر. وهناك نوعان من التحاليل تم إجراؤهما على عينات التربة، وهما تحاليل فيزيائية وتحاليل كيميائية.

أولاً – التحاليل الفيزيائية لعينات التربة:

تم إجراء ١٠ اختبارات في المواقع الخمسة الموضحة في الشكل (٢)؛ الأول قبل تقنيات حصاد المياه والآخر بعدها، في المنطقة لقياس كل من:

- قياس نفاذية التربة.
- قياس الكثافة الظاهرية والمسامية.
- قياس قوة اختراق التربة السطحية.

في حين تم قياس رطوبة التربة في الأعماق المختلفة لها (السطح، ١٠سم، ٢٠ سم، ٤٠ سم، ٦٠ سم) في المواقع الخمسة، بواقع ٤٠ عينة، نصفها قبل تطبيق تقنيات حصاد المياه والآخر بعده للمقارنة.

قياس نفاذية التربة:

هذا الاختبار يقيس معدل سرعة تسرب عمود من الماء، ارتفاعه ١٥–١٩سم، عبر مسامات التربة، خلال ٣٠ دقيقة باستخدام مقياس نفاذية التربة (الأسطوانة المزدوجة Double Ring)، وهو أسطوانتان مختلفتان في الحجم (أسطوانة خارجية كبيرة وأخرى داخلية صغيرة) مفتوحتا الجانبين تثبتان داخل التربة. ومتصل بالأسطوانة الصغيرة مسطرة لقياس ارتفاع عمود الماء. (الشكل ٩). فإذا كانت نفاذية التربة عالية، فسوف تمتص المياه بسهولة، أما إذا كانت النفاذية متدنية وضعيفة، فسوف تتراكم المياه على السطح أو تجري من فوقه إن لم يكن مستوياً. ويحسب قياس حجم الماء في الساعة على النحو التالي:

الشكل (٩) – قياس التسرب الرأسي للمياه في التربة (الأسطوانة المزدوجة Double Ring)

قياس حجم الاسطوانة الداخلية = π نق^{٢} ع (١)

حيث إن نق هو نصف قطر الأسطوانة الداخلية، (ع) ارتفاع عمود الماء.

حجم الماء = زمن (الدقيقة الواحدة) × حجم الأسطوانة الداخلية/ زمن النهائي (الدقيقة) (٢)

قياس رطوبة التربة:

رطوبة التربة أو المحتوى المائي للتربة؛ أي قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء. وهي تسمى برطوبة التربة المتاحة (المفيدة)؛ أي كمية المياه الموجودة في التربة وميسر للنبات أن يمتصها ويستفيد منها. وتقاس بالطريقة التقليدية المباشرة (الوزنية)، عن طريق أخذ عينة من التربة يتم تقدير وزنها الرطب بوزن العينة، كما هي وقت أخذ العينة، ويحصل على الوزن الجاف بتجفيف العينة في الفرن عند ١٠٥° سيليزية لمدة ٢٤ ساعة، وتحسب إما على أساس الوزن الجاف وإما على أساس الوزن الرطب على النحو التالي:

رطوبة التربة على أساس الوزن الجاف = (وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة) / وزن التربة الجافة × ١٠٠ (٣)

رطوبة التربة على أساس الوزن الرطب = (وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة) / وزن التربة الرطبة × ١٠٠ (٤)

قياس الكثافة الظاهرية والمسامية:

الكثافة الظاهرية هي كتلة التربة مقسومة على الحجم الذي تشغله (USDA, 1996). وللتربة غير المتدهورة كثافة محصورة بين ١٪ – ٢٪. وتقاس الكثافة الظاهرية عن طريق استخدام أسطوانة مفتوحة الجانبين، معروفة الحجم تسمى Core، تدفع عمودياً في التربة إلى العمق المطلوب، ويتم إزالتها بعناية للحفاظ على الحجم (الشكل ١٠)، ومن ثم تنقل العينة إلى المعمل، فيتم وزن العينة للحصول على الوزن الرطب، ثم تجفف العينة في الفرن عند ١٠٥ سيليزية لمدة ٢٤ ساعة؛ للحصول على الوزن الجاف. أما المسامية؛ أي الفراغات بين حبيبات التربة التي يمكن للماء أن يجري فيها فيمكن أن تحسب باستخدام نتائج قياس الكثافة الظاهرية، وتعويضها في المعادلة التي سوف تذكر لاحقاً. وتسمى المساحة المفتوحة في مادة صلبة المسامية، ويمكن حساب الكثافة الظاهرية والمسامية على النحو التالي:

الحجم= π نق^{٢} (٥)

الكثافة الظاهرية للتربة = ((وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة)/ الحجم) (٦)

مسامية التربة = ١ – (الكثافة الظاهرية / كثافة الحبيبات) × ١٠٠ (٧)

كثافة الحبيبات = ٢,٦٥ جم/سم^{٣}

الشكل (١٠) – الأسطوانة مفتوحة الجانبين لقياس الكثافة الظاهرية

قياس قوة اختراق التربة السطحية:

ويتم قياس قوة التربة السطحية باستخدام جهاز يخترق طبقات التربة (Soil Penetration)؛ فيقيس قوة الاختراق، (الشكل ١١). إذا كانت قوة الاختراق أكثر من ٢٠٠ psi فإن التربة تكون منضغطة، أما إذا كانت قوة الاختراق أقل من ٢٠٠psi فإن التربة تكون واهية غير منضغطة.

الشكل (١١) – جهاز قياس قوة الاختراق للتربة السطحية

التحليل الحجمي للحبيبات:

جففت عينات التربة في الهواء قبل غربلتها (Folk, 1974). يتم إجراء تحليل ميكانيكي لـ ١٥ عينة من التربة غير المعالجة و١٥ عينة من التربة المعالجة باستخدام مناخل ذات فتحات، قطرها بين ٢-٠,٠٦٣ ملليمتر، وباستخدام جهاز الهزاز. وقد تم وزن كل وحدة حجمية ورسمت لها المنحنيات التراكمية أو التجميعية، بهدف تعرف الخصائص الحجمية لحبيبات الرمل، واستخراج المعاملات الإحصائية لرواسب التربة المعالجة وغير المعالجة باستخدام طريقة (Graphical method)، ومن ثم تحليل ٣٠ عينة من التربة السطحية من المواقع الخمسة. جمعت العينات من المواقع الخمسة بواقع ٣ عينات لكل موقع على دفعتين قبل تطبيق تقنيات حصاد المياه في المنطقة وبعد التطبيق.

تقييم الغطاء النباتي:

تم دراسة التغير المورفولوجي لنباتات العوسج المغروس وعددها سبع وعشرون نبتة، وذلك عن طريق قياس أطوال الفروع الرئيسة إن وجد، وعدد الأفرع الثانوية، وقياس أطول فرع ثانوي وأقصره في أثناء غرس النبات، وبعد ٣ أشهر من غرسه للمقارنة. كما تمت المقارنة مع خمس نباتات تم غرسها في منطقة الدراسة في مكان مفتوح، لم تطبق عليه تقنية المتون الهلالية. وحسبت نسبة الزيادة في طول النبات وفق المعادلة التالية:

نسبة زيادة طول النبات = ((طول النبات بعد ٣ أشهر – طول النبات وقت الغرس)/ طول النبات وقت الغرس) × ١٠٠. (٨)

ثانياً – القياسات الكيميائية:

لإجراء أي تحليل كيميائي يجب تحضير معجون مستخلص من عينات التربة عن طريق إضافة الماء المقطر لها، ويجب مراعاة الشروط التالية: عدم وجود ماء زائد، تلألؤ السطح الخارجي، انزلاق العجينة بسهولة على سكين. وقد تم إجراء التحاليل الكيميائية (درجة الحموضة والتوصيل الكهربائي) في الأعماق المختلفة للتربة في المواقع الخمسة، بواقع ٤٠ عينة، نصفها قبل تطبيق

تقنيات حصاد المياه، والآخر بعد التطبيق للمقارنة. كما تم أخذ عينات من مصائد للرمال السافية؛ لقياس مقدار المواد العضوية فيها مقارنة مع التربة في منطقة الدراسة.

درجة الحموضة pH:

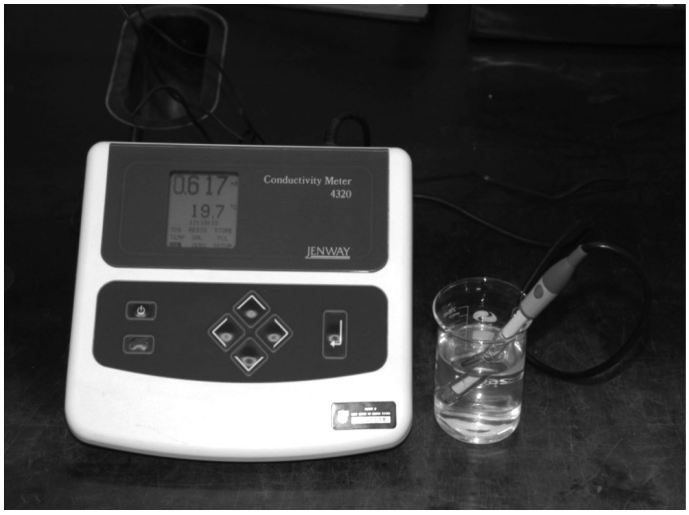
يتم قياس الأس الهيدروجيني للمعجون المشبع بالتربة باستخدام مقياس الأس الهيدروجيني (pH meter). وهو أداة إلكترونية تستعمل لقياس درجة الحموضة أو القاعديّة لسائل معيّن، تكون من قطب خاص (قطب زجاجي) متصل بمقياس إلكتروني، يقيس ويعرض رقم الأس الهيدروجيني (الشكل ١٢).

الشكل (١٢) – مقياس الأس الهيدروجيني

التوصيل الكهربائي (EC):

وهو قياس قدرة المادة على توصيل التيار الكهربائي (Jackson, 1985)، وقبل أن يتم قياس التوصيل الكهربائي يجب نقل المعجون المشبع بالتربة إلى قمع خاص مغطى بورقة ترشيح يتم توصيله بمضخة تفريغ الهواء، ومن ثم يتم جمع المياه المرشحة من التربة، وعقب ذلك تنقل لقياس قيم التوصيل الكهربائي

للمياه المرشحة بجهاز قياس التوصيل الكهربائي (الشكل ١٣). وتعتبر الأرض ملحية إذا كان توصيلها الكهربائي يساوي ٤ ديسيمنز/متر أو أكثر.



الشكل (١٣) – جهاز قياس التوصيل الكهربائي

المحتوى العضوي:

تحتوي المواد العضوية في التربة على مجموعة كبيرة من مركبات الكربون التي تؤثر على العديد من الخواص البيولوجية والفيزيائية والكيميائية للتربة، وأيضاً على نفاذية التربة وانضغاطيتها. وقد تم تجميع رواسب الرياح في منطقة الدراسة من مصايد للرمال موجهة نحو الشمال الغربي حيث الرياح السائدة في الكويت. كما تم قياس المحتوى العضوي في ٢٠ عينة من رواسب الرياح لعدة أشهر (يوليو وأغسطس وسبتمبر وأكتوبر ٢٠١٢) من أجل تعرف دورها في تحسين خواص التربة بالمنطقة.

ويتم تحليل المحتوى العضوي بقياس نسبة الكربون العضوي في التربة، وهو على النحو التالي:

- نزن صحناً من البورسلان وهو فارغ (أ).

- نزن ٢٥ جم من التربة الرطبة ونضعها داخل الصحن البورسلان، ثم نضعها في الفرن بدرجة حرارة مقدارها $105^{o}c$ لمدة ٢٤ ساعة.
- نزن الصحن مع العينة بعد تجفيفها في الفرن (ب).
- نضع العينة المجففة لتتحول إلى رماد في فرن خاص يسمى (Muffle Furnace) عند درجة $400^{o}c$ لمدة ساعتين.
- نخرج العينة من الفرن (Muffle Furnace) باستخدام ملقط، ومن ثم تبرّد العينة عند درجة حرارة الغرفة.
- نسجل كتلة الطبق الذي يحتوي على الرماد (ج).
- تحسب ٪ الكربون العضوي = (ب–ج / ب–أ) × ١٠٠
- ٪ المحتوى العضوي = ٪ الكربون العضوي × ١٠٠/ ٥٨.

نتائج الدراسة:

في منطقة الدراسة نجد أن التربة صلبة وجافة ومنضغطة؛ مما أثر سلباً على خواص التربة، ومن ثم قدرتها الإنتاجية؛ فنجد أن متوسط التسرب الرأسي زاد من ١٠٧,١٥ سم^{٣}/ دقيقة، وذلك قبل استخدام نظام الحصاد، إلى ١٩٣,٥ سم^{٣}/ دقيقة بعد المعالجة، وكان متوسط نسبة الفروقات في حجم الماء المتسرب للتربة قبل المعالجة وبعدها ٧١٪، الشكلان (١٤) و(١٥)، الجدول (٢).

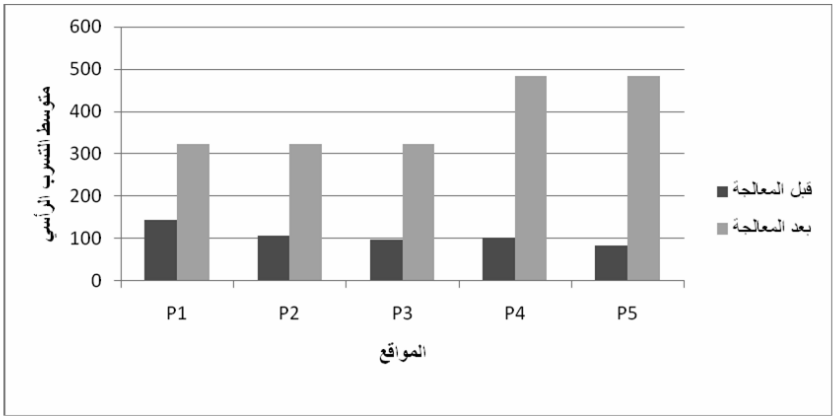
إن حموضة التربة (pH) والتوصيل الكهربائي (EC) نوعان من القياسات التي تشير إلى الخصائص الكيميائية للتربة. ونجد أن التربة في منطقة الدراسة قلوية، ودرجة الحموضة ٧,٧، وهذا يرجع إلى وجود كربونات الكالسيوم CaCO3 والجبس (CaSO4.2H2O)، ولم نجد اختلافاً كبيراً في درجة الحموضة قبل استخدام المعالجة وبعدها. في حين كان متوسط التوصيل الكهربائي (الذي يقيس نسبة الكثافة الحالية من الأيونات الحرة لقوة الحقل الكهربائي في التربة)، قبل المعالجة منخفضاً لا يزيد على 3.1 مللي ثانية/سم. ونجد أنه لم يتغير كثيراً

بعد المعالجة. والجدولان (٣) و(٤) يبينان الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة قبل المعالجة وبعدها.

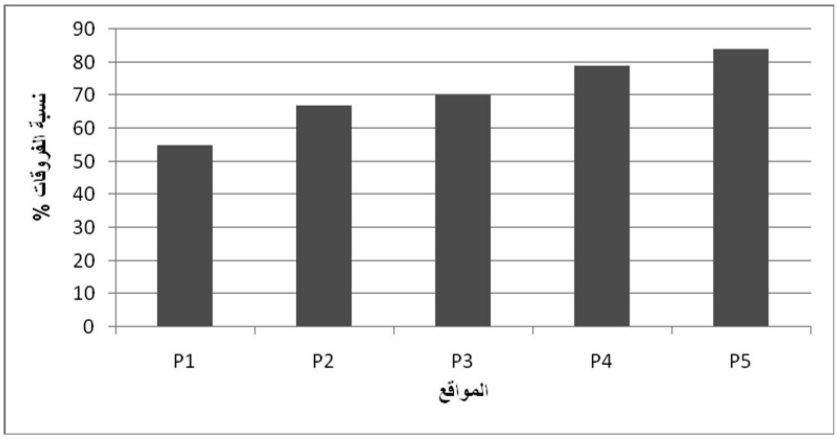
إن متوسط رطوبة التربة قبل المعالجة قليل جداً، ولكن بعد بناء المتون الهلالية زاد متوسط الرطوبة تدريجياً من ١,٩٪ إلى ٣,٧٪ على عمق ٦٠ سم. وتزيد الكثافة الظاهرية لمنطقة الدراسة قبل المعالجة على ٢٪، ولكن بعد المعالجة أصبحت الكثافة الظاهرية أقل من ٢٪ أو مساوية لها. والمسامية زادت من (٠) لتصل إلى ٢٤,٥٪. وثمة علاقة عكسية بين الكثافة الظاهرية ومسامية التربة، فكلما زادت الكثافة الظاهرية قلت المسامية، والعكس صحيح. ويصل متوسط قوة اختراق التربة السطحية للخبرة المتدهورة إلى أكثر من ٢٧٣ psi، ولكن بعد المعالجة والحراثة قلت صلابة التربة، وأصبح متوسط قوة الاختراق ١٩٠psi. فنجد أن هذا التأثير الإيجابي انعكس على صحة نبات العوسج المزروع، فزاد طول الفرع الرئيسي من ٦١ سم إلى ٩٥ سم، وعدد الأفرع الثانوية زادت من ٣ أفرع إلى ٨ أفرع. الجدول (٥). كما أن متوسط نسبة الزيادة في نباتات العوسج المغروسة في وسط المتون الهلالية كان أكثر بكثير (٧٣٪) بالمقارنة مع النباتات المغروسة في المنطقة المجاورة التي لم يطبق فيها وسائل حصاد المياه (الشكل ١٦).

ويستدل من الدراسة عدم وجود فروقات تذكر للخصائص الحجمية والمعاملات الإحصائية للتربة المعالجة وغير المعالجة من المتوسط الحجمي، والانحراف المعياري ومعامل التناظر ومعامل التفرطح. الجدول (٦) والشكلان (١٧) و(١٨).

وأظهرت قياسات المحتوى العضوي للتربة ورواسب الرياح لأشهر يوليو وأغسطس وسبتمبر وأكتوبر ٢٠١٢، في منطقة الدراسة – وجود زيادة ملحوظة في رواسب ريحية المجموعة من مصايد الرمال، بمتوسط يصل إلى ٢٪، في حين كانت معدومة في التربة السطحية لمنطقة الدراسة (الجدول ٧). وكانت أكثر المواد العضوية في شهر أغسطس بمتوسط يقدر بـ (٢,٨٪) وأقلها في أكتوبر (١,٣٣٪).



الشكل (١٤) – التسرب الرأسي لعينات التربة (p1,p2,p3,p4, p5) قبل المعالجة وبعدها (سم^{٣} / دقيقة)



الشكل (١٥) – نسبة الفروقات في التسرب الرأسي للمياه لعينات التربة (p1,p2,p3,p4, p5) قبل المعالجة وبعدها

الجدول (٢)
نسبة الفروقات في حجم الماء المتسرب لعينات التربة (p1,p2,p3,p4, p5) قبل المعالجة وبعدها (سم٣ / دقيقة)

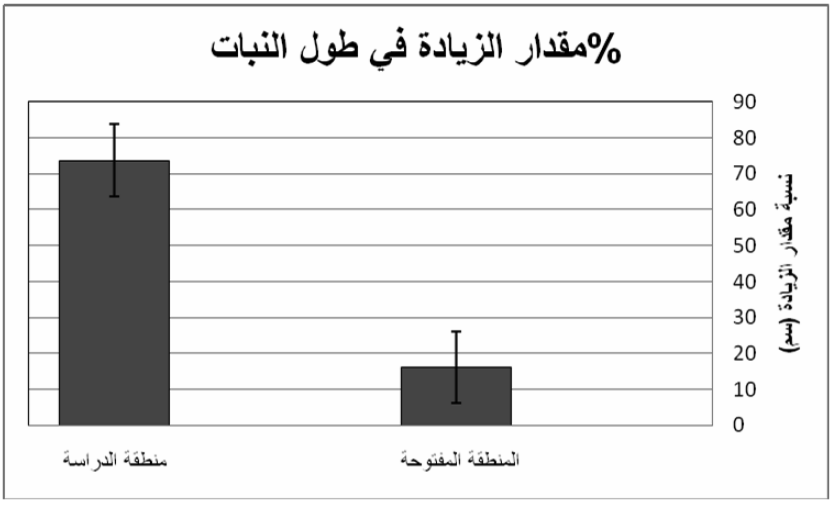
الموقع	الإحداثيات	حجم الماء المتسرب قبل المعالجة (سم٣ / دقيقة)	حجم الماء المتسرب بعد المعالجة (سم٣ / دقيقة)	نسبة الفروقات
p1	29°21'377"N 47°59'449"E	144.126	322.164	55.26
p2	29°36'098"N 47°36'100"E	107.6706	322,164	66.58
p3	29°36'112"N 47°36'058"E	97.497	322,164	69.74
p4	29°36'087"N 47°36'051"E	101.736	483.246	78.947
p5	29°36'092"N 47°36'055"E	84.78	483.246	84.25

الجدول (٣)
الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة (p1,p2,p3,p4, p5) قبل المعالجة

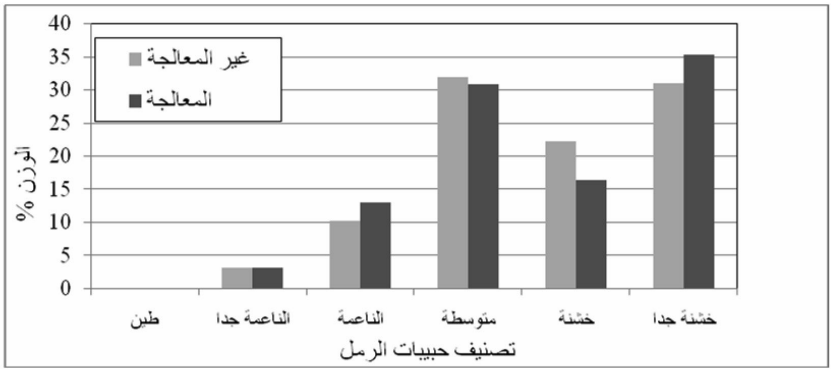
قطاع التربة (سم)	قوة اختراق التربة psi	درجة الحموضة	قيم التوصيل الكهربائي mS/cm	رطوبة التربة٪	الكثافة الظاهرية جم/سم٣	المسامية٪
٠	٢٧٣	٧,٧	٢,٤	١,٣	٢,٧	٠
٢٠		٧,٧	٣,١	١,٣		
٤٠		٧,٧	٣,١	١,٨		
٦٠		٧,٧	٣,٢	١,٩		

الجدول (٤)
الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة (p1,p2,p3,p4, p5) بعد المعالجة

قطاع التربة (سم)	قوة اختراق التربة psi	درجة الحموضة	قيم التوصيل الكهربائي mS/cm	رطوبة التربة٪	الكثافة الظاهرية جم/سم٣	المسامية٪
٠	١٩٠	٧,٦	٢,٠	٢,٣	٢	٢٤,٥
٢٠		٧,٦	٢,٣	٢,٨		
٤٠		٧,٦	٢,٧	٣,٧		
٦٠		٧,٦	٢,٨	٣,٧		



الشكل (١٦) – نسبة مقدار الزيادة في طول النبات في المنطقة المفتوحة والمنطقة قيد الدراسة

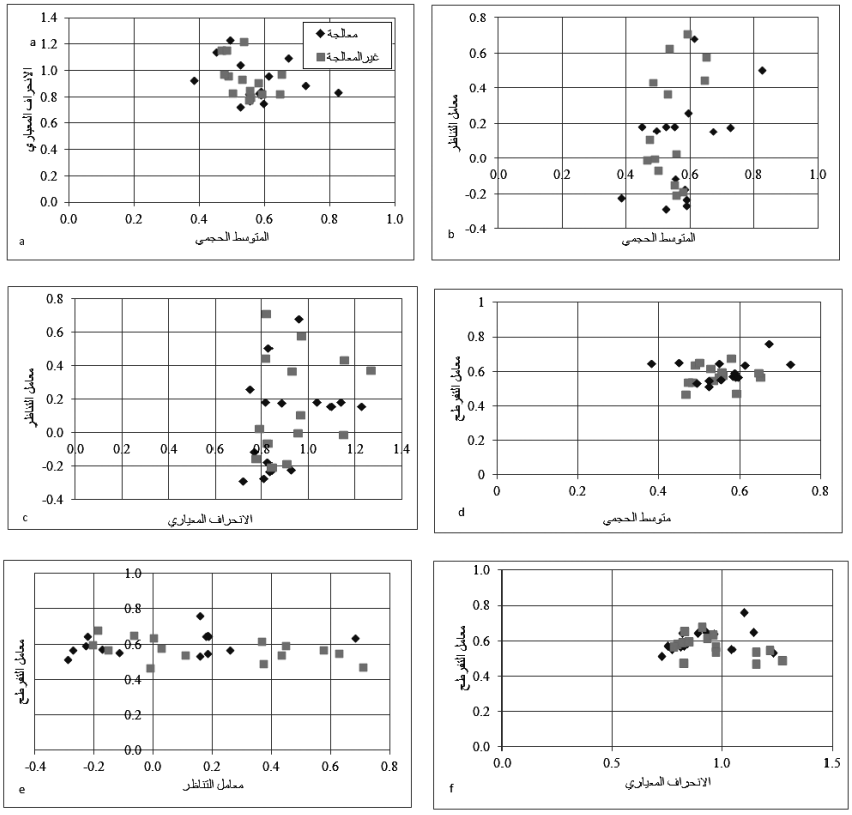


الشكل (١٧) – الخصائص الحجمية لحبيبات الرمل للتربة المعالجة وغير المعالجة

الجدول (٥)

المعاملات الإحصائية للتربة المعالجة وغير المعالجة (a, b, c, d, e, f)

العدد	التربة غير المعالجة					التربة المعالجة				
	معامل التفرطح	معامل التناظر	الانحراف المعياري	المتوسط (mm)	المتوسط	معامل التفرطح	معامل التناظر	الانحراف المعياري	المتوسط (mm)	المتوسط
١	٠,٦	٠,٠	٠,٨	٠,٦	٠,٧	٠,٦	٠,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٦
٢	٠,٦	٠,٤	٠,٩	٠,٥	٠,٧	٠,٥	٠,٢	١,٠	٠,٥	٠,٩
٣	٠,٥	٠,٧	٠,٨	٠,٦	٠,٦	٢,٩	٠,٥	٠,٨	٠,٨	٠,٤
٤	٠,٦	٠,٦	١,٠	٠,٧	٠,٧	٠,٨	٠,٢	١,١	٠,٧	٠,٩
٥	٠,٥	٠,٠	١,٢	٠,٥	١,٢	٠,٦	-٠,١	٠,٨	٠,٦	٠,٧
٦	٠,٥	٠,٤	١,٣	١,٠	٠,٥	٠,٦	-٠,٢	٠,٩	٠,٤	١,١
٧	٠,٦	٠,٠	١,٠	٠,٥	٠,٩	٠,٦	-٠,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٧
٨	٠,٦	٠,٤	٠,٨	٠,٦	٠,٥	٠,٦	٠,٢	١,١	٠,٥	١,٠
٩	٠,٦	-٠,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٧	٠,٦	-٠,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٧
١٠	٠,٧	-٠,٢	٠,٩	٠,٦	٠,٨	٠,٦	-٠,٣	٠,٨	٠,٦	٠,٧
١١	٠,٧	-٠,١	٠,٨	٠,٥	٠,٧	٠,٦	٠,٧	١,٠	٠,٦	٠,٧
١٢	٠,٥	٠,٤	١,٢	٠,٥	١,٠	٠,٥	-٠,٣	٠,٧	٠,٥	٠,٧
١٣	٠,٥	٠,١	١,٠	٠,٥	٠,٩	٠,٦	٠,٢	٠,٩	٠,٧	٠,٤
١٤	٠,٦	-٠,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٨	٠,٦	٠,٣	٠,٨	٠,٦	٠,٦
١٥	٠,٥	٠,٦	١,٢	٠,٥	٠,٩	٠,٥	٠,٢	١,٢	٠,٥	١,١



الشكل (١٨) – المعاملات الإحصائية للتربة المعالجة وغير المعالجة (a, b, c, d, e, f)

الجدول (٦)
متوسط أطوال نبات العوسج (٢٧ نبتة)

المعالجة	طول الفرع الرئيسي	عدد الأفرع	أطول فرع	أقصر فرع
قبل	٦١	٣	٤٤	١٩
بعد	٩٥	٨	٧٧	٣٥

الجدول (٧)
نسبة المواد العضوية

تسلسل العينة	تاريخ ورقم العينة	نسبة المادة العضوية
1	St 1 (14.7.2012)	1.17
2	St 2 (14.7.2012)	0.75
3	St 3 (14.7.2012)	2.33
4	St 4 (14.7.2012)	1.63
5	St 5 (14.7.2012)	2.85
6	St 1 (14.8.2012)	1.60
7	St 2 (14.8.2012)	4.83
8	St 3 (14.8.2012)	3.98
9	St 4 (14.8.2012)	2.30
10	St 5 (14.8.2012)	1.18
11	St 1 (13.9.2012)	0.92
12	St 2 (13.9.2012)	3.68
13	St3 (13.9.2012)	2.51
14	St 4 (13.9.2012)	2.02
15	St 5 (13.9.2012)	1.55
16	St 1 (14.10.2012)	2.02
17	St 2(14.10.2012)	0.87
18	St 3(14.10.2012)	1.07
19	St 4(14.10.2012)	1.14
20	St 5(14.10.2012)	1.57
المتوسط		2.00
الانحراف المعياري		1.11

الاستنتاجات:

في هذا المشروع، تم تحديد خبرة متدهورة، مساحتها ١٠٠ م^{٢} لدراستها وإعادة تأهيلها. وأجريت عدة زيارات حقلية. وأخذت القياسات الفيزيائية مثل قياس نفاذية التربة، والرطوبة، والكثافة الظاهرية والمسامية، وقوة اختراق التربة السطحية. وأجريت القياسات الكيميائية مثل قياس درجة الحموضة، والتوصيل الكهربائي (EC). وكل هذه الاختبارات أجريت **قبل المعالجة وبعدها**، ومن أهم الاستنتاجات ما يلي:

- قبل المعالجة، كان الوقت المستغرق لتسرب عمود من الماء، ارتفاعه ١٩ سم – أكثر من ٣٠ دقيقة، في حين استغرق بعد المعالجة نحو ١٥– ٢٠ دقيقة.
- متوسط التسرب الرأسي زاد من ١٠٧,١٥ سم^{٣}/ دقيقة قبل استخدام نظام الحصاد إلى ١٩٣,٥ سم^{٣}/ دقيقة بعد المعالجة.
- متوسط نسبة الفروقات في حجم الماء المتسرب للتربة قبل المعالجة وبعدها كان ٧١٪.
- زاد متوسط رطوبة التربة بعد المعالجة من ١,٥٪ إلى ٣,٥٪، وهو عامل مساعد على نمو نباتات العوسج وازدهارها كما في دراسة (Ahmed et al., 2009).
- قل متوسط الكثافة الظاهرية للتربة بعد المعالجة من ٢,٧ جم/سم^{٣} إلى ٢٪ جم/سم^{٣}، وزاد متوسط مسامية التربة بعد المعالجة من ٠ إلى ٢٤,٥٪؛ وذلك لوجود فراغات ظاهرية في الرواسب والترب المحيطة بالنبات نتيجة نمو الجذور.
- قل متوسط قوة اختراق التربة بعد المعالجة من ٢٧٣ psi إلى ١٩٠ psi.
- كان التغير في الخصائص الحجمية لحبيبات الرمل والمعاملات الإحصائية بسيطاً جداً لكل من التربة المعالجة والتربة غير المعالجة، إلا أنه ازدادت الرمال الناعمة بنسبة ٢,٥٪.
- صحة نبات العوسج المزروع في التربة المحروثة والمغطاة بمواد صديقة للبيئة – كبقايا النباتات وسعف النخيل – ممتازة، تحت ظل الظروف

الصحراوية القاسية؛ فنجد أن متوسط طول الفرع الرئيسي للنبات كان قبل المعالجة ٦١ سم، في حين زاد بعد المعالجة إلى ٩٥ سم، كما زاد متوسط عدد الفروع من ٣ أفرع قبل المعالجة إلى ٨ أفرع بعد المعالجة.

- تغيرت درجة الحموضة (pH) والتوصيل الكهربائي (EC) بنسبة بسيطة وغير ملحوظة قبل استخدام العلاج وبعده. وقد أثبتت الدراسة (Al-Dousari et al., 2008) أن كلاً من نبات العوسج والرمث والحاد ينمو في تربة قاعدية قيمة pH فيها بين ٧,٢ إلى ٧,٩، وقيمة التوصيل الكهربائي منخفضة. وتتميز هذه النباتات بالقدرة والكفاءة العالية في حجز الرمال، وتكوين (نباك) ذات أحجام كبيرة، وهذا يدعم اختيار نبات العوسج لزراعته في منطقة الدراسة.

- تشكل الأودية الصحراوية جزءاً مهماً من عناصر منظومة البيئة الصحراوية؛ حيث إنها تمثل المجاري الطبيعية للسيول التي تنتقل عادة من المناطق المرتفعة (مناطق الهطول المطري) إلى المناطق المنخفضة والخباري (مناطق تجمع) مشكلة بحيرات موسمية، تتسرب كميات من مياهها إلى باطن الأرض وتتبخر كميات أخرى بعد مضي عدة أيام. ويعد تطبيق نظام حصاد المياه بالمتون الهلالية مهماً جداً للاستفادة من مياه الأمطار، ولإعادة تأهيل المناطق المتدهورة، وحماية التربة من الانجراف، وتخزين المزيد من المياه في التربة، ومن أهم الخطوات الرئيسة لبناء نظام حصاد المياه بناء السواتر الترابية على شكل هلال، وحراثة التربة، وزراعة النباتات المقاومة للجفاف، مع استخدام مواد صديقة للبيئة لتغطية التربة. ويجب أن تكون هناك صيانة دورية للسواتر وحمايتها من أي أضرار مفاجئة. ومن مميزات المتون الهلالية أن تكلفة إقامتها منخفضة جداً، ويمكن تنفيذها بسهولة ويسر، وتعطي فرصة لإعادة تدوير النفايات عند استخدام بقايا النباتات من أوراق وسيقان وجذوع. وهذا النظام يعمل على تحسين نوعية خصائص التربة في المناطق الصحراوية.

يستنتج من كل هذه الفروقات في جميع النتائج في المنطقة قبل وضع المتون الهلالية وبعدها أن هناك تحسناً ملحوظاً في خواص التربة، انعكس إيجاباً على ازدهار النباتات المزروعة، وإن كانت الرمال السافية التي تراكمت على المتون الهلالية الموضوعة أدت دوراً في تفعيل نمو النباتات لما تحويه من المواد العضوية والمعادن الضرورية لهذا النمو.

التوصيات:

توصي الدراسة بعد عرض النتائج والاستنتاجات بالآتي:

- الاهتمام بإصلاح الأراضي المتدهورة في أسرع وقت؛ وذلك لنتجنب تفاقم التدهور، وحتى لا يصبح إصلاحها معقداً وتكلفته عالية. ونجد أن التربة في منطقة الدراسة أظهرت نتائج جيدة، وخاصة أن خواص التربة الفيزيائية ضعيفة مثل ضعف النفاذية والمسامية؛ وذلك للأسباب التالية:
  - تعرضها للانضغاط نتيجة حركة الآليات والمركبات عليها لمدة طويلة، وخاصة خلال مراحل استخراج الصلبوخ.
  - وجود مواد – مثل كربونات الكالسيوم والجبس – في التربة الرملية التي تعمل كمادة لاحمة للفراغات والمسامات في التربة.

  لذلك فإن لتقليب التربة وحرثها قبل موسم الأمطار، والتعامل معها بالوسائل المذكورة في الدراسة دوراً فاعلاً في زيادة المسامية وتحسين ظروفها. كما أن تطوير المتون الهلالية من خلال وضع بقايا الأشجار والسعف له دور فاعل في المحافظة على المحتوى الرطوبي للتربة.
- التوسع في تطبيق نظم حصاد المياه وخاصة المتون الهلالية، باستخدام مواد صديقة للبيئة وبسيطة ومتوافرة ورخيصة.
- تطوير المتون الهلالية أكثر لتصبح أكثر فاعلية في صد الرمال السافية؛ لما لهذه الرمال من فوائد جمة للنباتات المزروعة فضلاً عن احتوائها على كميات من بذور النباتات الفطرية، على نحو ما أثبتته دراسات عديدة (Al-Dousari et al., 2012 و Ahmed et al., 2012).

المراجع

أولاً – المراجع العربية:

- أحمد، موضي. العنزي، عبدالله. (٢٠٠٥م). التصحر وتدهور الأراضي في دولة الكويت. إدارة البيئة والتنمية الحضرية. معهد الكويت للأبحاث العلمية. الكويت. ١١٦ صفحة.
- الدوسري، علي. ميساك، رأفت. نيلاماني. (٢٠٠٨م). إدارة السيول الفجائية في منطقة الشعيبة الصناعية بجنوب الكويت. ندوة إدارة الكوارث وسلامة المباني في الدول العربية. الرياض: ٢٩ مارس–١ أبريل ٢٠٠٨. الصفحات: ٦٣٥–٦٤٨.
- باحقيزل، سالم. (٢٠٠٢م). الطرق التقليدية للحصاد المائي في محافظتي حضرموت وشبوة. مؤتمر التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها. الرياض: ٢–٤ نوفمبر ٢٠٠٢.
- الخرابشة، عاطف. الملاعبة، أحمد. (٢٠٠٢م). تقنيات الحصاد المائي في وادي المغاير – حوض الأزرق المائي/الأردن، وأثره على الوضع البيئي في المنطقة الصحراوية. مؤتمر التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها. الرياض: ٢–٤ نوفمبر ٢٠٠٢م.
- العوضي، جاسم محمد. الدوسري، علي محمد. (٢٠١٠م). تدهور الأراضي في دولة الكويت. مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت.
- كليو، عبد الحميد. (١٩٩٠م). خبرات الكويت: توزيعها. الكويت: نشأتها، تصنيفها. حوليات كلية الآداب، الحولية الحادية عشرة. الرسالة ٧٢.
- كليو، عبد الحميد. أبوالعينين، حسن. الحسيني، السيد. العصفور، طيبة. (٢٠٠٣م). دراسات من جيومورفولوجية الأراضي الكويتية. مركز البحوث والدراسات الكويتية. الكويت.
- ميساك، رأفت. محفوظ، سعيد. العصفور، طيبة. (١٩٩٨م). البيئة

الصحراوية بدولة الكويت (ملامحها العامة، أسباب تدهورها، وسبل إعادة تأهيلها). مركز البحوث والدراسات الكويتية. الكويت. ١٦٣ ص.

ثانياً – المراجع الأجنبية:

- Ahmed, M., Al-Dousari, A.M., Baby, S7. (2009). Chemical and morphological characteristics for photogenic mounds (nabkhas) in Kuwait. Arab Gulf Journal for Scientific Research. 27: 114-126.
- Ahmed, M. and Al-Dousari, A.M. (2010). Rehabilitation of degraded playas of Kuwait by using water harvesting techniques. EC048G Technical Report KISR11095. Kuwait Institute for Scientific Research. Kuwait.
- Ahmed, M. and Al-Dousari, A.M. (2012). Rehabilitation of degraded playas of Kuwait by using water harvesting techniques. EC048G Technical Report KISR11095, Kuwait Institute for Scientific Research. Kuwait.
- Al-Awadhi, J. M., Al-Hellal, A. and Al-Enezi, A. (2005). Sand drift potential in Kuwait. Journal of Arid Environments. 63: 425-438.
- Al-Dousari A.M., Misak R. and Shahid S. (2000). Soil compaction and sealing in Al-Salmi area, western Kuwait. Land Degradation and Development. 11: 401-418.
- Al-Dousari, A.M., Ahmed, M.. Al-Senafy, M. and Al-Mutairi M. (2008). Characteristics of nabkhas in relation to dominant perennial plant species in Kuwait. Kuwait Journal of Science and Engineering. 35(1): 129-150.
- Al-Dousari, A. M., Sudhersan, C. and Uddin, S. (2010). Environmental rehabilitation study of the Liyah refilled quarries -Phase II. (EC085P). Kuwait Institute for Scientific Research, Proposal KISR10600. Kuwait.
- Al-Dousari, A.M., Al-Awadhi, J. and Ahmed, M. (2012). Dust fallout characteristics within global dust storm major trajectories. Arabian Journal of Geosciences. DOI: 10.1007/s12517-012-0644-0.
- Al- Hajraf, S., Al-Enezi, A., Al-Dousari, A., Brown, J. and Delima, E. (2008). Environmental rehabilitation study of quarries on the

state of Kuwait. EC006C, Final report KISR9475. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait
- Critchely; W., Kalaus; S.; Finkel, M. and Isreal, Y. (1999). A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Dregene, H. E. (2002). Land degradation in the drylands. Arid Land Management. 16: 99-132.
- Folk, R. (1974). Longitudinal dunes of the northwestern edge of the Simpson Desert, Northern Territory, Australia, 1. Geomorphology and grain size relationships. Sedimentology. 16, 5-54.
- Jackson, M. L. (1985). Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, Prentice-Hall. Inc.
- Johnson, L.A.; D.A. Haukos, L.M. Smith, S.T. McMurry. 2011. Loss of playa wetlands caused by reclassification and remapping of hydric soils on the southern High plain. Wet lands: 31, pp.483-492.
- Johnson, L.A.; Haukos, D.A.; Smith, L.M.; McMurry, S.T. (2012). Physical loss and modification of Southern Great Plains playas. Journal of Environmental Management: 112, pp. 275-283.
- Shahid, S.A; Omar; S.; Misak, R. and Rizq, H.A. (2003). Land resource stresses and degradation in the arid environment of Kuwait. in: Alsharhan. A. S. Wood., W. W. Goudie. A. S. Fowler., E. M. A. Abdellatif (Eds). Desertification in the Third Millenninum, Proceedings of an International Conferences. 12-15 Feb 2000, Dubai. UAE. Swets and Zeitlinger Publishers. Lisse. The Netherlands. pp. 351-360.
- Smith, L.M. (2003). Playa of the Great Plains. University of Texas Press. Austin. Texas.
- USDA. (1996). Soil survey laboratory methods manual: soil survey investigations. Report No. 42. Version 3.0. January. US Government Printing Office: Washington. DC.

الملحق أ
نتائج تحاليل التربة

الجدول (١)

التسرب الرأسي لعينات التربة (p1,p2,p3,p4, p5) قبل المعالجة (سم٣ / دقيقة)

الوقت (دقيقة)	طول عمود الماء (p1) سم	طول عمود الماء (p2) سم	طول عمود الماء (p3) سم	طول عمود الماء (p4) سم	طول عمود الماء (p5) سم
٠	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩
١	١٨	١٨	١٨	١٧	١٨,٢
٢	١٧,٢	١٧,٥	١٧,٢	١٦,٦	١٧,٨
٣	١٦,٤	١٧	١٦,٨	١٦	١٧
٤	١٦	١٦,١	١٦	١٥,٥	١٦,٢
٥	١٥,١	١٥,٢	١٥,٥	١٥	١٥,٥
١٠	١٢	١٣	١٣,٨	١٣,٥	١٤,٤
١٥	٩,١	١١	١٢	١٠,١	١٣
٢٠	٧	٩,٥	١٠	٩	١١,٨
٢٥	٥	٨	٩	٨	١٠,١
٣٠	٢	٦,٣	٧,٥	٧	٩

الجدول (٢)

التسرب الرأسي لعينات التربة (p1,p2,p3,p4, p5) بعد المعالجة (سم٣ / دقيقة)

الوقت (دقيقة)	طول عمود الماء (p1) سم	طول عمود الماء (p2) سم	طول عمود الماء (p3) سم	طول عمود الماء (p4) سم	طول عمود الماء (p5) سم
٠	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩
١	١٧,٥	١٧	١٧	١٦	١٥
٢	١٥	١٥	١٥	١٤	١١,٣
٣	١٣	١٣	١٢,٥	١١,٨	٨,٦
٤	١١,٥	١١	١٠,٣	١١	٦
٥	١٠	١٠	٨,٨	٨	٣
١٠	٤,٥	٤,٢	٢	٠	٠
١٥	٠	١	٠		

الجدول (٣)

الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة (p1,p2,p3,p4, p5) قبل المعالجة

قطاع التربة (سم)	قوة الاختراق PSI	درجة الحموضة	التوصيل الكهربائي mS/cm	رطوبة التربة٪	الكثافة الظاهرية جم/سم٣	المسامية ٪
			موقع p1			
٠	٢٦٢	٧,٤	٢,١	١,٣	٢,٦	١,٩
٢٠		٧,٤	٢,٢	١,٨		
٤		٧,٨	٠,٦	٢,٣		
٦٠		٧,٨	٠,٤	٢,٤		
			موقع p2			
٠	٢٩٦	٧,٧	٢,٢	٠,٨	٣,٧	٠
٢٠		٧,٨	٢,٤	١		
٤٠		٧,٨	٢,٨	١,٤		
٦٠		٧,٨	٣,٦	١,٤		
			موقع p3			
٠	٢٨٢	٧,٥	٤,٧	١,٦	٢,٣	١٣,٢
٢٠		٧,٣	٧,٢	١,٨		
٤٠		٧,٤	٨,٢	٢,١		
٦٠		٧,٤	٧,٦	٢,٣		
			موقع p4			
٠	٢٥٤	٨	١,٢	٠,٨	٢	٤٣,٤
٢٠		٧,٨	١,٤	٠,٨		
٤٠		٨	١,٦	١,١		
٦٠		٨	١,٥	١,١		
			موقع P5			
٠	٢٧٠	٨	١,٦	٢,١	٣	٠
٢٠		٨	٢,١	٠,٨		
٤٠		٧,٤	٢,٣	٢		
٦٠		٧,٤	٢,٧	٢,١		

الجدول (٤)

الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة (p1,p2,p3,p4, p5) بعد المعالجة

قطاع التربة (سم)	قوة الاختراق PSI	درجة الحموضة	التوصيل الكهربائي mS/cm	رطوبة التربة٪	الكثافة الظاهرية جم/سم٣	المسامية ٪
			موقع p1			
٠	١٨٠	٧,٧	١,٨	١,٢	٢,٠	٢٤,٥
٢٠		٧,٦	١,٨	١,٨		
٤		٧,٦	١,٦	٢,٣		
٦٠		٧,٨	١,٤	٢,٤		
			موقع p2			
٠	١٩٠	٧,٧	١,٦	٠,٨	٣,٠	٠
٢٠		٧,٦	٢,٨	١		
٤٠		٧,٤	٤,٤	١,٤		
٦٠		٧,٤	٥	١,٤		
			موقع p3			
٠	٢٠٠	٧,٥	٢,٦	١,٦	٢,٠	٢٤,٥
٢٠		٧,٦	٢,٦	١,٨		
٤٠		٧,٦	٢,٥	٢,١		
٦٠		٧,٥	٢,٧	٢,٣		
			موقع p4			
٠	٢٠٠	٧,٦	٢	٠,٨	٢,٠	٢٤,٥
٢٠		٧,٦	٢,١	٠,٨		
٤٠		٧,٧	٢,٣	١,١		
٦٠		٧,٦	٢,٥	١,١		
			موقع p5			
٠	١٨٠	٧,٥٩	٢,٢	٢,١	١,٠	٦٢,٣
٢٠		٧,٥٨	٢	٠,٨٤		
٤٠		٧,٦٩	٢,٦	٢		
٦٠		٧,٦٧	٢,٦	٢,١		

الجدول (٥)
أطوال نبات العوسج (٢٧ نبتة) قبل المعالجة

عدد العينات	طول الفرع الرئيسي cm	عدد الأفرع	أطول فرع cm	أقصر فرع cm
١	٤٥	٢	٢٧	٦
٢	٠	٣	٥٧	٣٠
٣	٠	٢	٦٠	١٥
٤	٨٢	٢	٣٧	٢٧
٥	٠	٢	٥٥	١٣
٦	٦٧	٢	١٧	١٠
٧	٠	٢	٥٣	٤٧
٨	٠	١	٤٥	١٠
٩	٠	٢	٥٧	١٦
١٠	٠	٢	٦٠	٣٥
١١	٠	٤	٤٠	١٠
١٢	٨٥	٢	٥٠	١٤
١٣	٠	٥	٦٥	١٨
١٤	٠	١	٥٢	٣٢
١٥	٠	٢	٣٨	٣٠
١٦	٠	٢	٥٤	٢٦
١٧	٥٠	٢	٣١	١٢
١٨	٠	٢	٥٢	١٧
١٩	٠	٢	٤٥	٣٢
٢٠	٠	٢	٦٨	٣٠
٢١	٠	٦	٦٠	٤١
٢٢	٠	٣	٤١	٣٦
٢٣	٠	٢	٤٧	٥
٢٤	٠	١	٤٠	١٢
٢٥	٠	٥	٧٢	٥٢
٢٦	٠	٢	٣٥	٥
٢٧	٠	٣	٣٢	١٢

* يرمز الصفر في طول الفرع الرئيسي إلى أن النبات يتكون من عدة فروع ثانوية ولا يوجد به فرع رئيسي.

الجدول (٦)
أطوال نبات العوسج (٢٧ نبتة) بعد المعالجة

عدد العينات	طول الفرع الرئيسي cm	عدد الأفرع	أطول فرع cm	أقصر فرع cm
١	٧٧	٧	٤٨	٣
٢	٩٨	٦	٩٢	٥
٣	٦٨	٥	٦٢	٦
٤	١٠٠	٤	٨٨	٨
٥	٨٢	٣	٦٧	٧
٦	٨٩	٥	٨٦	٦
٧	٠	٤	١٠٠	٧٠
٨	٠	٣	٨٥	٥٤
٩	٨٨	٤	٨٢	٧
١٠	٠	٥	٨٤	٢٤
١١	٠	٧	٨٣	٧٠
١٢	١٠٨	٤	٨٦	٦
١٣	٠	٣	٨٤	٢٤
١٤	٠	٤	٨٣	٧٠
١٥	٠	٥	٩٨	٧٠
١٦	٠	٤	٨٦	٧٢
١٧	١٠٨	٤	٨٦	٦
١٨	٠	٣	٨٦	٧٦
١٩	٠	٤	٧٨	٥٠
٢٠	٧٢	٣	٥٠	٤٤
٢١	٠	٩	٨٧	٥٨
٢٢	٥٨	٤	٤٤	١٤
٢٣	٠	٤	٧٠	٤٨
٢٤	٩٦	٣	٨٥	٤٧
٢٥	٩٥	٧	٦٣	٣٩
٢٦	٨٥	٤	٨٠	١٢
٢٧	١٠٠	٣	٥٧	١٩

* يرمز الصفر في طول الفرع الرئيسي إلى أن النبات يتكون من عدة فروع ثانوية ولا يوجد به فرع رئيسي.