دراسة تأثير التثبيت البيولوجي للكثبان الرملية المتحركة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة في وادي زبيد، سهل تهامة- اليمن

د.جميل حسن عبد الله

رئيس قسم الإنتاج النباتي في كلية الزراعة، جامعة الحديدة

jmailashh@gmail.com

Tel: 715368693- 730384150- 739651474

الملخص

يهدف هذا العمل لدراسة تأثير التثبيت البيولوجي للكثبان الرملية على الخاصيات الفيزيائية والكيميائية للتربة في وادي زبيد جنوب تهامة (اليمن) في المواقع المدروسة (المخيريان، الشبيطاء، كدف الرمة، الروية، عوين، المغرس) خصائص القوام، النفاذية، السعة الحقلية، نقطة الذبول الدائم، الكثافة الظاهرية، المسامية، المادة العضوية، الازوت، البوتاسيوم، الفوسفور، وpH كانت مدروسة ومقارنة على تربة الكثبان المثبتة والعارية ضمن الموقع الواحد. اخذت عينات تربة من كل موقع على حدة عينة من الكثبان المثبتة بيولوجيا (من تحت سقف الأشجار) وأخرى من الكثبان العارية من نفس الموقع للمقارنة ومن عمق 20 سم. وتمت الدراسة المختبرية للعينات في مختبر التربة في المعهد الوطني للعلوم الفلاحية بتونس. وأظهرت النتائج تحسنا ملحوظا في الخاصيات الفيزيائية والكيميائية المدروسة للترب المثبتة بيولوجيا مقارنة مع الترب العارية، وقد تأثر هذا التحسن بحالة الموقع ومدى تدهوره. وتمثل تعديات السكان المحللين على المزروعات الحراجية سواء بالرعي أو الاحتطاب والقطع عوامل اساسية في تدهورها. وتحتاج أعمال تثبيت الكثبان الرملية في سهل تهامة الى مزيد من الدراسات والأبحاث للتطوير وتحسين آليات الأعمال وتأثيراتها الإيجابية على تحسن خواص التربة ودعم استقرار النظام البيئي.

كلمات مفاتيح: الكثبان الرملية المتحركة، التثبيت البيولوجي، الخاصيات الفيزيائية، الخاصيات الكيميائية للتربة.

المقدمة

تعد ظاهرة التصحر مشكلة عالمية تعاني منها الكثير من الدول في المناطق الجافة وشبة الجافة، ويأخذ التصحر أشكالا مختلفة حسب الظروف البيئية السائدة، وتعتبر الكثبان الرملية المتنقلة أحد اهم مظاهر التصحر وأكثرها خطرا مما تسببه من زحف على الأراضي الزراعية والقرى الريفية والمنشآت المدنية والصناعية والطرق والسكك الحديدية وغيرها من البني التحتية. وتلعب العوامل الطبيعية مثل الطبوغرافيا والجيولوجيا دورًا هامًا في تطور عمليات التصحر حيث تعتبر الأراضي في اليمن معرضة للانجراف الريحية والمائي لفقرها بالمادة العضوية لا تتجاوز 0.5% وبالتالي ضعف تماسك حبيباتها امام التعرية الريحية والمائية وتساهم الطبوغرافيا في عملية التصحر وخاصة في الأراضي شديدة الانحدار مع شدة المطر والفقر بالغطاء النباتي وتدهوره (اكساد، 2004) و(بامطرف، 2000). وفي سهل تهامة حيث المخزونات الرملية الكبيرة الناتجة بفعل التكوين الجيولوجي للسهل ونشاط التعرية الريحية عبر ثلاث مصادر أساسية مواقع الرواسب النهرية، الكثبان الرملية النشطة، والسهول الرملية القديمة بسبب تدهور الغطاء النباتي نتيجة قطع الأشجار واجتثاث النباتات من جذورها والرعي الجائر بالإضافة إلى النشاطات الزراعية الغير مخططة خاصة في الأراضي الحدية مع تذبذب الأمطار والجفاف أدي الى تشكل الكثبان الرملية المتحركة، وقد تزايدت الكثبان الرملية النشطة من 31920 هكتار عام 1973 الى 218336 عام 1990و 405858 هكتار 2020 (هيئة تطوير تهامة، 2020) (خريطة1، 2). لما كان اجتثاث الغابات أحد الاسباب الرئيسية للتصحر فأن الجهود نحو إعادة تخضير الأراضي الجرداء تشمل غالبا زراعة نباتات خشبية مستديمة، وكما ان إنشاء الأحزمة الواقية وغيرها من مزارع الأشجار يعتبر جزءا أساسيا من عملية استصلاح المناطق المتدهورة، ويتضمن ذلك تثبيت الرمال المتحركة عن طريق زراعة الأشجار كلما كان ذلك ممكنا (احمد، 2012). ويعتبر الغطاء النباتي من أهم العوامل التي تقي التربة التعرية حيث تمثل الأجزاء العلوية من النباتات حاجزا ضد الرياح والمياه، وتمثل جذوره عاملا مثبتا للتربة الفوقية، وحين تفقد التربة الحياة النباتية تصبح مكشوفة للرياح التي تجرف جزيئاتها الناعمة والمواد العضوية بها تاركة خلفها طبقة مركزة من الرمال الخشنة عديمة البنية حيث أن فقدان المادة العضوية من التربة يفقدها تماسكها واستقرارها ويعرضها لزيادة حدة التعرية الريحية، وكذلك قدرة التربة على خزن واحتجاز الماء (المديهيش، واخرون، 1430) و (بكري، 2022). حسب FAO (1987) و(2020) El Gamri إن النهوض بالغطاء النباتي الشجري بالاعتماد على الأنواع المحلية أو المدخلة تعتبر الطريقة الأكثر فعالية في التثبيت البيولوجي للكثبان الرملية المتحركة و. نجاح تثبيت البيولوجي للكثبان الرملية يسمح للأوراق المتساقطة من الأشجار الكثيفة بالتجمع فوق أسطح التربة لتتكون طبقة عضوية مع حبيبات التربة الثابتة بينما تؤدي الاحماض العضوية الناتجة الى تخفيض قيمة pH مما يؤدي الى توفر الغذاء النباتي في التربة، وبالنتيجة تكوين تربة مقاومة لهبوب الرياح. وفي حال رمال تهامة التي تبدو إن حبيبات الرمال خليط من الكوارتز والفلسبار والبيروكسين والمعادن القاتمة والشظايا الصخرية، فان هناك

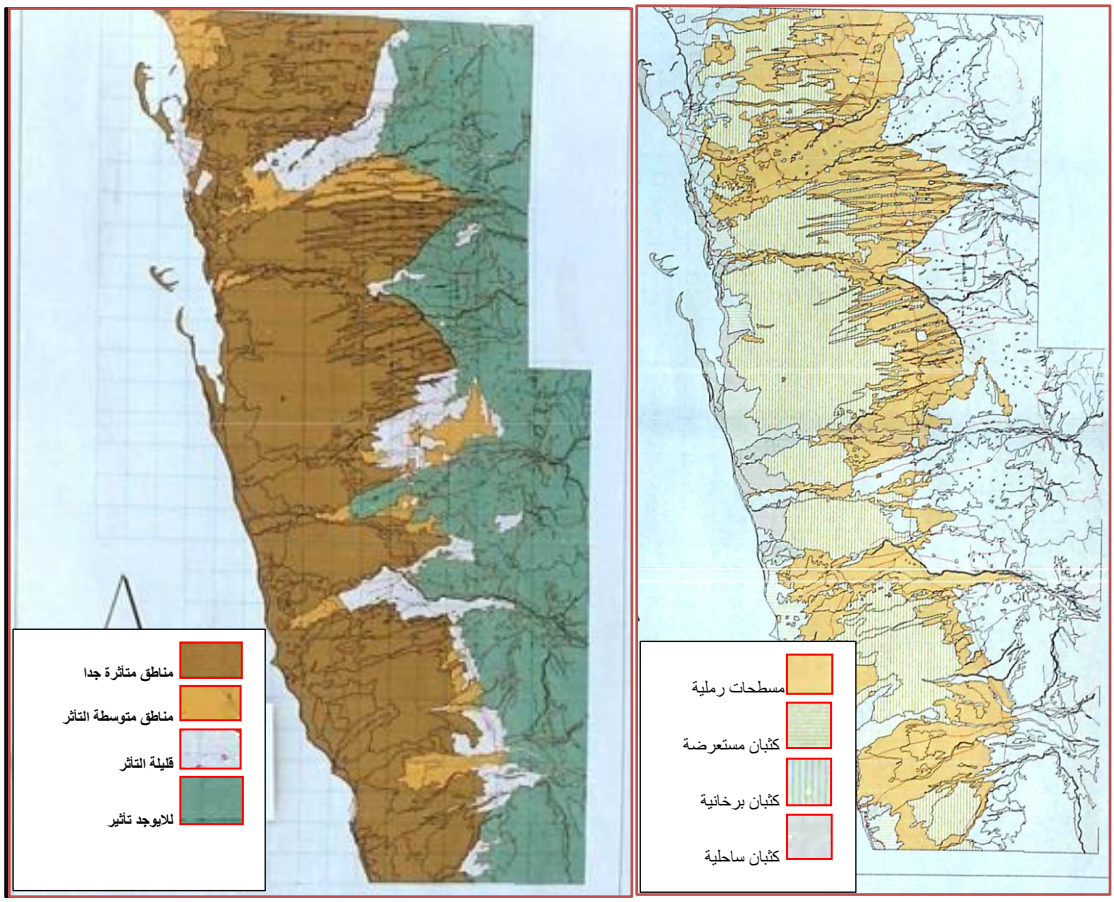
احتمالا قويا للتوفير الغذاء النباتي على المدى البعيد إذا تم تحسين الظروف الترابية (هنتنج، 1998و في الصين أجرت أكاديمية سينيكا عدة قياسات على ترب الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا في منطقة شينجوبيان حيث استنتجت تحسن كبير على خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية على الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا بعد ست سنوات من التثبيت البيولوجي مقارنة مع الكثبان العارية (IRA ,1986) و(جدول 1)

جدول (1) نتائج قياسات اكاديمية سينيكا على ترب الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا

نوع الكثبان	حجم الحبيبات (<0.05 ملم) (%)	الكثافة الظاهرية غرام/ سم3	المسامية (%)	المادة العضوية (%)	الازوت (%)	الفوسفورر (%)	البوتاسيوم (%)
كثبان رملية متحركة	3.31	1.69	36.2	0.098	0.033	0.05	2.82
كثبان رملية مثبتة	15.38	1.57	40.6	0.168	0.063	0.06	3.00

وتتكون المادة العضوية عادة من بقايا النباتات الموجودة في التربة الى جانب مخلفات الحيوانات الإخراجية، وهو موجود في جميع الأراضي التي يغطيها كساء خضري، وتختلف نسبتها حسب كثافة الغطاء الخضري ففي الأراضي حديثة التكوين كالأراضي الرملية المنقولة بالرياح فأن المادة العضوية تكون ضئيلة ولكن تزيد كلما زاد كثافة الغطاء النباتي وزادت التغطية النباتية لسطح الأرض، فزيادة محتوى التربة من المادة العضوية يعني زيادة في خصوبتها لان المادة العضوية تعتبر مصدرا ومخزنا للعناصر الغذائية اللازمة للنمو مثل النتروجين والفوسفور والكبريت وغيرها ، كما أن المادة العضوية تتميز بقدرتها على الاحتفاظ بالماء (مجاهد، اخرون، 1987، الخطيب، 1998). ويشكل النيتروجين العضوي 99% من نيتروجين التربة، وعليه تعتبر معدنة النيتروجين من العمليات الهامة التي تعمل على تحويل النيتروجين الغير صالح للامتصاص من قبل النبات إلى نيتروجين معدني يستطيع النبات الاستفادة منه (Sasi et al,1983) ، تحلل المواد العضوية في التربة خلال العمليات والتفاعلات الحيوية التي تقوم بها مختلف الكائنات الدقيقة التي تتخذ من التربة وسطا تعيش فيه(Heritage et al,2005)، و تؤثر المادة العضوية تأثيرا كبيراً في أغلب الصفات الفيزيائية والكيمائية للتربة، وغالباً وتؤثر في نصف السعة التبادلية الكاتيونية، وربما مسؤولة أكثر من أي عامل آخر عن ثبات وتكوين تجمعات حبيبات التربة (Khalil **et al**, 2005). وهناك عدة عوامل محددة للمادة العضوية والتي يتكون أساسًا من المواد المتساقطة على سطح التربة أو الميتة داخلها من الكساء الخضري أو الجذور، ومخلفات بعض الحيوانات التي تشارك الكساء الخضري بيئته وهي قليلة في الأراضي الجافة التي تتعرض للمناخ الحار الجاف. ويوجد تفاوت في نسبة المادة العضوية بالتربة، فالكثبان الرملية خالية تقريبًا من المادة العضوية (الشريف،2002). وتلعب المادة العضوية دورا مهما في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية إضافة الى القدرة البيولوجية لنظام التربة وتحسين إنتاجيته. ويمثل النتروجين العضوي 99% من كمية النتروجين الكلي في التربة، ويعتبر المادة العضوية مخزنا للنتروجين حيث يتم معدنة من 1%-

9% سنويا ويصبح صالحا للاستخدام (الخطيب،1998). الاوراق والبقايا النباتية المختلفة تثري التربة بالمادة العضوية حيث ينتج الدبال (التبدل) الذي يحرر الازوت من المركبات المعقدة تحت تأثير الكائنات الحية الدقيقة في التربة المصدر الثاني للأزوت هو تثبيت الازوت الجوي بواسطة لكائنات الدقيقة بكتيريا من نوع Rhizobium (نحال واخرون 1988). هنتج (1998) استنتجت ان الكثبان الرملية المتشكلة نتيجة الترسبات الريحية الناتجة عن التعرية الريحية النشطة في مواقع النقل والترسيب تتسم بتدني خصائصها الزراعية وخاصة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية مثل القوام الخشن أكثر من 95% رمل مع كميات قليلة من المواد الغرينية والطين بينما بعض رمال الروابي (النكبات) قد تجد أكثر من 5% طين، وهذا تحت تأثير الغطاء النباتي الطبيعي والترسبات الناعمة على سطح هذه الرمال. يوجد الفوسفور العضوي في التربة مرتبطا بالمادة العضوية وتمثل هذه الصورة جزءا من الفوسفور الكلي يتراوح بين بين 80% - 30% وهذه الصورة غير صالحة للامتصاص، يجب أن تتحول أولا الى الصورة المعدنية في عملية يطلق عليها عملية تمعدن الفوسفور العضوي ويعتمد هذا التحول على قدرة الفطريات والبكتيريا على تكسير المواد الكربوهيدراتية المحتوية على مركبات الفوسفور (مجاهد، 1987). ويؤثر قيم pHعلى نمو النبات وتطوره من خلال تأثيره على صلاحية العناصر الغذائية الازمة للنبات فنجد أن انخفاض pH التربة يؤثر على صلاحية جاهزية العناصر مثل البوتاسيوم والفسفور والكالسيوم، بينما من جهة أخرى يؤدي الى قلة صلاحية بعض العناصر الغذائية مثل الفوسفور، الذي يتحول الى صورة قليلة الذوبان، وكذلك معظم العناصر الصغرى تقل صلاحيتها لامتصاص النبات بارتفاع pH (الخطيب، 1998). وأن التربة المتكونة في المناطق الجافة وشبه الجافة هي ترب قلوية، وهذا راجع إلى قلة الأمطار التي لا تساعد على غسل الكلس والجير والكالسيوم والصوديوم مما يؤدي إلى تراكم هذه العناصر في التربة (الطاهر، 2003). ونفذت الهيئة العامة لتطوير تهامة العديد من الدراسات في مجال التصحر في سهل تهامة مثل تشكيلات الرمال والنباتات المرافقة (1998)، والمراعي والرعاة (1998)، دراسة حول أنظمة التدفق التكاملي لسهل تهامة واحواض الاودية(2000)، ونفذت الحكومة اليمنية خطة واسعة في سهل تهامة بغرض النهوض بالغطاء النباتي للتثبيت الكثبان الرملية المتحركة من خلال مشروع حماية البيئة في سهل تهامة حيث استهدفت مساحة 1200 هكتار من الرمال المتحركة بأصناف حراجية متنوعة محلية ومدخلة منها 222.6 هكتار في وادي زبيد جنوب سهل تهامة. وتهدف هذه الدراسة الى دراسة التأثير الايجابي للتثبيت البيولوجي للكثبان الرملية المتحركة على تحسين خصائص تربة الكثبان الفيزيائية والكيميائية في وادي زبيد في 6 مواقع (المخيريان، الشبيطاء، كدف الرمة، الروية، عوين، والمغرس).



المصدر: هيئة تطوير تهامة (مشروع حماية البيئة) خريطة (1) اشكال الرمال والكثبان الرملية خريطة (2) درجة تأثر السهل بالكثبان الرملية

المواد وطرق العمل

موقع الدراسة

يقع حوض وادي زبيد في جنوب تهامة محصورا بين المرتفعات الغربية شرقا والبحر الأحمر غربا إلى الجنوب من مدينة الحديدة عاصمة الإقليم 120 كم. توزيعات الكثبان الرملية تمتد باتجاهات شرق – غرب بشكل غير منتظم إن الكثبان الرملية المستعرضة التي تم قياسها في وادي زبيد يبلغ عرضها حوالي 50 متر والكثبان وتحركت بسرعة 27 متر/سنة (هنتج، 1998). والمظاهر الرملية خالية من الحياة النباتية بسبب نشاطها الدائم عدا بعض الحشائش التي تظهر على الرمال عقب تساقطات مطرية ضعيفة لا تلبث أن تتلاشى في موسم الرياح وتتعرض للاجتثاث من قبل السكان والدفن من الرمال النشطة وتأثير الرعي السلبي على النباتات (شكل 1) و(خريطة، 3)

شكل (1) صور للكثبان الرملية المتحركة في منطقة الدراسة

العوامل المناخية السائدة

يسود المناخ الجاف في المنطقة معدل الأمطار منخفض ومتذبذب غير منتظم وتهطل الأمطار في موسمين الموسم الأول في آذار (مارس)، والثاني يمتد من تموز (يوليو) إلى أيلول (سبتمبر) وتشرين أكتوبر وتتراوح نسبة الأمطار بين 0-100ملم، المتوسط الشهري لدرجات الحرارة بين 35-37 درجة مئوية في الصيف و 25-22 درجة مئوية في الشتاء وتبلغ اعلى درجة حرارة في الصيف 45 درجة مئوية، أدنى درجة حرارة في الشتاء 20 درجة مئوية والرطوبة الجوية مرتفعة تصل إلى 60% وتنخفض في النهار بشكل ملحوظ إلى 15%. والمنطقة معرضة لرياح شديدة بصورة مستمرة مما يجعلها من أهم العوامل البيئية الفاعلة في تسارع وتيرة التدهور البيئي وتشكل الرمال في المنطقة. وتبلغ المتوسط العام لسرعة الرياح 3 م^2/ث (ميرغني، 2000).

الغطاء النباتي

يتناسب المظهر النباتي في المنطقة المدروسة مع حالات الجفاف وندرة الامطار والمنطقة مساحات كبيرة مغطاة بترسيبات رملية وذات مظهر شبة صحراوي والغطاء النباتي فقير نسبيا ، وتسود فيه الشجيرات المتقزمة مثل المليح Salsola *spinesces* والمرخ Lptadienia *pyrotecnica* وحشائش دائمة مثل الشوخم Odyssa *mucronata* والثمام Panicum turgidum ، وغالبا ما تظهر بصورة مبعثرة ، ونجد في المواقع البيئية الحسنة أنماط نباتية شجرية أخرى مبعثرة مثل السمر Acasia *tortilis* والسلم A. *ehrenbergiana* ، مع أشجار القضب Cadaba *rotandifolia* وتشكل مثبتا بيولوجيا طبيعيا للكثبان الرملية وهي حالات انتقال من الوحدة السابقة (الخليدي وسخولتة ، 1990). وتعتبر هذه الوحدة مناطق رعوية هامة كما أن استساغة النباتات ضعيفة ولا تتحمل الرعي، وتستخدم من قبل السكان المحلين أضافة للرعي كحطب وقود، وتلعب النباتات دورا كبيرا في الحد منع التعرية الريحية وتشكل الكثبان الرملية المتحركة وزحفها وخاصة نباتات الشوخم Odyssa *mucronata* بعد الهطولات المطرية حيث تنمو بشكل جيد. وفي مجاري الأودية تظهر نباتات الطرفاء Tamarix *spp*، الاراك Salvadora *persica*، وغالبا ما تتعرض للفيضانات مرة واحدة في العام أو اقل. واما الأراضي الطمييية والغرينية التي تروى بالمضخات وبالري السيلي والمحاذية لمجاري الأودية ينتشر بها غطاء

نباتي طبيعي يشتمل على أنواع من السنط النيلي Acacia *nilotica* ، والسدر Ziziphus *ispina-cristi* ، والأراك Salvadora *persica* ، الهلج Planits *eajyptiaca*.

التجهيزات الأساسية في المو اقع المدروسة

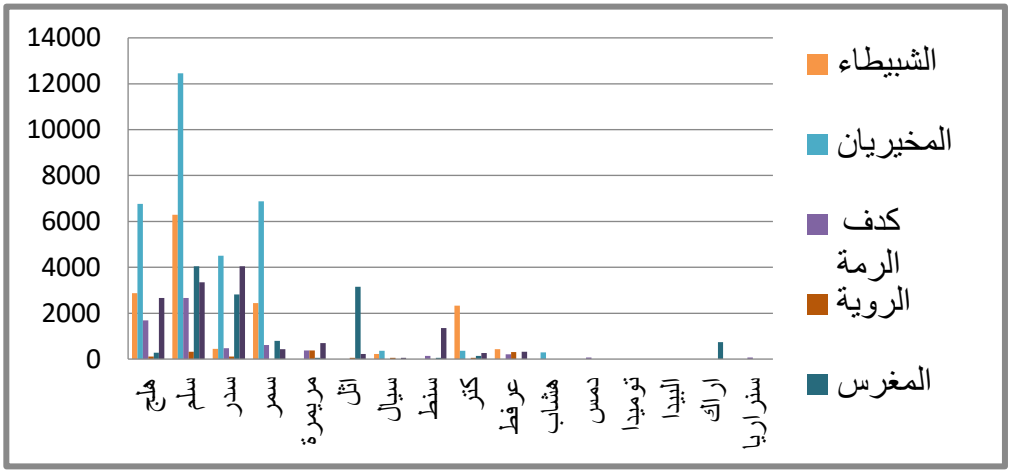
مساحة 222.6 هكتار مثبتة بيولوجيا مقسمة على 6 مواقع مرتبة من الشرق إلى الغرب المخيريان، الشبيطاء، كدف الرماة، الروية، عوين، والمغرس، كل موقع مجهز بمصدر مياه بئر ارتوازي شبكة ري وملحقاتها على طول الموقع للنقل المياه وري المزروعات الحراجية، خزان مياه معدني هوائي بسعة 10000 لتر وبارتفاع 8 م، غرفة للمضخة وأخرى كمخزن لمعدات العمل والصيانة، ومشتل صغير من المواد المحلية لحفظ الشتلات قبل الغرس.

حالة وكثافة المزروعات الحراجية في المو اقع المدروسة

حصر كثافة المزروعات الحراجية في المواقع المدروسة (المخيريان، الشبيطاء، كدف الرمة، الروية، المغرس، عوين) بين عامي 2000 و2012 من خلال (ميرغني، 2000) و (احمد، 2012) ويظهر الجدول 2 تدهور في المزروعات الحراجية بدرجات كبيرة ومتفاوتة حسب الموقع. أيضا هناك تدهور الأنواع بدرجات متفاوتة وأظهرت الأنواع المحلية السلم، السمر، السدر والهلج، والكتر تفوقا واضحا على الأنواع الأخرى المدخلة (شكل 2 ،3) و(جدول 3).

جدول (2) كثافة المزروعات الشجرية في المواقع المدروسة بين عامي 2000 و2012 ونسبة التغير %

الموقع	كثافة المزروعات (شجرة/للهكتار)		نسبة التغير%
	2000	2012	
المخيريان	960	600	37.5 -
الشبيطاء	1059	588	44.5-
كدف الرمة	1022	210	79.5 -
الروية	686	52	92.4 -
عوين	1140	496	56.5 -
المغرس	880	733	16.7 -



شكل (2) مستوى تدهور الأنواع الشجرية المزروعة على الكثبان الرملية

مزروعات من الهلج مزروعات من السلم

مزروعات من السدر مزروعات من السمر

شكل (3) صور مزروعات حراجية محلية مستخدمة في التثبيت البيولوجي في المواقع المدروسة

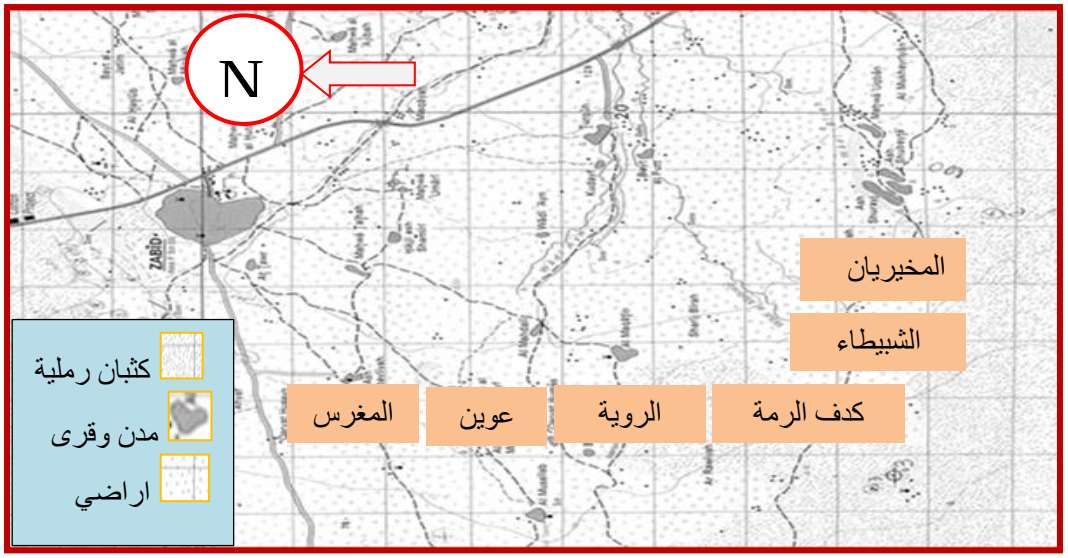
جدول (3) الأنواع الشجرية المستخدمة في التثبيت البيولوجي للكثبان الرملية المتحركة

الاسم اللاتيني	الاسم العربي او المحلي
Ziziyphus *spina-cresti*	السدر
Balanits *aegyptiaca*	الهلج
Acacia *ehrenbergiana*	السلم
Acacia *tortilis*	السمر
Salvadora *persic*a	الاراك
Tamarix *spp*	الاثل
Azadirracta *andica*	المريمرة
Coronocarpus *lanifolias*	الدمس
Acacia *mellifera*	كتر
Acacia *nobica*	عرفطة
Acacia *cenegal*	هشاب
Acacia *albida*	البيدا
Acacia *tomida*	توميدا
Acacia *nilotica*- arabica	السنط العربي

جمع البيانات والعينات

تم اخذ عينتان تربة من كل من المواقع المدروسة عينة من الرمال المثبتة بيولوجيا من تحت سقف الاشجار من عمق (0- 20 سم) بما يعادل كجم وزن من التربة والعينة الاخرى اخذت من نفس الموقع من على الكثبان العارية الغير مثبتة بيولوجيا وبنفس الطريقة السابقة حيث بلغ عدد العينات المأخوذة 12 عينة موزعة على 6 مواقع (المخيريان، الشبيطاء، كدف الرمة، عوين، المغرس) (شكل 4)، (خريطة، 3)

شكل (4) صور اخذ العينة من الموقع من الكبان العارية والكثبان المثبتة بيولوجيا



خريطة (3) المواقع المدروسة في وادي زبيد المخيريان، الشبيطاء، كدف الرمة، الروية، وعوين (وزارة الاشغال)

مكان الدراسة

تحليل العينات كان في مختبر المعهد الوطني للعلوم الفلاحية بتونس (دولة تونس) 2013، وقد جففت العينات في الهواء تحت درجة حرارة الغرفة وذلك بنشرها في صناديق خشبة صغيرة معدة لهذا الغرض وخلطها جيدا، ومن ثم نظفت من البقايا النباتية ومن ثم مررت عبر منخل بفتحات 2مم ومن ثم اخذت العينات الإفرادية المخصصة للاختبارات المطلوبة للاختبارات الفيزيائية والكيميائية بثلاث مكررات لكل خاصية من كل موقع، واخذ المتوسط من عينات الكثبان المثبتة والعارية كلا على حدة. وقد اجريت الاختبارات حسب (بشور والصايغ، 2007) كما يلي:

- القوام طريقة الهيدروميتر
- النفاذية (التوصيل الهيدروليكي) بواسطة جهاز دارسي
- رطوبة التربة عند السعة الحقلية Fc، أسطوانة الضغط وفرن التجفيف
- رطوبة التربة عند نقطة الذبول الدائمة WP، أسطوانة الضغط وفرن التجفيف
- الكثافة الظاهرية P_b بواسطة أسطوانة العينات
- حساب المسامية F حسبت بالطريقة التالية:

$$F = 1 - \frac{P_b}{p_s}$$

حيث: الكثافة الحقيقية P_s هي2.75ج/ سم3

- تقدير المادة العضوية (OM) الطريقة التقليدية (إرجاع ثاني كرومات البوتاسيوم بوساطة الكربون العضوي). باستخدام عامل ثابت وهو 1.725 (الفاو،2007) حسب المعادلات التالية:

$$C\% = 4X\frac{V_0 - V}{V_0}$$

$$OM\% = 1.725XC\%$$

حيث: الكربون العضوي المؤكسد (C%)، حجم محلول كبريتات الحديدوز اللازم لمعايرة الشاهد(V0)

- تقدير الآزوت الكلي (N) بطريقة (كلداهل)
- تقدير الفوسفور المتاح (P) جهاز التحليل الضوئي الطيفي أو اللوني
- تقدير البوتاسيوم المتاح (K) جهاز التحليل الطيفي.
- اختبار (pH) التربة بواسطة جهاز PH-meter في مستخلص مائي بنسبة 1:1 (تربة: ماء)
- التحليل الاحصائي كان باستخراج المتوسط الحسابي للخاصية المدروسة واعلى قيمة واقل قيمة للخصائص الفيزيائية والكيميائية المدروسة على الكثبان المثبتة والعارية كلا على حدة والمقارنة لأثبات التغيرات الحاصلة

النتائج والمناقشة

القوام

يظهر الجدول(4) في كل المواقع المدروسة انخفاض النسبة المئوية للرمل في الترب المثبتة بيولوجيا مقارنة مع ترب الكثبان الرملية العارية مع تحسن مكون الطين والسلت بينما سجلت اعلى قيم على الكثبان المثبتة للطين والسلت والرمل 7.90، 11.79، و93.53 مقارنة على الكثبان العارية 4.17، 3.67، و95.50 على الترتيب وبمتوسط الكثبان المثبتة 4,31، 8.27، و90.07% مقارنة بالنسب على الكثبان العارية 3.33، 2.49، و 94.77% على الترتيب ويعزى تحسن القوام على الكثبان المثبتة أن التثبيت البيولوجي للكثبان الرملية يحافظ على المكونات الناعمة للتربة الطين والسلت و الرمل بينما في الكثبان العارية تفتقر الى هذه المكونات الناعمة بسبب نقل الرياح المستمر، كما وتعتبر الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا بالغطاء النباتي مناطق ترسيب جيد للحبيبات الرملية الناعمة المنقولة بالرياح من المناطق المكشوفة التي تتعرض للتعرية الريحية باستمرار.

جدول (4) نتائج التحليل الميكانيكي لتربة الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا والعارية

الموقع	كثبان مثبتة بيولوجيا			كثبان عارية		
	A%	L%	S%	A%	L%	S%
الشبيطاء	4.2	2.68	93.12	3.33	1.67	95.65
المخيريان	3.33	3.14	93.53	2.92	2.02	95.06
كدف الرمة	2.49	4.74	92.77	3.33	1.77	94.9
الروية	3.33	4.26	92.4	2.5	3.2	94.3
المغرس	7.9	11.79	80.31	3.75	3.67	95.5
عوين	4.58	7.15	88.28	4.17	2.64	93.19
المتوسط	4.31	8.27	90.07	3.33	2.49	94.77
اعلى قيمة	7.9	11.79	93.53	4.17	3.67	95.5
اقل قيمة	2.49	2.68	80.31	2.5	1.67	9

ملاحظة: A = طين ، L = سلت، S= رمل

النفاذية (التوصيل الهيدروليكي)

هناك تحسن في التوصيل الهيدروليكي المشبع حيث تراوحت القيم عند الثبان المثبتة بين 43.09 و7.08 بمتوسط 17.56 بينما في الكثبان العارية تراوحت بين 63.85 و16.9 سم/ ساعة. وهذا بسبب تحسن القوام والخصائص الفيزيائية والمادة العضوية في الكثبان المثبتة.

جدول (5) نتائج قياس التوصيل الهيدروليكي المشبع (النفاذية) سم/ ساعة لتربة الكثبان الرملية المثبتة والعارية

الموقع	كثبان مثبتة بيولوجيا	كثبان عارية
الشبيطاء	25.17	43.77
المخيريان	43.09	63.85
كدف الرمة	7.08	17.04
الروية	9.87	29
المغرس	9.97	22.04
عوين	10.2	16.9
المتوسط	17.56	32.1
اعلى قيمة	43.09	63.85
اقل قيمة	7.08	16.9

السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم على أساس الحجم

من الجدول 6 نلاحظ تحسن قيم السعة الحقلية للكثبان المثبتة حيث تراوحت بين 29.66 و10.8 وبمتوسط 17.84% مقارنة بالكثبان العارية حيث كانت القيم بين 13.97 و9.9 بمتوسط 11.64%بالنسبة لنقطة الذبول الدائم أيضا لوحظ تحسن بالقيم على الكثبان الرملية المثبتة حيث تراوحت بين 6.58 و4.06 بينما كانت في العارية بين 4.66 و4.04 بمتوسط 4.36%. وقد تفوق موقع المغرس بسبب الكثافة الشجرية الجيدة (جدول 2) و(شكل 2).

جدول (6) نتائج قياس السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائمة للكثبان المثبتة بيولوجيا والعارية

الموقع	كثبان رملية مثبتة بيولوجيا		كثبان عارية	
	FC	WP	FC	WP
الشبيطاء	17.14	4.55	10.04	4.47
المخيريان	10.8	4.06	9.9	4.04
كدف الرماة	19.13	5.26	13.97	4.66
الروية	14.85	4.19	12.84	4.16
المغرس	29.66	6.58	11.37	4.38
عوين	15.22	4.79	11.74	4.43
المتوسط	17.84	4.91	11.64	4.36
اعلى قيمة	29.66	6.58	13.97	4.66
اقل قيمة	10.8	4.06	9.9	4.04

الكثافة الظاهرية

الجدول (7) يظهر بجلاء تحسن الكثافة الظاهرية على ترب الكثبان الرملية المثبتة مقارنة بالكثبان العارية ولوحظ ان القيم في الثبان المثبتة تراوحت بين 1.52 و1.28 وبمتوسط 1.43 ج/ سم^3، بينما على الكثبان العارية سجلت بين 1.57 و1.43بمتوسط 1.49 ج/ سم^3. وقد تفوق موقع المغرس بسبب الكثافة الشجرية الجيدة (جدول 2) و(شكل 2).

جدول (7) نتائج قياس الكثافة الظاهرية ج/ سم^3 لترية الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا والعارية

الموقع	كثبان مثبتة بيولوجيا	كثبان عارية
الشبيطاء	1.44	1.52
المخيريان	1.52	1.57
كدف الرمة	1.44	1.43
الروية	1.46	1.49
المغرس	1.28	1.48
عوين	1.42	1.47
المتوسط	1.43	1.49
اعلى قيمة	1.52	1.43
اقل قيمة	1.28	1.43

المسامية الكلية

تظهر البيانات في الجدول 8 تحسن المسامية على تربة الكثبان المثبتة مقارنة بالكثبان العارية. وقد تراوحت القيم في الكثبان المثبتة بين 51.7 و 42.64 وبمتوسط 46.17% مقارنة بالكثبان العارية حيث تراوحت بين 46.04 و40.76 وبمتوسط 43.65%. وقد تفوق موقع المغرس بسبب الكثافة الشجرية الجيدة (جدول 2) و(شكل 2).

جدول (8) نتائج حساب المسامية الكلية % لتربة الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا والعارية

الموقع	كثبان رملية مثبتة بيولوجيا	كثبان رملية عارية
الشبيطاء	45.66	42.64
المخيريان	42.64	40.76
كدف الرمة	45.66	46.04
الروية	44.91	43.77
المغرس	51.7	44.15
عوين	46.42	44.53
المتوسط	46.17	43.65
اعلى قيمة	51.7	46.04
اقل قيمة	42.64	40.76

المادة العضوية

تظهر النتائج تحسن في المادة العضوية على الكثبان الرملية المثبتة ويعرض الجدول 9 القيم المقاسة حيث

تراوحت عند الكثبان الرملية المثبتة بين 0.5 و 0 بمتوسط 0.32 % بينما في الكثبان العارية فقد تراوحت بين 0.2 و0 بمتوسط 0.09%. وتبقى نسبة المادة العضوية في الأماكن المثبتة قليلة رغم تحسنها حيث يعود ذلك الى التحلل السريع للمادة العضوية تحت ظروف الجفاف السائدة إلى جانب المحتوي المنخفض من الطين المعروف بأنه يلعب دورًا كبيرًا في تثبيت الدبال في التربة، وقد ارتبط زيادة محتوى التربة من المادة العضوية فعلى بكثافة الغطاء الشجري، وقد تفوق موقع الشبيطاء بسبب الكثافة الشجرية الجيدة مع نوع المزروعات والتي في معظمها من الأكاسيا محلية سمر وسلم وهي غزيرة وتساقط الأوراق على ارض الموقع حسن الامداد بالمادة العضوية (شكل 2).

جدول (9) نتائج قياس العضوية % لتربة الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا والعارية

الموقع	كثبان مثبتة بيولوجيا	كثبان عارية
الشبيطاء	0.5	0.07
المخيريان	0.4	0.04
كدف الرماة	0	0.2
الروية	0.4	0.2
المغرس	0.3	0
عوين	0.3	0
المتوسط	0.32	0.09
اعلى قيمة	0.5	0.2
اقل قيمة	0	0

الأزوت

تظهر النتائج في جدول 10 تقارب القيم المقاسة في الكثبان الرملية المثبتة والكثبان العارية حيث تراوحت في الكثبان المثبتة بين 0.06 و0 وبمتوسط 0.025% وبشكل مشابه في الكثبان العارية تراوحت بين 0.07 و 0 بمتوسط 0.03% ويفسر تدني نسب الازوت بسبب استهلاكه من قبل العناصر الشجرية في النمو، ضعف المادة العضوية. وقد تفوق موقع المغرس بسبب الكثافة الشجرية الجيدة (جدول 2) و(شكل 2)"

جدول (10) نتائج قياس الازوت الكلي ة% لتربة الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا والعاري

الموقع	كثبان مثبتة بيولوجيا	كثبان عارية
الشبيطاء	0.04	0.02
المخيريان	0.03	0.02
كدف الرماة	0.04	0.07
الروية	0	0
المغرس	0.06	0.03
عوين	0.02	0.04
المتوسط	0.025	0.03
اعلى قيمة	0.06	0.07
اقل قيمة	0	0

تقدير الفوسفورP

من جدول 11 لوحظ تباين المواقع المثبتة بيولوجيا في نسبة زيادة الفوسفور حسب حالة الغطاء النباتي، وكثافته حيث سجل في الترب مثبتة بيولوجيا قيم تراوحت 16.5 و4.3 وبمتوسط 8.96 بينما في الكثبان العارية تراوحت بين 8.4 بمتوسط 6.16% ppm ويعزى تفوق الكثبان المثبتة بيولوجيا لتحسن نسبة المادة العضوية على الكثبان المثبتة. **وقد تفوق موقع المغرس بسبب الكثافة الشجرية الجيدة** (جدول 2).

جدول (11) تقدير الفسفور المتاح ppm لتربة الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا والعارية

الموقع	**كثبان مثبتة بيولوجيا**	**كثبان عارية**
الشبيطاء	7.65	5.45
المخيريان	4.3	4.05
كدف الرماة	5.4	6.45
الروية	8.05	8.4
المغرس	16.5	6.15
عوين	13.65	8.4
المتوسط	8.96	6.16
اعلى قيمة	16.5	8.4
اقل قيمة	4.3	4.05

البوتاسيوم

الجدول 12 تظهر بجلاء تحسن قيم عنصر البوتاسيوم تحت الكثبان الرملية المثبتة حيث تراوحت بين 740و340 بمتوسط 540 بينما في الكثبان العارية تراوحت بين 500 و320 بمتوسط 390 ppm وهذا يدل على التأثير الإيجابي للغطاء الحراجي على تركيز العنصر (جدول 2).

جدول (12) تقدير البوتاسيوم المتاح ppm لتربة الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا والعاري

الموقع	كثبان مثبتة بيولوجيا	كثبان عارية
الشبيطاء	580	500
المخيريان	340	320
كدف الرماة	420	480
الروية	580	320
المغرس	580	360
عوين	740	360
المتوسط	540	390
اعلى قيمة	740	500
اقل قيمة	340	320

تفاعل التربة Ph

يبين الجدول (13) أن هناك تحسن في درجة حموضة التربة في ترب الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا مقارنة مع ترب الكثبان العارية حيث تراوحت القيم بين8.8 و 8.2 بمتوسط 8.55، بينما تراوحت في الكثبان العارية بين 8.9 و 8.6ا بمتوسط 8.77 وهذا ناتج بسبب أثراء التربة بالمادة العضوية، حيث تعتبر المادة العضوية من م أهم مصادر أيون الهيدروجين. وقد تفوق موقع المغرس والشبيطاء بسبب الكثافة الشجرية الجيدة (جدول 2).

جدول (13) قياس تفاعل التربة pH لتربة الكثبان الرملية المثبتة بيولوجيا والعاري

الموقع	كثبان مثبتة بيولوجيا	كثبان عارية
الشبيطاء	8.4	8.6
المخيريان	8.7	8.7
كدف الرماة	8.7	8.8
الروية	8.5	8.7
المغرس	8.2	8.9
عوين	8.8	8.9
المتوسط	8.55	8.77
اعلى قيمة	8.8	8.9
اقل قيمة	8.2	8.6

الاستنتاجات والتوصيات

يعاني سهل تهامة من مخاطر الرمال في قسم كبير منة حيث بلغت حجم الكثبان الرملية المتحركة في السهل 405858 هكتار عام 2020، تشكل مخاطر كبيره على الاراضي الزراعية والتجمعات السكانية والبنى التحتية جهود حكومية كبيرة بذلت من اجل الحد من مخاطرها. ويمثل التثبيت البيولوجي للكثبان الرملية المتحركة بواسطة استزراعها بالفصائل النباتية المحلية والمستوردة إضافة الى النهوض بالغطاء النباتي الطبيعي من أنجع الأساليب الحيوية لمقاومة زحف الرمال. ويؤثر التثبيت البيولوجي لرمال إيجابا على المدى البعيد في إعادة ترميم النظم البيئية المتدهورة، وتحسين استقرارها ومقاومتها لعوامل التصحر من خلال إمدادها بالمادة العضوية وتحسين خصائصها الفيزيائية والكيميائية. وقد أظهرت الأنواع المحلية وخاصة أكاسيا السلم والسمر الى الهلج والسدر والاثل تفوقا على الأنواع المستوردة للمواقع من حيث قدرتها على البقاء والنمو على البيئات الرملية ومقاومة الظروف البيئية، والسيطرة على الرمال في المواقع المدروسة. وتعرض نتائج الاختبارات الفيزيائية والكيميائية إن هناك تأثيرا إيجابيا للمزروعات الحراجية على خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في المواقع المثبتة بيولوجيا مقارنة مع العينات المأخوذة من الكثبان العارية. وتحسنت كل الخواص الفيزيائية المدروسة قوام التربة ونفاذية التربة والكثافة الظاهرية و السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم والمسامية ، فبالرغم من الظروف الجافة وارتفاع درجة الحرارة شكل إثراء التربة بالمخلفات النباتية تحسين محتوى التربة بالمادة العضوية والتي تؤدي دورا هاما في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، و سجلت النتائج تحسن محتوى التربة من المادة العضوية في المواقع المثبتة بيولوجيا مقارنة بالترب العارية تفاوتت النتائج من موقع لآخر حسب حالة المزروعات ونوعها حيث سجلت اعلى نسبة في موقع الشبيطاء 0.5 % بالنسبة للآزوت سجل انخفاضا بسبب استهلاكه من قبل المزروعات في عملية النمو بينما الفوسفور سجل زيادة ملحوظة في المواقع تحت تأثير التثبيت البيولوجي ، وكذلك بالنسبة للبوتاسيوم، وبشكل مماثل pH (تفاعل التربة) سجل في كل المواقع المثبتة بيولوجيا انخفاضا طفيفا بسبب تحلل المادة العضوية وهذا يحسن من خصوبة التربة وتوفير الغذاء للنباتات . وهنا لابد أن نشير أن عمر المزروعات وتدهور المزروعات الحراجية لم يسمح بقياس تأثيرات كبيرة في الخصائص الفيزيائية والكيميائية ولكن على المدى البعيد باستمرار المزروعات في إمداد التربة بالمادة العضوية سيؤدي الى تحسين الظروف التربية وزيادة القدرة الإنتاجية للنظام البيئي. وتوصي الدراسة:

1. استمرار أنشطة التثبيت البيولوجي للكثبان الرملية للحد من اثارها المدمرة على الأراضي الزراعية والتجمعات السكانية والبنى التحتية.
2. استعمال الأنواع المحلية من السلم، السمر، السدر، لهلج ، والاثل بكميات مناسبة في تثبيت الكثان الرملية المتحركة بيولوجيا.

3. وضع خطط الإدارة المستدامة والحماية للمزروعات الحراجية على المدى القصير والطويل لتمكينها من احداث التغيرات الإيجابية المناسبة لتحسين خصوبة التربة وقدرة النظام البيئي على مقاومة التصحر.
4. التركيز على استعمال الأنواع النباتية ذات المخلفات النباتية الغزيرة لتحسين امدادات التربة بالمادة العضوية.

المصادر العربية

اكساد، 2004م; حالة التصحر في الوطن العربي. دمشق، سوريا.

بافضل، عبدالقادر، 2007 م: حلقة عمل، تدهور الأراضي في اليمن وإمكانية صيانتها. هيئة البحوث والإرشاد الزراعي، ذمار، اليمن

هيئة تطوير تهامة، 2020م: دراسة تغيرات الغطاء النباتي في سهل تهامة. الحديدة، اليمن

احمد، جميل حسن عبد الله، 2012م: تأثير التثبيت البيولوجي للكثبان الرملية المتحركة على خصائص التربة وتنوع الغطاء النباتي وتحسين القدرات البيولوجية للنظام البيئي في وادي زبيد (اليمن)- رسالة ماجستير في مكافحة التصحر والتصرف المستدام للموارد في المناطق الجافة، المعهد الوطني للعلوم الفلاحية بتونس، تونس.

المديهيش، عبدالله بن سعد، سلام، عبد العظيم، محجوب، محمد عثمان، 1430هـ: دراسة تقييم تدهور الأراضي المروية في المملكة العربية السعودية، قسم علوم التربة، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم التقنية – الرياض، السعودية

بكري، براهيم سيد صابر، 2022): زحف الكثبان الرملية وأثره على طريق العقير- الهفوف بالمملكة العربية السعودية باستخدام الاستشعار عن بعد-حوليات آداب عين شمس المجلد 50، عدد إبريل – يونيو.

هنتنج، 1998م- تشكيلات الرمال الهوائية لشكل الأرض في تهامة وتقييم برنامج استقرار الرمال. هيئة تطوير تهامة-الحديدة

مجاهد، 1987م – علم البيئة النباتية. جامعة الملك سعود، الرياض،

الخطيب، السيد احمد،1998م: اساسيات علم الأراضي. جامعة الاسكندرية، مصر

الشريف، عبد الرحمن صادق، 2002 م: جغرافية المملكة العربية السعودي. الجزء الأول، الطبعة السادسة- دار المريخ للنش، الرياض.

الخطيب، السيد احمد،1998م: اساسيات علم الأراضي. جامعة الاسكندرية، مصر

ميرغني، عبد الله، 2000م: حصر وإدارة المزروعات الشجرية بالأحزمة الواقية بتهامة- الحديدة، اليمن

بشور، عصام، والصايغ، أنطوان، 2007م: طرق تحليل تربة المناطق الجافة وشبة الجافة، الجامعة الامريكية، بيروت، لبنان.

الخليدي، عبد الولي، سخولتة، بول، 1990م: البيئات النباتية الطبيعية للجزء الغربي من اليمن. المجلس الأعلى لحماية البيئة، صنعاء، اليمن

المصادر الأجنبية

FAO (food and agriculture organization).1987." sand dune stablisation, shelter belts and afforestation in dry zone, conserve". Guide 10, Rome, p232

El Gamri, T. (2020). Sand Dunes: Mechanisms, Impacts and Control Measures in the Sudan". ENRIJ, 5(1), 01-16

IRA (Institute des Region's Arid),.1986. "Actes du séminaire organisé dans le cadre projet-pilote de LCD dans sud tunisien". Djerba; tunise,

Sasi, A., Waxchar, A., Yahya, A.1983. "Organic Fertilizer". Al-Fateh Unv., Libya. "Arabic Addition.

Heritage, J.E., Evans, G.V., Killington, R.A. (2005). The microbiology of soil and of nutrient cycling, Cambridge, Univ. Press, UK.

Khalil, M.I., Hossain, M.B., Schmidhalter, U. (2005)." Carbon and nitrogen mineralization in different upland soils of the subtropics treated with organic materials, Soil Biol". Biochem. 37, pp. 1507-1518.

Study of biological fixation's impacts of mobile dunes sand on physical and chemical properties of soil at zabid valley, Tihamah plain- Yemen

Jamil Hassan Abdullah
Assistant Professor, Chief department of vegetation production
in Faculty of Agriculture, Hodeidah University
jmailashh@gmail.com
Tel: 715368693- 730384150- 739651474

Abstract

This work aims to study of effect of the biological fixation on physical and chemical properties of soil, it was conducted in the zabid valley, located at southern Tihama (Yemen), six sites were studied (AL Mukhayriyan, AL Shubayta, Kadf Ruma, AL Rawiyah, Auan, AL Maghras). soil samples were taken from each site from biological fixation dunes (from under the trees) and form null dunes at the same site. These samples were analyzed at Institute National of Agronomy in Tunnies. Several properties were compared for each site, soil texture, hydraulic conductivity, bulk density, field capacity, wilting permanent point, porosity, organic matter, N, P, K, and ph. The results showed that an improvement in the physical and chemical properties of the soil under biological fixation, compared to null dunes, this improvement has been influenced by density of the plantations. The local species such as acacia (Acacia *tortilis*, A. *ehernbergiana*), Palanits *aegyptiaca* and zyziphus-*spina cristi* are more adapted to growth on the sand dunes. We have observed that the forest plantations were deterioration, the local population has been negative impacted by overgrazing, logging or cutting. The biological fixation of the mobile dunes at Tihama plain need more studies and research for development and improvement of work mechanisms and positive effects on the stability ecosystem.

Keywords: sand dunes, biological installation, physical chemical properties.