

أثر زراعة النجيل في أسطح المباني المظمورة بالتربة على الأداء الحراري الداخلي في مدينة الرياض

ناصر بن عبدالرحمن الحمدي

أستاذ مساعد، بقسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود،

الرياض، المملكة العربية السعودية

(قدم للنشر في ١٤١٩/٨/٣ هـ؛ وقبل للنشر في ١٤١٩/١٢/٢٦ هـ)

ملخص البحث. تعتبر المساكن المظمورة تحت سطح الأرض من الأساليب المعمارية القديمة. استمرت هذه المساكن لقرون طويلة عاكسة أثر العوامل المناخية على التكوين العمراني التقليدي في البيئة الصحراوية. في الوقت الحاضر، ظهرت تطبيقات معمارية حديثة استخدمت فيها التربة المزروعة لظمر المباني في بعض المشاريع الحكومية في المملكة العربية السعودية مثل مبنى وزارة المعارف بمدينة الرياض استجابة لسياسة الحكومة لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في تبريد المباني.

يهدف هذا البحث إلى التعرف والتحقق من مدى فاعلية التربة المزروعة بالنباتات لتبريد غرف اختبارية مظمورة بتربة تم زراعتها بنبات النجيل الأخضر في مناخ حار وجاف بمدينة الرياض. ولقد تم استخدام غرف اختبارية وقياس درجات حرارة التربة وحرارة سطحها والفراغ الداخلي للغرفة وكذلك قياس عوامل الطقس (مثل درجة حرارة الهواء الجافة والرطوبة والإشعاع الشمسي وسرعة واتجاه الرياح)، وذلك خلال فترة الصيف لعام ١٤١٧ هـ (١٩٩٧م)، في محطة أبحاث كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود بالرياض.

دلّت نتائج البحث على فاعلية تبريد الفراغ الداخلي للغرف باستخدام التربة المزروعة بالنجيل فوق أسطح المباني. وقد وجد أن درجات حرارة كل من سطح التربة التي زرع سطحها بالنجيل والتربة

نفسها والهواء الداخلي للغرفة المطمورة بهذه التربة، قد انخفضت عن حرارة سطح التربة العادية وحرارتها والهواء الداخلي في الغرفة التي تم طمرها بتربة عادية (بدون زراعتها بالنجيل) بحوالي ١٢°م و٩°م و٧°م، على التوالي. ويحتتم البحث بعرض بعض التوصيات المعمارية لتطبيقات التربة المزروعة التي تغطي المباني في المناطق الحارة الجافة.

مقدمة

طور الإنسان البدائي تقنيات مبسطة ومتعددة بغرض التحكم في ظروف البيئة المناخية المحيطة به من أجل توفير البيئة الملائمة لمعيشته على الرغم من قلة الإمكانيات والأدوات قديماً. ففي الأماكن ذات المناخ الصحراوي، استخدم الإنسان البدوي الخيمة مأوى مؤقتاً للحماية من شدة الحر صيفاً وشدة البرد شتاءً، بينما استخدم الإنسان المستقر في مكان ما مواد متوافرة طبيعية حوله لإيجاد المسكن الدائم بحفر تربة الأرض أو بناء مأوى من جذوع النخيل، والنباتات لحمايته من شدة الحرارة ولهبب الشمس صيفاً وشدة البرد القارس شتاءً. لقد استطاع الإنسان التقليدي في هذه البيئة الصعبة أن يتفهم بيئته الصحراوية ويتكيف معها ويقلل من تأثير المناخ القاري عليه إلا أن الإنسان المعاصر لم يراع الظروف البيئية المحيطة به في بناء المباني الحديثة كما فعل الإنسان التقليدي على الرغم من ظهور تقنيات جديدة وتقدم مجالات صناعة المباني. فقد ظهرت مبانٍ غريبة لا تنتمي إلى البيئة الطبيعية المحلية وغير موائمة لعوامل المناخ بحيث أصبحت الفراغات الداخلية للمباني لا توفر الراحة الحرارية المطلوبة إلا بالوسائل الميكانيكية، مما جعل معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية عالية بحيث وصلت معدلات استهلاك الكهرباء بواسطة الوحدات السكنية بمدينة الرياض إلى درجات عالية جداً بالمقارنة لمعدلات الاستهلاك للوحدات السكنية المماثلة لها في الحجم وعدد أفراد الأسرة في كل من أستراليا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية، بالاعتماد على دراسة قام بها الباحث، سعيد عبدالرحيم سعيد على الوحدات السكنية بمدينة الرياض [١]. كشفت هذه الدراسة عن أن المتوسط العام لاستهلاك الكهرباء في المملكة العربية السعودية يزيد بنسبة ٦٣٪ عن معدلات الاستهلاك في أستراليا وبحوالي

٤٧٪ عن معدلات الاستهلاك في المملكة المتحدة، وبحوالي ٣٤٪ عن معدلات الاستهلاك في الولايات المتحدة الأمريكية. كما أوضحت هذه الدراسة أن التكييف (تبريد وتدفئة) يحتل المركز الأول في معدلات استهلاك الكهرباء في الدول الأربع حيث تقدر النسبة المئوية لاستهلاك التكييف في المملكة العربية السعودية بحوالي ٤١٪، وفي أستراليا بحوالي ٥٠٪ وفي المملكة المتحدة بحوالي ٦٤٪، وفي الولايات المتحدة الأمريكية بحوالي ٦١٪.

أصبح الاهتمام بالمؤثرات البيئية في مجال العمران أمراً مهماً على كل مستويات المجتمع، عندما حدثت مشكلة ارتفاع أسعار الطاقة الكهربائية إلى معدلات عالية في كثير من دول العالم، كما يحدث في الوقت الحاضر في المملكة العربية السعودية. كما تزامن مع مشكلة ارتفاع أسعار الطاقة الكهربائية مشكلة أخرى تعاني منها شركات الكهرباء تصاحب زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية، وهي التفاوت الحاد في الطلب على الطاقة الكهربائية بين فصول السنة، فمثلاً نجد في مدينة الرياض، أن ذروة الاستهلاك في أشهر الصيف تقفز إلى أكثر من الضعف عنها في أشهر الربيع والخريف [٢].

ولقد حاول بعض الباحثين الرجوع إلى العمارة التقليدية التي استوعبت البعد البيئي. ويقول الكاتب المعماري ريشارد ستين في هذا الجانب "إن تاريخ مبانينا هو تاريخ العمارة الشمسية" [٣].

في الآونة الأخيرة، حرصت حكومة المملكة العربية السعودية على وضع استراتيجيات لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وعدم الإسراف في استهلاك الطاقة بالمباني القائمة والجديدة. فقد قامت وزارة الصناعة والكهرباء بالتنسيق مع الشركات الموحدة للكهرباء في مختلف مناطق المملكة العربية السعودية بوضع تشريعات وقوانين من أجل توعية المستهلكين حول استخدام الطاقة الاستخدام الأمثل وبصفة خاصة كبار المستهلكين لتحذ من سوء استخدام الطاقة الكهربائية وإيجاد بدائل ووسائل تخفض من كميات الطاقة المستخدمة لأغراض تبريد المباني. كما شجعت وزارة الصناعة والكهرباء جميع المهندسين والمعماريين بمختلف تخصصاتهم للاستفادة من التقنيات المناسبة الحديثة وتسخيرها لتقليل استهلاك الطاقة في المباني المختلفة كاستخدام نظم التبريد الطبيعية والتي تعتمد كلياً على

مصادر طبيعية متجددة وإحلالها محل الوسائل الميكانيكية التي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية أكثر من غيرها من الأجهزة المستخدمة في المساكن.

توجد أربعة مصادر طبيعية يمكن الاستفادة منها لتبريد المباني طبيعياً [٤] وتسهم هذه المصادر بانتقال الحرارة من المبنى إليها بواسطة التوصيل أو الحمل أو الإشعاع. أول هذه المصادر الطبيعية هو الهواء البارد الذي يوجد خارج المبنى أثناء الليل حيث يتم تمريره في غلاف المبنى أو فراغاته الداخلية فتتخفض درجة حرارته أثناء الليل، والثاني هو، الفضاء الخارجي ليلاً بحيث يمكن تبريد المبنى عن طريق فقد حرارة حوائط وسقف المبنى عن طريق الإشعاع الحراري إلى الفضاء الخارجي. المصدر الثالث يسمى التبخير، حيث يمرر الهواء الخارجي عبر مسطح مائي فيبرد ويبرد به فراغات المبنى. المصدر الأخير هو تربة الأرض، حيث تستغل انخفاض درجة حرارة التربة عن درجة حرارة الهواء فوق سطح الأرض في تبريد المبنى، إما باستخدام التربة الملاصقة للغلاف الخارجي للمبنى أو باستخدام أنابيب مغمورة في الأرض ويمرر هواء المبنى داخل هذه الأنابيب.

تم في هذه الدراسة استخدام تربة مزروعة بالنجيل الأخضر، نوع برمودا الأمريكي، لتغطي سطح غرفة تجريبية بحيث تصبح كتلة التربة رادمة للغلاف الخارجي مباشرة وبدون استخدام عوازل حرارية. وتعمل التربة المزروعة في هذه الحالة كمصدر تبريد طبيعي لسطح المبنى مما يساعد في توافر راحة حرارية داخل المبنى واقتصاد في استهلاك الطاقة الكهربائية لتشغيل المكيفات الميكانيكية، وخاصة وقت الذروة.

مما لا شك فيه، أن درجة حرارة تربة الأرض على عمق ٤م تقريباً تنخفض عن درجة حرارة الهواء المحيط فوق سطح الأرض في فصل الصيف. هذه المعالجة تسهم في استقرار تباين درجات الحرارة بغلاف المبنى المظلم بالتربة، وكذلك درجة حرارة الهواء بداخله. ففي المناطق المعتدلة تكون حالة هذه المعالجة فاعلة في تبريد غلاف المبنى المدفون تحت سطح الأرض، ولكن في المناطق الصحراوية هذه المعالجة غير كافية لتخفيض درجة حرارة غلاف الفراغ [٥، ٦]، بسبب أن درجة حرارة التربة تكتسب حرارة عالية من أشعة الشمس. ولهذا السبب تصبح هنالك ضرورة ملحة لخفض معدل درجة حرارة التربة عن

معدل درجة حرارة الطبيعية. تبين في دراسة سابقة أثر إيجابي لاستخدام وسائل بسيطة لتبريد التربة الطبيعية كتظليل سطح التربة من أشعة الشمس بمواد طبيعية مثل طبقة كسر حجر ورمل وسعف النخيل اليابس ، بالإضافة إلى رش سطح التربة بالماء لتبريده عن طريق التبخير [٧].

تُرکز هذه الدراسة على دراسة أثر الغطاء النباتي على البيئة الحرارية للمبنى في مناخ حار وجاف بمدينة الرياض وذلك بتبريد سطح طبقة تربة مزروعة بالنجيل والتي تغطي غرفة اختبارية نموذجية ومقارنتها مع غرفة مغطاة بتربة ماثلة وبدون زراعة لسطحها وتغطي نفس حجم الغرفة الاختبارية.

الدراسات السابقة

إن الدراسات التي تم إجراؤها على المباني القديمة والتقليدية تحت سطح الأرض تدل على فاعلية تربة الأرض وعلى ثبات درجات حرارة الفراغ الداخلي. ففي الصين ، توجد قريتان قديمتان (أكسيون Xicun القرية من لويونق Luoyang وقريّة تونغكوان Tungkwan) بهما مساكن محفورة تحت سطح الأرض ومازال يستخدمها سكانها في الوقت الحاضر. وقد تم قياس درجة حرارة الفراغ الداخلي للغرف المظمورة في أحد المساكن ، وهي تتراوح ما بين ٨م° إلى ١٥م° صيفا وتصل إلى ١٠م° في الشتاء [٨]. تعمل التربة كأفضل مادة عازلة لاستبقاء الدفء داخل فراغات المساكن في فصل الشتاء والاحتفاظ بالبرودة في الصيف. بالإضافة إلى ذلك فقد تم إجراء دراسة قياسية لمساكن تحت سطح الأرض في المناطق الجنوبية لتونس بقريّة مطماطة ووجد أن درجة حرارة الهواء بداخل الغرف المحفورة كانت حوالي ٢٧م° ، عندما كانت درجة حرارة الهواء الخارجي ٤٩م° في فترة الصيف ١٤٠٢ هـ (١٩٨١م) [٩].

اهتم الباحثون في بعض الولايات المتحدة الأمريكية في السبعينات بدراسة المباني تحت سطح الأرض. ففي مدينة أسترفيل بولاية ماساشوسيتوس. تم إقامة منزل بيئي Ecology House وسطه فناء داخلي وتغطي التربة حوالي ٧٥٪ من الغلاف الخارجي وتم

زراعة سطح التربة بنجيل أخضر بمساحة ١١١,٥ م^٢ وجميع الغرف تطل على الفناء. وقد تمكن من تقليل تكلفة الطاقة المستهلكة في تبريد وتسخين المبنى بمقدار ٧٥٪ وكذلك تقليل تكلفة البناء ٢٥٪ بالمقارنة مع مبنى يستخدم الأسلوب الإنشائي العادي فوق سطح الأرض [١٠]. وأقيم مسكن باترسون مكون من دورين على شكل قبة من الخرسانة السابقة الصب في مدينة تمبي بولاية أريزونا، عام ١٤٠٠ هـ (١٩٧٩ م) وصمم ونفذ المبنى بحيث تغطي التربة الغلاف الخارجي بمساحة ٩٠٪ من مجموع مساحة السقف والحوائط وكان سمك التربة ١,٨٣ م. ووجد أن تكلفة طاقة الكهرباء للمبنى تتراوح بين ٤٠ دولار و ٨٠ دولارا في الشهر، وهي أقل من تكلفة الطاقة المستهلكة في مبنى تقليدي آخر [١١]. تم بناء منزل في مدينة ألدانس في أستراليا عام ٤٠٦ هـ (١٩٨٦ م) في تجويف تل منحدر باستخدام التربة لتغطي فراغات المبنى [١٢] والمبنى مكون من ثلاثة أدوار تلتصق حوائطها بتربة المنحدر ما عدا الجهة الجنوبية حيث تسمح بدخول الشمس عبر نوافذ وفناء مغطى بالزجاج لغرض التدفئة. وجد بالقياس أن درجة حرارة التربة كانت مستقرة عند ٨°م عند عمق ١,٥ م والتي تسهم في التأثير على استقرار حرارة المبنى للتدفئة في الشتاء والتبريد في الصيف. وفي اليابان قام أكيرا هويانو بإجراء خمس تجارب تطبيقية لبيان أثر استخدامات النباتات على التحكم في أشعة الشمس وعلى البيئة الحرارية للمباني في المناخ الرطب الحار والممطر [١٣]. وفي إحدى التجارب التطبيقية استخدم غرنا مصغرة ١×١م×٠,٥م وغطى سطحها بطبقة من النجيل (*Zoysia wild-Kohrai shiba*) فوق سطح طبقة مكونة من خليط طفيل مع برلايت perlite سمك ١,٥ سم. وقد وجد أن درجة حرارة سطح النجيل تزيد عن درجة حرارة الهواء الخارجي حوالي ٦°م إذا كان النجيل أخضر، وحوالي ١٠°م إذا كان النجيل يابسا.

ومما لاشك فيه أنه من الصعب توافر أمثلة مشابهة لمبان مطمورة بالتربة ومزروعة بالنجيل في المناطق الحارة الجافة من المملكة العربية السعودية. ولكن وفي الوقت الحاضر يقام مشروع وزارة المعارف الجديد بمدينة الرياض تم تصميمه بواسطة مكتب سعودي (البيئة مخططون ومعماريون ومهندسون) والذي فاز بتصميم المشروع في مسابقة عالمية نظمتها

الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض [١٤]. وروعي في تصميم المشروع أن يستخدم حوالي ٢٠٪ من الطاقة الكهربائية المطلوبة لتكييف وتشغيل المبنى بالمقارنة مع مشروع يستخدم ١٠٠٪ من إجمالي الطاقة الفعلية، وذلك باتباع طريقتين. أولاًهما، استخدام نظم الطاقة الشمسية والمصادر الطبيعية مثل الإنارة الطبيعية والتهوية الطبيعية باستخدام ملاقف الهواء وتبريد غلاف المبنى بالتربة المزروعة الملاصقة للمبنى، وتسخين المياه بألواح الطاقة الشمسية. الطريقة الأخرى، أسلوب تصميم المبنى مثل وجود الأفنية الداخلية وألا يزيد عمق المكاتب عن ٩م وأن تتم زيادة سمك الحوائط إلى حوالي ٤,٤م بدلاً من ٢,٢م. تغطي أسطح المباني طبقة من التربة المزروعة بمسطحات كبيرة لكي تعمل على توفير العزل الحراري وتبريد المباني نظراً لرتوبة التربة المستمرة. ولقد كانت فكرة استخدام التربة المزروعة في المشروع متميزة في التصميم المعماري وأنها تسهم في تحقيق برامج ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في المشاريع الحكومية بالمملكة العربية السعودية.

ومن المعروف أن تنسيق النباتات من أشجار وشجيرات وغطاء أرضي حول المبنى لا يبعث شعوراً بالجمال والبهجة للنفس الإنسانية فحسب، بل يقوم بتلطيف البيئة المناخية المحيطة به عن طريق التحكم في أشعة الشمس وزيادة الرطوبة في الهواء [١٥].

ونظراً لقلة الدراسات الإحصائية المتخصصة بهدف توضيح أثر النباتات على البيئة الحرارية للمباني في المناطق الحارة والجافة وبصفة خاصة المباني في المملكة العربية السعودية فقد أجريت تجربة تطبيقية في ظل ظروف العوامل المناخية الحارة الجافة، واستخدام غرف تجريبية في محطة أبحاث قسم العمارة وعلوم البناء التابع لكلية العمارة والتخطيط بجامعة الملك سعود بالرياض.

أهداف الدراسة

يهدف البحث بصورة أساسية إلى دراسة وتحليل الأثر الحراري التبريدي لتغطية المبنى باستخدام التربة المزروعة بالنجيل من خلال تحقيق الهدفين التاليين:

١ - دراسة فاعلية تبريد التربة باستخدام النجيل نوع برمودا الأمريكي.

٢ - التحقق من أثر التربة المزروعة لتبريد الهواء الداخلي في غرف تجريبية واقعة في مناخ حار وجاف.

منهج الدراسة

لتحقيق الأهداف آنفة الذكر ، فقد اتبعت الخطوات التالية :

١ - الخطوة الأولى ، الرجوع إلى المطبوعات والأبحاث والتقارير المنشورة عن التجارب والملاحظات التي أنجزت بواسطة باحثين متخصصين في دراسة التبريد الطبيعي باستخدام التربة المزروعة والتي تغطي المباني .

٢ - الخطوة الثانية ، دراسة تجريبية اشتملت على :

أ) جمع بيانات في فترة الصيف لعام ١٤١٧ هـ (١٩٩٧ م) شاملة لدرجات حرارة التربة والهواء الداخلي لغرف تجريبية مغطاة بالتربة ، والتي تم زراعتها بالنجيل الأخضر .

ب) جمع بيانات تفصيلية عن درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح واتجاهها والإشعاع الشمسي ، وذلك خلال فترة أيام الصيف شاملة قياسات حرارة التربة على مستويات ٠ ، ٥ سم ، ١٥ سم ، ٣٠ سم والهواء الداخلي للغرف الاختبارية .

٣ - الخطوة الثالثة ، تحليل البيانات وتشتمل على تحديد فاعلية تبريد التربة باستخدام النجيل الأخضر . نظرا لأن التربة في مدينة الرياض تتميز بالحرارة الشديد نتيجة شدة الإشعاع الشمسي ، فإن إمكانية زراعة وترطيب سطح التربة تسهم عمليا في خفض درجة حرارة التربة إلى مستوى يمكن استخدام التربة كمصدر طبيعي لتبريد الفراغ الداخلي للمبنى ، وتحدد كفاءة التربة في تبريد الهواء الداخلي للمبنى بمدى قدرة الطبقة الطبيعية التي تحمي سطح التربة وتعمل على خفض درجة حرارة التربة التي تغطي غلاف المبنى مباشرة . ولتحديد فاعليتها فستتم مقارنة ما يلي :

أ) ما تحقق من تبريد التربة المزروعة مع تربة غير مزروعة أي عادية ، وذلك بمقارنة متوسط ساعات اليوم والمتوسط اليومي لقراءات درجات حرارة التربة المزروعة مع التربة العادية.

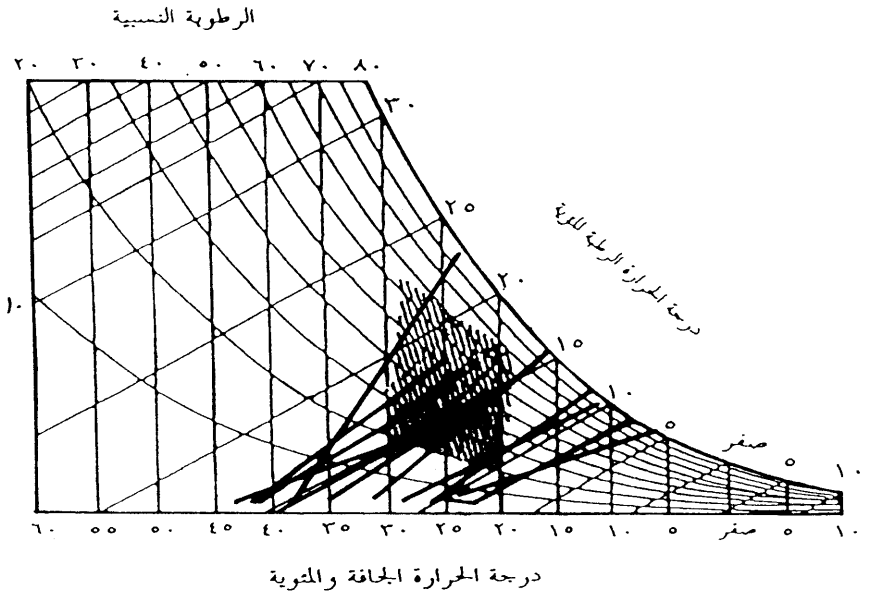
ب) تحديد فاعلية التربة المزروعة لتبريد الهواء الداخلي للغرف التجريبية. إن معيار قياس فاعلية التربة في تبريد الغرف النموذجية التجريبية يتركز على ما تحقق من ظروف حرارية داخل الغرفة والتي تُلبي احتياج الراحة الحرارية للإنسان. وعليه فستعقد مقارنات ما تحقق من خفض في درجات الحرارة الداخلية بالمقارنة مع درجات الحرارة الخارجية ، وذلك بمقارنة متوسط ساعات اليوم والمتوسط اليومي لقراءات درجات حرارة الهواء المتوسطة بداخل الغرفة المظمورة بالتربة المزروعة مع هواء الغرفة المظمورة بالتربة العادية. وقد تم استخدام برامج تحليل إحصائي في عملية تحليل البيانات والقراءات وسيتم عرض نتائج البحث بصورة منحنيات وجداول ورسومات بيانية مقارنة.

وصف الموقع والغرف الاختبارية وأجهزة القياس

الموقع

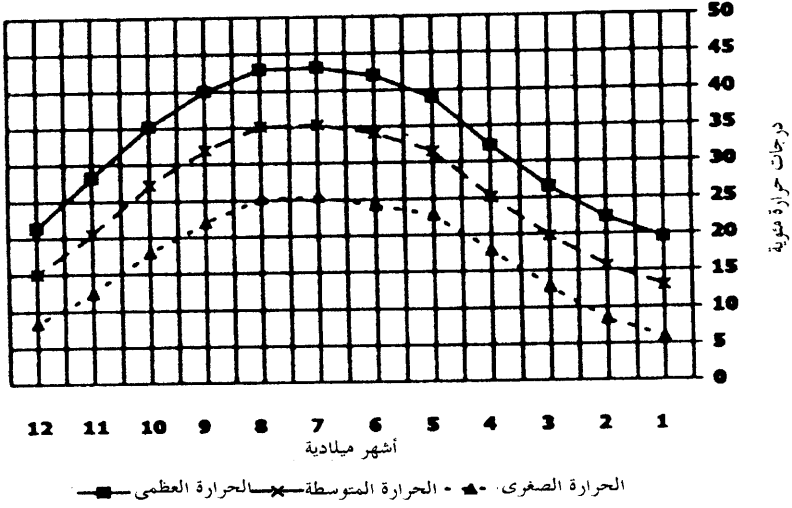
تم اختيار مدينة الرياض - التي تقع في هضبة نجد على خط عرض 24° و 42° شمال خط الاستواء وخط طول 46° و 44° شرق قرينتش ، وعلى ارتفاع 624 م فوق سطح البحر- مكانا للدراسة كما تم اختيار موقع التجربة في شمال أرض جامعة الملك سعود ، الرياض ، حيث إن هذا الموقع يتصف صيفا بالحرارة والجفاف الشديدين ، وبالمدى الحراري المرتفع يقدر بحوالي 18° م. ولقد سجلت أحوال الطقس بواسطة مصلحة الأرصاد وحماية البيئة لمتوسط قراءات 10 سنوات ($1986-1995$ م) [17]. ويلاحظ أن فصل الصيف يمتد من شهر يونيو إلى شهر سبتمبر ويتراوح المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء الجافة للنهية الصغرى من 22° م إلى $25,4^{\circ}$ م. أما المعدل الشهري لدرجة الحرارة القصوى فتتراوح من 44° م إلى $47,4^{\circ}$ م. أما بالنسبة للرطوبة لنفس الفترة فإن المعدلات العليا تتراوح من 32% إلى 66% والمعدلات الصغرى تتراوح من 2% إلى 3% . وتهب رياح حارة

وجافة على مدينة الرياض، تعرف برياح "السموم" ويتراوح المعدل الشهري لهبوبها صيفا ما بين ٤ و ٨ عقداً واتجاهها غالباً ما يكون شمالاً. ويتراوح الضغط الجوي ما بين ٩٣٧,١ مللبار إلى ٩٤٠,٤ مللبار. كما أن المعدل الشهري لهطول الأمطار ٠,٠ مم في أشهر الصيف، بينما يصل ٣٩,٥ مم في شهر إبريل. ويتميز المناخ في مدينة الرياض بوجود أشعة الشمس شبه العمودية والتي تتراوح حرارتها من ٨١٣ إلى ٩٢٩ واط/م^٢، وتكون النتيجة ارتفاع في درجة حرارة سطح الأرض مما يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الهواء الملاصقة لسطح الأرض وترتفع إلى أعلى ليحل هواء بارد نسبي وبالتالي توجد زوايا رملية في فترة شدة أشعة الشمس. ونظراً لجفاف المناخ وارتفاع درجة حرارة في وسط النهار فإن فاعلية استخدام أسلوب التبخير للتبريد تعتبر عالية جداً، كما يتضح ذلك على المخطط الحيوي في الشكل رقم (١) والرسومات البيانية لمناخ منطقة الرياض الموضحة في الأشكال أرقام من (٢ إلى ٥) والخاصة بدرجات الحرارة للهواء المحيطة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح واتجاهها وكمية الأمطار على التوالي.

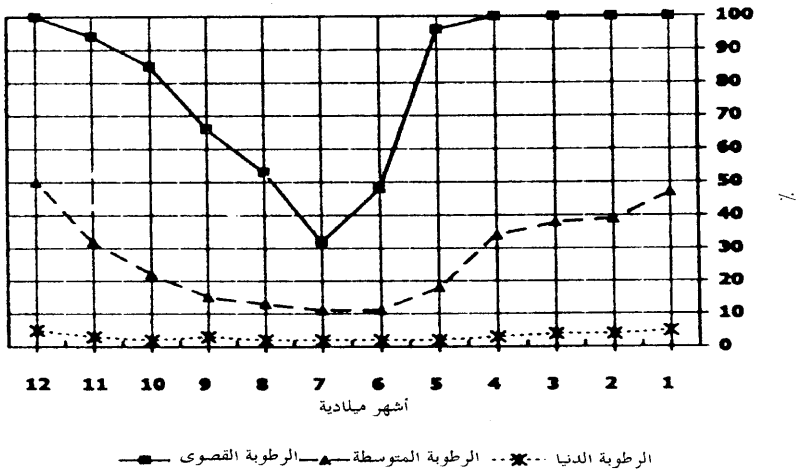


الشكل رقم (١). المستوى الحراري للرياض وعلاقته بنطاق الراحة الحرارية القياسي.

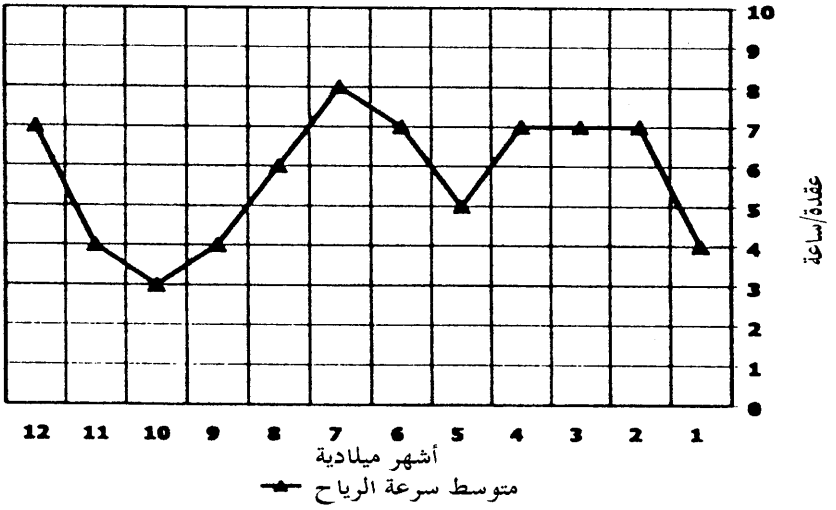
أثر زراعة النجيل في أسطح المباني المظمورة بالتربة...



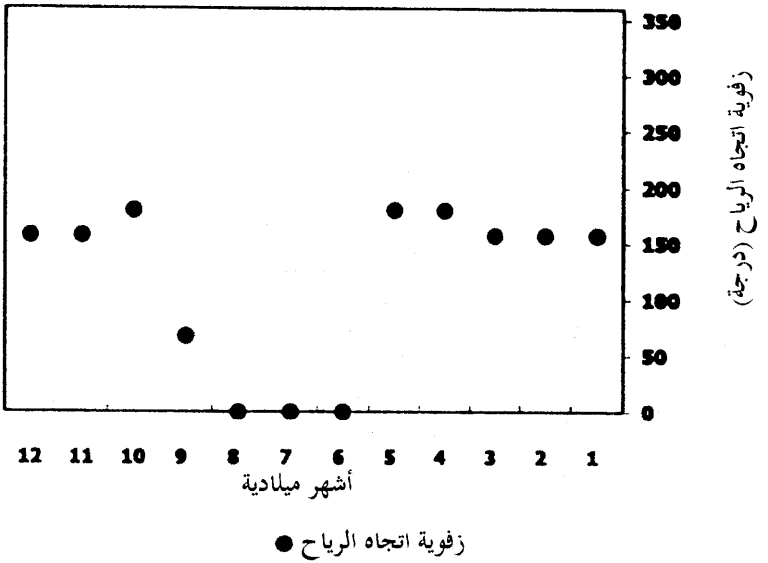
الشكل رقم (٢). درجات حرارة الهواء في الرياض.



الشكل رقم (٣). الرطوبة النسبية في الرياض.



الشكل رقم (٤). سرعة الرياح في الرياض.



الشكل رقم (٥). اتجاه الرياح في الرياض.

الغرف الاختبارية

استخدمت ثلاث غرف اختبارية مكعبة مصنوعة من الصاج ، لأنه جيد التوصيل الحراري مما يسمح بانتقال الحرارة بفاعلية بين الهواء في الغرفة الاختبارية والتربة الملاصقة لها مما يؤثر في زمن الانتقال والإزاحة الحرارية بين الهواء الداخلي للغرفة الاختبارية والتربة [١٧]. يوضح الشكل رقم (٦) مقاسات ومعالجات الغرف الاختبارية الثلاث (أ) و(ب) و(ج). أبعاد الغرفة عازل حراري من البوليسترين سمك ٥ سم. بنيت أرضية وسقف غرفة التحكم من الخرسانة الاختبارية الواحدة من الداخل هي ١م×١م×١م واستخدمت الغرفة (أ) كغرفة تحكم. تم إحاطة الغرفتين (ب) و(ج) بسور من البلوك الأسمنتي المفرغ وبارتفاع ١,٥ م لمنع انزلاق التربة حول الغرف الاختبارية أثناء ري التربة بالماء. وتم طمر الغرفتين بتربة طبيعية جافة بسمك ٤٠ سم فوق سطحهما و٦٠ سم على جوانبهما. وتم زراعة سطح الغرفة (ب) بطبقة من النجيل الأخضر نوع برمودا الأمريكي بسماكة ٦,٥ سم.

أجهزة القياس

استخدمت أجهزة خاصة في إجراء الدراسة ويمكن تصنيفها إلى ثلاثة أجزاء رئيسية:
أولاً: المجسات:

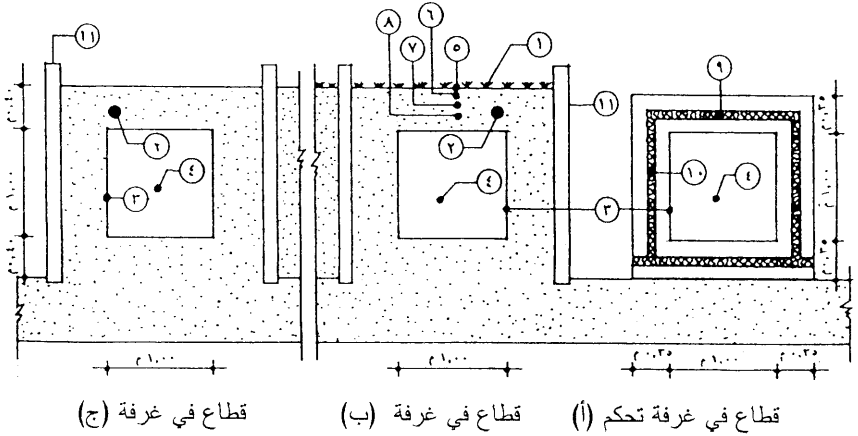
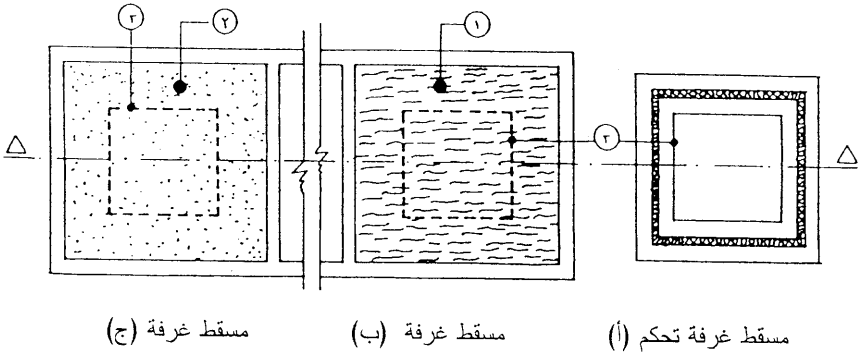
١ - تم استخدام ٣٤ مجس حراري (Thermocouples, type T) لقياس درجة حرارة هواء الغرف الاختبارية وحرارة التربة (عند مستوى سطح التربة ٠,٠ سم، وعند أعماق ٥ سم، و١٥ سم، و٣٠ سم) التي تغطي الغرف الاختبارية. وقد تم عمل تصحيح قراءات المجسات الحرارية بواسطة الباحث حيث حصل على قراءات للمجسات ومعيار حراري زئبقي (Sper scientific) لمدة ثلاثة أيام عندما وضعت جميعها في ماء ساخن وماء متجمد وماء دافئ وتم عمل معادلة خطية بين قراءة المجس الواحد وقراءة المعيار الزئبقي، بهدف الحصول على معامل تصحيح لكل مجس حراري.

٢ - استخدم مجس بيرانوميتر (Perineometer LI-COR, type LI2003S) لقياس كمية

الإشعاع الشمسي.

٣ - مجس قياس سرعة واتجاه الرياح (A Met one anemometer, type 014A-U).

٤ - مجس حرارة الهواء الجافة والرطوبة النسبية نوع (VAISALA, type HMP35C).



- | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| ١ - طبقة زراعة نخيل أخضر | ٧ - مجس درجة حرارة التربة على عمق ١٥ سم |
| ٢ - تربة عادية | ٨ - مجس درجة حرارة التربة على عمق ٣٠ سم |
| ٣ - غرفة من الصاج المجلفن ١×١×١ م ^٣ | ٩ - سقف معزول حراريا سمك ١٢ سم |
| ٤ - مجس درجة حرارة الهواء | ١٠ - حوائط معزولة حراريا بسمك ٣٥ سم |
| ٥ - مجس درجة حرارة طبقة الزرع | ١١ - حائط ساند بارتفاع ١٤٠ سم وسمائة ١٥ سم |
| ٦ - مجس درجة حرارة التربة على عمق ٥ سم | |

الشكل رقم (٦). مسقط وقطاع للغرف الثلاث الاختبارية.

ثانيا: نظام تجميع وتخزين قراءات:

تم استخدام نظام (CR 10) من شركة كامبل العلمية (Campbell Scientific, Inc., USA).

يقوم هذا الجهاز بتسجيل قراءات من المجسات لكل ١٠ و ٣٠ دقيقة وكل ٢٤ ساعة.

ثالثاً: وحدة حاسب آلي

تم استخدام جهازين من الحاسب آلي، يعملان على برنامج (PC208)، لتشغيل نظام (CR 10) ومعالجة القراءات وتخزينها يومياً ومشاهدة رسومات بيانية وقت تسجيل القراءات لجميع أجهزة القياس لأحوال الطقس والمحسبات الحرارية. كما استخدم محلل بيانات (Excel) لعمل رسومات بيانية وتحليل المعلومات المسجلة.

تحليل البيانات

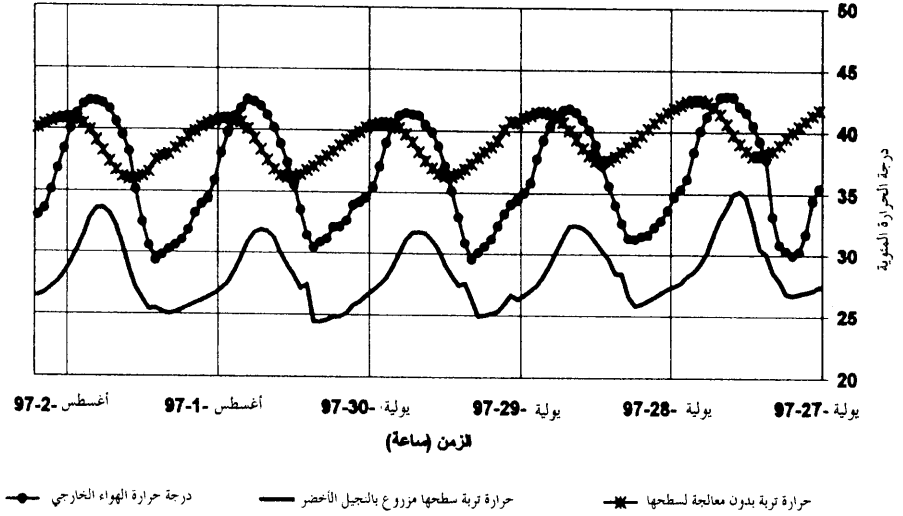
١ - فاعلية تبريد التربة باستخدام النجيل الأخضر

لقياس تبريد كتلة التربة باستخدام طبقة النجيل فوق سطح التربة فقد أجريت المقارنات التالية:

أ) مقارنة منحنيات متوسط ساعات اليوم لدرجات حرارة التربة المزروعة بالنجيل مع التربة العادية

يوضح الشكل رقم (٧) قياسات لفترة خمسة أيام (٢٨ يولية إلى ٢ أغسطس ١٩٩٧م) عندما تم ري النجيل الأخضر يومياً بالماء بقدر ١,٢٨ م^٣ ماء. ويبين منحنيات متوسط ساعات لدرجات حرارة الهواء الخارجي الجافة القصوى والدنيا ودرجة حرارة التربة (عند عمق ١٥ سم من سطحها) لكل من التربة المزروعة بالنجيل والتربة العادية (بدون معالجة لسطحها). ويلاحظ أنه عندما سجلت أعلى درجة حرارة للهواء الخارجي ٤٢°م وصلت أعلى درجتي حرارة التربة المزروعة بالنجيل والتربة العادية إلى حوالي ٣٢°م و٤١°م، على التوالي، أي أن أثر زراعة التربة بالنجيل، خلال فترة منتصف النهار، أمكن خفض درجة حرارة التربة المعالجة عن درجتي حرارة التربة العادية "الطبيعية" والهواء الخارجي بحوالي ٩°م و١٠°م، على التوالي. وعندما سجلت أدنى متوسط درجة حرارة للهواء الخارجي ٦,٦°م و٢٨°م وصلت أدنى درجتي حرارة التربة المزروعة بالنجيل والتربة العادية إلى حوالي ٢٨°م و٣٥°م، على التوالي. يوضح الجدول رقم (١) وجه المقارنة بين نوعي التربة. هذا يدل على أن أثر زراعة التربة بالنجيل، خلال فترة الصباح الباكر، أمكن خفضها ١٢°م و٥°م

عن درجتي حرارة التربة الطبيعية والهواء الخارجي ، على التوالي. وهذا الخفض في درجات حرارة التربة المزروعة عن التربة الطبيعية يؤكد الأثر الإيجابي لتبريد التربة باستخدام طبقة النجيل.



الشكل رقم (٧). درجات حرارة الهواء الخارجي والتربة المزروعة والعادية في أيام ٢٨ يولية إلى ٢ أغسطس ١٩٩٧م.

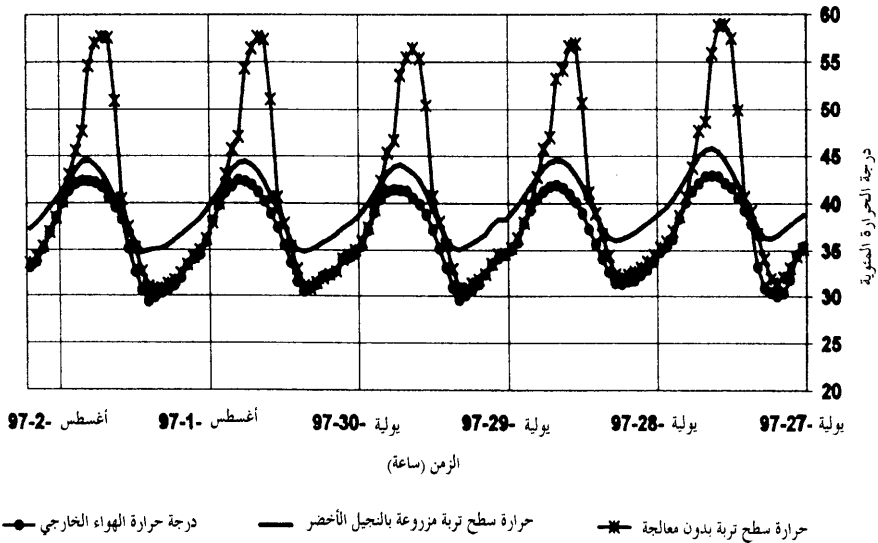
الجدول رقم (١). قياسات درجات حرارة التربة والهواء الخارجي المحيطة يوم ٢٦/٧/١٩٩٧م.

درجة حرارة الهواء المتوية		درجة حرارة التربة (درجة مئوية)				
أدنى	متوسط	أعلى	٣٠ سم	١٥ سم	٥ سم	سطح
٢٩,٦	٣٧,٨	٤٨,٨	٣٥	٣٧	٤١,٦	٤٤
٢٩,٦	٣٧,٨	٤٨,٨	٢٨	٣١,٥	٣١,٢	٣٤,٢

تربة عادية
تربة مزروعة بالنجيل

أما الشكل رقم (٨) فيوضح قياسات نفس الفترة لمتوسط درجات حرارة سطحي كل من التربة المعالجة والعادية مع متوسط درجة حرارة الهواء الخارجي. ويلاحظ أنه خلال فترة منتصف النهار، عندما سجلت أقصى درجة حرارة للهواء الخارجي ٤٢°م وصلت

أقصى درجتي حرارة سطحي التربة المزروعة والعادية حوالي 45°C و 57°C ، على التوالي، أي أن أثر زراعة التربة بالنجيل، أمكن خفض درجة حرارة سطح التربة المعالجة حوالي 12°C عن درجتي حرارة التربة الطبيعية، ولكن ازدادت عن أقصى درجة حرارة الهواء الخارجي بحوالي 1°C إلى 2°C وذلك راجع إلى أن سطح التربة يكتسب حرارة من أشعة الشمس الحارة والهواء الساخن. كما يلاحظ أن درجة حرارة سطح التربة المزروعة تنخفض عن درجة حرارة التربة العادية لأن طبقة الزرع والرطوبة تعملان على تبريد سطح التربة، وذلك باستخدام حرارة الشمس الواصلة إلى سطح التربة في تبخير جزء من الرطوبة الموجود في سطح التربة وعلى أوراق النجيل عن طريق عملية التتح.



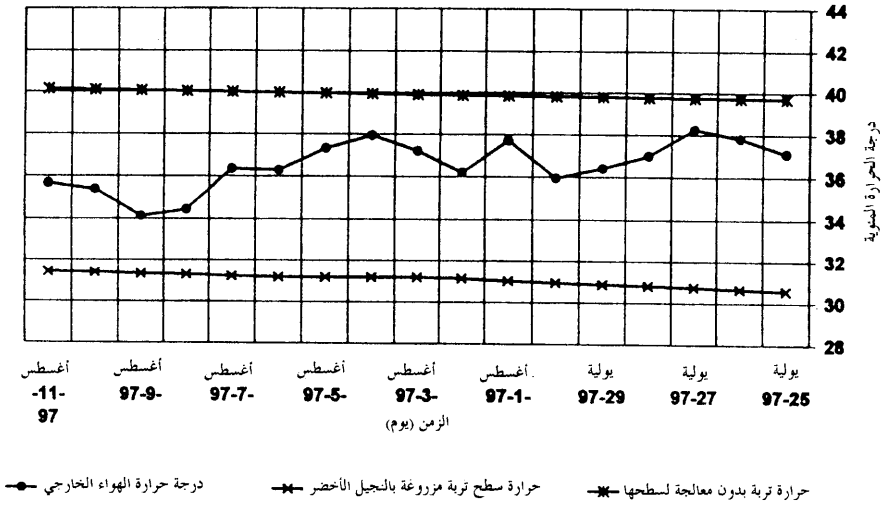
الشكل رقم (٨). درجات حرارة الهواء الخارجي و سطح التربة المزروعة والعادية في أيام ٢٨ يولية إلى ٢ أغسطس ١٩٩٧م.

أما خلال فترة الصباح الباكر، عندما سجلت أدنى متوسط درجة حرارة للهواء الخارجي 30°C وصلت أدنى درجتي حرارة التربة المزروعة بالنجيل والتربة العادية حوالي

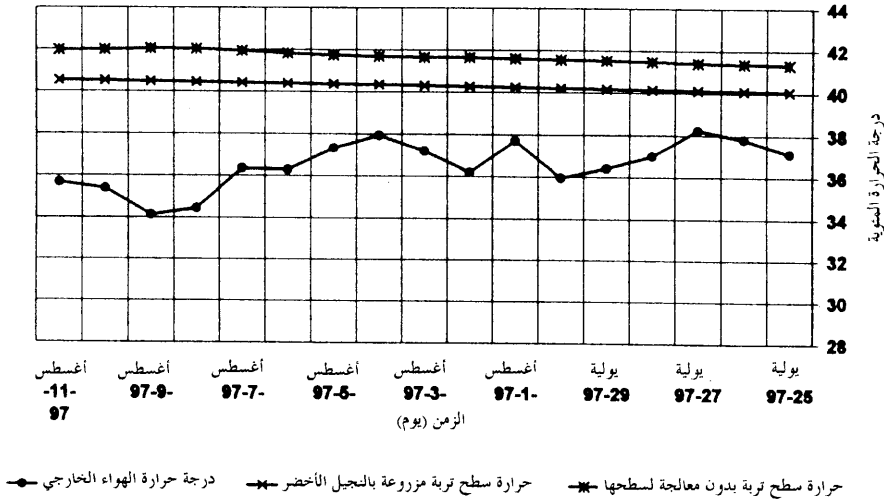
٣٦° م و ٣٢° م، على التوالي، أي أن أثر زراعة التربة بالنجيل كان سلبيا فقد أمكن خفض درجة حرارة التربة العادية ٤° م عن درجة حرارة التربة المزروعة كما كانت قريبة من أدنى درجة حرارة الهواء الخارجي، ويعود السبب في ذلك أن طبقة النجيل تعيق انتقال الحرارة من التربة إلى الهواء الخارجي البارد والذي وصل حوالي ٣٠° م عن طريق الفقد الحراري بالموجات الطويلة الحرارية المشعة Long wave radiation إلى الفضاء الخارجي أثناء الليل. وهذا الأداء السلبي للتربة المزروعة يؤكد عدم فاعلية استخدام طبقة النجيل ليلا. ومما سبق يظهر أن التربة المزروعة بالنجيل الأخضر ذات أثر إيجابي في خفض ملحوظ لدرجات حرارة التربة أثناء النهار ولكنها تؤثر سلبا على تبريد التربة ليلا.

(ب) مقارنة المتوسط اليومي لدرجات حرارة التربة المزروعة بالنجيل مع التربة العادية يوضح الشكل رقم (٩) قياسات لفترة سبعة عشر يوما خلال شهري يولية وأغسطس ١٩٩٧ م. ويبين منحنيات المتوسط اليومي لدرجات حرارة الهواء الخارجي الجافة ودرجة حرارة التربة لكل من التربة المزروعة بالنجيل والعادية. ويمكن ملاحظة أنه يوم ٢٧ / ٧ / ١٩٩٧ م عندما سجلت أقصى متوسط يومي لدرجة حرارة للهواء الخارجي ٣٩° م وصلت إلى أقصى متوسط يومي لدرجتي حرارة التربة المزروعة بالنجيل والتربة العادية حوالي ٣١° م و ٤٠° م، على التوالي، أي أن أثر زراعة التربة بالنجيل أمكن خفض درجة حرارة التربة الطبيعية ٩° م. وعندما سجلت أدنى متوسط درجة حرارة للهواء الخارجي في يوم ٩ / ٨ / ١٩٩٧ م وكانت السماء في نهار هذا اليوم ملبدة بالسحب الممطرة ٣٤° م وصلت إلى أدنى متوسط يومي لدرجتي حرارة التربة المزروعة بالنجيل والتربة العادية حوالي ٣١° م و ٤٠° م، على التوالي، أي أن أثر زراعة التربة بالنجيل أمكن خفض درجة حرارة التربة الطبيعية ٩° م. وهذا الخفض في درجات حرارة التربة المزروعة عن التربة الطبيعية يؤكد الأثر الإيجابي لتبريد التربة باستخدام طبقة النجيل.

أما الشكل رقم (١٠) فيوضح قياسات نفس الفترة ويبين منحنيات متوسط يومي لدرجات حرارة الهواء الخارجي الجافة ومتوسط يومي لدرجة حرارة سطح التربة لكل من التربة المزروعة بالنجيل والتربة العادية.



الشكل رقم (٩). المتوسط اليومي لدرجات حرارة الهواء الخارجي والتربة المزروعة والعادية في أيام ٢٥ يولية إلى ١١ أغسطس.



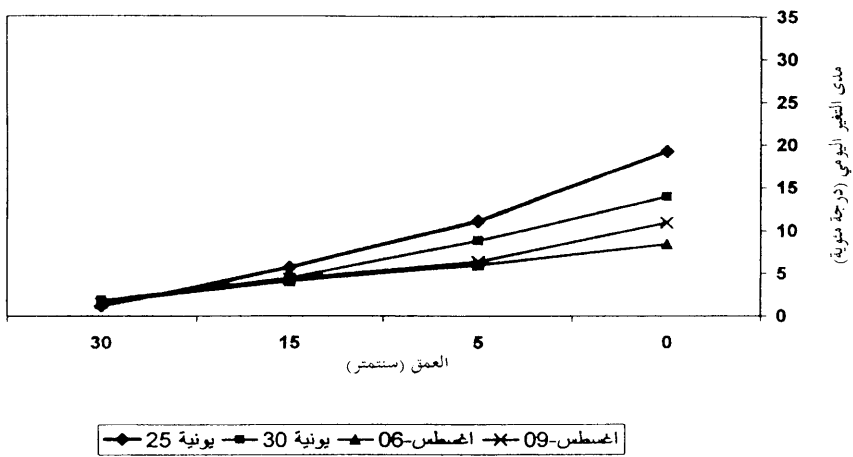
الشكل رقم (١٠). المتوسط اليومي لدرجات حرارة الهواء الخارجي وسطح التربة المزروعة والعادية للفترة ما بين ٢٥ يولية إلى ١١ أغسطس ١٩٩٧م.

يلاحظ أنه عندما سجل أعلى متوسط درجة حرارة للهواء الخارجي 38°C فقد وصل أعلى متوسط يومي لدرجات حرارة سطحي التربة المزروعة والعادية إلى حوالي 40.5°C و 41.5°C ، على التوالي أي بفارق 1°C بين المتوسط اليومي لدرجات حرارة التربة المزروعة والعادية. هذا يدل على أن سطح التربة المزروعة ذو أثر متواضع بسبب شدة الحرارة المكتسبة من أشعة الشمس، والهواء الخارجي وسرعة تبخر الرطوبة في سطح التربة، وبالتالي يجف سطح التربة إلى أن يقترب من حرارة التربة العادية.

(ج) مقارنة مدى التغير اليومي لدرجات حرارة التربة المزروعة بالنجيل مع التربة

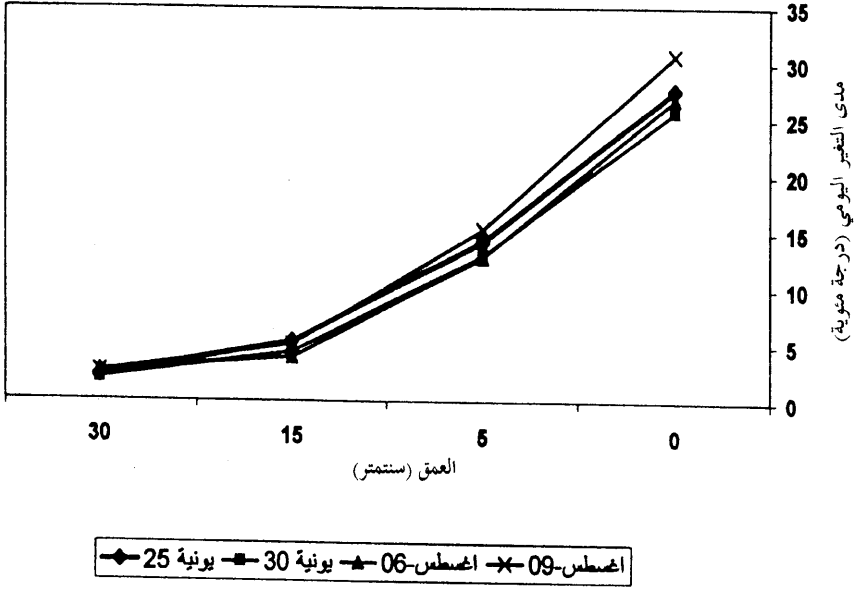
العادية حسب عمق التربة

يوضح الشكلان رقم (١١ و ١٢) مقارنة مدى التغير اليومي daily rang - الفارق بين أعلى وأدنى - في قياسات درجات حرارة التربة المزروعة والعادية عند مستويات ٥ سم و ١٥ سم و ٣٠ سم، وذلك خلال أربعة أيام. ففي الشكل رقم (١١) يمكن ملاحظة أنه في التربة المزروعة يكون المدى اليومي عن مستوى سطح التربة في جميع الأيام مرتفعاً يتراوح من 8°C إلى 20°C ، ثم يتناقص بالتدرج مع زيادة العمق ليصل إلى حوالي 2°C عن مستوى ٣٠ سم تحت سطح التربة.



الشكل رقم (١١). مقارنة التغير اليومي لدرجات حرارة التربة المزروعة بالنجيل حسب العمق.

أما الشكل رقم (١٢) فيبين أن مدى التغير اليومي مرتفع عند سطح التربة $٠,٠$ سم ويتراوح من ٢٥ م إلى ٣٠ م ومتقارب في الأيام الأربعة ثم يتناقص بالتدرج مع ازدياد العمق إلى مستوى ٣٠ سم حيث يصبح مدى التغير اليومي حوالي ٤ م في جميع الأيام. ومن هذا يتضح أن التربة المزروعة تفوق التربة العادية في انخفاض مدى التغير اليومي بحوالي ١٢ م.



الشكل رقم (١٢). مقارنة التغير اليومي لدرجات حرارة التربة العادية حسب العمق.

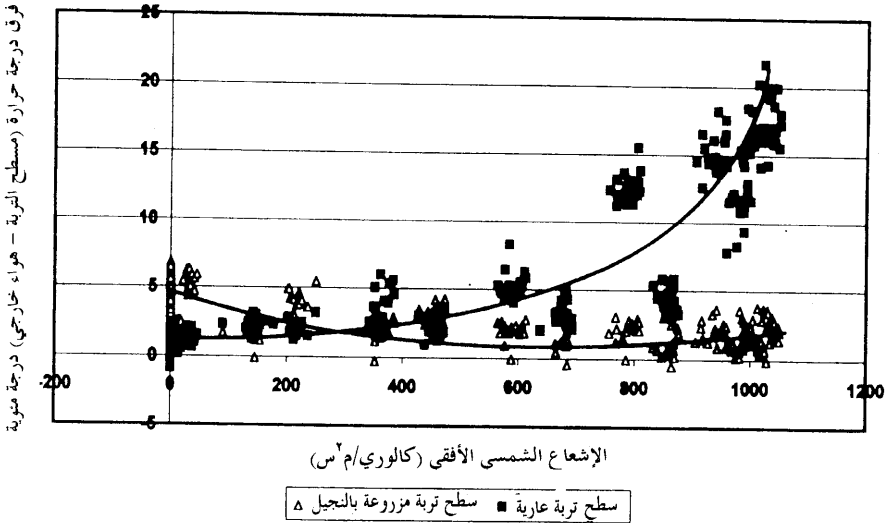
د) مقارنة أثر عوامل المناخ على درجات حرارة سطح التربة المزروعة بالنجيل مع

سطح التربة العادية

يوضح الشكل رقم (١٣) العلاقة بين الإشعاع الشمسي والفرق ما بين درجتي

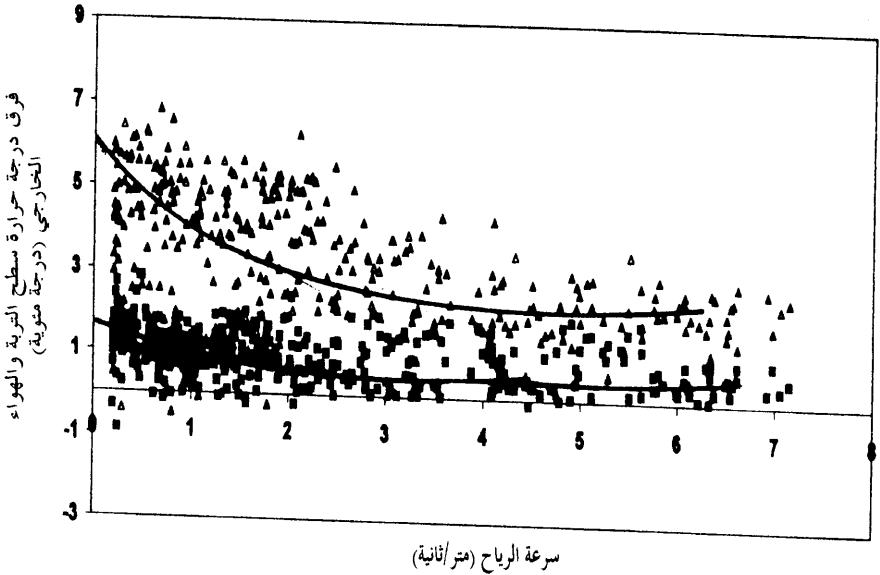
حرارة سطح التربة - المزروعة والعادية - والهواء الخارجية. يلاحظ أن هنالك علاقة موجبة

كلما زاد اكتساب سطح التربة العادية من طاقة الإشعاع الشمسي كانت هنالك زيادة في الفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة المزروعة والهواء الخارجي. ومن جهة أخرى، يلاحظ أن هنالك علاقة سالبة بين الإشعاع الشمسي والفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة المزروعة حيث إن الفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة المزروعة والهواء الخارجي ظل شبه مستقر بالرغم من تزايد كمية الإشعاع خلال ساعات النهار. هذا يدل على أن سطح التربة المزروعة ظلت درجة حرارته منخفضة بسبب تظليل أوراق النجيل لسطح التربة واستخدام طاقة الشمس المكتسبة في تبخير الماء من التربة طيلة ساعات النهار بخلاف التربة العادية التي تأثرت بطاقة الشمس والهواء الساخن. كما يلاحظ أن الفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة العادية والهواء الخارجي يزيد عن الفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة المزروعة والهواء الخارجي في الفترة التي يكون فيها الإشعاع الشمسي ما بين ٠,٠ و- ١,٣٥ كالوري/م^٢س وذلك بسبب عدم سطوع الشمس وفقد حرارة التربة العادية إلى الفضاء الخارجي عن طريق الأشعة ذات الموجات الطويلة Long wave radiation.



الشكل رقم (١٣). العلاقة بين الإشعاع الشمسي والفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة - المزروع والعادية - والهواء الخارجية.

يوضح الشكل رقم (١٤) العلاقة بين سرعة الرياح والفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة - المزروع والعادية - والهواء الخارجية. لاحظ أن هنالك علاقة سلبية كلما زادت سرعة الرياح كان هنالك انخفاض في الفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة - المزروعة أو العادية - والهواء الخارجي. وهذا يدل على أن سرعة الرياح تسبب تقارب درجة حرارة سطح التربة مع درجة حرارة الهواء عن طريق التبادل الحراري بالحمل، ويكون تقارب حرارة سطح التربة العادية مع حرارة الهواء الخارجي أكثر مما حدث بين سطح التربة المزروعة والهواء، ويتضح ذلك من علو منحنى الفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة المزروعة والهواء الخارجي عن منحنى الفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة العادية والهواء الخارجي.



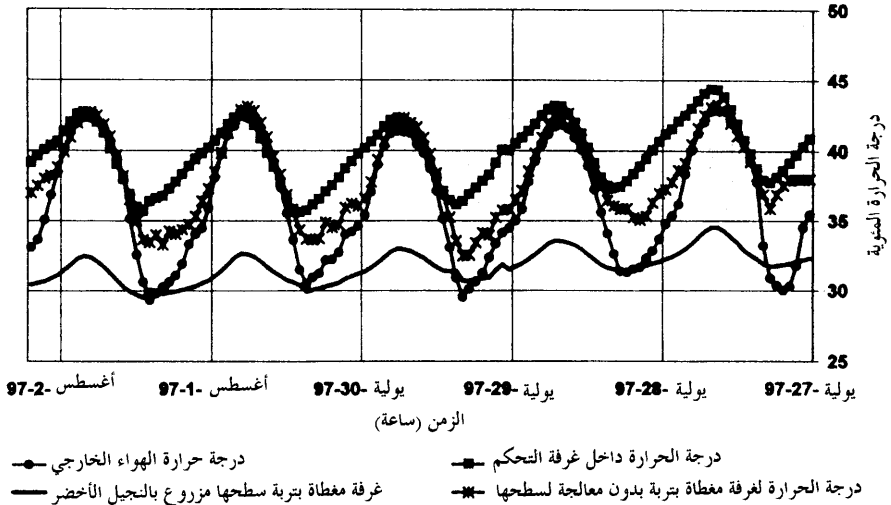
الشكل رقم (١٤). يوضح العلاقة بين سرعة الرياح والفرق ما بين درجتي حرارة سطح التربة - المزروع والعادية - والهواء الخارجية.

٢ - قياس فاعلية التربة لتبريد الفراغ الداخلي للغرف التجريبية

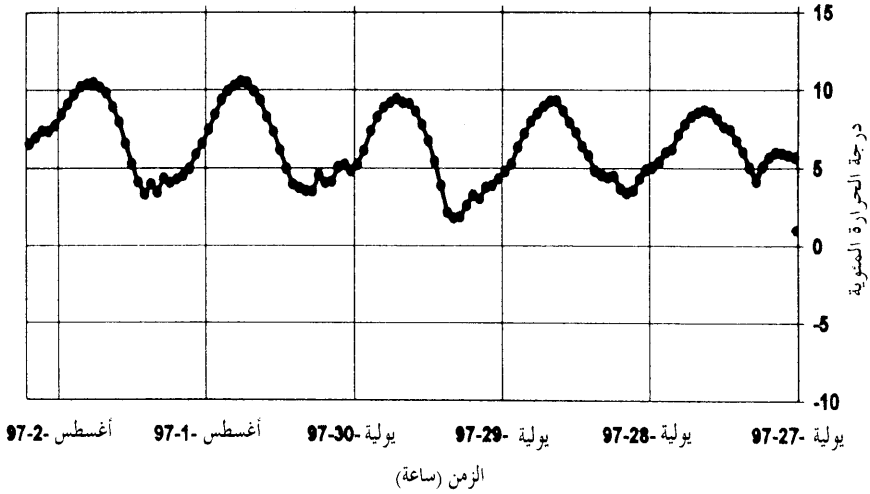
ترتبط فاعلية التربة لتبريد الفراغ الداخلي للغرف النموذجية التجريبية في قدرة كتلة التربة على توفير الطاقة التبريد الكافية من التربة المبردة بطبقة النجيل والرطوبة والتي تقابل أحمال التبريد المطلوبة بداخل الفراغ نتيجة للاكتساب الحراري من البيئة الخارجية والتسرب الحراري إلى الداخل عبر الفتحات والشقوق. ويمكن التأكد من فاعلية التربة لتبريد الغرف مما يلي:

أ) مقارنة متوسط في اليوم لدرجات الحرارة الجافة داخل الغرف النموذجية مع درجات حرارة الهواء الخارجي

يوضح الشكل رقم (١٥) يوضح درجات الحرارة الداخلية والخارجية خلال خمسة أيام (٢٨ يولية وحتى ٢ أغسطس ١٩٩٧م) ويوضح الشكل رقم (١٦) يوضح أن الفرق في درجات الحرارة يزيد مع زيادة درجات الحرارة الخارجية ويبلغ ذروته في وسط يوم ٢ أغسطس عندما يصل الفرق إلى ١١°م تقريبا.



الشكل رقم (١٥). درجات حرارة الهواء الخارجي وداخل فراغات غرفة التحكم وغرفة مدفونة بتربة مزروعة وغرفة مدفونة بتربة عادية في أيام ٢٨ يولية إلى ٢ أغسطس ١٩٩٧م.



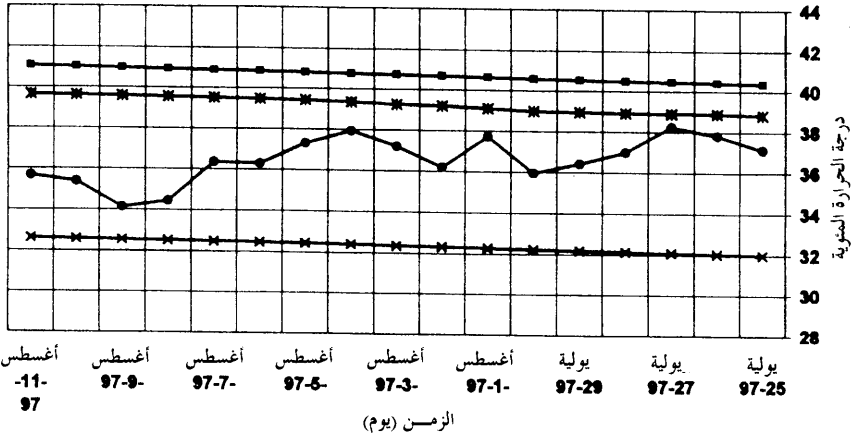
سلسلة ١ — فرق بين حرارة الهواء لغرفة مغطاة بالنجيل مع أخرى عادية

الشكل رقم (١٦). فرق بين درجات حرارة الهواء الداخلي لغرفة مدفونة بتربة مزروعة وغرفة مدفونة بتربة عادية في أيام ٢٨ يولية إلى ٢ أغسطس ١٩٩٧ م.

ب) مقارنة المتوسط اليومي لدرجات الحرارة الجافة داخل الغرف النموذجية مع

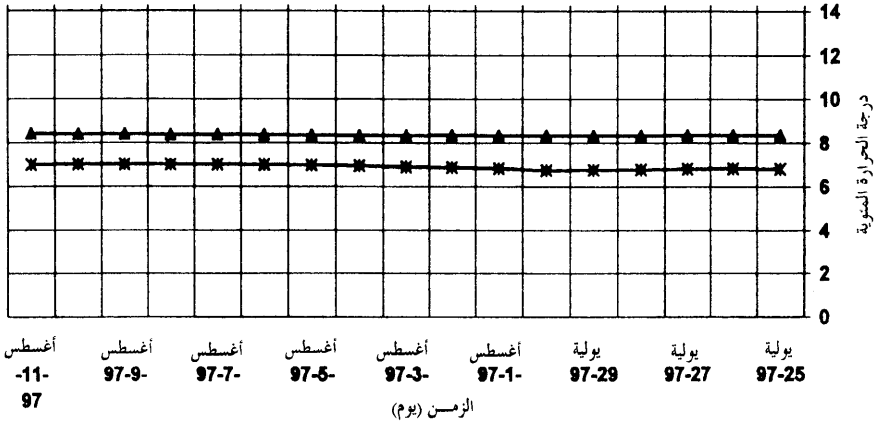
درجات حرارة الهواء الخارجي

يوضح الشكل رقم (١٧) المتوسط اليومي لدرجات حرارة الهواء داخل غرفة التحكم المعزولة حرارياً بمادة البوليسترين وغرفة مغطاة بتربة مزروعة سطحها بالنجيل وغرفة مغطاة بالتربة سطحها عار ودرجة حرارة الهواء الخارجي الجافة، وذلك خلال سبعة عشر يوماً من ٢٥ يولية ١٩٩٧ م إلى ١١ أغسطس ١٩٩٧ م. ويلاحظ أن الفرق شبه ثابت تقريباً بين المتوسط اليومي لدرجات حرارة الهواء في داخل الغرفة المغطاة بالتربة والنجيل منخفضة عن حرارة الغرفة المغطاة بالتربة العادية وغرفة التحكم بحوالي ٧°م و ١٣°م، على التوالي كما هو مبين في الشكل رقم (١٨). وهذا يؤكد فاعلية أثر التربة المزروعة بالنجيل بصورة عامة على الفراغ الداخلي بالمقارنة مع التربة التي لم يعالج سطحها.



- درجة حرارة الهواء الخارجي
- × حرارة هواء غرفة مغطاة بتربة مزروعة بالنجيل
- * حرارة هواء غرفة مغطاة بتربة بدون معالجة لسطحها
- غرفة تحكم معزولة حراريا

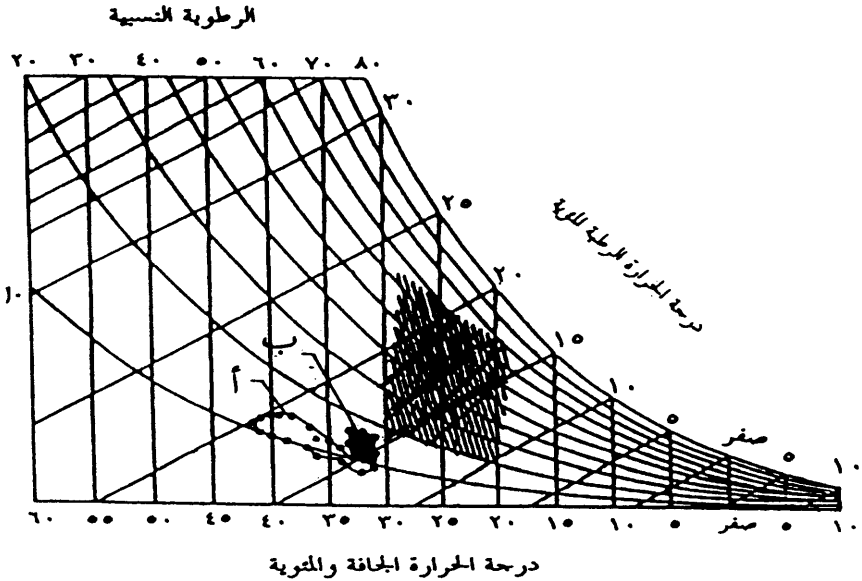
الشكل رقم (١٧). المتوسط اليومي لدرجات حرارة الهواء الخارجي والهواء بداخل غرفة التحكم وغرفة مغطاة بتربة مزروعة وغرفة مغطاة بتربة عادية.



- الفرق بين درجة حرارة هواء غرفة مغطاة بتربة عارية مع غرفة مزروعة بالنجيل
- ▲ الفرق بين درجة حرارة هواء غرفة التحكم وغرفة مغطاة بتربة مزروعة بالنجيل

الشكل رقم (١٨). الفرق بين المتوسط اليومي لدرجات حرارة الهواء للغرف الاختبارية.

جـ) مقارنة ما تحقق من مستوى حراري مع النطاق القياسي للراحة الحرارية يوضح الشكل رقم (١٩). على المخطط الحيوي نطاق الراحة الحرارية والذي يقع ما بين 22°C إلى 28°C ، والرطوبة النسبية وتقع ما بين ٢٠٪ إلى ٧٠٪، كما يوضح الحالة الحرارية داخل الغرفة المزروع سطحها بالنجيل وخارجه وذلك خلال ٢٤ ساعة في يوم ١٩٩٧/٧/٢٨ م. ومن الشكل يتضح أن المستوى الحراري الخارجي (المساحة المحدودة بخط المنحني أ) بعيد عن النطاق القياسي في حين أن المستوى الحراري داخل الغرفة المزروع سطحها بالنجيل (المساحة المحدودة بخط المنحني ب) يقع قريبا من النطاق القياسي المناسب لمعيشة الإنسان. وبذلك يظهر أثر طبقة النجيل فوق التربة على تحسين المستوى الحراري الداخلي.



تبين المساحة المحدودة بخط المنحني (أ) الحالة الحرارية داخل الغرفة المزروع سطحها بالنجيل.

تبين المساحة المحدودة بخط المنحني (ب) الحالة الحرارية خارج الغرفة.

الشكل رقم (١٩). المخطط الحيوي نطاق الراحة الحرارية والحالة الحرارية داخل الغرفة المزروع سطحها بالنجيل وخارجها، وذلك خلال ٢٤ ساعة في يوم ١٩٩٧/٧/٢٨ م.

سليبات التربة المغطاة للمبنى

على الرغم من إيجابيات أسلوب تبريد المبنى باستخدام التربة التي تغطي غلاف المبنى والمزروع سطحها بطبقة من النجيل الأخضر، فإنه من خلال التجربة تبين أن أسفل سقف الغرف وأسطح الحوائط الداخلية للغرف التجريبية تعرضت لوجود بقع ترسبات الأملاح مما يسبب تشويها ويستدعي عمل طبقة من العوازل الرقيقة المانعة للرطوبة والمياه مثل اللفائف من البيتومين وصفائح كلوريد الفينيل البلاستيكية والطلاء من الإيبوكسي.

الخاتمة

في هذه الدراسة تبين جدوى استخدام التربة المزروعة بالنجيل لتبريد المباني في المناطق الحارة الجافة، كما تبين فاعليتها أثناء النهار بتظليل التربة وفقد حرارة التربة المكتسبة من أشعة الشمس بواسطة التبخير من رطوبة التربة، ولكن فاعلية زراعة التربة تنخفض بسبب حجب انبعاث الحرارة من سطح التربة إلى الفضاء الخارجي بواسطة الأشعة ذات الموجات الطويلة Long wave radiation أثناء الليل. كما اتضح كذلك أن التربة المعالج سطحها ذات مستوى مرتفع من الفاعلية التبريدية داخل المباني في البيئات الحارة والجافة من المملكة، وذلك بتحقيقها المستوى المطلوب في نطاق الراحة المناسب للإنسان في تلك البيئة.

كما يوصى الباحث بتطبيق استخدام التربة المعالج سطحها بالنجيل على المباني ذات الدور الواحد أو أسقف الأدوار العليا من المباني، لكن في هذه الحالة يجب أن يكون المبنى معزولا عن رطوبة التربة وأن يكون قويا من الناحية الإنشائية حتى يتحمل ثقل التربة والضغط الجانبية للمبنى. كما إن بالإمكان استغلال الأسطح كحدائق خاصة.

بالإضافة، يُوصى بعمل دراسات تطبيقية على مبان بمقاسات حقيقية بحيث تستخدم فيها التربة التي تغطي غلافها أو أسطحها ولا تقتصر تلك الدراسات على النواحي الحرارية، بل يمكن التطرق بمزيد من الدراسات الخاصة بالنواحي الاقتصادية والنفسية لدى المستخدمين للمباني ذات الاستعمال السكني والإداري والتجاري في مناطق تتصف بمناخ حار وجاف.

يقودنا ما سبق إلى التوصية بضرورة النظر جدياً في تصميمات المباني التي تنشأ في المناطق الحارة والجافة من المملكة، لتستفيد من هذه التقنية البسيطة والرخيصة في عملية التبريد، ولو بصورة تكاملية مع الأنظمة الميكانيكية، وذلك لتحقيق خفض في استهلاك الطاقة الكهربائية وتقليل للتكاليف المالية.

المراجع

- [١] الراشد، سعود عبدالمحسن. "مفاهيم ونظم وأسباب ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية" ندوة ترشيد استهلاك الطاقة في المباني. الشركة السعودية الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى، (٧-٨ ربيع الثاني ١٤١٠هـ الموافق ٥-٦ نوفمبر ١٩٨٩م)، ١-١١.
- [٢] المقرن، خالد. "مدخل لترشيد استهلاك المباني للطاقة الكهربائية في مدينة الرياض". مجلة جامعة الملك سعود، م ٦، العمارة والتخطيط، (١٤١٤هـ/١٩٩٤م)، ٢٩-٤٨ بالعربية.
- [٣] Stein, R. *Architecture and Energy, Garden City*. New York: Anchor Press/Doubleday, 1978.
- [٤] Cook, J. *Passive Cooling*. Cambridge. Massachusetts : MIT Press, 1989.
- [٥] Givoni, B. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. N.Y: Van Nostrand Reinhold, 1998.
- [٦] Givoni, B. *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*. Van Nostrand Reinhold, 1994.
- [٧] الحمدّي، ناصر. "الأداء الحراري للمباني بملاصقة التربة في مناخ حار وجاف بالمملكة العربية السعودية". بحث مقبول للنشر في مجلة جامعة الملك سعود، م ١١، العمارة والتخطيط، الرياض (١٤١٩هـ).
- [٨] Behling, S. *Solar Power, The Evolution of Solar Architecture*. Munich and New York: Prestel Verlag, 1996.
- [٩] Cole, R. S. "Underground Dwelling in South Tunisia." *Proceedings of the International the Passive and Hybrid Cooling Conference*. Miami Beach, FL (1981), 178-179.
- [١٠] Carmody, J. *Earth Sheltered Housing Design*. N.Y: Van Nostrand Reinhold, 1985.

- Carmody, J. *Earth Sheltered Housing Design*. N.Y: Van Nostrand Reinhold, 1985. [١١]
- Parson H. H. "House in the Hillside, Aldrans." In: *Solar Energy in Architecture [١٢] and Planning*. Edited by Thomas Herzog, Munich and New York: Prestel Verlag, 1996.
- Hoyano A. "Climatological Uses of Plants for Solar Control and the Effects on the [١٣] Thermal Environment of a Building," *Energy and Buildings*, No. 11 (1988), 181-199.
- [١٤] عصفور، خالد. "مبنى وزارة المعارف". *مجلة البناء*، عدد ٩٢، السنة السادسة عشرة، ربيع الأول-ربيع الثاني (١٤١٧هـ)، ٨٤ - ٨٩.
- Robinette, G. *Plant, People and Environmental Quality*. Washington, DC: U.S. [١٥] Department of Interior, National Park Service, 1972.
- [١٦] مصلحة الأرصاد وحماية البيئة. *معلومات عن أحوال الطقس وبيئة مدينة الرياض*. جدة: مركز المعلومات والوثائق العلمية، وزارة الدفاع والطيران، المملكة العربية السعودية، ١٤١٥هـ.
- Srinivasa Reddy, M. and Krishnamoorthy, S. "A Study of the Value of Time Laga [١٧] of Room Air Temperature: An Experimental Investigation." *Architectural Science Review*, Vol. 33 (1990), 71-77.

The Effect of Planted Roofs with Earth on the Thermal Performance of Internal Buildings in Hot and Dry Regions of Saudi Arabia

Nasser A. M. Al-Hemiddi

*Assistant Prof., Department of Architecture and Building Sciences, College of Architecture and Planning,
King Saud University, P.O. Box 57448, Riyadh 11574, Saudi Arabia*

(Received 31811419; accepted for publication 26/12/1419)

Abstract. Earth Sheltered houses were traditional architecture which remained for long years to present the effect of climate on the thermal comfort human being in desert areas. Recent applications appear to use planted earth premed buildings in some governmental projects in Kingdom of Saudi Arabia such as the building's of the Ministry of Education in Riyadh. This research aims to study the thermal performance of buildings adjacent to planted earth mass with grass in hot dry climate. The work was conducted during summer period of 1997 at the Research Station of College of Architecture and Planning, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia. The objective of the study is to reduce the natural temperature of the soil mass by grass and to use the cooled soil as a cooling source for cooling a building, because the natural soil temperature is usually too high in summer and can not serve as a cooling source. Several experimental steps were conducted and statistical analyses were carried out. Results indicated that the planted soil covering the external roof of the building is an effective method for cooling in hot dry regions. It was found that the treated soil and indoor air temperatures were reduced by 11 °C and 7.5 °C, respectively. The research presents some appropriate architectural recommendations for applying soil integrated to buildings in hot and dry regions.