والرطوبة الأرضيه . و لعناصر الغذائية) بالتفصيل فى كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ ب)، كما نوقش العامل الأخير (الآفات ومسببات الأمراض) فى كتاب "الممارسات الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر" (حسن ٢٠١٠)، الأمر الذى يتطلب مراجعتهما للتفصيل، ولكنّا نلقى — كذلك — مزيدا من الضوء على تلك العوامل الأربعة الأخيرة ووسائل التحكم فيها — فى الزراعات المحمية — فى الفصول الأخيرة من هذا الكتاب

أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية

يتعين قبل الدخول فى تفاصيل طرق التدفئة والتبريد وحساباتهما أن نتعرف أولا على بعض المصطلحات المستخدمة فى هذا المجال، وطرق تنظيم درجة الحرارة، وطرق انتقالها، لما لذلك من أهمية كبيرة فى كل من البيوت المدفأة والمبردة على حد سواء

يعبر عن كمية الحرارة (سواء تلك التى يلزم اكتسابها، أم تلك التى يلزم التخلص منها) بالوحدات الحرارية البريطانية British thermal units (اختصار Btu) وهى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة فهرنهيتية واحدة.

ونظرا لأن عدد الوحدات الحرارية البريطانية الداخلة فى الحساب يكون — عادة — كبيرا، لذلك فإنه يستعاض عنها بقوة الحصان، وكل قوة حصان تعادل ٣٣٤٧٥ وحدة حرارية بريطانية

وفى النظام المترى يُعرَّف الكالورى Calorie بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة. ويعادل الكيلو كالورى kcal ١٠٠٠ كالورى، أو ٣٩٦٨ وحدة حرارية بريطانية

وفى الوحدات الدولية يستعمل الجول Joule (اختصارًا: J) كمقياس لكمية الحرارة، وهو يعادل ٠,٢٣٩ كالورى، أو ٠,٠٠٠٩٥ وحدة حرارية بريطانية.

ولإجراء التحويلات اللازمة فإن كل وحدة حرارية بريطانية تعادل ٢٥٢ كالوري، أو ١٠٥٥ جولاً

هذا والوات Watt (اختصارا W) يساوى جولا واحدًا/ثانية

طرق انتقال الحرارة

تفيد دراسة طرق انتقال الحرارة — أو تبادل الطاقة بين داخل البيوت المحمية وخارجها — فى الجوانب التالية

١- زيادة كفاءة عملية التدفئة بتقليل فقد الحرارة من داخل البيت إلى خارجه. مع الاستفادة من الطاقة الشمسية نهارًا، والحرارة الصادرة من الأجسام الصلبة داخل البيت ليلاً

٢- زيادة كفاءة عملية التبريد بتقليل اكتساب البيت للحرارة من الجو الخارجى، مع سرعة التخلص من هذه الحرارة أولاً بأول.

وتتوقف درجة حرارة الصوبة فى أى وقت على التوازن الحرارى، أو صافى تدفق الطاقة بين الصوبة والبيئة الخارجية وتوجد ثلاث وسائل أساسية لتبادل الطاقة، هى التوصيل conduction، والحمل convection، والإشعاع radiation

التوصيل الحرارى

إن التوصيل الحرارى هو انتقال الطاقة خلال مادة أو مواد صلدة تكون على اتصال فيزيائى مباشر. وتعتمد سرعة الانتقال الحرارى خلال مادة ما على الخصائص الفيزيائية لتلك المادة (الكثافة ودرجة التوصيل conductivity)، وسمك المادة، والفرق الحرارى عبر المادة ويمكن الحد من الانتقال الحرارى عبر المادة باستعمال مواد ضعيفة التوصيل الحرارى فمثلاً . يعد الاستيروفوم ضعيفًا كموصل حرارى، بينما يعد النحاس ذا قدرة عالية جدًا على التوصيل الحرارى ويُستفاد من وجود فاصل هوائى بين طبقتين من البلاستيك فى الحد من التوصيل الحرارى عبر الغطاء البلاستيكى المزدوج للصوبات؛ نظرًا لضعف التوصيل الحرارى للهواء

الحمل الحرارى

إن الانتقال الحرارى بالحمل هو الحركة الفيزيائية للغازات والسوائل بين أماكن تختلف فى حرارتها فمثلاً نجد فى داخل البيوت المحمية المدفأة شتاء أن الانتقال الحرارى بالحمل يحدث عندما يرتفع الهواء الدافئ وينقل حرارته إلى السطوح الباردة لمادة الغطاء، التى تقوم بنقل ما اكتسبته من طاقة إلى الهواء الخارجى بالتوصيل ومع برودة هواء الصوبة بالتلامس مع مادة الغطاء فى قمة البيت المحمى فإنه ينساب عائدًا نحو أرض الصوبة

وتوجد صورة أخرى للتبادل الحرارى بالحمل، هى بالتسرب infiltration عن طريق التبادل بين الهواء الخارجى والداخلى ويعتمد معدل التسرب على أحجام وأعداد الشقوق والفتحات التى توجد بغطاء الصوبة. كما تعتمد على سرعة الهواء الخارجى ويتحدد معدل تبادل الطاقة بالتسرب بالفرق بين درجة حرارة الهواء الداخل للصوبة والخارج منها واحيرا فإن الرياح تريد - مباشرة — من النقل الحرارى بالحمل من السطح الخارجى لغطاء الصوبة بتقليل سمك الغشاء الهوائى الساكن عند سطح الغطاء

ويُعد انتقال الحرارة بالتخلل إحدى مظاهر الـ infiltration، وفيها تنتقل الحرارة من سطح مشع إلى الهواء أو الماء المتحرك، فترتفع درجة حرارة الوسط الملامس (الماء أو الهواء) وتقل كثافته. ويبدأ فى التحرك لأعلى ليحل محله هواء أو ماء أبرد ليكتسب حرارة من السطح المشع وهكذا وتلك هى خاصية انتقال الحرارة التى تعتمد عليها طرق التدفئة فى البيوت المحمية كما تفقد البيوت المدفأة جزءًا كبيرًا من حرارتها مع الهواء الدافئ المتسرب منها

الإشعاع

يحدث انتقال الحرارى بالإشعاع بين الأجسام دون أى اتصال فيزيائى، أو وجود أى بيئة وسطة بينهما إن كل الأجسام تُشع طاقة فى جميع الاتجاهات، إلا أنها تتباين فى قدرتها على امتصاص الطاقة أو انبعاثها وكل الطاقة التى تصل إلى الأرض من الشمس هى نتيجة

الانتقال الإشعاعى للطاقة. وعندما تصطدم الطاقة المشعة بجسم ما فإنها إما أن تنتقل، أو تنعكس (ظاهرة الانعكاس reflection)، أو تُمتص حسب طول موجة الإشعاع والخصائص الطيفية للجسم فمثلاً .. نجد أن أغطية البيوت البلاستيكية الشفافة تسمح بنفاذ معظم الضوء المرئى (وهو الذى تستخدمه النباتات فى عملية البناء الضوئى)، وتعكس حوالى ١٠٪ منه، ولا تمتص سوى القليل جدًا منه. هذا . إلاّ أن المواد التى تُصنع منها مختلف الأغطية يمكن أن تختلف كثيرا فى خصائصها فيما يتعلق بالأطوال الموجية الأخرى مثل الأشعة تحت الحمراء وعند امتصاص مادة ما للإشعاع فإن الأشعة الممتصة تتحول إلى طاقة حرارية تُدفئ تلك المادة وعمومًا فإن المواد العاكسة بشدة تقلل التبادل الإشعاعى، بينما تعد المواد ساكنة انعمة ممتصة جيدة للطاقة الإشعاعية. وهى التى تُعيد إشعاعها فى صورة طاقة حراريه (Jones ٢٠٠١)

وللتوضيح .. فإن الإشعاع يكون على صورة موجات كهرومغناطيسية تتدفق بانتظام خلال الفضاء، وبذلك فإن انتقال الطاقة فى هذه الصورة لا يكون فى صورة حرارة؛ لأن ذلك يتطلب حركة جزيئات، لكن هذا الإشعاع يتحول إلى طاقة حرارية بمجرد تلامسه مع أى سطح. وتكتسب البيوت المحمية الحرارة نهارًا من الأشعة الشمسية التى تنفذ من خلال غطاء البيت، ثم تتحول إلى طاقة حرارية عند تلامسها مع التربة والأسطح النباتية وغيرهما من الأجسام الصلبة داخل البيت (جانيك ١٩٨٥).

وبالمقابل . فإن الأجسام الدافئة داخل البيت (كالتربة والنباتات) تنطلق منها الحرارة بالإشعاع إلى الأجسام الباردة خارج البيت، دون أن يكون لهذه الظاهرة تأثير ملحوظ على درجة حرارة الهواء الذى تمر من خلاله يكون هذا الفقد الحرارى فى صورة أشعة طويلة الموجة (تحت الحمراء)، ويستمر ليلاً ونهارًا، مادامت درجة حرارة الأجسام داخل البيت أعلى من درجة الحرارة خارج البيت

الأهمية العملية لدراسة وسائل الفقد الحرارى

يستفاد من دراسة وسائل الفقد الحرارى فى الأمور التالية: