الغطاء المزدوج، والغطاء المزدوج مع ستارة من البوليستر المغطى بالألومنيوم، والغطاء المفرد مع ستارة من البوليثيلين، ووجدوا أن استعمال غطاء مفرد مع ستارة متحركة من البوليثيلين أعطى أعلى محصول كلى من الطماطم (١٠,٣٣ كجم/م$^{٢}$ مقارنة بـ ٨,٦٦ كجم/م$^{٢}$ فى الكنترول)، وكان ذلك مُصاحبًا بارتفاع قدره ٣,٤°م فى درجة الحرارة الصغرى.

## الغطاء البلاستيكى المزدوج وأهميته

سبق أن بينا أن استعمال طبقتين من الغطاء البلاستيكى بدلاً من طبقة واحدة يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بنسبة ٤٠٪، ويخفض احتياجات التدفئة — والتبريد — بالقدر نفسه ولهذا . فقد اتجهت الدراسات نحو الاستفادة من هذه الخاصية. وكانت البداية فى البيوت المحمية البلاستيكية؛ نظرًا لرخص أغطية رقائق البلاستيك كثيرًا عن ألواح الزجاج أو الفيبرجلاس.

هذا . ولتحقيق أكبر قدر من الاستفادة من طبقتى الغطاء فى خفض معامل التوصيل الحرارى يلزم تأمين مسافة أربعة سنتيمترات من الهواء الساكن dead air space بين الطبقتين تعتبر بمثابة وسادة هوائية air cushion عازلة، لأن نقص المسافة بينهما عن ذلك يقلل من أهميتهما فى خفض معامل التوصيل الحرارى. وفى حالة تلامسهما، فإنهما يعملان معًا كطبقة واحدة. ولا يؤثران على معامل التوصيل. أما فى حالة زيادة المسافة بينهما. فإن ذلك يكون مصاحبًا بتحركات الهواء المحصور بينهما، فإذا ما وصلت المسافة بينهما إلى ٢٠ سم، تولدت تيارات هوائية تحمل الحرارة من الطبقة الداخلية إلى الطبقة الخارجية، ثم إلى الجو الخارجى؛ وبذلك تنخفض كفاءتهما فى العزل الحرارى.

يتم تثبيت طبقتى البلاستيك من خارج البيت. ويفضل أن تكون شريحة البلاستيك الخارجية بسمك ١٥٠ ميكرونًا، والداخلية بسمك ١٠٠ ميكرون. ويتم تأمين الوسادة الهوائية بين طبقتى البلاستيك بدفع تيار مستمر من الهواء بينهما، ويجرى ذلك

بتخصيص موتور صغير لدفع الهواء motor blower لكل بيت يكون قادرًا على دفع ٠,٧٥–١,٥٠م$^{٣}$ من الهواء/دقيقة، وبقوة نصف حصان تقريبًا، ويستهلك ٤٠ وات/ساعة ويجب أن يكون الضغط بين شريحتى البلاستيك ٥–٧,٥مم ماء. ويمكن قياس ذلك بواسطة مانومتر manometer يتم تصنيعه من أنبوبة بلاستيكة شفافة بطول ٦٠ سم تُثنى على شكل حرف U، وتُثبت على لوحة خشبية بوضع أحد طرفيها بين شريحتى البلاستيك، والطرف الآخر داخل البيت، ومع إضافة ١٥–٢٠ سم طولى من الماء فى الأنبوبة يمكن قراءة الفرق بين مستوى سطح الماء فى طرفى الأنبوبة. وكل فرق مقداره ٥ مم يعنى ضغطًا مقداره رطل واحد/بوصة مربعة. هذا . ويمكن تدريج الأنبوبة واستعمال ماء ملون ليمكن رؤيته بسهولة

**ومن أهم مزايا استخدام طبقتين من البلاستيك ما يلى:**

١– خفض معامل التوصيل الحرارى من ١,٣٥ إلى ٠,٧، ويتبع ذلك توفير احتياجات التدفئة والتبريد بمقدار ٤٠٪، وارتفاع درجة الحرارة الصغرى أثناء الليل.

٢– تقليل أو منع ظاهرة التكثف، ويتبع ذلك نقص أو انعدام الأضرار التى تصاحب تساقط قطرات الماء على النباتات

٣– زيادة مقدار الضوء النافذ نتيجة لقلة أو انعدام ظاهرة التكثف

٤– يكون من الأسهل الاحتفاظ بدرجة حرارة ثابتة داخل البيت

٥– زيادة المحصول

٦– تكون الشريحة البلاستيكية الثانية بمثابة ضمان لوقاية المزروعات فى حالة التلف المفاجئ لإحدى الشريحتين. خاصة فى الجو الشديد البرودة أو الحرارة (Sheldrake ١٩٦٩، و ١٩٧١، و Nelson ١٩٨٥، و Campiotti وآخرون ١٩٩١)

ويفيد حقن الفوم السائل liquid foam (فوم يتم استرجاعه وضخه، إنتاج شركة Sunarc بكندا) فى الفراغ بين طبقتى البلاستيك المغلفتين للصوبة فى الحماية من ارتفاع الحرارة بشدة صيفا، وتقليل الحاجة إلى التدفئة شتاء. وبينما أدى الرش بالماء إلى تخفيض حرارة الصوبة بمقدار ١,٣°م، فإن حقن الفوم كان أكثر فاعلية، حيث أدى إلى

خفض حرارة الهواء بمقدار ٣,٩°م. وحرارة الورقة الخامسة بمقدار ٦,٨°م، وحرارة الساق بمقدار ٥,١°م. وحرارة الثمار بمقدار ١,٢°م فى الطماطم. كما انخفضت حرارة الورقة الخامسة بمقدار ٢.٥°م. وحرارة الساق بمقدار ٢,١°م، وحرارة الثمار بمقدار ٢,١°م فى الفلفل. كما أدى حقن الفوم إلى خفض الإشعاع الشمسى بمقدار ١٠٪ إلى ٦٠٪ حسب الوقت من النهار كذلك انخفضت إصابة الثمار بالتشقق وتعفن الطرف الزهرى عند التظليل بالفوم السائل هذا إلى جانب أن حقن الفوم أدى إلى زيادة الرطوبة النسبية داخل الصوبة بنحو ٥٪ إلى ١٢٪. وفى الشتاء أدى استعمال الفوم إلى خفض الفقد الحرارى من سقف الصوبة بنحو ٤٠٪ إلى ٦٠٪ خلال الليل (Aberkani وآخرون ٢٠٠٨أ، و ٢٠٠٨ب، و ٢٠٠٨ جـ).

ويسمح استخدام الأغطية المزدوجة من الأكريلك acrylic والبولى كاربونات polycarbonate بوضع صبغات سائلة فى قنوات مجوفة بين الأغطية كمادة مرشحة للموجات الضوئية. ولقد جُرِّب استعمال عدة صبغات (حمراء وخضراء وصفراء وزرقاء) للتغلب على الاستطالة فى سيقان النباتات – التى تحدث جراء امتصاص الأشعة فوق البنفسجية فى الأغشية التقليدية – وكانت أقوى الصبغات تأثيرًا كبريتات النحاس ($CuSO_4.5H_2O$)، حيث خفضت طول النبات وطول السلاميات فى كل من الطماطم والأقحوان. وكان أقوى تأثير لها عندما استعملت بتركيز ١٦٪. كما أدى استعمال تلك الصبغة إلى زيادة الكلوروفيل بالأوراق، وزيادة دكنة لونها. وكانت النباتات أكثر اندماجًا. وأقل استهلاكًا للمياه ( Clemson University, Photomorphogensis Research Program — ٢٠٠٠ — الإنترنت).

لكن من عيوب استخدام طبقتين من الغطاء خفض نسبة الضوء النافذ إلى داخل البيت بدرجة يسيرة (جدول ٣–٧). وبينما يعد هذا الانخفاض فى نسبة الضوء النافذ أمرًا قليل الأهمية فى المناطق المعتدلة، وقد يكون مرغوبًا فيه فى المناطق الحارة، إلا أنه يعد عيبًا كبيرًا فى المناطق الباردة التى تنخفض فيها شدة الإضاءة كثيرًا.

جدول (٣-٧) تأثير وجود طبقتين من الغطاء على نفاذيته للضوء

| الغطاء | نفاذية الغطاء للضوء (٪) فى حالة وجود | |
|---|---|---|
| | طبقة واحدة | طبقتين |
| زجاج (سمك ٣,٢ مم) | ٨٨-٨٩ | ٧٨-٨٠ |
| فيبرجلاس (سمك ٦,٤ مم) | ٨٦ | ٧٥-٧٧ |
| بوليثيلين (سمك ١٠٠ ميكرون) | ٩١-٩٢ | ٨٣-٨٤ |
| بولى فينايل كلورايد (سمك ١٠٠ ميكرون) | ٩٢-٩٣ | ٨٦-٨٧ |

ويؤيد ذلك دراسة أجريت فى البرتغال (خلال الفترة من يناير إلى يولية) قُورن فيها تأثير استعمال غطاء من البوليثيلين (بسمك ٢٠٠ ميكرون) أو غطاءين (بسمك ٢٠٠ ميكرون + ٨٠ ميكرونًا)، مع الزراعة فى الحقل المكشوف، حيث وُجد ما يلى

١- كانت حرارة الهواء ليلاً تحت الغطاء المزدوج أعلى بمقدار درجتين مما فى الحقل المكشوف، وأعلى بمقدار درجة واحدة مما تحت الغطاء المفرد

٢- كان الإشعاع المؤثر فى عملية البناء الضوئى أقل تحت الغطاء المزدوج بمقدار ٢٠٪ مقارنة بالإشعاع تحت الغطاء المفرد، وبلغ ٥٥٪ فقط من إجمالى الإشعاع فى الحقل المكشوف

٣- كانت حرارة التربة أعلى عندما استعمل غطاء مزدوج، مقارنة باستعمال غطاء مفرد، وذلك فى شهر يناير، ولكن ارتفعت درجة حرارة التربة بسرعة أكبر بكثير تحت الغطاء المفرد مقارنة بالغطاء المزدوج خلال الشهور التالية، حتى أصبح الفارق بينهما ٣-٤°م أعلى (تحت الغطاء المفرد) فى شهر مايو

٤- كانت النباتات تحت الغطاء المزدوج أطول منها تحت الغطاء المفرد، بسبب زيادة استطالة سلامياتها

٥- أدى استعمال الغطاء المزدوج إلى نقص المحصول الكلى بنسبة ٦ ٤٪، ولكن لم يختلف استعمال الغطاء المزدوج معنويًا عن استعمال الغطاء المفرد فى كل من المحصول المبكر وعدد الثمار الكلى (Vargues وآخرون ١٩٩٤)

كذلك وجد Başçetinçelik وآخرون (١٩٩٤) أن نمو نباتات الطماطم لم يختلف تحت الغطاء البلاستيكى المزدوج عنه تحت الغطاء المفرد، على الرغم من أن الغطاء المزدوج أدى إلى نقص نفاذ الأشعة المؤثرة فى عملية البناء الضوئى — إلى داخل البيت — بمقدار ٥٪-١٠٪، ونقص نفاذ الإشعاع الكلى بمقدار ٢٥٪-٢٩٪ مقارنة بالغطاء المفرد.

## طرق التدفئة

تتعدد وتتنوع الطرق المستخدمة فى تدفئة البيوت المحمية، ولكل طريقة الظروف الخاصه التى تناسبها ويمكن توصيل جميع نظم التدفئة بمنظم الحرارة الذى يتحكم فى تشغيلها، بحيث تظل درجة الحرارة دائمًا فى الحدود المسموح بها. ويستثنى من ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية، ومدافئ الكيروسين، والبارافين، حيث يتم تشغيلها يدويًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة. هذا .. ويفضل نظام التدفئة المركزية Central heating فى تجمعات البيوت المتصلة.

ويلزم فى جميع نظم التدفئة التى تعتمد على الكهرباء فى تشغيلها لتوليد الحرارة أن يوجد مصدر إضافى للتدفئة، أو مولد كهربائى احتياطى للاستعانة بأى منهما فى حالة انقطاع التيار الكهربائى.

وفيما يلى عرض للطرق المتبعة فى تدفئة البيوت المحمية.

### التدفئة بأنابيب الماء الساخن وأنابيب البخار

يعتمد كلا النظامين على تسخين الماء فى غلايات boilers، ثم نقله فى صورة ماء ساخن أو بخار فى أنابيب خاصة إلى داخل البيت الذى تتم تدفئته بالإشعاع الحرارى من الأنابيب

وفى حالة التدفئة بأنابيب الماء الساخن hot water pipes يتم تسخين الماء فى مراجل خاصة، ثم يدفع فى شبكة أنابيب التدفئة داخل البيت بمضخة خاصة تعمل بصورة دائمة وعندما تصل درجة الحرارة داخل البيت إلى حدها الأقصى يقوم منظم الحرارة بتحويل دوران الماء آليًا ليستمر داخل الأنابيب فقط، دون الرجوع إلى المراجل. وعندما يبرد