باردة مكعبة من المخلوط ، لأن الفوسفور لا يزيد تركيزه عند تخزين مخاليط الزراعة . كما تلزم أيضًا إضافة العناصر الدقيقة إلى البيئات التى لا تكون فيها التربة إحدى مكوناتها الرئيسية (Nelson ١٩٨٥) . ويوضح جدول (٥ - ١) المستوى المناسب من العناصر الغذائية الرئيسية فى مخاليط الزراعة (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

جدول (٥ - ١) : المستوى المناسب من العناصر الغذائية فى مخاليط الزراعة

العنصر	الصورة		المستوى المناسب
النيتروجين	ن آ	NO_3^-	٥٠ - ٢٥٠ جزء فى المليون
الفوسفور	فو	P	١٢٥ - ٤٥٠ جزء فى المليون
البوتاسيوم	بو	K	٠,٧٥ - ١,٥ ملل مكافىء/ ١٠٠ جرام ٣ - ٧,٥ ٪ من السعة التبادلية الكاتيونية
الكالسيوم	كا	Ca	٨ - ١٣ ملل مكافىء/ ١٠٠ جم ٥٢ - ٨٥ ٪ من السعة التبادلية الكاتيونية
المغنسيوم	مغ	Mg	١,٢ - ٣,٥ ملل مكافىء/ ١٠٠جم ٧,٥ - ٢١ ٪ من السعة التبادلية الكاتيونية

هذا .. ويمكن إيجاز الشروط التى يجب توافرها فى مخلوط التربة الجيد فى أن يكون :

١ - تام التجانس ، ويسهل خلط مكوناته .

٢ - ثابتًا لا يتغير كيميائيًا عند تعقيمه بالبخار أو بالمطهرات الكيميائية .

٣ - جيد التهوية .

٤ - ذا مقدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة .

٥ - قادرًا على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية ، فلا تفقد منه بالرشح .

٦ - متوسط الخصوبة ، وذا pH مناسب .

٧ - غير مكلف .

٨ - خفيف الوزن .

٩ - عديم الانكماش عند الاستعمال (Edmond وآخرون ١٩٧٥) .

٥ - ٦ : المواد المستخدمة فى تحضير بيئات الزراعة

يدخل العديد من المكونات فى تحضير المخاليط المختلفة من بيئات الزراعة ، وأهمها المواد التالية :

٥ - ٦ - ١ : التربـــة

أنسب الأراضى لعمل مخاليط الزراعة هى الطمية ذات التكوين الجيد ، الغنية بالدبال . ويجب إعداد الأراضى التى تستخدم فى تحضير مخاليط التربة مسبقًا بزراعتها لمدة ١ - ٣ سنوات بالبرسيم ، أو البرسيم الحجازى . فمثل هذه المحاصيل تخلف سنويًا نموًا جذريًا هائلًا يتحلل فى التربة إلى دبال ،

ويعمل على تحسين خواص التربة . ويجب حش هذه المخاصيل مرتين سنويًا ، وتركها على سطح التربة ، ثم تخرث فى التربة قبل إعداد الخلطة بنحو ٤ أشهر ، ثم تجمع التربة المخلوطة بالبرسيم فى أكوام حتى يتحلل البرسيم ، ويزيد من نسبة الدبال بالتربة ، ويحسن من خصائصها بناء تجمعات التربة Soil aggregates ، لأن من أكبر مساوىء استخدام التربة فى أوعية نمو النباتات هى سرعة فقدها للبناء الجيد ، وتهدم التجمعات ، الأمر الذى يؤدى إلى رداءة التهوية بدرجة تضر بالنباتات .

٥ - ٦ - ٢ : الرمـــل

يستخدم رمل البناء الخشن فى بيئات الزراعة لتحسين الصرف والتهوية ، ولزيادة كثافة المخاليط .

٥ - ٦ - ٣ : السماد العضوى الحيوانى

يتميز السماد العضوى بارتفاع سعته التبادلية الكاتيونية ، فيعمل كمخزن للعناصر الغذائية ، كما أنه يعتبر مصدرًا جيدًا للعناصر . ونادرًا ما تظهر أعراض نقص العناصر الصغرى عند استخدام السماد العضوى فى بيئة نمو الجذور . كما يحتوى السماد العضوى على كميات قليلة من الأزوت ، والفوسفور ، والبوتاسيوم جدول (٥ - ٢) ، لكن نظرًا لاستعماله بكميات كبيرة ، فإنه يوفر كميات جوهرية من هذه العناصر . وبالإضافة إلى ذلك .. فإن السماد العضوى ذو مقدرة كبيرة على الاحتفاظ بالرطوبة ، وهو الأمر الضرورى فى أى خلطة تستخدم لزراعة النباتات . وربما كان البيت موس هو أقرب المواد للسماد العضوى من حيث خصائصه ومميزاته .

جدول (٥ - ٢) : نسبة النيتروجين والفوسفات والبوتاسيوم فى الأسمدة الحيوانية .

نوع السماد الحيوانى	نسبة العنصر على أساس الوزن الجاف		
	النيتروجين (N)	الفوسفور (P_2O_5)	البوتاسيوم (K_2O)
الماشية	٠,٥	٠,٣	٠,٥
الدواجن	١,٠	٠,٥	٠,٨
الخيل	٠,٦	٠,٣	٠,٦
الأغنام	٠,٩	٠,٥	٠,٨

وأفضل أنواع الأسمدة الحيوانية للإستعمال فى بيئات زراعة النباتات هو سماد الماشية المتحلل . أما أنواع الأسمدة الأخرى ، فتكون قوية ، ولا يجب استعمالها إلا بحرص وبكميات صغيرة . فغالبًا ما تكون نسبة الأمونيا مرتفعة بها ، خاصة فى مخلفات الدواجن ، الأمر الذى يحدث أضرارًا للجذور و نموات الخضرية .

يستخدم سماد الماشية فى البيئة بنسبة ١٠ - ١٥٪ . ويلى إضافته تعقيم الخلطة إما بالبخار ، أو بالكيماويات ، ويعد ذلك أمرًا ضروريًا للتخلص من الكائنات المسببة للأمراض ، والحشرات ، والنيماتودا ، وبذور الحشائش التى توجد بكثرة فى الأسمدة الحيوانية .

ويجب أن يكون الرى دائماً غزيرًا عند استعمال السماد الحيوانى فى خلطة الزراعة لضمان غسيل الأزوت النشادرى الذى قد يتحرر بكميات كبيرة من السماد . وحتى إذا لم تستخدم الخلطة فى الزراعة فى الحال ، فإنه يجب غسلها جيدًا بالماء كل فترة لنفس الغرض .

٥ - ٦ - ٤ : المخلفات النباتية غير المتحللة

تضاف أحيانًا بعض المخلفات النباتية غير المتحللة إلى بيئات الزراعة ، وذلك بعد تقطيعها إلى أجزاء صغيرة ، حتى تختلط جيدًا بباقى المكونات . ويستخدم فى هذا المجال : القش ، ومصاصة القصب ، وقشور الأرز ، وقشور الفول السودانى . ويعاب عليها جميعًا ارتفاع نسبة الكربون إلى النيتروجين بها ، الأمر الذى يؤدى إلى نقص فى الأزوت بيئة الزراعة .

٥ - ٦ - ٥ : المخلفات النباتية المتحللة (المكمورة)

يوجد العديد من المخلفات النباتية التى تدخل فى عمل المكمورة ، منها : نشارة الخشب ، وقلف الأشجار ، وقشور الأرز ، وقشور الفول السودانى ، والخشائش البحرية . وتعد هذه المواد ذات سعة تبادلية كاتيونية منخفضة جدًا قبل أن تتحلل ، لكن سعتها التبادلية الكاتيونية تزداد كثيرًا وكذلك مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة بعد أن تتحلل ، كما يؤدى التحلل إلى التخلص من العديد من المركبات الضارة التى توجد بها .

٥ - ٦ - ٦ : القمامة المتحللة

لم تظهر لاستخدام القمامة المتحللة فى مخاليط الزراعة أية نتائج إيجابية .

٥ - ٦ - ٧ : قلف الأشجار

تبلغ نسبة الكربون إلى النيتروجين حوالى ٣٠٠ : ١ فى قلف الأشجار Bark ، كما أن تحلله فى البداية يكون سريعًا ، لذلك فإن نقص الأزوت قد يكون مشكلة فى المراحل الأولى من النمو التالى عند استخدام قلف الأشجار فى تحضير بيئات الزراعة ، نظرًا لأن الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليله تستهلك كل ما يوجد بالبيئة من نيتروجين . ويحتوى قلف بعض الأشجار على كميات وأنواع مختلفة من المركبات الفينولية التى تضر بالنباتات ، لكن هذه المركبات تتحطم أثناء تحلل القلف . وتلزم لإتمام ذلك فترة لا تقل عن شهر . ومن المزايا الأخرى لتحلل القلف - ونشارة الخشب أيضًا - زيادة السعة التبادلية الكاتيونية كثيرًا ، فتزداد من نحو ٨ ملى مكافىء إلى ٦٠ ملى مكافىء لكل ١٠٠ جم ، الأمر الذى يزيد من مقدرة اللحاء على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية . ويجرى التحلل بخلط القلف بالنيتروجين بمعدل ٣ أرطال نيتروجين لكل ياردة مكعبة من اللحاء وتكويم المخلوط فى الحقل . وتستخدم نترات الأمونيوم كمصدر جيد للأزوت بمعدل ٩ أرطال لكل ياردة مكعبة ، نظرًا لأنها تحتوى على ٣٣٪ نيتروجين . ويتم التحلل الأولى السريع المطلوب فى مدة ٤ - ٦ أسابيع ، ويلزم قلب الكومة بعد ١ - ٢ أسبوع من بداية التحلل للمساعدة على تجانس التحلل . وتجدر الإشارة إلى أن الحرارة الناتجة من التحلل تكفى لبسترة القلف ، والتخلص من الكائنات المرضية الضارة .

٥ - ٦ - ٨ : نشارة الخشب

يجب أن تكون نشارة الخشب متحللة جزئيًا ، نظرًا لأن تحللها الأولى يكون سريعًا جدًا ، ويتطلب كميات كبيرة من الأزوت ، لأن نسبة الكربون إلى النيتروجين فى نشارة الخشب تبلغ ١٠٠٠ : ١ - فيجب أن تتم خطوة التحلل السريع الأولى قبل استخدام النشارة فى تحضير بيئة نمو النباتات ، كما أن التحلل الأولى يساعد على التخلص من المركبات السامة التى قد توجد بالنشارة ، مثل التانينات .

ونشارة الخشب المتحللة جزئيًا لمدة شهر ، والمضاف لها الأزوت تكون حامضية ، وتتطلب خلطها بالحجر الجيرى لمعادلتها . ومع استمرار تحلل النشارة أثناء الاستعمال - كبيئة لنمو النباتات - يحدث انخفاض تدريجى فى pH المخلوط ، الأمر الذى يتطلب إضافات جديدة من الحجر الجيرى .

٥ - ٦ - ٩ : البيت موس ، وأنواع البيت الأخرى

توجد أنواع مختلفة من البيت ، أهمها البيت موس Peat moss . ويفضل البيت موس الذى يكون لونه من رمادى خفيف إلى بنى ، حيث يكون قليل التحلل ، ويتكون من السفاجنم موس Sphagnum moss ، أو الهيبنم موس hypnum moss ، خاصة الأول . ويتراوح محتواه الأزوتى من ٠,٦ - ١,٤٪ ، ويتحلل ببطء . ويتميز بمقدرته الكبيرة على الاحتفاظ بالرطوبة أكثر من جميع أنواع البيت الأخرى ، حيث يحتفظ بالماء بمقدار يعادل ٦٠٪ من حجمه . هذا .. ويعتبر السفاجنم موس من أكثر أنواع البيت حموضة ، حيث يبلغ فيه الـ pH من ٣ - ٤ ، ويتطلب من ١٤ - ٣٥ رطلاً من الحجر الجيرى المطحون حيثما لكل ياردة مكعبة من البيت لرفع الـ pH إلى ما بين ٦,٢ و ٦,٨ ، وهو المجال المناسب لنمو معظم المحاصيل . والبيت نفسه يفيد فى خفض pH التربة القلوية .

هذا .. ويمكن رؤية التركيب الدقيق للموس فى البيت موس ، وترجع مقدرته الفائقة على الاحتفاظ بالرطوبة إلى أنه يحتفظ بالماء بكميات كبيرة على الأسطح الكثيرة جدًا للموس ، بينما ترجع مساميته العالية إلى احتفاظه بالهواء فى المسام الكبيرة بين تجمعات البيت موس ، ولهذا السبب لا ينصح بطحن البيت موس طحنًا دقيقًا .

ومن أنواع البيت الأخرى الأقل استعمالاً فى الأغراض الزراعية : الريد سيدج بيت reed-sedge peat ، والبيت هيومس peat humus .

والـ Reed-sedge peat ذو لون بنى محمر ، ويتكون من نباتات المستنقعات ، مثل : الريدز reeds ، والسدج sedges ، والـ marsh grasses ، والـ Cattails ، ويوجد فى مراحل مختلفة من التحلل ، ولكنه يكون بصورة عامة أكثر تحللاً من البيت موس . وعليه .. فإن التهوية والمقدرة على الاحتفاظ بالرطوبة تكون أقل مما هى فى البيت موس . وتتراوح حموضته من pH ٤ - ٧,٥ حسب مصدره .

أما الـ peat humus فلونه بنى داكن يميل إلى السواد ، وعلى درجة عالية من التحلل ، ويتحصل عليه غالبًا من hypnum peat ، أو من Reed sedge peat ، ولا يمكن ملاحظة الجزيئات النباتية الأصلية به ، لأنها تكون قد تحللت ، ومقدرته على الاحتفاظ بالرطوبة أقل من أنواع البيت الأخرى . وتتراوح حموضته من pH ٥ - ٧,٥ ، وبه مستوى مرتفع نسبيًا من النيتروجين . وعليه .. فإنه

لا يصلح لإنتاج الشتلات ، لأنه يطلق كميات كبيرة من النيتروجين النشادرى أثناء التحلل الميكروبى للبيت عند استعماله . ونادرًا ما يستغل هذا النوع من البيت فى عمل مخاليط الزراعة .

المصادر الطبيعية للبيت ، وطريقة تكونه

توجد معظم الأراضى التى تحتوى على البيت شمال خط عرض ٤٥° شمالًا . ويتكون البيت تحت ظروف المستنقعات الباردة بنمو نباتات خاصة تنتمى إلى الحزازيات ، وبصفة أساسية . Sphagnum fuscum و S.acutifolium ، وبصفة ثانوية Eriophorum vaginatum . وتنمو هذه النباتات بكثافة عالية ، وتمتص الرطوبة لتشكل ما يسمى باسم raised bogs ، وبعد نمو هذه النباتات ، فإنها تموت ، ولكنها لا تتحلل كيمائيًا ، ويبقى تركيبها الكيمائى كما هو . ومعظم التغيرات التى تحدث بها تكون فيزيائية ، نتيجة تحمد النباتات وتفككها .

وأفضل البيت هو البيت موس التقى الذى لا يوجد مختلطًا به نباتات أخرى . فإذا وجدت هذه النباتات . فإنها تعطى للبيت لونًا أدكن ، وتقل كفاءته فى ادمصاص العناصر الغذائية وكمخزن للرطوبة . والأخير يطلق عليه اسم sedge moss لاحتوائه على بقايا معينة من الـ Sedge والـ Cotton-grass (Nelson ١٩٨٥) .

الخصائص العامة المميزة للبيت

يمكن تلخيص الخصائص العامة للبيت موس فيما يلى :

١ – يزن ٦٠ – ٧٠ كجم/ متر مكعب .

٢ – نسبة الفراغات به نحو ٩٥٪ من حجمه .

٣ – يحتوى على ١ – ٢٪ رماد .

٤ – يمكن أن يحتفظ برطوبة تبلغ ١٥ ضعف وزنه .

٥ – تفاعله حامضى ، حيث يصل الـ pH إلى ٣,٨ .

٦ – تقدر سعته التبادلية الكاتيونية بنحو ١٥٠ ملى مكافىء/١٠٠ جم عند تعديل الـ pH إلى ٧

٧ – ليس له أهمية تذكر فى تغذية النبات ، لأن محتواه من العناصر الغذائية ضعيف للغاية .

وتقوم الشركات بتجهيز بيت موس معدل ومخصب لاستخدامه فى الزراعة مباشرة . وعادة يعدل الـ pH إلى حوالى ٥,٥ بإضافة الحجر الجيرى بمعدل ٣,٢٥ كجم/ متر مكعب ، والحجر الجيرى الدولوميتى بمعدل ١,٧٥ كجم/ متر مكعب من البيت . كما تضاف له الأسمدة ليصل محتواه من العناصر الغذائية بالجرام لكل متر مكعب من البيت كالتالى (كما فى إحدى التجهيزات التجارية السويدية) :

٢٢٥ جم نيتروجين	٢٥٠ جم فوسفور
٣٥٠ جم بوتاسيوم	٢٥٠ جم مغنسيوم

٢٥٠٠ جم كالسيوم	٢٥٠ جم كبريت
٣٠ جم حديد	١٥ جم منجنيز
٤ جم نحاس	١,٥ جم بورون
٣ جم زنك	١ جم موليبدنم

(Hasselfors Garden ١٩٨٢) .

٥ - ٦ - ١٠ : الفيرميكيوليت

يُحصل على الفيرميكيوليت Vermiculite من مناطق رسوبية طبيعية deposits في أماكن مختلفة من العالم ، ويكثر في الولايات المتحدة وأفريقيا ، وهو كيماويًا عبارة عن hydrated magnesium-aluminum silicate . وتتركب الخامة الأصلية من معدنين هما: الفيرميكيوليت Vermiculite ، والبيوتيت biotite . وفي الأول ترتبط القشور أو الصفائح الرقيقة scales ببعضها البعض بجزيئات الماء ، وفي الثاني يتم الربط بعنصر البوتاسيوم . عند تسخين الخامة الأصلية إلى نحو ١٠٩٤°م يتحول الماء إلى بخار ، مما يزيد من حجم المادة الأصلية إلى ١٢ - ١٥ ضعف حجمها . والناتج يكون معقمًا ، وخفيف الوزن ، وذا مقدرة عالية على امتصاص الماء ، والاحتفاظ به ضد الجاذبية الأرضية ، كما أنه جيد التهوية ، ويحوي كميات من الكالسيوم ، والبوتاسيوم ، والمغنسيوم بصورة ميسرة تكفي حاجة النباتات (Douglas ١٩٧٦) .

ومن خصائص الفيرميكيوليت ما يلي :

١ - الفيرميكيوليت الأمريكي متعادل أو حامض قليلاً ، بينما الأفريقي قلوي ، ويصل فيه الـ pH إلى ٩,٠ .

٢ - معقم .

٣ - يزن ٧٥ - ١٥٠ كجم/م³ .

٤ - يكون في شكل رقائق تحتفظ بكميات كبيرة من الماء والعناصر الغذائية للنبات .

٥ - ذا سعة تبادلية كاتيونية عالية تتراوح من ١٩ - ٢٢,٥ ملي مكافيء/ ١٠٠ جم ، نظرًا لكثرة الشحنات السالبة على أسطح الصفائح .

٦ - يحتوي على كميات كبيرة ميسرة من المغنسيوم والبوتاسيوم تكفي لاحتياج النبات . أما محتواه من الكالسيوم ، فيكفي النبات في بداية نموه فقط .

٥ - ٦ - ١١ : البرليت

يعتبر البرليت Perlite بديلاً جيدًا للرمل لتوفير التهوية الجيدة ، ويتميز عن الرمل بخفة وزنه ، حيث يزن ٦ أرطال لكل قدم مكعب ، مقابل ١٠٠ - ١٢٠ رطلاً لكل قدم مكعب من الرمل .

والبرليت عبارة عن حجر بركاني أساسه السيليكا ، يتم طحنه ، ثم يسخن إلى حرارة ٩٨٢°م ، حيث يتمدد ليكون جزيئات بيضاء ذات خلايا هوائية عديدة مغلقة . هذا .. ويلتصق الماء بسطح

جزيئات البرليت ، ولكنه لا يدمص داخل التكتلات ، وهو معقم وخامل كيميائيًا ، وليس له أية سعة تبادلية كاتيونية ، وذو pH = ٧,٥ . ويعد أكثر تكلفة من الرمل .

٥ - ٦ - ١٢ : رغوة البوليسترين

تعرف رغوة البوليسترين Polystyrene foam بعدد من الأسماء التجارية ، منها : ستيروفوم Styrofoam وستيروبور Styropor . وهى مثل البرليت يمكن أن تكون بديلًا للرمل ، لأنها تحسن التهوية ، وتتميز عن الرمل بخفة الوزن . وهى مادة مصنعة بيضاء ، تحتوى على العديد من الخلايا المغلقة المملوءة بالهواء ، وهى خفيفة الوزن ، تزن أقل من ١,٥ رطلًا لكل قدم مكعب . وهى لا تمتص الرطوبة ، وليست بها سعة تبادلية كاتيونية تذكر ، وذات pH متعادل ، ولا تؤثر بالتالى على pH بيئة الزراعة . ويمكن الحصول على البوليسترين على شكل كرات صغيرة ، أو على شكل صفائح . وبتراوح قطر الكرات من $\frac{١}{٨}$ - $\frac{٣}{١٦}$ بوصة ، وسمك الصفائح من $\frac{١}{٨}$ إلى $\frac{١}{٤}$ بوصة . (Nelson ١٩٨٥) .

٥ - ٧ : أمثلة للمخاليط المستخدمة فى الزراعة ، وطرق تحضيرها

تتنوع المخاليط المستخدمة فى الزراعة بدرجة كبيرة من بلد لآخر ، ومن موقع لموقع ، ويتوقف ذلك على مدى توفر المواد الأولية المستخدمة فى عمل المخاليط ، وتكلفتها لكى يكون استعمالها اقتصاديًا . وإلى جانب المخاليط ذات الطابع المحلى التى لا تستخدم إلا على نطاق محدود فى أماكن معينة ، توجد مخاليط أخرى اتسع نطاق استخدامها فى مناطق مختلفة من العالم ، وأثبتت الخبرة والتجربة تفوقها على غيرها من مخاليط الزراعة .

هذا .. وتوجد مخاليط أساسها التربة ، وأخرى لا تدخل التربة ضمن مكوناتها . وفى كلتا الحالتين تضاف للمخلوط مواد أساسية أخرى ، مثل : الرمل ، والفيرميكيوليت ، والبرليت ، والبيت موس ، والسماد العضوى ، وغيرها من المكونات التى سبق ذكرها ، إلى جانب الأسمدة والمركبات التى تعمل على تعديل pH المخلوط إلى المستوى المناسب .

ومن الأمور التى تجب مراعاتها عند تحضير مخاليط الزراعة ما يلى :

١ - قد يصعب بلّ البيت موس الجاف ، خاصة إذا كان مطحونًا بدرجة كبيرة ، لأنه يكون طاردًا للماء، وهذا فإن البيئات التى يكون أساسها البيت موس تضاف لها إحدى المواد المبللة Wetting agents ، مثل : Triton B- 1956, Hydro - Wet (L237), Aqua Gro بمعدل ٣ أوقية لكل قدم مكعب من الخلطة .

٢ - يضاف الفوسفور بما يكفى للنمو النباتى فى صورة سوبر فوسفات أحادى بمعدل ٢,٥ رطلاً لكل ياردة مكعبة من الخلطة .

٣ - يحسن عدم إضافة العناصر الدقيقة فى صورة مخلوط كامل منها ، لأنها مكلفة ، ولأنه غالبًا ما تظهر أعراض نقص بعضها ، خاصة البورون والحديد ، فى البيئات التى يكون أساسها البيت موس وتفضل إضافة هذه العناصر فى تحضيرات فرتز fritted trace elements بمعدل ٢ أوقية لكل ياردة مكعبة ، لأنها تتيسر ببطء ، وعلى مدى فترة تصل إلى ١٠ شهور أو أكثر .