الفصل العاشر

أمثلة لتغذية النباتات فى المزارع اللاأرضية

أولاً : مزارع المحاليل المغذية

Nutrient Solution Cultures

ثانياً : مزارع البيئات الصلبة

Solid Aggregates Cultures

ثالثاً : الزراعة فى بيئات الألياف

Fiber Cultures

obeikandl.com

obeikandl.com

أمثلة لتغذية النباتات فى المزارع اللاأرضية

أولاً: مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Culturesinc

(Real Hydroponics)

مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Cultures هى أحد أقسام الزراعة اللاأرضية أو الزراعة بدون تربة Soilless Cultrure، وهذه المزارع تشمل كل أنواع المزارع التى تنمو فيها النباتات فى المحلول المغذى كبيئة أساسية للنمو، ولذلك فهى وحدها – دون سواها – هى التى يطلق عليها مزارع الهيدروبنكس Hydroponics.

وكما أشرنا سابقاً فإن مزارع المحاليل بصورتها الأولية قد ساهمت بشكل ملموس فى تطور علم تغذية النبات حيث مكنت من معرفة أهمية العناصر الغذائية الواحد منها تلو الآخر، حتى تم حصر عناصر التغذية الأساسية والتى بها تتم تغذية النبات فى التربة أو بعيداً عنها، كما تم بها أيضاً تسجيل الأعراض والظواهر المرضية المصاحبة لنقص أو زيادة تركيز هذه العناصر.

ومن الناحية التطبيقية أمكن استخدام أنظمة الزراعة فى المحاليل المغذية فى الزراعة وإنتاج المحاصيل على نطاق تجارى، فمنذ التجارب التى قام بها Gericke سنة ١٩٢٩ وImai سنة ١٩٨٦ على مزارع المحاليل الساكنة Static Nutrient Solution ومروراً بـCooper سنة ١٩٧٩ والزراعة فى أغشية المحاليل Nutrient Film Technique حتى Dreschel وآخرون سنة ١٩٨٩ والزراعة فى الانابيب المثقبة Porous Tube لحساب وكالة الفضاء الأمريكية NASA، حيث تجارب الزراعة فى الفضاء Space Agriculture. والنتائج المتحصل عليها فى كل الأحوال مشجعة ومذهلة مما جعل أنظمة الزراعة فى المحاليل المغذية تدخل مجال الميكنة وتتبناها الشركات الزراعية وتوليها اهتماماً خاصاً للوصول بها إلى درجة من الانتشار والتطبيق حول العالم.

وتنمو النباتات بشكل جيد فى مزارع المحاليل المغذية طالماً ظل المحلول المغذى متزناً، وتهويته جيدة والنباتات مثبتة بدعامات تتناسب مع حجمها وكمية المحصول الموجود

عليها، ومن هذه الأساسيات تطورت طرق التغذية بالمحاليل فى أنظمة جديدة ومبتكرة تستخدم تجارياً بالإضافة إلى تحقيق رغبات الهواة

ومن أمثلة مزارع المحاليل المغذية:

١ - مزارع المحاليل المغذية الساكنة

Static Nutrient Solution Cultures (SNSC)

٢ - مزارع المحاليل المغذية المتدفقة

Flow Nutrient Solution Cultures (FNSC)

٣ - مزارع الأغشية المغذية

Nutrient Film Technique (NFT)

٤ - المزارع الهوائية

Aeroponic Cultures (AC)

١ - مزارع المحاليل الغذائية الساكنة

Static Nutrient Solution Cultures (SNSC)

مزارع المحاليل المغذية الساكنة يمكن أن تستخدم فى أى مكان وبأى أدوات لحفظ المحاليل، **وتتطلب مزارع المحاليل الساكنة (تمييزاً لها عن مزارع المحلول الدائر) ما يلى:**

الأوعية:

عادة تستخدم أحواض مستطيلة ذات سعات تتراوح ما بين ١٠٠ - ٢٠٠ لتر من المحلول، وغالباً يتراوح عمق الحوض ما بين ٢٠ - ٣٠ سم، وعرضه من ٦٠ - ٨٠ سم، وطوله من ١٥٠ - ٢٠٠ سم، ويراعى عند إضافة المحلول إلى الحوض أن لا يزيد ارتفاع المحلول عن نصف ارتفاع الحوض، ويوجد العديد من المواد التى يمكن أن تستخدم فى صناعة الأحواض، حيث يمكن استخدام أحواض من الخشب أو الأسمنت أو الحديد أو الصلب أو أى مادة معدنية أخرى غير مجلفنة (حيث يدخل عنصر الزنك فى عملية الجلفنة والذى قد يسبب سمية للنباتات إذا زاد تركيزه عن حد معين) أو يمكن استخدام

أحواض من البلاستيك، وفى جميع الأحوال فإن المادة المصنوع منها الحوض يجب أن تكون غير شفافة حتى لا ينفذ الضوء إلى المحلول، فيؤدى إلى نمو الفطريات، ويراعى أن يزود الحوض بفتحة جانبية للصرف قرب قاعدته لتسهيل تفريغ الحوض عند الحاجة إلى ذلك، ويتم طلاء الحوض من الداخل بطبقة رقيقة من البيتومين (الأسفلت) لتمنع رشح المحلول إلى الخارج إذا كان الحوض مسامياً، وأيضاً لمنع تفاعل المادة المصنوع منها الحوض مع المحلول المغذى.

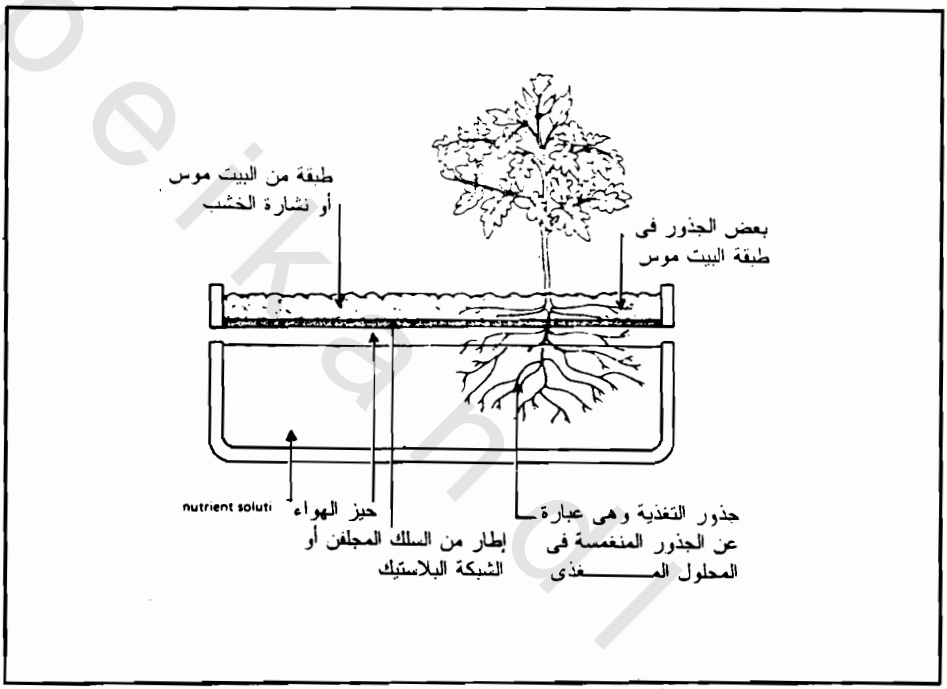
زراعة النباتات:

يوضع فوق حوض الزراعة صينية لها قاع عبارة عن شبكة من السلك وتكون أبعاد الصينية مقاربة لأبعاد الحوض فى العرض مما يسمح بارتكازها وثباتها على حافة الحوض، ويكون طولها فى نفس الوقت أقل قليلاً من طول الحوض بحوالى ١٠سم بما يسمح بقياس ارتفاع المحلول المغذى داخل الحوض وضبط رقم الحموضة وتعويض النقص من العناصر كل فترة، وغالباً ما يتراوح ارتفاع الصينية ما بين ١٠ – ٢٠ سم، يتم ملء الصينية بأى مادة عضوية مثل: القش أو البيت موس أو نشارة الخشب أو ما يشابهها وتعمل هذه الطبقة من المواد العضوية كدعامة للبادرات التى يتم زراعتها وتقلل من فقد المحلول بالبخر، هذا بالإضافة إلى أن هذه الطبقة توفر الإظلام اللازم للمحلول والذى يمنع نمو الفطريات.

والنباتات فى مزارع المحاليل المغذية كانت تزرع بذورها فى أول الأمر فى مهد مناسب أو مشتل بعيداً عن أحواض الزراعة، ثم تنقل البادرات إلى المحلول، ثم تطور الأمر وأصبح يتم إنبات البذور فى طاولات توضع بيئة النمو مثل: البيت موس Peat moss أو نشارة الخشب Sawdust، وتزرع بها البذور وتنمو من خلالها مباشرة إلى أحواض الزراعة المحتوية على المحلول المغذى، وحالياً أصبح إنبات البذور يتم فى مواد خاملة من مكعبات إنبات الصوف الصخرى أو الصوف الزجاجى كوسيلة جديدة تساعد على إعطاء بادرات قوية ومتجانسة قبل نقلها إلى أحواض الزراعة وتغذيتها بالمحلول المغذى، وذلك بعد تثبيتها فى فتحات مناسبة فى غطاء الحوض.

وفى حالة الزراعة المباشرة بالصوانى الموضوعة فوق أحواض المحاليل المغذية، تزرع بذور النباتات فى البيئة، وترطب بالماء حتى خروج البادرات التى ينتشر بعضاً من جذورها

الأولية فى البيئة (جذور تثبيت أولية)، ثم تتدلى باقى جذورها من خلال شبكة السلك مارة بحيز الهواء الذى تنتشر فيه بعض الجذور (جذور التهوية Air roots) حتى تصل إلى المحلول المغذى (جذور التغذية أو Solution roots)، بينما تمتد سوقها وما عليها من أوراق إلى أعلى، وهذا النموذج للزراعة فى المحاليل تماماً لما وصفه Gericke سنة ١٩٢٩ شكل (١٠ – ١).



شكل (١٠ – ١): نموذج لمزرعة محاليل مغذية ساكنة كما استخدمها Gericke

وقد تحتاج النباتات إلى تثبيتها بدعامات أو بخيوط من الدوبار أو البلاستيك تتدلى من سقف الصوبة أو من حامل أفقى مرتفع مواز لصفوف النباتات فى أحواض الزراعة.

حجم المحلول وطرق توفير الأكسجين به:

عادة ما يكون حجم المحلول المغذى فى حدود من ١٥ – ٢٠ لتراً للنبات الواحد فى حالة الطماطم مثلاً إلا أن ذلك الحجم قد يقل أو يزيد قليلاً فى محاصيل أخرى، وكلما كان حجم المحلول كافياً كلما قلل ذلك من حدوث أى تغييرات سريعة فى تركيزات

العناصر بالمحلول وبالتالى تجنب إجراء عملية ضبط المحلول على فترات متقاربة.

ونظراً لأن هذا المحلول يظل ساكناً طول الوقت فإن محتواه من الأكسجين الذائب يقل مع تقدم نمو النبات الأمر الذى ينعكس على كفاءة الجذور فى عملية امتصاص المحلول المغذى، وهذا بدوره يؤدى إلى ضعف النمو، ولذلك فمن الأهمية بمكان أن يتم عمل تهوية للمحلول المغذى، ويمكن تنفيذ عملية التهوية بثلاث طرق:

الطريقة الأولى: توصيل أحواض الزراعة بمضخات تدفع الهواء الذى يحتوى على الأكسجين إلى المحلول، وهذه المضخات مثل تلك التى تستخدم فى أحواض تربية أسماك الزينة، وفى حالة الزراعة على مساحات كبيرة يمكن استخدام الطريقة الأوتوماتيكية فى توصيل المحلول إلى أحواض الزراعة وذلك بأن يكون المحلول فى تنك كبير يوضع أعلى أحواض الزراعة بحوالى ١ متر، ومنه تخرج ماسورة أو خرطوم التوزيع الذى يتصل بأحواض الزراعة عند سطح المحلول بكل منها عن طريق صمام وعوامة تتيح تدفق المحلول عند استنزاف أى قدر منه، وتحافظ على ثبات سطح المحلول فى الحوض باستمرار، وفى هذا التنك يتم وضع المضخة الهوائية التى توفر الأكسجين به ومنه يصل إلى أحواض الزراعة.

الطريقة الثانية: ترك مسافة كافية بين سطح المحلول والسطح السفلى لصوانى الزراعة بما لا يقل عن ٥ – ٧ سم، حيث تستطيع جذور النباتات النامية فى هذا الحيز من امتصاص الأكسجين.

الطريقة الثالثة: عند تثبيت النباتات فى فتحات أغطية أحواض الزراعة توضع شبكة من البلاستيك مساحة ثقوبها حوالى ٠,٢٥ سم٢ بين الغطاء وسطح المحلول بحيث تكون المسافة بينه وبين سطح المحلول من ١ – ٥سم، وبينه وبين الغطاء حوالى ١٠سم مما يتيح الفرصة لأكبر حجم من الجذور بأن تنتشر فى هذا الحيز الهوائى أعلى شبكة البلاستيك للتبادل الغازى مع الأكسجين الموجود به، وتعد هذه أفضل الطرق لما تحققه من كفاءة عالية وبطريقة طبيعية لا تحتاج إلى مضخات هوائية أو مصدر تغذية كهربائية.

٢ - مزارع المحاليل المغذية المتدفقة

Flow Nutrient Solution Cultures (FNSC)

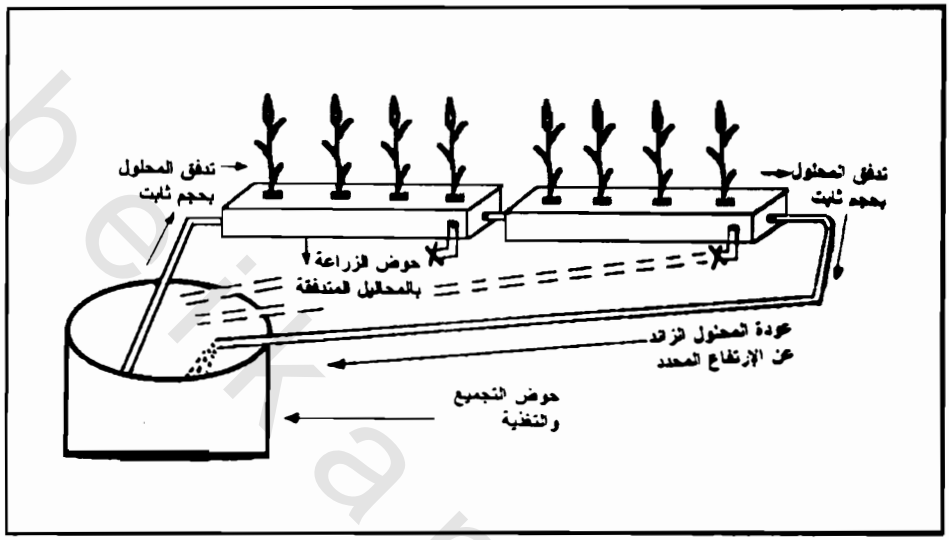
وفى هذا النظام يتم الاستعانة بمضخة مائية تعمل على تدفق ودوران المحلول المغذى فى القنوات والأوعية الحاوية له بارتفاع لا يغطى ولا يغمر كل المجموع الجذرى للنبات، وهذا الارتفاع تستطيع القنوات أن تحتفظ به عند توقف ضخ المحلول.

تنقل شتلات النباتات (فلفل - طماطم - خيار- خس - فراولة.. إلخ) إلى مكعبات من صوف الخبث Slagwool، أو الصوف الصخرى Rockwool بأحجام متوافقة تماماً مع فتحات البادرات الموجودة على سطح أغطية أحواض وقنوات الزراعة، وفى حالة عدم وجود صوف الخبث أو الصوف الصخرى فإنه يتم نقل الشتلات فى أكواب مثقبة قطرها ٢ - ٣ بوصة (٥ - ٧,٥ سم) وارتفاعها ٥ سم تحتوى على مادة البيت موس Peat moss، أو توليفة من الطين والرمل بنسبة ٣ : ١ أو نشارة الخشب، ترص شتلات النباتات على طاولات من البلاستيك أو الصاج المجلفن، وتروى بالماء أو المحلول المغذى المخفف بواسطة الرش على أن يظل الماء أو المحلول بهذه الطاولات بارتفاع ٠,٥ سم حتى لا تموت جذور النباتات التى تخرج من بيئة النمو، بعد ظهور جذور النباتات بشكل جيد تنقل مكعبات أو أكواب النمو وما بها من بادرات إلى أحواض وقنوات الزراعة.

يتم تجهيز قنوات الزراعة بعمل أحواض من الأسمنت أو البلاستيك أو الخشب مستوية القاعدة طولها حوالى ١٠ قدم (٣ متر) وبعرض من ٢٥ - ٣٠ بوصة (٦٠ - ٧٥سم) وارتفاع ١٠ - ١٢ بوصة (٢٥ - ٣٠سم) على ألا يزيد ارتفاع المحلول بها عن ٦ - ٨ بوصة (١٥ - ٢٠سم) عن طريق عمل فتحة فى نهاية حائط الحوض عند هذا الارتفاع مثبت بها أنبوبة من البلاستيك تنقل المحلول الزائد Over flow إلى حوض آخر، أو إلى تنك التجميع والتغذية ليظل الفراغ بين سطح المحلول وغطاء هذه الأحواض فى حدود ٤ بوصة (١٠سم) مما يمكن أن نطلق على هذا النظام « نظام المحاليل المتدفقة ذات الحجم الثابت » كما هو موضح فى شكل (١٠ - ٢).

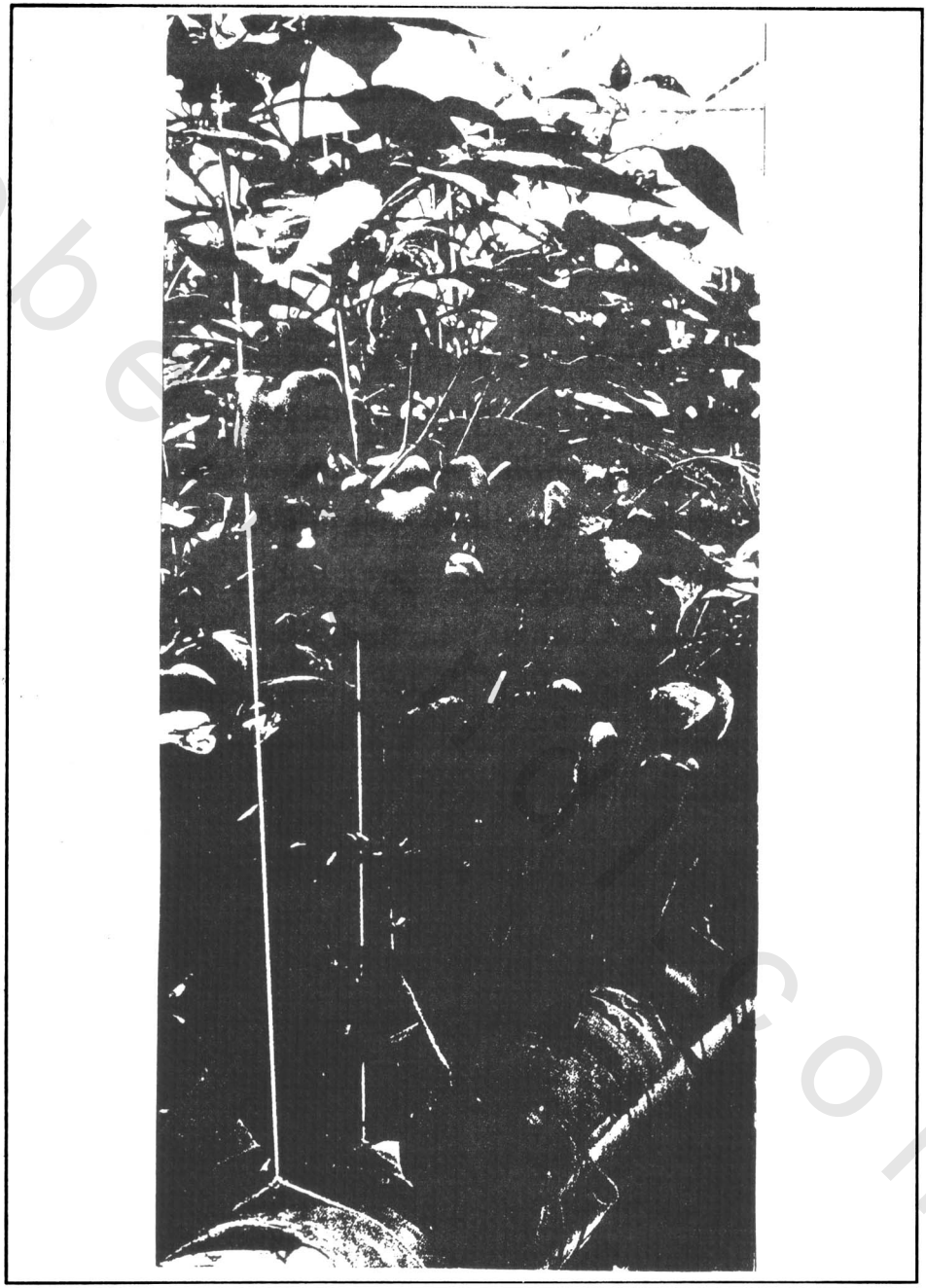
تغطى أحواض الزراعة بأغطية من الخشب أو البلاستيك أو الفوم Foam وبها فتحات البادرات على مسافات مناسبة لزراعة المحصول، يضخ المحلول من مقدمة الحوض وعند

امتلائه حتى الحد المحدد لارتفاع المحلول ينتقل إلى الأحواض التالية له فى الأنظمة متعددة الوحدات، ثم يعود إلى تنك التغذية ليتم ضخه مرة أخرى، وبعد التأكد من سلامة التجهيزات يتم نقل البادرات إلى مواضعها فى أغطية الأحواض.



شكل (١٠ – ٢): أحواض الزراعة بالمحاليل المغذية المتدفقة ذات الحجم الثابت

وفى هذا النظام أيضاً يمكن استخدام المواسير البلاستيك كأنابيب للزراعة والموجودة بأقطار مختلفة تتراوح من ٤ – ٦ بوصة (١٠ – ١٥سم) كأوعية للمحاليل، ويتم عمل فتحات بأقطار تتوافق تماماً مع قطر مكعبات وأكواب النمو على أن تكون هذه الفتحات فى صف واحد وعلى مسافات مناسبة لزراعة المحصول، وتتسع كل فتحة لبادرة واحدة شكل (١٠ – ٣)، يتم ضخ المحلول المغذى من أحد أطراف القنوات ويخرج المحلول الزائد من الطرف الآخر عند الارتفاع المحدد للمحلول والذى غالباً لا يتجاوز ثلث ارتفاع قناة الزراعة، يتم تجميع المحلول وإعادته إلى تنك التغذية ليعاد ضخه من جديد.



شكل (١٠ – ٣) : أنابيب الزراعة بنظام المحاليل المتدفقة ذات الحجم الثابت

وتتميز طريقة المحاليل المغذية المتدفقة FNSC بما يلى :

١ – لا يحدث نقص فى احتياجات النباتات من الأكسيجين حيث يعمل تدفق المحلول ودورانه على تجديد النقص منه باستمرار.

٢ – فى حالة انقطاع التيار الكهربى المستخدم فى تشغيل المضخة فإنه لا يحدث أى ضرر للنباتات النامية لمدة يوم أو أكثر حسب عمر النباتات، وذلك لاحتفاظ قنوات الزراعة بقدر من المحلول يفى لهذا الغرض.

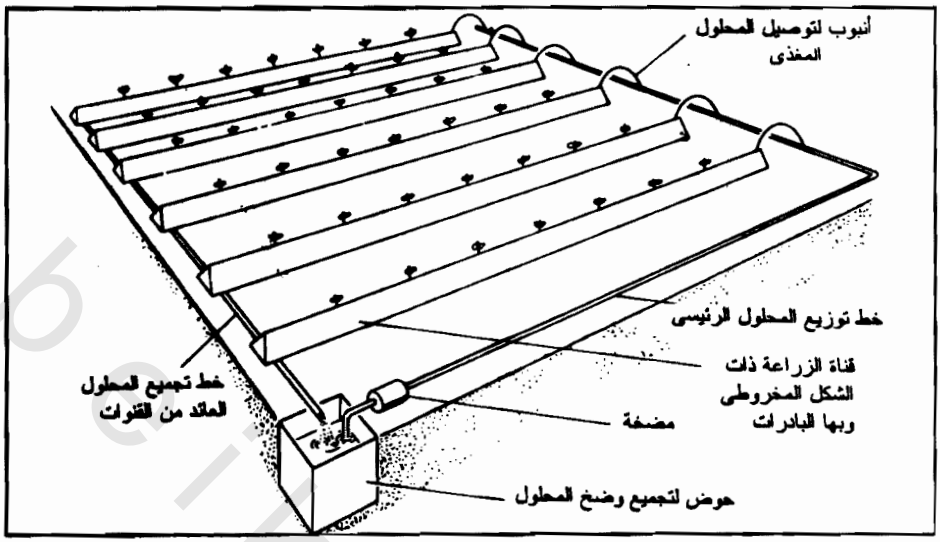
٣ – ضخ المحلول ودورانه فى هذا النظام فيه مرونة كبيرة، حيث يمكن ضخ المحلول أثناء النهار فقط أو لمدد محدودة متقطعة خلال النهار Intermittent flow.

وفى وجود تيار شبه منتظم من الكهرباء يمكن تقليل حجم المحلول المغذى المتدفق بحيث لا يتجاوز ٢ – ٣ سم، وفى هذه الحالة يتم وضع البادرات النامية فى مادة النمو من الصوف الصخرى أو صوف الخبث على قاعدة أحواض ومواسير الزراعة مباشرة، كما يمكن أيضًا ضخ المحلول على فترات متقطعة بمعدل ربع ساعة كل ساعة أثناء النهار، والتوقف التام فى النصف الأخير من الليل دون أى تأثير على النمو. والنظام فى هذه الصورة يقع بين نظام المحاليل المتدفقة ذات الحجم الثابت السابق بيانه وبين نظام الأغشية المغذية الذى سيأتى شرحه والذى يكون فيه ارتفاع المحلول لا يزيد عن بضعة ملليمترات.

والزراعة فى الأنابيب أو المواسير البلاستيك تتميز بسهولة الإعداد والتجهيز وتساعد على التكثيف الزراعى داخل الصوبة أو خارجها مما يعنى استغلالاً أمثل ومحصولاً أوفر من المساحات المتاحة.

٣ – مزارع الأغشية المغذية Nutrient Film Technique (NFT)

إحدى طرق الزراعة طرق الزراعة بالمحاليل المغذية الحديثة والمبتكرة عن طريق Allen Cooper فى إنجلترا خلال السبعينيات بهدف التغلب على مشكلتى الحاجة إلى دعامات للنباتات والتهوية، والتى تنشأ عند استخدام المحاليل المغذية الساكنة. وتنمو النباتات فى قنوات Channels or Gullies تأخذ شكلاً منحدرًا يسمح بتدفق المحلول المغذى على هيئة غشاء رقيق Film بها، وهذا الغشاء الرقيق من المحلول يمد النباتات بكل ما تحتاج إليه من العناصر المغذية شكل (١٠ – ٤).



شكل (١٠ – ٤): الشكل العام لقناة الزراعة والتغذية بنظام الأغشية المغذية

ومنذ المراحل الأولى لنمو النبات يظهر مجموع جذرى قوى مكونًا شبكة متداخلة أو حصيرة من الجذور Root mat الأمر الذى يعد دعامة جيدة فى مراحل النمو الأولى هذا من جهة، ومن جهة أخرى فإن مرور المحلول المغذى فى شكل غشاء لا يغمر كل هذا الحجم من الجذور، بل يلامس السطح السفلى لها فقط ويكون السطح العلوى مندى دائمًا بالماء، حيث يقوم بدور التهوية مما يمكن القول معه بأن الجزء السفلى من الجذور يعتبر جذورًا للتغذية Feeding roots والجزء العلوى جذورًا للتهوية Aeration roots.

الشروط الواجب توافرها فى نظام الأغشية المغذية:

هناك بعض الشروط الأساسية التى تحكم نجاح عملية الزراعة بنظام الأغشية المغذية نوجزها فيما يلى:

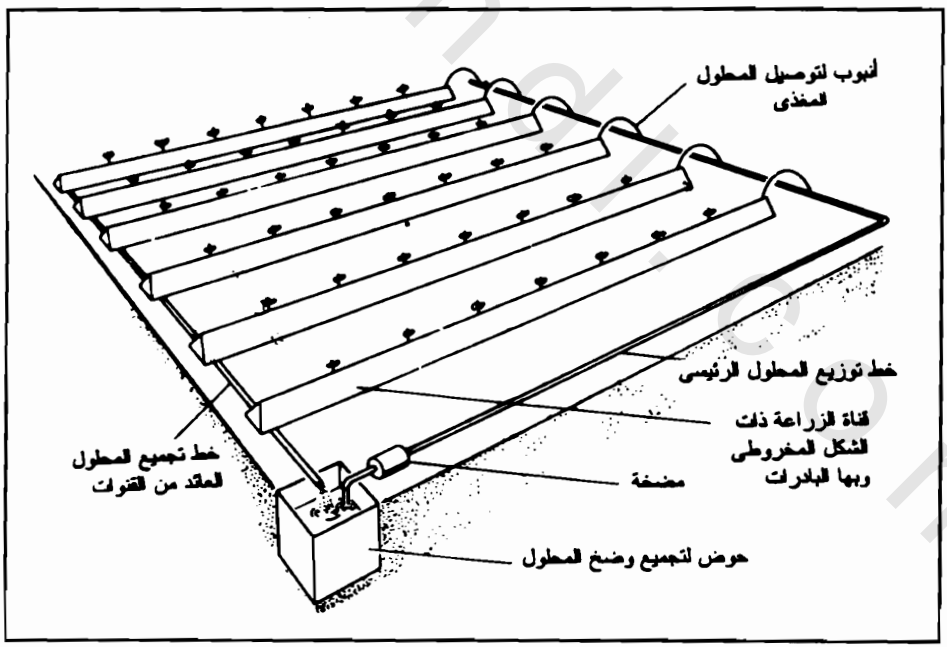
١ – يجب أن يكون انحدار القناة منتظمًا وبطريقة متجانسة مع عدم وجود أى حفر فى بعض المواقع على طول المجرى (حتى ولو لعدة ملليمترات طولية).

٢ – ألا يكون دخول المحلول المغذى إلى القناة سريعاً جدًا لدرجة تؤدى إلى تدفق كمية كبيرة من المحصول خلال المنحدر.

٣ – أن يكون عرض القناة والتى تنمو فيها الجذور كافيًا لتجنب أى حجز أو إعاقة لحركة المحلول المغذى بواسطة طبقة الجذور المتكونة، حيث إن هذا العرض إذا لم يكن كافيًا فإنه يؤدى إلى نقص كبير فى المحصول.

٤ – يجب أن تكون قاعدة القناة مستوية وليست مقعرة، لأن القاعدة المقعرة تجعل عمق المحلول فى منتصف القناة كبيراً.

لذلك فإنه لتنفيذ نظام الأغشية المغذية يلزم وجود سطح ناعم ذو ميل أو انحدار مناسب ويوضع على هذا السطح مجموعة من القنوات تنمى فيها النباتات متجاورة مع بعضها فى صفوف، وعند الحافة المرتفعة للسطح المائل توضع القناة الرئيسية التى يمر فيها المحلول المغذى، ويخرج من هذه القناة مجموعة من أنابيب التوزيع، تصب كل منها فى إحدى القنوات النامى فيها النباتات، حيث يتحرك المحلول المغذى بالانحدار حتى يصل إلى قناة تجميع عند الحافة المنخفضة للسطح المائل. وقناة التجميع هذه تصب فى النهاية فى خزان لجمع المحلول المغذى والذى يتم ضخه مرة أخرى ليعاد توزيعه على قنوات نمو النباتات وهكذا كما هو موضح فى شكل (١٠ – ٥).



شكل (١٠ – ٥): التصميم العام لمزرعة الأغشية المغذية NET

وعمومًا فإن السطح المائل هذا إما أن يكون قطعة من الأرض تمت تسويتها وإعطاؤها الانحدار المناسب، وفى هذه الحالة فإن قناة التجميع تكون عبارة عن خندق موجود عند نهاية الجزء المنخفض من الأرض والذى يصب فى حوض أو ترانش Transh مجهز فى التربة، ومنه يتم ضخ المحلول مرة أخرى إلى قنوات التوزيع فى قمة الجزء المرتفع. أو أن وضع قنوات الزراعة على بنشات أو حوامل على أرض خرسانية تحقق شروط الميل وانسياب وتدفق المحلول وفى كل الأحوال، فإن قناة التوزيع تكون فى الجانب المرتفع وقناة التجميع وخزان المحلول فى الجانب المنخفض.

قنـــوات الزراعـة:

كما سبق الإشارة فإن النقاط الواجب مراعاتها عند تنفيذ نظام الأغشية المغذية هو عمل سطح مائل متماثل الانحدار بدون أى حفر أو انخفاضات، لأن ذلك يحدد بدرجة كبيرة نوع القنوات التى يمكن استخدامها. فالأرض العادية حتى ولو كانت مدكوكة جيداً فإنها لا توفر السطح المناسب لحمل القنوات، حيث إن تعرضها للمياه يؤدى بعد فترة إلى تعرج سطح الأرض وللتغلب على هذه المشكلة فإنه يوجد بديلان:

البديل الأول: هو تغطية مساحة سطح الأرض كاملاً بواسطة طبقة من الخرسانة (أو على الأقل صب الخرسانة على هيئة شرائط طولية فى المواقع التى سوف توضع عليها القنوات) وفى هذه الحالة يمكن أن يستخدم أى نوع من القنوات المصنوعة من مادة نصف صلبة رخيصة الثمن.

البديل الثانى: هو استخدام قنوات ذات قاع من مادة صلبة، وبالتالى يمكن وضعها على أى سطح تم تسويته بطريقة تقريبية حيث إن قاعدة القناة الصلبة سوف تقاوم أية تجاعيد قد تكون موجودة على سطح الأرض.

ومن هنا تأتى أهمية الاهتمام بتجهيز قنوات الزراعة ليتحقق شرط التغذية بغشاء رقيق من المحلول المغذى وشرط التهوية الجيدة.

واستخدام المواسير البلاستيك فى نظام الأغشية المغذية أعطى نتائج طيبة بشرط أن يكون سمك الغشاء المغذى لا يزيد عن بضعة ملليمترات فى كل الأحوال، وفى هذه

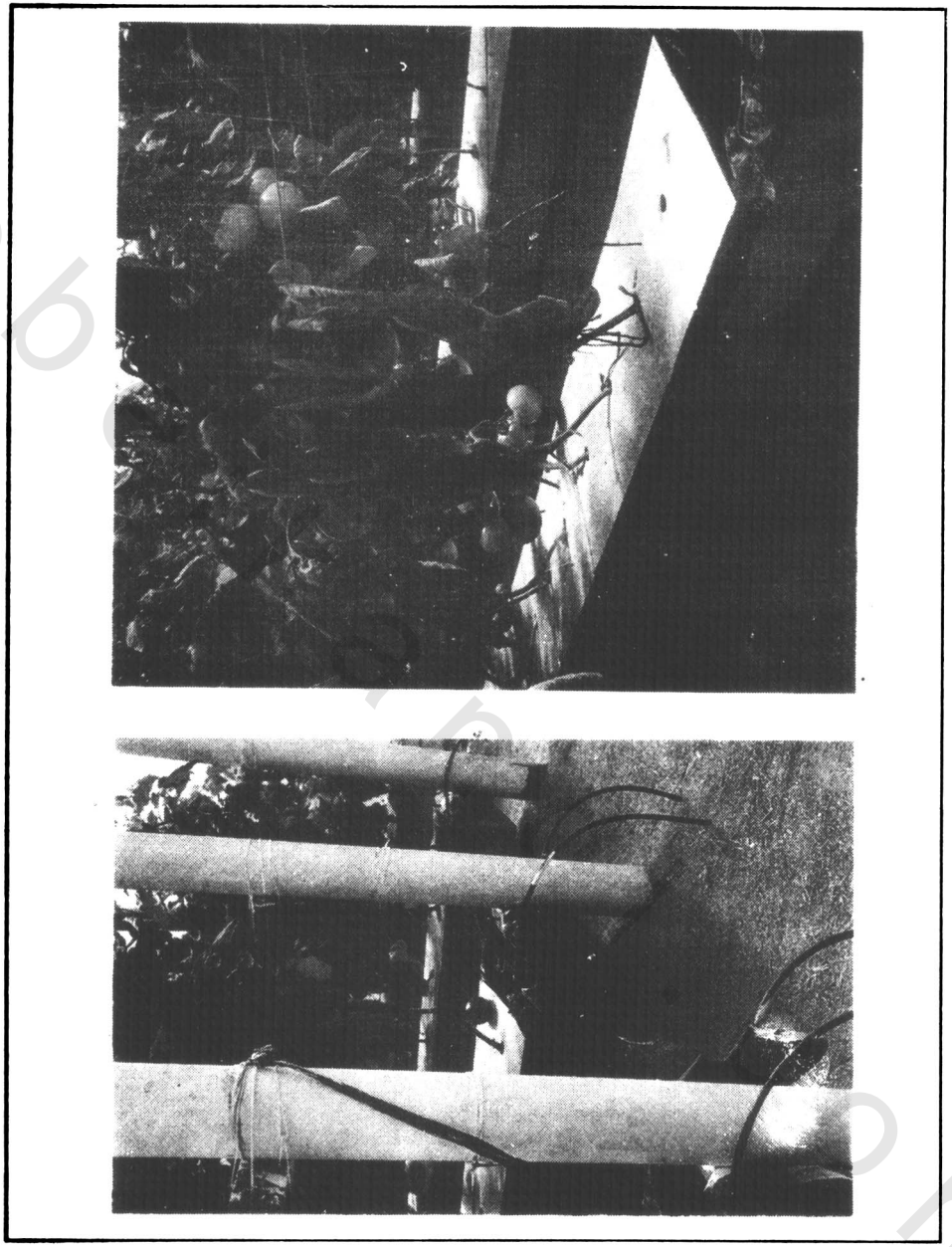
الحالة توضع القنوات بميل مناسب يساعد على سرعة انسياب المحلول، وعدم ارتفاعه فوق سطح الجذور نتيجة تقعر سطح المواسير. كما أنه يمكن استخدام الأحواض المصنعة من البلاستيك لهذا الغرض وفى حالة عدم تواجد أحواض مناسبة من البلاستيك يتم تصنيع الأحواض من الخشب وتبطينها بشرائح من البلاستيك أو طلائها بالبيتومين (شكل ١٠-٦). وهذه الوسائل سهلة الإعداد والتجهيز، من شأنها زيادة الطلب على استخدام طريقة الأغشية المغذية.

ومن الضرورى فى نظام الأغشية أن نتأكد من أن سمك غشاء المحلول المغذى لا يزيد فى أقصى حالاته عن بضعة ملليمترات، وبذلك يكون معظم جذور النبات النامى فى القناة فوق سطح المحلول.

وبالرغم من أن تصميم مزارع الأغشية المغذية مبنى على الدوران المستمر للمحلول المغذى بمعدل التدفق السابق الإشارة إليه، إلا أن الدراسات حول إمكانية أن يكون تدفق المحلول على فترات متقاربة أثناء النهار ومتباعدة أثناء الليل أخذ أهمية خاصة لما ينطوى عليه من توفير للطاقة الكهربائية اللازمة لهذه العملية. والدراسات على هذا الموضوع لم تأت بإمكانية حدوث ذلك فقط، بل إن Charbonneau وآخرون سنة ١٩٨٨ أشاروا إلى أن ضخ المحلول على فترات Intermittent متعاقبة بمعدل ١٥ دقيقة فى الساعة (١٥ دقيقة تدفق للمحلول يعقبها توقف التدفق لمدة ٤٥ دقيقة) يؤدى إلى زيادة فى المحصول قدرها ١٩٪.

طرق تدعيم النبات فى القناة

عند استخدام قنوات مرتفعة الأجناب قد نواجه مشكلة عندما يكون هذا الارتفاع أكبر من طول البادرة أسفل الورقة الأولى. وسبب المشكلة يرجع إلى أنه لكى تكون الورقة الأولى فى الضوء فإن طول الجذر يكون أقصر من أن يصل إلى الغشاء المغذى الموجود فى قاع القناة. ويمكن التغلب على ذلك إذا نميت البادرات فى مكعب صغير من مادة تمتص المحلول، وبالتالى فإنه عند وضع هذا المكعب فى القناة فإنه يزيد من ارتفاع سيقان البادرات وظهور أوراقها فى الضوء أعلى قمة القناة فى الوقت الذى يوفر فيه المكعب الماص المحلول المغذى لتغذية جذور البادرات التى بداخله والتى تضمن استمرار



شكل (١٠ – ٦) : قناة من الخشب مبطنة بشرائح البلاستيك للاستخدام في الزراعة بنظام الأغشية المغذية

نموه. وبنمو النبات فإن الجذور تصل إلى المحلول فى قاع القناة وتنعدم أهمية مكعبات الإنبات والتى ينحصر دورها فى المراحل الأولى للنمو فقط. ويوجد العديد من المواد المناسبة لعمل مثل هذه المكعبات الماصة للمحلول منها الصوف الصخرى Rockwool، والبيت موس Peat moss، والفيرميكيوليت Vermiclit، وخليط من الفيرميكيوليت والبيت موس.

ويمكن أيضًا فى حالة قنوات البوليثين (وفى المراحل الأولى للنمو) خفض سلك التدعيم السفلى، والذى يثبت عليه جانبى البوليثين محددًا قمة الشكل الهرمى للقناة مما يقلل من ارتفاع قمة القناة فيساعد ذلك على أن تظهر قمة النباتات أعلى قمة القناة وجذورها ملامسة للمحلول على قاعدتها.

حدود السمية والنقص لتركيزات العناصر المغذية فى محاليل الأغشية المغذية:

تتحمل النباتات النامية فى مزارع الأغشية المغذية مدى واسع من تركيزات العناصر المغذية المختلفة دون أن يؤثر ذلك على نموها بشكل كبير. ويرجع ذلك إلى تدفق المحلول المغذى باستمرار على شكل غشاء رقيق وعدم وجود بيئة صلبة تنمو فيها الجذور، والتى قد تؤثر على صلاحية العناصر للتغذية. ولذلك فحدود السمية والنقص فى هذا النوع من المزارع يختلف عنه فى حالة المحاليل الساكنة أو الأرض العادية.

ولقد بينت التجارب أن اختلاف تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى الدائر ما بين ١٠ – ٣٢٠ جزءًا فى المليون (لفترات ليست طويلة) كان ذا أثر قليل على محصول نباتات الطماطم أو كمية النيتروجين الممتص بواسطة النبات. ونفس الحال بالنسبة لتغير تركيز الفوسفور ما بين ٥ – ٢٠٠ جزء فى المليون أو البوتاسيوم فيما بين تركيزات ٢٠ – ٣٧٥ جزءًا فى المليون. وبالرغم من ذلك لا ينصح باستخدم تركيزات منخفضة من المغذيات المختلفة، لأن استخدام التركيز المرتفع نسبيًا من العنصر يوفر احتياطى منه فى المحلول فلا ينخفض تركيزه بسرعة نتيجة لامتصاصه بواسطة النبات، وبالتالى تقل الحاجة إلى إعادة ضبط تركيز المحلول على فترات متقاربة.

دوران المحلول المغذى وضبطه واستبداله:

يتم ضخ المحلول المغذى من الأوعية المحتوية عليه إلى ماسورة التوزيع ومنها ينساب

المحلول إلى قنوات نمو النباتات حيث يصل إلى ماسورة التجميع، فخزان المحلول ومن هذا الخزان يعاد ضخه بواسطة مضخات مائية مرة أخرى إلى القناة وهكذا. أى أن المحلول فى حالة دوران مستمر، ولذلك يجب العمل على استمرار هذا الدوران وإزالة أى عطل يوقف من استمراره.

ومن الجدير بالذكر أن توقف دوران المحلول لفترة زمنية يضر بنمو النباتات النامية فى هذه القنوات، ولو أن النبات يمكنه تحمل توقف دوران المحلول لفترة زمنية بسيطة نظراً لوجود بعضاً من المحلول محتجزاً فى حصيرة الجذور. والفترة الزمنية التى يتحمل فيها النبات توقف دوران المحلول تختلف من نبات إلى آخر، وذلك حسب نوع النبات ومرحلة نموه، وكذلك حسب العوامل المناخية السائدة. وعادة ما تتراوح هذه الفترة ما بين ساعة واحدة و٤٨ ساعة.

وكما سبق ذكره فإن امتصاص النبات للعناصر باستمرار من المحلول يؤدى إلى تغير pH المحلول وتركيز العناصر به، ولذلك يجب ضبط pH المحلول باستمرار فى حدود ٦ – ٦,٥ درجة باستخدام حامض النيتريك ١٠٪ أو حامض الفوسفوريك ١٠٪ (فى حالة ما إذا أريد تعويض بعض النقص فى عنصر النيتروجين أو الفوسفور على الترتيب).

أما بالنسبة لتركيز العناصر فإنه يتم قياس درجة التوصيل الكهربى للمحلول المغذى على فترات، وعند ملاحظة انخفاض التوصيل الكهربى للمحلول الدائر إلى ٢ ملليموز / سم فإنه باستخدام محلول Cooper يمكن إضافة حجم قدره ١,٥ لتر من محلول (A) و١,٥ لتر من محلول (B) المركزين إلى كل ١٠٠٠ لتر من المحلول الدائر لرفع التوصيل الكهربى إلى قيمته الأصلية فى حدود ٣ ملليموز / سم. وفى حالة تحضير المحاليل المغذية من الأسمدة التجارية يتم حساب الكمية المطلوب إضافتها إلى المحلول كما سبق شرحه فى الفصل التاسع.

بالإضافة إلى ما سبق فإن النبات يمتص كميات كبيرة من الماء من المحلول المغذى، حيث تفقد عن طريق النتح وهذا الماء المفقود يتم تعويضه عن طريق إضافة الماء إلى المحلول المغذى الدائر، ويمكن أن يتم ذلك يدوياً أو أوتوماتيكياً بتوصيل خزان المحلول بخزان جانبى للماء فى مستوى أعلى منه عن طريق خرطوم من البلاستيك مثبت قرب قاع خزان الماء، وعند المستوى المراد ثبات المحلول عنده بخزان المحلول تثبت عوامة لتحافظ

على ثبات ارتفاع حجم المحلول فى خزان المحلول المغذى. ونظرًا لأن الماء المضاف يحتوى على أملاح ذائبة فإن استمرار إضافة الماء إلى المحلول المغذى لتعويض الماء المفقود بالنتح يؤدى إلى تراكم هذه الأملاح فى المحلول وذلك فى حالة ما إذا كان معدل إضافتها إلى المحلول أكثر من معدل امتصاصها بواسطة النبات، ومثال ذلك: أيونات الصوديوم والكلوريد، وبالتالى فإنه بمضى الوقت قد يزداد تركيز أحد هذه الأيونات إلى الدرجة التى تسبب سمية بهذا الأيون للنبات النامى. ولهذا السبب ينصح بتغيير المحلول المغذى الدائر على فترات زمنية. والفترة الزمنية التى يتم فيها تغيير المحلول المغذى الدائر يمكن تقديرها عن طريق:

أ – تحليل المحلول المغذى وتقدير تركيزات العناصر فى المحلول معمليًا على فترات أسبوعية وخاصة عناصر N, Cu, Mo. Zn, Na, Cl and SO_4 بواسطة أحد أجهزة Flame photometer والـ Spectophotometer، ومن هذه التقديرات يمكن معرفة أى من هذه الأيونات سوف يزداد تركيزه بمضى الوقت.

ب – ملاحظة نمو النباتات وتدوين الإجابة على بعض الأسئلة التى تعطى مؤشرًا على حدوث أى تغير فى طبيعة النمو. مثال ذلك: ملاحظة هل قل معدل النمو؟ وهل تغير اللون الأخضر للأوراق إلى اللون الأخضر المزرق؟ وهل أصبحت الأوراق الجديدة أصغر فى الحجم من المعتاد؟ وهكذا.

ومن تغيرات نمو النبات ومقارنتها بتركيزات العناصر يمكن معرفة الأيون المشتبه فيه والذى أصبح تركيزه عاليًا. وعند هذه النقطة يجب تغيير المحلول الدائر كلية وملء النظام بمحلول حديث التحضير. فإذا افترضنا أن هذه الحالة قد حدثت بعد ١١ أسبوعًا من استمرار دوران المحلول، فإنه يعاد تفريغ النظام وإعادة ملئه بالمحلول الجديد، ثم يستمر ملاحظة نمو النبات وتحليل المحلول لمدة ١٠ أسابيع تالية لمعرفة هل بدأ تأثر النمو مرة أخرى، فإذا حدث ذلك فعلاً بعد هذه المدة كان ذلك مؤشرًا على ضرورة تغيير المحلول المغذى كل ١٠ أسابيع وهكذا.

ولكن يجب أن يراعى أن تغير معدل نمو النبات وتغير الظروف المناخية يؤثر على معدل النتح، وبالتالى يؤثر على الفترة الزمنية اللازمة قبل استبدال المحلول.

خطوات الزراعة بطريقة الأغشية المغذية :

مما سبق بيانه من شرح وتوضيح لأهم النقاط الواجب مراعاتها عند إعداد وتجهيز مزرعة أغشية مغذية فإنه يمكن إيجاز الخطوات التنفيذية لواحدة من هذه المزارع فيما يلى :

١ – يتم إنبات البذور فى البيت موس ثم تنقل إلى مكعبات الإنبات المصنعة من الصوف الصخرى أو يتم إنباتها مباشرة فى هذه المكعبات .

٢ – توضع مكعبات الإنبات على طاولات من البلاستيك وترش بالماء تارة وبالمحلول المغذى المخفف تارة أخرى حتى تخرج جذور البادرات من المكعبات ويراعى أن تظل طاولات البلاستيك محتوية على ماء أو محلول لارتفاع لا يقل عن ١ سم حتى لا تذبل جذور البادرات أو تموت .

٣ – تنقل البادرات النامية فى مكعبات الإنبات إلى أى من قنوات الزراعة المجهزة فيما سبق .

٤ – يتم ضم طرفى غشاء البلاستيك على طول امتداد القناة لتكون جذور النباتات على قاعدتها ويظهر مجموعها الخضرى أعلى قمة الشكل الهرمى الذى تكونه مع تثبيت ذلك بكلبسات أو بمشابك من الخشب أو البلاستيك .

٥ – يتم ضخ المحلول المغذى من تنك التغذية (الموجود فى الجانب المنخفض لقنوات الزراعة) إلى قنوات التغذية والتى تصب فى أعلى قمة هذه القنوات ليعود المحلول من خلال ميل القنوات وبتأثير الجاذبية الأرضية إلى تنك التغذية مرة أخرى .

٦ – يكون معدل ضخ المحلول ٢ لتر فى الدقيقة .

٧ – تثبيت النباتات التى تنمو رأسيًا بربطها برفق بخيوط سميكة تمتد من أسفل أول ورقة على النبات إلى أعلى بسلك التثبيت الموازى لطول القناة .

٨ – تتم متابعة النمو وأخذ عينات من المحلول المغذى وضبط رقم الـ pH الخاصة به إلى حده الأمثل وهو ٦,٥ درجة، وتعويض النقص فى مستوى العناصر فى المحلول

بإضافة أملاح هذه العناصر أو إضافة القدر المناسب من المحلول الأساسى Stock Solution إلى محلول التغذية، وذلك حتى نهاية المحصول.

والزراعة بهذا النظام تعطى نمواً جيداً لكل المحاصيل التى يمكن زراعتها به، وبصفة خاصة محاصيل الخضر ونباتات الزينة. هذا بالإضافة إلى أن هناك من النتائج ما يؤكد إمكانية الزراعة بنظام الأغشية المغذية تحت الظروف الجوية المختلفة فى مصر سواء كان ذلك داخل ظروف الصوبة أو خارجها فى الحقل المفتوح. وربما يكون هناك ضرورة فى الجو شديد الحرارة إلى عمل بعض التظليل للقنوات عندما تكون النباتات المنزرعة حساسة أو مقاومتها قليلة لارتفاع درجة حرارة المحلول المغذى إلى درجات عالية.

تتبقى مشكلة أخرى أساسية تواجه القائمين على تنفيذ مزارع الأغشية المغذية تحت ظروف انقطاع التيار الكهربائى لفترات طويلة أثناء النهار خاصة وأن النظام يعتمد على الدوران المستمر لغشاء رقيق من المحلول المغذى ومن ثم يصبح الضرر كبيراً عند انقطاع التيار الكهربائى. ولتجنب هذا الضرر وتقليل أثره يمكن عمل الآتى:

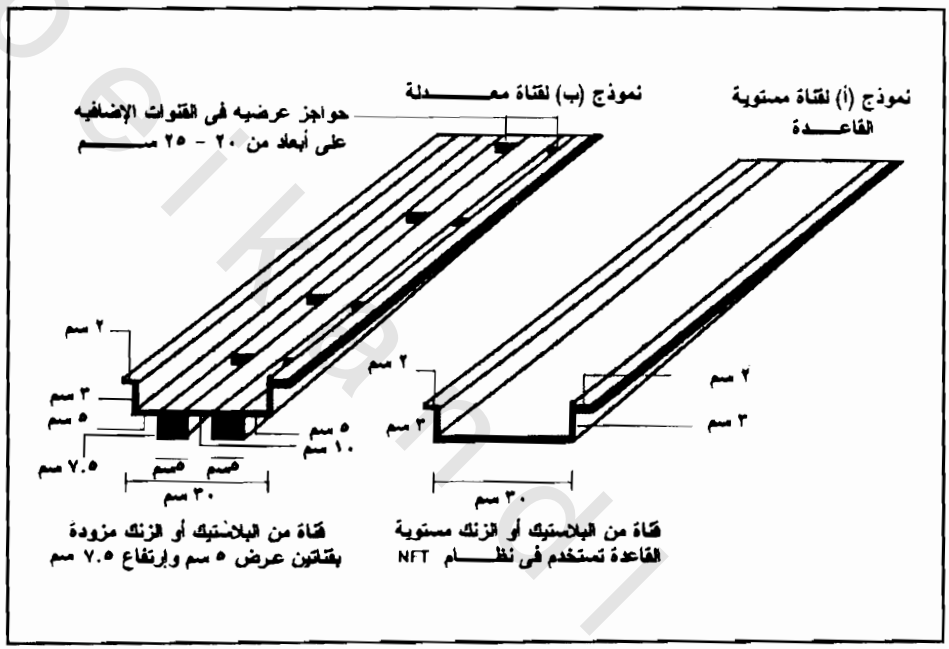
١ – توفير مصدر آخر للتيار سواء كان ذلك مصدر تغذية آخر أو ماكينات توليد التيار الكهربائى والتى تعمل بالديزل عند انقطاع التيار.

٢ – استخدام وحدات الطاقة الشمسية التى تعمل على توليد وتخزين الطاقة، وهذه الطريقة إن وجدت تعتبر من أنسب وسائل توفير الطاقة لمثل هذا النوع من المزارع.

٣ – تحوير شكل القنوات ليحتفظ فى بعض أجزائه بقدر من المحلول يساعد النباتات لبعض الوقت على النمو بدون مشاكل حتى يتم تشغيل الماكينات البديلة أو عودة التيار.

ولقد قام Sherif سنة ١٩٩٤ بتصميم نموذج لهذه القنوات، والتى تتكون كل قناة منها من قناتين إضافيتين بطول القناة الأصلية وبعرض ٥ سم وعمق ٧,٥ سم عن السطح المستوى للقناة (شكل ١٠ – ٧). وبداخل هاتين القناتين يتم عمل حواجز عرضية كل ٢٠ – ٢٥ سم، والتى بها نضمن وجود المحلول على طول امتداد القناة عند وضعها بشكل مائل أثناء الزراعة وإمرار المحلول. وعند دوران المحلول فإن هذه القنوات سوف

تمتلىء بالمحلول المغذى الذى يحدث له إزاحة جزئية بواسطة جزء من جذور النباتات النامية فى القناة، بينما تنتشر باقى جذور النباتات على باقى السطح المستوى للقناة. والمحلول المغذى فى كل الأحوال يمر فى شكل غشاء رقيق على ثلثى عرض القناة وتقريبا على ثلثى حجم الجذور (حيث إن عرض القناتين الإضافيتين لا يمثل سوى ثلث عرض القناة) بما يجعل هذه القناة ضمن تحويرات نظام الأغشية المغذية.



شكل (١٠ – ٧): تحوير قناة الأغشية المغذية لتقليل خطر انقطاع التيار الكهربي

٤ – المزارع الهوائية Aeroponic Cultures

المزارع الهوائية هى أحد صور الزراعة بالمحاليل المغذية. حيث تنمو جذور النباتات فى الهواء المشبع برذاذ Mist من المحلول المغذى بنسبة ١٠٠٪ والذى يفى بكل احتياجات النبات من الماء والعناصر الغذائية بالإضافة إلى الأكسيجين. ويتم تنفيذ هذه المزارع بطريقتين:

الأولى: باستخدام هياكل جمالونية على أحواض:

وفى هذه الطريقة تتبع الخطوات التالية:

١ – يستخدم هيكل من الفوم أو البلاستيك على شكل جمالون قاعدته مستطيلة أو مربعة بأبعاد حوض المحلول المغذى الذى سيثبت فوقه، وارتفاعه من ١– ١,٥ متر (شكل ١٠ – ٨ أ).

٢ – يتم عمل فتحات من الجهات الأربع للجمالون بحجم يتناسب مع حجم البادرة المراد تثبيتها سواء كانت البادرة عارية الجذور أو فى أشكال اسطوانية من الصوف الصخرى أو فى أكواب خاصة مفرغة الجوانب بها الصوف الصخرى كمواد إنبات.

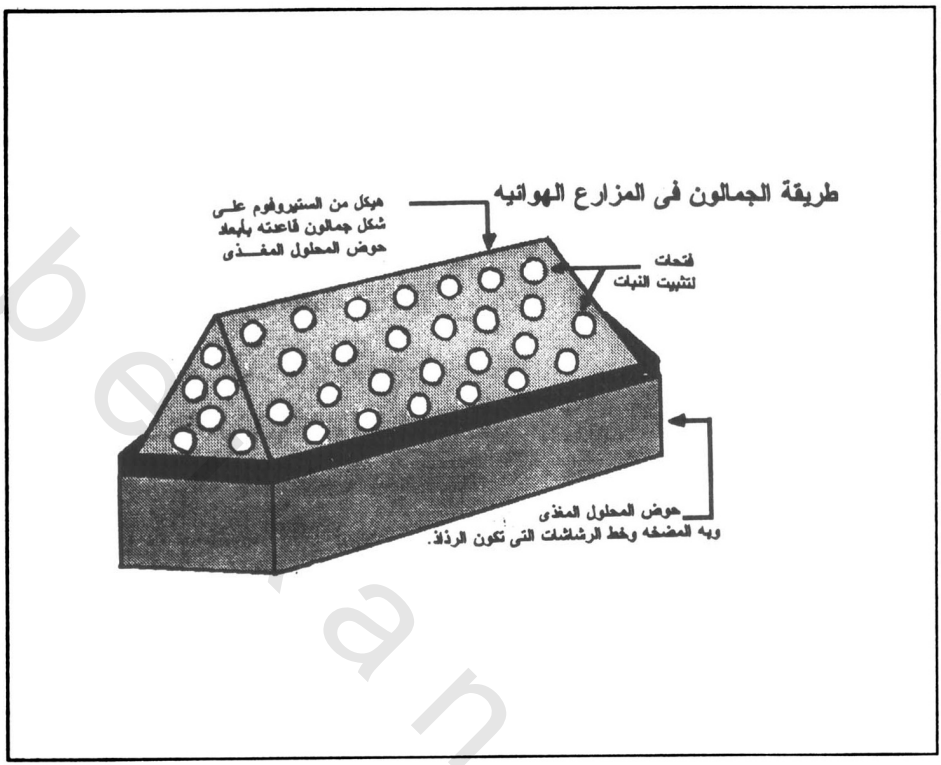
٣ – عن طريق مضخة مائية مثبتة فى حوض المحلول ويتصل بها ماسورة بطوله بها فتحات يضخ من خلالها المحلول فى شكل نافورة من الرذاذ أسفل الجمالون.

٤ – يتم ضبط رقم الـ pH وتركيز العناصر فى المحلول بشمل دورى.

الثانية: باستخدام الأنابيب والاسطوانات البلاستيك:

يستخدم فى ذلك أى أنابيب أو مواسير أو اسطوانات بلاستيك بأى أقطار حيث إن اتساع القطر يزيد من عدد النباتات التي تثبت على سطحها الخارجى ويجب ألا يزيد طولها عن ١,٥ متر لسهولة عمليات الزراعة والخدمة، بالإضافة إلى تثبيتها. وتتلخص خطوات الإعداد والزراعة بهذه الطريقة فيما يلى:

١ – يتم تقطيع الأسطوانات البلاستيك بطول ١,٥ متر وعمل الفتحات اللازمة لتثبيت النباتات بها على أن تكون هذه الفتحات مع بعضها شكلاً حلزونياً يتناسب ميله مع حجم النباتات المراد زراعتها كما فى شكل (١٠–٨ب).



شكل (١٠ – ٨ أ) : المزارع الهوائية بطريقة الجمالون

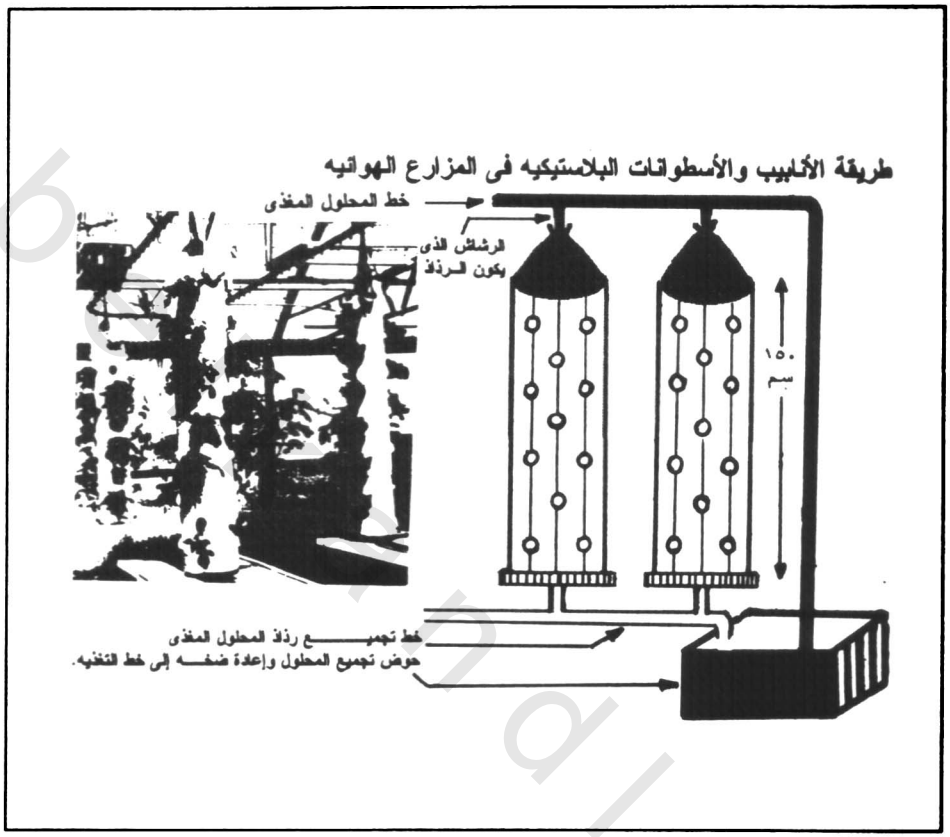
٢ – يتم غلق فتحتي الاسطوانة السفلية والعلوية بإحكام مع وجود فتحة فى الغطاء العلوي لأنبوبة توزيع المحلول وأخري فى الغطاء السفلى لجمع المحلول الزائد (فى حالة الأسطوانات المعلقة) .

٣ – يتم تثبيت الأسطوانات بطريقتين :

* إما أن تعلق بواسطة خطاف فى سقف الصوبة على مسافات تتيح حرية الحركة بينها .

* أو تثبت رأسياً علي سطح التربة بنفس المسافات . وفى هذه الحالة تكون فتحة خروج المحلول أعلى سطح الأرض مباشرة والتي تتصل بماسورة تجميع المحلول الزائد والتي بدورها تصب فى تنك التغذية .

٤ – يتم ضخ المحلول من تنك التغذية إلى أنابيب التوزيع والتي يخرج منها وصلة لكل أسطوانة تكون نهايتها ضيقة حتي يخرج المحلول على هيئة رذاذ.



شكل (١٠–٨ب) : المزارع الهوائية بطريقة الأسطوانات الرأسية

٥ – يتم ضبط رقم الـ pH وتركيزات العناصر من خلال عينات من تنك التغذية.

وبالرغم من عدم شيوع هذه الطريقة فى الاستخدام التجاري إلا أنها تعطى نتائج **مرضية مع** كثير من النباتات وخاصة القصيرة منها مثل: الخس والفلفل والفراولة، **بالإضافة إلى** أنها من أفضل الطرق للاستغلال الأمثل للمساحات المتاحة للزراعة، **فالتوسع** الرأسى فيها هو الأساس وعدد النباتات التي يتم الحصول عليها من وحدة **المساحة يفوق** أضعاف ما يتم الحصول عليه من أى طريقة أخري مما يؤدى إلى زيادة **المحصول** بشكل واضح.

ثانياً : مزارع البيئات الصلبة Solid Aggregates Cultures

البيئات التي تستخدم كوسط للنمو فى المزارع اللاأرضية مختلفة ومتعددة منها بيئات طبيعية شائعة الاستخدام مثل: الحصى Gravel والرمل Sand وغيرهما، وبيئات مصنعة مثل: الفيرميكيوليت Vermiculite والبرليت Perlite ، وهذه البيئات تقوم ببعض ما تقوم به الأرض الطبيعية للنبات من حيث كونها وسط لنمو الجذور ودعامة لتثبيت النباتات. وهي في ذلك تختلف عن مزارع المحاليل والتي تكون فيها جذور النبات منغمسة أو معلقة طوال الوقت فى المحلول، ولكنها تتشابه مع مزارع المحاليل فى مصدر تغذية النباتات والذي يتم فى كلتا الحالتين بواسطة المحلول المغذى.

مميزات مزارع البيئات الصلبة:

١ – وجود بيئة صلبة تعمل على تثبيت النباتات كما هو الحال في الزراعة فى الأرض الطبيعية.

٢ – عدم الحاجة إلي تهوية المزرعة كما هو الحال فى مزارع المحاليل.

٣ – لا تحتاج إلى ملاحظة مستمرة كما فى حالة مزارع المحاليل.

العيوب :

١ – ارتفاع التكلفة الإنشائية بالمقارنة بمزارع المحاليل.

٢ – الحاجة إلى تعقيم الوسط من فترة إلى أخرى.

٣ – صعوبة التخلص من جذور النباتات بعد الحصاد، مما يؤدى إلى تراكمها فى البيئة وقد يسبب انسداد أنابيب الصرف.

الشروط الواجب توافرها فى مادة بيئة النمو الصلبة :

أولاً : القدرة على حفظ وصرف الماء

يتوقف قدرة البيئة على حفظ وصرف الماء على حجم الحبيبات وشكلها ومساميتها،

حيث إن الماء يمسك على سطوح الحبيبات وفى المسام ما بين الحبيبات. وكلما صغر حجم الحبيبات كلما ازدادت مساحة سطوحها وقربت الحبيبات من بعضها وازدادت المسافات البينية فى البيئة، وبالتالى تزداد قدرتها على مسك الماء.

كما أن الحبيبات غير المنتظمة فى الشكل لها مساحة سطوح أكبر، وبالتالى قدرة أعلى على حفظ الماء عن الحبيبات الملساء والمستديرة، هذا بالإضافة إلى أن المواد المسامية يمكنها حفظ الماء بداخل مسامها إلى جانب ما تحتفظ به فى المسافات البينية، وهذا يزيد من كمية الماء الذى تحتفظ به البيئة.

وفى الوقت الذى يجب أن تكون فيه للبيئة قدرة كبيرة على الأحتفاظ بالماء فإنها أيضاً يجب أن تكون لها قدرة أكبر على صرف هذا الماء لضمان جودة التهوية فى البيئة، ولذلك يجب تحاشى أن تكون حبيبات البيئة ناعمة جداً فتحتفظ بكمية كبيرة من الماء ويقل معه معدل صرفه للمحلول، مما يؤدى إلى انخفاض حركة الأكسيجين خلال حبيبات مادة البيئة. ومما تجدر الملاحظة إليه وجود الأتربة الناعمة فى بعض البيئات الصلبة خاصة بيئة الرمل والحصى والذى يزيد من قدرة البيئة على الاحتفاظ بالماء، مما يقلل معدل الصرف، بل قد يعوقه ولذلك يجب التخلص منه بالغسيل.

ثانياً : عدم وجود مواد ضارة أو سامة

يجب ألا تحتوى البيئة على مواد ضارة بنمو النباتات. فبيئة نشارة الخشب Sawdust مثلاً تحتوى غالباً على تركيز مرتفع من أملاح كلوريد الصوديوم NaCl، نظراً لما تتعرض له ألواح الخشب من نقع فى محلول ملحي لمددطويلة، وكذلك بيئات الرمل Sand والحصى Gravel قد تحتوي على تركيزات مرتفعة من الأملاح على حسب مناطق الحصول عليه ولذلك فمن الضرورى تقدير تركيز الأملاح في بيئة النمو، فإذا وجد مرتفعاً وجب التخلص منه بالغسيل بالماء العذب.

كذلك فإن الرمل أو الحصى الناتج من مادة الأصل الجيرية (كربونات الكالسيوم $CaCO_3$) يجب تحاشى استخدامه، حيث إن وجود كربونات الكالسيوم من شأنه أن

يؤدى إلى ارتفاع رقم الـpH للمحلول المغذى إلى الجانب القاعدى (pH أكبر من ٧)، وهذا الارتفاع فى قاعدية المحلول يؤدى إلى ترسيب الحديد والفوسفور، وبالتالى يعاني النبات من نقص هذه العناصر بالرغم من تواجدها فى المحلول المغذي. وعند وجود ضرورة إلى استخدام مثل هذه البيئات تحت هذه الظروف فإنه يتم غسلها بالأحماض المخففة مثل: حامض الأيدروكلوريك HCl، حيث يعمل على تحويل الكربونات في كربونات الكالسيوم إلى ثاني أكسيد الكربون CO_2، والماء H_2O ، وبالتالى يتم التخلص من الكربونات وتأثيرها القاعدى، ويستكمل التفاعل باتحاد الكلوريد مع الكالسيوم مكوناً ملح كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ سهل الذوبان والغسيل كما يتضح من المعادلة التالية :

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2 \uparrow$$

كما أنه من الممكن تحت ظروف خاصة نقع هذه المواد فى محلول فوسفاتى، حيث يؤدى ذلك إلى تقليل خروج الكربونات إلى المحلول، ومع ذلك فإن تأثير هذه المعاملة يستمر لفترة زمنية قصيرة تنشأ بعدها مشاكل فى تغذية النباتات.

ثالثاً : درجة الصلابة

يجب أن تكون البيئة الصلبة من مادة ثابتة لا تتكسر ولا تتفتت بسهولة مما يساعد على استخدامها لفترات طويلة، بالإضافة إلى أن المواد الناعمة سهلة التكسر تفقد بناءها بسرعة، وتقل أقطار حبيباتها سريعاً مما يؤدى إلى تضاغط البيئة وسوء تهوية الجذور بها. لذلك فإن حبيبات أو حصوات صخر الجرانيت تعتبر من أفضل المواد من حيث الصلابة والتماسك وخاصة تلك المحتوية على نسبة عالية من الكواتز والكالسيت والفلنسبارات.

وجدير بالذكر أنه إذا ما استخدمت البيئات الصلبة فى الزراعة فى مزارع خارج الصوبة Open field فإنه يجب تحاشى استخدام الحبيبات التي لها حواف حادة غير منتظمة، حيث إن قدرتها على تثبيت النباتات قليلة مما يجعل النباتات سهلة الرقاد بالرياح، فإذا كان ولابد من استخدام هذه المواد فإنه يجب أن تكون الخمسة سنتيمترات العلوية من البيئة من حبيبات ذات حواف ناعمة .

نماذج من بيئات النمو الصلبة فى العالم

١ - البيت موس Peat Moss

والبيت موس عبارة عن مادة عضوية متحللة توجد فى مستنقعات المناطق الرطبة على مساحات كبيرة تعرف بمناجم البيت ، حيث يتم الحصول عليه فى درجات متباينة من التحلل نظراً لاختلاف طبيعة المواد والنباتات الموجودة فى هذه المستنقعات، وعليه يجب إجراء عملية فرز أولية لاستبعاد جذوع الأشجار والشجيرات غير المتحللة والتى يتم طحنها والحصول منها عى درجة أو Grade من درجات تصنيف البيت موس ، أما باقى المواد فيتم تصنيفها على حسب درجة النعومة التي هى عليها. وفي الغالب يكون هناك ثلاث درجات من النعومة للبيت موس والتى تحدد إلى حد ما طبيعة استخدامها فى الزراعة، وهذه الدرجات هى :

أ - البيت موس الناعم Fine Peat Moss Grade

وأقطار حبيباته أو جزيئاته تتراوح من صفر إلى ١٠ مم وهو مناسب لزراعة النباتات الصغيرة أى فى مراحل النمو الأولى وذلك فى الأصص الصغيرة حتى قطر ٧ سم .

ب - البيت موس المتوسط النعومة Medium Peat Moss Grade

تتراوح أقطاره من صفر إلى ٢٥ مم وهى مناسبة للنباتات متوسطة العمر والتي تزرع غالباً فى أصص قطرها يبدأ من ٥ – ١٣ سم أو الأصص والأكياس حجم ١ لتر .

ج - البيت موس الخشن Coarse Peat Moss Grade

وهذا النوع تتراوح أقطاره من صفر إلى ٣٥ مم ويستخدم فى حالة المحاصيل التي تمكث فترة طويلة فى بيئة النمو والتى غالبا ما يتم زراعتها فى أصص قطرها أكبر من ١٣ سم أو التي يزيد حجمها عن ١ لتر .

ويعبأ البيت موس سائباً فى أكياس ويسوق للاستخدام كبيئة للزراعة اللاأرضية ، أو يضغط فى مكعبات ، وهذه المكعبات تستخدم فى إنبات البذور والحصول منها على شتلات قوية تستخدم فى الزراعة فى بعض البيئات الصلبة الأخرى . . والبيت موس مادة غنية في محتواها من العناصر الغذائية وتستخدم بشكل واسع فى أوربا وفى مصر يتم استيرادها واستخدامها فى مشاتل نباتات الزينة بشكل واسع منفردة أو مخلوطة مع

بيئات أخرى لتحسين حالتها الغذائية وقدرتها على الاحتفاظ بالماء .

كما أن الزراعة المباشرة فى مادة البيت موس فى المناطق المتوفرة به يعطى نمواً جيداً ومحصولاً وفيراً.

ومادة البيت موس تختلف فى بعض صفاتها وفى محتوى العناصر بها باختلاف مناطق الحصول عليها ، إلا أنها بشكل عام تحتوى على المادة العضوية بنسبة من ٩٤ – ٩٩٪ ، ورقم الحموضة pH يتراوح ما بين ٢,٥ – ٤,٥ والمسامية بها من ٩٥ – ٩٨٪ ، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء تتراوح ما بين ٧٠٠ – ١٠٠٠ جرام لكل ١٠٠ جرام ، والعناصر الغذائية بها كما يلى :

النيتروجين أقل من ٥٠ ملليجرام /لتر – الفوسفور أقل من ٣٠ ملليجرام / لتر

البوتاسيوم أقل من ٤٠ ملليجرام / لتر – المغنسيوم أقل من ٨٠ ملليجرام / لتر

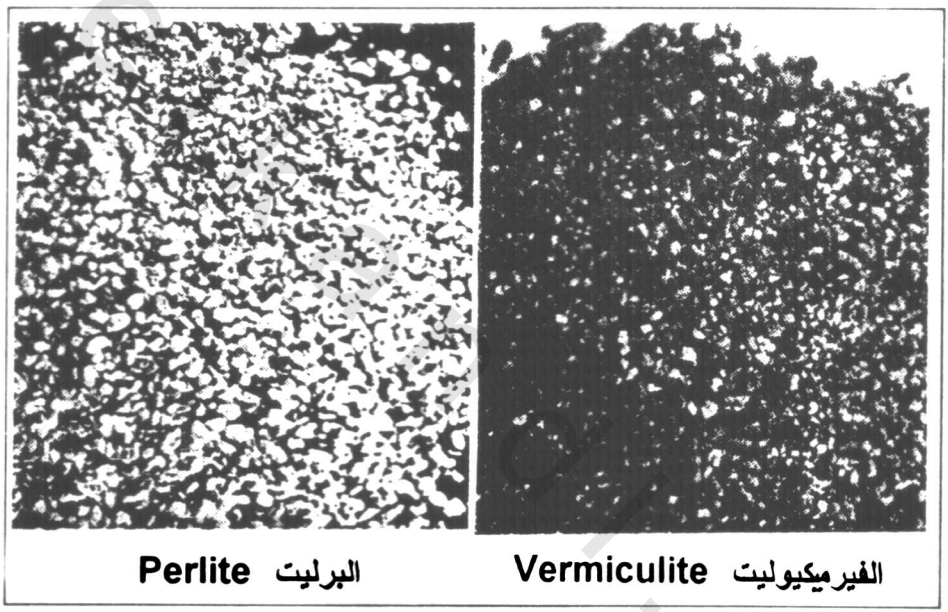
٢ – سفاجنيوم موس Sphagnum Moss

وهذا المكون يشبه البيت موس من حيث ظروف النشأة والخواص إلا أن المخلفات المتحللة هي لإحدى نباتات المستنقعات الحامضية من جنس Sphagnum . ويتميز سفاجنيوم موس بقدرته الكبيرة على امتصاص الماء الذى يبلغ ٨ أمثال وزنه بعد التشبع وصرف الماء الزائد والذى ينصرف بسهولة. والسفاجنيوم يميل إلي الحموضة ، ومع ذلك فقدرته على مقاومة التغير فى رقم الـpH عالية High buffering capacity . ويوجد من السفاجنيم نوعين : الأول : غامق اللون وهو الذى أخذ حظه من التحلل ، والثاني : فاتح اللون متوسط التحلل يتميز بالتهوية الجيدة وبقيمة متوسطة للاحتفاظ بالماء مما يزيد من سعره .

٣ – الفيرميكيوليت Vermiculite

عبارة عن رقائق معدنية Flaky mineralS تستخرج من مناجم الميكا فى أفريقيا وأمريكا وأستراليا. وللحصول على الصورة المستخدمة كبيئة زراعية، يتم معاملة المعدن الخام لدرجة حرارة ١٠٠٠ درجة مئوية فتتحول الرطوبة الموجودة به إلي بخار يزيد من الضغط داخل طبقاته، فيؤدى ذلك إلى تكسير وتقسيم هذه الطبقات إلى جزئيات أو أجزاء صغيرة خفيفة ومسامية ذات صفات جيدة للزراعة اللا أرضية (شكل ١٠–٩).

ومن الناحية الكيميائية فإن الفيرميكيوليت عبارة عن سليكات الحديد والألومنيوم والماغنسيوم المتأدرتة والتي تمتاز بقدرتها على الاحتفاظ بقدر مناسب من الماء والتبادل الكاتيونى والقدرة التنظيمية العالية. ويمتاز الفيرميكيوليت بوجود عنصرى الماغنسيوم والبوتاسيوم فى صورة ميسرة يمكن للنباتات امتصاصها والاستفادة منها. ويعتبر الفيرميكيوليت مادة ماصة للماء، وبالتالى يظل مبتلاً معظم الوقت ، ولذلك يفضل خلطه بمواد أخري ليقلل ذلك من حالة الابتلال لتظل الرطوبة مناسبة لنمو النبات.



شكل (١٠-٩) : عينات من بيذات الفيرميكيوليت والبرليت المستخدمة في الزراعة اللاأرضية

٤ - البرليت Perlite

عبارة عن زجاج بركانى يتم الحصول عليه عند تبريد الحمم المنصهرة بسرعة. وعند طحن هذا الزجاج البركاني وتسخينه حتي درجة حرارة قدرها ١٠٠٠ درجة مئوية، يتحول إلى حبيبات صغيرة بيضاء مرنة تشبه فى قوامها قوام الفوم المحبب Granulated foam (شكل ١٠-٩) . ويتميز البرليت بأنه مادة قليلة المسامية وفى الوقت نفسه

جيدة الصرف مما يجعل من البرليت والفيرميكيوليت مادتين تكملان بعضهما من حيث امتصاص الماء والصرف والتهوية، وأفضل نسبة منهما توفر المثالية فى بيئة النمو هى ١ : ٢ أى حجمين من البرليت وحجم واحد من الفيرميكيوليت. والبرليت على عكس الفيرميكيوليت، حبيباته خاملة وليس لها القدرة على التبادل الكاتيونى وليس لها قدرة على التنظيم No buffering، ولا توجد به عناصر غذائية فى صورة ميسرة للنبات، ولكن الحبيبات مع بعضها تتميز بوجود الخاصية الشعرية مما يسهل من استخدامها كبيئة تروي بنظام الرى تحت السطحى.

٥ - البوميس Pumice Stone

والبوميس - يشبه البرليت - فهو من الصخور السليكاتية من أصل بركانى. وهو موجود طبيعياً ولا يحتاج إلي حرارة أو تسخين، بل إن كل ما يجري عليه من عمليات هو التكسير والطحن إلى الحجم المناسب من الحبيبات. والبوميس مادة أثقل من البرليت ولا تمتص الماء بسهولة. ويستخدم البوميس بمفرده أو مخلوطاً مع الرمل والبيت موس.

٦ - نشارة الخشب Sawdust

هو عبارة عن قلف الأشجار والبقايا والمخلفات التي تنتج أثناء العمليات التصنيعية للأخشاب فى المصانع وورش النجارة. وفى المناطق التي تنتشر فيها الغابات ويكثر فيها تصنيع الأخشاب مثل : شمال غرب الولايات المتحدة الأمريكية وغرب كندا وكولومبيا، يتم إنتاج هذه النشارة بكميات كبيرة، مما أدى إلي استخدامها كبيئة للزراعة اللاأرضية. ومن أهم ما يميزها فى هذه المناطق توفرها ورخص ثمنها وخفة وزنها. وتنتشر الرطوبة فى نشارة الخشب الناعمة أسرع من انتشارها فى النشارة الخشنة، وتستخدم نشارة الخشب بمفردها أو مخلوطة مع السفاجنيم موس أو البيت موس أو الرمل وتعطى نتائج جيدة.

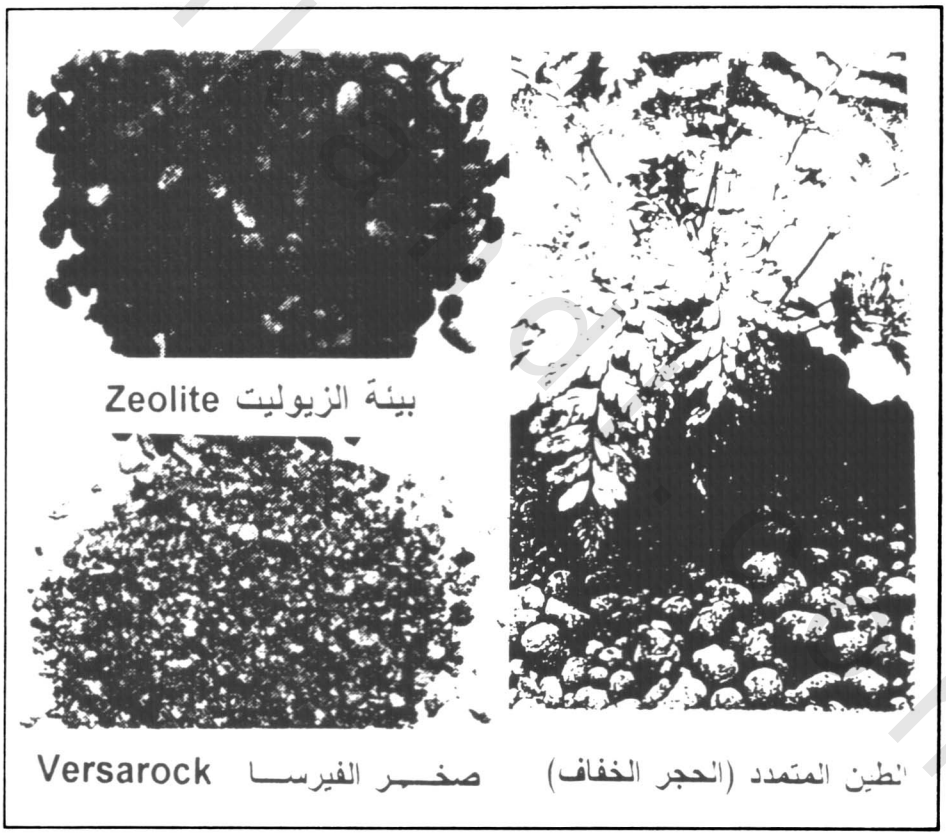
٧ - صخر الفيرسا Versa Rock

صخر الفيرسا هو ناتج الرماد البركانى للأصول الجرانيتية والذى يعتبر من الخلطات الأولية للسيراميك شكل (١٠ - ١٠)، وصخر الفيرسا يتكون من الناحية الميزالوجية من الكاؤلينيت والأوبال، وهى مادة خاملة، لها القدرة على مقاومة التغير فى رقم الـ pH، ولها القدرة على امتصاص الماء، وتتميز بأنها مادة مسامية، يتخللها الهواء بسهولة نظراً لوجود جزيئاتها فى أشكال ذات ٤ - ٦ أوجه، ومع ذلك فقدرتها على التبادل

الكاتيونى ضعيفة، كما أنها خفيفة الوزن، وتتميز أيضاً بصفة العزل الحرارى Insula-tion بحيث لا ترتفع درجة حرارتها بسرعة فى الجو الحار، ولا تنخفض أيضاً بسرعة فى الجو البارد، ويتميز صخر الفيرسا بميزة فريدة تميزه عن كل بيئات النمو وهو تغير لونها بتغير حالة الرطوبة التى هى عليها مما يعطى مؤشراً جيداً لكمية الرطوبة بها، الأمر الذى يسهل معرفة وقت الحاجة إلى الرى.

٨ - الطين المتمدد Expanded Clay

والطين المتمدد يعرف باسم « الليكا LECA » اختصاراً للتعريف الإنجليزى Light Expanded Clay Aggregates، أى « تجمعات الطين المتمدد الخفيف »، وهو ما يعرف فى مصر وفى بعض البلاد العربية باسم الحجر الخفاف شكل (١٠ - ١٠).



شكل (١٠ - ١٠): عينة من بيئات صخر الفيرسا والزيوليت والطين المتمدد والتي تستخدم في الزراعات اللاأرضية

وينتج هذا النوع من «الطين المتمدد» من تسخين مزيج من الطين فى خلاط يدور بسرعة كبيرة ليتكون نتيجة ذلك كرات صغيرة الحجم، خفيفة الوزن، مسامية، لها خاصية شعرية، وذات تهوية عالية، وينتج الطين المتمدد أو الحجر الخفاف فى أحجام مختلفة تستخدم بكثرة فى الزراعات المنزلية سواء كان ذلك بالزرعة فيه مباشرة أو وضعه على سطح أى بيئة أخرى حيث يعوق نمو وانتشار الطحالب.

٩ - البلاستيك المتمدد Expanded Plastic

فى كثير من دول العالم تجرى التجارب على تخليق بعض المواد كيميائياً من المركبات العضوية مثل: البولى يوريثان Polyurethane، البولى سيترين Polystyrene، أو اليوريا فورمالدهيد Urea-formaldehyde بهدف استخدامها كبيئة زراعية فميا يعرف بالبلاستيك المتمدد Expanded plastic، أو الفوم المحبب Synthetic granulated foam.

والفوم الناتج عبارة عن حبيبات Granules خاملة كيميائياً، خفيفة الوزن تصنع فى أشكال وأحجام متعددة ذات كثافة ومسام مختلفة، هذه الاختلافات فى الحجم والكثافة والمسام يعطى لمادة الفوم قدرة على حفظ الماء Water retention capacity تختلف تبعاً لنوع ومواصفات الحبيبات المكونة لها، ولقد وجد أن ٤٥٤ جراماً من الفوم الناتج من مادة اليوريا فورمالدهيد Urea-formaldehyde يحتفظ بحوالى ١٢ جالوناً أمريكياً من الماء (حوالى ٤٥ لتراً)، ومادة الفوم لا تحتفظ بالعناصر الغذائية بشكل جيد وليست دعامة جيدة للنباتات النامية بها، كما أنها ليس لها قدرة تنظيمية على تغير رقم الـ pH ولذلك يفضل استخدامها مع بيئات أخرى.

ولقد استخدمت مخاليط من مادة الفوم Foam والرمل Sand بنجاح كبير فى إنتاج الأبصال المختلفة وزراعة نباتات القرنفل والطماطم والعديد من النباتات التى تزرع فى المنازل، والفوم يستخدم بشكل جيد أيضاً كمادة لإنتاج الشتلات من خلال مكعبات وبلوكات الإنبات المصنعة منها.

١٠ - الزيوليت Zeolite

وهو عبارة عن مجموعة من السليكات المائية التى تؤدى إلى زيادة السعة التبادلية الكاتيونية فى التربة، والمكون الأساسى فى الزيوليت هو Clinoptilolite الذى يتكون من الكالسيوم والبوتاسيوم والماغنسيوم والصوديوم والالومنيوسليكات، ويوجد الزيوليت بشكل طبيعى فى بعض المناطق إلا أنه لم يستخدم حتى الآن على نطاق واسع كبيئة للزراعة اللاأرضية بالرغم من استخدامه بنجاح فى الولايات المتحدة الأمريكية، بالإضافة إلى مادة أخرى هى الأباتيت Apatite، وتتميز بالقدرة على التبادل الكاتيونى العالى والذى يسهل على النباتات الاستفادة منه، كما أنه يشبه الحصى من حيث الوزن والحجم شكل (١٠ - ١٠).

١١ - مخاليط بيئات الزراعة اللاأرضية Soilless Mixtures

معظم مخاليط بيئات الزراعة اللاأرضية تحتوى على بعض التوليفات من الرمل Sand والبيت Peat moss والبرليت Perlite والبوميس Pumice والفرمكيوليت Vermiculite، وتساهم كل بيئة من هذه البيئات بقدر معين فى مخلوط البيئة اعتماداً على نوع النباتات المطلوب تنميتها بها.

ونظراً لأن مادة البوميس رخيصة الثمن فإنها تحل محل مادة البرليت فى معظم مخاليط البيئات، هذا بالإضافة إلى أن مادة السفاجنيم أيضاً يمكنها أن تحل هى الأخرى محل مادة البيت موس فى حالة توفرها فى منطقة من المناطق.

ومن أمثلة هذه المخاليط :

مكونـــات المخلـــوط	نسبة الخلط	الاســـتخدام
بيت موس : البرليت : الرمل	بنسبة ٢ : ٢ : ١	وتستخدم كبيئة للزراعة المستديمة
بيت موس : البرليت	بنسبة ١ : ١	تستخدم كبيئة لإنتاج الشتلات
بيت موس : الرمل	بنسبة ١ : ١	تستخدم كبيئة لإنتاج الشتلات وبيئة للزراعة المستديمة
بيت موس : الرمل	بنسبة ١ : ٣	تستخدم كبيئة لإنتاج الشتلات
بيت موس : الرمل	بنسبة ٣ : ١	يعطى بيئة خفيفة الوزن، يمتاز بالتهوية الجيدة، تستخدم كبيئة للزراعة فى أصص أو بيئة للمشتل
بيت موس : الفيرميكيوليت	بنسبة ١ : ١	وتستخدم كبيئة لإنتاج الشتلات
الفيرميكيوليت : البرليت	بنسبة ١ : ١	بيئة خفيفة الوزن، ممتازة فى إنتاج الشتلات
بيت موس : البوميس : الرمل	بنسبة ٢ : ٢ : ١	وتستخدم كبيئة للزراعة المستديمة

وطبيعة كل بيئة من البيئات السابقة تحدد إلى حد كبير طريقة استخدامها فى الزراعة ونوع الحاويات المستخدمة لها .

نماذج لمزارع البيئات الصلبة Solid Medium Cultures

مع اختلاف أنواع البيئات الصلبة المستخدمة فى المزارع اللاأرضية إلا أنها يمكن تقسيمها تقسيمًا عامًا كما كان متبعًا منذ سنة ١٩٧٦ بحيث تصبح كل المزارع التى قطر حبيباتها أقل من ٣ مم مزارع رملية، ومزارع البيئات الأخرى التى يكون قطر حبيباتها أكبر من ٣مم تعتبر مزارع حصى. وعلى هذا الأساس سوف نسوق مثالاً للمزارع الرملية، وآخر لمزارع الحصى، وعلى أساسهما ينطبق استخدام أى بيئة مماثلة فى القطر فى الزراعات اللاأرضية مع بعض التعديلات البسيطة التى قد تلزم، نتيجة اختلاف الصفات الطبيعية للبيئة المستخدمة.

أولاً: مزارع الحصى Gravel and Stone Cultures

الحصى هو تعبير حجمى يطلق على الحبيبات التى أقطارها تزيد عن ٣ مم (١٢,٠ بوصة)، وبالتالى يشمل كل حبيبات وجزيئات المواد الصلبة المسامية وغير المسامية الثابتة وغير القابلة للانهيار، ولا يقتصر اللفظ على حبيبات الجرانيت المسحوق أو الكوارتز.

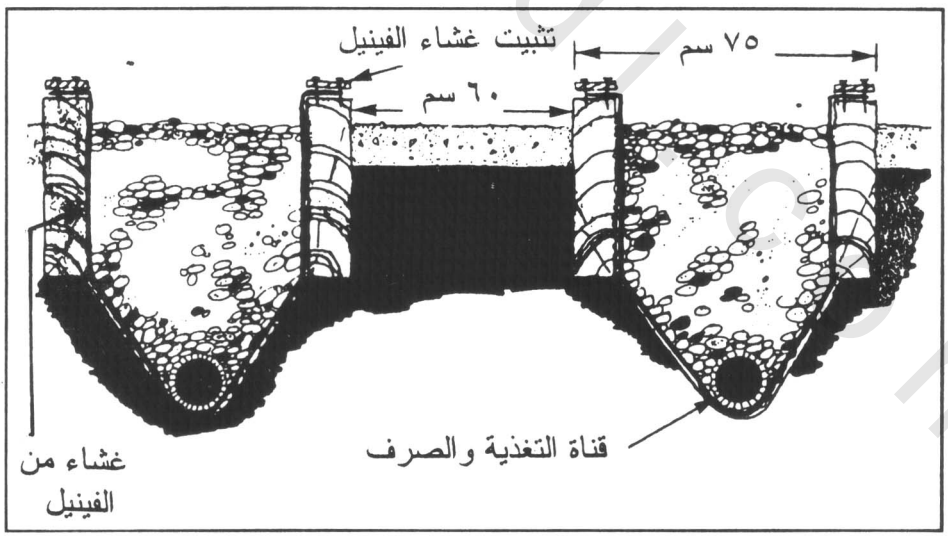
وتختلف أقطار الحصى المستخدم باختلاف طريقة الرى المراد استخدامها، أو الطريقة المتوفرة للاستخدام. فعند استخدام الرى تحت السطحى Sub-irrigation فإن أقطار الحصى تتفاوت ما بين ١٢,٠ - ٦٠,٠ بوصة (٣- ١٥مم) مع مراعاة أن يكون نصف الحصى المستخدم له أقطار فى حدود ٥,٠ بوصة (١٠ - ١٢مم) وأفضل حصى هو الجرانيت المجروش غير منتظم الشكل، وعند استخدام طريقة الرى بالتنقيط Drip irrigation أو (الإسباجيتى) فإن حبيبات الحصى يجب أن تكون أقطارها أقل، حيث تتراوح ما بين ١٢,٠ - ٣٦,٠ بوصة (٣ - ٩مم) على أن يكون نصف حجم الحصى المستخدم ذو أقطار فى حدود ٢,٠ بوصة (٥-٦مم).

ومزارع الحصى تحتاج إلى حاويات يوضع فيها بيئة النمو ، وهذه الحاويات عبارة عن مراقد أو أحواض:

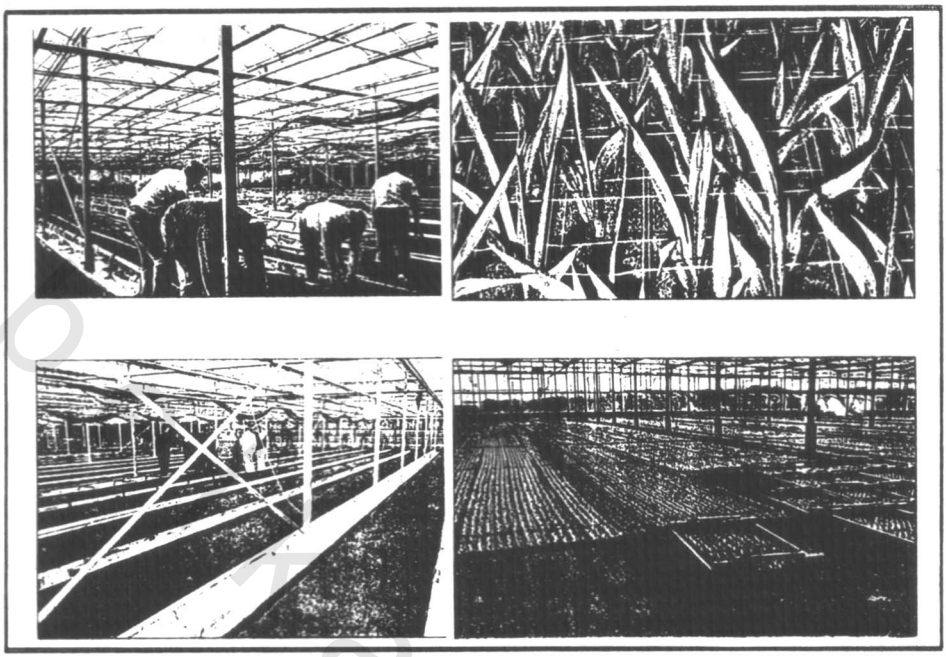
المراقد وأحواض النمو :

يجب تصميم مراقد Beds وأحواض Boxes الزراعة بالشكل الذى يسمح بسرعة ملئها بالمحلول وسرعة وكفاءة عملية الصرف. وحتى يتحقق ذلك فإن قاع الحوض أو المرقد لا يكون مستويًا، وإنما يكورن ذو ميل يسمح بتجميع الماء الزائد من الرى، وهذا الميل إما أن يكون فى اتجاه واحد أو يكون فى منتصف القناه، حيث يصبح قاع الحوض على شكل حرف V، كما فى شكل (١٠-١١). كما يجب ألا يقل عرض المرقد عن ٢٤ بوصة (٦٠ سم) وعمق من ١٢-١٤ بوصة (٣٠-٣٥سم) وطول لا يزيد عن ١٢٠-١٣٠ قدم (٣٥-٤٠)متر وميل يتراوح ما بين ١-٢ بوصة لكل ١٠٠ قدم. ويتم دخول المحلول إلى البيئة وصرفه منها عن طريق ثقوب أقطارها من ٠,٢٥-٠,٥٠ بوصة (٦-١٢م) على مسافات تتراوح ما بين ٣٠-٦٠سم على مدى الطول الكلى للماسورة على أن تكون الثقوب على السطح الأسفل للماسورة لمنع دخول جذور النباتات إلى داخلها.

يتم ملأ المرقد بالحصى حتى ارتفاع ١ بوصة (٢,٥سم) من قمة المرقد عند الجانب الملاصق لخزان المحلول وحتى ارتفاع ٢ بوصة (٥ سم) من قمة المرقد عند الطرف البعيد له، ثم يستخدم أحد أنظمة الرى المناسبة. والشكل (١٠-١٢) يوضح مراقد النمو المنفذة فى كامل أرضية الصوبة لمزرعة حصى من البوميس.



شكل (١٠-١١): قطاع عرضي لمرقد مزرعة حصي تروي بطريقة الري تحت السطحي



شكل (١٠-١٢): الزراعة في أحواض مجهزة علي أرضية الصوبة بها بيئة البوميس

المواد المستخدمة فى الإنشاءات :

حيث إن الأسمدة المستخدمة فى تحضير المحلول المغذى هى مواد مسببة للتآكل Cor-resive فإن أجزاء نظام الرى التى يتعرض لهذا المحلول مثل المضخات والمواسير والمحابس سوف تتأكل بعد فترة زمنية قصيرة. ومن جهة أخرى فإن المواد المجلفنة والتى تقاوم التآكل ينطلق منها كميات كبيرة من الزنك إلى المحلول إلى درجة حدوث سمية للنباتات ونفس المشكلة بالنسبة للمواد المصنوعة من النحاس. ولذلك يجب استخدام الأنابيب والوصلات والمضخات المصنوعة من البلاستيك، وكذلك فإن خزان المحلول المغذى يجب أن يكون من البلاستيك أو الخرسانة، أما المراقد والأحواض (أحواض النمو) فيمكن أن تكون من الخشب المبطن من الداخل بشرائح البلاستيك السميك (٦ ميل mil) ويفضل شرائح الفينيل (٢٠ ميل mil) والتى تستخدم عادة فى أحواض السباحة. كما يمكن تجهيز هذه المراقد باستخدام الخرسانة ولكنها فى هذه الحالة تكون مكلفة.

طرق الرى فى مزارع الحصى :

أولاً : الرى تحت السطحى Sub-surface Irrigation

تستخدم عدة طرق فى رى مزارع الحصى، وبصفة عامة فإن النظام الشائع الاستخدام هو نظام الرى تحت السطحى Sub-surface or Sub-irrigation system والذى يعتبر من الأنظمة المغلقة Closed system فى التغذية.

وهذا النظام يتم فيه ضخ المحلول المغذى الموجود فى خزان التغذية بواسطة مضخة طرد مركزى تعمل على فترات متقطعة ينظمها جهاز توقيت (Timer) إلى الأنابيب المثقبة الممتدة بطول الحوض أسفل سطح الحبيبات. ويستمر عمل المضخة لفترة زمنية مضبوطة أوتوماتيكيًا تكون كافية لأن يغمر المحلول المغذى بيئة النمو (لمدة ١٠ – ١٥ دقيقة)، ثم تفصل دائرة موتور المضخة، وبالتالى يهبط المحلول بالجاذبية الأرضية لينصرف مرة أخرى إلى خزان المحلول المغذى (أى أن الخزان يعمل كمصرف مجمع وكخزان للمحلول فى وقت واحد). وبعد فترة زمنية مناسبة تعتمد على خواص مادة بيئة النمو ونوع وعمر النبات، بالإضافة إلى العوامل المناخية، يعاد ضخ المحلول إلى البيئة مرة ثانية (شكل ١٠– ١٣).

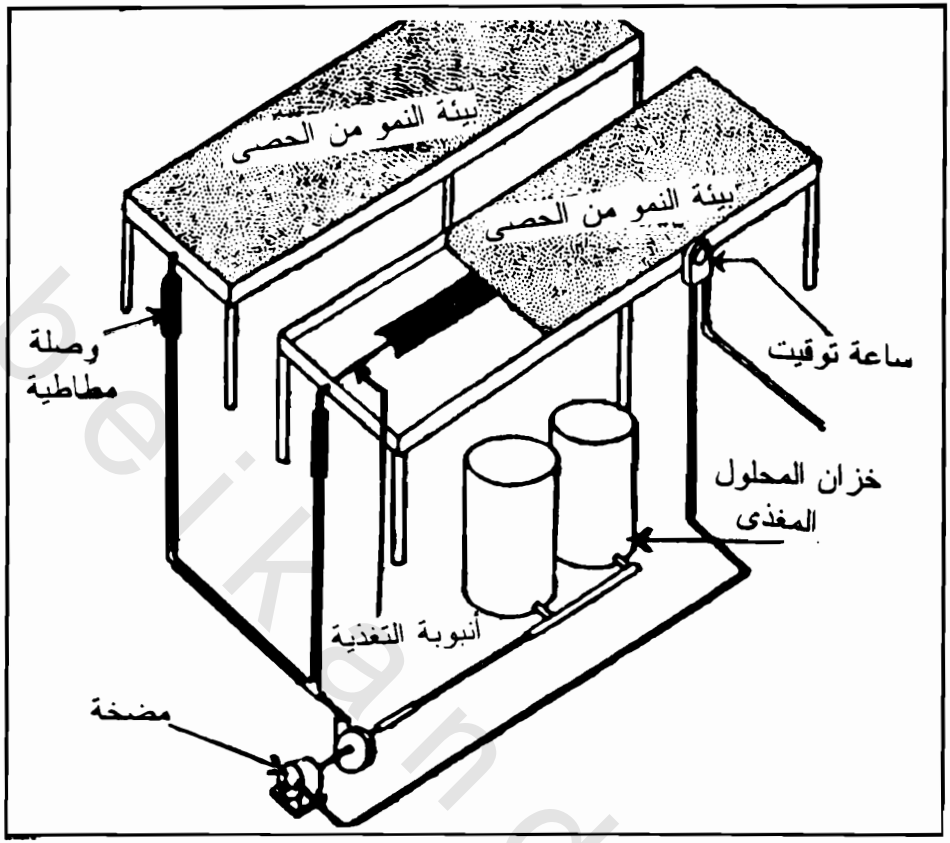
ويعتبر توقيت فترات الرى وطول فترة الرى من العوامل الهامة فى نجاح نظام الرى تحت السطحى، وكل دورة رى يجب أن توفر للنبات احتياجاته من الماء والمغذيات، بالإضافة إلى التهوية المناسبة للجذور.

* توقيت فترات الرى (الفترة ما بين الريات)

تعتمد الفترة ما بين الريات على عدد من العوامل هى :

أ – حجم حبيبات البيئة.
ب – شكل الحبيبات.
جـ – طبيعة المحصول.
د – حجم النبات.
هـ – العوامل المناخية.
و – الوقت من اليوم.

فالحبيبات الملساء السطح والمنتظمة الشكل والكبيرة الحجم يجب ريها على فترات قصيرة بالمقارنة بالحبيبات المسامية غير المنتظمة الشكل والصغيرة الحجم.



شكل (١٠-١٣): رسم تخطيطي لنظام الري تحت السطحي في مزارع الحصي

والمحاصيل ذات المجموع الخضرى الكبير والتى تنتج ثماراً تحتاج إلى تقارب فترات الرى عن المحاصيل قصيرة العمر ذات المجموع الخضرى المحدود. فزيادة المجموع الخضرى للنبات يزيد من معدل فقد الماء بالنتح نتيجة لكبر مساحة سطوح الأوراق المعرضة للجو، كما أن المناخ الحار الجاف أثناء فصل الصيف يساعد ويشجع أيضًا على زيادة معدل البخر ويجعل من تقارب فترات الرى أمراً ضرورياً، فى حين تتباعد المسافة بين الريات في ظروف الجو المعتدل والبارد. بالإضافة إلى ذلك فإن اختلاف درجة الإضاءة والحرارة خلال فترات اليوم يؤدى إلى اختلاف معدلات الرى، وحيث إن شدة الإضاءة والحرارة تكون فى أقصى درجاتها عند منتصف النهار، فإنه يجب اختصار الوقت بين الريات. ويعتبر الرى بمعدل ٣ – ٤ مرات يومياً خلال شهور فصل الشتاء وبحد أقصى ١٥ دقيقة فى كل دورة أمراً جيداً لمعظم المحاصيل. أما فى شهور فصل الصيف فإنه قد يصل الأمر إلى الرى كل

ساعة خلال فترات النهار ولا توجد ضرورة لضخ المحلول والرى أثناء فترة الليل.

ومن العوامل الهامة التى تؤثر أيضًا فى عدد مرات الرى (وتقليل الفترة بين الريات) هو طبيعة امتصاص النبات للماء من المحلول المغذى، حيث يقوم النبات بامتصاص الماء بمعدل أسرع من امتصاص المغذيات الأمر الذى يؤدى إلى ازدياد تركيز الأملاح فى الأغشية المغذية حول الحبيبات وجذور النباتات، كذلك يزداد تركيز الأملاح فى الغشاء المغذى مع ازدياد معدل النتح وزيادة معدل امتصاص الماء. وبزيادة عدد مرات الرى يتم توفير الاحتياجات الكبيرة من الماء للنباتات النامية وتصبح كمية الماء فى الفراغات البينية فيما بين الحبيبات عند المستوى الأمثل، وهذا من شأنه منع زيادة تركيز الأملاح فى المحلول المغذى حول جذور النباتات بدرجة كبيرة فى الفترة ما بين الريات. كما أنه من المهم أن يتم الرى على فترات متقاربة أيضًا حتى لا يحدث استنفاذ كبير للمغذيات فى المحلول المحيط بالحبيبات، ومن الطبيعى أن يكون تركيب المحلول المغذى حول الحبيبات مماثلاً تقريبًا لتركيب المحلول الموجود فى الخزان، وذلك عقب الرى مباشرة. وباستمرار امتصاص المغذيات فإن تركيزها فى البيئة يتغير سواء بالنسبة لنسب الأيونات إلى بعضها البعض، أو بالنسبة للتركيز الكلى للأيونات و pH المحلول. وتباعد فترات الرى قد يؤدى إلى ظهور أعراض نقص بعض العناصر على النباتات بالرغم من أن المحلول المغذى المستخدم فى التغذية يحتوى على كميات كافية من هذه العناصر لذلك يجب تقريب فترات الرى للحفاظ على تركيب المحلول المغذى فى وسط النمو مماثلاً لذلك الموجود فى خزان المحلول المغذى. ولا يؤثر تقليل الفترات بين الريات على درجة التهوية طالما أن مهد النمو يتم صرفه تمامًا بين الريات.

* سرعة ضخ وصرف المحلول من أحواض النمو

تتحكم السرعة التى يتم بها ضخ المحلول المغذى إلى البيئة وصرفه منها فى درجة تهوية جذور النباتات النامية بها. فالجذور تحتاج إلى الأكسيجين لعمليات التنفس الذى يمد النباتات بالطاقة اللازمة لامتصاص الماء والعناصر الغذائية، وبالتالى فإن عدم كفاية ونقص الأكسيجين حول الجذور يبطئ من نموها، وقد يؤدى إلى موتها وينعكس ذلك بالطبع على محصول النبات. وفى نظام الرى تحت السطحى حيث يملأ المحلول الفراغات الموجودة بين حبيبات الحصى بدءًا من أسفل ومتجها لأعلى فإنه يدفع الهواء الموجود

بينها والمحمل بتركيز منخفض نسبيًا من الأكسيجين وتركيز مرتفع من ثانى أكسيد الكربون إلى الخارج. وعند انصراف المحلول من البيئة فإنه يسحب الهواء من الجو إلى الفراغات البينية للحبيبات، وهذا الهواء الجديد يحتوى على نسبة مرتفعة نسبيًا من الأكسيجين وتركيز منخفض نسبيًا من ثانى أكسيد الكربون، وبالتالى فإن عملية ضخ المحلول وصرفه تحدد بل وتتحكم فى عملية تجديد الهواء ،والأكسيجين فى البيئة، وكلما زادت سرعة مرور المحلول (رى وصرف) فى بيئة الحصى كلما ازدادت سرعة إحلال الهواء الجديد إلى داخل البيئة. وتتأثر درجة التهوية أيضًا بتوقيت فترات الرى، فإذا تم غمر البيئة بالمحلول على فترات متقاربة فإن الفراغات ما بين الحصى تكون مملؤة بالماء أكثر منها بالهواء، وبالتالى ينخفض تركيز الأكسيجين حول الجذور.

وبصفة عامة فإن فترة زمنية قدرها ١٠ – ١٥ دقيقة لملأ البيئة بالمحلول ومثلها لصرف المحلول منها (الزمن الكلى لدورة الرى والصرف من ٢٠–٣٠ دقيقة) تعتبر كافية ومقبولة لكل رية، وعند صرف المحلول من البيئة يجب أن يكون الصرف تامًا حيث إنه من المطلوب وجود غشاء رقيق من المحلول حول الحبيبات دون وجود زيادة فى قاع المرقد والذى إن وجد يؤثر على نمو الجذور والنبات. وهذا الصرف السريع للمحلول من البيئة يمكن أن يحدث باستخدام أنبوبة قطرها كبير نسبيًا وذات ثقوب واسعة لمنع حدوث أى انسداد.

وخلاصة القول فإن دورة الرى المناسبة تستلزم :

١ – ملء المرقد بسرعة.

ب – صرف المحلول بسرعة.

جـ – صرف كامل للمحلول.

* تأثير دورات الرى على نمو النبات

عند تقليل عدد مرات الرى ينخفض محتوى بيئة الحصى من الرطوبة ويودى ذلك إلى زيادة تركيز الأملاح فى غشاء المحلول المغذى المحيط بالحبيبات، ونتيجة لزيادة الضغط الأسموزى فى هذا المحلول المغذى تنخفض قدرة الجذور على امتصاص الماء والعناصر الغذائية وبالتالى ينخفض معدل نمو النبات.

* منسوب المحلول فى البيئة

عند الرى يرتفع المحلول المغذى من أسفل إلى أعلى حتى يصل مستوى المحلول إلى ارتفاع ١ بوصة (٢,٥سم) من سطح الحصى، ويودى ذلك إلى استمرار جفاف الطبقة السطحية مما يقلل من معدل فقد الماء بالبخر، ويقل معه كذلك نمو الفطريات، هذا بالإضافة إلى أن جفاف هذه الطبقة يقلل من نمو جذور النباتات بها. وحتي إذا كان هناك نمو للجذور فإنه فى ظروف المناخ الحار ترتفع درجة الحرارة عادة فى الطبقة السطحية للبيئة لدرجة تضر بنمو أى جذور للنباتات بها.

* درجة حرارة المحلول

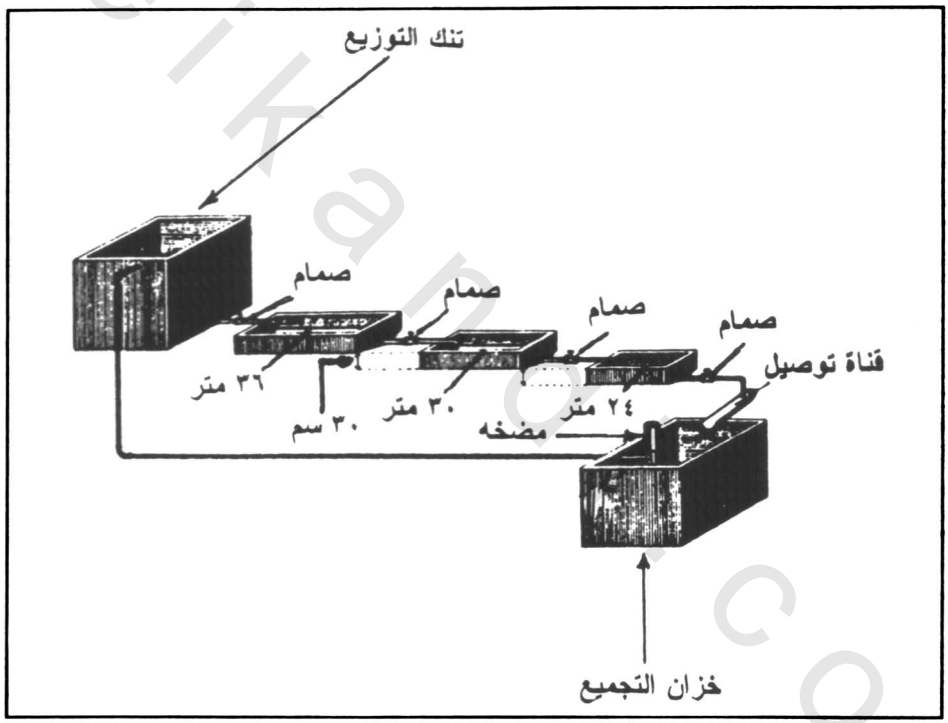
لا يجب أن تنخفض درجة حرارة المحلول المغذى عند درجة حرارة الهواء فى فترة الليل، ويمكن رفع درجة حرارة المحلول فى الخزان باستخدام مسخنات كهربائية **Heaters** تغمر فى المحلول. ويجب عدم استخدام أى مسخنات مغلفة بالرصاص أو الزنك حيث إنه يمكن أن تسبب سمية للنباتات ولذلك تستخدم مسخنات من الصلب غير القابلة للصدأ أو المغلفة بطبقة من البلاستيك الحرارى.

وهناك طريقتان للرى تحت السطحى تستخدمان تجاريًا فى الولايات المتحدة الأمريكية وبعض البلاد الأخرى يجدر الإشارة إليهما:

١ - الرى بتأثير الجاذبية الأرضية Gravity Sub-irrigation system والذى يعرف بنظام الشرفات Terrace System

ونظام الشرفات هو عبارة عن مجموعة من المراقد أو الأحواض التى تعمل على المنحدرات، وتتلخص الطريقة بعمل ثلاثة أحواض للزراعة بعرض ١٢٠ سم وارتفاع ٣٠ سم وطول ٣٦ متراً للأول و٣٠ متراً للثانى و٢٤ متراً للثالث.. هذه الأحواض الثلاثة يتم ترتيبها بحيث يكون كل حوض فى مستوى منخفض عن الحوض السابق له بمقدار ارتفاع الحوض (سطح الحوض الثانى فى مستوى قاعدة الحوض الأول). يوضع المحلول المغذى فى تنك رئيسى أعلى الحوض الأول بمقدار ١ متر وسعته ٤٠ لتراً لكل متر مربع من مساحة أكبر حوض. يتم التحكم فى حركة المحلول من التنك الرئيسى إلى الأحواض، وبين الأحواض وبعضها عن طريق صمامات أو محابس حيث يصل المحلول فى النهاية إلى

خزان لتجميع المحلول أسفل آخر حوض ومنه يتم ضخه مرة أخرى إلى التنك الرئيسى (شكل ١٠-١٤). فى بعض الأحيان تستخدم طريقة السيفون الأوتوماتيكى لنقل المحلول من حوض إلى الذى يليه، هذا ويمكن توفير ساعة توقيت Time-Clock وعوامات تنظيم Float switches وصمامات لولبية Solenoid valve فيتحول النظام كله إلى نظام أوتوماتيكى. ويجب أن يتم ملء كل حوض قبل السماح للمحلول بالانسياب إلى الحوض الذى يليه وهذا النظام الذى يعمل بالجاذبية الأرضية يوفر كثير من سعة الخزانات والمضخات حيث إنه يلزم فقط ضخ المحلول المغذى أو ماء الرى بما يفى باحتياجات الحوض أو المرقد الأول.

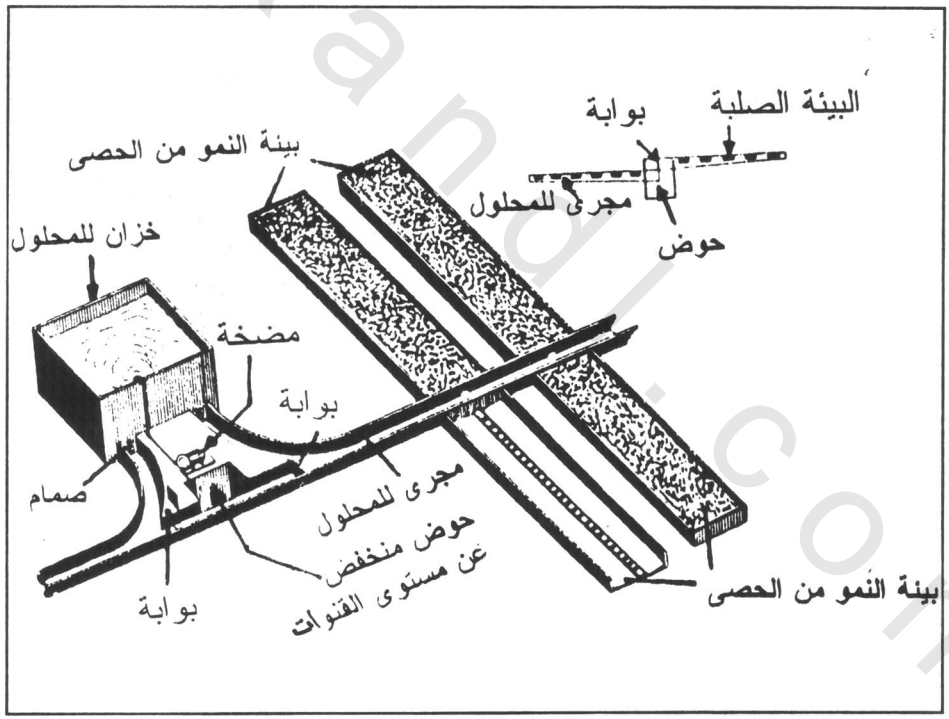


شكل (١٠ - ١٤): الري بنظام الشرفات

٢ - طريقة الرى تحت السطحى بطريقة القنوات

Gravel Sub-irrigation with the Flume Syste

فى هذا النظام يتم عمل أحواض الزراعة متوازية مع بعضها على أن يكون مستوى مواسير الرى السفلية فى هذه الأحواض فى نفس مستوى قنوات توصيل المحلول من الخزان الرئيسى والذى يرتفع عن سطح الأرض بمقدار ١ متر. يتم فتح خزان المحلول الرئيسى فيندفع المحلول إلى القنوات الرئيسية ومنها إلى قنوات أو مواسير أحواض الزراعة الموجودة أسفل بيئة النمو من الحصى. عندما يرتفع المحلول فى القنوات إلى الحد المطلوب (وهو ارتفاع المحلول فى أحواض الزراعة) يتم فتح البوابات الموصلة إلى خزان ذو مستوى منخفض عن سطح القنوات فينسحب كل المحلول إلى هذا الخزان، ومنه يتم ضخ محتواه من المحلول المغذى إلى التنك الرئيسى (شكل ١٠-١٥).



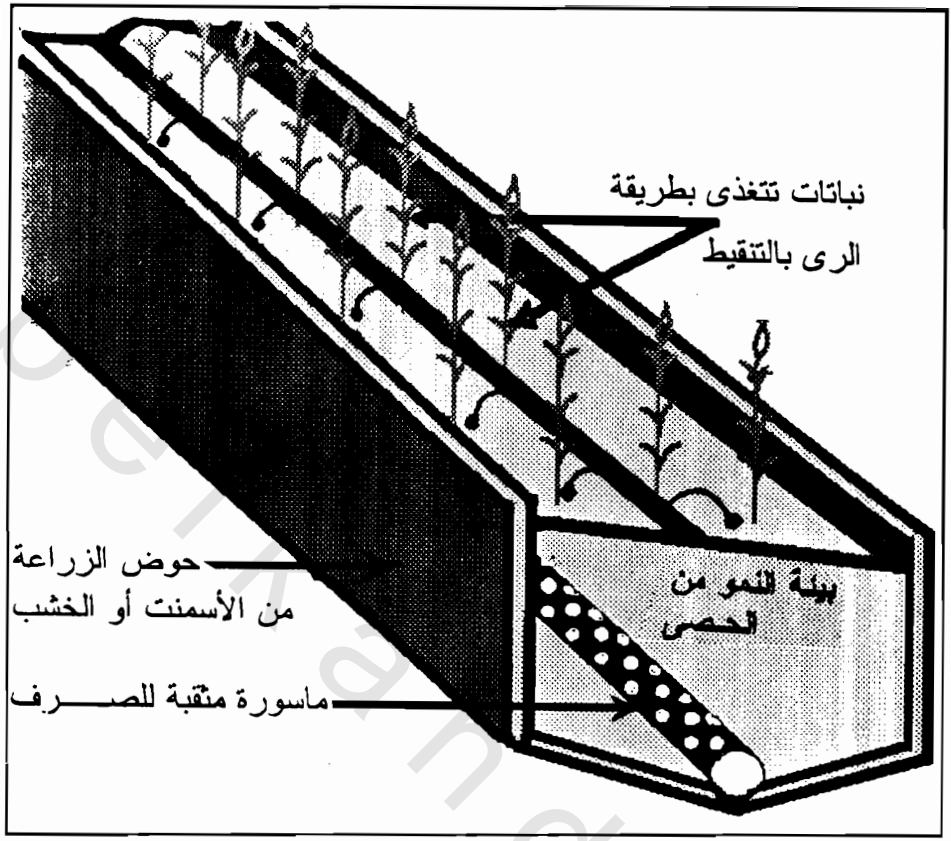
شكل (١٠-١٥): الرى تحت السطحي بنظام القنوات

تتم دورة التغذية هذه كل فترة على حسب حاجة النباتات والتى ترتبط بشكل مباشر بحالة الجو أو الظروف المناخية السائدة كما سبق شرحه.

ثانيًا: الرى بالتنقيط فى مزارع الحصى Drip Irrigation in Gravel

يتم تصميم مراقد النمو فى مزارع الحصى المروية بالتنقيط مثل التى تروى بنظام الرى تحت السطحى، وإن كان يمكن تبسيطها كما يوضحها شكل (١٠-١٦) ويكون قاع المرقد إما مستديراً أو على شكل حرف V، وفى هذه الحالة فإن المحلول المغذى يضاف بجانب كل نبات إما عن طريق إسباجيتى أو خرطوم مثقب، وبالتالى ينساب المحلول ويتخلل البيئة ويصل للجذور. ومن المهم جداً فى مزارع الحصى التى تروى بالتنقيط أن يكون قطر حبيباتها أصغر وتتراوح من ٣-٦ مم لتسهيل الحركة الجانبية للمحلول المغذى خلال البيئة. ويتكون نظام الرى من أنابيب تغذية قطرها الخارجى ٠,٥ بوصة (١,٢٥ سم) مصنوعة من البولى إيثيلين الأسود، ويخرج منها أنابيب إسباجيتى قطرها يتراوح من ٠,٠٤- ٠,٠٦ بوصة (١-١,٥ مم) وبطول مناسب يصل إلى قاعدة النبات وإن كان طوله لا يجب أن يزيد عن ٤ بوصة (١٠ سم) حتى نتجنب تأثير الاحتكاك على معدل تدفق المحلول منه. ومن عيوب طريقة الإسباجيتى انسداد الأنابيب ونمو الجذور بداخلها، كما أنها تعرقل العمل أثناء تغيير المحصول. ويلاحظ أن وضع مرشحات فى خط التغذية بعد حقن السماد يؤدى إلى تجنب كثير من مشاكل التشغيل.

وبديلاً عن الإسباجيتى يمكن استخدام خرطوم مثقب ذو جدار خارجى قطر ٠,٥ بوصة (١,٢٥ سم) حيث يرشح منه المحلول ببطء مما يؤدى إلى انسياب الماء على طول الخط على مسافات من ١٥-٢٠ سم أو أى مسافات تريدها أثناء التصنيع. وأحد الاعتراضات على هذه الطريقة هو انسداد مخارج المحلول المغذى - ونمو الطحالب - بالإضافة إلى ضرورة استبدالها كل محصول.



شكل (١٠-١٦): الرى بالتنقيط في مزارع الحصي

والمحلول المغذى يحقن فى نظام الرى بالتنقيط إما من تنك التغذية مباشرة أو من خلال حاقنات تقوم بحقن نسبة من المحلول المغذى المركز مع نسبة معينة من ماء الرى لتعطى فى النهاية المحلول المغذى بالتركيز المطلوب. وبصفة عامة لا يفضل استخدام الرى بالتنقيط فى مزارع الحصى وإنما يكون ذلك أفضل فى المزارع الرملية.

متابعة تركيب المحلول واستبداله:

١- ضبط المحلول

يقوم النبات أثناء نموه بامتصاص العناصر الغذائية من المحلول المغذى مما يخفض من تركيزاتها، أى أن تركيز العناصر فى المحلول لا يظل ثابتًا طوال الوقت وإنما يتغير باستمرار. ولذلك فإنه من الضرورى مراقبة التغير فى تركيز المحلول المغذى من وقت لآخر

مع العمل على إعادته إلى تركيزه الأصلى حسب الحاجة وحتى لا ينخفض تركيز المغذيات إلى الدرجة التى قد تؤثر على محصول النبات.

ويتم مراقبة التغير فى تركيز المحلول المغذى عن طريق قياس درجة التوصيل الكهربى للمحلول Electrical conductivity (EC). وتتم عملية القياس كل يوم أو يومين على الأكثر حسب الظروف. وعندما يلاحظ انخفاض شديد فى قيمة الـ EC عن القيمة الأصلية للمحلول المغذى فإن كمية من المحلول المركز يجب إضافتها لرفع قيمة الـ EC إلى قيمته الأصلية. (ويراعى زيادة حجم المحلول المغذى إلى حجمه الأصلى بإضافة الماء وخلط المحلول جيداً قبل قياس التوصيل الكهربى وخاصة فى النباتات الكبيرة سريعة النمو).

وكمية المحلول المركز الواجب إضافتها إلى المحلول المغذى واللازمة لرفع قيمة الـ EC للمحلول إلى قيمتها الأصلية تتوقف على معدل نمو النبات. وعادة ما نحتاج إلى لتر من المحلول المغذى المركز يومياً لكل ٢٥٠ لتراً من المحلول المغذى وذلك بالنسبة للنباتات التى يبلغ طولها ٢-٢,٥ متر. بينما فى خلال الشهر الأول من النمو، حيث تكون النباتات صغيرة، فإن الاحتياجات تكون حوالى ربع الكمية السابقة أو أقل. وعملية التحليل المستمر للمحلول لمتابعة التغير فى تركيز كل عنصر من العناصر تعطى المعلومات الضرورية لحساب معدل إضافة المحلول المركز من فترة إلى أخرى.

كذلك يتم قياس pH المحلول على فترات زمنية مناسبة، ثم يجرى تعديله بإضافة الأحماض أو القلويات حتى يكون فى حدود من ٦ إلى ٧ كحد أقصى طوال فترة نمو النبات.

٢- تغيير المحلول

تؤدى كثرة استخدام المحلول المغذى وإعادة ضبط تركيزه وتركيبه عدة مرات إلى إعطاء فرصة لتراكم الأملاح غير المرغوب فيها فى المحلول (مثل: الصوديوم - الكلوريد - البورون) وهذه الأملاح قد تكون كشوائب فى الكيماويات المستخدمة فى تحضير المحلول المغذى أو قد تكون موجودة فى الماء المستخدم لتحضير المحلول. وبصفة عامة فإن أى محلول مغذى لا يجب استخدامه لمدة تزيد عن ٣ شهور بدون استبداله بمحلول حديث التحضير كلية. ويعتبر استخدام المحلول لمدة شهرين هو المتوسط الزمنى الشائع

فى المزارع التجارية وذلك فى حالة استمرار تحليله وإعادة ضبطه بانتظام كل أسبوع. وبالطبع فإنه بدون هذا التحليل وإعادة ضبط المحلول فإن فترة عمر المحلول سوف لا تزيد عن ١-٢ أسبوع.

٣- غسيل البيئة

يؤدى استخدام المحاليل المغذية فى الرى باستمرار إلى تراكم الأملاح حول الحبيبات، ولذلك فإنه من الضرورى غمر الأحواض بالماء العذب مرة كل أسبوعين، ويتم ذلك عن طريق إضافة الماء إلى السطح (وليس عن طريق الرى تحت السطحى) ثم يصرف الماء.

تعقيم بيئة مزارع الحصى:

يتم تعقيم بيئة الحصى ما بين المحاصيل باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم أو هيبوكلوريت الكالسيوم، حيث يحضر محلول من الكلورين تركزه ١٠٠٠٠ جزء فى المليون فى تنك المحلول المغذى، ويتم غمر البيئة عدة مرات بهذا المحلول لمدة من ٢٠-٣٠ دقيقة فى كل مرة، ثم يصرف الكلورين إلى المصارف ويغسل الحصى جيداً بالماء النظيف عدة مرات للتخلص من أى آثار للكلورين، ثم تترك المزرعة لمدة يوم أو اثنين لتهويتها قبل استخدامها فى زراعة المحصول التالى. أو يستخدم محلول الفورمالدهيد بتركيز ٠,٥-١٪ بنفس الطريقة السابقة.

وإذا استخدم نظام الرى بالتنقيط، فإنه يمكن ضخ محلول الكلورين خلال نظام الرى بالتنقيط ولكن ذلك يستغرق بعض الوقت، ولذلك يفضل غمر البيئة من أعلى حتى تمام ملئها، ثم تتبع باقى الخطوات السابقة.

وبعد نهاية كل محصول تتبقى بعض جذور النباتات فى وسط النمو (الحصى) وباستمرار الزراعة فإن التعقيم بالكلورين يصبح أقل فعالية إلا إذا أزيلت هذه الجذور وإزالتها عملية مكلفة، ولذلك تستخدم مواد أكثر فعالية فى التعقيم مثل التعقيم بالبخارSteem، أو استخدام مواد كيماوية مثل Vapam, Methyle promide, Chloropicrin مع ملاحظة أن هذه المواد ضارة بصحة الإنسان، ولذلك يجب الاحتياط عند استخدامها. وبعد ٤-٥ سنوات من استخدام مزرعة الحصى ينصح باستبدال حصى المزرعة بحصى جديد ونقى.

مزايا وعيوب مزارع الحصى:

المزايا:

١- انتظام رى وتغذية النباتات.

٢- يمكن أن تتم عمليات الرى والتغذية أوتوماتيكيًا بسهولة.

٣- تهوية جيدة لجذور النباتات.

٤- تناسب العديد من المحاصيل.

٥- تصلح للإنتاج التجارى للمحاصيل التى تزرع داخل أو خارج الصوب الزراعية.

٦- استخدام الماء والمغذيات بكفاءة نتيجة لإعادة استخدام المحلول وتدويره.

العيوب:

١- ارتفاع تكاليف الإنشاء والصيانة والإصلاح.

٢- قد ينشأ عن تشغيل النظام أوتوماتيكيًا بعض الأعطال.

٣- من أكثر المشاكل تخلف كثير من جذور النباتات فى الحصى بعد حصاد المحصول مما يؤدى إلى انسداد أنابيب الصرف. ونتيجة لتراكم الجذور أيضًا تزداد قدرة البيئة على حفظ الماء، وبالتالى تقل الفترات بين الريات كل سنة وبمضى الوقت تفقد مزرعة الحصى مزاياها بالنسبة للزراعة فى الأرض الطبيعية.

٤- بعض الأمراض مثل الفرتسيليوم والفيزاريوم يسهل انتقالها بسرعة نتيجة إعادة استخدام المحلول.

ثانياً: المزارع الرملية Sand Cultures

يعتبر الرمل من أقدم وأفضل المواد التي يمكن استخدامها فى بيئات الوسط الحبيبى الصلب حيث استخدمت فى بداية القرن التاسع عشر ومازالت تستخدم حتي الآن في المناطق الصحراوية من الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. وبالطبع فإن نجاح الرمل كبيئة زراعية يرجع فى الأساس إلى صفاته الطبيعية والكيماوية التي تتوافق مع صفات البيئة الجيدة. ويجب مراعاة ألا يكون الحجر الجيرى هو مادة الأصل للرمل حيث يحتوي الرمل

في هذه الحالة على نسبة مرتفعة من كربونات الكالسيوم مما يؤدى إلى ترسيب الفوسفات فى المحلول المغذى. وفى حالة الضرورة لاستخدام الرمال المحتوية على نسبة من كربونات الكالسيوم يتم غلسله عدة مرات بالحامض المخفف حتي يتم التخلص منها، ثم يشطف بالماء العذب للتخلص من بقايا الحامض. كما أن رمال الشواطئ لا تصلح للاستخدام كبيئة زراعية فى المزارع اللاأرضية لاحتوائها على نسبة مرتفعة من الأملاح، وفى حالة وجود ضرورة لاستخدامها فإنه لابد من غسلها جيداً بالماء العذب والتخلص تماماً من ماء الغسيل. لذلك فإنه من الأنسب استخدام الرمال ذات الأصل الجرانيتى أو السليكاتى .

وأقطار حبيبات الرمل عامل هام فى نجاح استخدامه. فمن المعروف أن حبيبات الرمل الخشنة جداً لا تحتفظ بقدر كاف من الرطوبة لقلة مساحة السطوح الخاص بها، كما أن الرمل الناعم جداً لا يسمح بدرجة كافية من التهوية. وللموازنة بين هذين العاملين (الاحتفاظ بالرطوبة وجودة التهوية) فإنه يجب أن تكون حبيبات الرمل فى الوسط ذات أقطار مختلفة ومتدرجة فى الحجم وليست كلها من حجم واحد بل تكون فى حدود ٠,٦ – ٢,٠ مم ويتم استبعاد الحبيبات الأقل أو الأكبر من ذلك.

إنشاء المزارع الرملية :

توجد ثلاثة طرق لإنشاء المزارع الرملية :

الطريقة الأولى : وفيها يتم تبطين المراقد بالبلاستيك .

الطريقة الثانية : وفيها يتم فرش الرمل على امتداد أرضية الصوبة المغطاة بالبلاستيك.

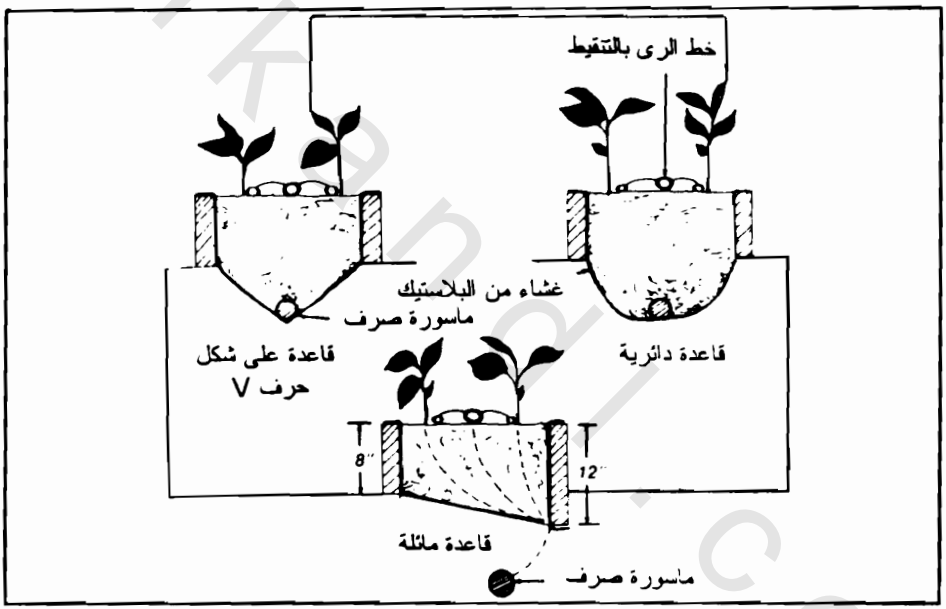
الطريقة الثالثة : وفيها يعبأ الرمل فى أكياس من البلاستيك ثم ترتب أفقياً على أرضية الصوبة .

الطريقة الأولى : المراقد المبطنة بالبلاستيك

وفيها يتم بناء مراقد نمو النباتات بطريقتين :

١ – **فوق سطح الأرض** : ومثلها فى ذلك مثل مزارع الحصى. وفيها تصنع المراقد من الخشب الذى يبطن بالبولى إيثيلين السميك. ويكون قاع المرقد ذو انحدار

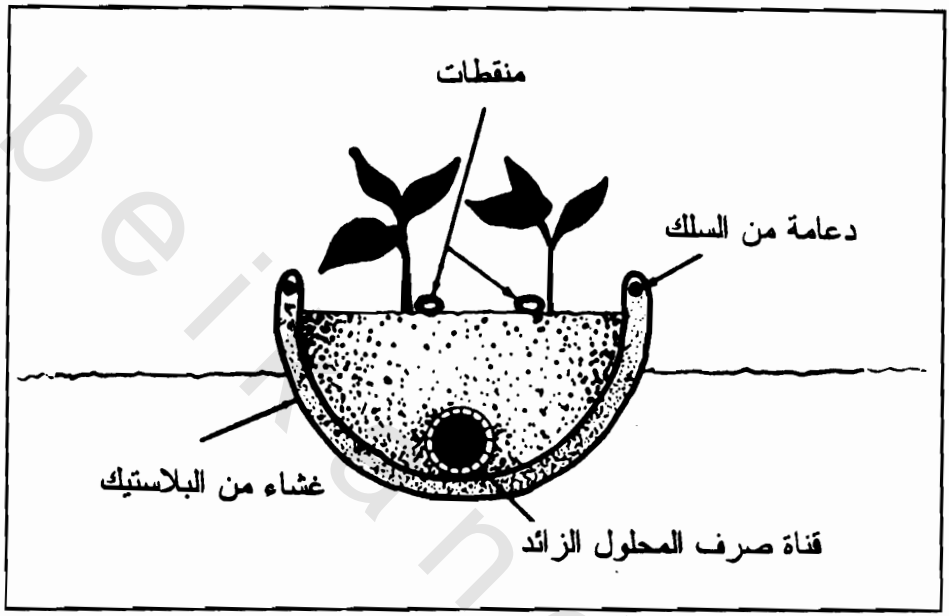
خفيف (١٥سم لكل ٦٠ متراً) ليسهل عملية الصرف والغسيل عند الضرورة. ويوضع فى قاع المرقد ماسورة تعمل كمصرف وليس من الضرورى أن يكون قطرها ٧,٥ سم كما فى مزارع الحصى، حيث إن كمية المحلول المغذى المضافة لا تتجاوز ٨-١٠٪ من كمية المحلول المضافة في كل رية. وكما هو الحال فى مزارع الحصى فإن أنبوب الصرف يوجد عليه ثقوب كل حوالى ٤٥ سم، وهذه الثقوب تكون على السطح السفلى للأنبوبة والمواجهة لقاع المراقد. ويتراوح عرض المرقد ما بين ٦٠-٧٥سم، والعمق ما بين ٣٠-٤٠ سم وقاع المرقد من الممكن أن يكون مستويا "أو مستديراً" أو على شكل حرف (V)، وتكون ماسورة الصرف فى المنتصف فى كل الأحوال (شكل ١٠ -١٧).



شكل (١٠-١٧) : قطاع عرضي لعدد من مراقد النمو ونظام الرى بالتنقيط

٢- **تحت سطح الأرض**: عن طريق عمل قناة فى الأرض مع وضع سلك للتثبيت على جانبيها بارتفاع حوالى ٥ سم فوق سطح الأرض وعلى هذا السلك يتم طى شرائح من البولى إيثيلين مكونة حاجز أو جدار مزدوج ما بين مرقد الرمل والأرض المحفور بها هذا المرقد (شكل ١٠ - ١٨). وعملية رفع حواف المرقد فوق سطح

الأرض يمنع امتزاج الأرض مع رمل المرقد بالإضافة إلى تدعيم جوانب المرقد بما يمكن معه الاستغناء عن استخدام الخشب والذى يكون مكلفاً فى المساحات الواسعة والمناطق الصحراوية.



شكل (١٠-١٨) : قطاع عرضي لمرقد ذي قاعدة دائرية مع تدعيم الجوانب تحت ٥ سم من سطح الأرض

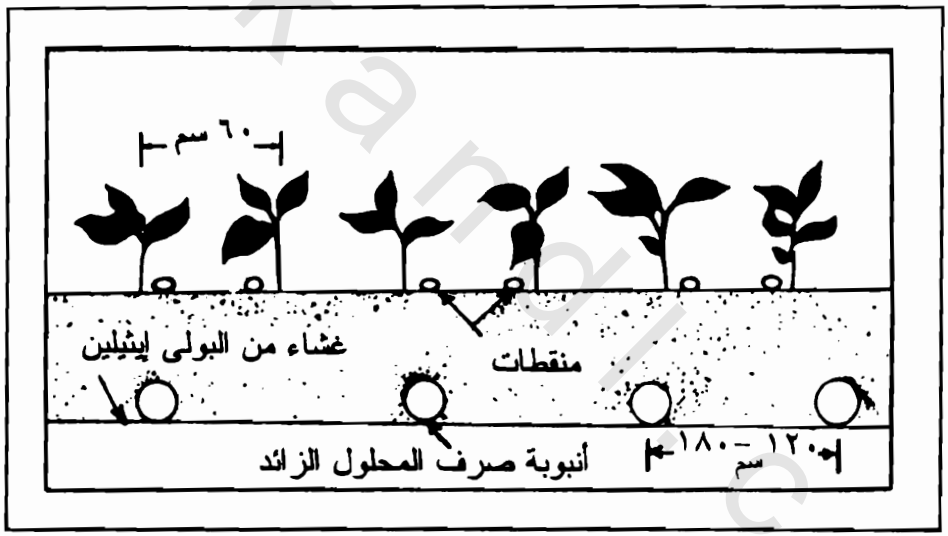
الطريقة الثانية : فرش الرمل على أرض الصوبة المغطاة بالبلاستيك

يمكن تقليل تكاليف إنشاء المزارع الرملية عن طريق تغطية أرضية الصوبة بشرائح من البولى إيثيلين السميك، ويتم وضع الرمل عليها بارتفاع ٣٠ - ٤٠ سم على أن يكون ميل أرضية الصوبة فى حدود ١٥ سم لكل ٣٠ متراً لتسهيل عملية الصرف .

ولتحقيق ذلك فإنه يتم تسوية أرضية الصوبة وكبسها جيداً بما يوفر الثبات للأرضية وبالميل المطلوب، ثم تفرد شرائح البولى إيثيلين على المساحة المراد تغطيتها بالرمل والتي يراعي فيها أن تكون متداخلة مع بعضها لمنع وجود فواصل بينها خاصة ، وأنه يتعذر وجود شرائح من البلاستيك بعرض يغطى كل عرض مساحة أرضية المزرعة. ثم توضع

مواسير الصرف (قطرها ٣-٥ سم) على سطح البولى إيثيلين على مسافات بين كل ماسورة وأخري فى حدود ١٢٠ -١٨٠ سم (ويتوقف ذلك على طبية الرمل المستخدم، فكلما كانت الحبيبات ناعمة كلما قلت المسافة بين المواسير)، وهذه المواسير تكون فى خطوط متوازية مع ميل سطح الأرض، وتصب فى النهاية فى مصرف مجمع يتم فيه تجميع المحلول المغذى واستخدامه فى أغراض أخرى خارج الصوبة.

وبعد وضع المواسير يتم فرش الرمل على كامل المساحة وبعمق لا يقل عن ٣٠ سم لتجنب مشاكل عدم انتظام الرطوبة أو احتمال امتداد جذور النباتات إلى داخل أنابيب الصرف. ويراعي أن يتم تسوية سطح الرمل وإعطاؤه نفس ميل سطح الأرض (شكل ١٠-١٩).



شكل (١٠-١٩) : قطاع عرضي لأرضية صوبة تم فرشها بالكامل ببيئة الرمل

الطريقة الثالثة : تعبئة الرمل فى أكياس من البلاستيك

وفى هذه الطريقة يتم تعبئة الرمل المراد استخدامه فى الزراعة اللاأرضية فى أجولة أو أكياس من البلاستيك السميك ذات اللون الأبيض للاستخدام صيفا أو اللون الأسود للاستخدام شتاء وبطول من ٦٠ - ٩٠ سم وقطر من ٢٥ - ٣٥ سم. تربط أو تلحم

فتحة كل جوال أو كيس ثم ترص أفقيا فى صفوف متوازية على أرضية الصوبة وعلى مسافات تتناسب مع مسافات الزراعة للمحاصيل المراد زراعتها.

وعلى خط المنتصف للسطح العلوي لهذه الأكياس يتم عمل فتحات لوضع البادرات بمسافات الزراعة المناسبة للمحصول المنزرع على أن تكون هذه الفتحات ذات قطر مناسب لحجم البادرة. وفى هذا النوع من المزارع لا توجد مواسير للصرف بل يكتفى بعمل فتحات صغيرة فى الجانب الملامس للتربة لصرف الماء الزائد.

رى المزارع الرملية :

عادة ما تروي المزارع الرملية بالنظام المفتوح Open system حيث يضاف المحلول المغذى إلى الرمل بمعدل يسمح برشح ٨-١٠٪ من كمية المحلول المضاف. والمحلول المنصرف لا يعاد استخدامه فى الري مرة أخرى، وهذا بعكس النظام المغلق Closed System الذى يستخدم فى مزارع الحصي حيث يعاد استخدام وتدوير المحلول المغذى باستمرار.

وأفضل الطرق لري المزارع الرملية هو نظام الري بالتنقيط Drip irrigation وفيه يتم تغذية كل نبات بمفرده باستخدام نقاطات Drippers أو أنابيب تغذية مثقبة تسمح بتصريف كمية معينة من المحلول خلال فترة زمنية محددة إلى سطح الرمل وبالقرب من قاعدة النبات.

ويتوقف معدل الري وطول فترة الري على مجموعة من العوامل منها نوع النبات، مرحلة النمو، حالة الطقس ، والوقت من اليوم. وفى كل الأحوال فانه يجب استخدام جهاز التنشوميتر Tensiometer لتحديد موعد الري والذى يتم بما يسمح بصرف مالا يزيد عن ٨ - ١٠٪ من كمية المحلول المضاف فى كل دورة ري وهذا يمكن تحديده بقياس كمية المحلول المار خلال الخط الرئيسى وتلك التي تنساب من خط الصرف الرئيسى. ويمكن استخدام ساعة ميقاتية Timer وتنشوميتر لضبط طول فترة الري وفى هذه الحالة يكون عدد مرات الري من ٢ - ٥ مرات يوميا.

ويتم كل أسبوعين تحليل مياه الصرف لمعرفة محتواها الكلى من الأملاح، فإذا زاد

تركيز الأملاح فى ماء الصرف عن ٢٠٠٠ جزء فى المليون فإن المرقد كله يتم غمره بالماء العذب للتخلص من هذه الأملاح. ويجب ملاحظة أنه إذا كان ماء الرى لا يحتوي على تركيز مرتفع من الصوديوم فانه يمكن استخدام هذا الماء فى رى النباتات حتي تقوم النباتات نفسها خلال بضعة أيام بخفض محتوى المرقد من الأملاح إلى الدرجة التي يمكن بعدها استخدام المحلول المغذى فى الرى مرة أخري.

وعند استخدام الحاقنات فى الرى يجب أن يختبر مرتين أسبوعيا لمعرفة مدى كفاءتها فى العمل والتأكد من أن كل حاقن يعطى الكمية المطلوبة من السماد المركز في ماء الرى. أما عند استخدام تنكات التخزين الكبيرة بدون حاقنات فيجب التأكد من أن حجم التنك كافيا لإعطاء كمية الماء اللازمة لكل نبات لمدة أسبوع على الأقل.

وحيث إن نظام الرى والتغذية فى المزارع الرملية نظام مفتوح فليس هناك ضرورة لمتابعة التغير فى تركيب المحلول المغذى فى تنك التخزين ولكن يجب قياس رقم الـ pH لهذا المحلول على فترات خاصة إذا كان ماء الرى قلوى التأثير، كما أنه لا توجد ضرورة لغسيل تنك التخزين بانتظام كما هو الحال فى مزارع الحصى، ولكن يمكن أن يكون ذلك عند الضرورة وعلى فترات للتخلص من أى رواسب أو شوائب مترسبة من الأسمدة. وعندما يتم سحب كل المحلول المغذى من التنك تحضر كمية أخري طازجة من المحلول المغذى.

تعقيم بيئة المزارع الرملية

يتم تعقيم بيئات الرمل عن طريق استخدام طريقة التدخين Fumigation والتي تعمل على التخلص من أي أمراض مصدرها الأرض أو من النيماتودا وإن كان لا يمكنه تخليص الرمل من فيرس موزايك الدخان Tobaco Mosic virus II (CMVII) أو فيرس موزايك الخيار Cucumber mosic virus II (CMVII) ويوجد مادتان من المواد المدخنة Fumigants يمكن استخدام أحدهما بنجاح.

الأول : هو الـ Vapam والذى يضاف مع نظام الرى.

الثانى : بروميد الميثيل Methyle والذى يوضع من خلال نظام الصرف تحت ضغط وفى كلتا الحالتين يتم تغطية كامل مساحة مرقد الزراعة بالبولى إيثيلين قبل وضع المادة المدخنة.

وعند استخدام الـ Vapam مع ماء الرى فإنه يجب التخلص جيداً منه بالغسيل بماء نقى ولا تتم الزراعة فى البيئة إلا بعد ٤-٥ أيام من عملية التعقيم بالتدخين.

ولتخليص الرمل من TMV or CMVII يستخدم التعقيم بالبخار، فإذا كانت الصوبة بها نظام تسخين بالماء المغلى فإنه يمكن استخدام هذا النظام فى توليد بخار الماء لتعقيم المراقد حيث يتم ضخ البخار من خلال نظام الصرف إذا كان النظام المستخدم يتلاءم مع ذلك. وتوجدوسيلة أخري يمكن استخدامها فى التعقيم بالبخار تعرف بنظام التعقيم المتنقل، وفيها يتم وضع أنبوبة على عمق عدة بوصات من سطح الرمل وتغطى بشريحة من البولى إيثيلين قبل ضخ البخار وبعد الانتهاء من علمية التعقيم تنقل هذه المواسير إلى مرقد آخر لتعقيمه وهكذا..

مزايا وعيوب المزارع الرملية

المزايـــا :

يمكن حصر مزايا المزارع الرملية مقارنة بمزارع الحصى فيما يلى :

١ - استخدام النظام المفتوح Open system فى التغذية يقلل من انتشار أمراض الفيوزاريوم والفرتيسليوم فى البيئات بدرجة كبيرة.

٢ - تقل مشاكل انسداد أنابيب الصرف حيث إن كثافة بيئة الرمل تشجع الانتشار الأفقى للجذور.

٣ - نعومة حبيبات الرمل تشجع الحركة الجانبية أو الأفقية للماء خلال الخاصة الشعرية مما يضمن توزيع جيد للمحلول المغذى فى وسط النمو.

٤ - يمكن ضمان تهوية جيدة للجذور من خلال الاختيار الصحيح لحجم حبيبات الرمل ليتوافق مع نظام الرى بالتنقيط .

٥ – يتم تغذية كل نبات على حدة بمحلول مغذى جديد خلال كل دورة رى، وبالتالى لا يوجد مشاكل عدم اتزان بين المغذيات.

٦ – النظام بسيط، سهل الصيانة والخدمة، وتكاليف الإنشاء أقل من مزارع الحصى التى تروي بالرى تحت السطحى.

٧ – نظرالصغر أقطار حبيبات الرمل، فإن له قوة مسك للماء مرتفعة وبالتالى فإن عدد الريات المطلوبة خلال اليوم تقل. وإذا حدثت مشاكل فى نظام الري فإن كمية الرطوبة الموجودة بالبيئة تكفى لضمان حياة النبات حتي يتم الإصلاح.

٨ – يمكن وضع خزانات المحلول أو الحاقنات فى أماكن بعيدة عن مراقد النمو.

٩ – يتوفر الرمل فى معظم المواقع مما يتيح الفرصة لإنشاء مثل هذه المزارع، وعند استخدام رمل جيرى يمكن تعديل تركيب المحلول بما يمسح بمعادلة تغيرات pH المحلول ونقص الحديد أو بعض العناصر الأخري.

العيوب :

أما عيوب المزارع الرملية مقارنة بمزارع الحصى فهي :

١ – أحد العيوب الكبري هي ضرورة استخدام الكيماويات والبخار لتعقيم البيئة ما بين محصول وآخر.

٢ – انسداد خطوط الري بالتنقيط بالرواسب وهذا يمكن التغلب عليه باستخدام فلتر ١٠٠ – ٢٠٠ مش والذى يمكن تنظيفه بين فترة وأخرى.

٣ – بعض الاعتراضات تقول إن المزارع الرملية تستهلك مقداراً أكبر من الأسمدة والماء بعكس مزارع الحصى والتي يعاد فيها استخدام المحلول المغذى أكثر من مرة.

٤ – يمكن أن تتراكم الأملاح فى المراقد خلال موسم النمو وهذا يمكن تصحيحه عن طريق الغسيل على فترات بواسطة الماء العذب.

ثالثا : الزراعة فى بيئات الألياف Fibers Agriculture

تعتبر الألياف المصنعة من المعادن والصخور أو المخلقة كيميائياً فى صورة خيوط Fibers وعلى هيئة وشكل الصوف Wool من البيئات الجديدة فى عالم الزراعة اللاأرضية، حيث تفيد فى زراعة كثير من النباتات بها حتى الحصول على المحصول بنجاح كبير، فبيئات النمو الجديدة هذه تعتبر نموذجاً للبيئات الصناعية المناسبة للمزارع اللاأرضية، حيث تقوم بالإضافة إلى تثبيت النباتات النامية فيها إلى توفير مستوى مناسب من الأكسيجين وتحتفظ بقدر من الماء، بالإضافة إلى تميزها بمعدل صرف جيد، ووجود كل هذه العوامل مجتمعة فى بيئة النمو يجعلها مثالية لنمو النبات وانتشار جذوره، بالإضافة إلى ذلك فإن هذه الألياف تعتبر مواد خاملة Inert materials فالمادة الخاملة فضلاً عن أنها لا تتفاعل مع العناصر المغذية للنبات فإنها تعطى للمزارع الفرصة فى التحكم الكامل فى عملية التغذية، ومن هذه الألياف فى العالم اليوم بيئة الصوف الصخرى Rockwool، ونوع من الألياف يعرف لأول مرة فى مصر هو صوف الخبث المصرى Slagwool، بالإضافة إلى الصوف الزجاجى Glasswool، والفوم الزراعى Aggrofoam ونسيج صناعى مصنع من البولى إستر يسمى « الفليس Fleece ».

١ - الصوف الصخرى Rockwool

الصوف الصخرى عبارة عن خيوط أو ألياف مصنعة من الصخور البركانية Volcanic rocks، وبصفة خاصة الـ Diabase (بنسبة ٦٠٪) مع الحجر الجيرى Lime stone (بنسبة ٢٠٪) وفحم الكوك Coke (بنسبة ٢٠٪)، يتم صهر هذا الخليط على درجة حرارة تتراوح ما بين ١٥٠٠ - ٢٠٠٠ درجة مئوية حسب مكونات المخلوط، وعادة ما تكون درجة حرارة ١٦٠٠ درجة مئوية مناسبة لهذا الغرض، وهذه المادة المنصهرة تتحول عن طريق الطرد المركزى السريع والتبريد إلى خيوط رفيعة قطرها ٥ ميكرون يتم ضغطها إلى رقائق بالسمك المطلوب، وأثناء التبريد يتم إضافة الفينول لخفض التوتر السطحى والذى يعمل كمادة لاصقة لخيوط الصوف الصخرى مكونة بيئة اسفنجية أو مسامية Spongy material.

والتركيب الكيماوى للصوف الصخرى يختلف باختلاف مناطق تصنيعه، وإن كان متوسط مكوناته الأساسية عبارة عن أكسيد السليكون بنسبة ٤٥٪، وأكسيد الكالسيوم بنسبة ١٥٪، وأكسيد الألومنيوم بنسبة ١٥٪، وأكسيد الحديد بنسبة ١٠٪، وأكسيد الماغنسيوم بنسبة ١٠٪، وأكاسيد أخرى بنسبة ٥٪.

والصوف الصخرى لا تشكل المادة الصلبة به سوى ٣٪ فقط، وبالتالى فإن المسافات البينية التى تحوى الماء والهواء تمثل ٩٧٪ (تكون فى حالتها المثلى عند التشبع بالماء ورشح الزائد منه)، موزعة إلى ١٤٪ للهواء و٨٣٪ للماء، مما يجعله بيئة جيدة لنمو وانتشار الجذور.

ويجهز الصوف الصخرى فى عدة تجهيزات أو أشكال يوضحها شكل (١٠ - ٢٠) تختلف على حسب الغرض المطلوب من استخدامها.

وسوف نستعرض أهم هذه الأشكال واستخداماتها فيما يلى:

أ - مكعبات الإنبات Propagation Cubes

ارتفاعها من ١,٥ - ٢,٥سم، وقطر ٢,٥ سم تقريباً وتستخدم فى بداية إنبات كل من الخس والخضروات الورقية ونباتات الزينة، وتوجد هذه المكعبات فى صورة فردية أو فى صورة مجمعة.

ب - بلوكات الإنبات Propagation Blocks

وتنقل إليها مكعبات الإنبات الصغيرة وما بها من بادرات، أو تنقل إليها الشتلات الصغيرة مباشرة، ووحداتها عبارة عن مكعبات توجد فى حجمين ٧,٥ X ٧,٥ X ٧,٥سم، و١٠ X ١٠ X ٧,٥سم (والارتفاع فى كلاهما ٧,٥سم)، وعندما تصل النباتات بها إلى الحجم المناسب يتم نقلها إلى وسائد النمو.

ج - وسائد النمو Growing Slabs

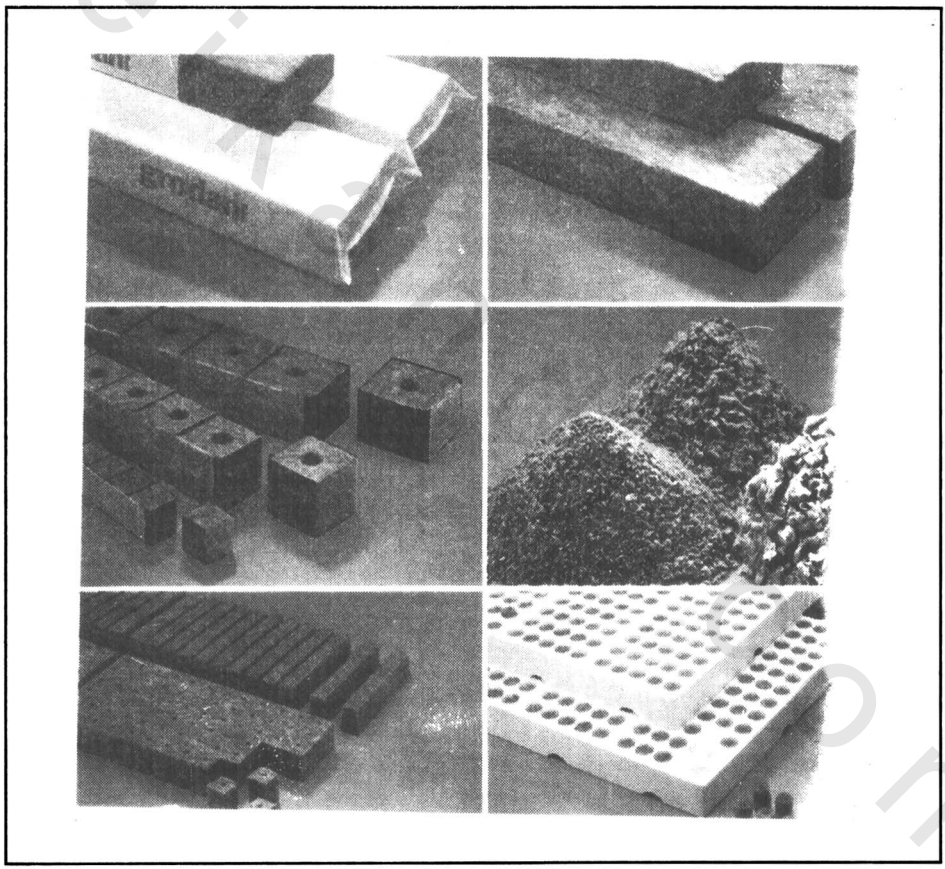
وبها يكمل النبات فترة نموه حتى المحصول الكامل، وتوجد وسائد النمو فى حجمين (الأطوال بالسنتيمتر) ٧,٥ ارتفاع X ١٥ عرض X ٩٠ - ١٥٠ طول، وهى مناسبة لنباتات الطماطم والفلفل وكثير من محاصيل الخضر والزينة أو ٧,٥ X ٢٠ X ٩٠ - ١٥٠ (ارتفاع X عرض X طول)، وتستخدم أكثر مع نباتات الخيار، حيث تحتاج إلى

حيز أكبر لنمو الجذور.

ويجب ملاحظة أن أحجام الثلاثة أشكال السابقة ليست ثابتة بل يمكن أن تتغير من مكان لآخر حسب ظروف التصنيع وتطور البحوث وطلبات الزراع.

د - الصوف الصخرى السائب Loose Rock Wool

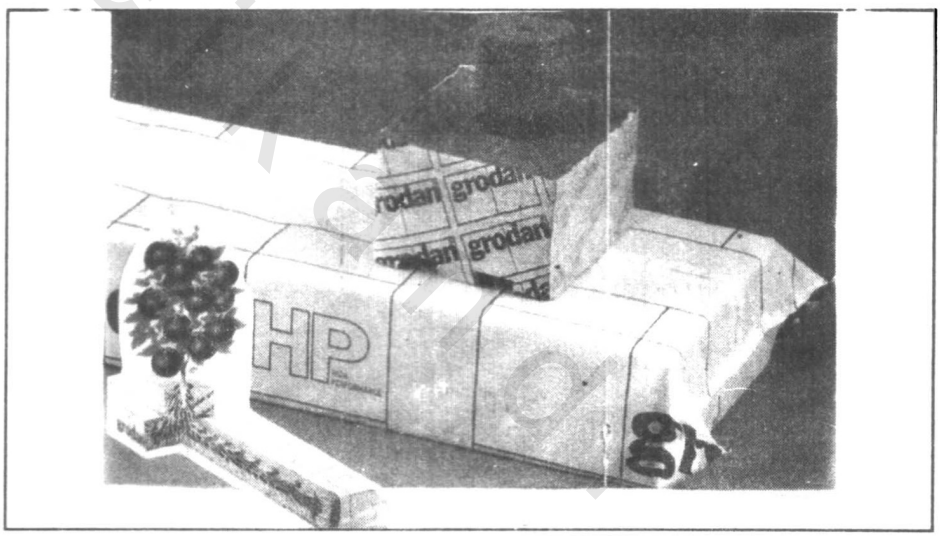
ويستخدم كبيئة معبأة فى أصص أو تخلط مع بعض البيئات الأخرى لتحسين خواص التهوية والاحتفاظ بالماء بها بنسبة الثلث حجماً، أو يخلط مع التربة بنسب تتراوح ما بين ٢٥ - ٦٠٪ كمحسن.



شكل (١٠ - ٢٠): أشكال تجهيزات الصوف الصخري للاستخدام الزراعي (سائب - مكعبات إنبات بأحجام مختلفة - وسائد النمـو)

وتشكل خيوط الصوف الصخرى رأسياً (فى حالة مكعبات وبلوكات الإنبات) للمساعدة على اختراق جذور البادرات لأسفل، وأفقياً (فى وسائد النمو) لإتاحة الفرصة أمام جذور النباتات للانتشار فى أكبر حيز ممكن، وهذا ما يوضحه شكل (١٠ - ٢١).

ومما يجب التنبيه إليه أن مكعبات وبلوكات الإنبات وكذلك الصوف الصخرى السائب المعبأ فى أصص مثقبة تستخدم فى إعداد وتجهيز البادرات لكل أنواع المزارع اللاأرضية بنجاح.



شكل (١٠ - ٢١) : يوضح كيفية وضع مكعبات الإنبات علي وسائل النمو وكيفية انتشار الجذور بينهما

مزايا الصوف الصخرى المعد للاستخدام الزراعى:

يتميز الصوف الصخرى الزراعى بمزايا عديدة:

١ - مادة خاملة ممتازة لا تتحلل ولا تتكسر بيولوجياً مما يهيئ ظروف جيدة لنمو النباتات التى تمكث به لفترات طويلة مثل: الورود Roses التى تنمو به لعدة أعوام بنجاح.

٢ – مادة جافة وليس بها أى مواد سائلة مغذية أو غير مغذية، ورقم الحموضة له يقع بين ٧ – ٨ درجة.

٣ – مادة معقمة وخالية تماماً من الآفات والحشرات والأمراض.

٤ – قدرته التنظيمية ضئيلة أو منعدمة وليس لأسطح خيوطه القدرة على ادمصاص العناصر، ومن ثم فليس له أى تأثير على تغير خواص المحلول.

٥ – مادة خفيفة جداً (كثافتها ٠,٠٧٥ جرام/سم٣) وفى الوقت نفسه صلبة Rigid material مما يجعل التعامل معها سهلاً فى الإعداد والتجهيز والنقل، بالإضافة إلى عدم حاجتها إلى تجهيزات أو قنوات خاصة مما يقلل استهلاك الوقت والجهد والمال.

٦ – مادة مناسبة جداً لنمو وانتشار الجذور نظراً لمساميتها الشديدة (٩٧٪ مسام) ولا تمثل ضغطاً على النبات Minimizing plant stress.

٧ – اختصار الوقت وتوفير الحيز المتاح من الأرض تحت الصوبة أو خارجها باستخدام مكعبات وبلوكات الإنبات.

٨ – سهل التخلص من ترسيبات الأملاح بها فى حالة استخدام ماء به نسبة مرتفعة قليلاً من أملاح الصوديوم بالغسيل، حيث إن طريقة الزراعة به من نوع النظام المفتوح Open system أو ما يطلق عليه طريقة «الإمرار حتى الفقد Run - To - Waste» والتى تتم بسهولة ويسر لما يتمتع به من قدرة عالية على صرف أى زيادة من المحلول.

٩ – سهل التعقيم والاستخدام لأكثر من عام.

١٠ – يمكن استخدام الصوف الصخرى السائب أو المحبب Granulates كمحسن طبيعى للتربة Soil conditioner للأراضى الرملية أو للأراضى الطينية الثقيلة.

عيوب الصوف الصخرى

عيوب الصوف الصخرى قليلة وتتمثل فى:

١ – يجب الاحتياط عند التعامل مع الصوف الصخرى بلبس قفاز مع أكمام طويلة، حيث يسبب إثارة للجلد، ويمكن التغلب على هذه المشكلة بترطيب الصوف

الصخرى قبل التعامل معه أو استخدامه.

٢ – بعض المحاصيل حساسة للزراعة فى وسائد النمو التى سبق زراعة محاصيل بها من قبل مثل: محصول الخيار، وفى هذه الحالة تستخدم الوسائد لسنة واحدة فقط.

٢ – صوف الخبث المصرى Egyptian Slagwool

الخبث عبارة عن مخلفات Waste materials تنتج من مصانع الحديد والصلب بحلوان وتسمى جلخ محولات الصلب Slag، وتستخدم الآن فى بعض مصانع الطوب الأسمنتى، ولكن بدأ مؤخراً إعادة صهره على درجات حرارة عالية وتشكيلة فى صورة منتج جديد يستخدم كعازل حرارى يسمى صوف الخبث Slagwool.

ويتركب خبث المعادن Slag من أكسيد الكالسيوم ٣٧٪، وأكسيد السليكون بنسبة ٣٤٪، وأكسيد الألومنيوم ١٣٪، وأكسيد الماغنسيوم بنسبة ٥٪، وأكسيد الحديد بنسبة ١٪، وأكاسيد أخرى بنسبة ١٠٪.

وصوف الخبث Slagwool الناتج من الخبث يبلغ الحد الأقصى لقطر خيوطه ٨ ميكرون ويمكن اعتباره بيئة نمو جيدة من خلال التجارب الأولية التى قام بها Sherif وآخرون سنة ١٩٩٣ على هذا المنتج مقارنة ببعض بيئات الزراعة اللاأرضية الأخرى مثل البرليت – الفيرميكيوليت بالإضافة إلى الصوف الصخرى شكل (١٠ – ٢٢).

ويتميز صوف الخبث Slagwool بكل ما يتميز به الصوف الصخرى Rockwool من صفات مع بعض الفروق التى تظهر من خلال النقاط التالية:

١ – سعة احتفاظ صوف الخبث بالماء (بعد ٢٤ ساعة من التشبع بالماء ورشح الزائد) يبلغ ٩٣٦٪ مقابل ٦٥٤٪ للصوف الصخرى.

٢ – رقم الحموضة أو رقم الـ pH ٧,٤ فى مستخلص ١ : ٢٠ ماء مقطر (بعد ٤٨ ساعة) مقابل ٧,٨٥ للصوف الصخرى.

٣ – التوصيل الكهربى ٤٠ ميكروموز/سم مقابل ٢٠ ميكروموز/سم للصوف الصخرى.

شكل (١٠ – ٢٢): نمو نباتات الطماطم في بيئة صوف الخبث المصري مقارنة بنموها في بيئات البرليت – الفيرميكيوليت – والصوف الصخري

٤ – الكثافة الظاهرية ٠,٠٨٥ جم/سم٣ مقابل ٠,٠٥٧ جم/سم٣ للصوف الصخرى.

٥ – الفحص الميكروسكوبى وتحليل الاختلاف الحرارى أوضح أن خيوط صوف الخبث أكثر اندماجاً وأكثر ثباتاً من خيوط الصوف الصخرى، ومما يشجع على الاهتمام بصوف الخبث المصرى كبيئة إنبات ونمو، ليس فقط نمو نباتات الطماطم به بشكل جيد، وإنما أيضاً ما أظهره من تبكير فى نضج ثمار النباتات النامية به بمقدار أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع مقارنة بنباتات الطماطم النامية فى الصوف الصخرى.

٣ – الصوف الزجاجى Glasswool

يصنع الصوف الزجاجى من رمل الكوارتز النقى Pure quartz sand الموجود فى كثير من صحارى العالم، وتتم عمليات التصنيع من خلال خمسة مراحل محددة شكل (١٠ – ٢٣):

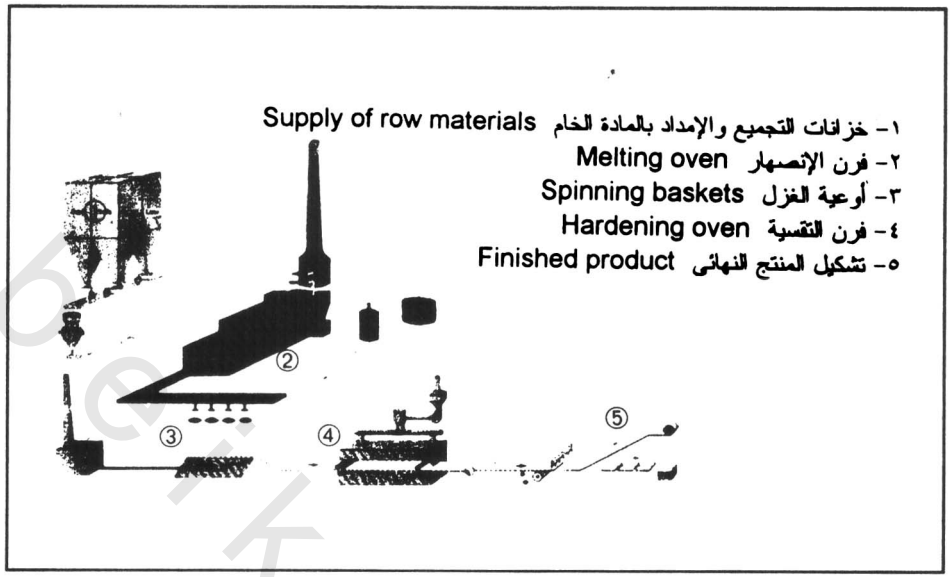
١ – يتم تجميع المادة الخام وتوضع فى حاويات خاصة متصلة بفرن الانصهار.

٢ – تنتقل المادة الخام بعد التخلص من أى شوائب عالقة بها إلى فرن الانصهار حيث تخلط بالحجر الجيرى ويتم صهرها على درجة حرارة ١٤٠٠ درجة مئوية.

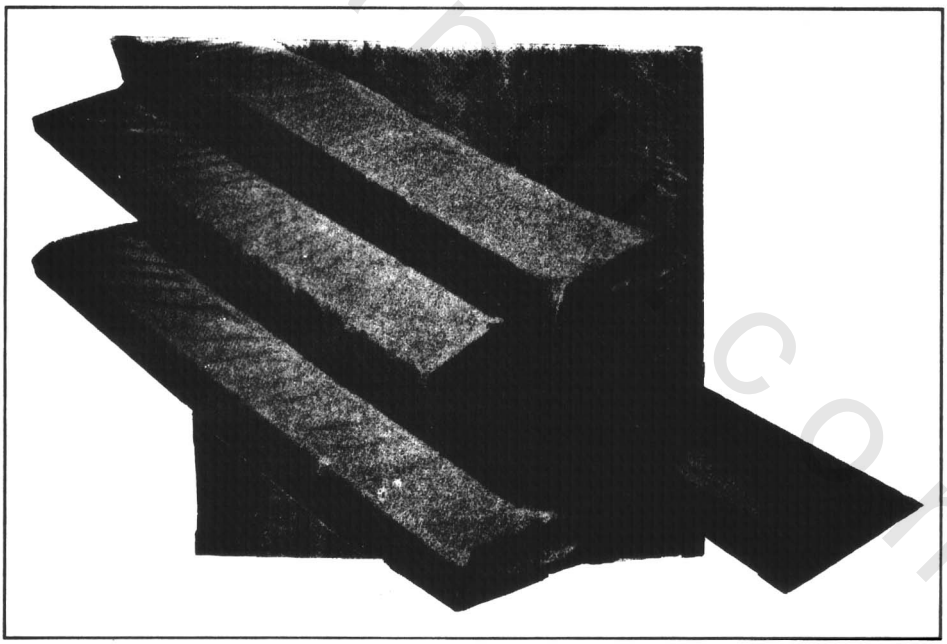
٣ – ينتقل هذا الخليط المنصهر إلى أوعية الغزل Spinning baskets ذات الجدر المثقبة والتى تدور بسرعة دوران عالية محدثة طرداً مركزياً قوياً يدفع المادة المنصهرة إلى الخارج من ثقوبها مكونة خيوط الصوف الزجاجى اللينة وفى صورة سهلة التشكيل Flexible glasswool fibers، وفى هذه المرحلة أيضاً تتعرض هذه الخيوط إلى ضغط مرتفع من الغاز يعمل على استطالة الخيوط وجعل كل منها فى صورة فردية.

٤ – تنقل الخيوط الفردية اللينة المتكونة من المرحلة السابقة من خلال سير ناقل متحرك Conveyer belt إلى فرن التقسية Hardening oven الذى يعمل على تقوية الخيوط وتجفيفها على درجة ٢٥٠ درجة مئوية، ثم بعد ذلك يحدث اندماج للخيوط بعضها ببعض مكونة حصيرة من الصوف الزجاجى، وتتحكم أجهزة الكمبيوتر فى المسافة بين إثنين من السيور الناقلة لخيوط الصوف الزجاجى وفى سرعتيهما داخل فرن التقسية (أحدهما سفلى والآخر علوى) وهو ما يحدد سمك وكثافة حصيرة الصوف الزجاجى الناتج.

٥ – تنتقل حصيرة الصوف الزجاجى إلى حيث المرحلة الأخيرة من مراحل التصنيع، وفيها يتم تقطيع حصيرة الصوف الزجاجى إلى الأشكال والمقاسات المطلوبة ومنها مكعبات وبلوكات الإنبات ووسائد النمو (شكل ١٠ – ٢٤)، ثم بعد ذلك يتم تغليف هذه المنتجات تمهيداً لعمليات التسويق والاستغلال.



شكل (١٠ – ٢٣) خطوات تصنيع الصوف الزجاجي من رمل الكوارتز النقي



شكل (١٠ – ٢٤) : وسائد الصوف الزجاجي مغلفة وجاهزة للاستخدام الزراعي

وللصوف الزجاجى مميزات عديدة تجعله بيئة نمو جيدة لكثير من النباتات التى تم زراعتها به مثل: الطماطم والخيار والفلفل والباذنجان والخس والجربيرا والورد والقرنفل والأعشاب الطبية والعطرية، ومن مميزات الصوف الزجاجى ما يلى:

١ – يمكن التحكم فى إنتاج الصوف الزجاج بدرجات مختلفة متدرجاً من الصوف الزجاجى الجاف إلى الرطب جداً على حسب متطلبات السوق.

٢ – التوزيع الجيد للماء فى الصوف الزجاجى وبشكل متجانس يساعد جذور النباتات على الانتشار أفقياً ورأسياً معطية قوة وكفاءة للمجموع الجذرى.

٣ – يحتوى الصوف الزجاجى على قدر جيد من الهواء مع قدرة تنظيمية كافية Suffi-cient Buffering Capacity، وهذا يعنى كفاية فى الأكسيجين ومقاومة للتغير السريع فى رقم PH المحلول مما يوفر بيئة مناسبة لنمو الجذور وامتصاص العناصر الغذائية من المحلول.

٤ – الصوف الزجاجى خفيف الوزن سهل الاستخدام مما يوفر الجهد والمال.

٥ – يمكن إعادة استغلال الصوف الزجاجى بعد استخدامه فى الزراعة Recycling خاصة فى المزارع التى تستخدم هذه البيئة على نطاق واسع، حيث يتم طحن وسائد ومكعبات النمو، ثم يتم تسخينها على درجة حرارة قدرها ٥٠٠ درجة مئوية وخلال عمليات التسخين هذه تنطلق بعض الغازات التى تتميز بقابليتها للاشتعال Inlemmable والتى تستخدم فى تدفئة الصوبة وفى تعقيم وسائد النمو الأخرى التى مازالت قابلة للاستخدام فى الزراعة.

وخيوط الصوف الزجاجى تنتج فى شكل خيوط رفيعة وناعمة Fine and Thin Fi-bers وأخرى خشنة وأكثر سمكاً Coarse and thick fiber شكل (١٠ – ٢٥)، والخيوط الرفيعة لها قدرة أكبر على الاحتفاظ بالماء (٩٠٪ ماء، ٥٪ هواء، ٥٪ لخيوط الصوف الزجاجى) أكثر من الخيوط الخشنة (٨٠٪ ماء، ١٥٪ هواء، ٥٪ لخيوط الصوف الزجاجى) مما يجعل الخيوط الرفيعة تقوم بدور تحسين خواص الاحتفاظ بالماء، بينما الخيوط الخشنة تعمل على تحسين خاصية التهوية والصرف الجيد، كما أن الخيوط الخشنة تعمل على تحسين الخواص الميكانيكية لوسائد الصوف الزجاجى، حيث يمكنها من

مقاومة الضغط الواقع عليها ويقلل من انضغاطها، فعند وضع ثقل قدره ١ كيلو جرام على وسادة من الصوف الزجاجى ذو الخيوط السميكة والخشنة فإنها تنضغط وينخفض ارتفاعها بمقدار ٠,٥ سم، بينما نفس الثقل على وسادة من خيوط الصوف الزجاجى الرفيعة والناعمة تنضغط أكثر ويقل ارتفاعها بمقدار ١,٥سم.

ومن هذه الخصائص الخاصة بخيوط الصوف الزجاجى أمكن تصنيع وسائد للنمو بطريقة تجمع كل من الخيوط الرفيعة والخشنة ليس مزجاً «كاملاً» بينهما ولكن بترتيب معين يجعل الوسادة مكونة من ٤ طبقات شكل (١٠ – ٢٥):

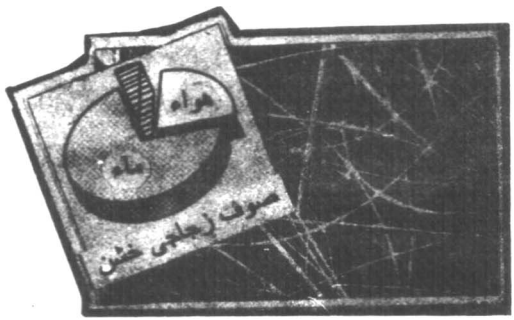
١ – **الطبقة الأولى**: هى الطبقة السطحية وتتكون فقط من الخيوط الرفيعة ذات المسام الصغيرة والضيقة Only fine fibers with small pores وسمكها قليل والتى تساعد على تحسين توزيع المياه أفقياً بنسبة ٢٠٪ تقريباً.

٢ – **الطبقة الثانية**: وهى الطبقة التى تلى الطبقة السطحية وتتكون من الخيوط الرفيعة والسميكة Mixture of fine and coarse fibers مع زيادة نسبية فى نسبة الخيوط الرفيعة فى اتجاه السطح العلوى مما يحسن من توزيع وانتشار الماء رأسياً ويجعل الاختلاف فى كمية الماء فى وسائد النمو فيما بين القمة والقاعدة قليل.

٣ – **الطبقة الثالثة**: وهى تلى الطبقة السابقة وتتكون أيضاً من الخيوط الرفيعة والسميكة مع زيادة نسبية فى نسبة الخيوط الخشنة والسميكة فى اتجاه السطح السفلى.

٤ – **الطبقة الرابعة**: وهى الطبقة السفلية والأخيرة وتتكون فقط من الخيوط الخشنة فى وجود ثقوب واسعة Only coarse fibers with big pores وسمكها قليل، حيث تساعد على سرعة الصرف وزيادة نسبة الهواء (الأكسيجين) فى الطبقة السفلى والذى وجد أن نسبته بها حوالى ٤٠٪ تحت ضغط –٣,٧٥سم، فى حين أن هذه النسبة فى وجود الخيوط الرفيعة تبلغ حوالى ١٥٪ فقط تحت ظروف التشبع والصرف.

طبقات وسادة من وسائد الصوف الزجاجى



شكل (١٠ – ٢٥): إعداد وسائد الصوف الزجاجي بتوليفات مختلفة الأقطار

وبهذه التوليفة من خيوط الصوف الزجاجى الرفيعة الناعمة والسميكة الخشنة أمكن الحصول على وسائد للنمو ذات مواصفات جيدة ومثالية لنمو النباتات بها.

٤ - ألياف الفوم Foam Fibers

سبق الحديث عن الفوم فى صورة الحبيبات أو Granules فيما يعرف بالبلاستيك المتمدد Expanded plastic كأحد البيئات الصلبة المستخدمة فى الزراعة اللا أرضية. ولكن الفوم أيضًا يصنع على شكل ألياف Foam fibers من مركبات البولى يوريثان Polyurethane بواسطة إحدى الشركات العاملة فى مجال الزراعة اللا أرضية بهولندا. والفوم الناتج عبارة عن ألياف تشبه القطن أو الصوف Flocks خاملة كيميائيًا، خفيفة الوزن، ثابتة التركيب والتكوين، لها القدرة على حفظ الماء والتخلص من الزيادة منه بنفس الدرجة (شكل ١٠ - ٢٦).

وهذا المنتج فى الصورة السائبة والمفككة يتم ضغطه فى صورة بلوكات متجانسة ذات كثافة محددة. وأثناء هذه العملية تتعرض خيوط الفوم لتيار من بخار الماء على ١٢٠ درجة مئوية، حيث تعمل على تعقيم البلوكات المجهزة من ناحية والعمل على ثبات بنائها من ناحية أخرى.

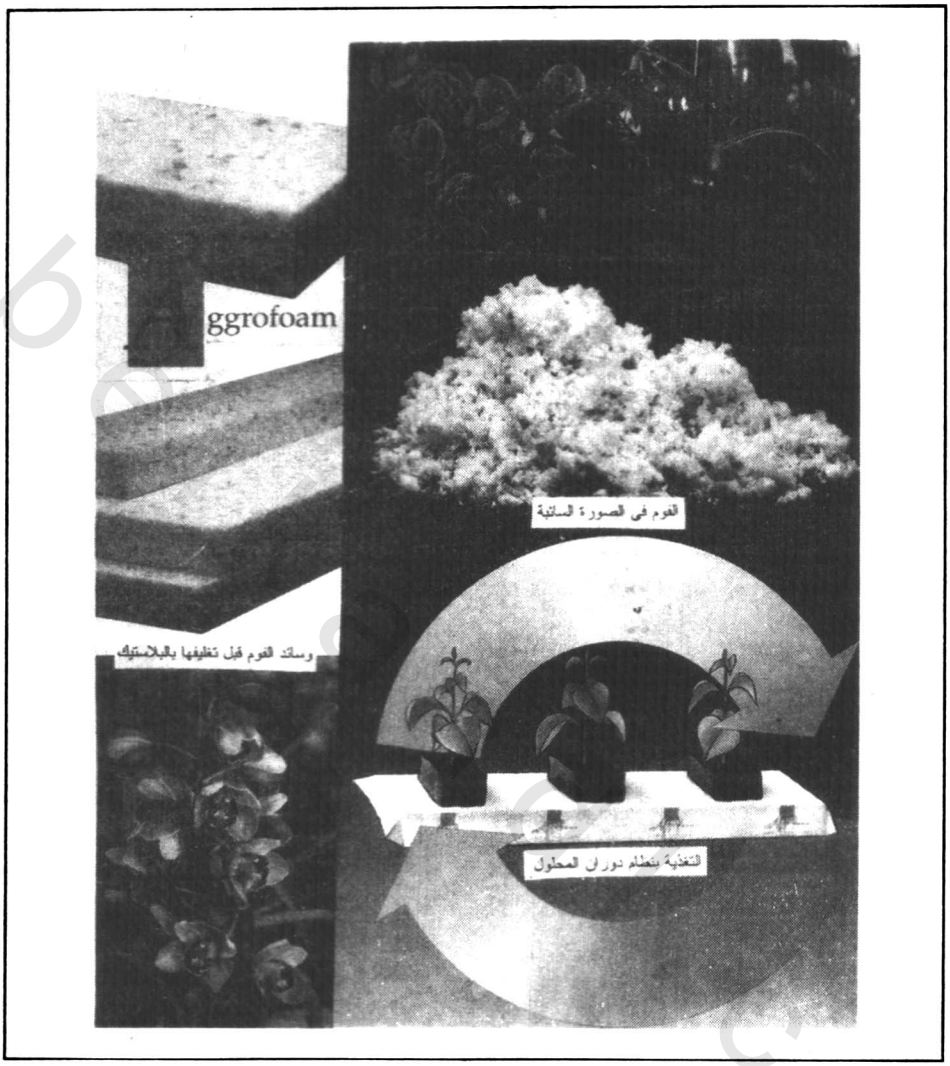
وبلوكات ووسائد الفوم تتميز بأنها:

١- بيئة جافة Dry Substrate تحتوى على نسبة مناسبة من الهواء إلى الماء Air/Water Ratio مما يشجع على تكوين مجموع جذرى قوى.

٢- ذات خواص صرف ممتازة بما يسمح بالتخلص من أى ترسيبات للأملاح بسهولة، وفى نفس الوقت تجعل منها بيئة مناسبة لاستخدام طريقة التغذية بالمحلول الدائر Recirculation system أو فيما يعرف بالنظام المغلق Close system.

٣ - بيئة متعادلة ولا تتأثر بتغير رقم الـpH أو درجة التوصيل الكهربى E.C مما يجعلها بيئة مثلى للنمو.

٤ - تستخدم لفترات طويلة (من ٥ - ١٠ سنوات).



شكل (١٠-٢٦) : الفوم في صورة سائبة ومجهزة في شكل وسائد للاستخدام الزراعي

٥ – سهلة التعقيم بالبخار ولا يحدث أى تغير فى الخواص أو فى الكفاءة نتيجة الاستخدام أو التعقيم .

٦ – بعد استخدامها فى الزراعة يمكن عمل Recycling لها مرة أخرى .

٥ - ألياف الكتان وألياف صناعية أخري

يعتبر الكتان من الألياف الطبيعة التي يمكن استخدامها كبيئة للزراعة اللاأرضية، ويعتبر الخيش الموجود فى الأسواق بيئة قابلة للاستخدام فيما يعرف بالزراعة المستوية. كما يمكن استخدام ألياف صناعية مخلقة من البوليمرات يطلق عليها اسم "فليس Fleece" والسلسلة الكيميائية له من البولى ايستر Polyester ، ولذلك يسمي "بولى إيستر فليس Polyester fleece" وهو من النوع المحب للماء ويعتبر بيئة للنمو. وقد استخدم هذا المنتج بواسطة Schroder سنة ١٩٨٧ بألمانيا كبيئة لنمو العديد من محاصيل الخضر وأعطى نتائج ممتازة. كما يستخدم ورق البيت Peat paper والفسكوس فليس Viscose fleece بالإضافة إلى أى مخلفات معدنية أو عضوية يمكن تشكيلها فى طبقات رقيقة. وتستخدم أى من هذه البيئات بين طبقتين من شرائح البلاستيك فيما يشبه السندوتش Sabdwich حيث تعمل الطبقة السفلى على منع تسرب الماء والمحلول المغذى والطبقة العليا تمنع البخر وتمنع نمو الطحالب. كما تعمل شرائح البلاستيك على حماية الجذور من أشعة الشمس صيفاً ولذلك يستخدم البلاستيك ذى اللون الأبيض، بينما يستخدم البلاستيك ذى اللون الأسود لتدفئتها شتاء.

نماذج لاستخدام بيئات الألياف فى الزراعة على المستوي التجارى

سبق الإشارة إلى بيئات الألياف وخواصها ومنها الصوف الصخري وصوف الخبث المصري والصوف الزجاجي وألياف الفوم والكتان وغيرها. والآن نعطى مثالاً لكيفية استخدام أى منها فى الزراعة والذى يتم بإحدى الطرق الآتية :

١ - مزارع النظام المفتوح Open System

يمكن اتباع الخطوات التالية لتنفيذ مزرعة من الصوف الصخرى أو أي بيئة ألياف أخري بنظام الـ Open sysetem فى الصوبة أو الحقل المكشوف :

١ - ترطيب مكعبات الإنبات قبل الاستخدام بـ ٢٤ ساعة وتكون موضوعة على طاولات من البلاستيك ذات إطار غير مرتفع ٥-٨ سم.

٢ - تزرع بذور النباتات فى المكعبات فى مكان دافئ رطب وتروي بالماء والمحلول المغذى

عند الحاجة لذلك.

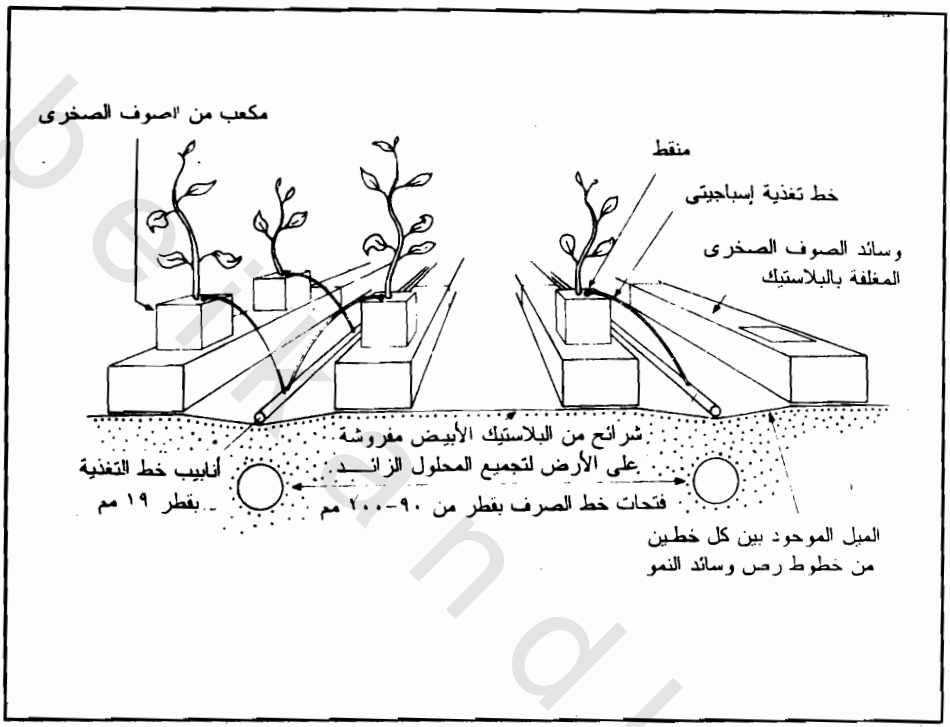
٣ – بعد خروج جذور البادرات خارج مكعبات الإنبات تنقل إلى بلوكات الإنبات حتي تأخذ حجماً مناسباً وتصبح جاهزة للنقل إلى وسائد النمو (شكل ١٠ – ٢٧)، والذى يوضح تتابع مراحل إعداد البادرات حتي وضعها فى مكانها المستديم على وسائد النمو فى الصوبة.

٤ – يتم تسوية أرض المزرعة فى شكل مصاطب بعرض ٧٠ سم تنحدر للخارج قليلاً، ثم ترتفع مكونة مصطبة أخري بعرض ٧٠ سم، وذلك فى حالة ما إذا كان عرض وسائد النمو ١٥ أو ٢٠ سم، ثم تغطى الأرض بالبلاستيك الأبيض صيفاً ليخفف من حدة الحرارة والأسود شتاء للتدفئة. وفى كل الأحوال فإن البلاستيك يمنع ظهور ونمو الحشائش بأرض المزرعة ونمو الفطريات ، ويمنع أيضاً وصول فاقد المحاليل المغذية إلى التربة ليتم تبخره من على أسطح البلاستيك ملطفاً للجو المحيط بالنبات .

٥ – يتم رص وسائد النمو فى صفوف طولية على الحواف المائلة للمصاطب بحيث يكون نهاية كل وسادة مع بداية الوسادة التالية لها وهو ما يسمى Tail to Tail، ثم

شكل (١٠–٢٧): يوضح تتابع خطوات إعداد البادرات في مكعبات الرنبات وكيفية نقلها إلي وسائد النمو.

توضع مواسير التغذية فى باطن المصاطب لتغذى زوج من وسائد النمو، وتكون الممرات على قمة المصاطب بين زوج من الوسائد أيضاً مما يسهل الحركة بعيداً عن رشح المحلول الزائد ومواسير الري والتغذية (شكل ١٠-٢٨) .



شكل (١٠-٢٨) : رسم تخطيطي للشكل العام الذي تكون عليه مزارع الألياف في الصوبة أو الحقل

فى حالة ما إذا كان النمو الخضرى للنباتات المراد تنميتها قصير مثل: الخس والفراولة، فيمكن تكثيف الزراعة بعمل مصاطب بعرض من ١٠٠ - ١١٠سم ورص الوسائد التي عرضها ١٥-٢٠ سم فى زوجين من الصفوف على الحواف المائلة للمصاطب (٤ صفوف على المصطبة) بنفس الطريقة السابقة، ويعمل خط الري والتغذية على ري وتغذية أربعة صفوف من وسائد النمو (٢ وسادة من كل جانب) .

٦ - يتم عمل فتحات بأبعاد مكعبات الإنبات أو البادرات في البلاستيك المغلف لوسائد النمو على أن تكون المسافة بين كل فتحة وأخري هى نفس المسافة المطلوبة بين كل

نبات وآخر.

٧ – يتم توصيل منقطات Dripers خط الري والتغذية إلى الفتحات الموجودة فى وسائد النمو وتشبيعها بالمحلول المغذى قبل نقل البادرات بـ ٢٤ – ٤٨ ساعة مع ضرورة عدم عمل فتحات للصرف خلال هذه الفترة، حيث يرفع الصوف الصخري رقم الـ pH للمحلول بمقدار درجة واحدة عند استخدامه لأول مرة فقط.

٨ – بعد ٢٤ – ٤٨ ساعة من تشبيع وسائد النمو يتم عمل فتحات الصرف فى أسفل الجانب المواجه لمواسير الرى، ليتم التخلص من المحلول الذى ارتفع رقم حموضته، ثم تنقل مكعبات الانبات أو البادرات وتثبت في المكان المجهز لها من قبل على وسائد النمو ويثبت بها المنقطات.

٩ – يتم التغذية من ٤–٦ مرات يومياً فى فصل الشتاء ومن ٨–١٢ مرة فى فصل الصيف وذلك بمعدل ٢–٤ لتر/ساعة، وفى كل مرة ينتظر حتي يخرج المحلول من فتحة الصرف . وتستمر التغذية بهذا المعدل حتي نهاية المحصول.

ويجب ملاحظة أن حجم الهواء في وسائد النمو يزداد بارتفاع الوسادة، وغالباً ما تكون التهوية فى حدود ٢٥٪ من حجم الوسائد التي ارتفاعها ٧,٥ سم كافياً لمعظم أنواع النباتات، إلا أنه ربما تحتاج بعض المحاصيل إلى حجم تهوية أكبر قد يصل إلى ٥٠٪، وفى هذه الحالة تستخدم وسائد ذات ارتفاع أكبر.

ما يتم عمله أثناء النمو

١ – التأكد من ضبط المحلول المغذى يوميًا، وذلك بأخذ عينة من المحلول المغذى الموجود فى وسائد النمو وليس المضاف إليها. ويتم أخذ العينة بواسطة سرنجة تغمس حتى منتصف الوسادة فيما بين النباتات، ومكونات كل عينة يتم تجميعها من ١٥ – ٢٠ وسادة عشوائيًا. وعلى هذه العينة يتم القياسات التالية:

الاختبارات اليومية:

أ – قياس رقم الـpH والتوصيل الكهربى Electrical Conductivity (E. C) فى عينات من المحلول المغذى الموجود فى وسائد النمو باستخدام أجهزة قياس الـ

pH (pH Meter) وأجهزة قياس درجة التوصيل الكهربى EC Meter.

ب – تقدير العناصر التالية: NH_4- N, NO_3- N, P, K, Ca, Mg and Fe وهذا ما يجب أن يتم، إلا أنه نظراً لارتفاع تكاليف هذه التقديرات، بالإضافة إلى أن التغيرات التى تحدث فى المحلول المغذى ووسط النمو لا تكون كبيرة خلال أسبوع، لذلك يتم أخذ العينة أسبوعياً وعليها يتم إجراء الاختبارات والتقديرات السابقة مرة كل أسبوع.

الاختبارات الشهرية:

تقدير عناصر Mn, Cu, Zn and B

اختبارات كل شهرين:

تقدير عناصر Na and Cl

وتقدير تركيزات العناصر فى المحاليل المغذية يتم باستخدام أجهزة الـ Flame Photometr and Spectrophotometer المتوفرة فى معامل تحليلات الأراضى والمياه.

٢ – إذا حدث تأثير لترسيب الأملاح أثناء نمو المحصول نتيجة لاستخدام ماء به نسبة ما من كلوريد الصوديوم مثلاً فإنه يتم الرى بماء فقط لمدة ٢ – ٣ أيام، ثم يعاد استخدام المحلول المغذى، وفى حالة إعادة استعمال وسائد النمو لسنة تالية يتم الرى فى الأسبوع الأخير من عمر النباتات أيضاً بماء فقط للتخلص من الأملاح المترسبة بها.

٣ – تثبيت النباتات ذات المجموع الخضرى الكبير مثل: الطماطم والخيار على الأسلاك أو الدعامات الخاصة بها.

٤ – مكافحة الآفات أو الحشرات إن وجدت.

ونظراً لاستخدام الصوف الصخرى فى الزراعة على مساحات كبيرة لمحاصيل عالية القيمة الاقتصادية، فإن الشركات المتخصصة فى تصنيع أنظمة الرى وفرت أجهزة ومعدات قياس فى غاية الدقة والنظام يتحكم فى عملها أجهزة الكمبيوتر المزودة ببرامج

تعمل على قياس درجة الـ pH، والـ E. C، وتركيز العناصر الغذائية، وتصحيح قيم كل منها أوتوماتيكيًا إلى القيم المثلى مما يوفر الوقت والعمالة ومثالية فى تركيزات المحلول المغذى، وهو ما يؤدى مع مثالية بيئة النمو إلى محصول جيد. وهذا هو سر الإنتاجية العالية فى مثل هذه الأنظمة.

وتعتبر محاصيل الخضر ونباتات الزينة من المحاصيل التى يتم زراعتها تجاريًا فى الصوف الصخرى وفى الصوف الزجاجى والفوم بنجاح كبير. ولنأخذ لذلك مثالاً من بعض المزارع التجارية بهولندا خلال عام ١٩٩٤ يوضح احتياجات ومتطلبات الزراعة لبعض المحاصيل فى الصوف الصخرى مقابل إنتاجيتها (جدول ١٠ – ٤).

ويلاحظ أن احتياجات محصول الطماطم Tomato تماثل نفس الاحتياجات لمحصول الفلفل Pepper، كما أن متطلبات محصول الخيار Cucumber تماثل ما تتطلبه محاصيل كل من القاوون Melon، والباذنجان Egg Plant (Aubergine)، والكوسة Squash، فى حين أن ما تحتاجه محاصيل القرنفل Carnation، والجربيرا Gerbera والأقحوان Chrysanthemum تقل قليلاً عن احتياجات شجيرات الورد Roses.

ثانيًا : النظام المغلق أو الدائرى Closed System

ويتبع فيه الخطوات التالية :

١ – يتم استخدام الخطوات من ١ – ٣ من الطريقة السابقة.

٢ – يتم وضع وسائد النمو فى طاولات من البلاستيك Trays (طولها بطول ٢ – ٣ وسادة، وعرضها عرض وسادة أو وسادتين)، ثم توضع طاولات البلاستيك على أرض الصوبة أو خارجها بميل ١ : ٢٠٠، وفى نهاية الطاولة البلاستيك توجد فتحة بقطر ١,٢٥ – ٣,٧٥ سم يثبت عليها ماسورة بلاستيك بنفس قطر الفتحة، وتتصل بماسورة تحمل المحلول الزائد إلى تنك التغذية.

٣ – يتم عمل فتحات بأبعاد مكعبات الإنبات أو البادرات فى البلاستيك المغلف لوسائد النمو على أن تكون المسافة بين كل فتحة وأخرى هى نفس المسافة المطلوبة بين كل نبات وآخر.

جدول (١٠ – ٤): يوضح احتياجات بعض المحاصيل عند زراعتها في الصوف الصخري والإنتاج المتحصل منها

المحصول احتياجات المحصول	الطماطم Tomato	الخيار Cucumber	الورد Rose
المساحة بالمتر المربع	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠
كثافة النباتات فى المتر المربع	٢,٥	١,٥	١٠
عدد النباتات = عدد مكعبات	٢٨٠٠ –	١٦٠٠ –	٩٠٠٠ –
الإنبات والنمو = عدد المنقطات	٣٠٠٠	١٩٠٠	١١٠٠٠
عدد وسائد النمو بطول ٧٥ سم	٩٠٠	٨٥٠ – ٩٠٠	١٠٠٠ – ١٤٠٠
كمية الأسمدة بالكيلو جرام	١٠٠	١٠٠	١٠٠
استهلاك المياه بالمتر المكعب	١٥٠٠	١٨٠٠	٢٠٠٠
عمر النبات حتى المحصول بالشهر	١٠ – ١١	١٠	١٢
المحصول بالكيلو جرام للمتر المربع	٦٥	٢٨	٢٠٠ زهرة
العمالة اللازمة لكل ٤٠٠ متر مربع	١	١	١

٤ – يتم توصيل منقطات خط الرى والتغذية إلى الفتحات الموجودة فى وسائد النمو وتشبيعها بالمحلول المغذى قبل نقل البادرات بـ ٢٤ – ٤٨ ساعة مع ضرورة عدم عمل فتحات للصرف خلال هذه الفترة (كما سبق بيانه فى الطريقة السابقة).

٥ – بعد ٢٤ – ٤٨ ساعة من تشييع وسائد النمو يتم عمل فتحات الصرف فى أسفل الجانب المواجه لمواسير الرى، فيتم التخلص من المحلول الزائد، ثم تنقل مكعبات الإنبات أو البادرات وتثبت فى المكان المجهز لها من قبل على وسائد النمو ويثبت معها المنقطات.

٦ – يتم التغذية باستخدام المنقطات ويعاد استخدام المحلول الزائد مرة أخرى كما هو متبع فى الأنظمة المغلقة، وتستمر التغذية بهذا النظام حتى نهاية المحصول.

ثالثًا: الرى تحت السطحى لبيئات الألياف Sub - irrigation System

١ – فى هذا النظام يتم وضع وسائد الصوف الصخرى أو غيرها من وسائد بيئات الألياف الأخرى فى طاولات من البلاستيك كل منها يتسع لوسادتين أو ثلاثة على أن تزود هذه الوسائد بفتحات فى سطحها السفلى.

٢ – يتم ضخ المحلول المغذى إلى الطاولات البلاستيك الحاوية لوسائد الصوف الصخرى حتى أقصى ارتفاع يجب أن يكون عليه المحلول فى الطاولة والوسادة والذى يوجد عنده فتحة جانبية لإعادة الزيادة إلى تنك التغذية.

٣ – يتم ضخ المحلول مرة واحدة يوميًا فى المراحل الأولى للنمو ولمدة من ٥ – ١٠ دقائق، تزاد بعد ذلك إلى ٣ – ٥ مرات شتاء و٧ – ١٠ مرات صيفًا فى المراحل المتقدمة للنمو وحتى المحصول.

وتتميز هذه الطريقة بالاستخدام القليل للطاقة اللازمة لضخ المحلول بالإضافة إلى تلافى مشاكل انسداد المنقطات.

إعادة استخدام وسائد النمو فى زراعة محاصيل أخرى

يمكن استخدام وسائد النمو لأكثر من عام. ولإعادة الاستخدام بشكل جيد يجب التخلص من الأملاح المترسبة بها من المحصول السابق أولاً، ثم القضاء على الفطريات ثانيًا.

ويتم التخلص من الأملاح المترسبة كما سبق الإشارة إليه من قبل. أما القضاء على الفطريات فيتم كما يلى:

١ – يزال غطاء البلاستيك من على وسائد النمو، وترص فوق بعضها فى شكل بالات، ثم تغطى بإحكام بغطاء سميك من البلاستيك.

٢ – يمرر عليها بخار الماء لمدة ٣٠ دقيقة، وبعد أن تبرد يتم تغليفها بأغلفة البلاستيك وتكون بهذا جاهزة للاستخدام فى العام التالى.

فى بعض المناطق من العالم يستخدم بروميد الميثيل بدلا من بخار الماء، وبنفس الخطوات السابقة وإن كان يفضل استخدام المصدر الطبيعى عن المركب الكيماوى.

مـــلاحـــق

جدول (١) : بعض النباتات والمحاصيل الاقتصادية وأسماؤها العلمية

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى	الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
محاصيل الحبوب Cereal Crops			المحاصيل السكرية		
الشعير	Barley	Hordeum vulgare L.	قصب السكر	Sugar Cane	Saccharm officinarum L.
القمح	Wheat	Triticum aestivum L.	بنجر السكر	Sugar Beet	Beta vulgaris L.
الأرز	Rice	Oriza sativa L.	نباتات الخضر		
الذرة	Maize	Zea mays L.	السبانخ	Spinach	Spinacia oleracea L.
ذرة رفيعة	Sorghum	Sorghum bicolor (L.) Moench	البنجر	Beet	Beta vulgaris L.
الشيلم	Rye	Secale cereale L.	الخبيزة	Egyptian Mallow	Malva parvifloa L.
الشوفان	Oats	Avena sativa L.	البامية	Okra	Hibiscus esculentus L.
البذور البقولية			الخيار	Cucumber	Cucumis sativus L.
الفول	Faba bean	Vicia faba L	القرع	Field Pumpkin	Cucurbita pepo L.
البسلة	Pea	Pisum sativum L.	الفجل	Radish	Raphanus sativus L.
العدس	Lentil	Lens culinaris L.	جرجير	Roquette	Eruca sativa Mill.
اللوبيا	Cow Pea	Vigna sinensis Savi	كرنب	Cabbage	Brassica oleracea Var. Capitata L.

تابع جدول (١) : بعض النباتات والمحاصيل الاقتصادية وأسماؤها العلمية

الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى	الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى
Brassica oleracea var gemmifera L.	Brussele Sprouts	كرنب بروكسل	Phaseolus vulgaris L.	Bean	فاصوليا
Brassica oleracea var. botrytis L.	Cauliflower	القنبيط	Cicer arietinum L.	Chick Pea	الحمص
Brassica rapa L.	Turmip	اللفت	Arachis hypogaea L.	Peanut	فول سودانى
Daucus carota L.	Carrot	الجزر	Glycine max (L.) Merr	Soybean	فول الصويا
Apium petroselinu m L.	Parsley	البقدونس			
Apium graveolens var. dulce Pers	Celery	الكرفس	**محاصيل ألياف أو زيتية**		
Solanum tuberosum L.	Potato	بطاطس	Gassypium hirsutum	Cotton	القطن
Solanum melongena L.	Egg - Plant	باذنجان	sesamum indicum L.	Sesame	السمسم
Lycopersic um esculentum Mill	Tomato	الطماطم	Linum usitatissimu m L.	Flax	الكتان
Capsicum frutescens L.	Pepper	الفلفل	Helianthus annus L.	Sunflower	عباد الشمس
Ipomoea batatas Lam	Sweet Potato	البطاطا	Brassica napus var. oil	Rape	الشلجم

تابع جدول (١) : بعض النباتات والمحاصيل الاقتصادية وأسماؤها العلمية

الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى	الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى
Lactuca sativa L.	Lettuce	الخس	Olea europaea L.	Olive	الزيوت
Cynara scolymus L.	Artichoke	خرشوف	Elaeis guineensis Jacg	Oil Palm	نخيل الزيت
Allium cepa L.	Onion	البصل	Cocos nucifera L.	Coconut	جوز الهند
Allium sativum L.	Garlic	الثوم	**نباتات العلف**		
Allum porrum L.	Leek	الكرات	Trifolium alexandrinu m L.	Egyptian Clover	البرسيم المصرى
Asparagus officinalis L.	Asparagus	الهليون	Mesicago sativa L.	Alfalafa	البرسيم الحجازى
Colocasia antiquorum Schott	Taro	القلقاس	Melilotus officinalis lam	Yellow Sweet Clover	برسيم حلو
نباتات الفاكهة					
Citrus sinensis osbech.	Sweet orange	البرتقال	Juglans regia L.	Wallberry	الجوز
Citrus nobilis var. delicious Swingle	Mandarine	اليوسفى	Morus spp. Pyrus malus L.	Mullberry	التوت
Citrus aurantifolia Swingle	Lime	الليمون المالح	Pyrus communis L.	Apple	التفاح
Citrus iimonum Risso.	Lemon	الليمون الأضاليا		Pear	الكمثرى

تابع جدول (١): بعض النباتات والمحاصيل الاقتصادية وأسماؤها العلمية

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى	الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
الخوخ	Peach	Prunus persica	المانجو	Mango	Mangifera indica L.
المشمش	Apricot	Prunus armeniaca L.	العنب	Grape	Vinifera L.
البرقوق	European Plum	Prunus domestica L.	الجوافة	Guava	Psidum guajava L.
الكريز	Cherry Plum	Prunus cerasifera	نخيل البلح	Data Palm	Phoenix dactylefera L.
الأناناس	Pine Apple	Ananas comosus Merr	الموز	Musa spp.	Musa spp.

obeikandl.com

جدول (٢): وحدات التعامل في بعض أصناف المحاصيل الزراعية

الصنـــف	وحدات التعامل (كيلو جرام)	الصنـــف	وحدات التعامل (كيلو جرام)
القطن الزهر (قنطار مترى)	١٥٧,٥	الحلبة (بالأردب)	١٥٥
القطن الشعر (قنطار مترى)	٥٠	الترمس (بالأردب)	١٥٠
بذرة القطن (أردب المترى)	١٢٠	الحمص (بالأردب)	١٥٠
القمح (بالأردب)	١٥٠	فول سودانى (أردب)	٧٥
الشعير (بالأردب)	١٢٠	البسلة الناشفة (أردب)	١٦٠
الذرة الشامية (بالأردب)	١٤٠	اللوبيا (بالأردب)	١٢٠
الذرة الرفيعة (بالأردب)	١٤٠	السمسم (بالأردب)	١٢٠
الأرز المبيض (بالأردب)	٢٠٠	بذرة الكتان (أردب)	١٢٢
الأرز الشعير (بالأردب)	٣٠٠	القرطم (أردب)	١١٣
الأرز الشعير (بالضريبة)	٩٤٥	البرسيم (بالأردب)	١٥٧
الفول (بالأردب)	١٥٥	التبن (بالحمل)	٢٥٠
الفول المجروش (أردب)	١٤٤	النخالة (بالأردب)	٦٧,٥
العدس الصحيح (أردب)	١٦٠	الفريك (بالأردب)	١٤٠
العدس المجروش (بالأردب)	١٤٨	البصل (بالقنطار)	٤٥

المصدر: جدول رقم ٥ بالقانون رقم ٢٢٩ لسنة ١٩٥١ القرارين الوزاريين رقم ٤٠٧، ٧١٢ لسنة ١٩٦١ من وزارة الاقتصاد بشأن استخدام الأوزان المترية فى معاملات القطن.

جدول (٣): بعض التحويلات الهامة في الأطوال والمساحة والكتلة والتركيزات وغيرها

العمود الأول	العمود الثانى	للتحويل من الأول للثانى يتم الضرب فى	للتحويل من الثانى للأول يتم الضرب فى
الطول			
الكيلو متر (كم = 10^{3} م)	الميل	٠,٦٢١	١,٦٠٩
المتر (م)	الياردة	١,٠٩٤	٠,٩١٤
المتر (م)	القدم	٣,٢٨	٠,٣٠٤
الميكروميتر (10^{-6} م)	الميكرو	١,٠	١,٠
المليمتر (10^{-3} م)	البوصة	$3,94 \times 10^{-2}$	٢٥,٤
النانوميتر (10^{-9} م)	أنجستروم	١٠	٠,١
المساحة			
الهكتار	الفدان	٢,٣٨	٠,٤٢
الفدان	أيكر	١,٠٤	٠,٩٦
الهكتار	أيكر	٢,٤٧	٠,٤٠٥
كيلو متر مربع ($كم^{2} = 10^{3} م)^{2}$	أيكر	٢٤٧	$4,05 \times 10^{-3}$
متر مربع (م٢)	أيكر	$2,47 \times 10^{-4}$	$4,05 \times 10^{3}$
متر مربع (م٢)	قدم مربع	١٠,٦٧	$9,92 \times 10^{-2}$

تابع جدول (٣): بعض التحويلات الهامة في الأطوال والمساحة، والكتلة والتركيزات

العمود الأول	العمود الثانى	للتحويل من الأول للثانى يتم الضرب فى	للتحويل من الثانى للأول يتم الضرب فى
الكتلة			
الجرام، جم (١٠ $^{-٣}$ كجم)	الرطل	٢,٢٠ X ١٠ $^{-٣}$	٤٥٤
الجرام	أوقية	٣,٥٢ X ١٠ $^{-٢}$	٢٨,٤
كيلو جرام، كجم	الرطل	٢,٢٠٥	٠,٤٥٤
كيلو جرام	الطن (٢٠٠٠ رطل)	١,١ X ١٠ $^{-٣}$	٩٠٧
ميجاجرام	طن أمريكى	١,١٠٢	٠,٩٠٧
التركيز			
السنتيمول / كجم (Kg^{-1} Cmol)	ملليمكافىء / ١٠٠ جم	١	١
جم / كجم	نسبة مئوية ٪	٠,١	١٠
مجم / كجم	نسبة مئوية ٪	١٠ $^{-٤}$	١٠ ^{٤}
ميجاجرام / م ٣	جرام / سم ٣	١	١
ملليجرام / كجم	جزء فى المليون	١	١

جدول (٤) : تحويلات بعض العناصر من صورة إلي صورة أخري

العمود الأول	العمود الثانى	للتحويل من الأول للثانى يتم الضرب فى	للتحويل من الثانى للأول يتم الضرب فى
تحويلات بعض العناصر من صورة إلى صورة أخرى			
النيتروجين N	النترات NO3	٤,٤٢٧	٠,٢٢٦
النيتروجين N	نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$	٥,٨٥٧	٠,١٧١
النيتروجين N	نترات البوتاسيوم KNO_3	٧,٢١٨	٠,١٣٩
النيتروجين N	اليوريا $[(NH_2)_2 CO]$	٢,١٤٤	٠,٤٦٧
الفوسفور P	فوسفات الأمونيوم $NH_4H_2PO_4$	١,٦٢١	٠,٦١٧
الفوسفور P	خامس أكسيد الفوسفور P_2O_5	٢,٢٩	٠,٤٣٧
البوتاسيوم K	أكسيد بوتاسيوم K_2O	١,٢٠	٠,٨٣٠
الكالسيوم Ca	أكسيد كالسيوم CaO	١,٣٩	٠,٧١٥
الماغنسيوم Mg	أكسيد ماغنسيوم MgO	١,٦٦	٠,٦٠٢
أكسيد بوتاسيوم K_2O	كبريتات بوتاسيوم K_2SO_4	١,٨٥٠	٠,٥٤١
الحديد Fe	كبريتات الحديدوز $FeSO_4$	٢,٧٢٠	٠,٣٦٨
الزنك Zn	كبريتات الزنك $ZnSO_4$	٢,٤٦٩	٠,٠٥٠
المنجنيز Mn	كبريتات المنجنيز $MnSO_4$	٢,٧٤٩	٠,٣٦٤
النحاس Cu	كبريتات النحاس $CuSO_4$	٣,٩٢٩	٠,٢٥٥
الموليبدنم Mo	موليبيدات الصوديوم $Na_2Mo_4 . 2H_2O$	٢,٥٢٢	٠,٣٩٧
البورون B	البوراكس $Na_2BO_7 .10H_2O$	٨,٨١٣	٠,١١٣

جدول (٥) : أسمدة العناصر الكبري وأوزانها الجزيئية في حالتها النقية والتجارية

اسم السماد أو المركب	الوزن الجزيئى فى الحالة النقية	الوزن الجزيئى فى الحالة التجارية	العناصر الأساسية بها
نترات البوتاسيوم	١٠١	١١٠	N,K
نترات الكالسيوم (ماءئية)	١٨٢	١٩٠	N,Ca
نترات الكالسيوم (لا مائية)	١٦٤	١٨٠	N, Ca
نترات الأمونيوم	٨٠	٨٠	N
كبريتات الأمونيوم	١٣٢	١٤٠	N,S
فوسفات الأمونيوم	١١٥	١٢٠–١٤٠	N,P
كلوريد البوتاسيوم	٧٥,٥	٨٠	K
كبريتات البوتاسيوم	١٧٤	٢٠٠	K,S
فوسفات أحادى البوتاسيوم	١٣٦	١٤٠	K,P
فوسفات ثنائى البوتاسيوم	١٧٤	١٨٠	K,P
فوسفات أحادى الكالسيوم	٢٥٢	٢٧٠–٧٥٠	P, Ca
كبريتات الماغنسيوم	١٢٠	١٣٠	Mg, S
نترات الماغنسيوم	١٤٨	١٥٠	Mg, N
كبريتات الكالسيوم (مائية)	١٧٢	١٩٠	Ca, S
كلوريد الكالسيوم	١٤٧	١٥٠	Ca, Cl
اليوريا	٦٠	٦٠	N
حامض الكبريتك	٩٨	١٠٠	S
حامض النيتريك	٦٣	٦٥–٧٠	N
حامض الأيدروكلوريك	٣٦,٥	٤٠	H, Cl

جدول (٦): كمية أسمدة العناصر الكبري بالجرام في ١٠٠٠ لتر ماء والتي تعطي تركيز ١ جزء في المليون من العنصر الموجود به، وما يكافؤها بالملليمكافئ/ لتر

اسم السماد أو المركب	الكمية بالجرام لكل ١٠٠٠ لتر ماء لتعطى تركيز ١ جزء فى المليون	مكافئ ١ جزء فى المليون بالمليمكافئ فى اللتر	عناصر ثانوية تضاف بالجزء فى المليون
نترات البوتاسيوم	N ٧,٨٠	٠,٠٧١٤	K ٢,٨٠
نترات البوتاسيوم	K ٢,٨	٠,٠٢٥٦	N ٠,٣٦
نترات الكالسيوم (ماءئية)	N ٩,٠	٠,٠٧١٤	Ca ١,٤٣
نترات الكالسيوم (ماءئية)	Ca ٦,٢٥	٠,٠٢٥	N ٠,٧٠
نترات الكالسيوم (لا مائية)	N ٦,٤٤	٠,٠٧١٤	Ca ١,٤٣
نترات الكالسيوم (لا مائية)	Ca ٤,٥٠	٠,٠٢٥	N ٠,٧٠
نترات الأمونيوم	N ٣,٠	٠,٠٣٧٥	–
كبريتات الأمونيوم	N ٤,٨٦	٠,٠٧١٤	–
فوسفات الأمونيوم	P ٣,٨٧	٠,٠٣٢٢	N ٠,٤٥
كلوريد البوتاسيوم	K ٢,٠٥	٠,٠٢٥٦	–
كبريتات البوتاسيوم	K ٢,٥	٠,٠٢٥٦	–
اليوريا	N ٢,٢٠	٠,٠٢٨٢	–
كبريتات الماغنسيوم	Mg ١٠,٧٥	٠,٠٤١٧	–
فوسفات أحادى الكالسيوم	P ١٤,٣٠	٠,٠٣٢٢	Ca ٣,٨٠

جدول (٧): كمية أسمدة العناصر الصغري بالجرام في ١٠٠٠ لتر ماء والتي تعطي تركيز ١ جزء في المليون من العنصر الموجود بها وما يكافؤها بالملليمكافئ/ لتر

اسم السماد أو المركب	الكمية بالجرام لكل ١٠٠٠ لتر ماء لتعطى تركيز ١ جزء فى المليون	مكافئ ١ جزء فى المليون بالمليمكافئ فى اللتر	عناصر ثانوية تضاف بالجزء فى المليون
كبريتات الحديدور	Fe ٥,٥٤	٠,٠١٨٥	–
سترات الأمونيوم والحديديك	Fe ٨,٧٥	٠,٠١٨٥	–
كبريتات المنجنيز	Mn ٤,٠٥	٠,٠١٨٢	–
حامض البوريك	B ٥,٦٤	٠,٠٩١٠	–
كبريتات النحاس	Cu ٣,٩١	٠,٠١٥٦	–
كبريتات الزنك	Zn ٤,٤٢	٠,٠١٥٤	–

obeikandl.com

جدول (٨) : الوزن الجزيئي لأملاح العناصر الصغري ونسبة العنصر بها

اسم السماد أو المركب	الوزن الجزيئى	الوزن الجزيئى
كبريتات الحديدوز	٢٧٨	Fe ٢٢,٢
كبريتات الحديدوز والأمونيوم	٣٩٢	Fe ١٤,٣
كلوريد الحديديك	٢٧٠,٥	Fe ٢٠,٧
طرطرات الحديد	٢٠٤	Fe ٢٧,٥
سترات الحديد	٢٩٩	Fe ١٨,٩
سترات الحديد والأمونيوم	٤٠٨	Fe ١٣,٧
كبريتات النحاس	٢٤٩,٦٨	Cu ٢٥,٥
كبريتات الزنك	٢٨٧,٥٤	Zn ٢٢,٩
كبريتات المنجنيز	١٦٩	Mn ٣٢,٥
كبريتات المنجنيز	٢٢٣	Mn ٢٤,٧
حامض البوريك	٦٢	B ١٨,١
البوراكس	٣٨٢	B ١١,٨
أيوديد البوتاسيوم	١٦٦	I ٧١,٠
سليكات البوتاسيوم	١٥٤	Si ١٨,٧
سليكات الصوديوم	١٢٢	Si ٢٣,٠
فلوريد الصوديوم	٤٢	F ٤٥,٠
كبريتات الألومنيوم	٣٨٢	Al ١٥,٨

obeikandl.com

obeikandl.com

نماذج ملونة لأعراض نقص العناصر الغذائية

على بعض النباتات

obeikandl.com

obeikandl.com

أعراض نقص النيتروجين على أوراق نباتات الذرة

أعراض نقص النيتروجين على نباتات الطماطم (إلى اليسار)

نماذج لأعراض نقص عنصر النيتروجين N علي بعض النباتات

أعراض نقص النيتروجين على الخيار (ثمار وأوراق)

أعراض نقص النيتروجين على نباتات الخس (إلى اليمين)

نماذج لأعراض نقص النيتروجين N علي بعض النباتات

أعراض نقص الفوسفور على أوراق نباتات الذرة

أعراض نقص الفوسفور على نباتات الطماطم

نماذج لأعراض نقص الفوسفور P علي بعض النبات

أعراض نقص الفوسفور على نباتات الخيار

أعراض نقص الفوسفور على نباتات الخس

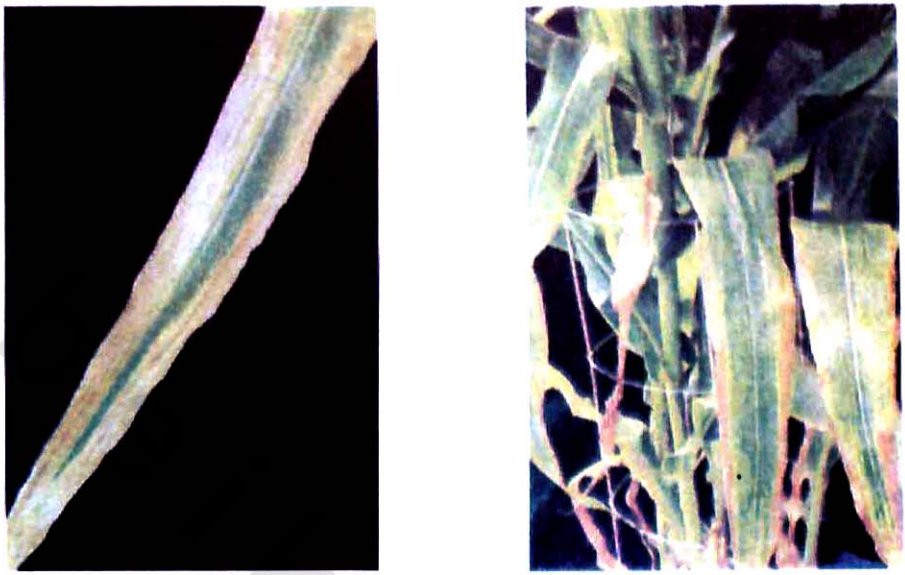
نماذج لأعراض نقص عنصر الفوسفور P علي بعض النباتات

obeikandl.com

أعراض نقص البوتاسيوم على أوراق نباتات فول الصويا

أعراض نقص البوتاسيوم على أوراق الخوخ

نماذج لأعراض نقص عنصر البوتاسيوم K علي بعض النباتات



أعراض نقص البوناسيوم على أوراق نباتات الذرة

أعراض نقص البوتاسيوم على أوراق نباتات البطاطس

نماذج لأعراض نقص عنصر البوتاسيوم K علي بعض النباتات

أعراض نقص الكبريت على نباتات الأرز

أعراض نقص الكبريت على نباتات الطماطم (إلى اليسار)

نماذج لأعراض نقص عنصر الكبريت S علي بعض النباتات

أعراض نقص الكبريت على نباتات الخيار

أعراض نقص الكبريت على نباتات الخس

نماذج لأعراض نقص عنصر الكبريت S علي بعض النباتات

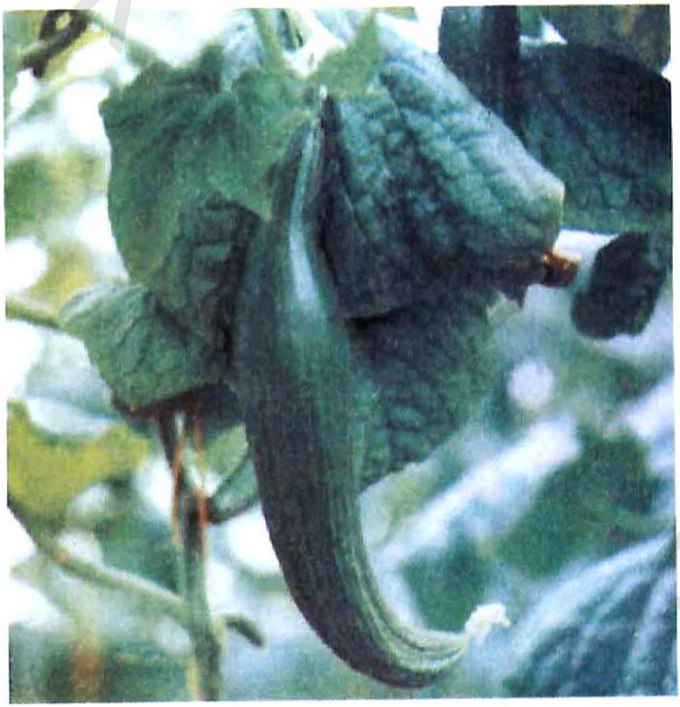
obeikan.com

أعراض نقص الكالسيوم على ثمار الطماطم والبقع الجافة المسودة والغائرة

أعراض نقص الكالسيوم على ثمار البطيخ وحروق القمة الزهرية للثمار

نماذج لأعراض نقص عنصر الكالسيوم Ca علي بعض النباتات

أعراض نقص الكالسيوم على أوراق وثمار الخيار
والتفاف حواف الأوراق للداخل وضمور فى قمة الثمار



أعراض نقص الكالسيوم على نباتات الخس

نماذج لأعراض نقص عنصر الكالسيوم Ca علي بعض النباتات

أعراض نقص المغنسيوم على أوراق نباتات الذرة
ويظهر فيها اللون الأبيض المصفر بين العروق

أعراض نقص المغنسيوم على نباتات بنجر السكر واصفرار حواف وقمم الأوراق

نماذج لأعراض نقص عنصر المغنسيوم Mg علي بعض النباتات

obeikan.com

أعراض نقص المغنسيوم على أوراق نباتات الباذنجان

أعراض نقص المغنسيوم على أوراق نباتات عباد الشمس

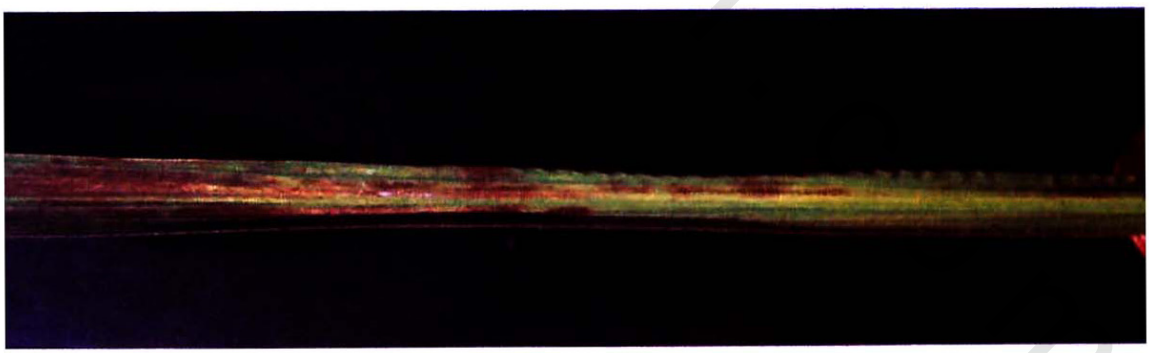
نماذج لأعراض نقص عنصر المغنسيوم Mg علي بعض النباتات

أعراض نقص الزنك على أوراق أشجار الموالح

أعراض نقص الزنك على أوراق العنب

نماذج لأعراض نقص عنصر الزنك Zn علي بعض النباتات

أعراض نقص الزنك على نباتات الذرة



أعراض نقص الزنك على نباتات الأرز

نماذج لأعراض نقص عنصر الزنك Zn علي بعض النباتات

أعراض نقص الحديد على أوراق الموز ويظهر اللون الأصفر بين العروق

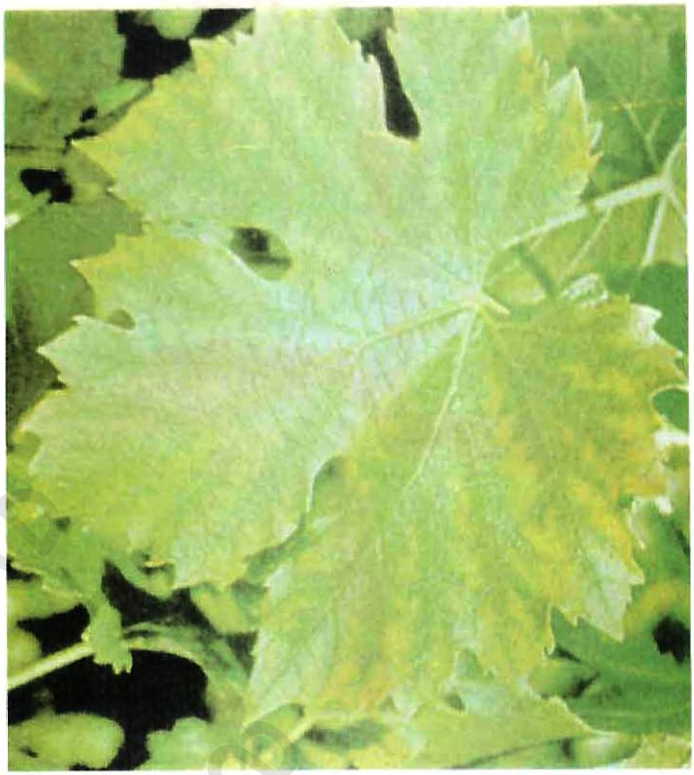
أعراض نقص الحديد على أوراق نباتات القطن الحديثة

نماذج لأعراض نقص عنصر الحديد Fe علي بعض النباتات

أعراض نقص الحديد على أوراق فول الصويا
ويظهر الاصفرار على الأوراق الحديثة والمتوسطة

أعراض نقص الحديد على أوراق وثمار الخيار

نماذج لأعراض نقص عنصر الحديد Fe علي بعض النباتات



أعراض نقص المنجنيز على أوراق العنب القاعدية
ويظهر الاصفرار فيما بين العروق الخضراء

أعراض نقص المنجنيز على أوراق الفراولة واصفرار ما بين العروق

نماذج لأعراض نقص عنصر المنجنيز Mn علي بعض النباتات

أعراض نقص المنجنيز على أوراق الخيار فى
مراحل مختلفة من نقص العنصر

أعراض نقص المنجنيز على أوراق الفول البلدى
وبقع بنية مع اصفرار ما بين العروق

نماذج لأعراض نقص عنصر المنجنيز Mn علي بعض النباتات

أعراض نقص النحاس على أوراق محاصيل الحبوب وظهور القمة البيضاء

أعراض نقص النحاس على أوراق بنجر السكر

نماذج لأعراض نقص عنصر النحاس Cu علي بعض النباتات

أعراض نقص النحاس على أوراق نباتات الخيار

أعراض نقص النحاس على أوراق نباتات الخس

نماذج لأعراض نقص عنصر النحاس Cu علي بعض النباتات

أعراض نقص البورون على نباتات بنجر السكر

أعراض نقص البورون على نباتات الطماطم

نماذج لأعراض نقص عنصر البورون B علي بعض النباتات

أعراض نقص البورون على نباتات وثمار الخيار

أعراض نقص البورون على نباتات الخس وتورد الرأس

نماذج لأعراض نقص عنصر البورون B علي بعض النباتات

أعراض نقص عنصر الموليبدنم على نباتات بنجر السكر

أعراض نقص الموليبدنم على نباتات الطماطم

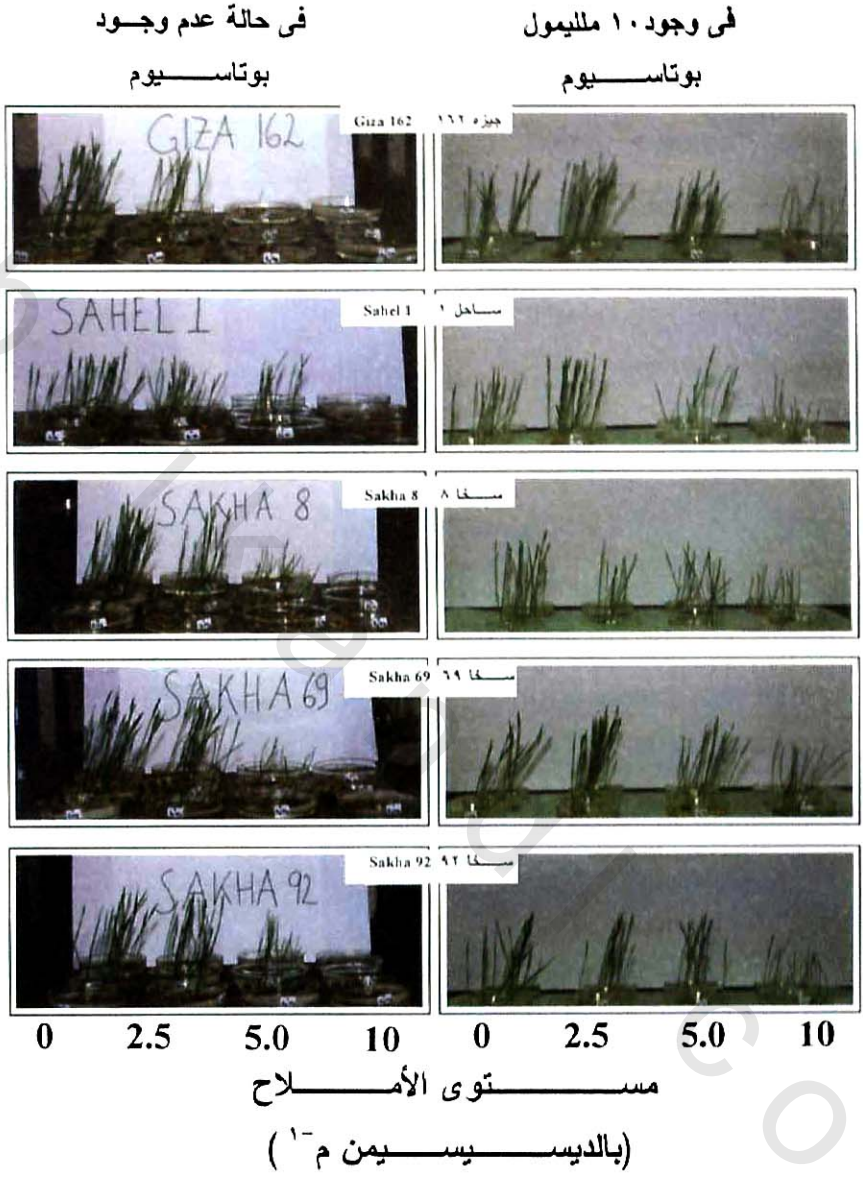
نماذج لأعراض نقص عنصر الموليبدنم Mo علي بعض النباتات

أعراض نقص الموليبدنم على نباتات الخيار

أعراض نقص الموليبدنم على أوراق الخس

نماذج لأعراض نقص عنصر الموليبدنم Mo علي بعض النباتات

obeikan.com



شكل (٨ – ٥): تأثير إضافة البوتاسيوم على تحسين نسبة الإنبات لبعض أصناف القمح المصرى تحت مستويات عالية من الملوحة.

obeikandl.com