الفصـــل الخامس

مزارع المحاليل المغذية

Nutrient Solution Cultures
(Real Hydroponics)

obeikandl.com

obeikandl.com

مزارع المحاليل المغذية

Nutrient Solution Cultures

(Real Hydroponics)

مقدمة:

مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Cultures هى أحد أقسام الزراعة اللاأرضية أو الزراعة بدون تربة Soilless Cultrure وهذه المزارع (مزارع المحاليل المغذية) 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. ونظراً لما يطلق فى كثير من الأحيان على مزارع أخرى غير مزارع المحاليل المغذية اسم مزارع الهيدروبنكس فإنه يجدر بنا الآن أن نطلق على مزارع المحاليل المغذية لفظ مزارع الهيدروبنكس الحقيقية Real Hydroponics تمييزاً «لها ومنعاً» لأى لبس.

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 حتى Imai سنة ١٩٨٦ على مزارع المحاليل الساكنة (Static Nurient Solution) مرورا بـ Cooper سنة ١٩٧٩ علي مزارع أغشية المحاليل (Nutrient Film Technnique) ووصولاً إلى Dreschel وآخرين سنة ١٩٨٩ والزراعة فى الأنابيب 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 طالما 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 تجاريا بالإضافة إلى تحقيق رغبات الهواة:

ومن أمثلة مزارع المحاليل المغذية التى سوف نستعرضها فى هذا الباب ما يلى:

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- نظام الأغشية المغذية فى صحراء مصر NFT in the desert of Egypt

٥- الجيل الثانى فى تطوير مزارع الأغشية المغذية Ariel System

٦- الطريقة الهندية وتحوير طريقة مزارع الأغشية المغذية

NOCIL Film Technique

٧- المزارع الهوائية Aeroponic Culturs

٨- الجديد فى مزارع المحاليل

The New Technology in Nutrient Cultures

أولاً: 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:

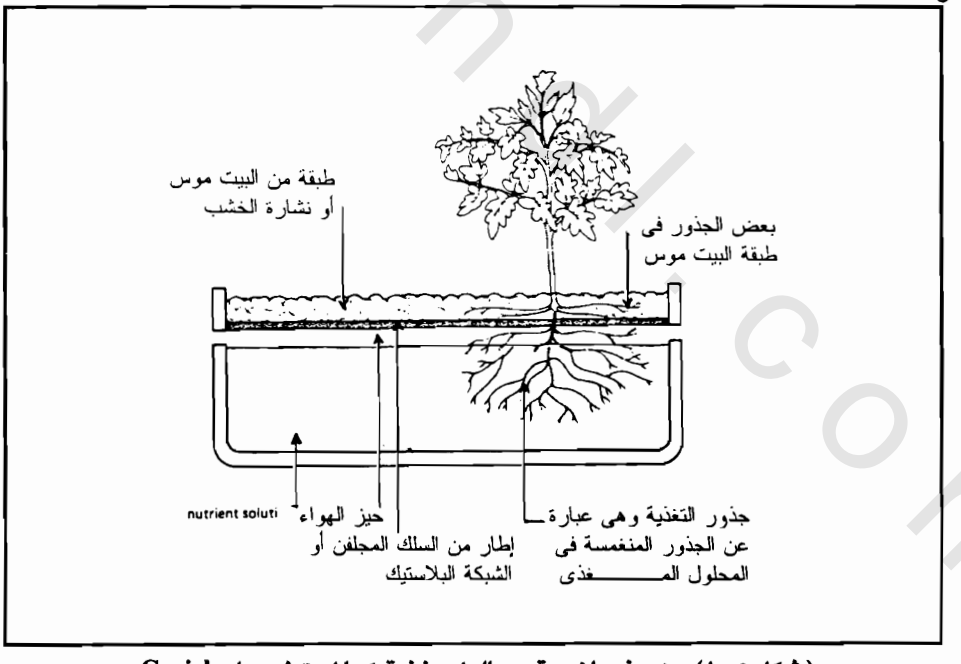
تستخدم عادة أحواض مستطيلة ذات سعات تتراوح ما بين ١٠٠-٢٠٠ لتر من المحلول، وغالباً ما يتراوح عمق الحوض ما بين ٢٠-٣٠ سم، وعرضه من ٦٠-٨٠ سم و طوله من ١٥٠ - ٢٠٠ سم ، ويراعى عند إضافة المحلول إلى الحوض أن لايزيد ارتفاع المحلول عن نصف ارتفاع الحوض، ويوجد العديد من المواد التى يمكن أن تستخدم فى صناعة الأحواض 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 لاينفذ 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) لمنع 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 قليلا 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 ملئ الصينية بأى مادة عضوية مثل القش أو البيت موس أو نشارة الخشب أو أي مادة شبيهة، 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. وتزرع ببيئة هذه الصوانى بذور النباتات. كما يمكن إنبات البذور فى مواد خاملة من مكعبات إنبات الصوف الصخرى أو الصوف الزجاجى كوسيلة جديدة تساعد على إعطاء بادرات قوية ومتجانسة قبل نقلها إلى أحواض الزراعة والتغذية وذلك بتثبيتها فى فتحات مناسبة فى أغطية هذه الأحواض، وفى هذه الحالة لا تستخدم صوانى البيئات كأغطية للأحواض.

وترطب بيئة الإنبات 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 Nutriton roots) بينما تمتد سوقها وما عليها من أوراق إلى أعلى وهذا النموذج للزراعة فى المحاليل تماماً كما وصفه Gericke سنة ١٩٢٩



(شكل ٥-١) : نموذج لزرعة محاليل مغذية كما استخدمها Gericke

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

حجم المحلول وطرق توفير الأكسيجين به:

عادة ما يكون حجم المحلول المغذى فى حدود ١٥-٢٠ لتراً للنبات الواحد فى حالة الطماطم مثلاً «إلا أن ذلك الحجم قد يقل أو يزيد قليلا 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 الأكسيجين 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 إلى المحلول، وهذه المضخات شبيهة بالمضخات المستخدمة 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 وعوامه 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 الأكسيجين به ومنه يصل إلى أحواض الزراعة.

الطريقة الثانية: ترك مسافة كافية بين سطح المحلول والسطح السفلى لصوانى الزراعة بما لايقل عن ٥-٧ سم، حيث تستطيع جذور النباتات النامية فى هذا

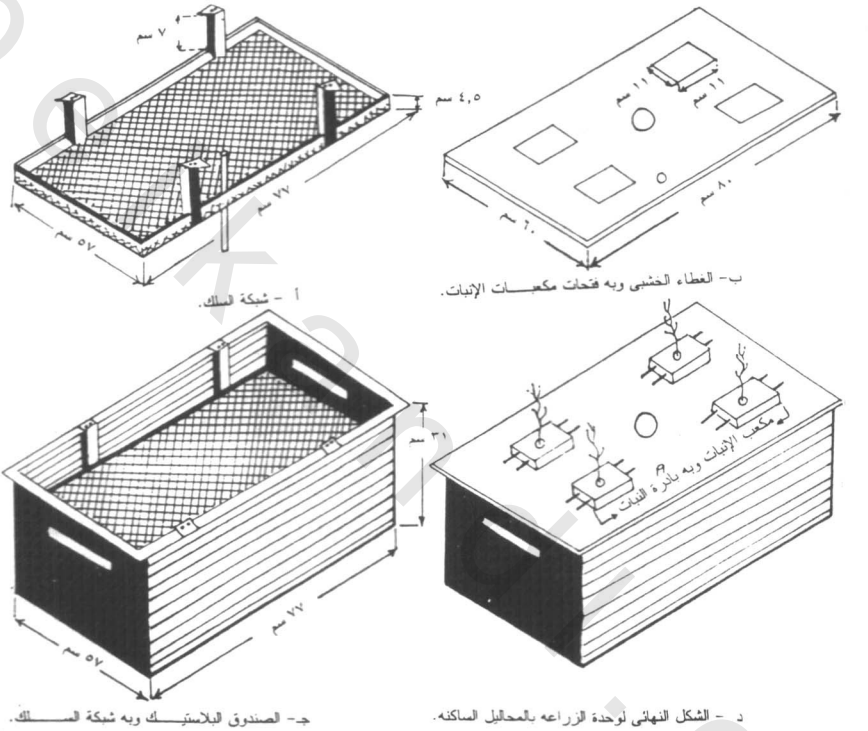
الحيز من امتصاص الأكسيجين.

الطريقة الثالثة: عند تثبيت النباتات فى فتحات أغطية أحواض الزراعة، تضع شبكة من البلاستيك مساحة ثقوبها حوالى ٠,٢٥ سم ٢ بين الغطاء وسطح المحلول، بحيث تكون المسافة بينه وبين سطح المحلول من ١–٥ سم وبينه وبين الغطاء حوالى ١٠سم، مما يتيح الفرصة لأكبر حجم من الجذور بأن تنتشر فى هذا الحيز الهوائى أعلى شبكة البلاستيك للتبادل الغازى بما فيه الأكسجيين. وتعد هذه أفضل الطرق فى حالة عدم وجود مصدر للكهرباء اللازمة لتشغيل مضخات التهوية. وسوف نسوق هنا نموذجين من نماذج الزراعة بالمحاليل المغذية التى يمكن أن تستخدم تحت ظروف المناخ فى مصر.

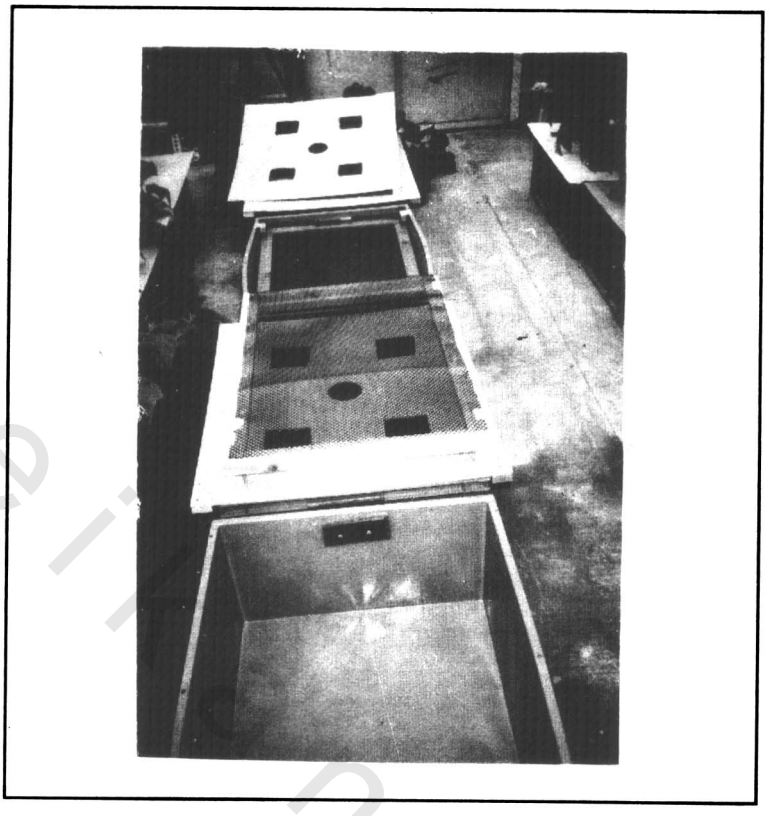
مزارع المحاليل المغذية الساكنة فى الصوبة

Static Nutrient Solution Cultures in the Glasshouse

تنجح مزارع المحاليل المغذية فى الصوبة وفى خارجها مثلما تنجح فى أى مكان لا توجد به أرض زراعية مثل أسطح العمارات وشرفات المنازل طالما وجدت حاويات المحاليل المغذية من صناديق أو أحواض البلاستيك أو الأحواض المبنية من الطوب والأسمنت. وأياً كانت نوعية الأوعية وحاويات المحاليل فإنه يتبع فيها نفس القواعد الأساسية السابقة الخاصة بالمحاليل وتهويتها وتثبيت النباتات مع بعض التحويرات التى تتلاءم مع الإمكانات المتاحة. ولقد قام Sherif سنة ١٩٨٨ بزراعة نباتات الطماطم Tomato والخيار Cucmber فى أحواض من البلاستيك ذات أبعاد داخلية ٧٧ سم للطول، ٥٧ سم للعرض، ٣١ سم للارتفاع بحجم كلى ١٣٦ لتراً. ووضعت به شبكة من البلاستيك المثقب والمثبتة على إطار من الخشب أبعاده ٧٧× ٥٧× ٤,٥ سم، بحيث كانت المسافة بين السطح العلوى لشبكة السلك المثقب وحافة سطح الحوض ١١,٥ سم، وفى الوقت نفسه كانت ترتفع عن سطح المحلول بمسافة ١ سم لتحتفظ بحجم فعلى من المحلول المغذى قدره ١٠٠ لتر .



(شكل ٥-٢) : رسم تخطيطى لمكونات احدى وحدات الزراعة فى المحاليل المغذية الساكنة فى الصوبة



شكل (٥ – ٣) : أحواض الزراعة فى المحاليل الساكنة وكيفية إعدادها للزراعة

زرعت النباتات فى مكعبات إنبات من الصوف الصخرى Rockwool حتى ثلاثة أسابيع (أو حتى بدء خروج وانتشار الجذور خارج مكعبات الإنبات) ثم تم نقلها وتثبيتها فى فتحات أغطية أحواض الزراعة والذى وضع به المحلول المغذى المحضر من أسمدة تجارية تنتج من إحدى شركات الأسمدة البريطانية للإستخدام فى المزارع اللاأرضية، ويعرف بسماد «ليبسول–ن Libsol- N» ويعبأ فى عبوتين «أ» بها نترات الكالسيوم و «ب» تحوى باقى العناصر الكبرى والصغرى. قبل نقل البادرات النامية فى مكعبات الإنبات يتم وضع المحلول المغذى بأحواض الزراعة ليغطى شبكة البلاستيك المثقب ويكون أسفل سطح مكعب الإنبات بعد تثبيته فى غطاء الحوض بحوالى ١ سم للمساعدة فى انتشار الجذور وعدم موتها فى المراحل

الأولى للنمو، وفى هذه المرحلة تمتص النباتات المحلول المغذى فينقص حجمه ويزداد حجم حيز الهواء ولا يتم تعويض النقص فى المحلول حتى الوصول إلى مسافة ١ سم أسفل شبكة البلاستيك المثقب، وعندئذ تتم المحافظة على هذا الارتفاع وتعويض أى نقص فى المحلول بعد ذلك.

والمحلول المغذى ترتفع درجة حراراته وتنخفض بارتفاع وانخفاض درجة حرارة الجو المحيط به سواء كان ذلك فى الصوبة أو فى الهواء الجوى الخارجى فى الحقل المفتوح. ولدراسة تأثير درجة حرارة الهواء فى الصوبة على النمو ضبطت درجات الحرارة عند ٣٢ درجة مئوية (كنهاية صغرى) و٣٥ درجة مئوية (للنهاية العظمى) وذلك أثناء فترة النهار، بينما أثناء الليل كانت درجة الحرارة ٥ درجات مئوية، وهذه هى حدود درجات الحرارة التى يمكن أن تكون عليها درجات الحرارة فى المناطق الصحراوية بوجه عام (حيث المناخ القارى). ولقد أعطت النباتات المنزرعة تحت هذه الظروف محصولاً من الطماطم والخيار يساوى تقريباً المحصول الناتج من مثيلاتها المنزرعة بطريقة الأغشية المغذية تحت نفس الظروف تقريبا من الحرارة والتغذية (شكل٥-٤) بالرغم من أن كمية الأكسيجين الذائب فى محلول هذه المزارع قليل إلا أن وجود جزء كبير من جذور النباتات فى حيز الهواء بين غطاء أحواض الزراعة وبين شبكة البلاستيك يساعد كثيراً فى تبادل الغازات وامتصاص الأكسيجين (حيث أن تبادل الغازات فى الهواء يعادل ١٠٠٠٠ مرة قدر تبادلها فى الماء) لاحظ حجم الجذور فوق شبكة البلاستيك المثقب (الجذور الهوائية Air roots)) وحجم الجذور أسفل الشبكة (جذور المحلول والتغذية Nutrition roots) والخاصة بنباتات الطماطم (شكل ٥-٤).

وبالرغم من أن النمو الكامل للنباتات حتى الحصول على المحصول يعتمد على المحلول المغذى، إلا أن معدل استهلاك الماء محدود ولا يعتمد ما يحتاجه النبات لعملياته الحيوية من تمثيل Metabolism ونتح Transpiration. ومن خلال النتائج الفعلية على محصول الطماطم والخيار وجد أن متوسط استهلاك نباتات

الطماطم للماء ٥٠ لتراً لكل نبات وفى محصول الخيار انخفض هذا المعدل إلى النصف تقريباً فبلغ ٢٢ لتراً للنبات (لاحظ اختلاف فترة النمو)، وكان استهلاك النباتات من العناصر الغذائية الأساسية الكبرى على النحو الذى يوضحه جدول (٥-١).

جدول (٥-١) : يوضح الكمية الممتصة من بعض العناصر الأساسية الكبرى بواسطة نباتات الطماطم والخيار من مزرعة محاليل ساكنه

العنصر	الكمية الممتصة بالجرام / نبات طماطم	الكمية الممتصة بالجرام / نبات خيار
النتيروجين	٣,٥	١,٨
الفوسفور	٢	١
البوتاسيوم	٩	٥,٣
الكالسيوم	٥	٢,٥

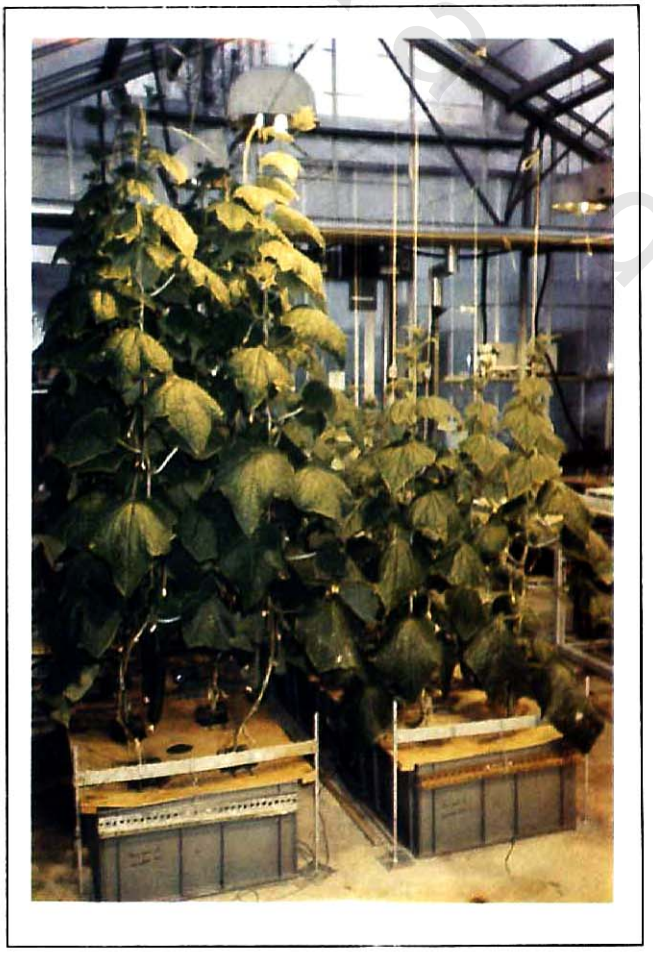
ويجب أن نشير هنا إلى أن طريقة إعداد الشتلات ونقلها إلى المحلول المغذى ذات أهمية كبيرة فى الحصول على نمو جيد فى هذه المزارع. ففى نفس الدراسة السابقة وتحت نفس الظروف تمت المقارنة بين زراعة النباتات فى مشتل بيئته من الرمل والتى تم نقلها إلى أحواض الزراعة بجذور عارية (ملش) وبين تنميتها فى مكعبات الإنبات من الصوف الصخرى ونقلها إلى نفس الأحواض، فكانت النتيجة كما يوضح شكل (٥-٥) أن زراعة نباتات الخيار فى مكعبات إنبات الصوف الصخرى أفضل من نقل البادرات ذات الجذور العارية إلى أحواض الزراعة بالمحاليل المغذية الساكنة.

مزارع المحاليل المغذية الساكنة فى الحقل المفتوح

Static Nutrient Solution Cultures in Open Field

وفى إطار تطبيق مزارع المحاليل المغذية فى الإنتاج الزراعى على مستوى تجارى فى مصر، وفى ظل تأثير طريقة إعداد البادرات قبل نقلها إلى أحواض وقنوات

شكل (٥-٤) : نمو نباتات الخيار (إلي اليمين) والطماطم (إلي اليسار) في أحواض الزراعة بالمحاصيل الساكنة ويظهر فيها حجم المجموع الجذري أعلي وأسفل الشبكة البلاستيك.

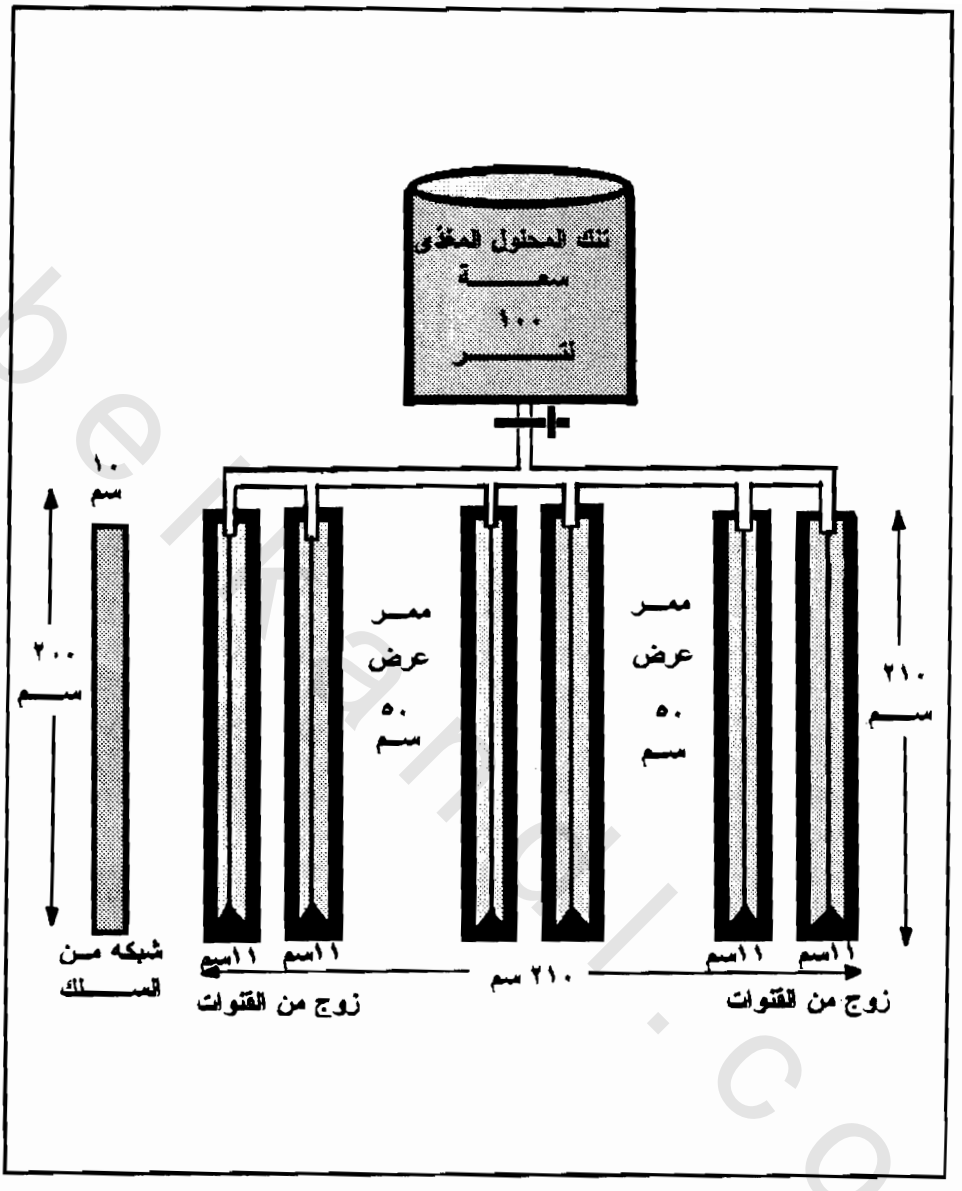


شكل (٥-٥): يوضح أهمية الطريقة التي تعد بها الشتلات قبل نقلها إلي أحواض الزراعة في المحاليل الساكنة حيث تظهر نباتات الخيار المنقولة من الرمل بجذور عارية (إلي اليمين) ومثيلتها في مكعبات الإنبات (إلي اليسار)

الزراعة على النمو، وفى ظروف عدم وجود مكعبات الصوف الصخرى كانت هذه الدراسة لاختيار بيئة الإنبات المناسبة لتجهيز البادرات قبل نقلها إلى مزارع المحاليل المغذية (Sherif وآخرون سنة ١٩٩٢). حيث تم إنبات بذور الفول البلدى فى حجمين مختلفين من علب البلاستيك المثقبة من أسفل (٨× ٥ سم ، ٤×٤ سم للقطر والارتفاع على الترتيب) والتى تحتوى على رمل نقى أو تربة طينية أو توليفات بنسب مختلفة منهما. وبعد ١٤ يوماً خرجت جذور البادرات خارج ثقوب علب البلاستيك ونقلت البادرات إلى شبكة من البلاستيك (١٠× ٢٠٠ سم العرض × الطول ومثبتة على ٤ قوائم ارتفاع كل منها ١٠ سم) موضوعة فى قناه محفورة فى التربة بطول ٢١٠ سم وعرض وارتفاع ١٠سم، مبطنة بالبلاستيك السميك عرض ١ متر والذى يكفى لتغطية الشبكة البلاستيكية وما عليها من علب بلاستيك بحيث لا يظهر منها إلا البادرات فى قمة الشكل الهرمى الناشئ عن تلاقى حافتى بلاستيك التبطين.

وقد تم تجهيز المحلول المغذى من الأسمدة التجارية لتوفير العناصر الكبرى، بالإضافة إلى الكيماويات المعملية للعناصر الصغرى كما هو موضح فى الفصل الرابع الخاص بالمحاليل المغذية (أمثلة للمحاليل المغذية ـ فى مصر). ثم وضعت محاليل التغذية فى تنكات من البلاستيك سعة ١٠٠ لتر تغذى ٦ قنوات كما هو موضح فى الشكل التخطيطى رقم (٥ـ٦). وأضيف المحلول إلى القنوات حتى ملامسة شبكة البلاستيك المثقبة للمساعدة فى نمو وانتشار الجذور فى المرحلة الأولى للنمو، ولا يستعوض النقص فى المحلول حتى الوصول إلى فراغ ارتفاعه ٤سم أسفل شبكة البلاستيك، وعندئذ يتم تعويض أى نقص فى المحلول للمحافظة على هذا الارتفاع. وللمحافظة على مستوى مناسب من الأكسيجين فى المحلول المغذى، يتم تزويد خزان التغذية بمضخة صغيرة تدفع الهواء فى المحلول المغذى لمدة ١٠ دقائق وذلك قبل إضافة المحلول للقنوات مباشرة.

وباستخدام بيئة انبات من توليفات الطين والرمل بنسب ٣ : ١ أو ١ :١ فى علب من البلاستية ٨× ٥سم أمكن الحصول على نتائج مرضية.



شكل (٥- ٦) : رسم تخطيطى لزرعة محاليل ساكنة فى الحقل المفتوح

ثانياً: مزارع المحاليل المغذية المتدفقة

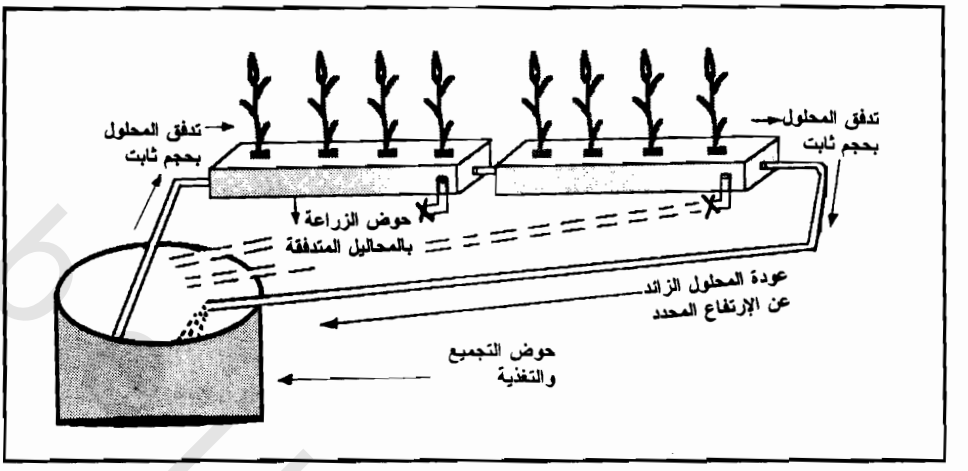
Flow Nutrient Solution Cultures (FNSC)

وفى هذا النظام يتم الإستعانة 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 ـ طماطم ـ خيار ـ خس ـ فراولة.. إلخ) إلى مكعبات من صوف الخبث Slagwool أو الصوف الصخرى Rockwool بأحجام متوافقة تماما 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 ـ٣ بوصة (٥ ـ ٧,٥سم) وارتفاعها ٥سم تحتوى على مادة البيت موث Peat moss أو توليفة الطين والرمل بنسبة ٣:١ أو نشارة الخشب. ترص شتلات النباتات سواء كانت فى مكعبات صوف الخبث أو الصوف الصخرى أو فى أكواب البيت موس أو البيئات الأخرى على طاولات من البلاستيك أو الصاج المجلفن، وتروى بالماء أو المحلول المغذى المخفف بواسطة الرش على أن يظل الماء أو المحلول بهذه الطاولات بارتفاع ١سم 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 ـ ٣٠ بوصة (٦٠ ـ ٧٥سم) وارتفاع ١٠ ـ ١٢ بوصة (٢٥ ـ ٣٠سم) على ألا يزيد ارتفاع المحلول بها عن ٦ ـ ٨ بوصة (١٥ ـ 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

عليه نظام المحاليل المتدفقة ذات الحجم الثابت كما هو موضح فى شكل (٥ـ٧).



شكل (٥-٧) : أحواض الزراعة بالمحاليل المغذية المتدفقة ذات الحجم الثابت

وأغطية أحواض الزراعة تكون من الخشب أو البلاستيك أو الفوم Foam وبها فتحات البادرات على مسافات مناسبة لزراعة المحصول. وبعد التأكد من سلامة التجهيزات يتم نقل البادرات إلى مواضعها فى هذه الأغطية. ثم 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.

وفى هذا النظام أيضا يمكن استخدام المواسير البلاستيك كأنابيب للزراعة والموجودة بأقطار مختلفة تتراوح من ٤ـ٦ بوصة (١٠ ـ ١٥سم) كأوعية للمحاليل، ويتم عمل فتحات بأقطار تتوافق تماما مع قطر مكعبات وأكواب النمو على أن تكون هذه الفتحات فى صف واحد وعلى مسافات مناسبة لزراعة المحصول، وتتسع كل فتحة لبادرة واحدة. يتم ضخ المحلول المغذى من أحد أطراف القنوات ويخرج المحلول الزائد من الطرف الآخر عند الارتفاع المحدد للمحلول والذى غالبا لا يتجاوز $\frac{١}{٣}$ ارتفاع قناة الزراعة. يتم تجميع المحلول وإعادته إلى تنك التغذية ليعاد ضخه من جديد. والشكل (٥ ـ ٨) يوضح نمو نباتات الفلفل فى أنابيب المحاليل المتدفقة ذات الحجم الثابت.

شكل (٥-٨) : أنابيب الزراعة بنظام المحاليل المتدفقة ذات الحجم الثابت

وتتميز طريقة المحاليل المغذية FNSC بما يلى:

١ ـ لا يحدث نقص فى احتياجات النباتات من الأكسيجين، حيث يعمل تدفق المحلول ودورانه إلى تجديد النقص منه باستمرار.

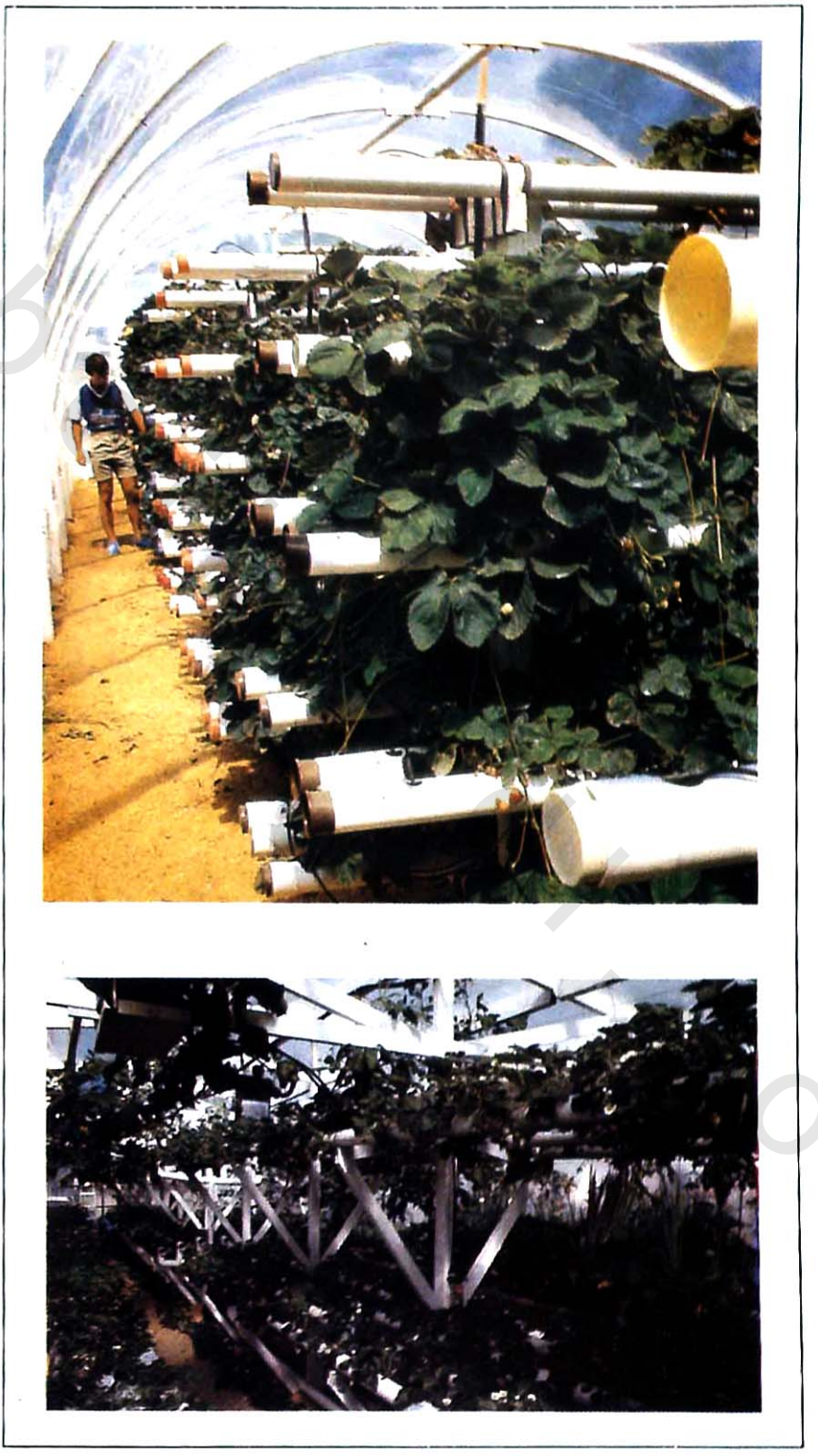
٢ ـ فى حالة انقطاع التيار الكهربى المستخدم فى تشغيل المضخة فإنه لا يحدث أى ضرر للنباتات النامية لمدة يوم أو أكثر حسب عمر النباتات وذلك لاحتفاظ قنوات الزراعة بقدر من المحلول يفى لهذا الغرض.

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

فى وجود تيار شبه منتظم من الكهرباء يمكن تقليل حجم المحلول المغذى المتدفق بحيث لا يتجاوز ٢ـ ٣سم، وفى هذه الحالة يتم وضع البادرات النامية فى مادة النمو من الصوف الصخرى أو صوف الخبث على قاعدة أحواض ومواسير الزراعة مباشرة (شكل ٥ ـ٩) وفى هذه الحالة أيضا يمكن ضخ المحلول على فترات متقطعة بمعدل $\frac{١}{٤}$ 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 (شكل ٥ ـ١٠) مما يعنى استغلالاً أمثل ومحصولاً أوفر من المساحات المتاحة.

شكل (٥-٩): نمو نباتات مختلفة موضوعة علي قاعدة أنابيب الزراعة مباشرة ويتدفق المحلول بها بارتفاع متغير لايزيد علي ٣ سم

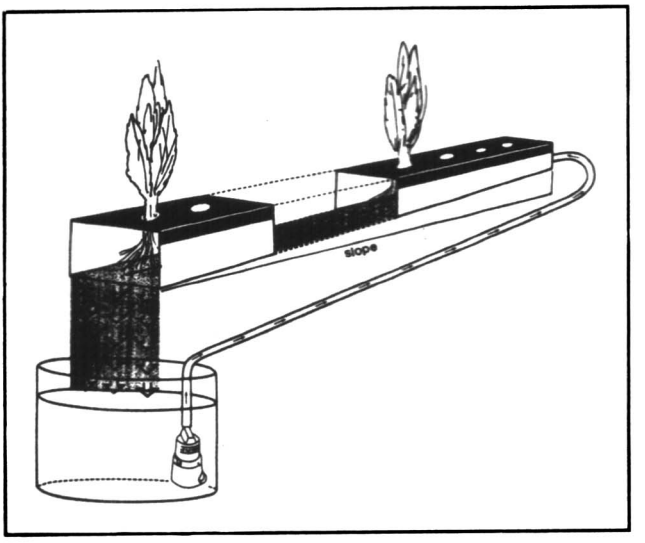


شكل (٥-١٠): أنابيب الزراعة بنظام المحاليل المتدفقة وسهولة التكثيف الزراعي داخل الصوبة.

ثالثاً: مزارع الأغشية المغذية

Nutreint Film Technique (NFT)

إحدى طرق الزراعة بالمحاليل المغذية الحديثة والمبتكرة عن طريق Allen Cooper فى انجلترا 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 منحدراً يسمح بتدفق المحلول المغذى على هيئة غشاء رقيق Film بها، وهذا الغشاء الرقيق من المحلول يمد النباتات بكل ما تحتاج إليه من العناصر المغذية. ومنذ المراحل الأولى لنمو النبات يظهر مجموع جذرى قوى مكونا 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، مع تواجد السطح العلوى مندى دائما بالماء، يقوم بدور التهوية مما يمكن القول معه بأن الجزء السفلى من الجذور جذور للتغذية Feeding roots والعلوى جذور للتهوية Aeration roots (شكل ٥ ـ ١١).



شكل (٥ - ١١) : الشكل العام لقناة الزراعة والتغذية بالأغشية المغذية

الشروط الواجب توافرها فى نظام الأغشية المغذية:

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

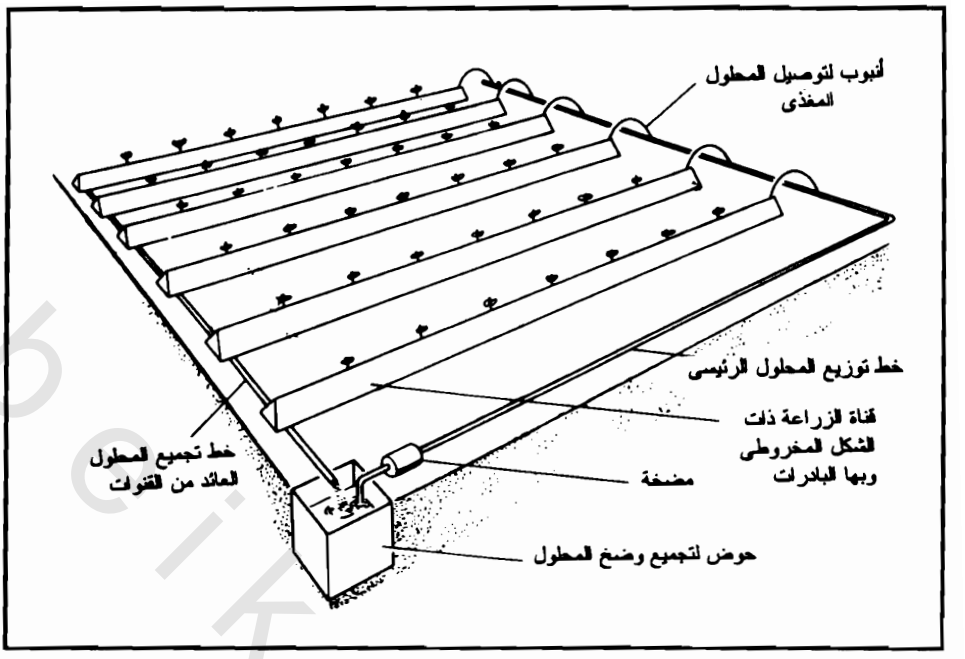
١ ـ يجب أن يكون انحدار القناة منتظماً وبطريقة متجانسة مع عدم وجود أى حفر فى بعض المواقع على طول المجرى (حتى ولو لعدة ملليمترات طولية).

٢ ـ ألا يكون دخول المحلول المغذى إلى القناة سريعاً جداً لدرجة تؤدى إلى تدفق كمية كبيرة من المحلول خلال المنحدر.

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

٤ ـ 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 (٥ ـ١٢).



شكل (٥ – ١٢): التصميم العام لمزرعة الأغشية المغذية NFT

وعموما 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 خزان مجهز فى التربة ومنه يتم ضخ المحلول مرة أخرى إلى قنوات التوزيع فى أعلى الجزء المرتفع. أو أن يتم وضع قنوات الزراعة على بنشات أو حوامل على أرض خراسانية تحقق شروط الميل وانسياب وتدفق المحلول، وفى كل الأحوال فإن قناة التوزيع تكون فى أعلى جانب وقناة التجميع وخزان المحلول فى الجانب المنخفض.

قنوات الزراعة

كما سبق الإشارة فإن أهم النقاط الواجب مراعاتها عند تنفيذ نظام الأغشية المغذية هو عمل سطح مائل متماثل الانحدار بدون أى حفر أو انخفاضات، وهذا 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:

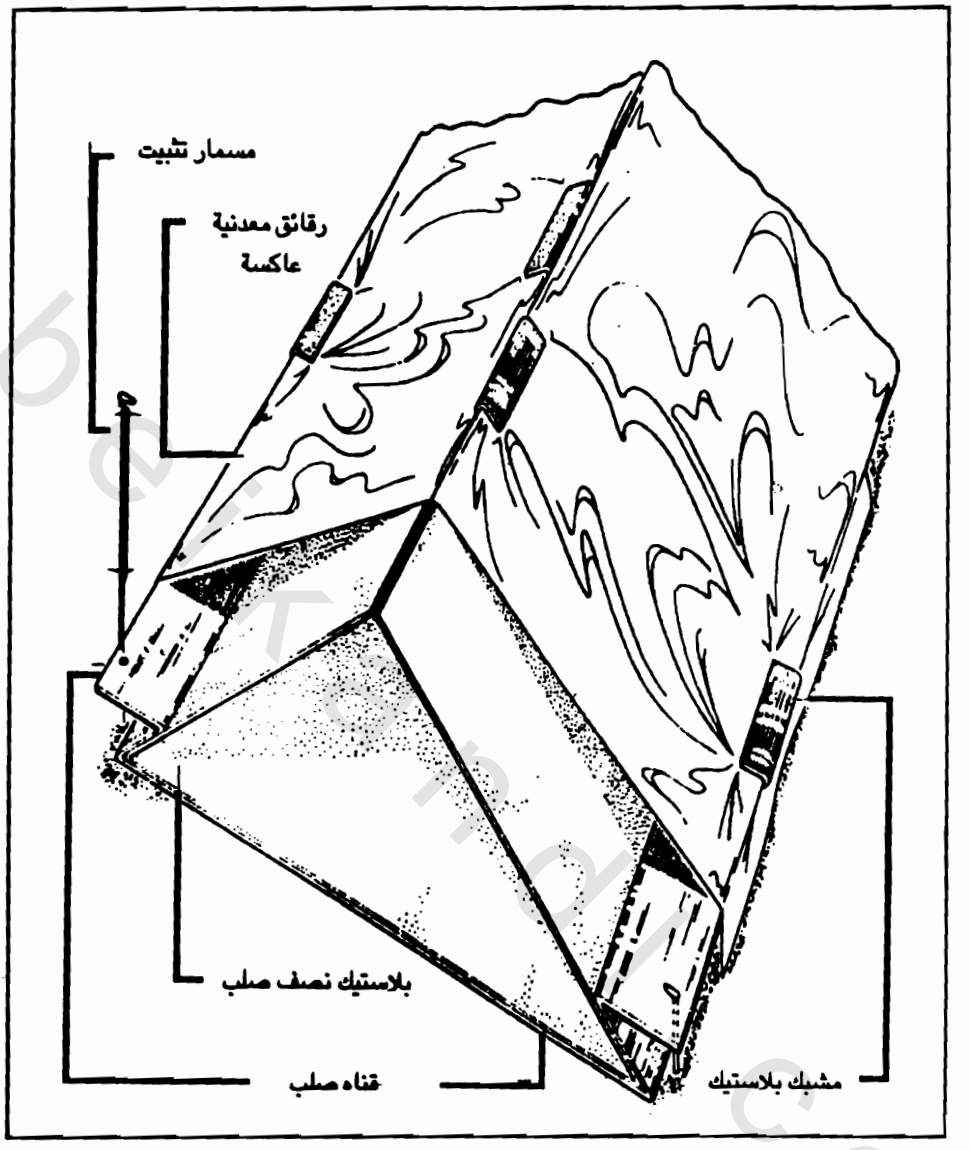
البديل الأول: هو تغطية كامل مساحة سطح الأرض بواسطة طبقة من الخرسانة (أو على الأقل صب الخرسانة على هيئة شرائط طولية فى المواقع التى سوف توضع عليها القنوات) وفى هذه الحالة يمكن أن يستخدم أى نوع من القنوات المصنوعة من مادة نصف صلبة رخيصة الثمن.

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 ممكن أن تكون موجودة على سطح الأرض.

ومن هذا تأتى أهمية الاهتمام بتجهيز قنوات الزراعة ليتحقق شرط التغذية بغشاء رقيق من المحلول المغذى وشرط التهوية الجيدة وفيما يلى نوضح نماذج من قنوات الزراعة المستخدمه:

(أ) القناة القياسية Universal Channel

والقناة القياسية فى نظام الأغشية المغذية يكون عرض قاعدتها ٢٣سم (٩ بوصة) وتتكون هذه القاعدة من شرائط من الصلب يتم شراؤها على شكل لفائف، ويتم تشكيلها فى الموقع بواسطة ماكينات خاصة بحيث تعطى الشكل الموضح فى شكل (٥ ـ١٣).



شكل (٥ – ١٣) : القناة القياسية فى نظام الأغشية المغنية

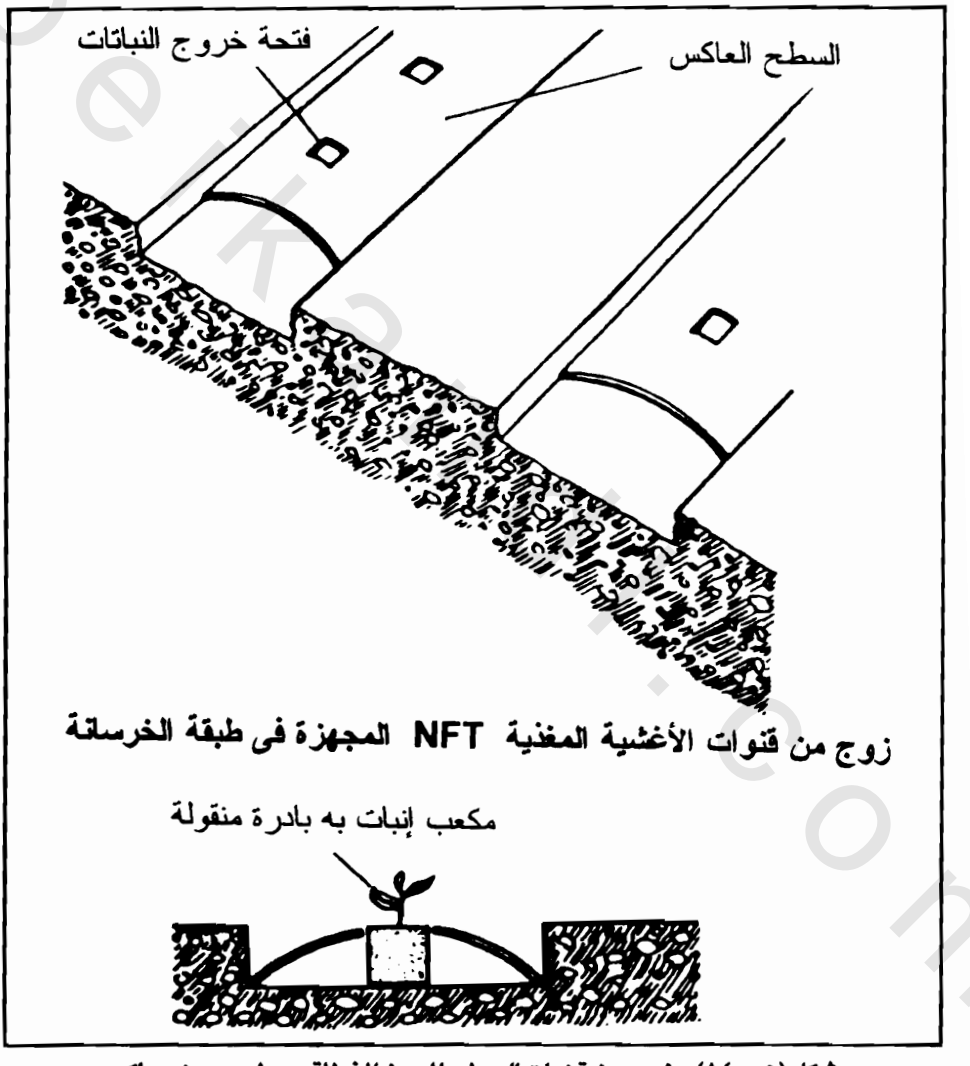
يتم تبطين القناة على طول مجراها بواسطة غشاء من البولى بروبالين الأسود اللون عن طريق دفعة داخل القاعدة ثم تثنى حواف البولى بروبالين على جانبى القاعدة لعمل حوائط للقناة بدرجة ميل ٣٠ درجة لكل حائط، وبذلك تكون القناة على شكل هرمى، ويكون الارتفاع الرأسى للقناة من القاعدة إلى القمة

التى تتلاقى عندها حواف البولى بروبالين ٧سم (٣بوصة تقريبا).ويجب ملاحظة أنه إذا كان الارتفاع الرأسى للقناة كبيرا عن ذلك فإنه يخلق مشاكل عند وضع نباتات صغيرة لأن ارتفاع النبات بالنسبة لارتفاع القناة لن يكون كافيا لكى تظل جذوره فى المحلول وأوراقه فى الضوء. ثم يلى ذلك تغطية سطح البولى بروبالين بواسطة رقائق معدنية (لفائف من الألومنيوم) لحمايته من الأشعة فوق البنفسيجية ولعكس أشعة الشمس فى المناطق الباردة، هذا النوع من القنوات القياسية يمكن استخدامه على أى سطح تم تسويته بطريقة تقريبية حيث يوفر ميل منتظم، وبالتالى فإنه يمكن وضعها مباشرة على سطح الأرض بعد إعطائها الميل المناسب أو حملها على قوائم مرتفعة عن سطح الأرض مما يسهل حركة العمال أثناء عمليات الزراعة والخدمة.

(ب) قنوات السطح المجهز:

عند تصميم القنوات القياسية فإنه من الضرورى أن تكون قاعدة القناة مصنوعة من مادة صلبه، أما إذا لم تستخدم مثل هذه القنوات فإنه يلزم إعداد سطح الأرض بطريقة تجعلها ذات سطح ناعم مائل بانتظام وفى الوقت نفسه يكون صلباً ولا يتغير مع مضى الزمن. وقد سبق القول بأن ذلك ممكن عن طريق فرش سطح الأرض كله بطبقة من الخرسانة، أو وضع الخرسانة على صورة شرائط طولية مكان وضع القنوات، ونظراً لارتفاع تكاليف هذه الوسيلة فإنه يمكن اللجوء إلى طرق أخرى مثل تغطية سطح الأرض بطبقة من الرمل كافية لإعطاء الميل المناسب ثم ينثر فوق الرمل طبقة سمكها ١سم من خليط من الرمل الخشن والأسمنت بنسبة ٥:١ ، ثم يبلل السطح بالماء ويكبس ويسوى. وفى هذه الحالة يجب أن تتم صيانة السطح من فترة لأخرى عن طريق ملىء الشقوق التى قد تظهر بدون تأخير. وبالرغم من ارتفاع تكاليف إعداد الأرض بالطرق السابق شرحها فإن ذلك يمكن تعويضه جزئياً لما تتيحه من استخدام قنوات رخيصة الثمن. هذا بالإضافة إلى أنه يمكن عمل القنوات فى طبقة الخرسانة نفسها على شكل خندق طويل عرضه ١٠سم وارتفاعه ٢,٥سم ثم توضع البادرات فى مكعبات من الصوف الصخرى أو صوف الخبث أو من مخاليط بيئات أخرى لتثبيتها داخل الخندق، وبعد فترة من الزمن تخرج الجذور من هذه المكعبات إلى

المحلول، بينما تنتشر الأوراق فى الجو مكونة غطاء لسطح الخندق من أوراقها مما يقلل من عمليات تبخير المحلول. وهذا النوع من القنوات قد يناسب بعض النباتات مثل الخس والتى يغطى نموها الخضرى تغطية كاملة لسطح القناة ولكنها غير مناسبة للنباتات الأخرى التى يلزم معها تغطية القنوات باستخدام مادة معينة نصف صلبة لتقليل فقد المحلول بالتبخير، ويكون هذا الغطاء مزودا بفتحات على أبعاد مناسبة لأبعاد زراعة النباتات كما يوضح ذلك شكل (٥ـ١٤).



شكل (٥ – ١٤): زوج من قنوات السطح المجهز المغطاة بسطح معدني عاكس

وحيث إنه من الشائع فى معظم المواقع ولمعظم المحاصيل أن توضع القنوات على سطح الأرض السابق تجهيزها جيداً فإنه يمكن استخدام قنوات بسيطة جداً مثل شرائط البوليثين الأسود (سمك١٣,٠مم) والذى يمكن فرده على طول الانحدار ثم تشبك حواف البوليثين مع بعضها بواسطة كلبسات لتكون القناة بشكل مخروطى أو مثلث (Δ) وهذه القناة البسيطة التكوين لا تناسب الأماكن والمناطق ذات الإشعاع الشمسى الشديد والذى يعمل على رفع درجة حرارة المحلول، بالإضافة إلى تشقق البوليثين. وفى هذه الحالة يمكن عمل ما يلى:

١ ـ تبطين القناة من الداخل بواسطة شرائح من البوليسترين يتم شبكها بواسطة نفس الكلبسات التى تمسك حوائط البوليثين، والتى تعمل فى هذه الحالة على تقليل انتقال الحرارة خلال جدران القناة.

٢ ـ استخدام البوليستر المعدنى بدلا من البوليثين، حيث يعكس الكثير من الأشعة مما يخفض درجة الحرارة داخل القناة كما أن البوليستر لا يتشقق بفعل حرارة الشمس المرتفعة.

٣ ـ إذا كان ولابد من استخدام البوليثين فيجب استخدام البوليثين (الأبيض/الأسود) بحيث يكون الوجه الأبيض جهة الخارج لعكس أشعة الشمس الأسود إلى الداخل (صيفا) والعكس (شتاء) حيث يكون اللون الأسود للخارج فيعمل على امتصاص الحرارة وتدفئة المحلول.

(جـ) المواسير والأحواض البلاستيك:

استخدام المواسير البلاستيك فى نظام الأغشية المغذية أعطى نتائج طيبة بشرط أن يكون سمك الغشاء المغذى لا يزيد عن بضعة ملليمترات فى كل الأحوال، فى 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 توفر أحواض مناسبة من البلاستيك يتم تصنيع الأحواض من الخشب وتبطينها بشرائح من البلاستيك أو طلائها بالبيتومين (شكل ٥ ـ١٥). وهذه الوسائل سهلة الإعداد والتحهيز من شأنها زيادة الطلب على استخدام طريقة الأغشية المغذية.

شكل(٥-١٥): قناة من الخشب مبطنة بشرائح البلاستيك للزراعة والتغذية بنظام الأغشية المغذية.

معدل انسياب المحلول وميل القناة:

من الضرورى فى نظام الأغشية المغذية 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، ويتوقف سمك هذا الغشاء على العوامل التالية:

١ ـ المادة المصنوع منها القناة.

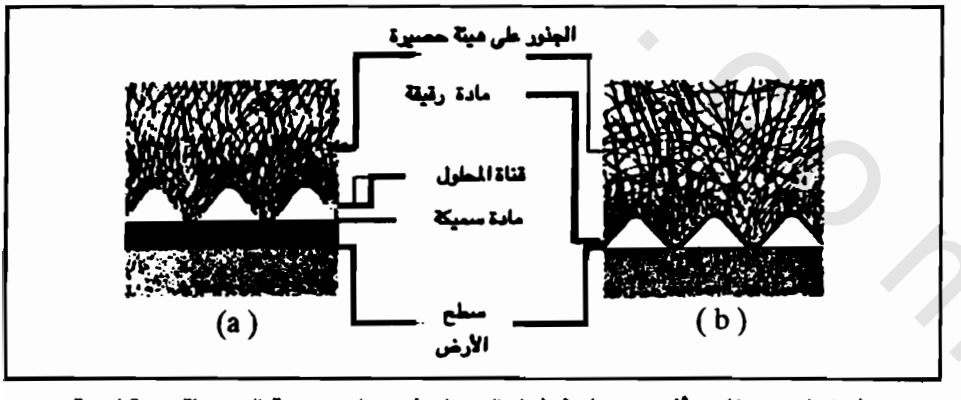
٢ ـ درجة انحدار القناة.

٣ ـ معدل تدفق المحلول فى القناة.

وسوف نشير إلى أهمية كل من هذه العوامل على سمك الغشاء المغذى:

(أ) المادة المصنوع منها القناة:

العامل الهام هنا هو سمك المادة المصنوع منها القناة فمثلا «إذا استخدمت مادة البوليثين سمك ٠,٢٥ م نجد أن جذور النباتات (والتى تكون عادة أسطوانية المقطع) تتلوى وتلتف على بعضها وتستقر على سطح مادة البوليثين الصلب نسبيا مما يؤدى إلى تكوين ممرات مفتوحة ما بين حصيرة الجذور وسطح البوليثين (شكل ٥ ـ١٦) وتسمح هذه الممرات بانسياب المحلول بسهولة وبارتفاع ضحل. وبالعكس فإنه لو كان البوليثين المستعمل فى عمل القنوات رقيق السمك فإنه يلتصق بأسفل طبقة الجذور (نتيجة للتوتر السطحى)، وبالتالى يمنع وجود ممرات يمر خلالها المحلول وتتعطل حركته ويزداد سمك الغشاء المغذى المار بالقناه. وعلى كل حال فإن سمك جدار مادة القناة لا يجب أن يقل عن ٠,١٣ م حتى يتحقق الحد الأدنى من الانسيابية داخل القناة.



شكل (٥ – ١٦): تأثير سمك غشاء البوليثين على درجة التصاقه بقاعدة حصيرة الجذور فى قنوات الأغشية المغذية

(ب) درجة انحدار القناة:

الحد الأدنى لانحدار أو ميل القناة فى حدود ١٪ (بمعنى أن يكون الميل عبارة عن ١ متر لكل ١٠٠ متر أو سنتيمتر لكل ١ متر) وكلما زاد الانحدار كلما كان ذلك أفضل ولا يوجد حد أقصى للميل حيث أنه فى بعض التعديلات لنظام الأغشية المغذية أمكن انتاج محاصيل فى قنوات رأسية.

(جـ) معدل تدفق المحلول فى القناة:

يجب أن يدخل المحلول إلى القناة بأعلى معدل يؤدى إلى المحافظة على سمك من المحلول لا يزيد عن بضعة ملليمترات. وهذا المعدل يمكن ضبطه فى الموقع عن طريق التجربة، حيث إنه يتأثر بطبيعة نمو جذور النبات النامى، وبصفة عامة فإن دخول المحلول المغذى إلى القناة بمعدل ٢ لتر في الدقيقة يعتبر مناسبا.

وكناحية إرشادية فإن معدل دخول المحلول إلى القناة يمكن ضبطه عند الحد الذى يؤدى إلى خروج المحلول من الطرف الآخر للقناة على شكل تيار مستمر والذى يتحول إلى شكل نقط متقطعة إذا انخفض معدل الدخول قليلا عن ذلك.

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 تأتى بإمكانية حدوث ذلك فقط بل أن Charbonneau وآخرين 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) لا يحدث ضررا للنباتات النامية بل أكثر من ذلك يؤدى إلى زيادة فى المحصول قدرها ١٩٪.

طرق تدعيم النباتات فى القناة:

عند استخدام القنوات القياسية فى نظام الأغشية المغذية قد نواجه مشكلة عند ازدياد الارتفاع الرأسى للقناة عن طول البادرة أسفل الورقة الأولى. وترجع المشكلة إلى أنه لكى تكون الورقة الأولى فى الضوء فان 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 المكعب فى القناة فإنه يزيد من ارتفاع سيقان البادرات وظهور أوراقها فى الضوء أعلى قمة القناة فى الوقت الذى يوفر المكعب الماص المحلول المغذى لجذور البادرات التى بداخله لاستمرار نموها. 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 الفيرميكيوليت Vermiculit وخليط من الفيرميكيوليت والبيت موس، إلا أنه يفضل استخدام مكعبات بيئات الألياف مثل الصوف الصخرى أو مواد أخرى شبيهة بحيث لا تؤثر على نقاء المحلول ولا تؤدى إلى انسداد قنوات وفتحات التوصيل.

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

حدود السمية والنقص فى تركيزات العناصر 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. 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 ـ٣٢٠ جزءاً 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 ـ٢٠٠ جزءاً فى المليون أو البوتاسيوم فيما بين تركيزات ٢٠ ـ٣٧٥ جزءاً فى المليون.

وبالرغم من ذلك لا ينصح باستخدام تركيزات منخفضة من المغذيات المختلفة لأن استخدام التركيز المرتفع نسبيا من العنصر يوفر احتياطى من هذا العنصر فى المحلول فلا ينخفض تركيزه بسرعة نتيجة لإمتصاصه بواسطة النبات وبالتالى تقل الحاجة إلى إعاده 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 طويلة يضر بنمو النباتات النامية فى هذه القنوات ولو أن النبات يمكنه تحمل توقف دوران المحلول لفترة زمنية بسيطة نظراً لوجود بعض المحلول محتجزاً فى حصيرة الجذور. والفترة الزمنية التى يتحمل فيها النبات توقف دوران المحلول تختلف من نبات إلى اخر، وذلك حسب نوع النبات ومرحلة نموه، وكذلك حسب العوامل المناخية السائدة وعادة ما تتراوح هذه الفترة ما بين ساعة واحدة إلى ١٨ 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 ـ٦,٥ 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 و ١,٥ 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 الرابع.

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 يدويا أو أوتوماتيكيا بتوصيل خزان المحلول بخزان جانبى للماء فى مستوى أعلى من خزان المحلول، ويتم التوصيل عن طريق خرطوم من البلاستيك مثبتاً قرب قاع خزان الماء ويصل إلى خزان المحلول ويثبت عند المستوى المراد ثبات المحلول عنده بواسطة عوامة والتى تحافظ على ثبات ارتفاع حجم المحلول فى خزان المحلول المغذى. ونظرا 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 إذا كان معدل إضافتها إلى المحلول أسرع من معدل امتصاصها بواسطة النبات ومثال ذلك أيونات الصوديوم والكلوريد، وبالتالى فإنه يمضى الوقت قد يزداد تركيز أحد هذه الأيونات إلى الدرجة التى تسبب سمية للنبات النامى بهذا الأيون. ولهذا السبب ينصح بتغيير المحلول المغذى الدائر على فترات زمنية. والفترة الزمنية التى يتم فيها تغيير المحلول المغذى الدائر يمكن تقديرها عن طريق ما يلى:

(أ) تحليل وتقدير تركيزات العناصر فى المحلول معمليا على فترات أسبوعية

وخاصة عناصر N, Cu, Mo, Zn, Na, Cl and S بواسطة أحد أجهزة Flame Photometer والـ Spectrophotometer and Atomic adsorption (شكل ٥ ـ ١٧) ومن هذا التحليل يمكن معرفة أى من هذه الأيونات سوف يزداد تركيزه بمضى الوقت.

(ب) ملاحظة نمو النباتات وتدوين الإجابة على بعض الأسئلة التى تعطى مؤشرا 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 عاليا. وعند هذه النقطة يجب تغيير المحلول الدائر كلية وملىء النظام بمحلول حديث التحضير. فإذا افترضنا أن هذه الحالة قد حدثت بعد ١١ أسبوعاً من استمرار دوران المحلول فإنه يعاد تفريغ النظام وإعادة ملئة بالمحلول الجديد ثم يستمر ملاحظة نمو النبات وتحليل المحلول لمدة ١٠ أسابيع تالية لمعرفة هل بدأ تأثر النمو مرة أخرى، فإذا حدث ذلك فعلا بعد هذه المدة كان ذلك مؤشراً 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 عملية الاستبدال الكامل للمحلول.

خطوات الزراعة فى طريقة 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 ـ يتم إنبات البذور فى البيت موس ثم تنقل إلى مكعبات الإنبات المصنعة من الصوف الصخرى أو يتم إنباتها مباشرة فى هذه المكعبات.

٢ ـ توضع مكعبات الإنبات على طاولات من البلاستيك وترش بالماء تارة

شكل (٥-١٧) : نماذج من أجهزة القياس المعملية لتقدير العناصر المغذية بطريقة كمية.

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 ١سم حتى لا تذبل جذور البادرات الخارجه من مكعبات الإنبات أو أن تموت.

٣ ـ تنقل البادرات النامية فى مكعبات الإنبات (شكل ٥ ـ١٨) إلى أى من قنوات الزراعة المجهزة فيما سبق.

شكل (٥ – ١٨): بادرة من نباتات الطماطم التى تنمو بشكل جيد فى مكعب إنبات من الصوف الصخرى RW قبل نقلها إلى قنوات الزراعة بنظام الأغشية المغذية

٤ ـ يتم ضم طرفى غشاء البلاستيك على طول امتداد القناة بحيث تصبح مكعبات الإنبات على قاعدتها، بينما يظهر مجموعها الخضرى أعلى قمة الشكل الهرمى الذى تكونه مع تثبيت ذلك بكلبسات أو بمشابك من الخشب أو البلاستيك.

٥ ـ 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 ـ معدل ضخ المحلول ٢ لتر فى الدقيقة.

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

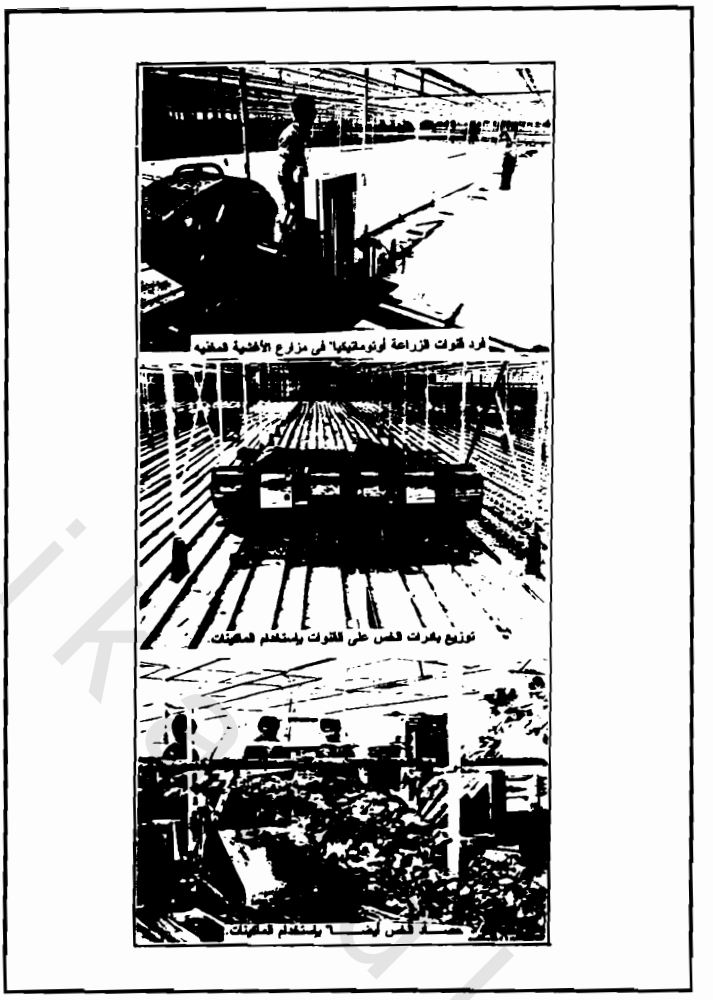
٨ ـ تتم متابعة النمو وأخذ عينات من المحلول المغذى وضبط رقم الـ pH إلى حده الأمثل ٦,٥ درجة وتعويض النقص فى مستوى العناصر فى المحلول بإضافة أملاح هذه العناصر، أو إضافة القدر المناسب من المحلول الأساسى Stock solution إلى محلول التغذية وذلك حتى نهاية المحصول.

وهذا الإعداد للزراعة بنظام الأغشية المغذية بمراحلة المختلفة أصبح الآن ينفذ بواسطة عمليات الميكنة المختلفة (شكل ٥ ـ١٩) حيث يتم فرد القنوات بواسطة الماكينات، ثم يتم توزيع البادرات وحصاد المحصول أيضا بواسطة الماكينات. هذا بالإضافة إلى الضبط الأتوماتيكى للتوصيل الكهربى EC والـ pH وتركيز العناصر الغذائية للمحاليل المغذية والتحكم الآلى لعمليات دوران المحلول وإعطاء إنذار بتوقف عمليات ضخ المحلول ـ لأى سبب ـ لمدير أو صاحب المزرعة فى منزله من خلال جرس التليفون، كل هذا يوضح إلى أى مدى تتقدم تكنولوجيا الزراعة بنظام الأغشية المغذية بشكل خاص والزراعة بدون تربة بوجه عام.

والمحاصيل المنزرعة بهذا النظام تعطى نموا جيداً والشكل (٥ ـ٢٠) يوضح نمو نباتات الخس Lettuce فى الصوبة على مساحات كبيرة كما يشير أيضا إلى كيفية تسويقه مغلفاً بجذوره مما يطيل من عمره أثناء التداول والاستهلاك، ويوضح نفس الشكل جودة محصول نباتات الفلفل Sweet pepper النامى فى مزرعة NFT. وليس النمو الجيد خاص بمحصولى الخس والفلفل فقط بل إن كل محاصيل الخضر والزينة التى زرعت بهذا النظام تعطى نمواً جيداً وليس أدل على ذلك من نمو النباتات الدرنية مثل االبطاطسpotato والبطاطا Sweet potato فى أغشية المحاليل المغذية (شكل ٥ ـ٢١).

شكل((٥-٢٠): نمو نباتات الخس والفلفل بطريقة الأغشية المغذية ويظهر في الصورة كيفية تسويق الخس مغلفا بجذوره مما يطيل من عمره خلال فترة التسويق والتداول.

شكل (٥-٢١): حتي النباتات الدرنية تنجح زراعتها فى أنظمة الأغشية المغذية والصورة لدرنات البطاطا في إحدى قنوات الزراعة.



شكل (٥ – ١٩): استخدام الميكنة الزراعية فى أنظمة الأغشية المغذية

تأثير درجة حرارة المحاليل المغذية على الإنتاج بطريقة الأغشية المغذية:

درجة حرارة المحلول المغذى فى مزارع المحاليل بصفة عامة ومزارع الأغشية المغذية بصفة خاصة لها أهمية كبيرة على النمو والمحصول، حيث يلعب حجم الماء الذى تنمو فيه الجذور دوراً مؤثراً فى ذلك فكلما زاد الحجم قل معدل التغير فى درجة حرارة المحلول مع ارتفاع درجة حرارة الجو. وعلى العكس من ذلك

نجد أنه فى مزارع الأغشية المغذية يكون حجم المحلول قليلاً فى شكل طبقة رقيقة Thin layer ، وبالتالى تتغير حرارتها بسرعة مع أى تغير طفيف فى درجة حرارة الجو. وقد قام Sherif سنة ١٩٨٨ بدراسة أثر درجة حرارة المحلول المغذى على صنفين من الطماطم (صنف ثماره كبيره الحجم Dombito ، والثانى ثماره صغيرة Sonatine) تحت ظروف الصوبة الزجاجية ضبطت درجة حرارتها الصغرى أثناء النهار ٢٧ درجة مئوية على أن تفتح أسقف الصوبة للتهوية أوتوماتيكيا عند ٣٢ درجة مئوية ودرجة الحرارة العظمى أثناء الليل كانت ١٨ درجة مئوية (حيث درجة الحرارة خارج الصوبة منخفضة) وكان ذلك في الفترة من أكتوبر حتي إبريل وهى ظروف أكثر حده مما يمكن أن تكون عليه الظروف المناخية في مصر خلال تلك الفترة من السنة. وفى شهر مايو وحتى يوليو تم زراعة صنفين من الخيار (Pepinex - 69, Corona) تحت ظروف حرارة أعلى حيث ضبطت درجة حرارة الصوبة أثناء النهار على ٣٢ درجة مئوية للصغرى و٣٥ للعظمى وبالليل كانت درجة الحرارة الصغرى ٥ درجات لتعطى مجالاً أوسع لما يمكن أن تكون عليه درجات الحرارة في أماكن متفرقة من مصر أثناء الصيف والشتاء، ولم يكتف برفع درجات الحرارة فى جو الصوبة أثناء النهار، بل تم تسخين المحاليل المغذية فى قنوات الزراعة لكلا المحصولين (الطماطم والخيار) لدرجات حرار ٢٥، ٣٠ ثم إلى ٣٥ درجة مئوية وهى الدرجات المحتملة الحدوث فى أشهر الصيف.

ومن خلال هذه التجارب تحت ظروف حرارة الصوبة والمحلول أمكن الوصول إلى بعض الحقائق نبرزها فيما يلى :

١ – نجاح استخدام طريقة الأغشية المغذية تحت ظروف حرارة المحلول المغذى حتى ٣٥ درجة مئوية لمحصولى الطماطم (شكل ٥ – ٢٢) والخيار (شكل ٥ – ٢٣) وإن كانت الطماطم أكثر مقاومة والخيار أكثر حساسية عند هذه الدرجة.

٢ – انخفاض وزن جذور النباتات بارتفاع درجة حرارة المحلول.

٣ – عند نهاية المحصول يتحول لون جذور النباتات من الأبيض إلى البنى الفاتح إلى البنى الغامض فى المحاليل ذات درجة الحرارة ٢٥، ٣٠، ٣٥ على الترتيب.

شكل (٥-٢٢): نمو نباتات الطماطم بنجاح في ظروف درجات الحرارة العالية في جو الصوبة وفي أغشية المحاليل المغذية حتي ٣٥ درجة مئوية.

شكل (٥-٢٣): نباتات الخيار تنمو بنجاح شتاءً في قنوات من البلاستيك الأسود (إلي اليمين) وصيفاً في قنوات من البلاستيك الأبيض (إلي اليسار) في نظام الأغشية المغذية.

٤ – تختلف المحاصيل فى درجة تحمل جذورها لدرجات الحرارة العالية بل إن الأكثر من ذلك اختلاف الأصناف داخل المحصول الواحد فمثلاً انخفض محصول صنف Dombito تدريجيا بارتفاع درجة حرارة المحلول، وعلى العكس من ذلك ارتفع محصول صنف Sonatine بارتفاع درجة حرارة المحلول، وأعطى أعلى قيمة عند درجة ٣٥ درجة مئوية. وبالمثل فى محصول الخيار كان صنف Corona مشابها لصنف Dombito وصنف Pepinex-69 مشابها لصنف Sonatine.

٥ – تحت هذه الظروف كان معدل استهلاك الماء لكل نبات طماطم ٨٨ لتراً فى فترة نمو قدرها ٦ أشهر، بينما كان ذلك ٢٢ لتراً لكل نبات خيار فى فترة نمو قدرها شهران فقط.

كما يوضح جدول (٥ – ٢) معدل استهلاك العناصر المغذية الكبرى لكل من محصولى الطماطم والخيار.

جدول (٥ – ٢) : يوضح معدل استهلاك العناصر المغذية الكبرى بالجرام لكل نبات

العنصر	الكمية الممتصة بالجرام/ نبات طماطم	الكمية الممتصة بالجرام/ نبات خيار
النيتروجين	٦,٨	٣,٢
الفوسفور	٤,١	٢,٤
البوتاسيوم	١٧,٦	٩,٨
الكالسيوم	٩,٢	٥,٠

وهذه النتائج تؤكد إمكانية الزراعة بنظام الأغشية المغذية تحت الظروف الجوية المختلفة فى مصر سواء كان ذلك تحت 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.

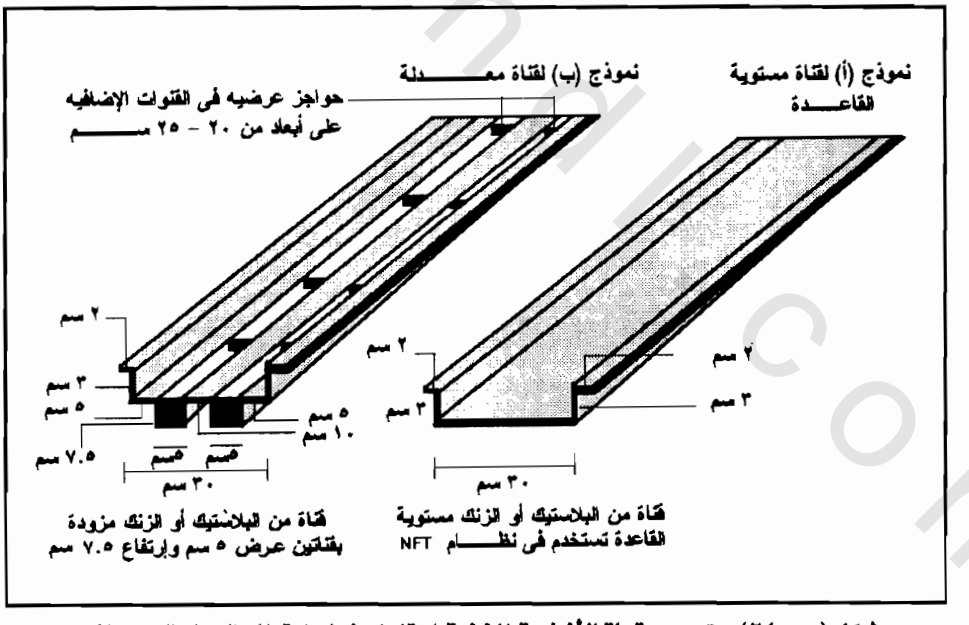
تتبقى مشكلة أخرى أساسية تواجه القائمين على تنفيذ مزارع الأغشية المغذية تحت ظروف انقاطع التيار الكهربائى لفترات طويلة أثناء النهار خاصة وأن النظام

يعتمد على الدوران المستمر لغشاء رقيق من المحلول المغذى، ومن ثم يصبح الضرر كبيراً عدد 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 كما يمكن أيضاً استغلال طاقة الرياح.

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 تم تصميم نموذج لهذه القناه (Sheif سنة ١٩٩٤) يتكون من قناتين إضافيتين بطول القناة الأصلية وبعرض ٥ سم وعمق ٧,٥ عن السطح المستوى للقناة (شكل ٥ – ٢٤).



شكل (٥ – ٢٤): تحوير قناة الأغشية المغذية لتقليل خطر انقطاع التيار الكهربائى

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 تمتلئ بالمحلول المغذى الذى يحدث له ازاحة 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 الاضافيتين لا يمثل سوى ثلث عرض القناة) بما يجعل هذه القناة ضمن تحويرات نظام الأغشية المغذية المفيده تحت ظروف الزراعة اللاأرضية فى مصر.

opeikandl.com

رابعاً: نظام الأغشية المغذية فى صحراء مصر
NFT in the Desert of Egypt

قام مركز تنمية الصحراء التابع للجامعة الأمريكية فى مدينة السادات والتى تبعد عن مدينة الجيزة بمسافة ٨٣ كم على طريق مصر الاسكندرية الصحراوى بعمل وحدة صغيرة لتطبيق نظام الأغشية المغذية فى الصحراء بغرض التجارب والتدريب، ولقد روعى فى تنفيذ هذه الوحدة ما يلى :

١ – إستخدام المواد الميسره محليا لخفض التكاليف.

٢ – التحكم فى ضخ المحلول المغذى فى حالة انقطاع التيار.

٣ – وجود ملوحة طبيعية فى مصدر المياه المتوفر فى المنطقة تصل إلى ٢٠٠ جزء فى المليون من كلوريد الصوديوم.

٤ – وجود مستوى مرتفع من الاشعاع فى هذه المنطقة الجافة.

طريقة تنفيذ نظام الأغشية المغذية فى مدينة السادات :

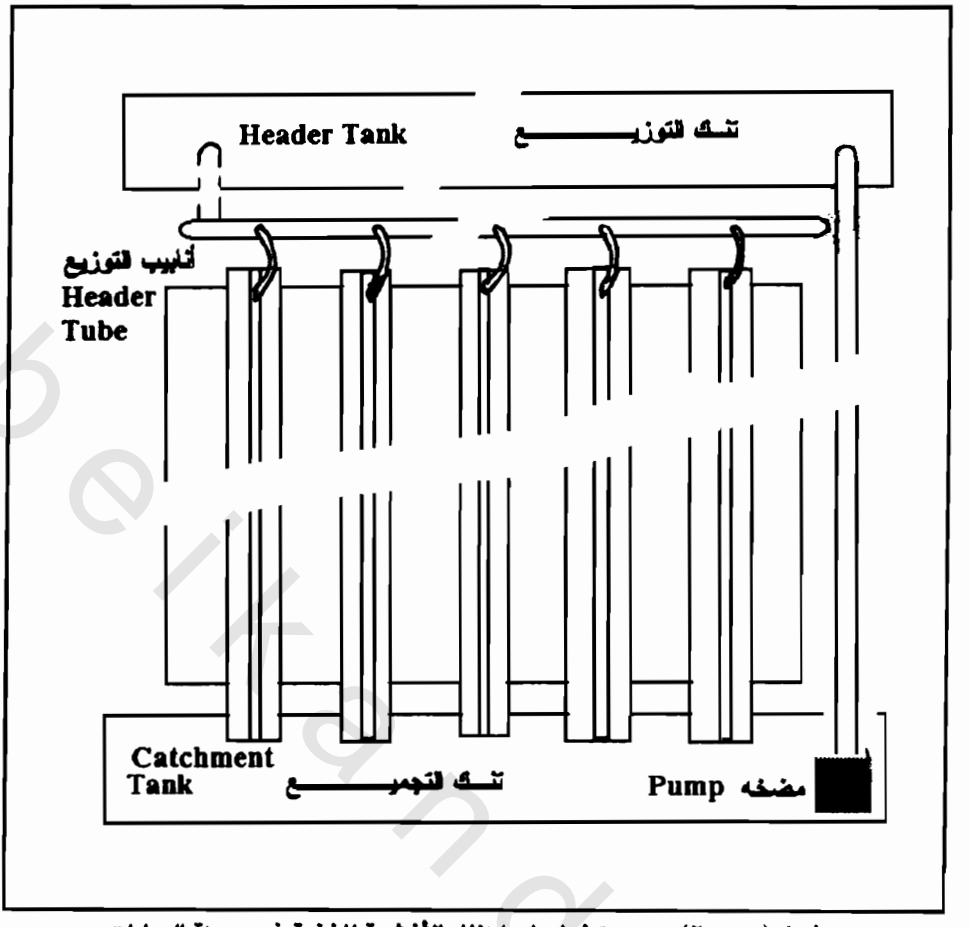
تتلخص خطوات العمل فى هذا النظام فيما يلى :

١ – تسوية الأرض المراد الزراعة فوقها والموجودة تحت الصوبة

٢ – عمل قنوات فى الأرض بميل مناسب كما هو متبع فى الطريقة الأساسية للأغشية المغذية.

٣ – تبطن القنوات بطولها بشرائط البوليثين الذى يكفى عرضه لعمل الشكل الهرمى للقناة.

٤ – حفر تنك التغذية أو التجميع Catchment tank فى الجانب المنخفض بعرض ١ متر وعمق ١ متر وبطول كل الجانب المنخفض فى مواجهة كل قنوات الزراعة كما هو موضح فى شكل (٥ – ٢٥).



شكل (٥ – ٢٥): رسم تخطيطى لنظام الأغشية للغذية فى مدينة السادات

٥ – تبطين هذا التنك بالبوليثين وتغطيته بغطاء لمنع البخر ونمو الطحالب.

٦ – تثبت المضخة المائية فى أحد جوانب التنك وتقوم بضخ المحلول بمعدل ٢ لتر/ دقيقة قناة عن طريق أنابيب توزيع Header tube بقطر ٣٠ مم يخرج منها أنبوبة توزيع لكل قناة على حدة قطرها ٣ مم.

٧ – ضخ المحلول أثناء الليل يتم لمدة ١٥ دقيقة/ ساعة وهذا المعدل كاف لامداد النباتات باحتياجاتها من الماء والعناصر الغذائية.

الاحتياطات الواجب الاهتمام بها عند تنفيذ مثل هذا النظام :

١ – إن توزيع المحلول من تنك التجميع إلى القنوات مباشرة عبر أنابيب التوزيع

يعرض النباتات لخطر انقطاع التيار وعدم وصول المحاليل إليها مما يعرضها للذبول والموت خاصة إذا كانت فترة الانقطاع طويلة أثناء مرحلة متقدمة من النمو وفى وقت ارتفاع معدل التمثيل الضوئى. لذلك فإن عمل تنك للتوزيع Header tank يوضع في أعلى الجانب المرتفع لقنوات الزراعة ليندفع منه محلول التغذية عبر أنابيب التوزيع إلى القنوات بالمعدل المناسب كما فى شكل (٥ – ٢٥) يقلل من حدة المشكلة أو يساعد على تجنبها لعدة ساعات. فإذا كان تنك التوزيع سعته ١٠ متر مكعب من المحلول المغذى فإنه فى هذه الحالة يكفى لتغذية ٣٠ قناة لمدة ٢,٥ ساعة وهذا الأمر مفيد ليس فقط لتجنب مخاطر انقاع التيار الكهربائى عند عدم ثبات التيار، ولكنه يساعد فى الوقت نفسه على تشغيل مضخة رفع المحلول على فترات متقطعة حتى فى حالة انتظام التيار الكهربائى وذلك توفيراً للطاقة.

٢ – نظام NFT المحتوى على ٣٠ قناة زراعة يجب أن تكون المضخة المائية المستخدمة لها القدرة على رقع ٦٠ لتر فى الدقيقة إلى ارتفاع ٢ متر أى ٣٦٠٠ لتر فى الساعة.

خامساً: الجيل الثانى فى تطوير مزارع الأغشية المغذية والمعروف باسم Ariel System

تمتاز نظم الزراعة اللاأرضية بأنها تطلق العنان لفكر الإنسان لابتكار طرق زراعة وتغذية جديدة طالما كانت الأساسيات الزراعية متوفرة وهذا ما نجده واضحا الآن فى الجيل الثانى لمزارع الأغشية المغذية والذى قام به Allen Cooper نفسه سنة ١٩٨٥ بعد بضع سنوات من تصميمه نظام NFT من خلال عمله بشركات أريال Ariel Industries البريطانية والتى يرأسها Mr. Kenneth Edwards المهتم بتطوير أنظمة الزراعة الغير تقليدية وبصفة خاصة نظام الأغشية المغذية. وفى الوقت الذى يقوم فيه بتطوير الطريقة للاستخدام فى انجلترا وأوربا حيث التكنولوجيا العالية فى أجهزة الاتصال والحاسب الآلى وثبات وانتظام التيار الكهربائى والمزارع المتعلم والمؤهل إلا أنه فى الوقت نفسه يسعى لأن يكون النظام الجديد سهل الاستخدام فى دول العالم الثالث فى ظروف الحرارة والإشعاع العالى وعدم توفر الأجهزة المتطورة وفى وجود الكهرباء غير المنتظمه بالاضافه إلى المزارع البسيط وربما غير المتعلم وسمى النظام الجديد Ariel System . ومن أجل هذا الغرض قام ببناء مركز بحوث زراعية على مساحة حوالى ٩ أفدنة فى جنوب أسبانيا لتمثل ظروف الجو الحار فى معظم دول العالم الثالث لتقوم البحوث والتجارب فى هذه المنطقة جنباً إلى جنب مع البحوث والتجارب فى محطة بحوث انجلترا ليحقق هذا الغرض المزدوج.

الفكرة الأساسية :

تتمثل الفكرة الأساسية لهذه الطريقة فى الآتى :

١ – إنبات بذور النباتات بدون مواد الإنبات والتى كان يستخدم فيها الصوف

الصخرى بصفة أساسية لتنتج بادرات ذات جذور عارية Bare rooted حتى تكون سريعة فى درجة استجابتها لأى تغيرات فى البيئة المحيطة بها (بيئة نمو الجذور).

٢ – استخدام قنوات زراعة مزدوجة بكل منها قناتين يفصلهما حاجز توضع عليه البادرات مع توجيه نصف الجذور إلى احدى القناتين والنصف الثانى إلى القناة الأخرى.

٣ – تتم التغذية من جانب واحد فقط وبالتتابع مع الجانب الآخر ليعيش النبات وينمو فى وسطين مختلفين (حيث نصف الجذور فى الحالة السائلة والنصف الآخر فى الحالة الغازية).

٤ – زيادة معدل التغذية فى فترة قصيرة من النهار عند أقصى معدل تمثيل ضوئى بمحلول مغذى تركيزه ضعف تركيز المحلول الأصلى تقريبا فيما يعرف بالتغذية الزائدة Hypertonic feeding حيث وجد أن زيادة تركيز المحلول المغذى بـ ٦٥٠ ملليجرام/ لتر عن المحلول الأصلى، وتعريض جذور النباتات له لمدة ٥ دقائق يؤدى إلى زيادة فى الأملاح الممتصة ليتساوى مع ما يمتص فى نصف يوم كامل بالتغذية العادية (Edwards سنة ١٩٨٥). وفى إحدى تجارب Cooper and Edwards سنة ١٩٨٥ على نباتات الخيار استخدم محلول قوته ٩٠٠ ملليجرام/ لتر كمحلول تغذية أساسى (لمدة ٢٢,٥ ساعة فى اليوم) بالتبادل مع محلول مركز تركيزه ١٧٠٠ ملليجرام/ لتر (لمدة ١,٥ ساعة) بشكل متقطع على ٣ مرات كل منها نصف ساعة فى وسط النهار. ولقد كان من نتيجة ذلك أن زاد عدد الثمار بنسبة ٤٨٪ وزيادة معدل وزن الثمار بنسبة ١٢٪ بينما زاد المحصول الكلى بنسبة ٥٤٪ وذلك مقابل زيادة الأملاح الممتصة بنسبة ٤٩٪ والماء بنسبة ٣٢٪، ولقد لوحظ أن زيادة امتصاص الأملاح والماء لم يؤدى إلى زيادة المحصول فقط بل أدى أيضاً إلى تحسين جودة وطعم الثمار.

كيف يتم استخدام طريقة Ariel System

يمكن شرح وتبسيط طريقة الزراعة بهذا النظام فى النقاط التالية :

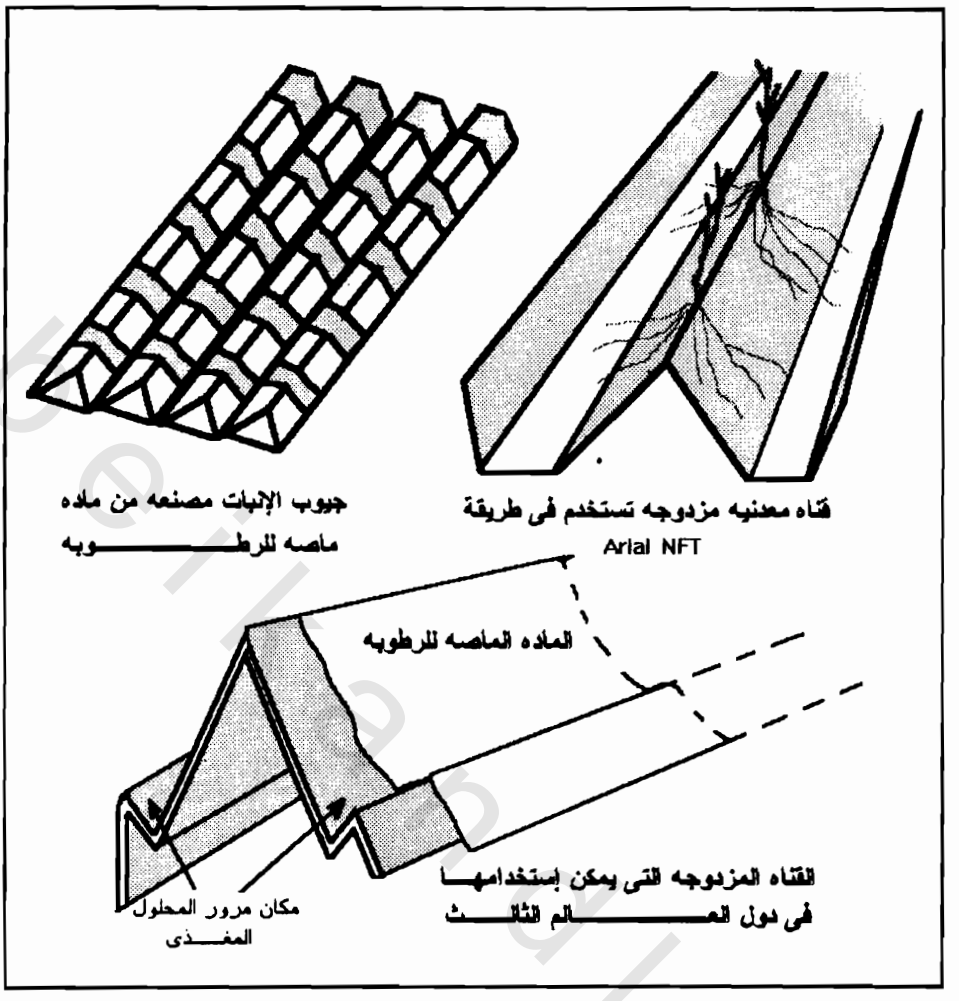
١ – يتم عمل محفظة أو تجويف للانبات Germination pocket من مادة محبة أو ماصة للماء Hydrophilic or Absorbent material وذلك بتقطيع هذه المادة إلى قطع عرضها حوالى ٥ سم وطولها ضعف ارتفاع الحاجز الأوسط لقناة الزراعة وفى منتصفها يتم عمل التجويف لوضع البذور.

٢ – توضع محافظ الإنبات متجاورة على أرفف معدنية منثنية على شكل هرمى [Δ] لتغطى الجانبين ويكون تجويف البذور أعلى قمته، ثم توضع بكل منها بذرة من بذور المحصول المراد زراعته، ثم توضع هذه الأرفف متجاورة فى قنوات معدنية على شكل أخاديد Furrow configuration ثم توضع فى غرفة الإنبات ويمرر فى هذه الأخاديد تيار ماء دافئ ليساعد فى عملية الإنبات.

٣ – عند بداية ظهور الريشة والجذير يتم نقل محافظ الإنبات من غرفة الإنبات إلى مكان المشتل، ويمرر المحلول المغذى بدلاً من الماء حتى الوصول إلى الحجم المناسب لنقل البادرات إلى القنوات المستديمة (شكل ٥ – ٢٦).

٤ – القنوات المستديمة مصنعة من معدن الألومنيوم أو الصلب المجلفن، وتتكون القناة الواحدة من قناتين ويتم تبطينهما بالبوليثين مما ينتج عنه وجود حائط عريض من الجانبين يعمل كعازل للمحلول المغذى فى القنوات، فيمنع التسخين الزائد للجذور فى المناطق الحارة، ويقلل من الفقد الحرارى للمحلول المسخن فى المناطق الباردة.

٥ – توضع البادرات على قمة الحد الفاصل بين القناتين، ثم يتم ثنى طرفى البوليثين وتثبيته بمشابك مع وضع خيوط التثبيت.



شكل (٥ – ٢٦): تحوير آخر لقنوات الأغشية المغذية ليساعد على الاستخدام فى المناطق الحارة

٦ – تتم التغذية بالمحلول الأساس المتزن فى أحد الاتجاهين (لنصف الجذور) دون الآخر ثم بعد فترة (تتحدد على حسب عمر النبات ودرجة حرارة الجو) تتم التغذية فى الاتجاه الثانى (للنصف الآخر من الجذور) وتتم التغذية بالتتابع لعدة مرات فى اليوم الواحد وليظل الفصل تاماً بين جذور النبات الواحد فى كل من الحالة السائلة Aqueous والحالة الغازية Gaseous وهذا كله يعتمد على أن نصف جذور النبات الواحد لها القدرة على أن تمد النبات

بكل احتياجاته الغذائية.

٧ – تتم التغذية الزائدة بتعريض جذور النباتات لمحلول مركز (لبعض الوقت) تركيزه ضعف تركيز المحلول الأصلى المستخدم فى التغذية الأساسية.

٨ – لتنفيذ التبادل بين المحلول المخفف (الذى تتم التغذية شبه الكاملة عليه) وبين المحلول المركز يتم عمل عدد ٢ تنك فى الجانب المنخفض لقنوات الزراعة يكون أحدهما للمحلول المخفف والذى يسمى تنك الشرب Drinking tank والثانى للمحلول المركز ويسمى تنك التغذية Feeding tank.

ولقد سجلت التجارب على هذا النظام بعض الملاحظات :

١ – استخدام النباتات ذات الجذور العارية يساعد على استخدام التغذية الزائدة بكفاءة عالية.

٢ – لا يوجد استهلاك زائد للعناصر المغذية، بل تتجه الزيادة من الأملاح الممتصة إلى زيادة المحصول بشكل أكبر من التأثير على زيادة النمو. ففى الوقت الذى زاد فيه المجموع الخضرى بنسبة ١٧٪ زاد المحصول بنسبة ٥٤٪ فى تجربة الخيار المشار اليها سابقاً.

٣ – من خلال استخدام طريقة التغذية الزائدة للنباتات أثناء فترة النمو حدث تأقلم لهذه النباتات للتركيزات المرتفعة من المحلول.

٤ – لوحظ استمرار اخضرار أوراق النباتات – حتى القديمة منها – حتى نهاية المحصول.

٥ – وجود زيادة ملحوظة فى محتوى أوراق النباتات من الكلوروفيل (بالملليجرام/سم٢). ففى أوراق الطماطم الحديثة كان محتواها من الكلوروفيل فى التغذية العادية ٣٧ مقابل ٥٧ فى حالة التغذية الزائدة. ويعتقد أن هذا هو السبب الذى يعزى اليه الزيادة الواضحة فى المحصول خاصة وانه لم تحدث أى زيادات فى مساحة سطح الأوراق.

تحوير طريقة Ariel للتطبيق فى دول العالم الثالث :

بعد عديد من التجارب والبحوث فى انجلترا والهند وأسبانيا توصل إلى أنه

يمكن نقل تقنية هذه الطريقة إلى الدول ذات الجو الحار فى المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم، والتى تعرف بدول العالم الثالث. وهذه الدول تتميز بعدم كفاءة البنية الأساسية وبقلة الخبرات التكنولوجية بها من جانب صغار المزارعين، ولذلك روعى فى ذلك ألا تعتمد الطريقة على استخدام الأجهزة أو الكهرباء بصفة مستمرة تجنباً لمشكلة عدم ثبات التيار وانقطاعه. ويتلخص ذلك فى الآتى :

١ – يتم تصنيع القنوات من الفخار (الطين المحروق Fired clay) أو أي مادة معدنية أو بلاستيكية محلية.

٢ – إستخدام مادة ماصة للمحلول تغطى القمة الفاصلة بين القناتين مع الجانبين وحتى نهايتهما والتى ترتكز فى قناة المحلول مما يوفر الرطوبة الكافية للمجموع الجذرى الملامس لها أثناء فترة النمو.كما فى شكل رقم (٥– ٢٦).

٣ – سوف يتيح وضع القنوات المزدوجة استخدام التغذية المتعاقبة (التغذية من كل جانب على حده) بالاضافة إلى استخدام محلولين فى التغذية بطريقة التغذية الزائدة نظراً لعدم وجود اتصال بين الجانبين.

٤ – يتم ضخ المحلول المغذى لمدة خمس دقائق كل ساعة إلى أعلى جانب للقنوات ليعود بتأثير الجاذبية إلى الجانب المنخفض من القناة، ثم إلى تنك التغذية. وهذا التعاقب فى ضخ المحلول كل ساعة يجدد المحلول للنبات، بالاضافة إلى أنه يقوم بعمل غسيل لمخلفات التمثيل التى ينتجها النبات وتتراكم حول الجذور.

سادساً: الطريقة الهندية لتحوير طريقة مزارع الأغشية المغذية

NOCIL Film Technique (Indian Method)

تعتبر الهند من دول المناطق الاستوائية وأراضيها فقيرة فى محتواها من المادة العضوية، وتوجد بها كثير من الأراضى ليس لديها القدرة على إمداد النباتات باحتياجاته الغذائية وأخرى لا تستجيب لإضافة العناصر السمادية إليها لما وصلت إليه من تدهور فى الصفات الطبيعية والكيماوية. هذا الوضع الزراعى فى كثير من أراضى الهند جعل احدى الشركات هناك وهى The National Organic Chemical Industries Limited (NOCIL) تأخذ على عاتقها تطوير نظام مزارع الأغشية المغذية NFT حتى يمكن استخدامه بواسطة المزارع العادى وتحت ظروف الزراعة السائدة. وأول ما قامت به الشركة الهندية NOCIL هو إيجاد توليفه من الأسمدة والمركبات الكيمائية لاستخدامها فى التغذية تم تسميتها NOCIL Formula وعليه أسمت طريقتها NOCIL Film Technique فما هى الفكرة الأساسية وكيف تعمل هذه الطريقة؟

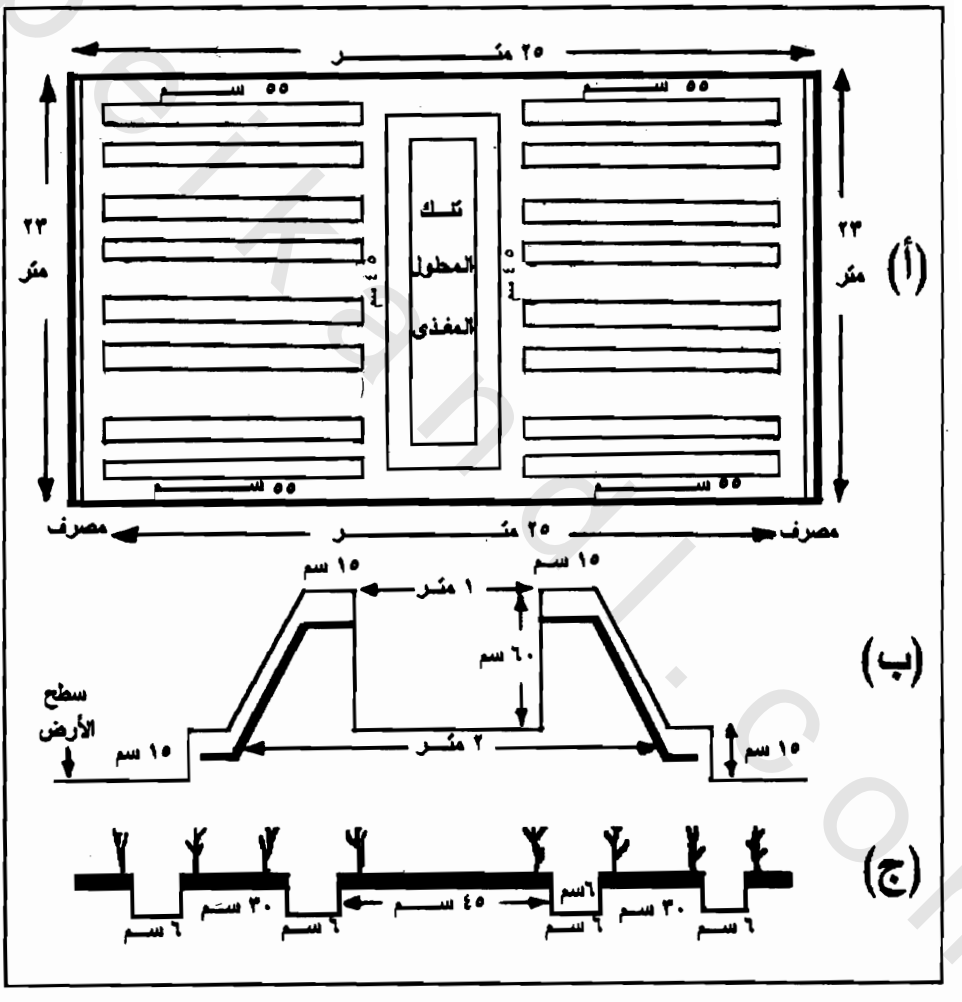
الفكرة الأساسية :

تتمثل الفكرة الأساسية فى هذه الطريقة فى زراعة النباتات فى التربة على حافة قنوات أو أخاديد صغيرة على شكل حرف U عرضها وعمقها ٦,٥ سم، ويتم توجيه نصف جذور النباتات إلى هذه القنوات عن طريق شرائح من الخيش عرضها ٥ سم وطولها ١٠ سم، ينغمس أحد طرفيها فى قناة التغذية، والطرف الآخر أسفل جذور النباتات، بينما يتجه النصف الآخر من الجذور إلى التربة مثبتاً ومدعماً للنباتات اعتماداً على وجود قدر من الأمطار التى تسقط على مثل هذه المناطق فى أوقات متفرقة من السنة (متوسط سقوط الأمطار فى المناطق الجافة أقل من ٢٥٠ مم وفى المناطق تحت الرطبة ١٣٠٠ مم، يصل إلى أكثر من

٢٥٠٠ مم فى المناطق الرطبة).

كيف تعمل هذه الطريقة :

لقد قامت NOCIL بإعداد دراساتها وتجهيزاتها الخاصة بهذه الطريقة لوحدات قياسية، كل وحدة تتكون من تنك رئيسى ومجموعة من القنوات التى تنفذ على جانبى التنك الرئيسى (شكل ٥ – ٢٧).



شكل (٥ – ٢٧): رسم تخطيطى للطريقة الهندية ونظام الأغشية المغذية

وتتم خطوات التنفيذ فى الآتى :

١ – إعداد وتجهيز المكان للزراعة Preparing of the plot

يتم تجهيز الأرض على شكل قطع أو Plot أبعادها ٢٥× ٢٣متر على أن تكون كاملة التسوية وهو ما يطلق عليه Zeo/ Zero level .

٢ – بناء التنك الرئيسى Building of central tank

يتم بناء التنك الرئيسي فى منتصف أرض الزراعة بأبعاد ٦٠ سم للعمق، ١٠٠ سم للعرض، ١٨متراً للطول، وتكون قاعدته مرتفعة عن سطح الأرض بـ ١٥ سم، وهذا التنك بهذه الأبعاد يتسع لثمانية أمتار مكعبة من الماء. أو المحلول ويتم تنفيذه فى الخطوات التالية :

١ – تعين النقط الأربع للتنك بأبعاد ١٨× ١,٨ متر وتثبت بها أربع أوتاد.

٢ – يتم إضافة الماء إلى الأتربة الناتجة عن عملية التسوية لتبليلها وتركها لمدة ليلة كاملة لتتحول الأتربة إلى طين لتكون مادة البناء. يتم بناء حوائط التنك بعرض ٤٠ سم عند القاعدة تنتهى بـ ١٥ سم من أعلى عند ارتفاع ٦٠ سم وهو ارتفاع التنك ثم يترك حتى يجف ويصبح صلباً.

٣ – يتم تبطين التنك من الداخل جيداً وتغطيته من الخارج برقائق البلاستيك PVC مع الاهتمام بتهذيب الحوائط الداخلية حتى لا تعمل على إحداث ثقوب بأغلفة البلاستيك فيتسرب الماء إلى حوائط التنك. يتم تكويم الأتربة الجافة على الحوائط الخارجية للتنك لتدعيمها.

٤ – يملأ التنك بالماء ببطء.

٣ – تجهيز القنوات المكشوفة Preparing the gullies

يتم عمل القنوات بابعاد ٦,٥ سم للعمق والارتفاع وبطول ١٠ متر، وتوجد هذه الأخاديد أو القنوات فى أزواج المسافة بينها ٣٠ سم والمسافة بين كل زوج منها ٥٠ سم يستخدم كممر للحركة. كل Plot أو قطعة من قطع الزراعة

(٢٣×٢٥ متراً) ينفذ فيها عدد ٤٤ قناة عمودية على كل جانب من جانبى التنك ويتم تجهيزها كما يلى :

١ – يترك ٠,٥ متر من أحد جوانب الـ Plot ثم يثبت ٤ أوتاد فى الأركان الأربع للقناة ويشد بينها خيط أو حبل ثم بعد ذلك يبدأ الحفر حتى تأخذ القناة شكل حرف U حاد الأركان Sharp to Cut .

٢ – تبطن القنوات بالبلاستيك عرض ٢٥ سم وطول ١٠ متر وسمك٠,٧٥م.

٣ – فى الجانب الآخر للتنك يتم عمل قنوات لصرف المحلول الزائد أبعادها ١٥ سم عرضاً و١٠ سم عمق وبطول ٢٢ متراً ولا تبطن هذه القنوات.

٤ – زراعة المحصول Planting the crop

تتم الزراعة على مرحلتين :

(أ) المرحلة الأولى : إعداد النباتات للزراعة Phase 1-prepartion of planting

(ب) المرحلة الثانية : الزراعة الفعلية Phase 11- Actual planting

(أ) إعداد النباتات للزراعة :

١ – زرعت بذور نباتات حشيشة علف الفيل Napier grass فى مشتل مثله فى ذلك مثل الزراعة العادية.

٢ – عندما يصل طول النباتات إلى ١٢ – ١٥ سم يتم تقليعها من أرض المشتل وتقطيع جذورها بما يسمح بعمل قاعدة أفقية للساق Flat at the base .

٣ – تزال كل الأوراق والحراشيف الجافة من على الساق ثم توضع النباتات فى قنوات أو أحواض بها محلول مغذى مخفف أو ماء عادى لمدة ١٠– ١٢ يوماً لتشجيع تكوين جذور جديدة على أن تكون كل الجذور المتكونة مغطاة دائماً بالماء.

(ب) الزراعة الفعلية للنباتات :

١ – تجهيز قطع الخيش (كل متر مربع من الخيش عرضه ١ متر يعطى ١٤٤

قطعة عرضها ٥ سم وطولها ١٢ سم) والتى تستخدم لترطيب وتشجيع جذور النباتات على الاتجاه إلى قنوات التغذية على أن يكون طرف كل قطعة منها مغموسة فى الماء أو المحلول والطرف الآخر على حافة القناة.

٢ – اختبر امتلاء التنك بالماء وسجل حجمه ولاحظ حجم الماء فى القنوات على أن يكون $\frac{3}{4}$ حجمها مملوءاً بالماء.

٣ – يوضع كل نبات عمودياً على قطعة الخيش على أن تكون المسافة بينه وبين النبات الذى يليه ٢٥ سم (أو علي حسب مسافات الزراعة الخاصة بكل محصول) ويثبت بقليل من التربة مع توجيه الجذور إلى القناه.

٤ – توضع الأسمدة فى التنك فى اليوم الثانى للزراعة.

٥ – تملأ القنوات كل صباح بـ $\frac{3}{4}$ حجمها من المحلول المغذى، ويتم تعويض استهلاك المحلول باضافة محلول جديد.

٦ – بعد ١٥ يوماً تكون النباتات قد أرسلت ببعض جذورها إلى التربة، وبعد ٤٥ يوماً يتم أخذ أول حشة ثم بعد ذلك حشة كل شهر (وتجدر الإشارة إلى أن طول النباتات يصل إلى ٢ متر بعد ٣٠ يوماً فقط من الزراعة).

٥ – تجهيز المحلول المغذى Preparing the nutrient solution

يتم تجهيز المحلول من الأسمدة التجارية وذلك فى عدة خطوات :

١ – يتم معايرة التنك ثم يملأ بالماء ليعطى ٨ متر مكعب (٨٠٠٠ لتر) وتوزن الكمية اللازمة من السماد الذى يحتوى على العناصر الكبرى وتذاب فى كمية قليلة من الماء ثم تضاف إلى التنك وبنفس الطريقة توزن الكمية اللازمة من الأسمده المحتويه على العناصر الصغرى وتذاب ثم تضاف إلى التنك.

٢ – يتم التغذية بطريقة السيفون عن طريق توصيل أنابيب بقطر ١,٣ سم من التنك إلى القنوات.

٣ – عبوة التنك (٨٠٠٠ لتر) تكفى للتغذية لمدة أسبوع كامل، ويجب ملاحظة أنه عند نفاذ كل محتوى التنك من المحلول المغذى وقبل تحضير محلول جديد يستخدم الماء بمفرده لمدة ٣ أيام للتخلص من أي رواسب فى قنوات التغذية.

والأسمدة المستخدمة فى تحضير هذا المحلول توفر الاحتياجات الغذائية للنبات كما يوضحها الجدول (٥ – ٣).

جدول (٥ – ٣) : المركبات التى يتم منها تحضير المحلول المغذى وتركيز ما يوفره من عناصر.

المركب	الكمية بالجرام/ ١٠٠٠ لتر	تركيز العناصر بالجزء فى المليون	
كبريتات البوتاسيوم والأمونيوم	١٣٦٠	١٦٩	N ٢٠٤ +K
كلوريد البوتاسيوم	٢٦٠	١٣٠	K
فوسفات البوتاسيوم الأحادي	٢٧٢	٧٨	P ٦٢ + K
كبريتات الكالسيوم	٦٠٠	١٥٠	Ca
كبريتات المغنسيوم	٥١٠	٤٩	Mg
كبريتات الحديدوز	٦٠	١٢	Fe
كبريتات المنجنيز	٦,٢	٢	Mn
حامض البوريك	١,٧	٠,٣	B
كبريتات النحاس	٠,٢٧	٠,٠٧	Cu
موليبيدات الأمونيوم	٠,٠٩	٠,٠٥	Mo
كبريتات الزنك	٠,٣١	٠,٠٧	Zn

٦ – عمليات العناية والاختبارات الدورية Operating and routine checks

١ – يتم ملء قنوات التغذية يومياً وباستمرار بالمحلول المغذى.

٢ – إذا كانت الزراعة فى الصيف فيمكن وضع جذور النباتات مباشرة فى

قنوات الزراعة حتى تنمو بسرعة وعندئذ تثبت النباتات على حافة القناة.

٣ – يجب تثبيت النباتات جيداً وخاصة إذا ما كانت المنطقة معرضة لهبوب الرياح.

٤ – نظراً لأن حشيشة علف الفيل يؤخذ منها حشات كثيرة فإنه وبعد ٣ – ٤ حشات يتم إزالة جزء من الجذور للتغلب على طفح المحلول من القنوات.

مزايا الزراعة بالطريقة الهندية :

من المزايا التى نشرت عن هذه الطريقة ما يلى :

١ – وسيلة جيدة لامداد النبات باحتياجاته من الماء والعناصر الغذائية بشكل كاف وبدون فقد فى الماء، ولقد وجد فى بعض التجارب أنه يمكن الحصول على أقصى محصول بـ ٢٥ ٪ من المياه المستخدمة فى الزراعة العادية وفى حشيشة علف الفيل وجد أن هناك خفضاً فى استهلاك الماء قدره ٤١,٣ ٪ فى ظروف درجة حرارة ٢١ – ٣٢ درجة مئوية ومتوسط أمطار ٣٣٠ م فى السنة وفى ظروف درجة الحرارة الأعلى (٤٥ – ٤٦) درجة مئوية ومتوسط أمطار من ١٠٠٠ – ١٥٠٠ م فى السنة كان النقص فى استهلاك الماء بنسبة ٢٥ – ٣٠ ٪.

٢ – تقليل كمية الأسمده المستخدمة للاستفادة المثلى من الأسمدة المضافة.

٣ – الحصول على محصول مرتفع، فعلى سبيل المثال وجد أن محصول حشيشة علف الفيل الناتج من هذه الطريقة يبلغ ٤٢٥ – ٥٢٥ طن/ هكتار فى مقابل ١٥٠ – ٢٥٠ طن/ هكتار المتحصل عليها بطريقة الزراعة العادية تحت نفس الظروف.

٤ – تعمل الأرض فى هذه الطريقة كعامل مساعد فى تثبيت النبات.

٥ – فى حالة استخدام أحد المبيدات الجهازية فإنه يمكن اضافتها إلى المحلول المغذى مما يوفر تكاليف رشها.

وإذا كانت النتائج هنا تتركز حول حشيشة علف الفيل فإن NOCIL تشير إلى نتائج

بعض المحاصيل الأخرى التي تم زراعتها بهذه الطريقة وهى :

١ – القطن Cotton أعطى زيادة فى المحصول بنسبة ٣٠٪ عن طريقة الزراعة العادية.

٢ – الباذنجان Egg plant أعطى محصولا قدره ٢٩,٨ طن/ هكتار بزيادة قدرها ١٠٠٪ عن المتحصل عليه فى طريقة الزراعة العادية.

٣ – Chilies (green) أعطى محصولا قدره ١١,٨ طن/ هكتار بزيادة قدرها ٣١٪ عن المتحصل عليه فى طريقة الزراعة العادية.

وهناك بعض المحاصيل التى يتم زراعتها أيضاً بهذه الطريقة وهى الطماطم – الخس – الذرة الرفيعة.

عيوب استخدام الطريقة :

١ – إذا لم يتم المحافظة على جذور النباتات الموجودة فى قنوات التغذية مبتلة دائماً، فإنه يحدث جفاف لبعضها مما يقلل من حجم المجموع الجذرى، والذى يقل معه بالتالى كمية الغذاء المنقولة للمجموع الخضرى فيقل المحصول.

٢ – أثناء سقوط الأمطار يحدث جريان وفقد للمحلول الموجود فى القنوات.

٣ – يميل رقم الـ pH للارتفاع فى قنوات التغذية.

سابعاً: المزارع الهوائية
Aeroponic Cultures

المزارع الهوائية هى أحد صور الزراعة بالمحاليل المغذية، حيث تنمو جذور النباتات فى الهواء المشبع فى صورة رذاذ 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 الستيروفوم على شكل جمالون ارتفاعه من ١ – ١,٥ متر وقاعدته مستطيلة أو مربعه بأبعاد حوض المحلول المغذى الذى سيثبت فوقه (شكل ٥ – ٢٨).

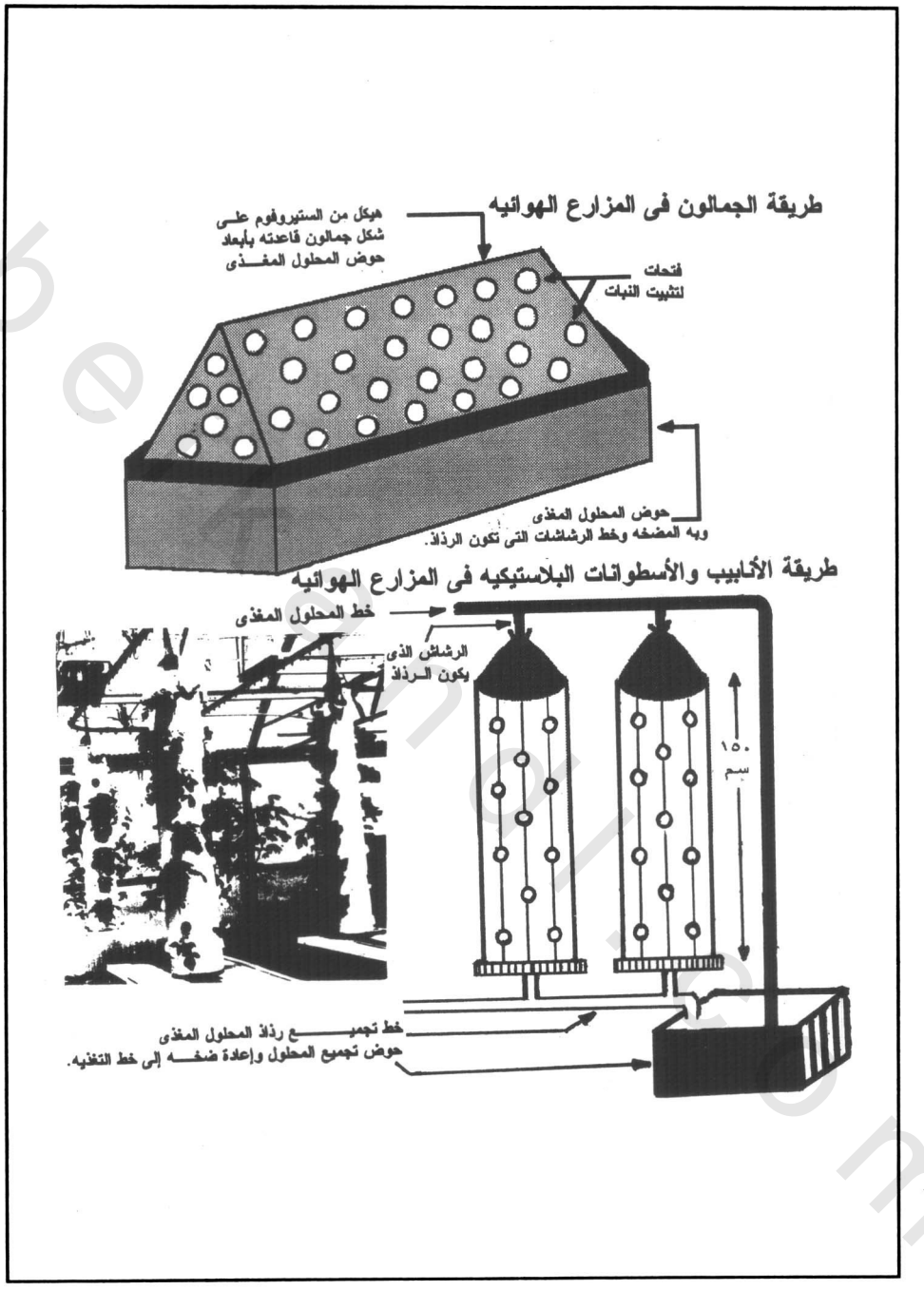
٢ – يتم عمل فتحات فى صفوف من الجهات الأربع للجمالون بحجم يتناسب مع حجم البادرة المراد تثبيتها سواء كانت البادرة عارية الجذور أو فى أشكال أسطوانية من الصوف الصخرى أو فى أكواب خاصة مفرغة الجوانب بها الصوف الصخرى كمواد إنبات.

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

٤ – يتم ضبط رقم الـ pH وتركيزات العناصر فى المحلول بشكل دورى.

الثانية : باستخدام الأنابيب والأسطوانات البلاستيك:

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



شكل (٥ – ٢٨): المزارع الهوائية بطريقة الجمالون (لأعلى) والأسطوانات الرأسية (لأسفل)

١ – يتم تقطيع الاسطوانات 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 (٥ – ٢٨).

٢ – يتم غلق فتحتى الأسطوانة السفلية والعلوية باحكام مع وجود فتحة فى الغطاء العلوى لأنبوبة توزيع المحلول وأخرى فى الغطاء السفلى لجمع المحلول الزائد (فى حالة الاسطوانات المعلقة).

٣ – يتم تثبيت الاسطوانات بطريقتين :

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

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

٤ – يتم ضخ المحلول من تنك التغذية إلى أنابيب التوزيع والتى يخرج منها وصلة لكل اسطوانه نهايتها ضيقة حتى يخرج المحلول على هيئة رذاذ.

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

وبالرغم من عدم شيوع هذه الطريقة فى الاستخدام التجارى الا أنها تعطى نتائج مرضية مع كثير من النباتات وخاصة القصيرة منها مثل الخس والفلفل والفراولة بالاضافة إلى أنها من أفضل وأبسط طرق الزراعة فى المحاليل من حيث الاستخدام الأمثل للمساحات المتاحة للزراعة، فالزراعة هنا تتم رأسيا بصفة أساسية وعدد النباتات التى يتم زراعتها فى وحدة المساحة يفوق أى طريقة أخرى من طرق الزراعة الأفقية مما يؤدى إلى زيادة المحصول بشكل واضح.

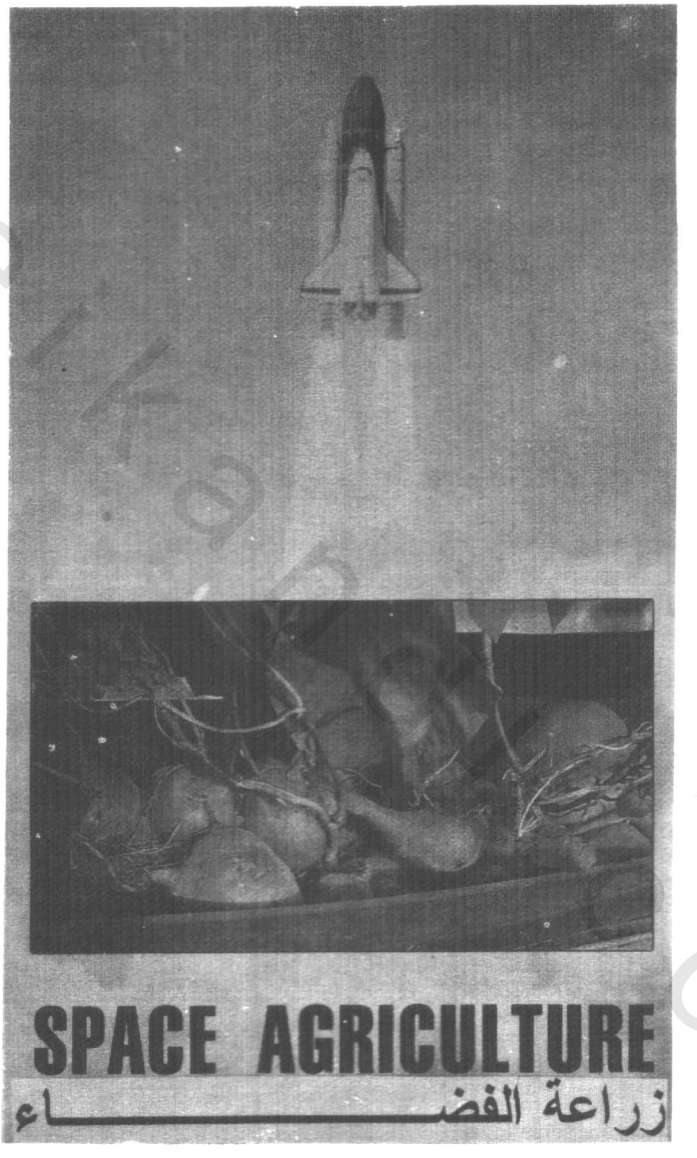
ثامناً: الجديد فى مزارع المحاليل

The New Technology of Hydroponics

من متابعة طرق التغذية بالمحاليل فى هذا الفصل نجد أنها تطورت من خلال مراحل متعددة، فبدأت فى مراحلها الأولى بالتغذية بمحلول ساكن عميق أو ضحل Static Deep or Shallow Nutrient Solution ، ثم إلى التغذية بقيلم رقيق من المحلول كما فى طريقة Nutrient Film Technique ، ثم وصل الأمر إلى التغذية على رذاذ أو ضباب من المحلول المغذى فى طريقة المزارع الهوائية Aeroponics فهل انتهى الأمر عند هذا الحد؟.

فى الحقيقة إن أفكار العلماء فى كل مجال لا ينفذ مدادها وكل يوم يكشف الله عن شيء جديد على أيدى البعض من عباده ومن خلقه وما نعلمه اليوم كنا بالتأكيد نجهله بالأمس ليظل قول الله تعالى **﴿وما أوتيتم من العلم إلا قليلاً﴾** داعياً إلى البحث والعلم والمعرفة فى كل نواحى الحياة وفى هذا السياق وفى مجال الدراسات الحديثة فى موضوع الزراعات غير التقليدية فى المحاليل المغذية نجد أنه فى الأعوام القليلة الماضية بدأت وكالة الفضاء الأمريكية U.S. National Aeronautics & Space Administration والمعروفة باسم الـ NASA تفكر جدياً في الزراعة خارج نطاق الأرض فى مركبات الفضاء لإمداد الرواد ببعض الغذاء الطازج الذى يحتاجون اليه فى رحلاتهم الطويلة فى الفضاء، وتم بصفة مبدئية إختيار عدد من المحاصيل الأساسية فى التغذية حصرت فى ثمانية محاصيل عالية القيمة الغذائية هى القمح Wheat ـ الأرز Rice ـ الخس Lettuce ـ الفول السودانى Peanut ـ بنجر السكر Sugar Beat ـ فول الصويا Soybean ـ البطاطس White Potato ـ البطاطا Sweet Potato للتدريب على زراعتها فى ظروف مغايرة تماما للظروف الموجودة على ظهر الأرض فيما يعرف بالزراعة فى الفضاء Space Agriculture (شكل ٥-٢٩). وقد يبدو الأمر صعباً أو مستحيلاً ولكن العلم لا يعرف المستحيل طالما أتبعت القواعد الصحيحة فى البحث والمعرفة. لقد أخذ قسم البحوث الزراعية بمركز كينيدى لبحوث الفضاء Kennedy Space Center فى توزيع المحاصيل الثمانية على ثمان جامعات أمريكية كمشروعات بحثية للوصول بكل منها إلى الزراعة فى جو تنعدم فيه الجاذبية الأرضية Zero Gravity ، ومعلوم أن انعدام الجاذبية

الأرضية يفقد الأشياء وزنها وثباتها.



شكل (٥ – ٢٩): هكذا يفكر العالم فى زراعة الفضاء

ولقد تدرجت البحوث خطوة بعد أخرى للوصول إلى الطريقة المناسبة فى تغذية النباتات فى الفضاء، وكانت الخطوة الأولى هى التغذية بطريقة الأنابيب المسامية Porous Tube.

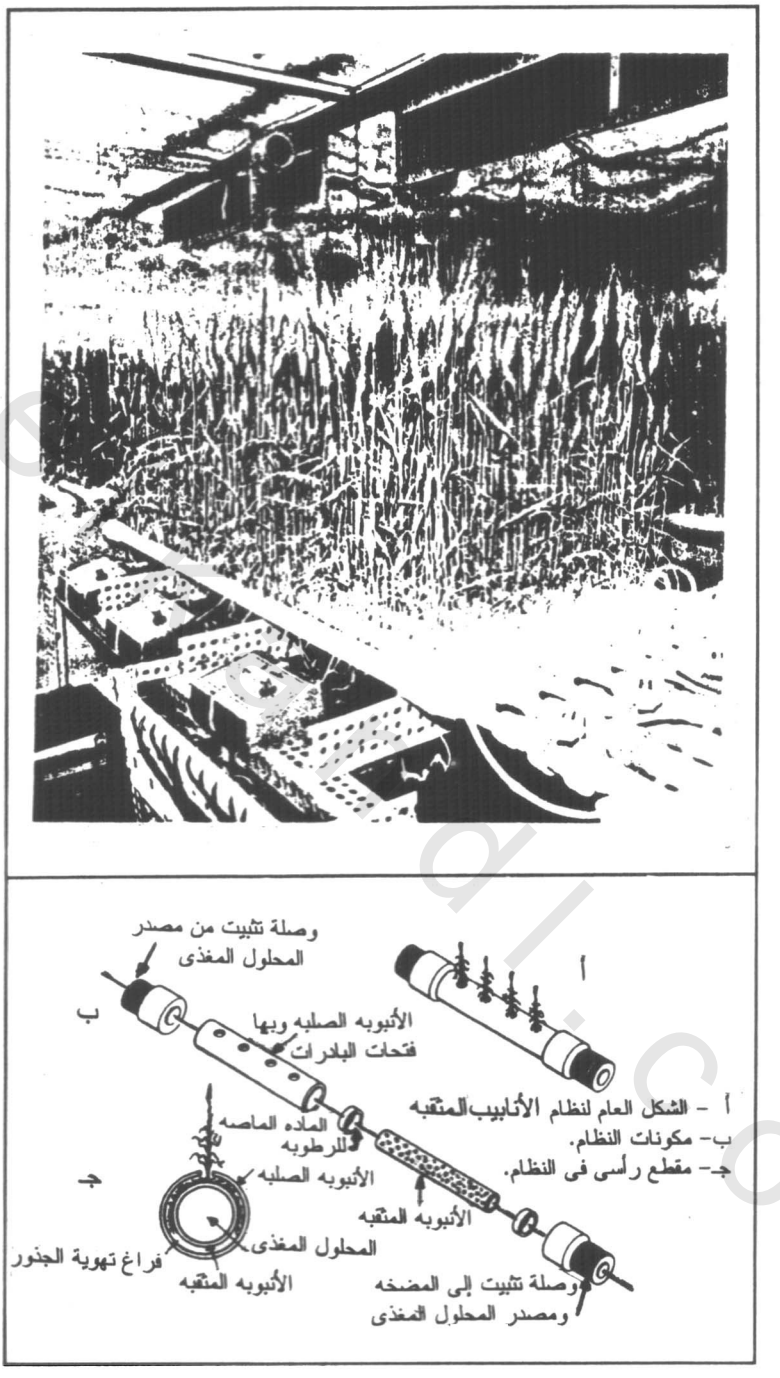
١ ـ طريقة الأنابيب المسامية Porous Tube

قام Dreschel وآخرون سنة ١٩٨٩ بعمل بعض التجارب على كيفية التحكم فى إمداد النباتات بالماء والعناصر المغذية من خلال استخدام الأنابيب المساميه كما يلى:

١ ـ إمرار المحلول المغذى فى أنابيب قطرها حوالى ١ بوصة مثقبة تحيط بها أو تغلفها طبقة من غشاء ماص أو محب للماء Hydrophilic من مادة الأكريليك والتى تحوى مساماً قطرها ٢٠ ميكرومتر تقريبا وتم إمرار المحلول المغذى بمعدل ٢٠٠ ملليلتر فى الدقيقة تحت تفريغ بسيط (Small Suction from 0.4 - 2.58 kpa) والذى يعمل على أن يظل المحلول ملامساً لمسام الأنبوبة المثقبة دون أن يخرج منها إلا بواسطة غشاء الأكريليك الذى يقوم بمص المحلول.

٢ ـ ثبتت هذه الأنبوبة داخل أنبوبة ذات قطر حوالى ٣ بوصة سطحها العلوى به فتحات لزراعة النباتات، ويتم وضع البذور من خلال هذه الفتحات على غشاء الأكريليك حيث تنمو البذور وتنتشر الجذور حول هذا الغشاء كما يتضح ذلك من شكل (٥-٣٠).

ولقد تم زرعة القمح لمدة ١٠٧ يوم بهذا النظام (شكل ٥-٣٠) وأعطى محصولاً جيداً عندما يكون تفريغ المحلول مثالياً، حيث يقل المحصول بزيادة السحب أو التفريغ للمحلول داخل الأنبوبة المثقبة.

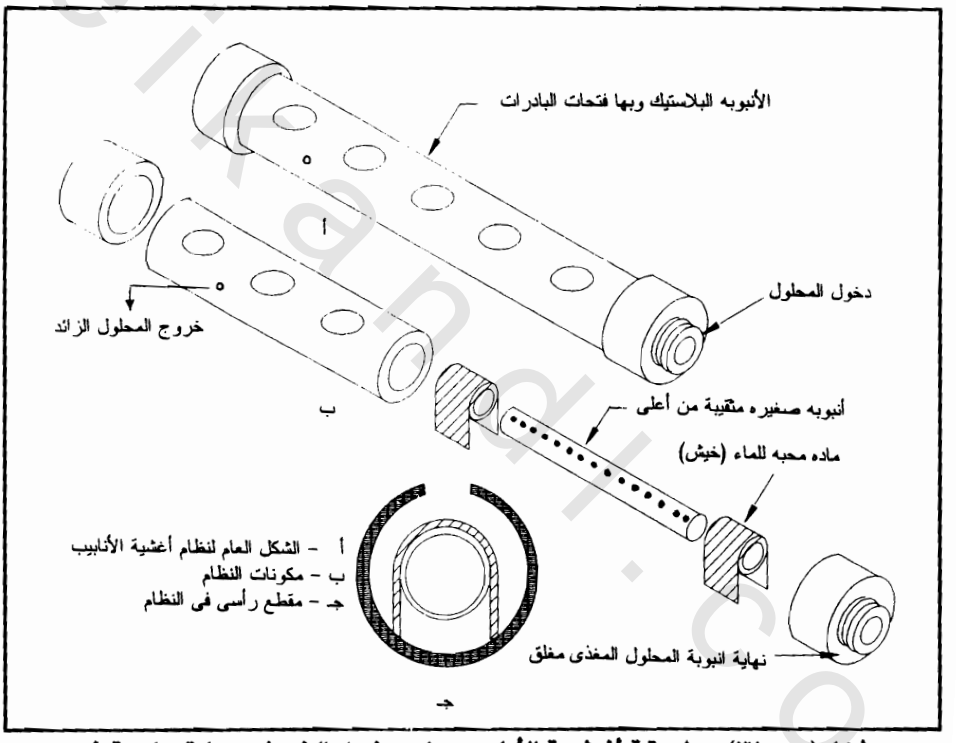


شكل (٥ - ٣٠): طريقة الأنابيب المثقبة ونمو نباتات القمح بها حتى عمر ثلاثة أشهر ونصف

وإذا كانت وكالة الفضاء الأمريكية تسعى إلى الزراعة فى الفضاء، فإن كل أملنا هو زراعة الصحراء وزراعة أى مكان توجد به قطرة ماء. لذلك قام Sherif سنة ١٩٩٤ بعمل نموذج لطريقة الأنابيب المثقبة يناسب ظروف الجو الحار وعدم وجود الكهرباء، والنظام الجديد يمكن تسميته بأغشية الأنابيب Tube Membrane.

٢ ـ طريقة أغشية الأنابيب Tube Membrane.

وهذا التحوير البسيط يعتمد على وجود مادة محلية ماصة للماء وللمحلول وهى أجولة الخيش وتتلخص الطريقة كما فى شكل رقم (٥-٣١) فيما يأتى:



شكل (٥ - ٣١): طريقة أغشية الأنابيب واستخدام الخيش كمادة ماصة فى المحلول المغذى

١ ـ تستخدم المواسير البلاستيك الموجودة فى السوق بقطر من ٤-٨ بوصة.

٢ ـ المواسير طولها ٦ متر يتم تقطيعها إلى ٣ قطع كل منها ٢ متر، ويتم عمل

فتحات على صف واحد قطرها ١-٢ بوصة (على حسب حجم مكعبات أو أصص النمو) والمسافة بينها هى نفس المسافات المطلوبة بين النباتات المراد زراعتها وتسمى مواسير الزراعة.

٣ ـ تستخدم أيضا مواسير المياه بقطر من ١-١,٥ بوصة بطول ٢ متر أيضا لضخ المحلول (مواسير المحلول)، وتثقب من جانب واحد بثقوب متجاورة تسمح بخروج المحلول من أعلى، وتكون مفتوحة من اتجاه ومغلقة من الاتجاه الآخر.

٤ ـ تغطى مواسير المحلول بشرائح من الخيش عرضها يساوى تقريبا قطر الماسور البلاستيك وبطول ٢ متر بحيث تصبح ماسورة المحلول فى منتصف شرائح الخيش التى تصل نهاياتها إلى قاع ماسورة البلاستيك الخارجية.

٥ ـ تثبت الماسورة وما عليها من خيش بحيث يكون اتجاه الثقوب لأعلى وأسفل فتحات الزراعة مباشرة ويتم فى نفس الوقت غلق الفتحات الجانبية لمواسير الزراعة ويخرج من أحدها الطرف المفتوح لماسورة المحلول.

٦- توضع البادرات فى فتحات الزراعة فى الماسورة الخارجية (سواء كانت الجذور عارية أو فى مكعبات نمو) ويتم تثبيتها بخيوط التثبيت.

٧ ـ يتم عمل فتحة فى الماسورة الخارجية على ارتفاع ٣سم، ويثبت بها ماسورة تجميع المحلول الزائد. فعند إمرار المحلول فى الماسورة الداخلية ذات الثقوب الصغيرة المتجاورة والمغلقة من نهايتها فيرتفع المحلول بها ويخرج من الثقوب وينساب على الخيش فيشبعه والزيادة من المحلول تظل فى قاع الماسورة الخارجية حتى ارتفاع ٣سم، والزيادة يعود من خلال ماسورة التجميع إلى تنك التغذية.

٨ ـ إمرار المحلول لا يتم عن طريق مضخات بل يتم بمجرد فتح صنبور تنك التغذية لمدة ٥-١٠ دقائق فقط، وكمية المحلول التى تبقى فى الماسورة

(على حسب قطرها) تكفى للتغذية لعدة ساعات، وقد تصل إلى عدة أيام فى المراحل الأولى للنمو. ثم تكرر التغذية مرة أخرى.

وتتميز هذه الطريقة بـ:

١ ـ الاستهلاك الأمثل للمحلول المغذى.

٢ ـ التهوية الجيدة ونمو وانتشار معظم الجذور على سطح الخيش أو المادة الماصة للمحلول من الجانبين.

٣ ـ سهولة التنفيذ والمتابعة.

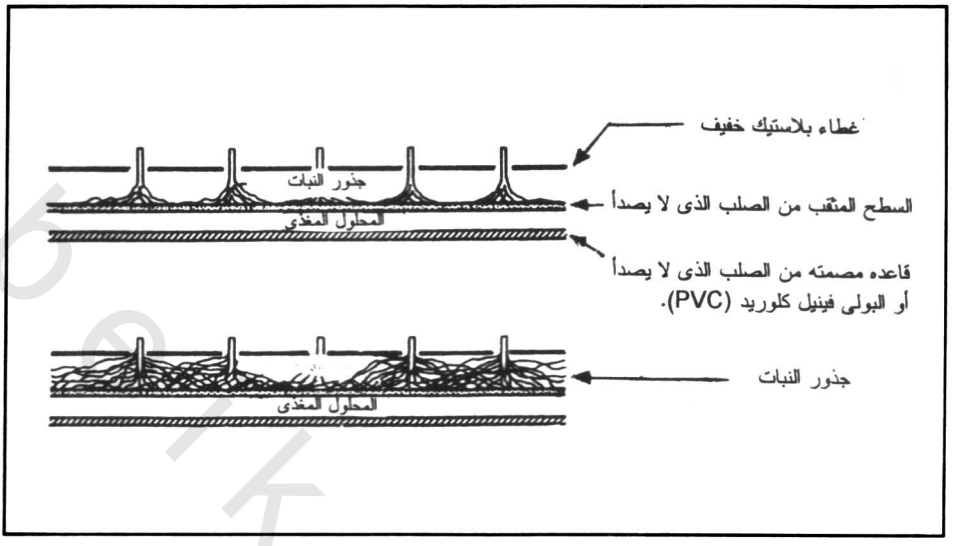
ويمكن استبدال أنابيب المحلول المغذى المثقبة من أعلى، والمغلفه بالخيش بمواسير مسامية بنفس القطر تستخدم حالياً فى الرى تحت السطحى فى التربة، حيث تخرج قطرات المحلول الدقيقة من خلال هذه المسام إلى سطحها الخارجى فترطب غلاف الخيش الذى يمد جذور النباتات بغشاء رقيق من المحلول المغذى. كما أنه يمكن استخدام مواسير من الفخار لنفس الغرض وإن كان يعيبها سهولة تعرضها للكسر.

٣ ـ طريقة الغشاء المسامى Porous Membrane

نعود من الصحراء إلى الفضاء حيث العمل الدؤوب لتطوير طريقة التغذية المثلى عند انعدام الجاذبية وآخر نموذج تم التوصل إليه هو الغشاء المثقب Porous Membrane والبحث جارى على ما هى أفضل المواد التى يمكن استخدامها لهذا الغرض. وتحت التجريب مادة Stainless Steel فيما يعرف Stainless Steel Membrane (SSM) وكذلك مادة التيتنيوم Titanium Membrane (TM).

وتتلخص الفكرة فى أن المحلول المغذى يتم دفعه بين سطحين السفلى مسمط والعلوى من المواد التى تستخدم كغشاء SSM or TM، والتى تحتوى على مسام أقطارها صغيرة جداً حوالى من ٠,٢–٠,٥ ميكرومتر كما يتضح

شكل رقم (٥-٣٢).



شكل (٥ - ٣٢): رسم تخطيطى للنظام الزاعة فى الأغشية الماسمية

وتأتى الدقة هنا فى كيفية أن يظل سطح الغشاء شبه جاف نتيجة استخدام معدل من التفريغ يحافظ على قطرات المحلول بين الثقوب (لا يمكن أن ترى أى آثار لقطرة من المحلول على سطح الغشاء) وجذور النباتات تنمو بشكل صحى. وهذه هى آخر وسيلة فى تغذية النباتات بالمحاليل المغذية.

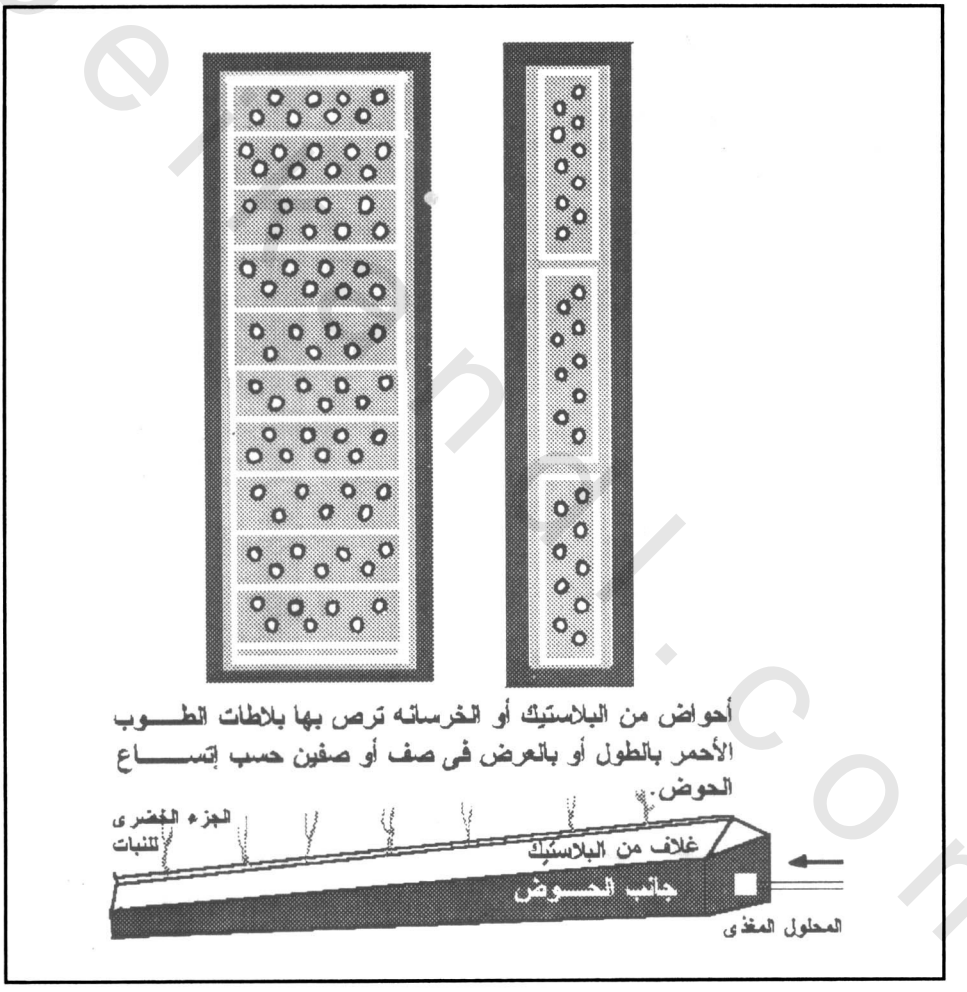
٤ ـ طريقة الغشاء المسطح Plate Membrane

واستنباطاً من طريقة الغشاء المثقب Plate Membrane ذو التكنولوجيا المتقدمة فإنه يمكن استخدام مادة مسامية محلية وتحتوى على ثقوب مثل مكعبات الطين المحروق Fired clay block المعروف بالطوب الأحمر المستخدم فى عمليات البناء وخاصة ذو الثقوب المتعددة الذى يحوى أكثر من وجه تتخلله الجذور وتزيد من معدل أسطح التلامس بين الجذر وأغشية المحلول المغذى وتزيد فى الوقت نفسه من تثبيت النباتات فيما يعرف بطريقة الغشاء المسطح Plate Membrane.

وفى هذه الطريقة:

١ ـ تستخدم أحواض من البلاستيك أو الأسمنت بعرض طوبة وارتفاع طوبة وطول ٣ متر.

٢ ـ ترص مكعبات الطوب فى القنوات وتغطى بغطاء من البلاستيك لمنع البخر، على أن يتم عمل فتحات به لخروج النباتات (شكل ٥-٣٣).



شكل (٥ - ٣٣): طريقة الغشاء المسطح تحت الظروف المحلية

٣ ـ يتم تشييع بلاطات أو مكعبات الطوب بالمحلول المغذى قبل وضع البادرات عليها.

٤ ـ توضع البادرات وتثبت وتترك تمتص احتياجاتها من المحلول دون أى إضافة حتى ينخفض ارتفاع المحلول المغذى إلى ١ سم والذى تتم المحافظة عليه طوال مدة الزراعة، وهذا يوفر الرطوبة اللازمة للنباتات النامية.

ويمكن بمزيد من الدراسة عمل خلطات خاصة لتصنيع مكعبات من الطوب بها قدر محسوب من المسام من حيث العدد والقطر بما يتيح أنسب الظروف للتوصيل، والاحتفاظ بالمحلول مما ينعكس على النمو والمحصول.

obeikandl.com