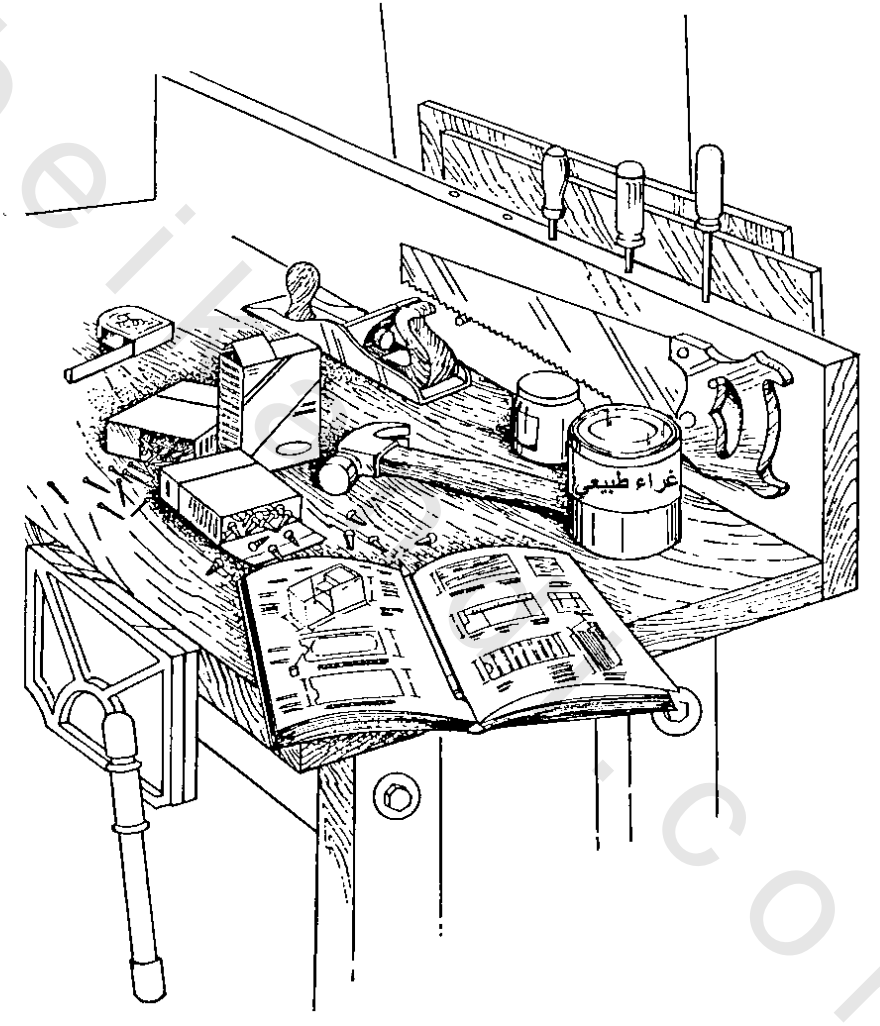
الفصل الرابع



الزراعة في المحاليل المغذية

obeikan.com

obeikandl.com

الفصل الرابع
الزراعة في المحاليل المغذية
Nutrient Solution Cultures

مقدمة:

مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Cultures هي أحد أقسام الزراعة اللاأرضية أو الزراعة بدون تربة أو مزارع الهيدروبونكس Hydroponics وهذه المزارع تشمل كل أنواع المزارع التي تنمو فيها النباتات في المحلول المغذي كبيئة أساسية للنمو.

ومن الناحية التطبيقية أمكن استخدام أنظمة الزراعة في المحاليل المغذية في الزراعة وإنتاج المحاصيل على نطاق تجاري حيث إن النباتات تنمو بشكل جيد في مزارع المحاليل المغذية طالما ظل المحلول المغذي متزناً، وتهويته جيدة والنباتات مثبتة بدعامات تتناسب مع حجمها وكمية المحصول الموجود عليها. ومن هذه الأساسيات تطورت طرق التغذية بالمحاليل في أنظمة جديدة ومبتكرة تستخدم تجارياً بالإضافة إلى تحقيق رغبات الهواة.

ومن أمثلة مزارع المحاليل المغذية التي يمكن استخدامها في الزراعة على أسطح المنازل والمدارس والمباني الحكومية وفي أي مكان متاح للزراعة ما يلي:

- **مزارع المحاليل المغذية الساكنة.**
- **مزارع المحاليل المغذية المتدفقة.**
- **مزارع الأغشية المغذية.**
- **مزارع الأنظمة المختلطة من المحاليل الساكنة والأغشية المغذية.**
- **المزارع الهوائية.**

أولاً: مزارع المحاليل المغذية الساكنة
Static Nutrient Solution Cultures (SNSC)

مزارع المحاليل المغذية الساكنة هي أبسط أنواع الزراعات اللاأرضية التي يمكن أن تستخدم في أي مكان وبأى أدوات لحفظ المحاليل ولا تحتاج إلى مضخات لدوران المحلول.

obeikandi.com

الأوعية وحاويات المحاليل:

تتم الزراعة في المحاليل الساكنة الموضوعة في أحواض أو أصص أو مواسير بلاستيك كما يلي:

١- الزراعة في المحاليل الساكنة في الأحواض الجاهزة أو المصنعة:

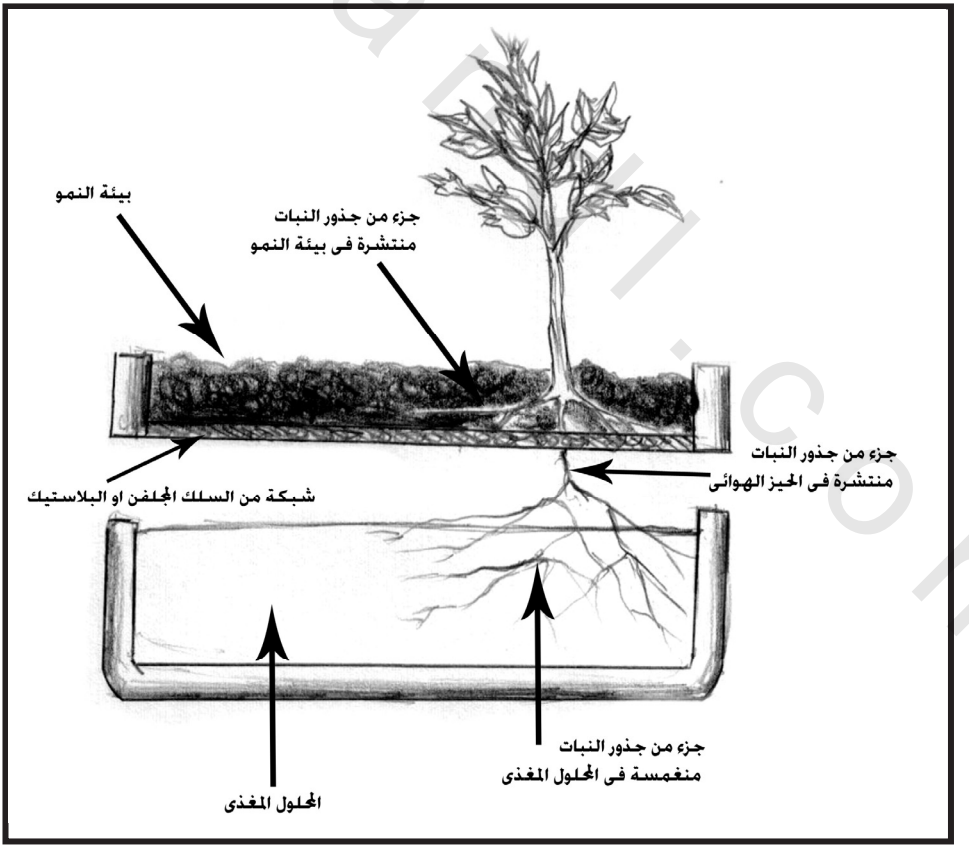
عادة ما تستخدم أحواض مستطيلة ذات سعات تتراوح ما بين ١٠٠-٢٠٠ لتراً من المحلول، وغالباً يتراوح عمق الحوض ما بين ٢٠-٣٠ سم، وعرضه من ٦٠-٨٠ سم، وطوله من ١٥٠-٢٠٠ سم. كما يمكن استخدام أحواض المطابخ والبانيوهات القديمة للزراعة بهذه الطريقة شريطة توفير التهوية اللازمة لنمو النباتات وفي كل الأحوال يجب مراعاة ما يلي:

- يراعى عند إضافة المحلول إلى الحوض أن لا يزيد ارتفاع المحلول عن نصف ارتفاع الحوض في حالة عدم توافر مضخات للتهوية. ويوجد العديد من المواد التي يمكن أن تستخدم في صناعة الأحواض، حيث يمكن استخدام أحواض من الخشب أو الأسمنت أو 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 والطحالب.
- ويراعى أن يزود الحوض بفتحة جانبية للصرف قرب قاعدته لتسهيل تفريغ الحوض عند الحاجة إلى ذلك.
- في حالة استخدام أحواض من الخشب أو الصاج، يتم طلاء الحوض من الداخل بطبقة رقيقة من البيتومين (الأسفلت) أو تبطينه بشرائح من البلاستيك الأسود لمنع رشح المحلول إلى الخارج، وأيضاً لمنع تفاعل المادة المصنوع منها الحوض مع المحلول المغذي.

وأبسط نماذج الزراعة في أحواض بها محاليل ساكنة هو نموذج الزراعة الذي وصفه Gericke سنة ١٩٢٩ (شكل ٤-١) والذي يعتمد فيه على وضع صينية فوق حوض الزراعة الموجود به المحلول المغذي ، قاعدتها عبارة عن شبكة من السلك ، وعرضها متساوي أو أكبر قليلاً من عرض الحوض مما يسمح بارتكازها وثباتها على حافة الحوض،

obeikandl.com

وطولها أقل قليلاً من طول الحوض بحوالي ١٠سم بما يسمح بقياس ارتفاع المحلول المغذي داخل الحوض وضبط رقم الحموضة وتعويض النقص من العناصر كل فترة، وارتفاعها يتراوح ما بين ٧-١٥ سم. يتم ملء الصينية بأى مادة عضوية مثل: قش الأرز المطحون أو البيت موس أو نشارة الخشب أو الكمبوست المغسول أو ما يشابهها وتعمل هذه الطبقة من المواد العضوية كدعامة للبادرات التي يتم زراعتها وتقلل من فقد المحلول بالبخر، هذا بالإضافة إلى أن هذه الطبقة توفر الإظلام اللازم للمحلول والذي يمنع نمو الفطريات. تزرع بذور النباتات في البيئة، وترطب بالماء حتى خروج البادرات التي ينتشر بعضاً من جذورها الأولية في البيئة (جذور تثبيت أولية)، ثم تتدلى باقى جذورها من خلال شبكة السلك مارة بحيز الهواء الذي تنتشر فيه بعض الجذور (جذور التهوية Air roots) حتى تصل إلى المحلول المغذي (جذور التغذية أو Solution roots)، بينما تمتد سوقها وما عليها من أوراق إلى أعلى.



شكل (٤- ١) نموذج لمزرعة محاليل ساكنة في أحواض كما استخدمها Gericke سنة ١٩٢٩

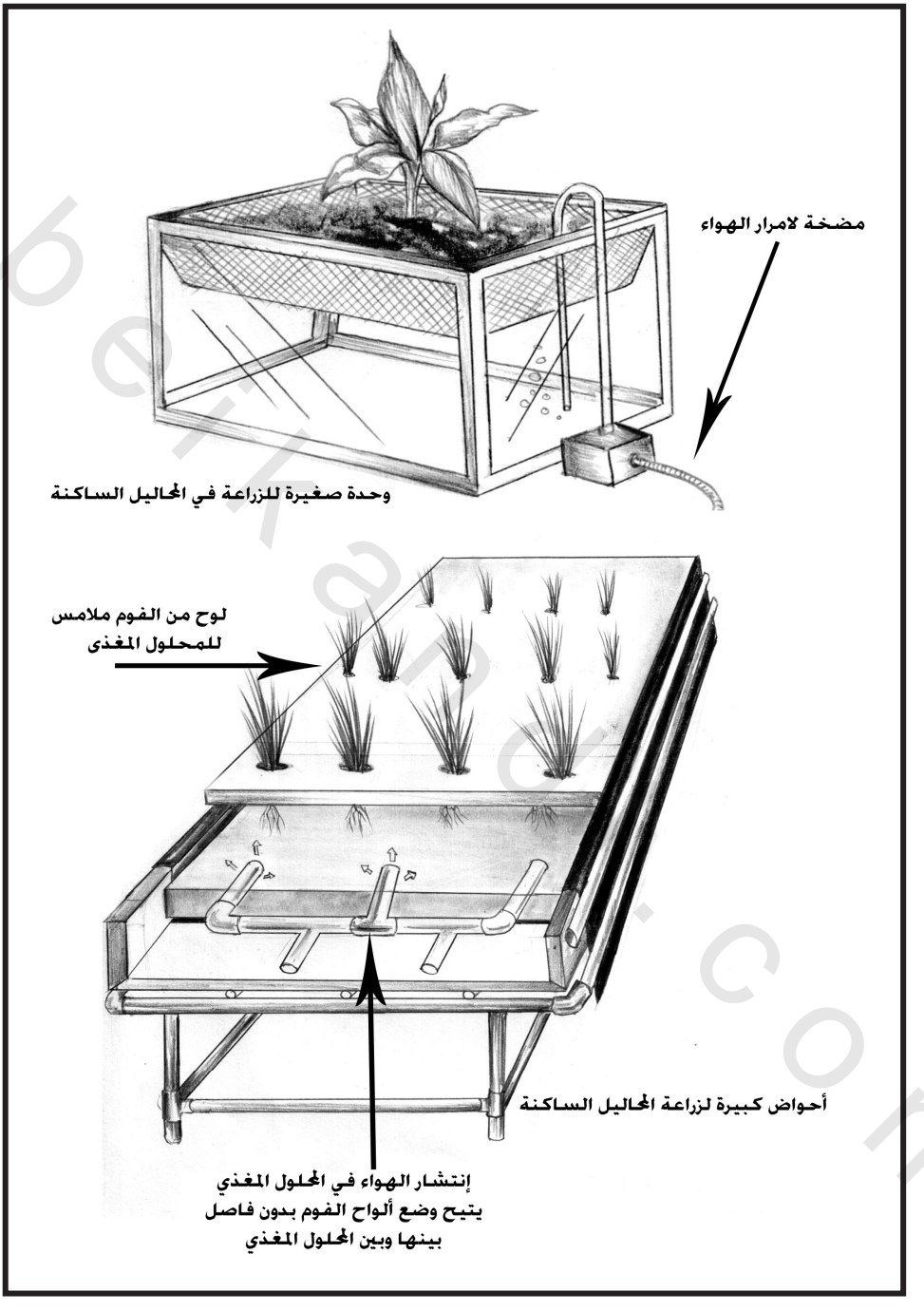
حجم المحلول وطرق توفير الأكسيجين به:

عادة ما يكون حجم المحلول المغذي في حدود من ١٥-٢٠ لتراً للنبات الواحد في حالة الطماطم مثلاً إلاّ أن ذلك الحجم قد يقل أو يزيد قليلاً في محاصيل أخرى. وكلما كان حجم المحلول كافياً كلما قلل ذلك من حدوث أي تغييرات سريعة في تركيزات العناصر بالمحلول وبالتالي 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 الذي ينعكس على كفاءة الجذور في عملية امتصاص المحلول المغذي، وهذا بدوره يؤدي إلى ضعف النمو، ولذلك فمن الأهمية بمكان أن يتم عمل تهوية للمحلول المغذي بإحدى الطرق الآتية:

الطريقة الأولى- توصيل أحواض الزراعة بمضخات تدفع الهواء الذي يحتوى على الأكسيجين الى المحلول، وهذه المضخات مثل تلك التي تستخدم في أحواض تربية أسماك الزينة شكل (٤-٢ لأعلى). ويمكن استخدام مضخات أكبر في حالة الأحواض الكبيرة وعندها يمكن وضع أغطية الأحواض من ألواح الفوم أو البلاستيك فوق المحلول مباشرة (٤-٢ لأسفل)، حيث تعمل المضخات الهوائية على توفير القدر المناسب من الأكسيجين بالمحلول.

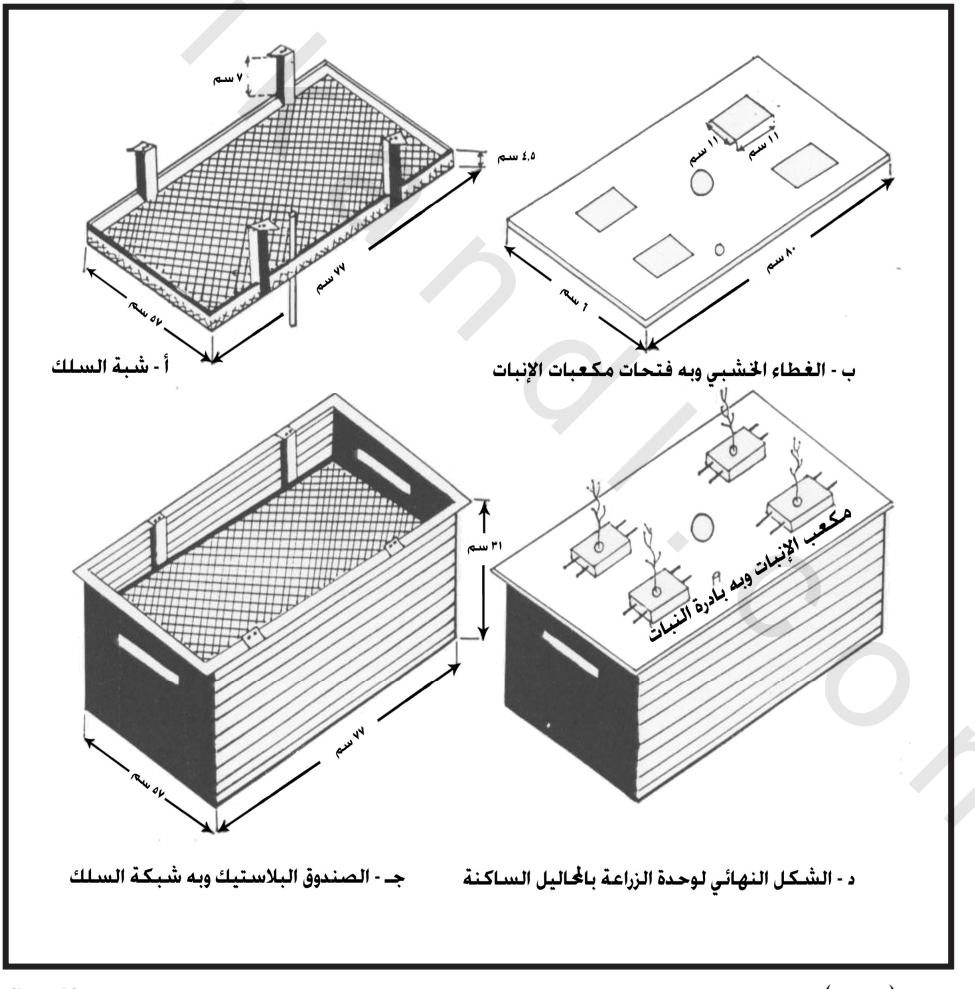
الطريقة الثانية- ترك مسافة كافية بين سطح المحلول والسطح السفلى لصوانى الزراعة بما لايقل عن ٥-٧ سم، حيث تستطيع جذور النباتات النامية في هذا الحيز امتصاص الأكسيجين.

الطريقة الثالثة- عند تثبيت النباتات في فتحات أغطية أحواض الزراعة توضع شبكة من البلاستيك مساحة ثقوبها حوالي ٠,٢٥ سم^{٢} بين الغطاء وسطح المحلول بحيث تكون المسافة بينه وبين سطح المحلول من ١- ٥ سم، وبينه وبين الغطاء حوالي ١٠سم مما يتيح الفرصة لأكبر حجم من الجذور بالانتشار في هذا الحيز الهوائى أعلى شبكة البلاستيك للتبادل الغازى مع الأكسيجين الموجود به. وتعد هذه من أفضل الطرق التطبيقية في توفير التهوية اللازمة لجذور النباتات بكفاءة عالية وبطريقة طبيعية لا تحتاج إلى مضخات هوائية.



شكل (٤- ٢) نموذج لاستخدام المضخات الهوائية لإحداث التهوية في أحواض مزارع المحاليل الساكنة (نموذج مصغر لأعلى) والتي تتيح وضع ألواح الفوم فوق سطح المحلول مباشرة والزراعة من خلالها دون ترك مسافة للتهوية (نموذج لأحواض أكبر لأسفل)

وفي نفس الإطار قام Sherif سنة ١٩٨٨ باستبدال صينية الإنبات عند Gericke بغطاء من الخشب أو الفوم لأحواض المحلول المغذي وجرب ذلك على أحواض من البلاستيك ذات أبعاد داخلية ٧٧ سم للطول ٥٧ سم للعرض و ٣١ سم للارتفاع بحجم كلى ١٣٦ لترا. ووضعت به شبكة من البلاستيك المثقب والمثبتة على إطار من الخشب أبعاده ٧٧ × ٥٧ × ٤,٥ سم بحيث كانت المسافة بين السطح العلوي 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 المغذي قدره ١٠٠ لتر (شكل ٤-٣).



أ - شبة السلك

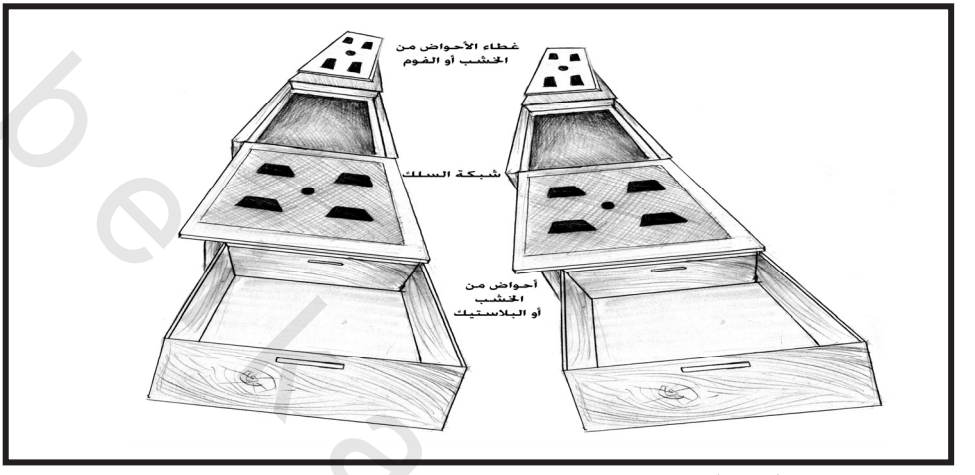
ب - الغطاء الخشبي وبه فتحات مكعبات الإنبات

جـ - الصندوق البلاستيك وبه شبكة السلك

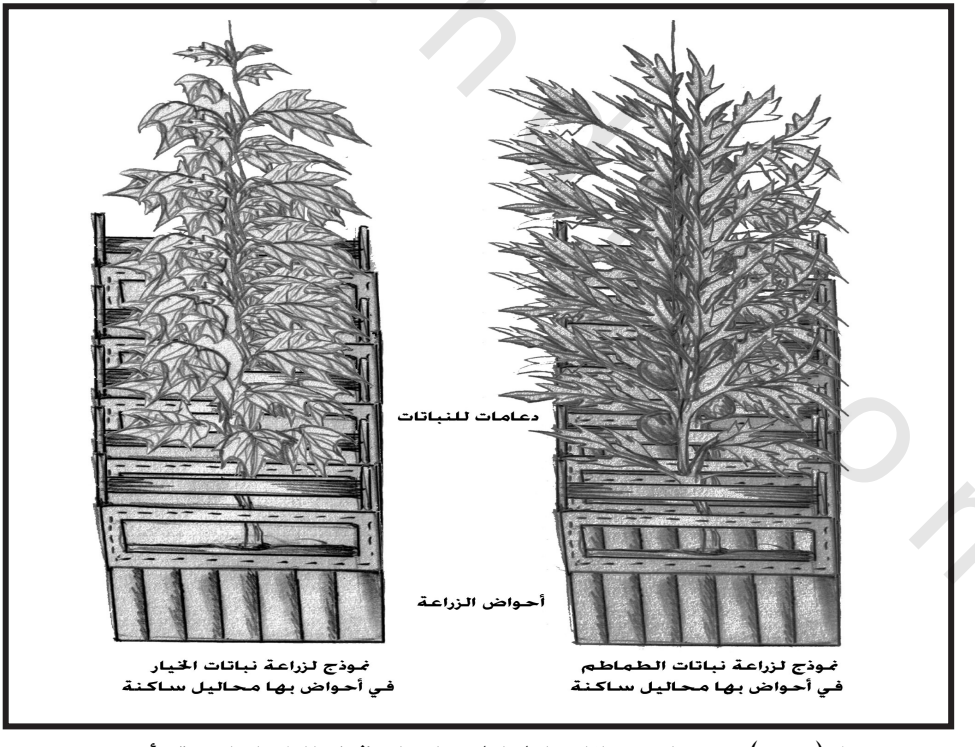
د - الشكل النهائي لوحدة الزراعة بالمحاليل الساكنة

شكل (٤- ٣) نموذج لمكونات وحدة زراعة في المحاليل الساكنة في أحواض كما استخدمها Sherif سنة ١٩٨٨

ويوضح شكل (٤-٤) كيفية إعداد هذه الأحواض للزراعة وطريقة وضع شبكة البلاستيك المثقب بها. وبهذه الطريقة تم زراعة نباتات الطماطم Tomato والخيار Cucumber وأعطت نتائج جيدة كما في شكل (٤-٥).

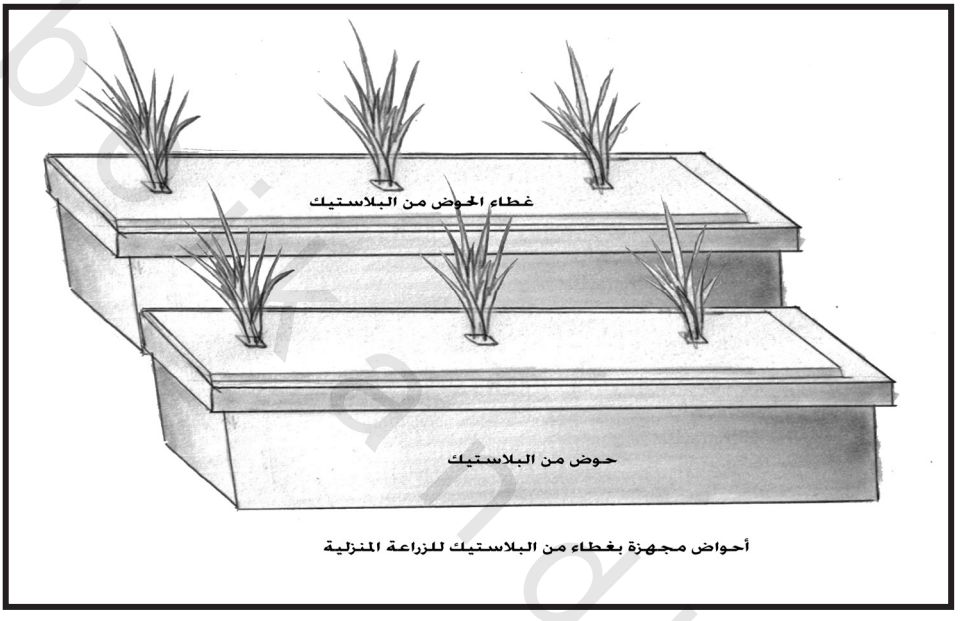


شكل (٤- ٤) يوضح كيفية إعداد الأحواض للزراعة في المحاليل الساكنة



شكل (٤- ٥) نموذج لنمو نباتات الطماطم والخيار في المحاليل الساكنة بأحواض من البلاستيك

ويمكن تصنيع أحواض للزراعة في المحاليل الساكنة بأحجام وأطوال مختلفة تناسب كل المحاصيل وتحقق رغبات كل أفراد الأسرة في الزراعة المنزلية. وشكل (٤-٦) يوضح أحد هذه النماذج التي تعد للاستخدام في المنزل أو المدرسة أو في أي مكان نرغب في الزراعة فيه.



شكل (٤- ٦) نموذج جاهز الإعداد لأحواض الزراعة في المحاليل الساكنة

٢. الزراعة في المحاليل الساكنة في أصص

استبدالاً للأحواض بالأصص واستخدامها كمزرعة محاليل ساكنة ، قام Sherif & Kishk سنة ١٩٨١ باستخدام أصص مزدوجة تتكون من جزء أسطوانى طوله ١٠ سم وقطره ٥ , ١٠ سم يرتكز على قاعدة مثقبة وهذا الجزء الأسطوانى يملأ ببيئة النمو ويعتبر هو وقاعدته غطاء للأصيص الثانى الذي يخصص للتغذية بالمحلول المغذي (شكل ٤-٧). تزرع البذور أو تنقل الشتلات إلى بيئة النمو في الجزء الأسطوانى ويتم ريها بالماء تارة وبالمحلول المخفف تارة أخرى حتى خروج جذور النباتات من فتحات القاعدة المثقبة الى الأصيص الذي يستقبل الزيادة من ماء الري خلال هذه الفترة والذي يعتبر ماء الصرف لفترة النمو الأولى. وعندما تصل الجذور إلى الأصيص يتم التخلص مما به من ماء الصرف واستبداله بالمحلول المغذي.

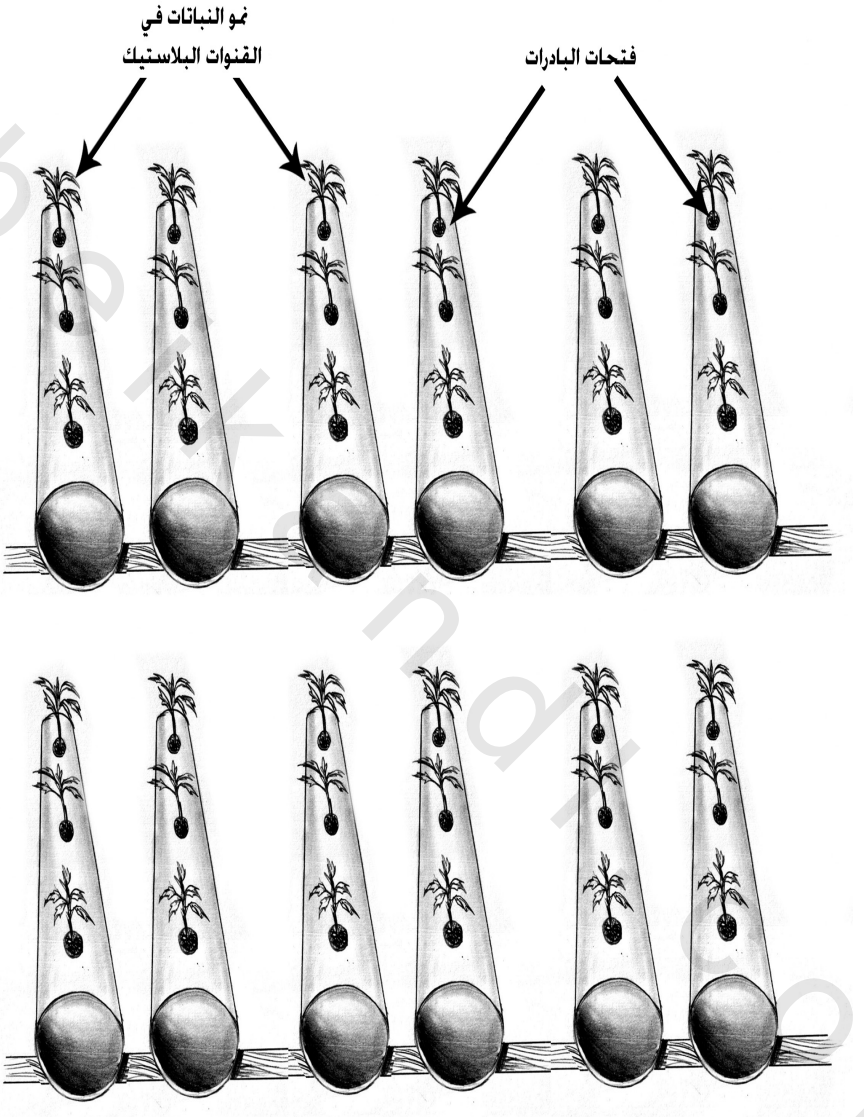
شكل (٤- ٧) نموذج للأصص المزدوجة والتي تمثل أقل وحدة استخدام للزراعة في المحاليل الساكنة كما استخدمها Sherif & Kishk سنة ١٩٨١

وفى هذه الطريقة تعتمد النباتات بصفة أساسية على التغذية من المحلول المغذي الموجود في أصيص التغذية حيث تنتشر جذورها بدرجة كبيرة بينما تكون الجذور الموجودة في بيئة النمو قليلة وليس لها أي دور في عملية التغذية، ودورها الأساسي يكون لتثبيت النبات فقط. ويتم إضافة المحلول المغذي إلى الأصيص من خلال إحدى فتحتي التهوية الموجودتين في القرص المثقب كلما نقص حجمه. ولقد أعطت نباتات الذرة المنزرعة في هذه الوحدات (حيث كانت بيئة النمو من الرمل في الجزء الأسطواني ومحلول هوجلاند في الأصيص) نمواً جيداً مقارنة بمثيله المنزرع في الرمل في الأصص العادية والمغذي بنفس محلول هوجلاند وتحت نفس الظروف.

٣. الزراعة في المحاليل الساكنة في المواسير البلاستيك:

حققت المواسير البلاستيك طفرة في التوسع في الزراعة بالمحاليل المغذية على مستوى تجاري وأيضا على مستوى الزراعة في المنازل. ويتم استخدام المواسير البلاستيك بأقطار ٤، ٥ ، ٦ بوصة. ويتم إعداد هذه المواسير للزراعة في عدة خطوات:

- يتم عمل فتحات مستديرة في صف واحد على سطح الماسورة ، بقطر يناسب مكعب الشتلة المستخدم أو الأكواب Cups المثقبة التي بها البادرات (شكل ٤-٨).
- تثبت سدادتين محكمتين لا تنفذان الماء على طرفي الماسورة على أن ينفذ من إحداهما أنبوبة لتوصيل المحلول إلى الداخل.
- للمحافظة على حجم المحلول داخل الماسورة عند مستوى معين (من ثلث إلى نصف حجم الماسورة على الأكثر) يتم عمل فتحة في إحدى سدادتي الماسورة بارتفاع ١/ ٣ أو ١/ ٢ قطر الماسورة مثبت بها أنبوب بلاستيك لصرف المحلول الزائد مباشرة إلى خزان التجميع والتغذية. ويجب ملاحظة عدم استخدام مكعبات أو أكواب إنبات كبيرة الحجم والتى باستخدامها ينغمس جزء منها في المحلول المغذي مما يؤدي إلى موت النباتات إذا لم تتوفر وسيلة التهوية الجيدة للجذور. لذلك وفى كل الأحوال يجب المحافظة على مسافة ١ - ٣ سم (على حسب قطر الماسورة) بين سطح المحلول وقاعدة مكعبات وأكواب أو أصص الإنبات.
- يتم استخدام مضخة هواء صغيرة مثل التي تم استخدامها في تهوية الأحواض للعمل على توفير الأكسجين بالمحلول مرة أو مرتين يومياً (فى حدود ٥-١٠ دقائق في كل مرة) وفي حالة عدم توافر التهوية الجيدة فإن النباتات ستعاني من سوء التهوية وضعف النمو.

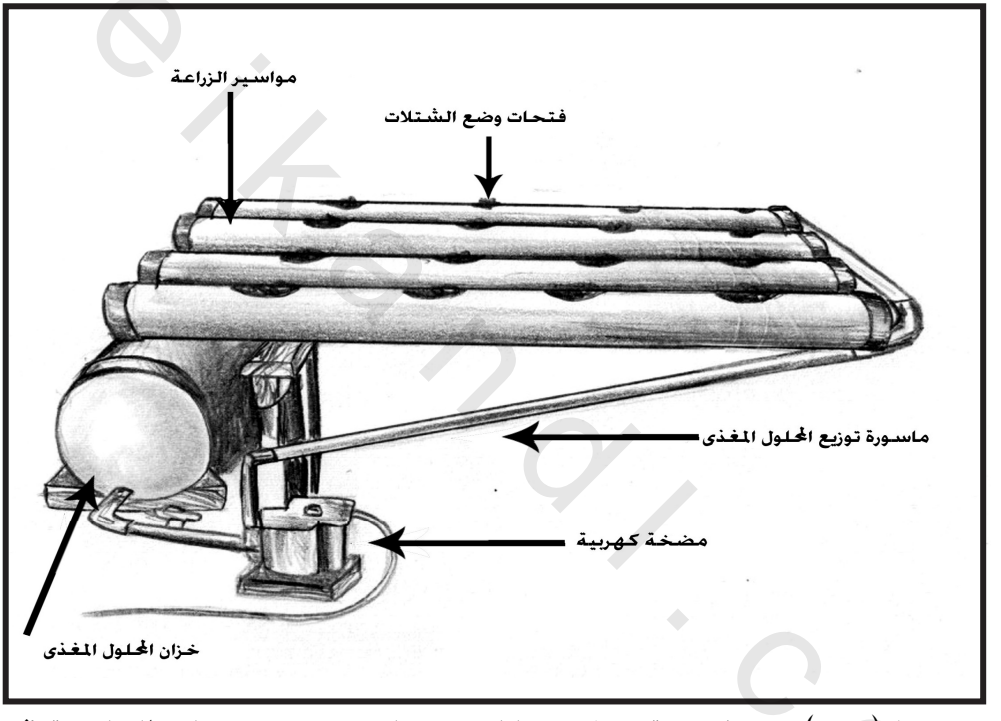


مجموعة من المواسير البلاستيك للزراعة في المحاليل الساكنة

شكل (٤- ٨) نمو نباتات الطماطم في مواسير بنظام الزراعة في المحاليل الساكنة وفتحات الزراعة المستديرة في صف واحد على سطح الماسورة

ثانياً: مزارع المحاليل المغذية المتدفقة
Flow Nutrient Solution Cultures (FNSC)

في حالة ضخ المحلول في المواسير البلاستيك بطريقة مستمرة أو على فترات متقطعة تطول أو تقصر على حسب معدل استهلاك النباتات للمحلول المغذي فإن ذلك يحقق تجديداً للمحلول وتوفير الأكسيجين اللازم لنشاط وحيوية الجذور. والزراعة في هذه الحالة تعرف بطريقة المحاليل المتدفقة (شكل ٤-٩).



شكل (٤- ٩) نموذج لمجموعة من المواسير البلاستيك التي يمكن استخدامها بنظام الزراعة في المحاليل المتدفقة

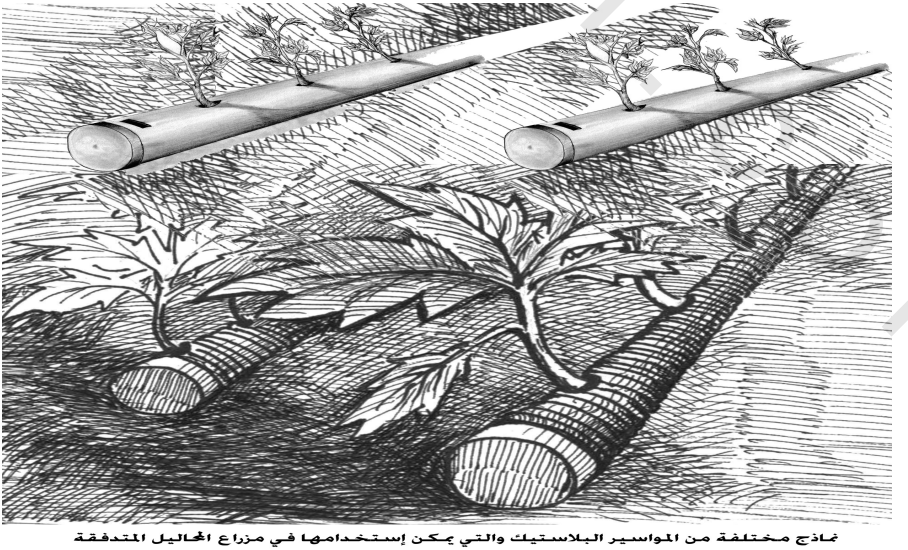
وتتميز الزراعة في المحاليل المتدفقة بما يلى:

- لا يحدث نقص في احتياجات النباتات من الأكسيجين حيث يعمل تدفق المحلول ودورانه على تجديد النقص منه باستمرار.
- في حالة انقطاع التيار الكهربي المستخدم في تشغيل المضخة فإنه لا يحدث أي ضرر للنباتات النامية لمدة يوم أو أكثر حسب عمر النباتات وذلك لاحتفاظ قنوات الزراعة بقدر من المحلول يفي بهذا الغرض.

- ضخ المحلول ودورانه في هذا النظام فيه مرونة كبيرة، حيث يمكن ضخ المحلول أثناء النهار فقط أو لمدد محدودة متقطعة خلال النهار.

وفى وجود تيار شبه منتظم من الكهرباء وعدم الخوف من انقطاع التيار يمكن تقليل حجم المحلول المغذي المتدفق بحيث لا يتجاوز ٢-٣ سم، وفى هذه الحالة يتم وضع البادرات النامية في مادة النمو من الصوف الصخري أو صوف الخبث أو أصص النمو على قاعدة أحواض ومواسير الزراعة مباشرة، كما يمكن أيضاً ضخ المحلول على فترات متقطعة بمعدل ربع ساعة كل ساعة أثناء النهار، والتوقف التام في النصف الأخير من الليل دون أي تأثير على النمو. والنظام في هذه الصورة يقع بين نظام المحاليل المتدفقة ذات الحجم الثابت وبين نظام الأغشية المغذية الذي سيأتي شرحه والذي يكون فيه ارتفاع المحلول لا يزيد عن بضعة ملليمترات.

والزراعة في الأنابيب أو المواسير البلاستيك تتميز بسهولة الإعداد والتجهيز وتساعد على التكثيف الزراعي داخل الصوبة أو خارجها وعلى أسطح المنازل والمباني الحكومية مما يعنى استغلالاً أمثل ومحصولاً أوفر من المساحات المتاحة. وتزرع كثير من النباتات بهذه الطريقة على أسطح المنازل وفي الحدائق المنزلية والصوب الزراعية وباستغلال مثالى للمساحات المتاحة (شكل ٤-١٠).

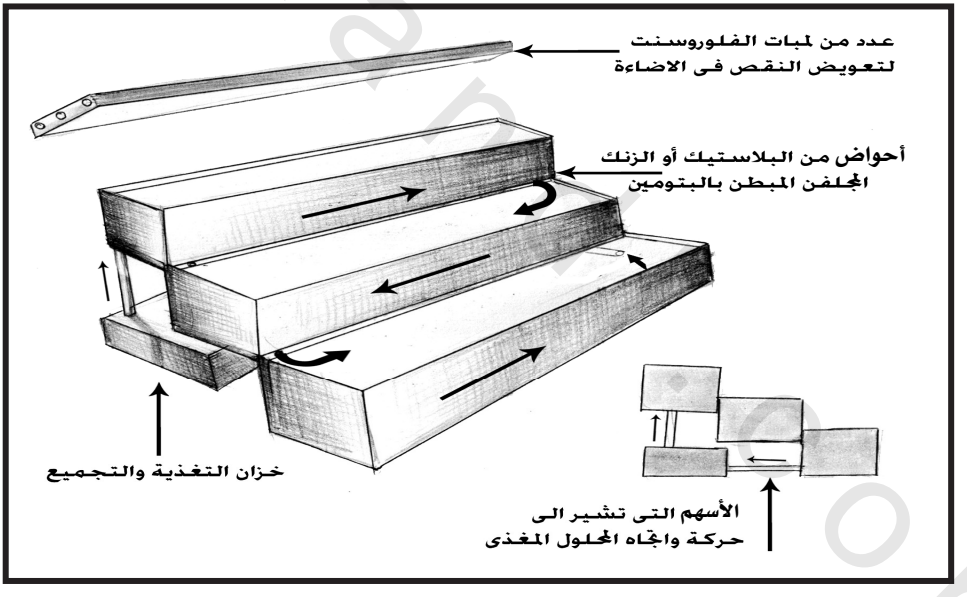


نماذج مختلفة من المواسير البلاستيك والتي يمكن إستخدامها في مزراع المحاليل المتدفقة

شكل (٤- ١٠) الزراعة في المحاليل المتدفقة في المواسير البلاستيك

- **الزراعة في الأحواض متعددة الأدوار والمحاليل المتدفقة**

يتكون هذا النظام من ٣-٥ أحواض (عرض ١٥ سم وارتفاع ١٥ سم وطول من ٦٠ - ١٥٠ سم (على حسب المكان). ترتب هذه الأحواض على شكل درجات السلم بحيث يكون قمة الحوض الأول في مستوى قاعدة الحوض الثانى الذي يعلوه وقمة هذا الحوض في مستوى قاعدة الحوض الثالث وهكذا مع مراعاة أن توضع الأحواض بميل طولى (١/ ٧٥) بشكل متبادل (بمعنى أنه إذا كان ميل الحوض الأخير من اليمين إلى اليسار يكون ميل الحوض الذي يليه من اليسار إلى اليمين .. وهكذا). يوضع على مستوى الأرض تنك يعمل كخزان للتغذية والتجميع ، يثبت به مضخة ترفع المحلول إلى أعلى جانب من الحوض الأخير والذي ينتقل منه المحلول من جانبه المنخفض إلى الجانب المرتفع للحوض الذي يليه وهكذا يصل المحلول إلى الحوض الأول الذي يصب محتواه في خزان التجميع كما يتضح ذلك في شكل (٤-١١).

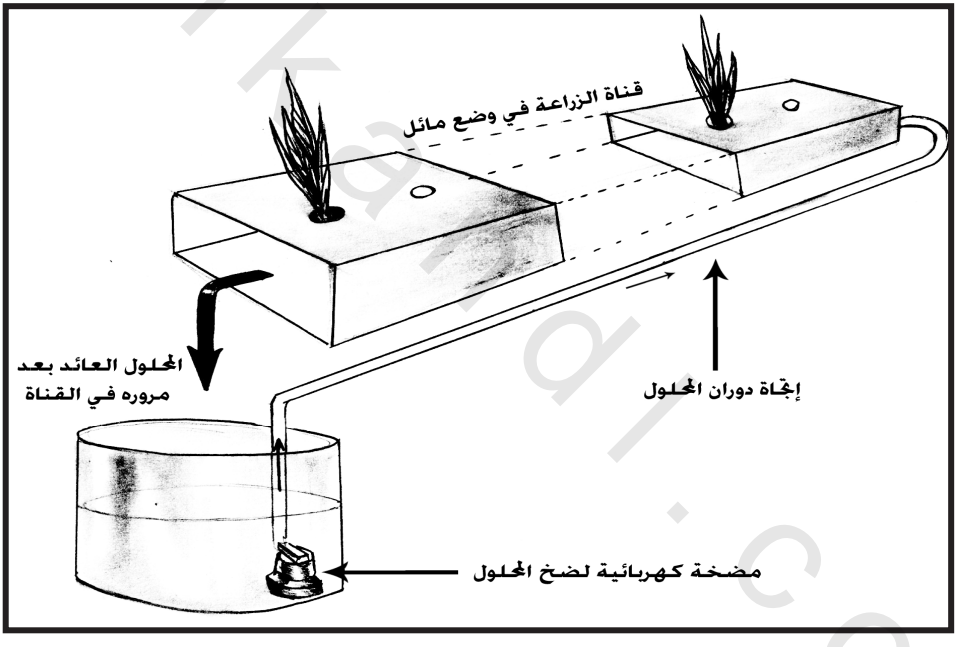


شكل (٤- ١١) نموذج للزراعة بنظام الأحواض متعددة الأدوار في المحاليل المتدفقة

تنقل مكعبات الإنبات وما بها من بادرات إلى الفتحات الموجودة بأغطية أحواض الزراعة المجهزة من الخشب أو الفوم. هذه الوحدات يمكن أن تستخدم على الأسطح أو داخل أو خارج جدران المنازل، وفى حالة ما إذا وضعت هذه الوحدات داخل المنزل فيراعى تزويدها بعدد من لمبات الإضاءة (لمبات صوديوم أو فلوروسنت) والتي تثبت أعلى هذه الوحدات لتوفير كمية الإضاءة اللازمة للنمو الجيد للنباتات.

ثالثاً: مزارع الأغشية المغذية
Nutrient Film Technique (NFT)

إحدى طرق الزراعة بالمحاليل المغذية الحديثة والمبتكرة عن طريق Allen Cooper في إنجلترا خلال السبعينيات بهدف التغلب على مشكلتي الحاجة إلى دعامات للنباتات والتهوية للمحلول عند استخدام الزراعة والتغذية بنظام المحاليل المغذية الساكنة. وتنمو النباتات في قنوات تأخذ شكلاً منحدراً يسمح بتدفق المحلول المغذي بها على هيئة غشـــاء أو فيلم رقيق Film ، وهذا الغشاء الرقيق من المحلول يمد النباتات بكل ما تحتاج إليه من العناصر المغذية (شكل ٤-١٢).



شكل (٤- ١٢) الشكل العام لقناة الزراعة والتغذية بنظام الأغشية المغذية

ومنذ المراحل الأولى لنمو النبات يظهر مجموع جذري قوى مكوناً شبكة متداخلة أو حصيرة من الجذور Root mat الأمر الذي يعد دعامة جيدة في مراحل النمو الأولى ، ومن جهة أخرى فإن مرور المحلول المغذي في شكل غشاء لا يغمر كل هذا الحجم من الجذور بل يلامس السطح السفلي لها فقط ويكون السطح العلوي منها مندى دائماً بالماء ويقوم بدور التهوية مما يمكن القول معه بأن الجزء السفلي من الجذور يعتبر جذوراً للتغذية Feeding roots والجزء العلوي جذوراً للتهوية Aeration roots.

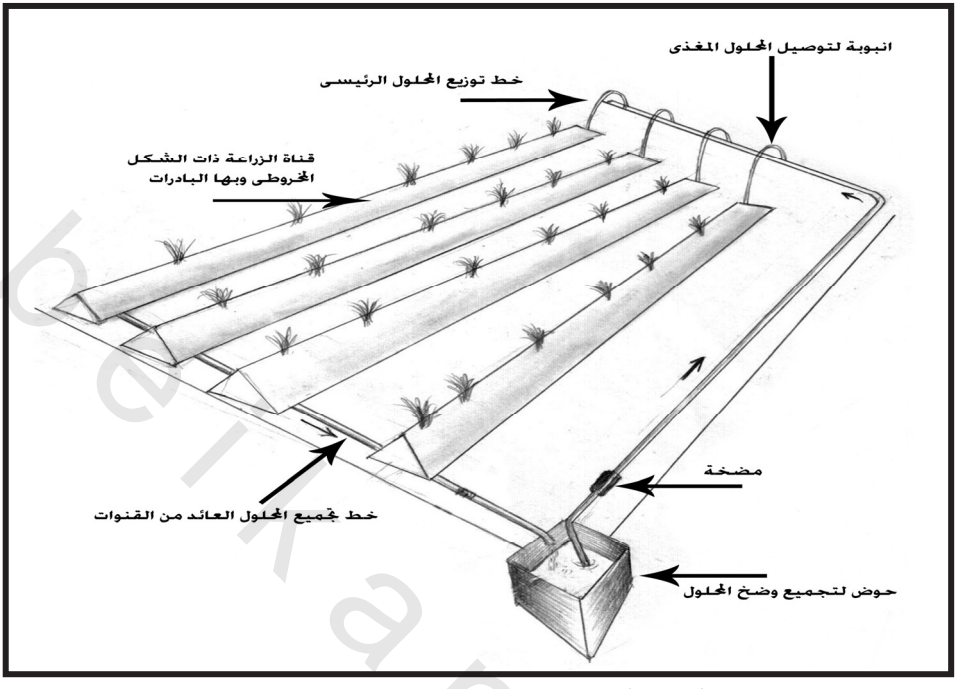
الشروط الواجب توافرها في نظام الأغشية المغذية:

هناك بعض الشروط الأساسية التي تحكم نجاح عملية الزراعة بنظام الأغشية المغذية منها:

- يجب أن يكون انحدار القناة منتظماً وبطريقة متجانسة مع عدم وجود أي حفر في بعض المواقع على طول المجرى (حتى ولو لعدة ملليمترات طولية).
- ألا يكون دخول المحلول المغذي إلى القناة سريعاً جداً لدرجة تؤدي إلى تدفق كمية كبيرة من المحلول خلال المنحدر.
- أن يكون عرض القناة التي تنمو فيها الجذور كافياً لتجنب أي حجز أو إعاقة لحركة المحلول المغذي بواسطة طبقة الجذور المتكونة، حيث إن هذا العرض إذا لم يكن كافياً فإنه يؤدي إلى نقص كبير في المحصول.
- يجب أن تكون قاعدة القناة مستوية وليست مقعرة، لأن القاعدة المقعرة تجعل عمق المحلول في منتصف القناة كبيراً.

لذلك فإنه لتنفيذ نظام الأغشية المغذية يلزم وجود أرض ذات سطح مستوي مناسب ليوضع على هذا السطح مجموعة من القنوات متجاورة مع بعضها في صفوف تنمو فيها النباتات ، وهو ما يتوفر بشكل جيد على أسطح المنازل والمدارس والمنشآت. وعند وضع هذه القنوات على سطح المنزل يجب وضعها بميل مناسب (١٪) ، وعند الحافة المرتفعة توضع القناة الرئيسية التي يمر فيها المحلول المغذي، ويخرج من هذه القناة مجموعة من أنابيب التوزيع، تصب كل منها في إحدى القنوات النامي فيها النباتات، حيث يتحرك المحلول المغذي بالانحدار حتى يصل إلى قناة تجميع عند الحافة المنخفضة للقنوات. وقناة التجميع هذه تصب في النهاية في خزان لجمع المحلول المغذي والذي يتم ضخه مرة أخرى ليعاد توزيعه على قنوات نمو النباتات وهكذا (شكل ٤-١٣).

openkandil.com



شكل (٤- ١٣) التصميم العام لمزرعة الأغشية المغذية NFT

قنـوات الزراعة:

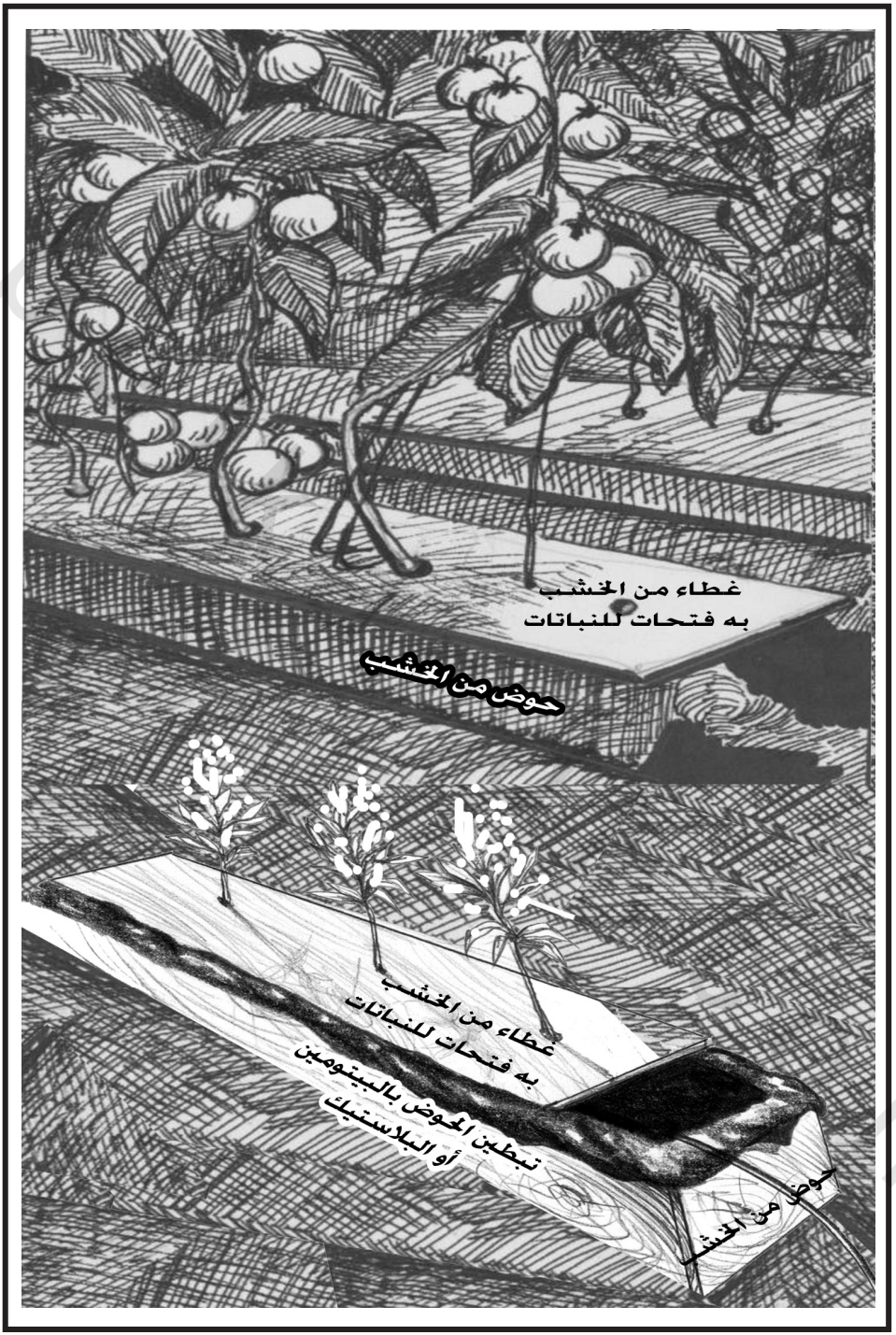
(١) المواسير البلاستيك

تستخدم المواسير البلاستيك في نظام الأغشية المغذية وهي متوفرة في الأسواق بالأقطار المطلوبة وهي في كل الأحوال تعطي نتائج طيبة بشرط أن يكون سمك الغشاء المغذي لا يزيد عن ١ سنتيمتر في كل الأحوال، ولذلك يجب وضع القنوات بميل مناسب يساعد على سرعة انسياب المحلول وعدم ارتفاعه فوق سطح الجذور نتيجة تقعر سطح المواسير.

(٢) أحواض من البلاستيك أو الخشب

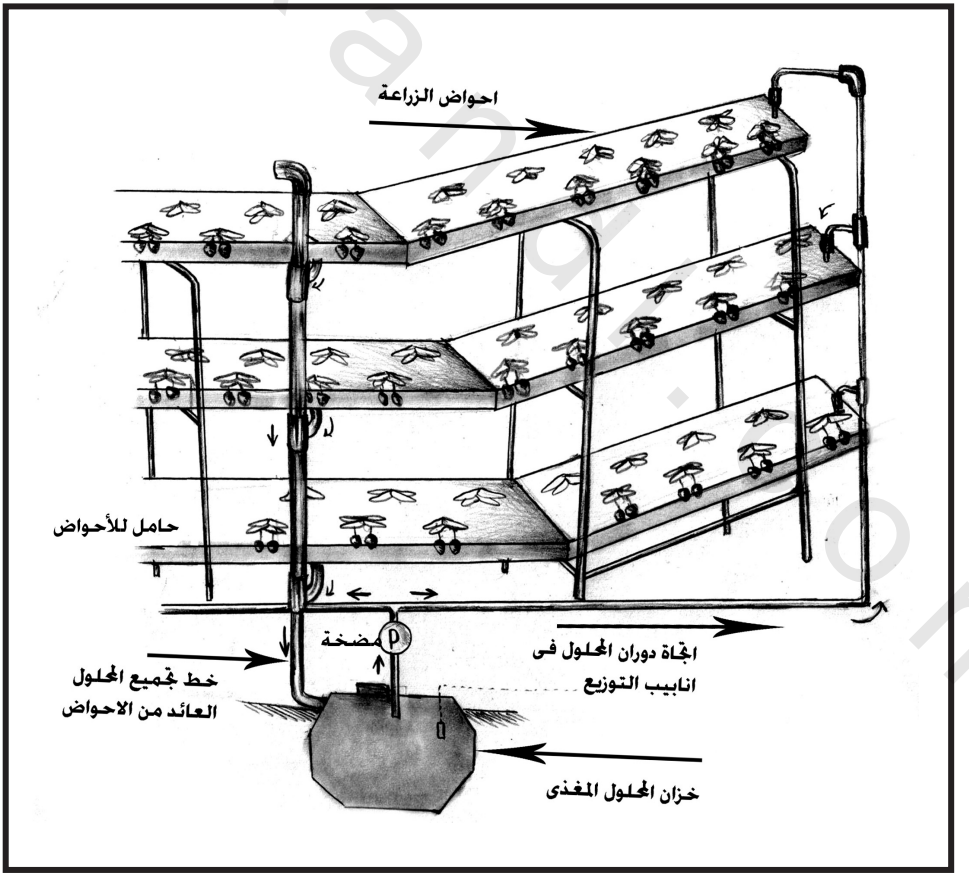
كما أنه يمكن استخدام الأحواض المصنعة من البلاستيك لهذا الغرض وفى حالة عدم تواجد أحواض مناسبة من البلاستيك يتم تصنيع الأحواض من الخشب وتبطينها بشرائح من البلاستيك أو طلائها بالبيتومين (شكل ٤-١٤). وهذه القنوات يمكن استخدامها في نظام متعدد الطوابق كما في شكل (٤-١١) المستخدم في المحاليل المتدفقة، شريطة أن يتم تقليل سمك المحلول المغذي الدائر بزيادة ميل القنوات إلى ١٪.

obeikandl.com



شكل (٤- ١٤) قناة من الخشب مبطنة بشرائح البلاستيك السميك للزراعة بنظام الأغشية المغذية NFT

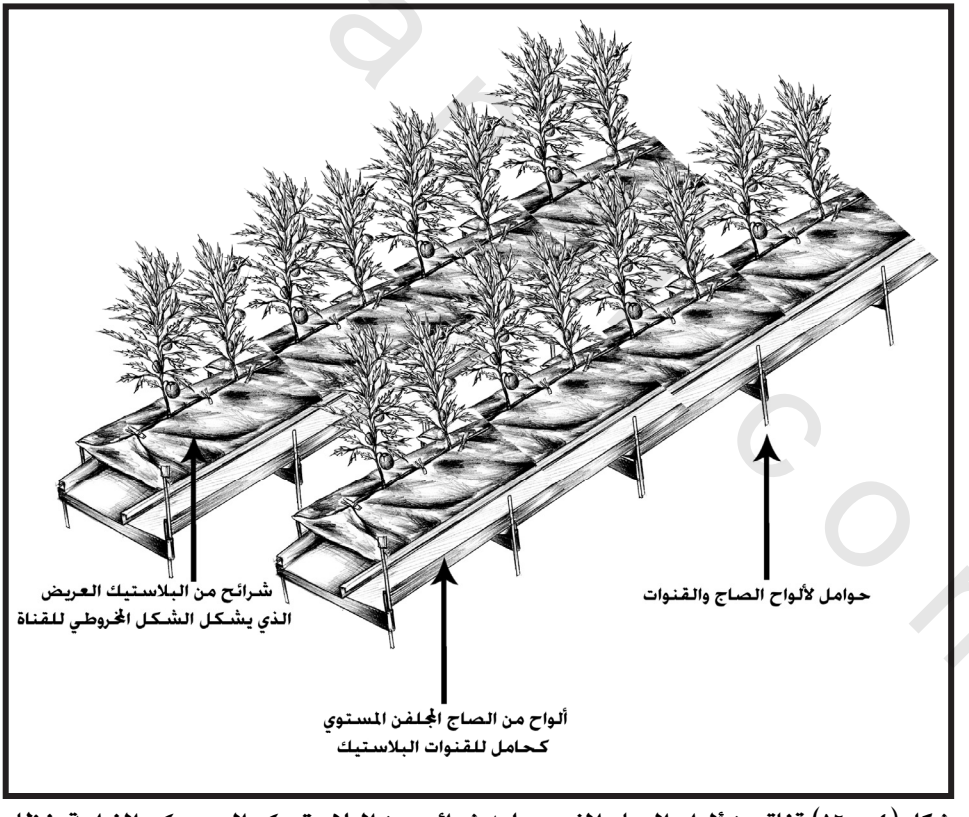
ومن نماذج قنوات الأحواض التي يتم استخدامها في مزارع المحاليل المغذية بنظام الأغشية المغذية متعددة الطوابق أو الأدوار، النظام المثبت على حوامل رأسية والذي تكون أحواضه مصنعة من البلاستيك بعرض ٢٠ سم وارتفاع ١٠ سم وأغطية من الفوم أو البلاستيك الخفيف، وفي هذه الأغطية فتحات للنباتات (شكل ٤-١٥). ويتم وضع القنوات بشكل مائل (ميل ١٪) أعلى بعضها البعض من خلال حوامل التثبيت، على أن تتناسب المسافة بين القنوات مع نوع المحصول الذي سيتم زراعته. ويتم ضخ المحلول من خزان التغذية وتوزيعه على القنوات من الجانب المرتفع لها والذي ينساب في اتجاه الجانب المنخفض وهناك في نهايته يتم تجميعه عبر قنوات للتجميع والتي تعود به مرة أخرى إلى خزان أو تنك التغذية. وهذا النظام يصلح للاستخدام على أسطح المنازل وحول أسواره بشكل جيد مع التكثيف الزراعي للحصول على أعلى إنتاج من المساحة المتاحة.



شكل (٤- ١٥) نموذج لنظام أحواض الزراعة بطريقة الأغشية المغذية متعددة الأدوار

(٣) ألواح الصاج وشرائح البلاستيك

ومن نماذج قنوات الزراعة التي يمكن أن تستخدم في أنظمة الأغشية المغذية، ألواح الصاج التي لا يزيد عرضها عن ٣٠ سم وطول ٢-٣ أمتار ويفرد عليها شرائح عريضة من البلاستيك السميك بعرض ٩٠ سم وعليه توضع الشتلات بمسافات الزراعة المطلوبة ثم تطوى حوافه إلى بعضها بطول القناة وتثبت بمشابك معدنية أو خشبية مثل مشابك الغسيل لتعطي شكلاً هرمياً للقناة ليظهر منها المجموع الخضري للشتلات ويمر على جذورها المحلول المغذي (شكل ٤-١٦). كل هذه الوسائل وغيرها سهلة الإعداد والتجهيز والتي من شأنها زيادة الطلب على استخدام طريقة الأغشية المغذية. ومن الضروري في نظام الأغشية المغذية أن نتأكد من أن سمك غشاء المحلول المغذي لا يزيد في أقصى حالاته عن ١ سم، وبذلك يكون معظم جذور النبات النامي في القناة فوق سطح المحلول.



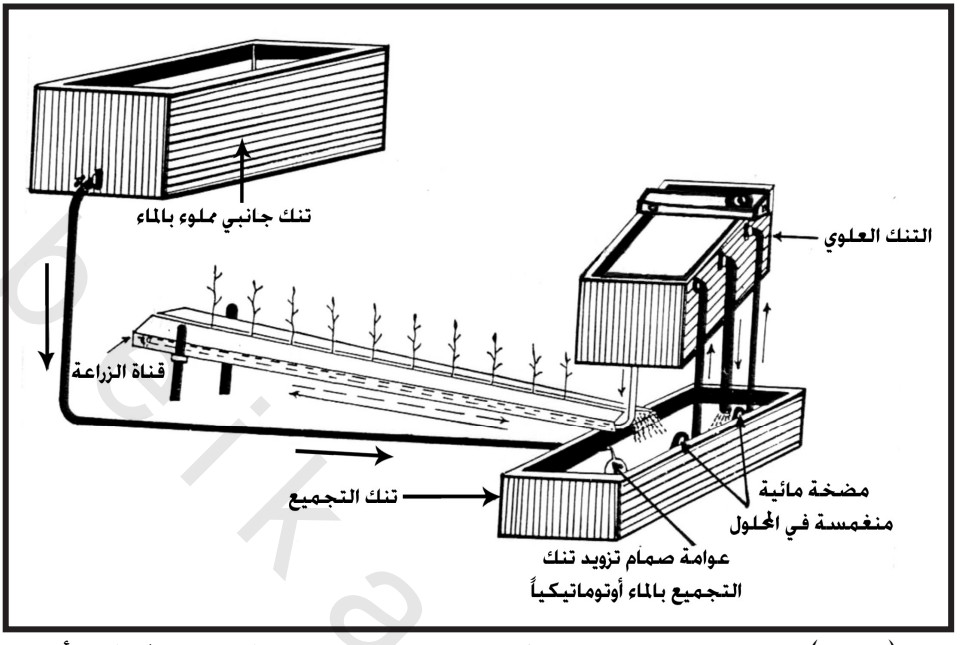
شكل (٤- ١٦) قناة من ألواح الصاج المفرود عليه شرائح من البلاستيك السميك والزراعة بنظام الأغشية المغذية NFT

دوران المحلول المغذي وضبطه واستبداله :

يتم ضخ المحلول المغذي 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. أي أن المحلول في حالة دوران مستمر ولذلك يجب العمل على استمرار هذا الدوران وإزالة أي عطل يوقف استمراره. ومن الجدير بالذكر أن توقف دوران المحلول لفترة زمنية يضر بنمو النباتات النامية في هذه القنوات، ولو أن النبات يمكنه تحمل توقف دوران المحلول لفترة زمنية بسيطة نظراً لوجود بعض من المحلول محتجزاً بين مجموعه الجذري لكنها لا تتجاوز ٨-١٢ ساعة حسب نوع النبات ومرحلة نموه وكذلك حسب العوامل المناخية السائدة.

وكما سبق ذكره فإن امتصاص النبات للعناصر باستمرار من المحلول يؤدي إلى تغير pH المحلول وتركيز العناصر به، ولذلك يجب ضبط pH المحلول باستمرار في حدود ٦-٦,٥ درجة باستخدام حامض النيتريك ١٠٪ أو حامض الفوسفوريك ١٠٪ (فى حالة ما إذا أريد تعويض بعض النقص في عنصر النيتروجين أو الفوسفور على الترتيب). أما بالنسبة لتركيز العناصر فإنه يتم قياس درجة التوصيل الكهربي للمحلول المغذي على فترات، وعند ملاحظة انخفاض التوصيل الكهربي للمحلول الدائر إلى ٢ ملليموز/ سم فإنه يتم استخدام المحلول المركز في تعويض النقص الحادث في المحلول ورفع التوصيل الكهربي إلى قيمته الأصلية في حدود ٣ ملليموز/ سم عن طريق العمليات الحسابية أو إضافة ٠,٥٠ – ٠,٧٥ لتر من المحلول المركز إلى إجمالي ١٠٠ لتر من المحلول الدائر في النظام.

بالإضافة إلى ما سبق فإن النبات يمتص كميات كبيرة من الماء من المحلول المغذي والذي يفقد جزء كبير منه عن طريق النتح وهذا الماء المفقود يتم تعويضه عن طريق إضافة الماء إلى المحلول المغذي الدائر، ويمكن أن يتم ذلك يدوياً أو أوتوماتيكياً بتوصيل خزان المحلول بخزان جانبي للماء في مستوى أعلى منه عن طريق خرطوم من البلاستيك مثبت قرب قاع خزان الماء، وعند المستوى المراد ثبات المحلول عنده بخزان المحلول. وبتثبيت عوامة عند هذا الارتفاع يتم المحافظة على ثبات ارتفاع حجم المحلول في خزان المحلول المغذي (شكل ٤-١٧).



شكل (٤- ١٧) يوضح تنك المياه الذي يحافظ على مستوى الماء والمحلول المغذي في نظام الأغشية المغذية

خطوات الزراعة بطريقة الأغشـــية المغـذية:

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 يلي:

- يتم إنبات البذور في البيت موس ثم تنقل إلى مكعبات الإنبات المصنعة من الصوف الصخري أو يتم إنباتها مباشرة في هذه المكعبات أو أصص صغيرة مثقبة للإنبات.
- توضع مكعبات أو أصص الإنبات على طاولات من البلاستيك وترش بالماء تارة وبالمحلول المغذي المخفف تارة أخرى حتى تخرج جذور البادرات من المكعبات أو الأصص، ويراعى أن تظل طاولات البلاستيك محتوية على ماء أو محلول لارتفاع لا يقل عن ٥ , ٠ سم حتى لا تذبل جذور البادرات أو تموت.
- تنقل البادرات النامية في مكعبات أو أصص الإنبات إلى أي من قنوات الزراعة المجهزة فيما سبق.
- يتم ضخ المحلول المغذي من تنك التغذية (الموجود في الجانب المنخفض لقنوات

الزراعة) إلى قنوات التغذية والتي تصب في أعلى قمة هذه القنوات ليعود المحلول من خلال ميل القنوات وبتأثير الجاذبية الأرضية إلى تنك التغذية مرة أخرى.

- يكون معدل ضخ المحلول ٢ لتر في الدقيقة.
- تثبيت النباتات التي تنمو رأسياً بربطها برفق بخيوط سميكة تمتد من أسفل أول ورقة على النبات إلى أعلى بسلك التثبيت الموازي لطول القناة.
- تتم متابعة النمو وأخذ عينات من المحلول المغذي وضبط رقم الـ pH الخاصة به إلى حده الأمثل وهو ٦,٥ درجة، وتعويض النقص في مستوى العناصر في المحلول بإضافة أملاح هذه العناصر أو إضافة القدر المناسب من المحلول المركز إلى محلول التغذية وذلك حتى نهاية المحصول.

والزراعة بهذا النظام تعطى نمواً جيداً لكل المحاصيل التي 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 في مصر سواء كان ذلك داخل ظروف الصوبة أو خارجها في الحقل المفتوح وعلى أسطح المنازل. وربما يكون هناك ضرورة في الجو شديد الحرارة إلى عمل بعض التظليل للقنوات عندما تكون النباتات المنزرعة حساسة أو مقاومتها قليلة لارتفاع درجة حرارة المحلول المغذي إلى درجات عالية.

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

١- توفير مصدر آخر للتيار سواء كان ذلك مصدر تغذية آخر أو ماكينات توليد التيار الكهربائي والتي تعمل بالديزل عند انقطاع التيار.

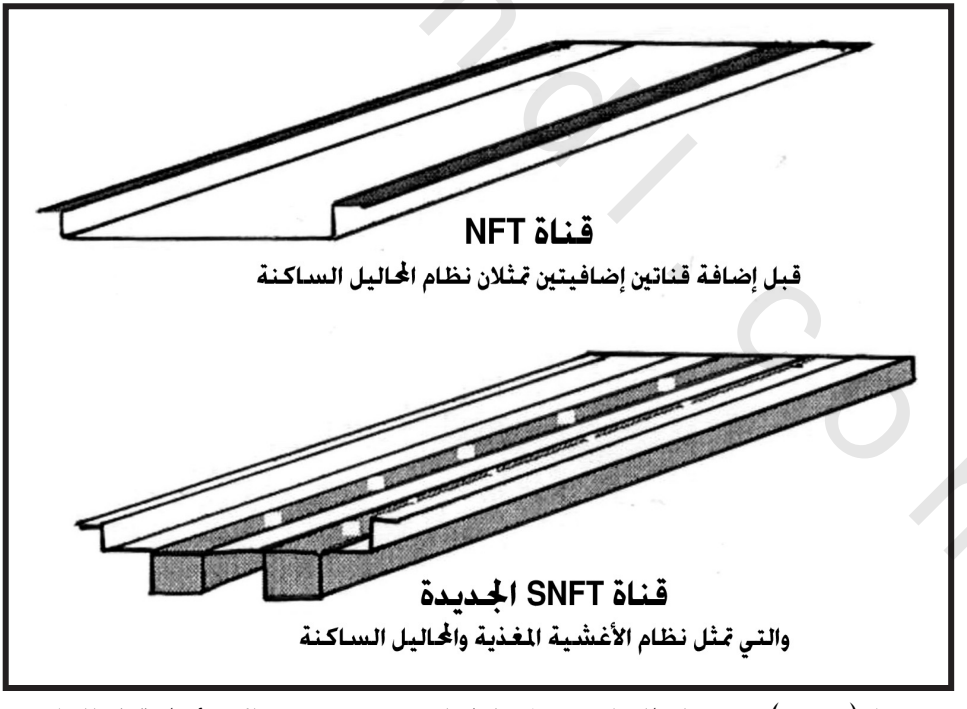
٢- استخدام وحدات الطاقة الشمسية التي تعمل على توليد وتخزين الطاقة، وهذه الطريقة إن وجدت تعتبر من أنسب وسائل توفير الطاقة لمثل هذا النوع من المزارع.

٣- تحوير شكل القنوات ليحتفظ في بعض أجزائه بقدر من المحلول يساعد لبعض

الوقت النباتات على النمو بدون مشاكل حتى يتم تشغيل الماكينات البديلة أو عودة التيار وهو ما تم تنفيذه بتصميم قنوات جديدة للزراعة يجمع بين نظامي الأغشية والمحاليل الساكنة.

رابعاً: مزارع الأنظمة المختلطة من المحاليل الساكنة والأغشية المغذية
Combined Systems [Static Nutrient Film Technique (SNFT)]

تلافياً لمشكلة انقطاع الكهرباء في نظام الأغشية المغذية وعدم وصول المحلول المغذي للنباتات النامية لفترة طويلة مما يعرضها للذبول وأحياناً للموت، قام Sherif سنة ٢٠٠٧ باستخدام أحد تحويرات نظام الأغشية المغذية الذي قام بتصميمه سنة ١٩٩٤ في زراعة نباتات الخيار والباباظ وكانت نتائجها ممتازة حيث يجمع النظام الجديد بين مزايا نظام المحاليل الساكنة SNSC ونظام الأغشية المغذية NFT والتي أطلق عليها اسم "نظام الأغشية والمحاليل الساكنة" Static Nutrient Film Technique (SNFT) (شكل ٤-١٨).



شكل (٤- ١٨) يوضح النظام الجديد المختلط الذي يجمع بين خصائص أنظمة المحاليل الساكنة وأنظمة الأغشية المغذية (نظام الأغشية والمحاليل الساكنة)

وتتكون كل قناة جديدة من قناتين إضافيتين بعرض ٥ سم وعمق ٥ ,٧ سم (تمثلان نظام المحاليل الساكنة) على جانبي وبطول القناة الأصلية المستوية (والتي تمثل نظام الأغشية المغذية). بداخل هاتين القناتين الإضافيتين 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 بها. وعند دوران المحلول فإن هذه القنوات تمتلئ بالمحلول المغذي الذي ينتشر به جزء من جذور النباتات النامية في القناة، بينما تنتشر باقي جذورالنباتات على باقي السطح المستوي للقناة. والمحلول المغذي في كل الأحوال يمر في شكل غشاء رقيق على ثلثي عرض القناة وتقريبا على ثلثي حجم الجذور (حيث إن عرض القناتين الإضافيتين لا يمثلان سوى ثلث عرض القناة). تم اختبار هذه القناة الجديدة خلال أشهر الصيف الحارة من شهر يونيو حتى شهر أغسطس وذلك بزراعة نباتات الخيار وشتلات الباباظ حتى عمر٧٧ يوما منها ٢١ يوماً قبل نقل البادرات إلى القنوات، ٢١ يوماً في القنوات تحت نظام التغذية المستمرة، ٣٥ يوماً تحت نظام انقطاع التيار الكهربي لمدة ٦٠ دقيقة ، ١٢٠ دقيقة ، ٢٤٠ دقيقة ، ٤٨٠ دقيقة ويعقب كل فترة توقف ٣٠ دقيقة فقط لضخ المحلول.

وتشير النتائج إلى نجاح فكرة هذه القناة الجديدة من خلال قياسات أطوال السيقان والجذور وسمك الساق وأوزان المجموع الخضري والجذري لكل من الخيار والباباظ.

ومن أهم هذه النتائج ما يلي:

- تفوق نموالخيار والباباظ في القناة الجديدة على نموه في قناة الأغشية المغذية في معاملة المقارنة التي لا ينقطع فيها التيار الكهربي ولا يتوقف بها دوران المحلول المغذي.
- في حين ينخفض نمو نباتات الخيار وقياساته السابقة مع زيادة فترات التوقف حتى ٢٤٠ دقيقة في قنوات الأغشية المغذية ، بل يصل إلى الموت التام عند ٤٨٠ دقيقة، نجد أن النمو في القناة الجديدة يزداد مع زيادة فترات التوقف حتى ٢٤٠ دقيقة ثم ينخفض قليلاً فقط عند ٤٨٠ دقيقة توقف.
- على عكس النمو في الخيار كان نمو الباباظ في قناة الأغشية المغذية آخذاً في التحسن مع زيادة فترات التوقف حتى ٢٤٠ دقيقة لكن النمو انخفض بشدة وإن لم تمت النباتات عند ٤٨٠ دقيقة توقف، في حين ظل نمو الباباظ في القناة الجديدة يزداد مع

زيادة فترة التوقف بشكل مماثل لنمو نباتات الخيار في نفس القناة.

- يزداد نجاح القناة الجديدة عندما تسجل معاملة التوقف حتى ٤٨٠ دقيقة وزناً أفضل للمجموع الخضري لكل من الخيار والباباظ يبلغ ٢٥٨ ٪ ، ٢٠٣ ٪ من الوزن المقابل عند معاملة الكنترول في قناة الأغشية المغذية لكل من الخيار والباباظ على الترتيب.

من هذه النتائج يمكن التوصية باستخدام هذا النموذج عند الرغبة في الزراعة بأنظمة المحاليل المغذية في مصر وفي المناطق الجافة وشبه الجافة المماثلة وعلى أسطح المنازل في هذه المناطق ، بل واتباع نظام فترات التوقف الاختياري من ٦ – ٨ ساعات يعقب كل منها فترة ضخ للمحلول لمدة نصف ساعة فقط مما يوفر من تكاليف استهلاك الطاقة اللازمة لضخ المحلول والتهوية والحصول على أعلى معدل للنمو وبالتالي الحصول على أعلى عائد من المحاصيل المنزرعة بهذا النظام حتى لو انقطع التيار الكهربي أو حدث عطل في مضخة التوزيع لعدة أيام.

ولزيادة تأمين انقطاع التيار الكهربي لفترات أطول يتم فرد شرائح من القماش أو الخيش على الجزء المستوي الممثل للأغشية المغذية على أن تكون أطرافه منغمسةً في قنوات المحاليل الساكنة والتي تتشبع بالمحلول وتنقله بالخاصية الشعرية عبر خيوطها إلى الجزء المستوي الذي ينتشر فوقه جذور النباتات فلا تعاني من أي أثر لانقطاع الكهرباء. والأكثر من ذلك أنه يمكن وضع من ٢ –٣ طبقات من هذه الأقمشة أو الخيش بنفس الكيفية السابقة والاستغناء عن الضخ المستمر للمحاليل إلى الجزء المستوي حيث تعمل هذه الطبقات على توفير قدر كبير من المحاليل بها وتوفير التهوية للجذور النامية فوقها مع وجود مخزن للمحاليل على جانبيها والذي يتم تعويض النقص فيه كل عدة أيام بشرط ألاَّ يقل مستوى المحلول في الأحواض الجانبية عن الثلث.

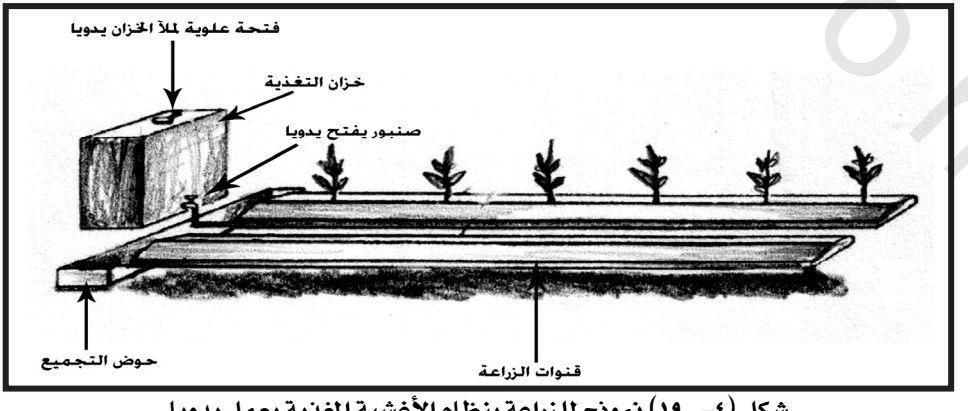
نماذج مبسطة لاستخدام نظام الأغشية المغذية في الحدائق والشرفات المنزلية وعلى أسطح المنازل

يمكن أن يستخدم نظام الأغشية المغذية في الحدائق والشرفات المنزلية وأسطح المنازل بأكثر من نموذج بما يتناسب وطبيعة المكان المستخدم فيه. وسوف نسوق بعضاً من هذه النماذج التي يمكن استخدامها بنجاح في جوانب المنزل المختلفة:

١- نموذج الأغشية المغذية والتشغيل اليدوى لانسياب المحلول في القنوات

تتكون هذه الوحدة من قنوات من الصاج المجلفن بعرض من ١٥-٢٠ سم وارتفاع ٥ سم وبطول من ١٥٠-٢٠٠ سم على حسب المساحة المتاحة للزراعة. تفرد شرائط من البلاستيك على هذه القنوات. يوضع خزان المحلول المغذي (خزان التغذية) عند الجانب المنخفض للقنوات ويكون مستوى قاعدته مرتفعاً عن مستوى الجانب المرتفع للقنوات حتى ينساب المحلول المغذي من الخزان إلى الجانب المرتفع بالجاذبية الأرضية ويعود إلى الجانب المنخفض أيضاً بالجاذبية الأرضية. يصل المحلول من الخزان إلى الجانب المرتفع خلال خراطيم من البلاستيك متصلة بصنبور مثبت عند قاعدته بينما يوضع أسفل الجانب المنخفض للقنوات قناة من البلاستيك لتجميع المحلول العائد وهذه القناة تصب في خزان مماثل الحجم لخزان التغذية يعرف بخزان التجميع (شكل ٤-١٩).

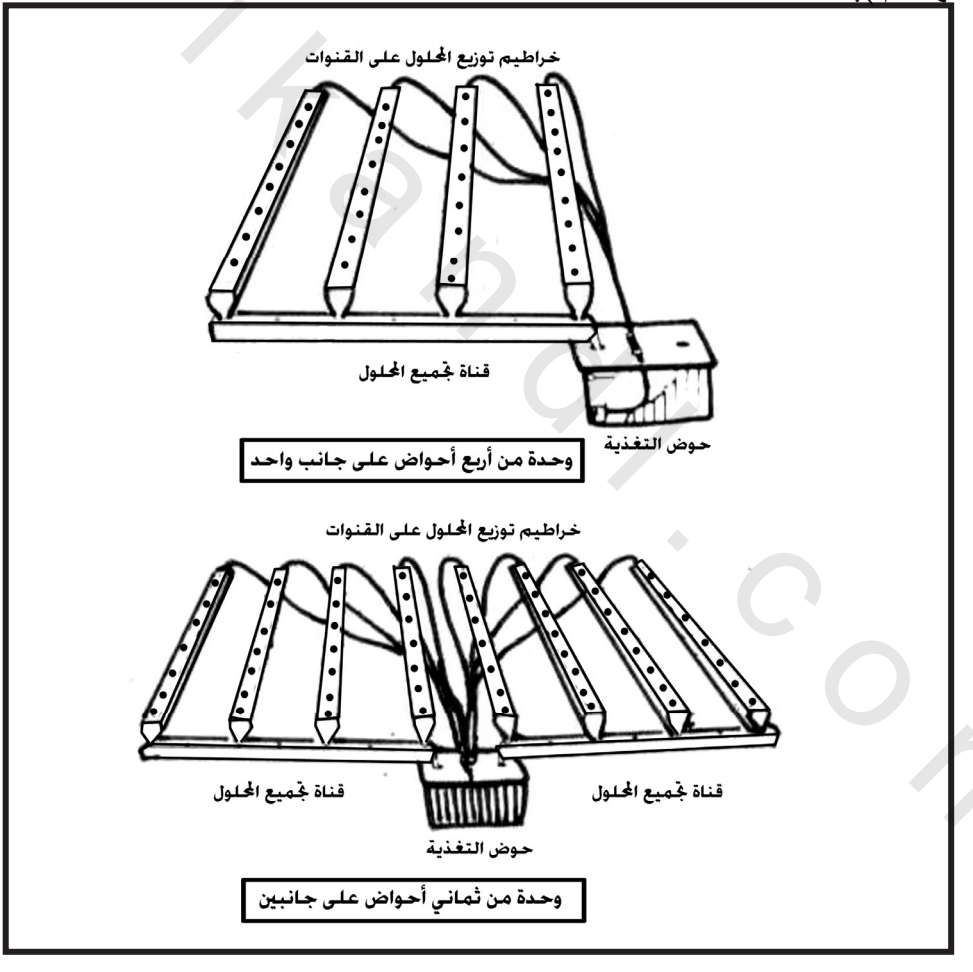
تستمر المتابعة المعتادة للنباتات حتى الحصول على المحصول مع التجديد المستمر للمحلول أو تعويض النقص في تركيز العناصر التي تستنفذ بالامتصاص. ويجب أن يكون حجم المحلول المغذي بخزان التغذية كافياً لإمداد القنوات لمدة ٢٤ ساعة متصلة على أن يرفع المحلول المتجمع من خزان التجميع إلى خزان التغذية صباح كل يوم بطريقة يدوية لا تستغرق إلا بضع دقائق.



شكل (٤- ١٩) نموذج للزراعة بنظام الأغشية المغذية يعمل يدويا

٢- نموذج التشغيل بالمضخات

تتكون وحدة نظام الأغشية المغذية هذه من أحواض أو قنوات الزراعة وهى من البلاستيك (PVC) عرض كل منها ١٠-١٥ سم وارتفاع من ٥-٧ سم وطول ١٢٠-١٥٠ سم . وتوضع هذه القنوات بميل مناسب (ا/ ٧٥) أي رفع أحد الجوانب ١ سم لكل ٧٥ سم من طول القناة ، ويكون الجانب المنخفض لهذه القنوات مرتكزاً على حافة حوض أو قناة مماثلة لقنوات الزراعة تعرف بحوض التجميع والذي يرتكز بدوره على حافة تنك أو خزان يتسع محتواه لمحلول يكفي لإمداد ٤ أو ٨ قنوات لمدة أسبوع (شكل ٤-٢٠).



شكل (٤- ٢٠) نموذج للزراعة بنظام الأغشية المغذية يعمل بالمضخات التي تغذي عدد ٤ أو ٨ قنوات في وقت واحد

ويمكن أن يفي لهذا الغرض خزان أبعاده ٣٠ سم للطول والعرض، ٥٠ سم للارتفاع. يثبت في الخزان مضخة مائية تكون أجزاؤها من البلاستيك ويملأ الخزان بالمحلول المغذي ويضخ المحلول إلى قنوات الزراعة عن طريق خراطيم من البلاستيك (خرطوم لكل قناة) أو عن طريق ماسورة من البلاستيك يخرج منها وصلات صغيرة تتجه كل منها إلى قناة من قنوات الزراعة. بعد كل هذه التجهيزات يملأ خزان المحلول المغذي بالماء ويتم تشغيل المضخة وضخ الماء بمعدل ٢ لتر في الدقيقة إلى قنوات الزراعة وهى فارغة وملاحظة حركة الماء في القنوات وتدفقها إلى قناة التجميع ومنها إلى الخزان والتأكد من عدم تسرب الماء من أي وصلة أو من عند أي اتصال وذلك لمدة يوم واحد قبل نقل البادرات إلى القنوات وضخ المحلول المغذي.

تنقل البادرات إلى القنوات في مكعبات الإنبات والتي يفضل أن تكون من الصوف الصخري أو صوف الخبث أو ما شابههما ولا يفضل استخدام البيت موس حيث يتسبب في انسداد وصلات توصيل المحلول. ويجب أن تكون البادرات متجانسة وقوية وتوضع على مسافات تتناسب مع مسافات الزراعة الخاصة بكل محصول. بعد وضع البادرات يتم ضخ المحلول المغذي والمتابعة الدورية للنباتات النامية.

٣- نموذج الوحدات الرأسية Vertical Units

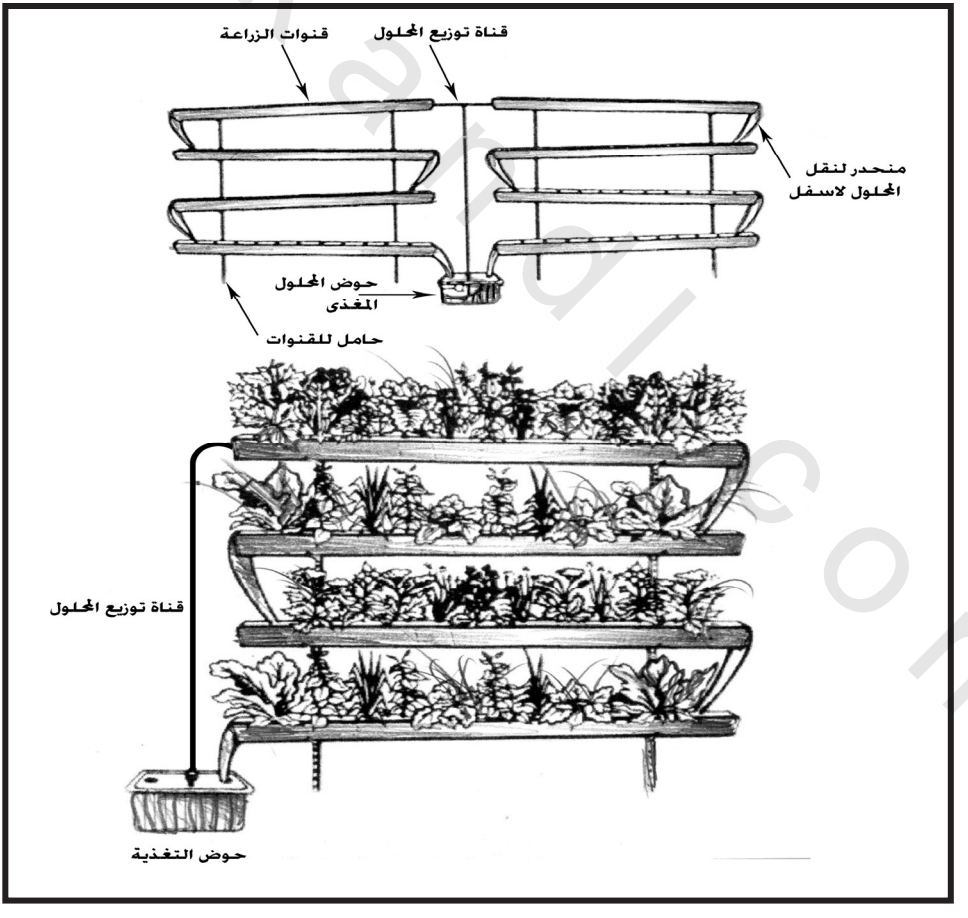
هناك أكثر من نموذج يمكن استخدامه رأسياً بنظام الأغشية المغذية منها:

- **طريقة التثبيت على الحوائط:**

وهو ما يوضحه شكل (٤-٢١) والذي يتكون من الوحدات المستخدمة في النظام الأفقي السابق شرحه لكن في هذه الطريقة يتم تثبيتها على حوامل رأسية مثبتة بدورها على حائط الشرفة في حالة النباتات التي تنمو في الجو المفتوح أو على حوائط الحجرات في حالة تنمية نباتات الظل ، كما يوضح الشكل نفسه نموذجاً من هذه الوحدات يثبت رأسياً على حائطين متجاورين (في زوايا وأركان الحجرات والشرفات) وبحوض تغذية وتجميع واحد.

وقنوات الزراعة المثبتة على الحائط يجب أن تكون في وضع مائل (١/ ٧٥) لكل منها ولكن بطريقة عكسية بمعنى أنه إذا كان الجانب المرتفع للقناة جهة اليمين والمنخفض جهة اليسار فإن القناة التي تليها يكون جانبها المرتفع جهة اليسار والمنخفض جهة اليمين وهكذا لضمان انتقال ودوران المحلول بين القنوات. يوضع خزان التغذية بالمحلول

المغذي على أرضية الحجرة ويضخ المحلول إلى قمة أعلى قناة فيسيل المحلول ويتدفق على قاعدة القناة ويتجه صوب الجانب المنخفض ومنه إلى الجانب المرتفع للقناة التي تقع أسفل منها عن طريق وصلة من البلاستيك، وهذا المحلول في هذه القناة ينتقل أيضاً إلى القناة التي تليها ثم التي تليها حتى يصل إلى خزان التجميع ومنه يعاد ضخه مرة أخرى. والوحدات الرأسية تتميز بأنها لا تشغل حيزاً كبيراً من الشرفات - وخاصة إذا كانت ضيقة - ولا من حوائط الحجرات وتضيف في الوقت نفسه لمسة جمالية للمكان. ويجب أن تتناسب المسافة بين قنوات الزراعة الرأسية مع طول النباتات المراد زراعتها بها بمعنى أن تضيق المسافة بين القنوات إذا كانت النباتات قصيرة وتتسع المسافة بينها إذا كانت النباتات طويلة. ومثل هذه الأنظمة يمكن استخدامها على أسوار الأسطح باستخدام مواسير البلاستيك كقنوات للزراعة.



شكل (٤- ٢١) نموذج للزراعة بنظام الأغشية المغذية يثبت رأسياً على الحوائط وفي الأركان

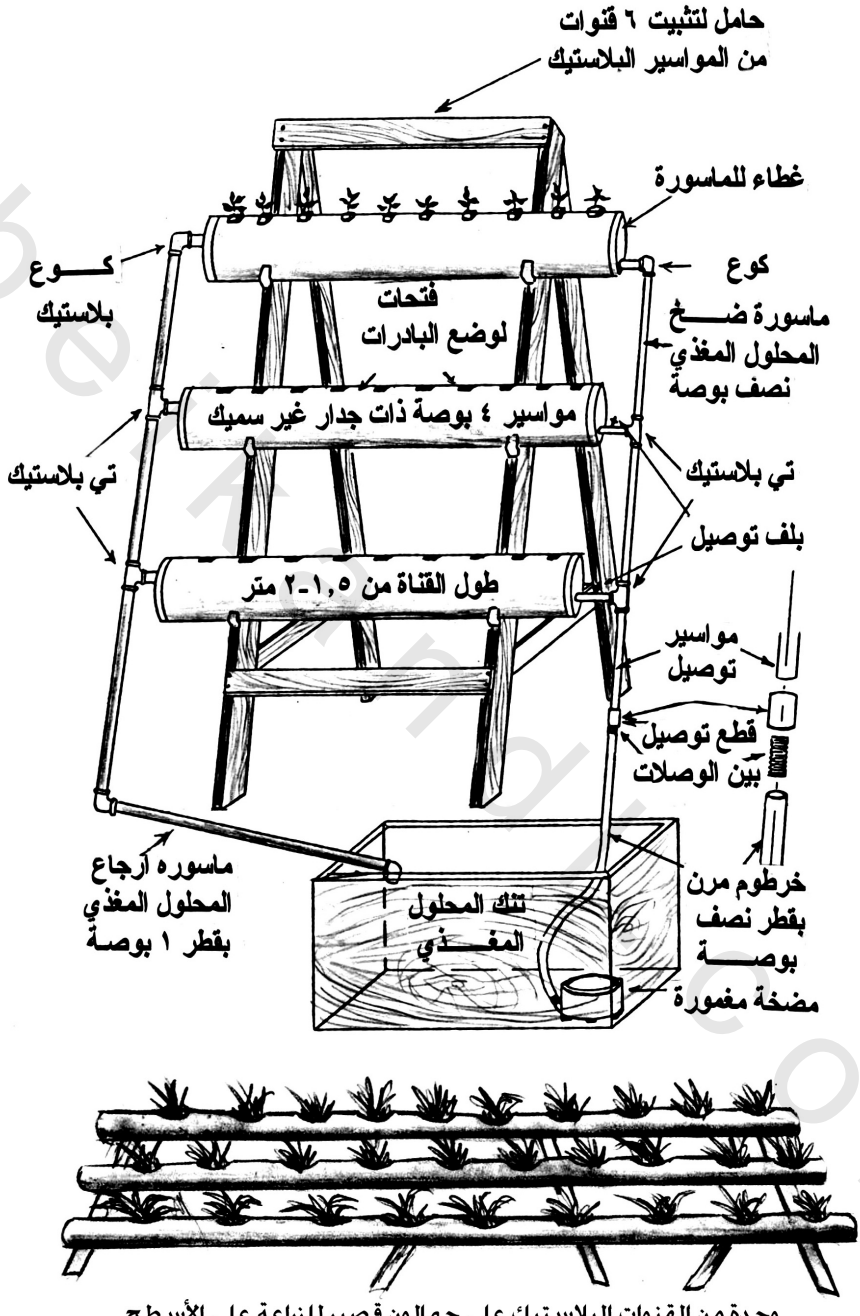
- **طريقة الجمالون**

وفى هذا النظام توضع قنوات الزراعة على حوامل تأخذ شكل المثلث مع الأرض وطولها بطول قنوات الزراعة وارتفاعها من متر إلى متر ونصف المتر. وترص القنوات على جانبي الحامل الجمالوني ويراعى في وضعها وتثبيتها ما روعي عند تثبيت القنوات على حوامل الحوائط من أن يكون الجانب المرتفع للقناة يقابل الجانب المنخفض للقناة التي تليها وهذا الجانب المنخفض يقابل الجانب المرتفع للقناة التي تليها وهكذا حتى آخر قناة.

يوضع خزان التغذية أسفل الجمالون ويتم ضخ المحلول إلى الجانب المرتفع لأعلى قناة على كل جانب ومنها ينتقل المحلول إلى القنوات التي تليها عن طريق وصلات من البلاستيك إلى أن يصل المحلول إلى تنك أو خزان التغذية فيتم إعادة ضخ المحلول مرة أخرى وهكذا. ويمكن استخدام طريقة الجمالون بنظام جعل ميل القنوات في اتجاه واحد ويتم ضخ المحلول المغذي إلى كل قناة منها من وصلات توصيل في الجانب المرتفع وتجميع المحلول عند الجانب المنخفض عن طريق وصلات تجميع ومنها إلى تنك التغذية ليعاد ضخه مرة ثانية (شكل ٤-٢٢).

والقنوات المستخدمة في هذا النظام تكون من مواسير البلاستيك بأقطار تبدأ بـ ٤ بوصة حتى ٦ بوصة حسب نوع النبات وحجم وكثافة جذوره.

وهذا النظام يصلح للاستخدام في أي مكان من الحديقة المنزلية أو الشرفات أو أسطح المنازل ، ويساعد على زراعة أكبر عدد من النباتات في وحدة المساحة. ويجب مراعاة أن يتم توسيع قواعد الحامل الجمالونى أو تضييقها على حسب المحاصيل المراد زراعتها. ففى نباتات الخس والفراولة والخضراوات الورقية ونباتات الزينة الحولية تضيق المسافة بين القواعد وبالتالي يزيد ارتفاع الحامل وعلى العكس من ذلك في نباتات الطماطم والخيار والفلفل والقاوون وغيرها من المحاصيل المرتفعة يتم زيادة المسافة بين قواعد الحامل الجمالوني وتقصير ارتفاعه. كما يمكن استخدام أطوال من المواسير تصل إلى ٣ أمتار وتوضع على جمالونات قصيرة لا يزيد ارتفاعها عن ١ متر (شكل ٤- ٢٢ لأسفل).



شكل (٤- ٢٢) نموذج للزراعة بنظام الأغشية المغذية على شكل جمالون متعدد القنوات

خامساً: المزارع الهوائية Aeroponic Cultures

المزارع الهوائية هي أحد صور الزراعة بالمحاليل المغذية. حيث تنمو جذورالنباتات في الهواء المشبع برذاذ المحلول المغذي بنسبة ١٠٠٪ والذي يفى بكل احتياجات النبات من الماء والعناصر الغذائية بالإضافة إلى الأكسيجين. ويتم تنفيذ هذه المزارع بطريقتين:

الطريقة الأولى- باستخدام هياكل جمالونية على أحواض

وفى هذه الطريقه تتبع الخطوات التالية:

١- يستخدم هيكل من الفوم أو البلاستيك على شكل جمالون قاعدته مستطيلة أو مربعة بأبعاد حوض المحلول المغذي الذي سيثبت فوقه، وارتفاعه من ١-٥ , ١ متر (شكل ٤-٢٣).

٢- يتم عمل فتحات من الجهات الأربع للجمالون بحجم يتناسب مع حجم البادرة المراد تثبيتها سواء كانت البادرة عارية الجذور أو في أشكال أسطوانية من الصوف الصخرى أو في أكواب أو أصص الإنبات.

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

٤- يتم ضبط رقم الـ pH وتركيزات العناصر في المحلول بشكل دوري.

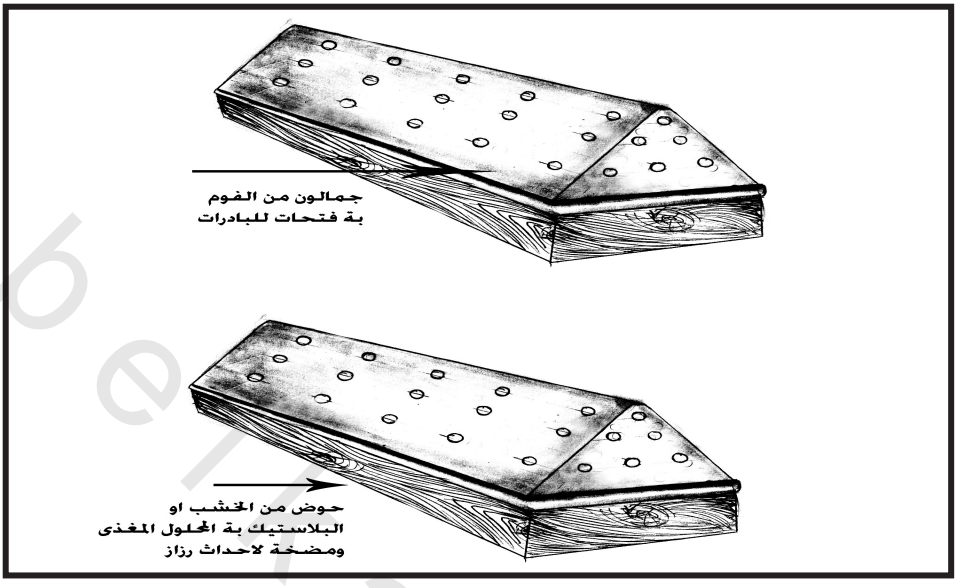
الطريقة الثانية- باستخدام الأ نابيب والأسطوانات البلاستيك

يستخدم في ذلك أي أنابيب أو مواسير أو أسطوانات بلاستيك بأي أقطار، حيث إن اتساع القطر يزيد من عدد النباتات التي تثبت على سطحها الخارجي ويجب ألا يزيد طولها عن ٥ , ١ متر لسهولة عمليات الزراعة والخدمة، بالإضافة إلى تثبيتها.

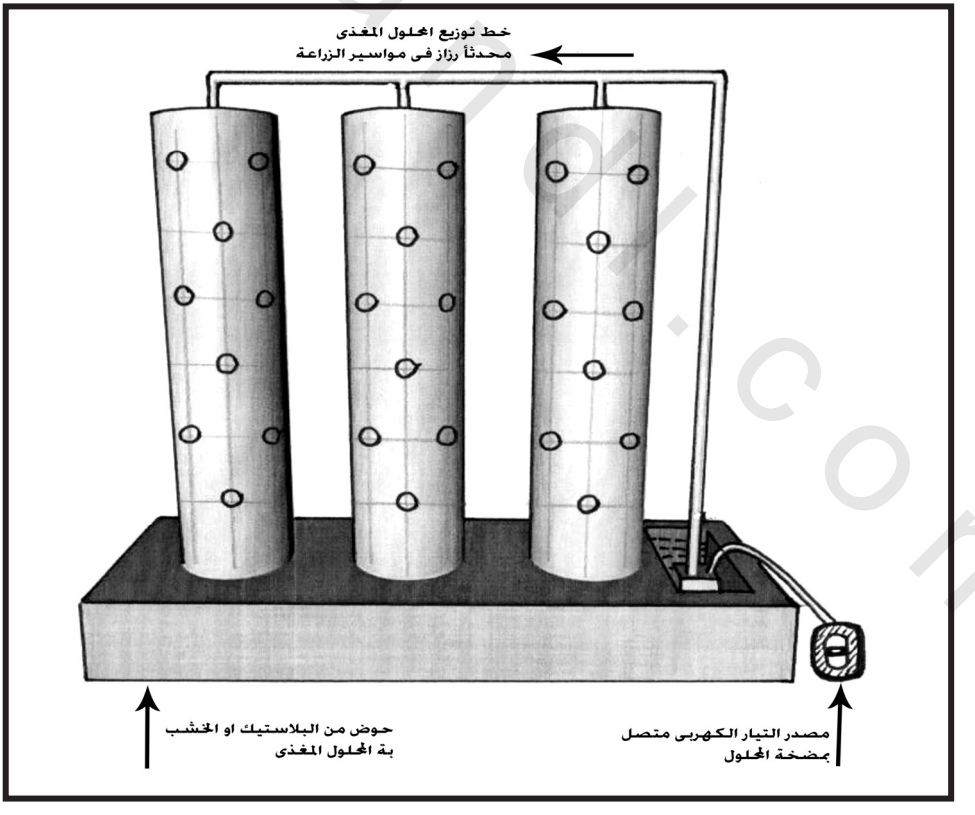
وتتلخص خطوات الإعداد والزراعة بهذه الطريقة فيما يلي:

١- يتم تقطيع الأسطوانات البلاستيك بطول ٥ , ١ متر وعمل الفتحات اللازمة لتثبيت النباتات بها على أن تكون هذه الفتحات مع بعضها شكلاً حلزونياً يتناسب ميله مع حجم النباتات المراد زراعتها كما في شكل (٤-٢٤).

obeikandl.com



شكل (٤- ٢٣) المزارع الهوائية بطريقة الجمالون



شكل (٤- ٢٤) المزارع الهوائية بطريقة الأسطوانات أو المواسير الرأسية

٢- يتم غلق فتحتي الأسطوانة السفلية والعلوية بإحكام مع وجود فتحة في الغطاء العلوي لأنبوبة توزيع المحلول وأخرى في الغطاء السفلى لجمع المحلول الزائد (في حالة الأسطوانات المعلقة أو المثبتة على السطح مباشرة).

٣- يتم وضع وتثبيت الأسطوانات بثلاث طرق:

- إما أن تعلق بواسطة خطاف في سقف الصوبة أو في أسياخ حديدية على أسطح المنازل على مسافات تتيح حرية الحركة بينها، على أن يتم تجميع المحلول من أسفل الأسطوانات أو المواسير وإعادته إلى تنك التغذية.
- أو تثبت رأسياً على سطح التربة بنفس المسافات، على أن تكون فتحة خروج المحلول أعلى سطح الأرض مباشرة والتي تتصل بماسورة تجميع المحلول والتي بدورها تصب في تنك التغذية.
- أو تثبت الأسطوانات أو المواسير البلاستيك في حوض التغذية بحيث يتم ضخ المحلول من الحوض إلى أعلى الأسطوانات وعودته مباشرة إلى الحوض ليعاد ضخة مرة ثانية (شكل ٤-٢٤).

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

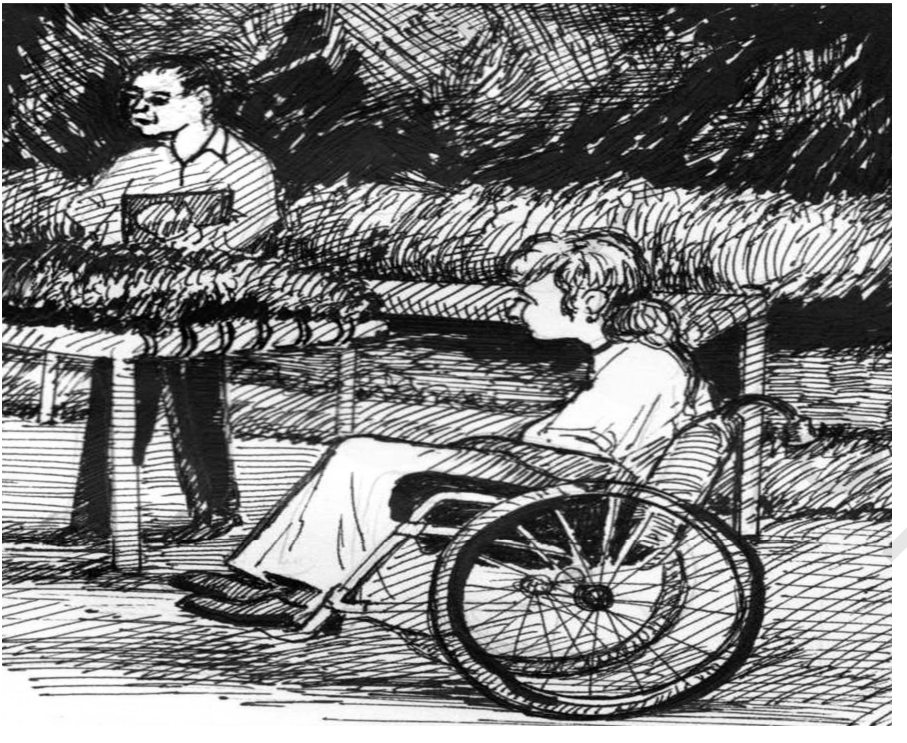
٥- يتم ضبط رقم الـ pH وتركيزات العناصر من خلال عينات من تنك التغذية.

وبالرغم من عدم شيوع هذه الطريقة في الاستخدام التجاري إلا أنها تعطي 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 أي طريقة أخرى مما يؤدي إلى زيادة المحصول بشكل واضح في المساحات المحدودة.

ذوي الاحتياجات الخاصة والزراعة بأنظمة الهيدروبنكس

هذه أهم الطرق التي يمكن استخدامها في الزراعة بدون تربة اعتماداً على المحلول المغذي كبيئة نمو ووسط مغذي للاستخدام في كل مكان نرغب في زراعته وتجميله. وإذا كان هذا ميسور للأسوياء من البشر فهل يحرم من هذا إخوةٌ لنا حرموا نعمة اكتمال الصحة لبعض أعضاء الجسم في أن يشاركوننا العمل في مجال الزراعة وخاصة ممن لديهم

الإعاقة في الساقين ويستخدمون الكراسي المتحركة. إن من التطبيقات المفيدة للزراعة اللاأرضية أنها تتيح الفرصة لبعض هؤلاء ممن يرغبون في المساهمة في هذا المجال أن يعملوا ويقدموا أفكارهم وخبراتهم في الزراعة وإنتاج الغذاء. ولقد تبنت مؤسسة اجتماعية في مدينة سدني بأستراليا هذه الفكرة وقامت بعمل دورات تدريبية لهؤلاء المعاقين لمدة ١٨ أسبوعاً على نماذج وتصميمات تلائم كل حالة، وتضمن البرنامج التدريبي تخصيص يومين من كل أسبوع يتم قضاؤهما في إحدى المزارع التي تستخدم نظم الزراعة اللاأرضية. ومن الطرق التي تم استخدامها "طريقة الأغشية المغذية" ، حيث تم تصميم وحدات كل وحدة منها عبارة عن ١٦ منضدة بارتفاع مناسب وبطول ١٢ متراً لكل منها ورتبت بما يتيح حرية الحركة بالكراسي المتحركة وسهولة التعامل مع النباتات ووضع على كل منضدة منها خمس قنوات بميل ١/ ١٠٠. ويغذي هذه الوحدة مضخة قدرتها ١,٥ حصان ، وليصبح عدد القنوات في هذه الوحدة ٨٠ قناة وتستوعب ٢٠٠٠ نبات (شكل ٤-٢٥).



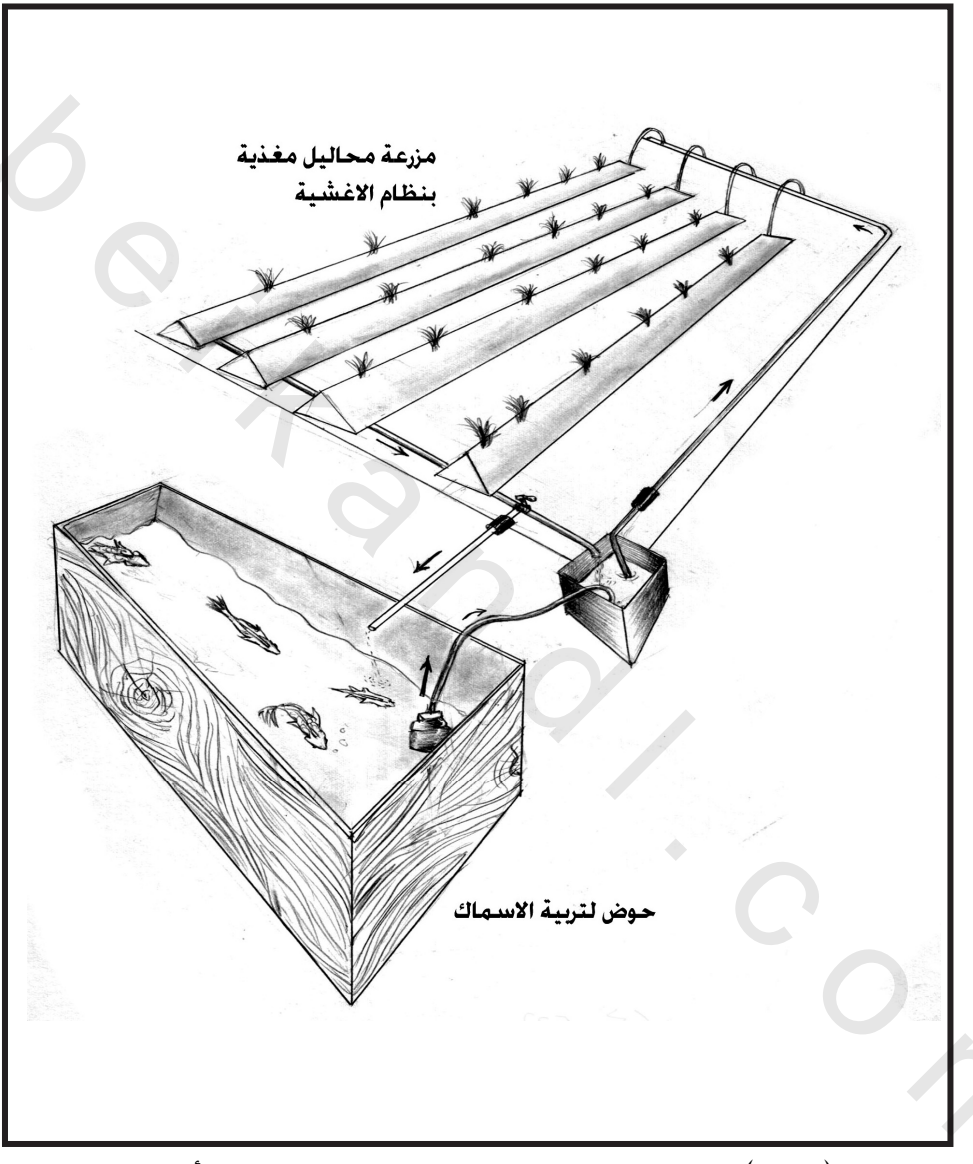
شكل (٤- ٢٥) ذوي الاحتياجات الخاصة والإنتاج الزراعي بنظم الهيدروبونكس

ولقد تم تدريب هؤلاء الشباب على كيفية زراعة بذور النباتات في المشتل الذي هو عبارة عن صواني صغيرة بها مخلوط من بيئة البرليت + الفرميكيوليت أو البيت موس ونقل البادرات بعد ٢-٣ أسابيع في أكواب مثقبة ثم نقل هذه الأكواب وما بها من بادرات إلى قنوات الزراعة. ويتم الحصول على المحصول بعد ٦ أسابيع من وضع النباتات في نظام المحاليل المغذية. والمحاصيل التي تم التدريب على زراعتها هي لنباتات الخضر التي تستخدم في الأكل الطازج وعمل السلطات. وأصبح إنتاج المعاقين من الخضر يغطي الاحتياجات اليومية للمطاعم والفنادق الموجودة في المدينة وفى الوقت نفسه مصدر دخل ثابت لهؤلاء المعاقين وذوي الاحتياجات الخاصة.

تربية الأسماك مع أنظمة الزراعة بالهيدروبنكس

من التطبيقات المفيدة عند زراعة النباتات فوق أسطح المنازل والمباني الحكومية والحدائق المنزلية هو عمل مزارع سمكية صغيرة والاستفادة من مياه مزارع الأسماك المنزلية في تغذية النباتات النامية بمزرعة محاليل مغذية. ومن المعروف أن المياه في مزارع الأسماك تصل بعد فترة من نمو الأسماك فيها إلى درجة من التلوث بالأمونيا وفضلات الأسماك العضوية والتي تعوق النمو الجيد للأسماك ولا تستطيع أن تعيش فيها بشكل طبيعي الأمر الذي يستوجب تغييره بمياه نقية. وهذا التلوث بفضلات التغذية ومخلفات الإخراج الخاصة بالأسماك تكون غنية في محتواها من العناصر الغذائية والتي يمكن الاستفادة منها في تغذية النباتات في مزارع المحاليل أو حتى مزارع البيئات الصلبة باستخدامها في ري النباتات النامية فيها. ويمكن من خلال عمل بعض الأنظمة التي تجمع بين نظام الزراعة في المحاليل المغذية وبين المزرعة السمكية أن نحقق الفائدة المزدوجة بتنقية المياه في مزرعة الأسماك وتغذية النباتات في مزرعة المحاليل (شكل ٤-٢٦). فإذا تم إمرار الماء من المزرعة السمكية إلى قنوات مزرعة الأغشية المغذية مثلاً فإن النباتات النامية بهذه القنوات تمتص هذه العناصر وتستفيد من هذه المخلفات ويتم تنقية هذا الماء الذي لا يعاد دورانه بل يمر في اتجاه واحد إلى المزرعة السمكية مرة أخرى وهو ما يعتبر استغلالاً اقتصادياً لما هو متاح وتوفيراً لقدر كبير من المياه النقية كانت مطلوبة للإحلال محل مياه المزرعة السمكية الملوثة.

كما يمكن أخذ المياه من المزرعة السمكية وإعادة ضبط بعض مكوناته بإضافة قدر ضئيل من العناصر الغذائية واستخدامه مرة ثانية في تغذية النباتات.



شكل (٤- ٢٦) نظام يجمع بين مزرعة أسماك منزلية ونظام زراعة في الأغشية المغذية

obeikandl.com