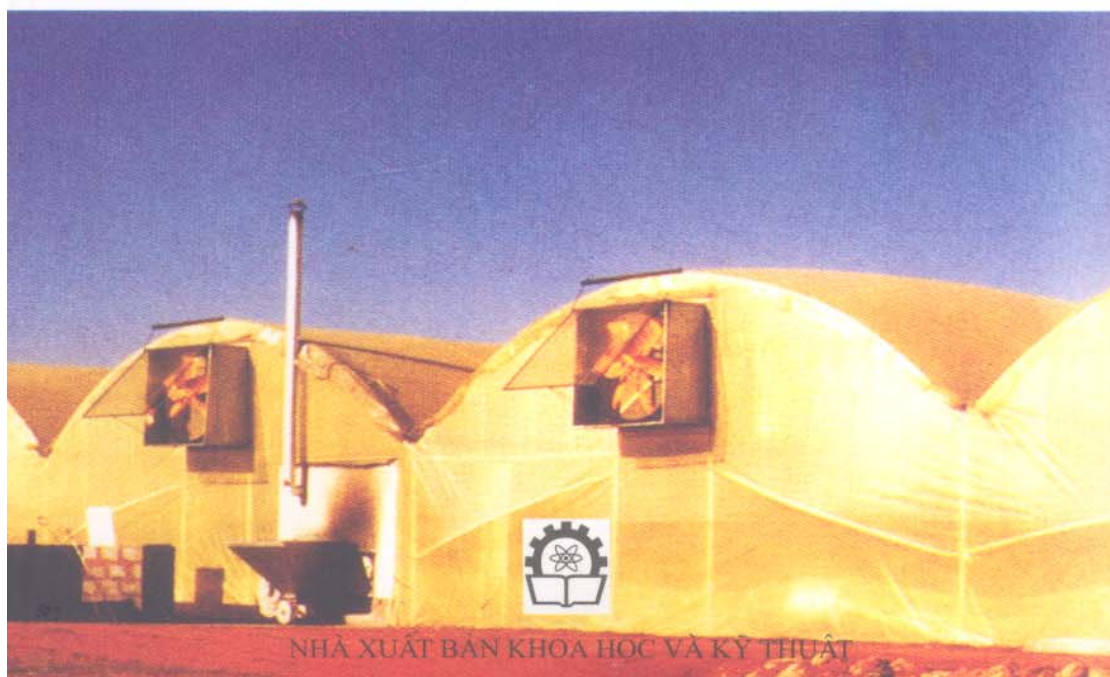




TRUNG TÂM TƯ VẤN CHUYỂN GIAO CÔNG NGHỆ
NƯỚC SẠCH VÀ MÔI TRƯỜNG
Chủ biên: PGS. TSKH. NGUYỄN XUÂN NGUYỄN

KỸ THUẬT THỦY CANH VÀ SẢN XUẤT RAU SẠCH



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



TRUNG TÂM TƯ VẤN CHUYÊN GIA CÔNG NGHỆ

NƯỚC SẠCH VÀ MÔI TRƯỜNG

Chủ biên: PGS. TSKH. Nguyễn Xuân Nguyên

KỸ THUẬT THỦY CANH VÀ SẢN XUẤT RAU SẠCH



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2004

Lời giới thiệu

Trung tâm Tư vấn Chuyển giao Công nghệ Nước sạch và Môi trường (CTC) thuộc Ban chỉ đạo Quốc gia về Cung cấp nước sạch và Vệ sinh môi trường là một tổ chức khoa học, công nghệ có chức năng đào tạo nâng cao trình độ cán bộ khoa học và công nghệ, cán bộ quản lý và công nhân kỹ thuật theo các chương trình của Ban chỉ đạo Quốc gia về Cung cấp nước sạch và Vệ sinh môi trường trong lĩnh vực phòng chống ô nhiễm công nghiệp.

Xin trân trọng giới thiệu cuốn sách “Kỹ thuật thủy canh và sản xuất rau sạch” do Trung tâm Tư vấn Chuyển giao Công nghệ Nước sạch và Môi trường biên soạn. Cuốn sách gồm tám chương:

Chương 1. Lịch sử kỹ thuật thủy canh

Chương 2. Kỹ thuật trồng sạch

Chương 3. Thực hành kỹ thuật thủy canh quy mô nhỏ

Chương 4. Dinh dưỡng trong trồng sạch

Chương 5. Khử trùng môi trường trồng trọt

Chương 6. Ưu điểm và nhược điểm của kỹ thuật thủy canh

Chương 7. Bệnh rễ và nấm bệnh rễ

Chương 8. Tính toán dinh dưỡng trong kỹ thuật thủy canh

Cuốn sách này là một trong những tài liệu dùng để tham khảo cho các cán bộ khoa học, cán bộ giảng dạy và sinh viên, đặc biệt dành cho các cán bộ khoa học thuộc lĩnh vực vệ sinh môi trường và an toàn thực phẩm.

Trong quá trình biên soạn chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của bạn đọc. Thư xin gửi về:

Trung tâm Tư vấn

Chuyển giao Công nghệ Nước sạch và Môi trường (CTC)

1001 Đường Hoàng Quốc Việt, Hà Nội

Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật

Chương 1

LỊCH SỬ KỸ THUẬT THỦY CANH

Khoa học hiện đại về thủy canh thực tế đã xuất hiện vào khoảng năm 1936 khi những thử nghiệm của tiến sỹ W.E. Gericke ở trường Đại học California được công bố. Ông đã trồng các loại cây trong nước trong đó có cây cà chua trong 12 tháng có chiều cao 7,5 m. Gericke công bố khả năng về thương mại của ngành thủy canh và đặt tên cho nó là “hydroponics” trong tiếng Hy Lạp là nước và “ponos” có nghĩa là lao động. Vì vậy thủy canh hiểu theo nghĩa đen là làm việc với nước.

Từ lâu con người đã biết trồng cây không cần đất. Vườn treo Babylon nổi tiếng là một hình thức thủy canh. Vườn nổi ở Trung Quốc đã được Marco Polo nói đến, cả nền văn minh Aztec và người Hy Lạp cổ đại đã áp dụng các hình thức thủy canh. Người Tây Ban Nha khi xâm chiếm Trung và Nam Mỹ đã phá hủy hoàn toàn nền văn minh Aztec. Belgian Van Helmont sau khi thực hiện các thí nghiệm đã chỉ ra rằng, thức ăn của thực vật không phải là đất. Ông đổ đầy đất khô vào chậu 90 kg, trồng liễu 2,25 kg vào nước mưa trong 5 năm. Ở cuối giai đoạn khi cây liễu nặng 72 kg nhưng đất chỉ mất đi 56,70 g. Từ đó ông kết luận rằng, trọng lượng cây có được là từ nước, nhưng ông đã sai khi phát hiện ra cây phát triển được cần phải có CO_2 và O_2 . Một điều kỳ diệu mà Van Helmont đã làm là tưới nước cho cây liễu trong 5 năm.

Năm 1699 ở Anh, John Woodward trồng cây trong nước có cho thêm những lượng đất khác nhau, và đã kết luận rằng, chính các chất hòa tan trong đất đã thúc đẩy sự phát triển của thực vật chứ không phải là đất.

Năm 1722 Priesley phát hiện ra rằng, cây xanh để trong buồng kín giàu CO_2 trong một thời gian sẽ sản sinh ra O_2 . Trong vòng hai năm Jean Ingen – Housz đã chỉ ra rằng, ánh sáng mạnh thúc đẩy nhanh quá trình tạo ra O_2 và O_2 chỉ có thể sinh ra từ những phần màu xanh của thực vật. Năm 1804 Nicholas de Saussure chứng minh rằng, nước và cacbon đồng thời tồn tại trong cây và kết quả là cây tăng trọng lượng. Hơn thế, sự tăng trưởng của cây không thể có được nếu rễ cây không hấp thu nitrat và các chất khoáng.

Nhiều thập kỷ sau đó các nhà hoá học đã phân tích thành phần cơ bản của thực vật và khả năng hấp thu dinh dưỡng cho sự phát triển của cây bằng thực nghiệm. Năm 1938 Hoagland đưa ra công thức dung dịch dinh dưỡng mà ngày nay vẫn còn được sử dụng.

Vào giữa thế kỷ XX ngành công nghiệp nhà kính ở Mỹ bắt đầu quan tâm đến các dung dịch dinh dưỡng nhân tạo. Năm 1931 người ta đã công bố phương pháp trồng cây cảm chướng trong nhà kính sử dụng cát sạch và các chất dinh dưỡng hòa tan thay cho đất. Trong khi đó, Gericke đã dùng dung dịch dinh dưỡng đậm đặc thoáng khí, ẩm để trồng thực vật nổi và kỹ thuật này rất thành công tuy ban đầu có khó khăn. Gericke xứng đáng với danh hiệu là người sáng lập ra phương pháp thủy canh hiện đại cả về ý tưởng khoa học và tính khả thi của phương pháp cho kết quả tốt. Tuy nhiên, những ứng dụng trên quy mô lớn khi đó còn rất ít, cho đến năm 1944 khi Mỹ sử dụng phương pháp thủy canh trồng rau cho quân đội ở vùng sâu vùng xa Đại Tây Dương và các nơi khác đã chứng minh rằng, mỗi vụ trồng 1/4 ha rau xà lách có thể cung cấp cho 400 người sử dụng.

Sau Chiến tranh Thế giới thứ hai, sự phát triển của ngành thủy canh tương đối chậm và chỉ đến thập kỷ cuối của thế kỷ XX sự phát triển của nó mới bắt đầu bùng nổ. Có rất nhiều nguyên nhân để giải thích tình trạng đó, nhưng nguyên chính là một số người cho rằng có thể ứng dụng thủy canh thành công trong thương mại. Mức độ quan trọng trong thương mại tăng lên sẽ dẫn đến phụ thuộc vào các ngành công nghiệp và cần trang bị thiết bị tốt

hơn. Các viện nghiên cứu của Nhà nước cũng như tư nhân có thể sẽ nhận được sự tài trợ để phát triển kỹ thuật thủy canh. Ngày càng có nhiều quốc gia nhận ra rằng, kỹ thuật thủy canh sẽ cho phép điều hòa được vấn đề cung cấp thực phẩm sạch, tươi, trước kia phải nhập khẩu với chi phí rất lớn. Cho tới cuối thế kỷ XX, kỹ thuật thủy canh mới chỉ đóng vai trò nhỏ nhưng trong thế kỷ XXI hy vọng nó sẽ đóng vai trò rất quan trọng trong cuộc sống con người.

Thủy canh không phải là khái niệm mới. Ngay từ ban đầu các nhà khoa học nghiên cứu cây trồng đã cho biết chất dinh dưỡng nào cần thiết cho cây phát triển. Năm 1699, tại Anh, John Wood Ward đã tiến hành nghiên cứu kỹ thuật thủy canh. Các kết quả khả quan thu được trong suốt thời gian tiến hành thí nghiệm. Sau này John Wood Ward cũng đã trồng cây trong dung dịch nước có bổ sung đất vườn. Bằng cách đó ông đã đi đến kết luận rằng, có một vài chất dinh dưỡng cần thiết cho sự phát triển của cây trồng được lấy từ đất mà bản thân trong nước không có được.

Sau khi nghiên cứu thành công, hướng phát triển kỹ thuật này đã được phổ biến sang Pháp, De Saussure (năm 1804) và Bousingault (năm 1851) đã chứng minh được đặc tính chung nhất về các thành phần cụ thể được lấy từ đất trồng và khí được lấy từ bầu khí quyển. Ngoài ra những nghiên cứu thí nghiệm khả thi của Sachs (1860) và Knop (1861) người Đức trong lĩnh vực thủy canh cũng đã được áp dụng trong trồng trọt.

Như các chuyên gia về thực vật học, hai nhà sinh lý học thực vật đã tạo ra dung dịch tổng hợp gồm các chất dinh dưỡng cần thiết nuôi cây hòa tan trong nước. Dung dịch này gồm các muối như kali phosphat, canxi sunfat cũng như những nguyên tố cần thiết khác như phospho, lưu huỳnh, canxi, magie, kali và sắt, ngoài ra còn có cả mangan. Vào thời gian đó dường như các nhà khoa học chưa có đủ điều kiện để hiểu biết nhiều hơn về các thành phần dinh dưỡng nuôi cây nên chúng bị bỏ qua. Các công thức về thành phần dinh dưỡng nuôi cây bằng phương pháp thủy canh cũng đã được công

bố và được sử dụng chính thức làm cơ sở cho việc bổ sung các kiến thức và các dữ liệu vào những tài liệu công bố ngày nay.

Từ đó nhiều nhà thực nghiệm, trong đó có thể kể đến Tollens (1882), Tottingham (1914), Shive (1915), Hoagland (1919), Trelease (1933) và Arnon (1938) đã sử dụng nhiều công thức và điều kiện khác nhau để nghiên cứu dinh dưỡng cây trồng.

Giáo sư Gericke và những cộng sự của ông có nhiều đóng góp không nhỏ trong lĩnh vực nghiên cứu dinh dưỡng cây trồng bằng phương pháp thủy canh.

Bằng kỹ thuật trồng cây trong bể chứa dung dịch nước và hỗn hợp dinh dưỡng nuôi cây, giáo sư Gericke đã trồng cây cà chua phát triển cao đến mức phải dùng thang để hái quả và sản lượng cà chua thu được rất cao.

Nhưng rồi một cuộc tranh luận trên báo chí nổ ra rất rầm rộ, đối với những nhà nghiên cứu nghiệp dư trong lĩnh vực thủy canh, thuật ngữ “hydroponics” dần dần chìm lắng. Mặc dù hoàn cảnh thế giới lúc đó đang có chiến tranh nhưng nhiều nghiên cứu về kỹ thuật thủy canh vẫn được tiến hành sẵn sàng chuyển giao cho thị trường. Các tác giả người Mỹ đã thiết lập các phương tiện nghiên cứu ở các trạm thực nghiệm trồng trọt và các trường đại học khác nhau, tại đó kỹ thuật thủy canh đã được thí nghiệm một cách rất thành công. Năm 1945, kỹ thuật thủy canh chính thức phát triển mạnh trong ngành trồng trọt.

Kỹ thuật thủy canh ban đầu dùng những bể có diện tích tới 11 m², với diện tích như vậy hàng tuần người ta có thể thu hoạch được: 15 kg cà chua, 20 cây rau diếp, 9 kg đậu, 7 kg rau bí ngô và 20 kg ngô ngọt. Một dự án về kỹ thuật thủy canh lớn nhất thế giới với diện tích 22 ha ở đảo Chofu, Nhật Bản được thực hiện trong một diện tích nhà kính 21.370 m² có 87 luống dài 91 m và rộng 1,25 m, môi trường trồng là cát vàng.

Phần lớn các nhà trồng trọt ở Mỹ đã dùng kỹ thuật trồng hoa trong nhà kính ví dụ như hoa cẩm chướng, hoa layon và hoa cúc, nhưng cũng có một số cơ sở thực hành trồng hoa theo kỹ thuật thủy canh.

Có những cơ sở trồng hoa bằng kỹ thuật thủy canh rất rộng ở Italia, Tây Ban Nha, Pháp, Anh, Đức và Thụy Điển. Trồng rau bằng kỹ thuật thủy canh đã trở thành phương pháp chung ở những vùng đất khô cằn như vùng vịnh Arập và Israel.

1.1. CÁCH TRỒNG CÂY – NHỮNG YÊU CẦU CƠ BẢN

Để thực vật phát triển nhanh và cho năng suất cao phải thỏa mãn tất cả những yêu cầu cơ bản. Nếu một trong những yêu cầu cần thiết không thỏa mãn thì cây kém phát triển hoặc phát triển rất khó khăn. Những yêu cầu thức ăn cho thực vật không khác nhiều so với động vật. Chúng ta hãy so sánh yêu cầu thức ăn cho thực vật và động vật như dưới đây:

Thực vật	Động vật
Nước	Nước
Chất khoáng	Thức ăn
Ánh sáng	Ánh sáng
Độ ẩm	Độ ẩm
Không khí	Không khí
Tiêu diệt bệnh và các loài gây hại	Tiêu diệt bệnh và các loài gây hại
Ổn định: tưới vào rễ và tránh gió	Môi trường thích hợp

Hiện nay người ta đã nghiên cứu nhiều loại thực vật có thể trồng bằng kỹ thuật thủy canh. Sau đây là một số nghiên cứu về chức năng của thực vật. Rễ

cây sẽ giữ cây trên mặt đất và hấp thu nước, chất khoáng, CO_2 và O_2 ..., đồng thời rễ cây cũng bài tiết ra các hóa chất không thích hợp.

Nhờ năng lượng ánh sáng Mặt trời chiếu sáng, chất lỏng trong cây đưa chất dinh dưỡng lên lá xanh hấp thu năng lượng bằng chất diệp lục trong lá. Năng lượng này kết hợp với nước (chất lỏng) và CO_2 trong không khí tạo ra cacbonhydrat như glucoza, cây nhả O_2 , quá trình chuyển hoá này được gọi là quang hợp. Khi không có ánh sáng Mặt trời, quá trình quang hợp kết thúc và quá trình xảy ra ngược lại. Một số cacbonhydrat sẽ phân hủy giải phóng năng lượng tạo thành các tế bào mới, phát triển rễ, hình thành lá và các cành mới... Cây nhả khí CO_2 , một lượng nhỏ dung dịch khoáng hòa tan cung cấp cho rễ đóng vai trò quan trọng trong các quá trình này.

Quá trình quang hợp là một trong những quy trình sống lớn của tự nhiên. Tổng khối lượng của nó 98% chủ yếu là từ sự kết hợp của nước và CO_2 , chỉ 2% là từ đất trong các khoáng chất. Khi cháy trong chu trình kín CO_2 , nước trở lại khí quyển và các chất khoáng thành tro.

1.1.1. Nước

Thực vật hấp thu năng lượng Mặt trời để phát triển vì thế cần phải đảm bảo nước theo yêu cầu của cây.

Thiếu nước có thể dẫn đến hệ thống rễ không lồ và cây còi cọc. Mặt khác, rễ cây có thể chết nếu tưới quá ít, thiếu không khí có thể mọc rễ tơ. Giun đất có thể tạo ra hàng dặm đường hầm xung quanh rễ cây giữ cho đất xốp.

Thường thực vật cần lượng nước lớn, ví dụ cây cà chua trong thời kỳ phát triển sử dụng 2.5 lít nước/ngày và cây dâu yêu cầu ít nhất 600 ml nước/ngày.

Cuối cùng, nước càng tinh khiết càng tốt. Nước bị nhiễm độc như nhiễm mặn làm cây còi cọc hoặc chết. Thủy canh có thể đảm bảo điều hòa việc cung cấp nước không bị nhiễm bẩn tưới tiêu cho rễ cây.

1.1.2. Nước – dung dịch khoáng

Chẳng hạn khi người làm vườn bón phân ngựa khô cho cây hoa hồng thì rễ cây không hấp thu được chất dinh dưỡng trong phân để đưa chất dinh dưỡng lên phía trên của cây. Vi khuẩn và giun trong đất đầu tiên phải phân hủy phân để giải phóng chất khoáng và chất dinh dưỡng. Sau đó các chất này có thể hòa tan trong nước, được rễ cây đưa lên lá.

Trong nhiều năm các nhà khoa học đã thực hiện nhiều nghiên cứu và đưa ra chính xác các chất khoáng yêu cầu đối với thực vật. Các cửa hàng kinh doanh thức ăn cho cây đã có tương đối đủ các thành phần các nguyên tố phổ biến nhất: nitơ, phospho, canxi, kali và nguyên tố khác như lưu huỳnh, magie, sắt, mangan, bo, kẽm, đồng và molybden. Cây cần các chất khoáng với số lượng nhỏ vì vậy người ta gọi chung là “các nguyên tố vi lượng”. Khi hỗn hợp phân và các chất bón cho cây phân hủy trong đất, các chất khoáng được giải phóng chậm, do vậy dễ gặp phải trường hợp thiếu chất khoáng và ảnh hưởng của sự thiếu chất khoáng sẽ được đề cập đến phần sau.

Một hệ thống thủy canh tốt phải cung cấp đủ hỗn hợp chất dinh dưỡng trực tiếp cho rễ cây.

1.1.3. Nhiệt độ và ánh sáng

Ngoài chế độ dinh dưỡng thích hợp đã nói (nước và dung dịch chất khoáng), cây còn cần đến nhiệt độ và ánh sáng. Nếu đất quá lạnh hệ thống rễ sẽ chậm phát triển. Điều này giải thích vào mùa xuân khi khí hậu bắt đầu ấm lên cây sẽ phát triển nhanh lên. Nhiệt độ tốt nhất đối với cây là khoảng

22⁰C; nhiệt độ dưới 15⁰C hoặc cao hơn 30⁰C sẽ làm cho cây phát triển chậm. Lượng ánh sáng thay đổi với từng loại cây, đủ ánh sáng sẽ làm cho cây phát triển khoẻ mạnh. Nhiệt độ thích hợp cho vùng rễ được đưa ra trong bảng 1.1.

Cây trồng theo phương pháp thủy canh có thể đặt ở bất cứ chỗ nào thay đổi tùy theo mùa hoặc đặt trong môi trường được thiết lập ổn định.

Bảng 1.1. Nhiệt độ thích hợp cho vùng rễ (⁰C)

Đậu	25	Dâu tây	25
Dưa chuột	29	Ngô ngọt	30
Đậu Pháp	25	Thuốc lá	28
Đậu Hà Lan	22	Cà chua	27

1.1.4. Không khí

Cây trồng cần một lượng không khí thích hợp cả ở trên và dưới mặt đất. Độ thoáng khí kém dễ làm cho nấm mốc phát triển và có thể làm thoáng khí bằng cách cắt tỉa bớt lá già. Các bầu trồng thủy canh thường được treo cao để xúc tiến thoáng khí cho cây trồng.

1.1.5. Kiểm soát bệnh và sâu hại

Cây khỏe có thể ít bị nhiễm bệnh, người ta thường sử dụng các dịch phun phòng chống bệnh khác nhau để giữ cho cây trồng trong điều kiện tốt nhất, loại bỏ những cây bị lão hoá hoặc nhiễm bệnh. Cây trồng thủy canh thường khỏe hơn nên cũng tránh được các bệnh.

Cây trồng có thể bị đổ khi gió thổi mạnh nên thường trồng tập trung thành từng khóm cây. Nếu lá bị rách, thân cây bị xoắn lại sẽ làm hệ thống rễ và cây phát triển kém. Vì vậy cần tìm các biện pháp che chắn cây. Đôi khi cần có giá đỡ để cho cây phát triển, lá nhận được nhiều ánh sáng Mặt trời, cây sẽ hô hấp tốt hơn và khỏe hơn, chống chọi với bệnh tật tốt hơn.

1.1.6. Những nhu cầu phù hợp với cây trồng thủy canh

Hệ thống thủy canh đơn giản chỉ là phương pháp cải thiện hình thức cung cấp thức ăn cho cây trồng. Cây có thể trồng trong chậu và thay đất bằng các vật liệu trơ ổn định gọi là môi trường trồng cây. Các vật liệu như cát, xỉ hoặc peclit có thể được sử dụng làm môi trường trồng cây. Một môi trường trồng cây tốt cần đáp ứng các yêu cầu sau:

- 1) Tạo nền đỡ tốt cho hệ thống rễ;
- 2) Duy trì đủ dung dịch dinh dưỡng cho rễ hấp thu;
- 3) Cho phép thoát nước tốt và tạo độ thoáng khí hợp lý;
- 4) Bảo vệ rễ tránh nhiệt độ cao.

Không như đất, môi trường trồng cây sạch không có giá trị dinh dưỡng đối với cây trồng, do vậy phải thường xuyên cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng dưới dạng dung dịch pha chế từ các chất khoáng hòa tan trong nước chất lượng tốt. Dung dịch được tưới vào chậu có chứa môi trường trồng cây. Với cách này môi trường là nơi trữ cả nước và chất dinh dưỡng đáp ứng cho nhu cầu của rễ.

Cây không sống bằng đất nên ít bị ảnh hưởng bởi bệnh tật và các loài gây hại, không bị cỏ dại và các thực vật khác phát triển cạnh tranh.

Môi trường thích hợp và được cung cấp đủ các thành phần dinh dưỡng sẽ làm cho cây phát triển tốt so với trồng cây trong đất trong cùng điều kiện.

1.2. THỨC ĂN CỦA CÂY TRỒNG VÀ DUNG DỊCH DINH DƯỠNG

Một số người nản lòng trồng cây theo phương pháp thủy canh khi họ đọc những kiến thức phức tạp về hỗn hợp 12 hay 13 hóa chất khác nhau, sau đó thử nghiệm nồng độ các chất, độ axit và độ kiềm của hỗn hợp. Ít người làm vườn có thể tự pha trộn các hóa chất với nhau và phần lớn chúng ta chỉ biết trồng cây vào kinh nghiệm của các nhà sản xuất đưa ra các công thức pha trộn hóa chất hoặc khoáng chất đã lập sẵn cho kỹ thuật thủy canh.

1.2.1. Các khoáng chất thiết yếu

Bảng 1.2 trình bày kết quả nhiều năm nghiên cứu của nhiều nhà khoa học. Đó là những chất khoáng đặc biệt cần thiết cho cây trồng. Thực tế cho thấy tình trạng thiếu chất khoáng thường gặp phổ biến hơn. Tuy nhiên cũng có trường hợp do con người cầu thả hoặc thiếu hiểu biết, đặc biệt trong thủy canh đã dùng quá nhiều chất khoáng gây ra cháy cây hoặc chết cây.

Nhu cầu chất khoáng cho cây trồng có thể khác nhau. Nhìn bề ngoài có thể không thấy hết được các đặc trưng của cây trồng khi thiếu chất khoáng. Các chất khoáng thường thiếu nhất trong hệ thống thủy canh là nitơ, sắt và mangan.

Tình trạng thiếu chất khoáng dễ dàng khắc phục được bằng định kỳ cung cấp dinh dưỡng cho cây và pha chế dự trữ các mẻ dung dịch dinh dưỡng mới. Bón cây đều đặn và đầy đủ thức ăn trong thời kỳ cây phát triển rất quan trọng, đặc biệt đối với cây trồng còn non. Chỉ lơ là chăm sóc trong vài tuần cây có thể chết. Cung cấp chính xác cân bằng các chất khoáng làm cho cây trồng phát triển nhanh không chịu bất cứ một ảnh hưởng xấu nào.

Bảng 1.2. Các chất khoáng chủ yếu, vai trò của chúng đối với sự phát triển cây trồng và những dấu hiệu thiếu hoặc dư thừa chất khoáng

Chất khoáng chủ yếu	Dấu hiệu thiếu chất khoáng	Dấu hiệu thừa chất khoáng
Nitơ (nitrat, amoni)	Cây mảnh khảnh, lá nhỏ và hơi vàng. Các phần của thân cây có thể có màu tía. Các lá non của cây cà chua rụng trắng. Lá đậu già có màu đỏ	Cây trồng rất khỏe, lá rậm có màu xanh sẫm, quả chín chậm Dễ bị mắc bệnh Dư NH_3 có thể gây hỏng rễ nếu vi khuẩn cố định đạm không thích hợp
Kali	Cây phát triển chậm, lá già có đốm nâu. Hoa ít và cây có nấm	Bất thường hấp thu chất độc Sự thiếu mangan có thể xảy ra
Phospho	Cây trồng nhỏ và xanh sẫm. Lá ở phía dưới vàng và có màu hơi tía vì phospho ra khỏi lá để phát triển lá mới. Lá quăn lại và rủ xuống. Quả ít và hệ thống rễ giảm	Không độc. Có khả năng giảm lượng đồng và kẽm
Canxi	Cây còi, lá nhăn. Các phần non chết và rụng hoa. Thiếu canxi cây cà chua có thể có vết nâu trên hoa. Các vết này có thể phân rã (hoa thối rữa), đặc biệt thời tiết nóng	Không có sự thay đổi đặc biệt nào
Lưu huỳnh	Lá non bị vàng và đổi thành màu tía ở các	Phát triển chậm và lá

	phần cơ bản của lá	nhỏ
Sắt	Hạn chế sự phát triển các cành mới và rụng hoa. Ban đầu màu vàng ở giữa gân lá và lá có thể mất viền. Sự thiếu hụt sắt có thể xảy ra ở cây cà chua	Rất hiếm. Thường thấy như các vết đen sau khi phun chất dinh dưỡng
Magie	Lá già quăn và xuất hiện màu vàng giữa các gân lá. Chỉ các lá non còn màu xanh	Không được mô tả
Bo	Thân cây giòn và chậm phát triển. Thân cây cà chua có thể bị quăn hoặc đôi khi nứt	Đầu lá bị vàng và khô
Mangan	Xuất hiện vàng lá ở giữa các gân và các chồi	Có khả năng giảm lượng sắt
Kẽm	Đôi khi lá nhỏ bị gấp mép	Có khả năng giảm lượng sắt
Molipđen	Lá nhỏ ngả màu vàng	Lá cà chua có thể có màu vàng sáng
Đồng	Lá bị đốm vàng	Có khả năng giảm lượng sắt

1.2.2. Tỷ lệ các chất dinh dưỡng

Mấy thập kỷ gần đây, hàng trăm công thức dinh dưỡng thủy canh đã được phát hiện. Một số được thiết kế cho các loại cây trồng đặc biệt, còn phần lớn được thiết kế theo các số liệu nồng độ trong bảng 1.3.

Các nhà cung cấp hóa chất dinh dưỡng cho thủy canh Ôxtrâyliia sử dụng các công thức gần với giá trị trung bình cho trong bảng 1.3. Thành phần dinh dưỡng quy định theo phân tích được ghi trên nhãn và khi số nhà sản xuất

tăng cần phải lựa chọn, đặc biệt khi mua với số lượng lớn. Nên tham khảo trước các thành phần dinh dưỡng kết hợp, sắt ở dạng chelat thích hợp hơn dạng sắt (II) sunfat vì giảm sắt cây sẽ kém phát triển.

Bảng 1.3. Nồng độ các thành phần dinh dưỡng trong dung dịch thủy canh (ppm)

Thành phần	Giới hạn	Giá trị trung bình được sử dụng
N (dạng NO ₃ ⁻)	70 ÷ 300	200
N (dạng NH ₃)	0 ÷ 31	25
K	200 ÷ 400	250
P	30 ÷ 90	40
Ca	150 ÷ 400	160
S	60 ÷ 330	70
Fe	0,5 ÷ 5	4
Mg	25 ÷ 75	50
Bo	0,1 ÷ 1	0,2
Mn	0,1 ÷ 1	0,7
Zn	0,02 ÷ 0,2	0,05
Mo	0,01 ÷ 0,1	0,04
Cu	0,02 ÷ 0,2	0,07

1.2.3. Sự thay đổi tỷ lệ các chất dinh dưỡng theo mùa

Cho đến gần đây người ta thường khuyến cáo rằng, vào mùa đông cần tăng hàm lượng kali và giảm nitơ. Một số nhà sản xuất còn đưa ra hỗn hợp dùng riêng cho mùa hè và mùa đông. Sự thay đổi này cần được đảm bảo trong suốt cả mùa đông dài ở Châu Âu nhưng không cần thiết trong điều kiện ở Ôxtrâyliia.

1.2.4. Làm thế nào để mua hoặc tạo ra hỗn hợp khoáng chất?

Các hoá chất dùng trong hỗn hợp dinh dưỡng không được sản xuất đơn lẻ từng nguyên tố mà chúng được sản xuất ở dạng hợp chất hóa học, do vậy chúng thường bị phân hủy theo thời gian, hoặc tương tác giữa chúng với nhau, nếu không được hỗn hợp đúng sẽ gây ra phản tác dụng. Đại đa số chúng ta đều cho rằng để đi mua hơn 10 hóa chất rồi cân đo, pha trộn là một công việc mất thời gian và hoàn toàn không kinh tế. Do vậy, cách tốt nhất là tính toán lượng hỗn hợp dinh dưỡng tối thiểu cần thiết sau đó đến cửa hàng đặt vấn đề cung cấp. Khi mua với khối lượng lớn sẽ còn kinh tế hơn (nhờ giảm giá).

1.2.5. Chất lượng nước

Nước dùng trong sinh hoạt thường thích hợp với phương pháp trồng thủy canh, nếu có nghi ngờ về hàm lượng khoáng phải kiểm tra ở các cơ sở tư vấn nông nghiệp địa phương. Độ muối cao hơn 250 ppm sẽ gây khó khăn cho việc sử dụng nước của người trồng thủy canh không chuyên. Người ta cũng có thể dùng nước mưa ở những vùng khô cần, đặc biệt nếu sử dụng hệ thống tuần hoàn sẽ có được lợi ích kinh tế.

1.2.6. Kiểm tra dung dịch dinh dưỡng

a) Kiểm tra độ dẫn điện

Người ta dùng thiết bị đo độ dẫn điện để đo tổng cường độ của dung dịch dinh dưỡng. Các thiết bị đo hoạt động trên nguyên tắc nồng độ khoáng chất càng cao, điện trở càng thấp thì dòng điện đi qua càng cao. Độ dẫn điện hoặc E.C vượt quá $10^6 \Omega/\text{cm}$ và hầu hết các dung dịch dinh dưỡng có độ dẫn điện bằng 2. Độ muối tăng lên khi đọc được E.C bằng 4 hoặc cao hơn sẽ làm tổn hại cây. Các thiết bị đo chủ yếu được người trồng cây kinh doanh sử dụng để kiểm soát mức cân bằng của dung dịch dinh dưỡng, với người trồng cây không chuyên không cần thiết.

b) Kiểm tra độ pH

pH thể hiện độ axit hoặc độ kiềm của dung dịch. Dung dịch trung tính có độ pH = 7, dung dịch có độ pH > 7 có tính kiềm, còn pH < 7 dung dịch có tính axit. Hầu hết cây trồng phát triển tốt khi dung dịch dinh dưỡng có độ pH = 5,5 – 6,5, dung dịch có tính axit nhẹ. Khi hòa tan các thành phần dinh dưỡng trong nước, độ pH thường đạt pH = 6 là lý tưởng. Thiết bị đo độ pH khá đắt do vậy người trồng cây không chuyên khi chưa có điều kiện không cần mua thiết bị này. Các thiết bị đo pH có bộ phận quan trọng nhất là bộ phận quan trắc có thang đo rộng, giữ cho pH trong phạm vi giới hạn rất hẹp để phù hợp với cây trồng, đặc biệt trong thời gian phát triển, độ pH tăng lên đều đều và bộ phận quan trắc cho phép kiểm tra được độ pH bằng cách cẩn thận cho thêm axit.

1.2.7. Điều chế và thay thế dung dịch dinh dưỡng

Trong hệ thống không tuần hoàn, dung dịch dinh dưỡng được điều chế như yêu cầu chỉ dẫn trên bao bì. Phần lớn các chất trộn không hòa tan hoàn toàn, đặc biệt muối canxi sẽ ở dạng kết tủa sau khi trộn. Một số canxi hòa

tan chậm, có thể trên một ngày. Một số người trộn chất dinh dưỡng trong chậu nhỏ, chất phân chưa tan ra, làm như vậy có khả năng dẫn đến thiếu hụt chất canxi. Có thể khắc phục được vấn đề chất khoáng khó hòa tan như canxi bằng cách sản xuất theo hai hoặc ba hệ thống có thay đổi thành phần, song chỉ sử dụng trong trường hợp thủy canh kinh doanh quy mô lớn và đặc biệt.

1.3. MÔI TRƯỜNG CHO CÂY TRỒNG THỦY CANH

Có ba lý do chính giải thích tại sao chúng ta thay đất bằng môi trường trồng trong phương pháp thủy canh:

Thứ nhất, mặc dù đất có chứa các sinh vật có ích như vi khuẩn và giun nhưng nó cũng chứa nhiều hiểm họa đối với cây trồng. Vi khuẩn và nấm mốc trong đất gây hại ở các giai đoạn phát triển khác nhau của cây trồng. Ngoài ra còn có cỏ hoặc cây dại khác mọc quanh.

Thứ hai, phương pháp thủy canh định kỳ cung cấp các chất khoáng theo yêu cầu thông qua các dung dịch dinh dưỡng nên không cần đến đất.

Thứ ba, nếu dùng đất, đất sẽ bị rửa trôi theo hệ thống tuần hoàn dung dịch dinh dưỡng, làm tắc ống dẫn và các vòi phun tưới.

Môi trường thích hợp thay thế đất trong phương pháp thủy canh phải có các đặc tính sau: thành phần của nó phải thích hợp cho hệ thống rễ cây. Môi trường ổn định, chắc chắn, có khả năng hấp thu và giữ ẩm. Hơn nữa, môi trường phải có độ xốp để lưu thông không khí quanh hệ thống rễ và có đặc tính thoát nước tốt. Cuối cùng, môi trường phải bảo vệ hệ thống rễ, chịu được sự khắc nghiệt của nhiệt độ.

Dưới đây ta sẽ xem xét một số loại môi trường thường sử dụng phổ biến nhất.

1.3.1. Cát

Cát là một trong những môi trường được sử dụng sớm nhất, rẻ, luôn có sẵn và dễ làm sạch. Thường dùng cát thô vì cát mịn thoát nước kém. Hai nhược điểm trong việc sử dụng cát là trọng lượng cát nặng khi ướt và tốc độ khô nhanh. A. H. Sundstrom đã có những thành công đáng kể trong việc sử dụng môi trường cát.

Thực tế có rất nhiều loại vật liệu khác nhau. Ví dụ như cát vàng, sỏi với nhiều hình dáng, kích thước, cấu tạo và màu sắc khác nhau. Cát vàng có thể có kích thước từ 0,25 đến 2,0 mm, đá nhỏ có thể có các góc cạnh hoặc tròn. Các vật liệu khoáng có chứa đá vôi như vỏ sò, cát có thể bị nhiễm bẩn các chất phù sa hoặc các chất hữu cơ.

Cát tốt nhất để sử dụng là cát khai thác từ sông hồ được rửa sạch có đường kính theo thứ tự giảm dần 2,0 đến 0,6 mm, hoặc có thể nhỏ hơn nhưng thường rất khó khai thác được loại cát có đường kính nhỏ hơn.

Cát dùng trong xây dựng thường phù hợp và phổ biến hơn cả, dễ khai thác. Một vài loại cát xây dựng có thể lẫn cả vỏ sò hoặc các chất đá vôi khác có thể làm thay đổi cân bằng pH trong dung dịch dinh dưỡng.

Những nhà trồng vườn kinh doanh có thể sơ bộ xử lý cát lẫn đá vôi bằng dung dịch supephosphat qua đêm. Sau khi xử lý vỏ sò vẫn còn phủ một lớp tricanxi phosphat, sau một thời gian nó sẽ khử dung dịch dinh dưỡng.

Có thể kiểm tra đơn giản để xác định xem trong cát có chứa vỏ sò hay không bằng cách đặt một lớp cát dày khoảng 6 mm trong cốc thủy tinh đựng nước pha một lượng axit HCl. Hiện tượng sủi bọt ít hay nhiều trong cốc cho biết lượng vỏ sò ít hay nhiều.

1.3.2. Xỉ

Xỉ được sử dụng chủ yếu trong xây dựng làm bê tông nhẹ. Các hạt màu đỏ cứng có nguồn gốc từ núi lửa và hấp thu nước tới 22% trọng lượng thông qua mao dẫn. Xỉ được sử dụng phổ biến trong trồng cây kinh doanh vì tương đối rẻ. Kích thước hạt được sử dụng trong phương pháp thủy canh có đường kính từ 5 đến 10 mm. Bản chất hạt rỗng cho phép tuần hoàn không khí tốt. Nhược điểm chính của xỉ là nặng.

Ở Melbourne xỉ qua sàng kích thước 1 cm được đóng trong các túi 5 kg và 10 kg đóng mác "Hydrorock", có giá bán khoảng 3 -5 USD /10 kg rất phù hợp với các bình trồng cây trong gia đình.

1.3.3. Chất khoáng peclit

Peclit là môi trường rất hữu ích, cực kỳ nhẹ, khả năng giữ nước cao do Công ty liên doanh Peclit Australia sản xuất. Peclit chính do đá ở núi lửa màu xám (nhôm silicat) nung đến trên 1.000⁰C thành các hạt tơ màu trắng. Hạt có kích thước 3 mm và được bán để sử dụng trong kỹ thuật thủy canh là loại Peclit P500 đựng trong các túi 100 l nặng chỉ khoảng 8 kg. Các túi nhỏ có thể mua ở các vườn ươm, nhưng không kinh tế khi trồng cây bằng phương pháp thủy canh quy mô lớn. Peclit quá mịn không phù hợp cho trồng thủy canh. Peclit tương đối ổn định, thoát nước tốt mặc dù có mức hấp thu nước cao (27%), nhưng thấm chậm qua các chất khoáng nên đó là ưu điểm. Do giá thành cao nên ít được sử dụng khi trồng cây kinh doanh bằng phương pháp thủy canh. Nhưng peclit mịn được sử dụng để trồng cây giống và các cành chiết. Do nhẹ nên peclit được sử dụng phổ biến để trồng cây bằng phương pháp thủy canh trong nhà.

Phải cẩn thận khi sử dụng peclit khô vì bụi peclit có hàm lượng silic cao, hít phải dễ bị sưng phổi. Để lắng bụi peclit khô cần tưới nước vào các túi bằng plastic đặt trong không khí. Phun nhẹ vào bên trong túi plastic bằng vòi

tươi trước khi đưa peclit vào sẽ an toàn khi sử dụng. Không nên cho quá nhiều nước hoặc đóng túi plastic quá nặng.

Một lượng peclit mịn dư có thể lắng thành bùn hoặc đóng thành khối ở chỗ thoát nước của chậu. Để hạn chế ảnh hưởng của chất lắng không nên cho dịch lỏng ngập chậu vì dễ làm cho peclit kết tủa. Peclit chất lượng tốt sinh ra rất ít bùn.

Về bản chất, khoáng chất peclit có nguồn gốc từ các nham thạch núi lửa, được sử dụng rộng rãi tại Mỹ. Về thành phần cấu tạo, peclit là hợp chất không tan của silic đioxyt nhôm, natri, và kali có thành phần như ở bảng 1.4.

Bảng 1.4. Thành phần cấu tạo của peclit

Thành phần	%
Silic oxyt (SiO_2)	73,06
Nhôm oxyt (Al_2O_3)	15,30
Sắt oxyt (Fe_2O_3)	1,05
Canxi oxyt (CaO)0,80	1,92
Magie oxyt (MgO)	0,05
Kali oxyt (K_2O)	4,50
Natri oxyt (Na_2O)	3,65

Chất khoáng thiên nhiên cung cấp cho trồng thủy canh phải được sàng lọc và nung ở nhiệt độ 910^0C , ở nhiệt độ này sẽ tạo ra nhiều lỗ hổng nhỏ trên bề mặt. Trong quá trình nung nóng, khối khoáng chất phồng to gấp bốn đến hai mươi lần khối ban đầu.

Dấu hiệu để biết được khối lượng đó đã đạt yêu cầu chưa căn cứ vào hình dáng của khoáng chất và khối lượng riêng thấp của nó. Sau khi nung bề mặt riêng tăng lên rất nhiều và các bọt khí bay ra tạo thành những lỗ hổng có khả năng thấm hút nước nhiều hơn so với các phần tử khoáng chất chưa nung. Khoáng chất peclit trên thị trường Nam Phi thường sử dụng có đường kính từ 2 đến 3 mm và có khối lượng riêng từ 80 đến 110 kg/m³.

Khoáng chất peclit là môi trường lý tưởng cho hạt nảy mầm cũng như dễ phát triển theo kỹ thuật thủy canh. Hầu hết sử dụng khoáng chất peclit trong môi trường có pH trung tính. Nhược điểm của khoáng chất peclit là mềm, do đó khi vận chuyển phải nhẹ nhàng.

Khoáng chất là hợp chất silic, sắt, nhôm, magie hydrat trong thành phần hoá học. Hợp chất này tồn tại tự nhiên ở những phiến đá mỏng. Chất khoáng này được khai thác ở Phalaborwa vùng Đông bắc Transvaal và được xuất khẩu sang các quốc gia khác.

Để sản xuất khoáng chất phục vụ cho nghề làm vườn cần phải tạo ra lớp bùn lắng, khi nó lơ lửng trong nước thì pH đạt giá trị trung tính. Phần lớn chất khoáng dùng trong công nghiệp có giá trị pH lớn hơn 9 và do vậy chất khoáng dùng trong công nghiệp không thể áp dụng trong nông nghiệp. Nhưng trong thực tế cũng có lớp bùn lắng tự nhiên có giá trị pH chỉ thay đổi xung quanh giá trị trung tính 7 một chút. Kích thước các hạt khoáng vào khoảng 1 đến 3 mm là phù hợp với việc gieo trồng.

Khoáng chất phục vụ cho ngành làm vườn được tiêu thụ rộng rãi. Một công ty nghiên cứu chủ yếu về khoáng chất phục vụ cho ngành làm vườn của Mỹ có chất lượng hàng đầu.

Đầu tiên khoáng chất khai thác đem về được nghiền ra và lọc để có được kích thước phù hợp với mục đích trồng trọt. Sau đó đem nung trong lò với nhiệt độ khoảng 1.000°C . Trong quá trình này nước hydrat hoá thành hơi các khoáng chất tạo thành nhiều lớp mỏng được nén lại với nhau và sản phẩm cuối cùng có đặc tính hấp thu, nhẹ (khoảng 110 kg/m^3) và vô trùng.

Do đó những hạt khoáng chất này rất có lợi đối với môi trường phát triển trong kỹ thuật thủy canh và nó trở nên lý tưởng đối với các trang trại và hộ gia đình không có nhiều cơ hội tiếp cận với những phương pháp khác.

Tuy vậy phương pháp bón cây bằng chất khoáng cũng có những nhược điểm nhất định:

- Nhược điểm thứ nhất: khi các mao quản mới và đầy thì môi trường hoạt động rất tốt, nhưng sau một thời gian sử dụng các mao quản bị hao mòn và hư hỏng, vì vậy vật liệu cần phải được phục hồi những tính chất tự nhiên.
- Nhược điểm thứ hai: khó khăn cho việc khử trùng bằng hóa chất các khoáng chất đã sử dụng. Với cát vàng việc khử trùng và rửa không khó khăn. Nhưng đối với các chất khoáng thì có khó khăn vì độ hấp thu của nó rất lớn. Tại các khu vực có nhiều gió, các phần tử khoáng nhẹ trên bề mặt có xu hướng dễ bay hơn. Có thể khắc phục hiện tượng này bằng cách trộn các phần tử khoáng chất này với cát, nhưng do có sự khác nhau về khối lượng riêng (phần tử khoáng chất 110 kg/m^3 , cát 1.400 kg/m^3) nên không thể khắc phục bằng cách trộn một cách tuyệt đối được (được tác giả đã coi đây là một vấn đề cần thiết đối với bất kỳ một người làm vườn nào). Trộn khoáng chất với môi trường rắn khác, đặc biệt là cát.

Bảng 1.5. Ưu điểm và nhược điểm của khoáng chất

Ưu điểm	Nhược điểm
Tính thấm hút cao, có khả năng giữ được độ ẩm trong những ngày khô, nóng	Độ ẩm quá lớn đối với điều kiện khí hậu ướt
Phải có quạt thoáng khí để cung cấp oxy cho rễ cây	Nếu độ ẩm quá lớn chất khoáng sẽ rơi ra
Chất khoáng rất khó tái sinh	Không thể dễ tái sinh khoáng chất vì rất khó làm sạch bên ngoài nó trong môi trường hoá học
Đặc tính nhẹ nên dễ vận chuyển	Ở những vùng có nhiều gió thì các hạt nhẹ không thích hợp

Tuy nhiên khoáng chất là môi trường lý tưởng cho các hạt cây trồng phát triển. Đây là trạng thái ẩm bởi vì nó giữ nhiệt tốt, đó là một ưu điểm dễ thấy trong việc gieo hạt.

Nói tóm lại, khoáng chất phù hợp đối với các mô hình như sau:

- Những nơi muốn được tiếp cận thực tế với kỹ thuật thủy canh bằng chai lọ hoặc trong các hốc cửa sổ tại ban công và trong nhà.

- Hầu hết những người làm vườn đều mong muốn có được những kiến thức phổ thông về phương pháp này- phương pháp mà khi gieo hạt trong vườn hay trong chai lọ bằng thủy canh đều có hiệu quả cao.

- Người làm vườn mong muốn được trồng cây theo phương pháp này không chỉ ở quy mô nhỏ mà còn với quy mô lớn.

Những vấn đề trên không được áp dụng với việc trồng hoa và rau để kinh doanh. Vì vậy chỉ có lai tạo và cấy ghép cây theo phương pháp công nghiệp thì mới có hiệu quả, mới đáp ứng được yêu cầu cho kinh doanh. Khi trồng cây theo phương pháp công nghiệp thì giá trị pH trong nước cần đạt lớn hơn 9,5. Với giá trị pH đó không thể sử dụng kỹ thuật thủy canh nếu như không có biện pháp điều chỉnh thích hợp.

Những người trồng cây theo kỹ thuật thủy canh muốn sử dụng khoáng chất vào gieo hạt, nhưng cần phải xác định được giá trị pH thích hợp để cho hạt gieo phát triển. Trong nước cất giá trị pH trên 7,5 nên cần phải xử lý.

Dưới đây là một vài biện pháp xử lý:

- Cho vào mỗi túi nylon 1 kg khoáng chất, 8 lít nước và 20 g monoamoni phosphat rồi khuấy cho tan ra.

- Cho thêm các hạt khoáng chất vào.

- Khuấy liên tục và để lắng qua đêm.

- Rót dung dịch đã lắng vào khay có hạt trong đó.

- Thay nước bốn lần, sau mỗi lần rửa phải tháo nước ra trước khi rửa lần khác.

Bể chứa dung dịch phù hợp cho sự phát triển của cây. Hạt cây sẽ nảy mầm và phát triển bình thường trong dung dịch.

Khi trồng với số lượng lớn áp dụng biện pháp xử lý tương tự như cách sử dụng khoáng chất, ví dụ trồng cây theo phương pháp kỹ thuật thủy canh hoặc trồng trong bồn hoa bên cửa sổ, mỗi trường hợp như vậy sử dụng dung dịch nước theo tỷ lệ monoamoni phosphat 20 g : 1kg khoáng chất.

Kinh nghiệm gần đây cho thấy, thành phần khoáng chất trong công nghiệp có giá trị pH quá cao thường phải giảm tới độ pH = 7 bằng cách tưới nhỏ giọt liên tục.

1.3.4. Chất khoáng vecmiculit

Nhờ sản xuất hàng loạt theo quy mô thương mại, ở Ôxtrâyliia loại khoáng này đã có giá rẻ hơn nhiều so với trước, hiện giá bán tương tự như peclit. Giống như peclit, vecmiculit được sản xuất ở nhiệt độ cao bằng cách xử lý các khoáng chất. Các mảnh mica thô có chứa nhôm silicat và sắt silicat nở ra gấp vài chục lần thể tích ban đầu và trở thành các hạt cực nhẹ xốp có thể chứa đến 50% thể tích nước. Hầu hết các nhà trồng vườn đều biết đến sản phẩm này với màu nâu tươi, đóng gói hỗn hợp. Các hạt mịn là môi trường lý tưởng giữ ẩm và bảo vệ hạt nảy mầm.

Trong kỹ thuật thủy canh người ta còn dùng hỗn hợp vecmiculit với xỉ hoặc peclit theo tỷ lệ 1:5 hoặc 1:10 để tăng cường khả năng giữ nước của hỗn hợp. Nhược điểm của vecmiculit là không như các môi trường khác, nó có xu hướng bị gãy vỡ theo thời gian, làm tắc hệ thống dẫn, lọc tuần hoàn, ở các hệ thống đơn giản hơn thì khả năng thoát nước giảm.

1.3.5. Vật liệu nền growool

Loại vật liệu nền này do Công ty CSR Bradford (Melbourne) đưa ra thị trường vào năm 1982, một sự kiện đáng kể trong lĩnh vực thủy canh được đón nhận nồng nhiệt. Nhiều năm trước đó người ta chỉ biết có một vật liệu nền dạng hạt tương tự được dùng phổ biến ở Châu Âu, đặc biệt ở Hà Lan và Đan Mạch. Các nhà trồng vườn kinh doanh ở các nước này đã sử dụng loại vật liệu nền này trong nuôi trồng thủy canh, kể cả cà chua, rau diếp, dưa chuột, các loại hoa và nhân giống cây.

Growool được sản xuất bằng cách nung hỗn hợp đá badan, đá vôi và silica đến 1.600°C , sau đó được xử lý đặc biệt để tạo ra các khối sản phẩm.

Sản phẩm growool cực nhẹ, một mét khối chỉ cân nặng có 80 kg, có thể dùng dao sắc cắt thành từng miếng theo hình dạng kích thước yêu cầu. Growool là vật liệu vô cơ khô, trơ và không liên kết với bất cứ hóa chất nào trong cấu trúc của nó. Growool có khả năng giữ nước và không khí tuyệt vời,

đến 80% nước và 17% không khí. Vật liệu này có giá thành tương đối rẻ được bán trên thị trường có dạng khối được bao gói cẩn thận. Người ta gieo hạt hoặc cho hạt đã nảy mầm lên đó. Khi cây đủ lớn thì hạ dần khối vật liệu ngập sâu hơn trong khay chứa dung dịch dinh dưỡng. Ưu điểm đặc biệt của vật liệu nền growool là có thể di chuyển cây từ chỗ này đến chỗ khác. Ví dụ khi trồng rau thơm có thể cho vào chỗ thích hợp, đến khi hết lại đưa ra nuôi trồng lúa khác. Tương tự như vậy, khi trồng rau diếp hoặc hoa cũng có thể chuyển đến nơi dùng tại chỗ, sau đó dùng lại vật liệu nền để trồng mới.

Growool là vật liệu không độc, an toàn khi dùng trực tiếp, đây là ưu điểm lớn đối với những người bận rộn. Ban đầu, khi rửa growool sẽ có bọt vàng nổi lên, chất dịch này hoàn toàn trung tính và không có ảnh hưởng độc hại. Tuy nhiên, người ta vẫn cảnh báo rằng, khi bổ sung những khối vật liệu mới vào hệ thống tuần hoàn, nếu đột ngột xuất hiện bọt vàng nên khử bỏ ngay. Vật liệu growool ngâm nước có pH = 7 sẽ luôn duy trì ở pH = 7. Trước khi trồng hạt nảy mầm, tốt nhất nên cho vật liệu bão hòa với dung dịch dinh dưỡng đậm đặc và điều chỉnh sao cho pH xuống 6,2 là mức pH thích hợp với cây trồng. Khi dùng vật liệu growool thường xảy ra hai vấn đề. Thứ nhất, do khả năng giữ nước cao nên cần phải có biện pháp tiêu nước tốt để tránh phải dùng quá nhiều dung dịch dinh dưỡng. Nếu hệ thống rễ bị ngập nước sẽ làm cây phát triển chậm. Thứ hai, về mặt mỹ quan, lớp bề mặt nền luôn bị bao phủ lớp rêu, tảo đen thối. Để tránh hiện tượng này người ta khuyến dùng chất dẻo mờ hoặc bọt xốp che chắn quanh cây. Các phương tiện bảo vệ này đều có bán kèm khi mua vật liệu nền growool. Mặc dù growool là vật liệu không độc song vẫn có khả năng kích thích da khi tiếp xúc với vật liệu khô. Khi xảy ra trường hợp này, nên dùng nước sạch rửa ngay vùng tiếp xúc. Các hạt mịn growool có thể thấm qua da, tuy nhiên chúng sẽ mềm ra khi tiếp xúc với nước. Vật liệu growool cũng có thể chế tạo ở dạng hạt, thông thường loại này thường có được do tận dụng từ vật liệu dạng khối đã qua sử dụng. Chất lượng không hề thua kém loại dạng khối. Hạt growool được đóng gói 12,5kg/bao, chủ yếu làm nền ươm hạt, ví dụ như ươm hạt cà chua.

1.3.6. Vật liệu nền là đất sét nung

Cát hạt đất sét nung là loại vật liệu nền đặc biệt, được dùng phổ biến ở Châu Âu. Vật liệu này có sẵn ở Ôxtrâyliia song ở đó lại sử dụng rất ít, chỉ thông dụng trồng cây trong gia đình. Người ta nung đất sét trong lò đến 1.200°C và xử lý theo một quy trình đặc biệt. Đất sét nở ra và sản phẩm rắn cuối cùng có độ xốp cao cho phép giữ nước và không khí tốt. Các hạt nung sắc cạnh được sản xuất ở Ôxtrâyliia lại không thích ứng cho kỹ thuật thủy canh, chúng được dùng để hấp thu chất thải công nghiệp như dầu động cơ ở các trạm sửa chữa xe máy.

Đất sét nung được ứng dụng rất thành công trong các hệ thống thủy canh đơn giản. Nhiều hãng sản xuất đất sét nung có đại lý ở Ôxtrâyliia, đưa ra thị trường những sản phẩm trọn gói được thiết kế khôn khéo cho sử dụng trong gia đình, thích hợp với các hệ thống thủy canh nhỏ, tuy nhiên khá đắt so với các loại vật liệu khác.

Các chất nền thủy canh khác cũng có nhiều tài liệu đề cập đến song thường khó sử dụng. Một số nơi dùng mùn cưa cũng cho kết quả tốt, tuy nhiên những người trồng thủy canh không chuyên không nên dùng vì khả năng thoát nước của mùn cưa kém, mùn cưa hấp thu mất dinh dưỡng và dễ gây bệnh hại. Mùn cưa không phải là vật liệu trơ và thường nhanh hư hỏng.

Các vật liệu hữu cơ tổng hợp cũng được phát triển dùng làm chất nền cho kỹ thuật thủy canh, bao gồm polystiren trương nở, bọt polyuretan và ureformandehyt. Các vật liệu này hoàn toàn trơ và khá đặc trưng trong ứng dụng thủy canh.

Các hạt phenolit gần đây cũng thu hút sự chú ý của nhiều người trong kỹ thuật thủy canh trồng cà chua, dưa chuột, hồ tiêu và nhiều loại cây trồng trong nhà kính khác. Do cấu trúc ổn định và độ xốp cao (97 - 98%), khả năng giữ nước cao và thông gió tốt.

Bảng 1.6. Những ưu điểm và nhược điểm của các môi trường

Môi trường	Đơn giá	Trọng lượng	Thời gian sử dụng	Khả năng giữ nước	Khả năng biến đổi
Cát	Thấp	Rất cao	Nhiều năm	Rất kém	Trung bình
Xỉ	Thấp	Rất cao	Nhiều năm	Trung bình	Trung bình
Pedit	Cao	Trung bình ⁽¹⁾	1 - 3 năm	Cao	Cao
Chất khoáng	Cao	Trung bình ⁽¹⁾	1 - 2 năm	Cao	Cao
Chất xơ	Cao	Cao	Nhiều năm	Rất cao	Rất cao
Chất nền dạng hạt	Trung bình	Trung bình ⁽¹⁾	Nhiều năm	Rất cao	Rất cao

Ghi chú: 1) trọng lượng ẩm.

1.4. ỨNG DỤNG SINH KHỐI THỰC VẬT NHÂN GIỐNG CÂY TRỒNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP GIÂM CÀNH Ở MỘT SỐ NƯỚC TRONG KHỐI ASEAN

1.4.1. Indônêxia

1.4.1.1. Phương pháp giâm cành trong bể sục khí

Phương pháp này đã được áp dụng có hiệu quả trong thực tiễn với các cành giâm thực vật *Anisoptera margita*, *Shoreasmithiana*, *S. laevis*, *S. ovalis*, *S. blanco* và *S. pauciflora* (Smits và Yasman, 1988) trong danh sách 60 loài đã được nhân giống thành công. Phương pháp này cho kết quả 90 – 100% rễ phát triển. Một vườn ươm thực nghiệm ở Trạm nghiên cứu Wanariset thuộc

Sở Nghiên cứu và Phát triển lâm nghiệp Indônêxia sử dụng kỹ thuật này đã cung cấp các sản phẩm thủy canh thương mại. Khu lâm nghiệp PT Inhutani I Kongnah ở vùng Đông Kalimantan dùng phương pháp này trong chương trình trồng rừng của họ và thu được 500.000 cành giâm một năm.

a) Bể sục khí

Có ba loại bể nhân giống đang được sử dụng: bể bê tông cao, bể bê tông đặt sát mặt đất và bể làm bằng các tấm gỗ mỏng lót chất dẻo. Kiểu bể thứ ba là loại mới được đề xuất sử dụng cho các vùng sâu vùng xa, nơi cần có những phòng ươm tạm thời rất thực dụng và kinh tế. Kích thước bể thường 1 m (rộng) x 5 m (dài) x 0,4 m (sâu) đặt trong nhà kính. Dùng quạt hoặc máy nén không khí, hoặc thiết bị tương tự gắn vào bên trong bể ươm để giữ cho rễ có đủ lượng khí, đẩy nhanh sự phát triển của rễ và ngăn cản sự nhiễm từ các loài nấm. Đảm bảo sục khí ở mức thích hợp sẽ quyết định sự phát triển của rễ. Các mẫu thực vật cắt ra được cắm vào giữa khe của khung chữ nhật, đó là một rãnh nhỏ chắc dài 1 m, rộng 12 cm làm từ sợi cọ sấy khô và được kẹp chặt bằng các thanh nhôm (các sợi cứng màu đen giữ cho ánh sáng xuyên thấu phần thực vật ngâm trong dung dịch dinh dưỡng). Dùng kính hoặc tấm chất dẻo trắng dây lên thùng để duy trì độ ẩm theo yêu cầu (90%). Dùng bao tải dày ẩm đặt trên kính hoặc tấm chất dẻo để giảm bớt ánh sáng Mặt trời, giảm tốc độ bốc hơi và duy trì nhiệt độ trong bể sục khí ở mức tối ưu cho rễ phát triển (23°C - 26°C).

b) Nguồn và thu gom cành giâm

Thu gom các chồi trên cùng một gốc hoặc các chồi mọc thẳng đứng của các cây con cao khoảng 10 ÷ 12 cm với ba lá phát triển tự nhiên từ các cành. Chỉ thu thập các chồi mọc thẳng, không lấy các chồi mọc nghiêng vì khó có thể phát triển thành các cây mọc thẳng. Để chồi cây mọc thẳng hơn, phía trên vườn che lưới nhựa mắt rộng màu xanh lá cây. Các cây giống con trong vườn giâm tạo ra từ các hạt giống hoặc các cây tự nhiên được mọc từ hạt hai

lá mầm (khu sản xuất hạt giống) hoặc từ các cành giâm được trồng và nuôi dưỡng trong dung dịch dinh dưỡng. Mầm ươm phát triển cứng cáp trong dung dịch dinh dưỡng trong khoảng 8 đến 12 tháng, sau đó có thể mang trồng chính thức. Mầm ươm từ hạt sẽ trưởng thành sau 1 năm, sau đó thu gom trồng nơi khác. Có thể thu được 240 cành giâm/ 1 m² vườn ươm từ các cây 1 tuổi.

Cành giâm phải có ít nhất ba lá trưởng thành từ phần cao nhất của thân hoặc chồi mọc thẳng dài 10 – 12 cm, được thu gom bằng kéo tỉa sắc. Vết cắt được thực hiện phía dưới đốt cây, tốt nhất nên cách đốt cây 3 mm. Phần lá phải cắt bỏ đi nửa đầu mỗi lá. Phần gốc cành giâm vừa thu gom còn tươi cho ngâm trong dung dịch axit indolebutyric (IBA) 100 ppm khoảng 1 giờ, sau đó đặt vào giữa khe của khung chữ nhật, sao cho gốc cành giâm ngập trong dung dịch của thùng sục khí. Cũng có tài liệu cho rằng chỉ cần dung dịch axit indolebutyric nồng độ 1 ppm để làm môi trường phát triển rễ trong điều kiện sục khí. Sau khi ổn định cành giâm trong rãnh, dùng kính hoặc chất dẻo cứng đậy nắp thùng.

Rễ của cành giâm sẽ xuất hiện sau 4 đến 6 tuần. Cành giâm được xem là thành công và có thể đưa đi trồng chính thức khi rễ phát triển đầy đủ và có lá xanh mới xuất hiện.

Cành giâm được chuyển trồng trong túi nhựa polyetylen, nạp đất và cát vào theo tỷ lệ 2 : 1, cấy nấm *Ectomycorrhirae*. Cần tạo điều kiện thuận lợi cho cành giâm phát triển tốt bằng cách tạo bóng râm và che chắn cẩn thận. Đặt trong hộp kích thước 1m x 2m lót nhựa bên trong còn bên ngoài bao kín bằng các tấm chất dẻo. Tuần lễ đầu để giữ độ ẩm cần tưới 3 đến 4 lần/ ngày. Sau đó đưa dần ra ánh sáng và giảm dần lượng nước tưới trong 1 đến 3 tháng. Sau đó đem trồng theo luống trong vườn ươm 3 tháng nữa, cuối cùng mới đem trồng chính thức nơi quy hoạch.

1.4.1.2. Giâm cành tạo rễ loài *Shorea selanica* và *S.leppposula* (Trung tâm Nghiên cứu và phát triển rừng Bogor, Indônêxia)

Thực nghiệm này do các nhà khoa học của Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển rừng Bogor, Indônêxia hướng dẫn thực hiện (1992), Masano chỉ đạo áp dụng theo hai cách xử lý: dùng dung dịch axit indolebutyric (IBA) nồng độ 1000 ppm và phương pháp phát triển không dùng hormon. Kết quả nghiên cứu cho thấy 40% rễ phát triển khi xử lý với hormon và 60% phát triển khi không dùng hormon.

a) Khay nhân giống

Khay nhân giống có kích thước 1,2 m (rộng) x 5 m (dài) x 0,4 (sâu), ống thoát nước đặt ở tâm khay theo độ dốc nhất định và bố trí trong nhà kính. Các ngăn xử lý bằng gỗ chứa môi trường nên được cách ly để hormon không chảy từ ngăn này sang ngăn kia. Dùng tre làm khung mái nhon, lớp polyetylen trong suốt đặt phía trên các ngăn. Dùng bao tải dày ẩm đặt trên để duy trì độ ẩm cần thiết cho môi trường, giảm bớt sự lưu thông khí bên trong lớp nền giâm cây và tránh bốc hơi quá mức. Môi trường phát triển rễ gồm đất/ mùn và cát sông theo tỷ lệ 3/2/1. Lớp dưới cùng xếp sỏi thô.

b) Chuẩn bị, xử lý và chăm sóc

Lấy các chồi 10 đến 12 cm của các cây từ 12 đến 16 tháng tuổi trồng trong nhà kính. Dùng kéo sắc cắt ngang dưới đốt cây. Cắt bỏ nửa đầu các lá đã phát triển để hạn chế thoát nước và ngăn ngừa héo đầu lá. Lấy 50% số cành vừa cắt ngâm phần gốc vào dung dịch axit indolebutyric (IBA) trong 30 phút, số cành còn lại không cần xử lý. Sau đó mang cả cành đã và chưa xử lý trồng ngay vào môi trường tạo rễ được cách ly trong các khay gỗ lót chất dẻo. Trồng xong tưới ẩm nước vào môi trường tạo rễ. Dùng các chụp tam giác để che nắng.

Dùng bình tưới thủ công tưới lên môi trường tạo rễ 3 đến 4 lần/ngày cho đến khi mọc lá non và rễ bắt đầu phát triển. Sau đó giảm dần lượng nước tưới thích hợp đủ để rễ tiếp tục phát triển.

Khi cành giâm bén rễ tốt, mọc thẳng đứng, chuyển sang trồng vào các túi polyetylen (loại bỏ các cây mọc nghiêng) chứa sẵn đất vườn thông thường và cát sông theo tỷ lệ 2 : 1, đặt trong nhà kính, tưới nước 3 đến 4 lần/ngày thật đẫm. Sau 4 tuần chuyển ra ngoài nhà kính, đặt nơi râm mát, tưới nước 2 lần/ngày. Thời gian cây cứng cáp kéo dài khoảng 6 đến 8 tháng. Cuối cùng mang cây cứng cáp trồng chính thức ngoài đồng.

1.4.1.3 Nhân giống thực vật bằng cành giâm và cành chiết

Với chủng *Vatica pauciflora* người ta đã nhân giống thành công (80%) khi dùng axit indolebutyric 0,2%. Tạo môi trường chiết bằng axit indolebutyric 0,5% (dung dịch), trộn với bột talc rồi kẹp vào cành cây để kích thích quá trình phát triển rễ (thành công 80%) với chủng *Shorea palembica* và *Vatica pauciflora* (theo Halle và Kamil, 1981). Thực nghiệm được thực hiện ở Trung tâm Sinh học Nhiệt đới BIOTROP, SEAMEO, Bogor, Indônêxia.

Lớp nền nhân giống gồm cát sạch và than mùn đựng trong hộp gỗ dùng làm dung môi phát triển rễ cây.

Cành giâm lấy từ các cành cây thẳng đứng của cây non 3 đến 5 tuổi, cao 4 đến 5 m. Dùng dao sắc cắt lấy 15 đến 20 cm có ít nhất 3 đốt trở lên và có lá phát triển.

Ngâm đầu cắt ngập 1 đến 2 cm vào dung dịch hỗn hợp axit indolebutyric 0,2% với cồn 95% (2.000 ppm) khoảng 3 đến 5 giây sau đó dùng quạt làm khô nhanh rồi trồng vào môi trường phát triển rễ. Dùng màng polyetylen dày và bao kín hộp để cách ly với môi trường bên ngoài.

Hàng ngày mở tấm che 2 lần, phun bụi nước vào buổi sáng (vào lúc 7 – 8 giờ) và buổi chiều (vào lúc 16 – 17 giờ). Sau 8 tuần kiểm tra sự phát triển của rễ. Tần suất phun và độ đồng đều khi phun bụi nước sẽ quyết định hiệu quả phát triển rễ.

Sau khi rễ phát triển được 2 đến 3 cm. Chuyển cành giâm sang trồng trong bao chất dẻo chứa đất. Dùng lưới chất dẻo xanh, độ che phủ 50% che nắng cho vườn ươm để ngăn ngừa nhiệt độ cao. Để cây tiếp xúc quá sớm với ánh nắng Mặt trời tỷ lệ chết sẽ rất cao.

Bột chiết cành được điều chế bằng cách hòa tan axit indolebutyric 0,5% trong cồn 95% (nồng độ 10 ppm), sau đó cho bột talc vào trộn đều. Hỗn hợp được sấy khô trong không khí và cho qua sàng 0,5 mm, sau đó bổ sung dietan M 45 rồi lại sàng. Dùng bàn chải nhỏ mềm quét bột chiết lên cành đã bóc vỏ 2 cm. Dùng nhôm lá mỏng bao quanh gốc chiết rồi đổ đầy đất mùn để làm môi trường phát triển rễ. Dùng dây mềm buộc đỡ cành.

Sau 2 tháng sẽ có được kết quả. Thực nghiệm cho thấy với chủng *Shorea palembica* và chủng *V. pauciflora* 80% cành chiết ra rễ thành công.

1.4.2. Malaixia

1.4.2.1. Giâm cành trong điều kiện phun sương tự động

Phương pháp này do nhóm các nhà khoa học thuộc Viện Nghiên cứu rừng Malaixia thực hiện, tiến sỹ Darus Ahmad chỉ đạo (1992). Kết quả đạt được từ 90 đến 100% cành giâm phát triển rễ. Phương pháp này được áp dụng thành công trong nhân giống nhiều chủng cây trồng và cây hoa màu ở Malaixia, như: *Dipterocarpus baudii*, *Hopea odorata*, *Shorea bracteolata*, *S. leprooula*, *S. ovalis*, *S. parviflora*, *S. platyclados*, *S. singkanang*, *Alatonia angerstiloba* và *Endospermum mallaccense*.

Cành giâm thu gom từ cây chưa trưởng thành (cây dưới 1 năm tuổi) hoặc các chồi từ gốc cây trên 10 năm tuổi. Để duy trì gen cơ bản, cành giâm phải được thu gom theo từng loài ở các nơi khác nhau. Sau đó đem trồng trong bao chất dẻo đặt trong vườn ươm là nguồn nhân giống.

Thu các cành khoảng 10 cm có 3 lá phát triển, dùng dao sắc cắt tỉa bớt nhú. Với các loài lá to phải cắt bỏ bớt nửa lá (như loài *E. mallaccense*).

Ngâm đầu vừa cắt trong bột Seradix (0,8% IBA) rồi trồng ngay vào môi trường tạo rễ là cát sông sạch. Dùng tấm nhựa dẻo che chắn môi trường nhân giống để duy trì độ ẩm khoảng 80 đến 90%, nhiệt độ 25⁰C đến 28⁰C. Dùng vải nhựa màu xanh có độ che mát 75% phủ trên để tránh ánh nắng Mặt trời gay gắt.

Dùng cơ cấu phun mù tự động mỗi lần phun 30 giây, cách nhau 5 phút. Định đặt thời gian phun từ 6 giờ sáng đến 6 giờ chiều.

Sau 4 đến 6 tuần rễ sẽ phát triển tốt.

Cây đã phát triển rễ được chuyển sang trồng trong bầu nhựa dẻo đổ đầy đất rừng và cát sông theo tỷ lệ 1 : 1 đặt trong hộp gỗ cứng, che chắn bằng tấm nhựa dẻo và vải nhựa màu xanh. Dùng bình nhựa thủ công tưới trong ngày, cách 2 giờ tưới 1 lần, trong vòng 4 tuần. Sau đó giảm số lần tưới xuống 3 lần/ngày và tháo vải che mát ra. Sau 4 tuần tiếp theo cây sẽ bén rễ chắc, khi thấy cây đủ cứng cáp thì đem trồng chính thức.

1.4.2.2 Nhân giống thực vật bằng các cành giâm

Các chủng được nhân giống ra rễ thành công gồm *Dipterocarpus chartaseus* (60 – 80%), *Shorea bracteolata* (100%), *Anisoptera scaphula* (80%) và *Shorea leprosula* khi được xử lý với hỗn hợp IBA và bột talc ở các

nồng độ 100 ppm, 500 ppm và 2.000 ppm (theo Srivastava và Manggil, 1981).

Nền nhân giống có thể là bê tông rộng 1,2 m, dài 3,35 m và sâu 0,4 m, đáy nghiêng về tâm để thoát nước; hoặc dùng hộp gỗ 0,6 m x 0,6 m x 0,2 m (sâu) có lỗ thoát nước ở đáy và đặt trên nền bê tông. Dùng khung gỗ bao quanh các hộp gỗ hoặc bê tông. Dùng các tấm gỗ có kích thước phù hợp để ngăn nền nhân giống thành từng ô để dễ dàng xử lý và kiểm tra hormon trong quá trình thử nghiệm. Dùng chất dẻo trong suốt bao quanh và đặt trên làm mái che, đắp bao tải dày để duy trì độ ẩm và mức thoát hơi.

Môi trường tạo rễ gồm 45,5% sỏi, 31,0% cát thô, 18,1% cát vàng, 3,8% cát kích thước trung bình và 1,6% cát mịn, lớp cuối cùng là các mẫu vụn granit.

Cành giâm lấy từ thân chính là các cành đã phát triển của cây non gieo trồng từ hạt trong nhà kính. Các chủng và tuổi cây như sau: *Anisoptera scaphula* (27 tháng), *Shorea bracteolata* (12 tháng), *Shorea leprosula* (10 tháng) và *Dipterocarpus chartaceus* (10 tháng).

Cành giâm lấy dài khoảng 10 cm có một số lá đã phát triển, cắt bỏ bớt nửa diện tích lá, cắt bỏ chồi gốc, để lại các chồi bên khỏe mạnh, chủ lực. Dùng kéo cắt tỉa đầu gốc, cắt vát góc để tăng diện tích mặt hấp thu hormon, tạo độ sần cho rễ phát triển tốt. Ngay sau khi cắt, ngâm đầu cắt vào hỗn hợp bột talc và axit indolebutyric với các nồng độ 100 ppm, 500 ppm và 2.000 ppm. Cắm nghiêng cành giâm vào môi trường giâm, ấn nhẹ quanh gốc giâm.

Sau khi trồng, tưới đẫm nước ngay quanh gốc, đảm bảo độ ẩm thích hợp trong vùng rễ. Dùng bình phun thủ công phun mù. Tuần đầu phun nước 30 phút một lần, mỗi lần phun 5 phút, bắt đầu từ 7 giờ 30 phút sáng đến 6 giờ chiều. Hai tuần tiếp theo mỗi giờ phun một lần 5 phút từ 8 giờ sáng đến 6

giờ chiều. Sau đó cứ 2 giờ phun một lần 5 phút. Phủ bao tải dày ẩm lên để duy trì độ ẩm từ 66% đến 68% trong các ngăn trồng, nhiệt độ duy trì thấp nhất trong môi trường là 23⁰C và cao nhất là 28⁰C để rễ phát triển. Sau 3 tháng chuyển cành giâm trồng trong các bầu nilon. Sau 5 tháng có thể chuyển trồng chính thức.

Tỷ lệ phát triển rễ thành công cao nhất là loài *Anisoptera scaphula* được xử lý trong hỗn hợp axit indolebutyric 80% ở nồng độ 1.000 ppm. Rễ phát triển tốt nhất khi xử lý ở nồng độ 2.000 ppm. Ở gốc của các cành giâm phát triển các rễ sâu và chồi non cũng xuất hiện rất sớm.

Với loài *Shorea bracteolata* tỷ lệ phát triển rễ đạt trung bình 91,2%, chồi non xuất hiện vào giữa tuần thứ 6 và thứ 7 khi chuyển sang trồng trong bầu nilon. Rễ phát triển nhanh và đều hơn khi xử lý với IBA ở nồng độ 500 ppm so với khi xử lý ở 1.000 ppm và 100 ppm.

Với loài *Shorea leprosula* khi xử lý ở nồng độ 2.000 ppm và 1.000 ppm chỉ cho tỷ lệ phát triển rễ ở mức 18%.

Với loài *Dipterocarpus chartaceus*, sau khi trồng trong khoảng từ tuần thứ 4 đến tuần thứ 6 hầu hết các cành giâm đã cho ra chồi non. Tỷ lệ cành giâm ra rễ trong trường hợp này đạt 32%. Khi xử lý với dung dịch axit indolebutyric nồng độ 100 ppm cành giâm phát triển rễ rất tốt.

Cành giâm đã ra rễ chuyển sang trồng trong bầu nilon chứa chất dinh dưỡng thông thường đặt trong bóng râm nhà kính, tưới nước thường xuyên để tránh héo lá. Sau 8 đến 10 tháng chuyển đi trồng chính thức.

1.4.2.3. Nhân giống thực vật một số loài khác

Cành giâm lấy từ các chồi trưởng thành của loài *Agathis dammara* và *Fagraea fragrans*. Với các loài *Shorea talura*, *Anisoptera sacphula*,

Podocarpus imbricatus và *Vatica wallichii* lấy các chồi của cây chưa trưởng thành. Tất cả đều cho kết quả ra rễ tốt (Momesse, 1976).

Đổ đầy cát thô sạch vào các hộp 1 m x 5 m x 0,6 m (sâu). Lắp đặt hệ thống phun mù tự động cách 5 phút phun một lần 30 giây, từ 6 giờ sáng đến 6 giờ chiều. Môi trường cần duy trì ở mức cường độ ánh sáng thấp (10%) và nhiệt độ ổn định từ 25°C đến 28°C trong luống trồng. Dùng vải nhựa màu xanh che phủ để có độ râm mát 50%.

Cành giâm lấy dài 10 đến 20 cm, có một số đốt và lá đã trưởng thành, cắt ngắn bớt lá, lấy từ các cây đã trưởng thành, lấy các chồi gần gốc của cây gieo hạt. Cắt vỏ theo chiều dài phía đối diện với lá và chồi nách làm mô dẫn cho nước hấp thu dễ dàng. Đem trồng cành vào môi trường phát triển rễ cho ngập hết phần lá đã tách bỏ (ngập cả phần cuống lá và chồi nách).

Kết quả cho thấy các cành giâm lấy từ cây trưởng thành đều không ra rễ. Song các cành lấy từ loài *Agathis dammara* và *Fragraea fragrans* và cành của cây chưa trưởng thành của loài *Podocarpus imbricatus* lại cho rễ phát triển thành công.

Các chồi ngắn của các cây đã trưởng thành và cây gieo từ hạt của loài *Shorea talura*, *Anisoptera scaphula*, *Vatica wallichii* và *Agathis dammara* cũng cho kết quả ra rễ tốt.

Khi chồi nách phát triển thành cành non, cây được chuyển sang trồng vào chậu. Duy trì thường xuyên công việc chăm sóc như với cây đã ra rễ. Khi cây có chiều cao 20 đến 25 cm (sau 1 năm) thì đưa đi trồng chính thức.

1.4.3 Philipin

Giâm cành thực vật các loài *almon*, *red lauau*, *mayapis*, *tangile* và *white lauau*.

Lấy cành 60 – 65 ngày tuổi từ gốc của các loài *shorea almon*, *red lauau* (*S. negrosensis*), *mayapis* (*S. palosapis*), *tangile* (*S. polysperma*) và *white lauau* (*S. contorta*) và *dipterocarpus grandiflorus*, xử lý với các hỗn hợp hormon khác nhau và với các nồng độ khác nhau: 6.000 ppm IBA, 8.000 ppm IBA, Rootone F, 8.000 ppm IAA + 6.000 ppm IBA, và 7.000 ppm IAA + 7.000 ppm IBA. Chất lượng dung dịch được kiểm soát cẩn thận (Paler và Alcober, 1991).

Cành giâm lấy từ cây khoẻ mạnh, mọc thẳng đường kính 5 - 10 cm của các loài *S. negrosensis*, *S. contorta*, *S. palosapis*, *S. polysperma*, *D. grandiflorus*. Hoặc lấy từ cây có đường kính 16 - 18,5 cm của loài *Shorea almon* chọn trồng cách ly, khi cao 1.3 m cho đốn ngang gốc rồi quét sơn đen lên vết đốn để tránh nhiễm nấm.

Sau khi đốn 60 - 65 ngày, thu hoạch chồi non phát triển 20 – 40 cm, đặt vào chậu nước rồi chuyển ngay đến vườn ươm. Các gốc nhỏ 5 đến 10 cm vẫn tiếp tục phát triển chồi và có thể thu hoạch 4 vụ sau đó. Tại vườn ươm, cành giâm được bó thành từng bó, đặt nơi râm mát, tưới nước thường xuyên và chờ xử lý.

Dùng kéo tỉa sắc cắt gốc cành giâm thành đoạn có ít nhất một hai lá tùy theo khoảng cách các đốt. Cắt bớt phần đầu lá đến 60% để hạn chế thoát nước.

Ngâm đầu cắt vào dung dịch Benlate 200 ppm 15 phút để ngừa nhiễm nấm. Sau đó ngâm đầu cắt vào hỗn hợp hormon phát triển rễ rồi đổ đầy đất cát. Để trong vườn nhân giống thoáng mát và phun bụi nước thường xuyên.

Với loài *Shorea almon* xử lý trong dung dịch 8.000 ppm IBA, Rootone F có kiểm soát (không có hormon), kết quả bén rễ tương ứng 88%, 54%, 57% sau 60 đến 63 ngày trồng.

Sau 85 ngày, loài *Shorea negrosensis* xử lý với 6.000 ppm IBA, 8.000 ppm IBA, Rooton F và mẫu kiểm tra, kết quả cho thấy tỷ lệ bén rễ tương ứng 63%, 50%, 46% và 40%.

Kết quả tương đối tốt với loài *Shorea palosapis* với 6.000 ppm IBA (41% bén rễ) và 8.000 ppm IBA (25% bén rễ). Cành giâm bén rễ tốt sau 90 ngày trồng.

Với loài *S. polysperma* xử lý trong axit indolebutyric nồng độ 6.000 ppm và 8.000 ppm kết quả bén rễ 33%, trong khi cành không được xử lý chỉ đạt 22% bén rễ. Sau 90 ngày kể từ khi trồng, cành giâm phát triển rễ tốt.

Với loài *Shorea contorta*, xử lý kết hợp IAA nồng độ 8.000 ppm với IBA nồng độ 6.000 ppm và IAA (7.000 ppm) với IBA (7.000 ppm) kết quả tương ứng là 15% và 10% bén rễ. Rễ phát triển tốt sau khi trồng 90 ngày. Riêng đối với loài *Dipterocarpus grandiflorus* sau 120 ngày đem trồng cây không phát triển rễ nữa.

Cành giâm phát triển rễ được trồng nơi có độ râm mát 50% trong vườn ươm cho đến khi đem trồng chính thức. Chăm sóc thường xuyên, giảm dần lượng nước cấp và tăng dần với ánh sáng Mặt trời.

Chương 2

KỸ THUẬT TRỒNG SẠCH

2.1. PHÂN LOẠI HỆ THỐNG TRỒNG SẠCH

Kỹ thuật trồng cây trong nước được W. A. Setchell đề xuất sau đó được Gericke mô tả là “trồng cây trong môi trường lỏng”. Khái niệm ban đầu cũng đã nhận được sự ủng hộ của nhiều nhà khoa học, ví dụ trong báo cáo gần đây của Jones dưới tiêu đề “Hướng dẫn trồng cây thủy canh và trồng cây sạch”. Trồng cây không sử dụng đất được chia thành: trồng thủy canh và trồng trong môi trường, môi trường trồng cây ở đây bao gồm cả chất hữu cơ và chất trơ. Phân loại này dựa trên cơ sở những khái niệm có tính logic và lịch sử, nhưng môi trường tiêu biểu nhất là sỏi và cát. Theo quan điểm của Steiner, trồng sạch bao hàm tất cả các dạng trồng cây trong nước, trồng trên chất trơ và các chất nền vô cơ.

Thuật ngữ kỹ thuật thủy canh được Collin và Jensne sử dụng rộng rãi từ năm 1983, môi trường thủy canh gồm mùn cưa, than bùn và hỗn hợp than bùn với chất khoáng hoặc cát. Các nhà khoa học đã nghiên cứu vai trò của chất nền hữu cơ trong kỹ thuật trồng sạch và trồng theo phương pháp thủy canh.

Tầm quan trọng của chất nền hữu cơ tự nhiên trong trồng sạch (nhưng không phải bằng phương pháp thủy canh) được đánh giá cao. Ở Ấn Độ hỗn hợp than bùn được sử dụng rộng rãi để sản xuất kinh doanh các loại rau, trồng trong các bình, các khay trong nhà kính.

2.2. KỸ THUẬT THỦY CANH

Kỹ thuật thủy canh được hiểu là kỹ thuật gieo trồng trong dung dịch không sử dụng đất hoặc chỉ sử dụng trong giai đoạn nhân giống.

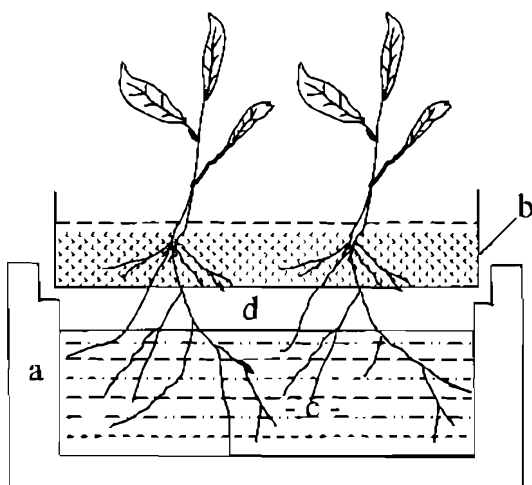
2.2.1. Trồng ngập nước: hệ thống Gericke

Phát minh đầu tiên của Gericke là trồng cây kinh doanh không sử dụng đất, đã thu hút sự quan tâm của nhiều người trên thế giới, được thực hiện tại Trung tâm Thực nghiệm Nông nghiệp California. Điểm đặc trưng của trồng cây trong nước là cho rễ cây ngập hoàn toàn hoặc một phần trong dung dịch dinh dưỡng, có thể định kỳ thay thế hoặc tuần hoàn liên tục. Công bố đầu tiên của Gericke mô tả hệ thống máng trồng với chiều rộng xấp xỉ 0,6 m, sâu 15 cm và dài 10 m, lợp giấy dầu. Phía trên các máng chằng lưới thép phủ bạt, trong máng đổ cát dày 1,3 cm. Máng có thể được làm bằng các vật liệu khác nhau như bê tông, thép, được sơn phủ một lớp sơn không thấm nước, không có độc tố hoặc bằng gỗ đã được ngâm nóng trong dung dịch kiềm mạnh để loại bỏ các chất hữu cơ lạ. Luống gieo hạt sử dụng vật liệu nền như trấu, mùn cưa hoặc rong rêu, than bùn phủ lên trên. Ngoài ra, để cây non phát triển thì các luống gieo hạt phải được che ánh sáng nhằm tránh sự phát triển của tảo, tránh sự thay đổi bất thường của dung dịch cũng như để duy trì nhiệt độ thích hợp cho môi trường trồng cây.

Hệ thống Gericke đầu tiên đã được thử nghiệm kiểm tra ở một vài quốc gia và người ta đã tìm ra những điểm không phù hợp trong thực tế, nhất là vấn đề không đủ không khí trong dung dịch. Sau này Gericke đã đề xuất cải tiến hệ thống thủy canh trong đó có khoảng không giữa lớp nền và bề mặt dung dịch để tạo ra sự thoáng khí tăng sự phát triển của cây... Trong điều kiện đó cây trồng phát sinh hai loại rễ: rễ hấp thu phát triển trong dung dịch và rễ hút không khí trên bề mặt dung dịch. Qua thí nghiệm thấy xuất hiện những sự khác nhau về chức năng, quan sát hệ thống rễ trong màng dinh

đưỡng thấy khác nhau về hình thái học. Trong không khí ẩm, rễ phát triển mạnh thành búi, còn dưới bề mặt dung dịch rễ phát triển chậm và ít hơn. Những công trình khác đã tìm cách khắc phục vấn đề thiếu không khí bằng cách tạo lưu thông dung dịch liên tục, kể cả biện pháp phun dung dịch.

Những cải tiến đó trong và thời gian gần đây đã được chấp nhận, khái niệm cơ bản ban đầu của Gericke đã có sự thay đổi. Tuy nhiên phương pháp trồng cây trong dung dịch nhằm mục đích kinh doanh vẫn còn nhiều khó khăn và tốn kém.



Hình 2.1. Sơ đồ mặt cắt ngang của hệ thống trồng ngập nước Gericke

a- bể được xây dựng bằng bê tông cốt thép; b- khung kim loại dạng lưới để đỡ lớp đất trồng ở phía trên dung dịch; c- dung dịch dinh dưỡng; d- khoảng không giữa đáy của lớp đất và bề mặt dung dịch dinh dưỡng.

Năm 1972, Sholto Douglas đưa ra đề xuất vận hành thiết bị Gericke. Khi gieo hạt trên chất nền là rác thải, mức dung dịch trong bể được tăng lên đến gần đáy tấm lưới, như vậy cung cấp nước cho chất nền bằng mao dẫn. Khi rễ

đã vươn tới dung dịch thì mực nước nên thấp hơn để sao cho chỉ khoảng một nửa chiều dài của rễ ngập trong nước, do vậy làm tăng sự thoáng khí.

Hệ thống thủy canh của Gericke chưa cải tiến đôi khi vẫn còn sử dụng ở Ba Lan. Điều quan trọng là đảm bảo có khoảng không giữa lớp chất nền và dung dịch dinh dưỡng để tạo sự thoáng khí, vì vậy không cần phải tạo tuần hoàn dung dịch. Trên lưới thép (mắt lưới 4 – 5 mm) người ta bố trí lớp chất nền dày 10 cm đặt bên trên dung dịch. Chất nền phải được giữ ẩm thường xuyên cho đến khi rễ vươn tới dung dịch. Cần bổ sung thêm dung dịch, một phần qua chất nền và một phần trực tiếp vào bể.

Công nghệ trồng cây của Gericke được xem như là ví dụ trồng ngập nước, nó cũng có thể được xem là hệ thống kết hợp cả trồng nước và trồng trên chất nền. Do lưới được gắn cố định trên bề mặt dung dịch nên nền gieo hạt thường bằng rơm, than bùn hoặc đất. Withrow cũng cộng sự đã chỉ ra rằng, hệ thống rễ thứ hai thường phát triển trong lớp chất nền này. Went phân biệt giữa thủy canh (tức là hệ thống Gericke) và trồng cây dưới nước truyền thống và kết luận rằng, sự hình thành rễ trong luống gieo hạt của hệ thống Gericke là quan trọng đối với sự phát triển của cây cà chua.

2.2.2. Hệ thống thủy canh nổi

Như đã nói, kỹ thuật thủy canh là một hình thức trồng cây trong nước, trong đó cây được trồng trên bề mặt dung dịch trên giá đỡ nhựa hay những tấm lưới bằng polystyren tùy theo vật liệu nền được chọn. Như vậy khắc phục được một trong những vấn đề lớn mà Gericke gặp phải đó là giá đỡ cây trồng ở phía trên dung dịch.

Thực nghiệm hệ thống này được Massantini mô tả như sau: khay rộng 1 m, dài 3 m và sâu 15 cm, làm bằng gỗ lót nhựa, có các tấm panel nổi có diện tích bề mặt 1 m², dày 2 cm. Dung dịch dinh dưỡng được tuần hoàn bằng

thiết bị kiểm soát độ thoáng khí hện giờ. Cây trồng thực nghiệm là xà lách, củ cải và đậu tây, trồng trong hố có đường kính 15 mm với khoảng cách thích hợp trên giá đỡ. Nhược điểm chính cần khắc phục để thực hiện được quy trình này: thứ nhất là chi phí thiết bị cao hơn so với kỹ thuật thủy canh truyền thống, thứ hai là hệ thống công kênh khó khăn khi lắp đặt. Sản lượng cây trồng thấp hơn so với trồng trên đất, nhưng sản lượng trên đơn vị diện tích tăng do mật độ cây trồng trong hệ thống này cao hơn.

Hệ thống tương tự được phát triển ở Mỹ sản xuất có quy mô lớn (0,5 ha) và đã trồng bán thử nghiệm ở Arizona. Rau xà lách và một số loại cây ăn lá khác được che bằng các tấm nhựa dày 2,5 cm, nổi trên nước (sâu 0,3 m) trong mương dài 70 m, rộng 4 m. Người ta dùng thuyền gỗ để trồng cây và thu hoạch.

2.2.3. Trồng ngập trong nước tuần hoàn

Hệ thống trồng ngập trong nước này được thiết kế nhằm khắc phục những nhược điểm mà hệ thống Gericke đầu tiên gặp phải. Hiện Nhật Bản đang sử dụng để trồng cà chua, dưa chuột, xà lách và các cây trồng khác. Năm 1977 Nhật Bản có công nghiệp nhà kính rất lớn, đến 27.079 ha, trong đó thủy canh chiếm 0,5%, mặc dù tỷ lệ phần trăm thủy canh không cao nhưng cũng đạt được 135 ha. Diện tích thủy canh sau đó tăng mạnh, theo tính toán của trung tâm ISOSC, năm 1983-1984 đã lên tới 500 ha.

Theo “Sổ tay nghề trồng trọt” do Hội trồng trọt nhà kính biên soạn, công nghệ sử dụng thông dụng nhất gồm hệ thống Kyowa và hệ thống M được mô tả trong các phần dưới đây.

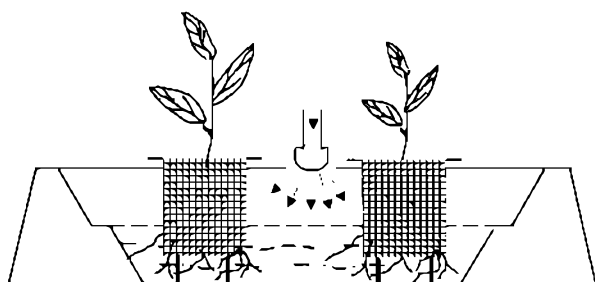
Hệ thống Kyowa trồng nước hyponica là hệ thống bán ngập chủ yếu để trồng rau. Trong hệ thống này dung dịch dinh dưỡng được bơm từ bể chứa qua máy trộn không khí dẫn tới chất nền trồng trọt, dung dịch dinh dưỡng quay trở lại bể qua ống thoát nước ngầm. Mật cắt ngang của khay được biểu

diễn ở hình 2.2a. Các khay được làm từ nhựa ABS cứng, khay có chiều rộng 1 m (bên trong 0,9 m) và dài 3,15 m. Cây bén rễ trong các giỏ nhựa, các cạnh bên và đáy thoáng khí, bên trên khay che kín.

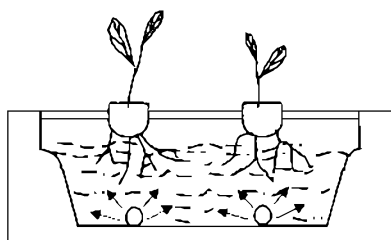
Hệ thống M không sử dụng bể chứa. Dung dịch dinh dưỡng trong khay được lấy ra bằng bơm tuần hoàn, chảy qua thiết bị trộn không khí sau đó được cấp trở lại khay qua các lỗ nhỏ trong ống đặt dọc theo đáy. Mặt cắt ngang của khay được biểu diễn ở hình 2.2b. Các khay được làm bằng polystiren có chiều rộng 0,66 m (bên trong 0,6 m), các khay có chiều dài 1,2 m được liên kết thành dãy dài đến 20 m. Để tránh rò rỉ dung dịch ở các chỗ nối và để bảo vệ polystiren, bên trong khay phủ lớp nhựa polyetylen mỏng.

Các hình thức trồng cây trong dung dịch khác được sử dụng ở Nhật Bản gồm hệ thống Kubota, đúc bằng nhựa ABS cứng. Các khoang có chiều dài 3,25 m và rộng 0,7 m (bên trong 0,6 m), mặt cắt được biểu diễn ở hình 2.2c. Trong hệ thống Kamizono (hình 2.2d) khay có cấu tạo đơn giản như trồng theo truyền thống. Mặt bên là các tấm bê tông, đáy được lót bằng polyetylen đen dày có độ bền được 5 đến 6 năm. Tấm lót màu đen được phủ lớp polyetylen mỏng (0,1 mm) và được thay thế hàng năm để tránh sự cần thiết phải khử trùng. Một hệ thống khác như Shinwa hoạt động trên nguyên tắc định kỳ thay đổi dung dịch dinh dưỡng giữa hai khay có cùng kích thước; mức dịch trong mỗi khay cũng thay đổi trong khoảng thấp và cao, do đó cải thiện được sự thoáng khí.

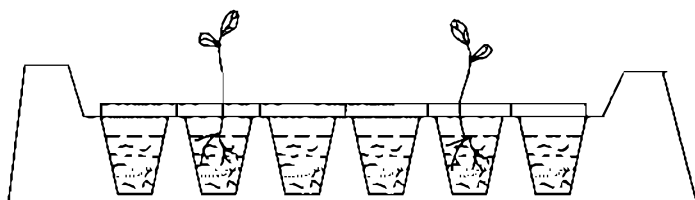
Hệ thống kiểm soát tự động có bơm tuần hoàn làm việc 10 đến 20 phút theo chu kỳ 1 đến 2 giờ. Thời gian bơm được điều chỉnh theo yêu cầu của cây. Chu kỳ ngắn khi nhiệt độ thấp và chu kỳ dài khi thời tiết nóng. Bơm chỉ cần hoạt động một hoặc hai lần trong một đêm. Người ta sử dụng loại có công suất lớn vì mục đích kinh tế khi thủy canh được nhân rộng nhằm cung cấp liên tục dung dịch dinh dưỡng.



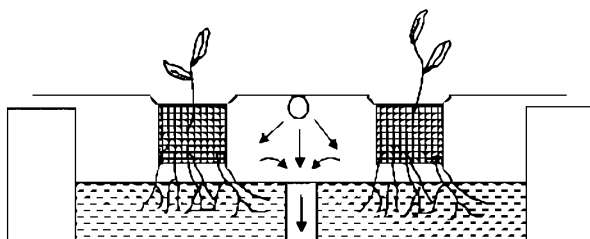
a) Hệ thống Kyowa hyponica



b) Hệ thống M



c) Hệ thống Kubota



d) Hệ thống Kamizono

Hình 2.2. Mặt cắt ngang của một số hệ thống trồng ngập dung dịch hoặc bán ngập tuần hoàn

Người ta sử dụng mái che để che cây không cho ánh sáng và bụi lọt vào, cũng như tránh được sự thay đổi mạnh của nhiệt độ trong khay. Với các luống trồng cà chua, dưa chuột và dưa hấu, mái che được làm bằng polystiren mỏng (dày $1 \div 2$ cm). Đáy khay được đục lỗ để rễ cây có thể phát triển trong dung dịch. Thường sử dụng sỏi làm chất nền trong khay, hiện nay việc sử dụng vật liệu bọt nhựa đang thu hút sự quan tâm của người làm vườn. Với cây trồng rậm lá như cà rốt, mái che được làm bằng polystiren có các lỗ kích thước 10×7 cm.

Lim và Wan ở Malaixia đã mô tả hệ thống hiện đại trồng cây trong dung dịch tuần hoàn. Khay nhân giống cũng giống những khay nhân giống của hệ thống Kyowa bán ngập đã mô tả ở phần trên. Khay có chiều dài 3 m, rộng 1 m, sâu 0,08 m, xếp thành các hàng song song trong nhà kính, với diện tích 0,1 ha đặt 128 khay. Các khay có vỏ bằng nhựa, khay trồng cây nhỏ được xếp hàng đôi có các lỗ thoát dịch đục sẵn. Bể ngầm dẫn nước làm bằng bê tông cốt thép dung tích 50 m^3 ; hệ thống làm lạnh duy trì nhiệt độ dung dịch dưới 30°C . Một nhóm gồm năm máy bơm ngầm cho phép điều chỉnh lưu lượng theo yêu cầu. Mỗi khay được lắp đặt một dụng cụ sục khí ở điểm cấp dung dịch; ở đây đưa không khí vào dung dịch từ dưới lên được tạo ra bởi dòng nước đi qua các màng ngăn trực tiếp trước khi tháo vào các khay. Dưới tác dụng của trọng lực dung dịch quay trở lại bể dẫn qua lối ra ở cuối mỗi khay cách xa điểm đưa dung dịch vào.

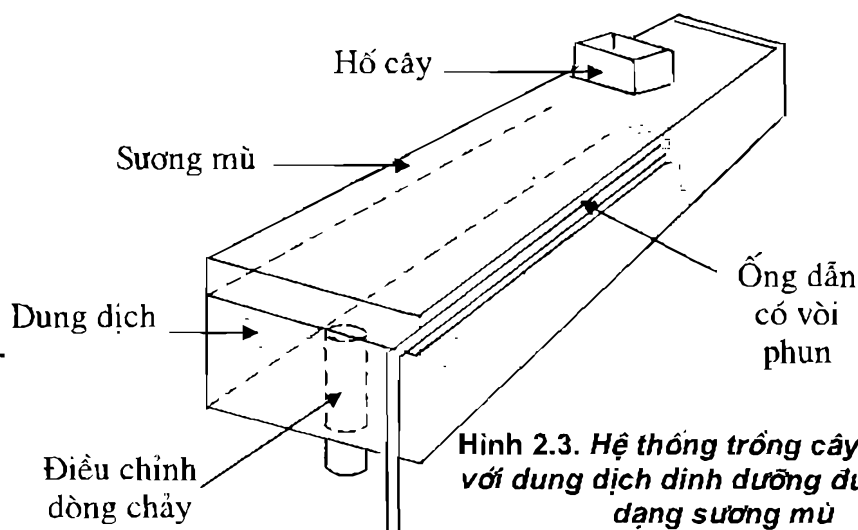
Hệ thống được khử trùng bằng tuần hoàn nước chứa clo nồng độ 350 ppm trong ba ngày, sau đó loại bỏ dung dịch và rửa lại bằng nước sạch. Chi tiết về dung dịch dinh dưỡng, nhân giống, quản lý cây trồng và các chi phí đã nói đến ở trên. Các cây trồng chính là cà chua, dưa chuột, dưa hấu. Nhưng sau này Lim nhận thấy, chi phí đầu tư cho hệ thống cao nên không thích hợp cho mục đích kinh doanh.

Hình thức trồng cây trong nước tuần hoàn đặc biệt khác được biết đến là hệ thống của Ein Gedi, hệ thống này khắc phục được những hạn chế của việc cấp nước và đất trồng cũng như cải tiến cách kiểm tra, kiểm soát. Trong hệ thống Ein Gedi rễ cây ngập sâu trong dung dịch dinh dưỡng tuần hoàn và được sục khí liên tục. Các khay được làm bằng polypropylen hai lớp khung thép rộng 20 cm, dài 15 m và sâu 10 cm (xem hình 2.3). Như hệ thống của Nhật Bản đã được mô tả trong phần trước, độ sâu của dung dịch được kiểm tra bằng bộ điều chỉnh thay đổi đối với từng loại cây trồng và từng giai đoạn phát triển. Điểm đặc trưng chủ yếu của hệ thống này là dung dịch dinh dưỡng được phân phối tới các khay.

Dọc theo phía trong khay trồng cây, người ta đặt ống dẫn có đường kính phù hợp, nhờ áp suất dung dịch sẽ được phun thành sương mù trên bề mặt nền trồng trọt. Hệ thống cung cấp 7 lít dung dịch trên một cây cà chua trong 1 giờ, mật độ trồng 2 cây/ m². Sục khí là phương pháp thích hợp nhất; do nồng độ oxy hòa tan cho thấy các giá trị thường vượt các giá trị ở điều kiện cân bằng, đó chính là kết quả của kỹ thuật phun sương.

Hệ thống Ein Gedi được thực nghiệm với cây cà chua ở Trạm nghiên cứu Habsor của Trung tâm Volcani. Công nghệ này so với công nghệ trồng cây trong cát tưới nước trong nhà kính ở những điều kiện khí hậu và với mật độ cây trồng khác nhau (dày, trung bình và thưa) như sau: bình thường mật độ cây trồng là 12,5% cao hơn so với hệ thống Ein Gedi trồng trong cát. Sản lượng trên đơn vị diện tích theo hệ thống Ein Gedi là 20%, 11% và 36%, cao hơn so với hệ thống trồng trong cát ở các khoảng cách tương ứng thưa, trung bình và dày. Mỗi khay chứa 10 lít dung dịch bão hòa khí và 8 lít ở dạng sương mù trong vùng phát triển rễ.

Hệ thống Ein Gedi cho kết quả hứa hẹn đặc biệt đối với các cảnh giám bén rễ. Các cảnh giám mọc rễ bằng cách này không cần bất cứ chất nền rắn nào vẫn có khả năng thích ứng cao để chuyển đến trồng trong các khay đặc biệt chứa các hạt đất sét mịn.



Hình 2.3. Hệ thống trồng cây Ein Gedi với dung dịch dinh dưỡng được cấp ở dạng sương mù

2.2.4. Kỹ thuật màng dinh dưỡng

Kỹ thuật màng dinh dưỡng là một hệ thống mới trồng cây trong nước hoặc dung dịch, chỉ sử dụng các lớp dung dịch rất nông phun xuống khay hoặc xuống các rãnh. Rễ cây hình thành một lớp mỏng khắp nền máng. Mục đích đầu tiên của kỹ thuật dùng lớp dung dịch nông này bao gồm hai phần:

- *Thứ nhất:* trồng trong dung dịch cần có giá đỡ cây ở trên dung dịch ngăn không cho rễ ngập hoàn toàn trong nước. Dung dịch được giữ ở mức độ nông để cho các cây non trong các khay hoặc chậu nhân giống có thể dễ dàng đứng được trong các khay; rễ nhanh chóng phát triển vào chất lỏng.

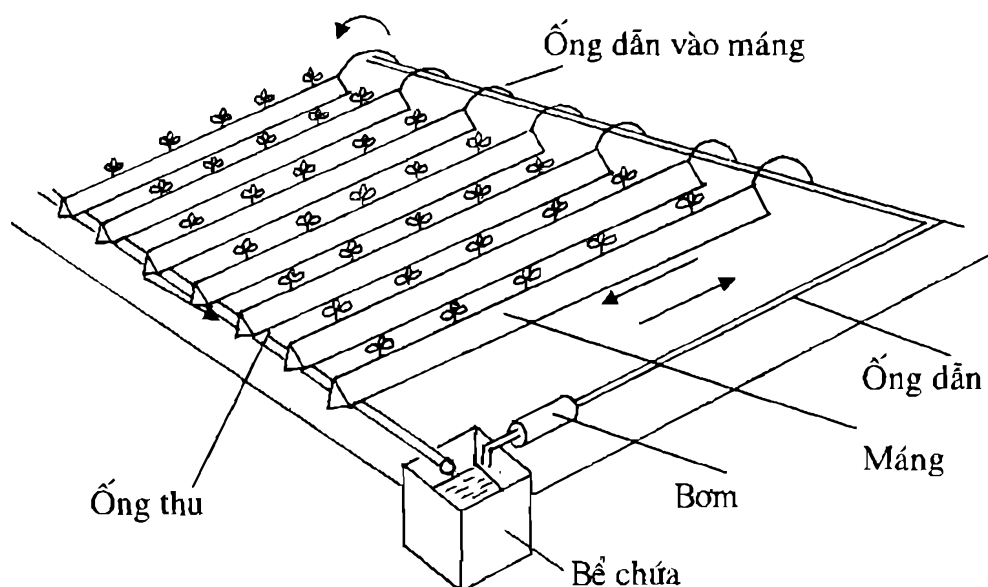
- *Thứ hai:* Đảm bảo độ cao khoảng không gian phía trên mặt dung dịch nhằm mục đích thoát khí tốt. Như vậy chỉ sử dụng lớp dung dịch nông, còn độ sâu và đáy nặng đã được mô tả trong nhiều hệ thống thủy canh không cần thời gian sử dụng lâu, bởi vì được thay thế bằng các vật liệu polycyten nhẹ hơn. Điều này không chỉ làm giảm chi phí lắp đặt mà còn giảm giá thành duy tu bảo dưỡng, dễ dàng thay đổi cách bố trí khi yêu cầu. Khái niệm kỹ

thuật màng dinh dưỡng đã được Cooper phát triển và được mô tả trong các tập san cây trồng của Winsor, Spensley và các cộng sự.

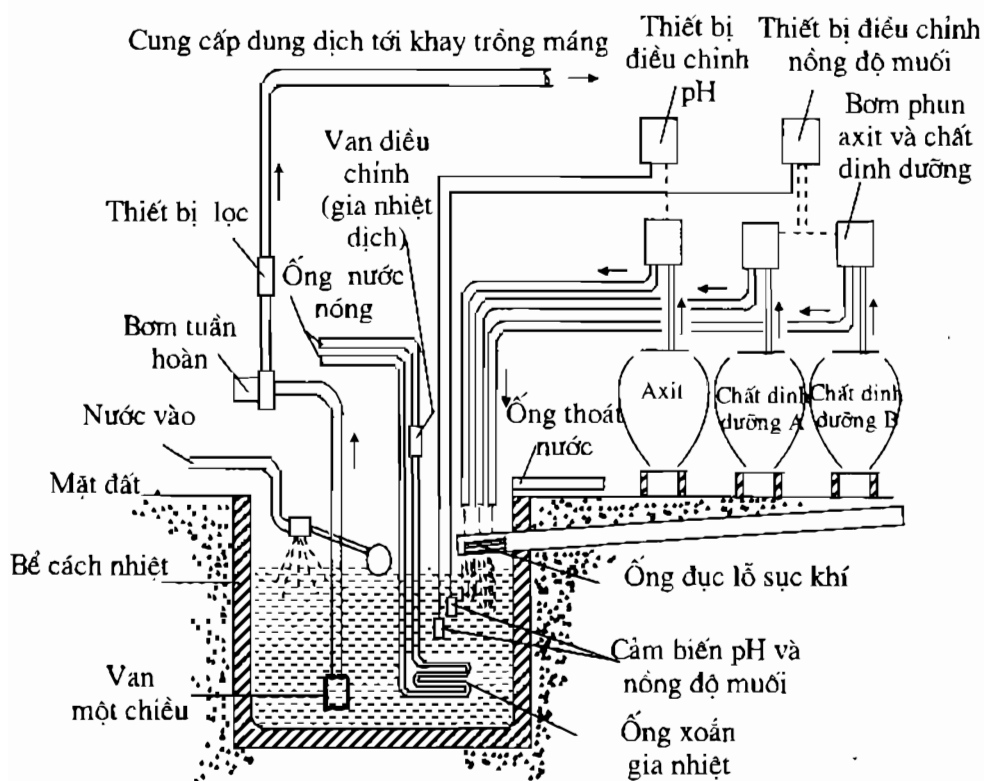
Các đặc điểm cơ bản của hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng gồm:

- a) Bể chứa dung dịch dinh dưỡng loãng.
- b) Bơm dung dịch dinh dưỡng lên máng cao hơn.
- c) Các máng trồng cây đặt song song dốc xuống để tuần hoàn dung dịch.
- d) Ống dẫn dung dịch từ các máng trở lại bể chứa.
- e) Hệ thống quan trắc và kiểm soát duy trì nồng độ dung dịch dinh dưỡng, pH và mức dung dịch.

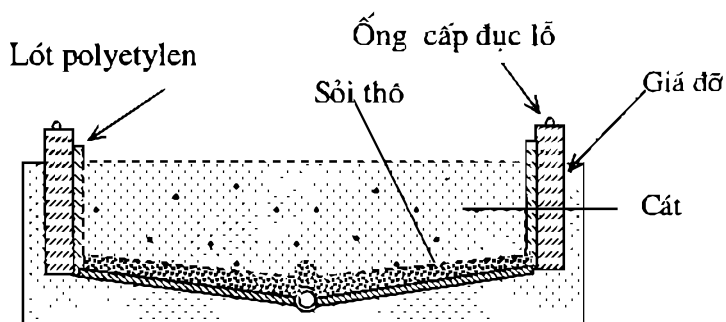
Sơ đồ hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng được trình bày ở hình 2.4, còn chi tiết về thùng chứa và hệ thống điều chỉnh xem ở hình 2.5. Dung dịch dinh dưỡng chảy thành dòng ngầm thích hợp nhất ở độ sâu 5 mm với tốc độ lưu lượng 2 lít/phút chảy vào các khay.



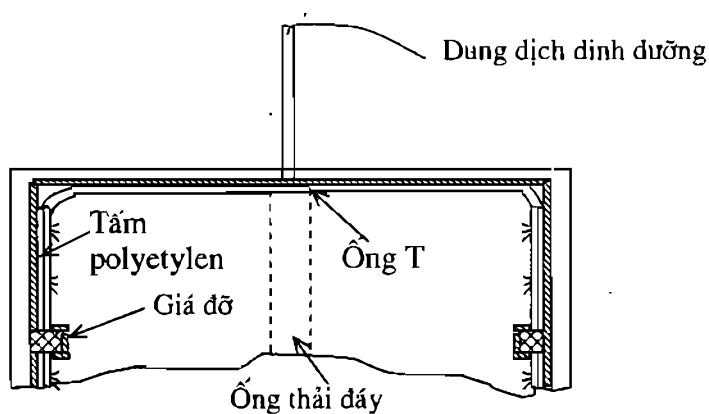
Hình 2.4. Sơ đồ hệ thống màng dinh dưỡng



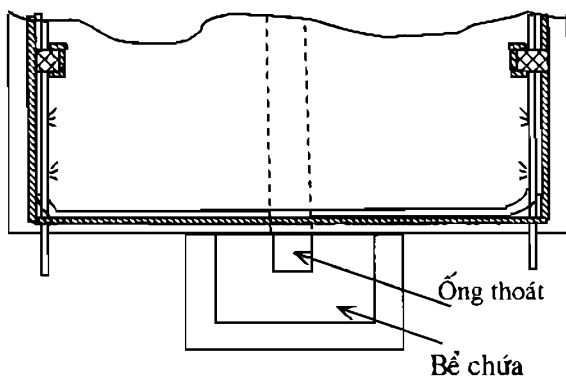
Hình 2.5. Bể chứa và hệ thống cung cấp dung dịch trong hệ thống



a) Mặt cát ngang của bể trồng cây



b) Mặt bằng



Hình 2.6. Hệ thống trồng cây trong cát tươi trên mặt

2.2.5. Các bộ phận của hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng

2.2.5.1. Bể chứa dung dịch

Bể chứa dung dịch được đặt ở vị trí thấp nhất trong hệ thống. Bể được che đậy không cho ánh sáng lọt vào ngăn cản sự phát triển của tảo. Thành bể được xây cao trên mặt đất để ngăn cản bụi hoặc nước mặt chảy vào có thể gây ô nhiễm.

Hệ thống thực nghiệm sử dụng bể đủ lớn chứa tất cả dung dịch từ hệ thống quay trở lại. Hệ thống trồng rau quả kinh doanh có thể chứa tới $20.000 \div 45.000$ l/ha, đôi khi cũng có thể sử dụng loại bể nhỏ hơn, hầu như dung dịch được tuần hoàn trong các máng bất cứ lúc nào. Trước đây người ta lắp đặt hệ thống mang tính thương mại đôi khi vận hành với dung tích bể chỉ tương ứng với khoảng $20 \div 30\%$ của toàn bộ thể tích dung dịch cần thiết, do vậy tiết kiệm được chi phí xây dựng và khoảng không nhà kính. Công nghệ hiện đại việc quản lý cây trồng, trong đó bao gồm cả việc kiểm soát không định kỳ sự phát triển của cây trong điều kiện thiếu ánh sáng, yêu cầu phải có bể đủ lớn để chứa toàn bộ dung dịch hiện có trong hệ thống (khoảng 20.000 l/ha vào đầu mùa, trước khi rễ mọc phủ kín).

Hệ thống cung cấp dung dịch tuần hoàn đến các bộ phận cây trồng khác nhau và được kiểm soát bằng các van từ tính.

Vấn đề quản lý chắc chắn sẽ đơn giản khi khả năng bể có thể chứa đầy dung dịch để cung cấp cho hệ thống cây trồng, cần tránh để tràn dung dịch làm thất thoát chất dinh dưỡng. Ngoài ra cũng cần phải làm thêm bể chứa để bơm chất thải ra khi cần thiết, các bể này thường có dung tích nhỏ hơn dung tích bể chứa dung dịch.

Bể được làm bằng các tấm nhựa có gia cố bằng kim loại có thể thỏa mãn được yêu cầu, ngoài ra cũng có thể làm bằng bê tông bên trong được gắn bằng nhựa thông không có độc tố thực vật để tránh tiếp xúc với dung dịch dinh dưỡng có chứa axit trung gian. Các hố được lót bằng màng polyetylen là giải pháp chi phí thấp, nhưng không được sử dụng trong thương mại; có

thể xuất hiện các vấn đề nguy hiểm khi nước thấm vào hố qua các phía của tấm lót polyetylen bao quanh. Trong thực tế cũng có thể xuất hiện trường hợp mực nước tăng thì các thùng chứa bên trong rỗng hoặc các thùng làm bằng sợi thủy tinh rỗng sẽ nổi lên trên hố. Tuy các thùng chứa nước lạnh sinh hoạt làm bằng sợi thủy tinh là có hiệu quả và rẻ tiền đối với hệ thống thực nghiệm nhưng chỉ chứa được $125 \div 250$ lít dung dịch.

2.2.5.2. Bơm tuần hoàn

Bơm nên được thiết kế chắc chắn để hoạt động liên tục và có khả năng bơm dung dịch dinh dưỡng pha loãng có độ ăn mòn yếu. Nồng độ muối thường có độ dẫn điện nằm trong phạm vi từ $2 \div 5$ m S/cm và pH nằm trong khoảng từ $5,5 \div 6,8$. Độ dẫn điện nhỏ hơn 8 m S/cm và giá trị pH thấp đôi khi có thể gặp phải trong thời gian ngắn (2 đến 3 tuần). Thông thường bố trí hai bơm để đảm bảo hệ thống tự động làm việc liên tục, khi bơm này làm việc thì bơm khác nghỉ.

Một số người sử dụng những nhóm năm bơm tuần hoàn nhỏ có thể đóng mạch bằng tay để thay đổi lưu lượng theo yêu cầu. Khi cây còn nhỏ chỉ cần một hoặc hai bơm là đủ, nhưng khi hệ thống rễ phát triển mạnh cần bổ sung thêm bơm để tăng lưu lượng và do vậy tăng sự hiếu khí, đặc biệt khi thời tiết nóng. Ví dụ, tốc độ $3,5 \div 4$ l/phút/ máng, có thể sẽ gặp phải khó khăn khi sử dụng đồng thời các máy bơm, để có khả năng bổ sung thêm lượng oxy người ta dùng cách phun hoặc làm thoáng khí bằng ống venturi trong thùng chứa nước.

Hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng được mô tả ở trên gồm có thùng phun, ống dẫn dung dịch từ thùng phun bằng bơm tuần hoàn và có van phao để phòng trường hợp bơm bị hỏng. Dưới tác dụng của lực trọng trường dung dịch dinh dưỡng chảy từ thùng phun đến các đầu máng. Khi lắp đặt hệ thống hiện đại có bơm tuần hoàn cung cấp dung dịch trực tiếp từ thùng dẫn qua các ống dẫn phân bố đến các phần cao nhất của máng không cần thùng phun.

Trong các điều kiện, đặc biệt khi yêu cầu hạn chế sự phát triển sớm của cây như cây cà chua dưới điều kiện ánh sáng yếu, việc tuần hoàn dung dịch không liên tục có thể có ích hơn. Điều này có nghĩa cũng giảm được điện năng tiêu thụ và việc sử dụng bơm, nhưng yêu cầu dung tích thùng chứa có đủ khả năng để tiếp nhận dung dịch quay lại từ các máng.

2.2.5.3. Máng trồng

Máng sử dụng cho hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng được làm bằng các tấm polyetylen. Dùng loại polyetylen trắng - đen có sẵn để làm các khay rộng 70 cm. Mặc dù trước đây hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng có sử dụng dây thép mạ kẽm ở giữa các máng để đỡ polyetylen, nhưng khi nhân giống cây trong chậu thì không cần thiết.

Cấu tạo của máng làm từ polyetylen là rất quan trọng đối với sự thành công của việc trồng cây.

Thứ nhất, máng phải đủ độ rộng thích hợp cho hệ thống rễ phát triển; các máng hẹp làm cho dung dịch đi qua lớp rễ chậm, do vậy tăng độ sâu của dung dịch và hạn chế sự hiếu khí. Chiều rộng máng 30 cm thích hợp với cây cà chua và dưa chuột, không được trồng trong máng có bề rộng nhỏ hơn 30 cm. Mặc dù rất cố gắng để duy trì mực nước qua máng, khó có thể đưa ra được mực nước thích hợp khi loại cây lần đầu tiên mới trồng, vì dung dịch đang chảy có thể đổi sang hướng này hay hướng khác và như vậy ngay từ ban đầu đã làm cho cây ướt đầm. Vấn đề này sẽ tự động mất ngay lập tức khi rễ mọc thành chùm.

Thứ hai, rất quan trọng là độ dốc của máng phải đảm bảo chắc chắn dung dịch chảy từ cao xuống thấp, như vậy mới giữ cho dung dịch ở mức vừa phải, nên không những nâng độ thoáng khí trong dung dịch đang chảy theo sự tăng tỷ lệ bề mặt thoáng với thể tích mà còn ngăn ngừa được mức dịch tăng lên quá cao.

Các máng nên được che kín không cho ánh sáng lọt vào nhằm ngăn cản sự phát triển của tảo. Có thể sử dụng các tấm polyetylen mỏng để đậy các luống. Sử dụng máng dài quá sẽ dẫn đến thiếu oxy, với lý do này người ta khuyến cáo chiều dài tối đa của máng là 20 m và tối thiểu là $10 \div 15$ m.

Năm 1986 Lim đã làm hệ thống máng kỹ thuật màng dinh dưỡng bằng polyetylen áp dụng cho vùng ôn đới, hệ thống này không phù hợp với các vùng nhiệt đới bởi vì thời tiết ở đó quá nóng khi bị phơi trực tiếp dưới ánh nắng Mặt trời. Các máng làm bằng gỗ rộng 25 cm và sâu 5 cm, được lót bằng các tấm polyetylen đen có độ dày khoảng 0,125 mm là rất phù hợp. Khay được làm với chiều dài 2,4 m và che bằng các tấm polystiren rộng 2,5 cm được đỡ bằng các khung gỗ. Lưu lượng dung dịch 0,5 l/phút được duy trì ở phía dưới độ dốc 1%.

2.2.5.4. Ống dẫn

Ống bằng nhựa có kích thước phù hợp được đặt vuông góc với máng ở đầu thấp nhất của máng. Chỗ nối giữa các máng polyetylen và ống dẫn thường ngăn được làm bằng ống nhựa mềm dẻo phù hợp với cửa thải. Ống dẫn thường đặt dưới mặt đất và dốc về hướng bể chứa. Có thể sử dụng rãnh hở lót polyetylen thay cho ống dẫn ngược.

2.2.5.5. Hệ thống kiểm tra, kiểm soát

Kiểm soát nồng độ muối trong dung dịch dinh dưỡng được thực hiện bằng cách kiểm tra liên tục độ dẫn điện. Thiết bị kiểm soát hiển thị giá trị của độ dẫn điện và vận hành bơm phun bổ sung dung dịch dinh dưỡng đậm đặc khi nồng độ thấp hơn mức quy định. Có hai loại bình đo độ dẫn điện, một loại thả nổi trong dung dịch và một loại đặt trong ống dẫn. Các bình cho dung dịch dinh dưỡng chảy qua các nhánh nhỏ được kết hợp lại thành chảy tuần hoàn về bể chứa. Do độ dẫn điện của dung dịch thay đổi theo nhiệt độ

khoảng 2%/°C, nên cần sử dụng thiết bị điều chỉnh cân bằng nhiệt độ. Khi độ dẫn điện giảm xuống phải cho hai bơm phun hoạt động để cung cấp dung dịch dinh dưỡng vào bể. Các bơm dùng cho mục đích này phải chịu được sự ăn mòn vì trong dung dịch có chứa muối và axit.

Độ pH của dung dịch thường duy trì trong phạm vi 5,5 ÷ 6,8 (tốt nhất là từ 5,8 ÷ 6,2) bằng thiết bị kiểm soát pH nối với cảm biến (điện-cực thủy tinh) trong bể chứa. Khi pH tăng, để chống ăn mòn bơm phun và thiết bị kiểm soát phải cung cấp axit nitric hoặc hỗn hợp axit nitric và axit phosphoric để giảm pH xuống mức yêu cầu. Cần thiết phải định kỳ axit hoá bởi hai lý do:

- Thứ nhất, nước cung cấp có chứa axit cacbonic và có pH tương đối cao (pH > 7) dẫn đến kết tủa các nguyên tố vi lượng như sắt hoặc mangan. Để đảm bảo hấp thu đầy đủ các nguyên tố vi lượng đó và các nguyên tố vi lượng khác thì giá trị pH thích hợp khoảng 6,0.

- Thứ hai cây trồng cần nhiều nitơ được cung cấp ở dạng nitrat, sự hấp thu nitơ được cân bằng bởi quá trình giải phóng ion OH^- và ion CO_3^{2-} vào dung dịch, do vậy làm tăng pH của dung dịch. Vì lý do này có thể giúp ta tính được tỷ lệ tương quan nhỏ (ví dụ 10%) của tổng nitơ như amoni-N, sự hấp thu nitơ có ảnh hưởng ngược với axit hoá. Tuy nhiên, nên tránh nồng độ amoni-N cao, vì có thể giảm sản lượng và giảm sự hấp thu ion Ca^{2+} và ion Mg^{2+} của cây trồng.

Điện cực thủy tinh được sử dụng trong cảm biến pH là dụng cụ dễ hỏng vỡ nên phải rất cẩn thận khi sử dụng và cần được kiểm tra bảo dưỡng định kỳ, vì thế thường phải lắp đặt hệ thống cảm biến pH thứ hai, để đóng bơm phun axit nếu pH hạ thấp dưới mức kiểm soát trên 0,2 ÷ 0,3 đơn vị pH. Sử dụng thiết bị hẹn giờ có thể điều chỉnh được để tránh tràn khi bơm phun axit hoạt động; thiết bị hẹn giờ được lắp đặt để ngắt bơm nếu thời gian hoạt động liên tục vượt quá quy định.

2.2.5.6. Thiết bị đun nóng dung dịch

Thiết bị đun nóng dung dịch dinh dưỡng rất đơn giản, sử dụng ống xoắn ruột gà bằng thép không gỉ dẫn nước từ hệ thống đun nóng của nhà kính. Ống xoắn ruột gà được đặt trong bể chứa (hình 2.5) và nhiệt độ được kiểm tra bằng nhiệt kế trong dung dịch. Sử dụng hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng là cách lý tưởng để tránh những hạn chế về nhiệt độ thấp, đây là một ưu điểm rất quan trọng đối với những người trồng trọt ở vùng xích đạo do giảm được chi phí cho nhiên liệu. Nhiệt độ thấp ở vùng rễ hạn chế nhiều sự phát triển của rễ, sự thoát nước của cây trồng và sự hấp thu ion. Mặc dù tổn thất nhiệt ở vùng rễ dưới đất được giảm đến mức tối thiểu đối với việc trồng bằng hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng, hệ thống làm lạnh làm giảm nhiệt độ của dung dịch xuống $1 \div 2^{\circ}\text{C}$ so với nhiệt độ của không khí. Vì lý do đó người ta khuyên rằng nhiệt độ dung dịch không nên hạ thấp dưới 17°C . Đun nóng dung dịch đến nhiệt độ cao hơn có thể tới $22 \div 25^{\circ}\text{C}$ trong một vài ngày rất hiệu quả với việc tái sinh rễ khi cần thiết.

2.2.6. Các kỹ thuật màng dinh dưỡng đặc biệt

Một vài kiểu công nghệ màng dinh dưỡng phát triển cho mục đích đặc biệt được mô tả dưới đây.

2.2.6.1. Trồng xà lách trong máng bê tông

Hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng đặc biệt này được áp dụng liên tục nhiều năm ở Vương quốc Anh để sản xuất kinh doanh rau xà lách. Hệ thống này được Lauder mô tả và thiết kế (1997). Người ta trồng xà lách trong nhà kính với diện tích 4 ha, hàng năm sản xuất được 8 triệu cây hiệu quả cao, bảo vệ được diện tích trồng trọt mà không cần phải dùng cơ khí.

Các máng được làm bằng polyetylen nếu sử dụng để trồng cây cao thành hàng như cà chua hoặc dưa chuột, rõ ràng không phù hợp với xà lách khi trồng với mục đích kinh doanh, về tính kinh tế, xà lách cần được trồng với

khoảng cách dày (20 cm × 20 cm). Hơn nữa, cây trồng thuộc họ hoa hồng không phù hợp với máng khếp kín truyền thống có mặt cắt ngang hình tam giác. Những vấn đề này được khắc phục bằng cách đúc các máng nông với chiều rộng xấp xỉ 10 cm, sâu 2 cm và cách nhau 10 cm được đặt trên nền bê tông có độ dốc nhất định trong nhà kính. Máng đặt chạy dài hết nhà kính 46 m với 14 máng, mỗi máng có chiều dài 3,2 m. Máng bê tông được xử lý bằng nhựa epoxy để tránh ăn mòn do hoá chất và có thể di chuyển bằng bánh caosu để tiện cho trồng trọt và thu hoạch. Có thể có một số tạo phát triển ở các máng hở trong khi thu hoạch, nhưng đó không xem là bất lợi đối với các loại cây trồng ngắn hạn và thu hoạch dày vụ. Dung dịch dinh dưỡng được cung cấp tới đầu cuối của máng qua ống polyvinylclorua (PVC) cứng đặt vuông góc với máng ở lối thoát nước của mỗi luống cây trồng. Tất cả những đặc điểm cơ bản khác của hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng về độ dẫn điện, thiết bị kiểm soát ô nhiễm, bể chứa và bơm tuần hoàn cần được duy trì. Ngoài ra cần phải trang bị một phòng thí nghiệm riêng để phân tích dung dịch dinh dưỡng khi cần.

Để nhân giống bằng công nghệ này người ta thường sử dụng các khối than bùn nhỏ trong nhà kính có trang bị bộ phận bổ sung ánh sáng. Ở giai đoạn thích hợp của sự phát triển, cây non được chuyển chở tới nhà trồng và đặt trong các máng, kẻ sơn các đường trên bê tông để đánh dấu đúng vị trí của cây trồng theo hàng.

Mặc dù hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng đã được ứng dụng thành công vào thực tế để trồng xà lách, song người ta đã thay thế nền bê tông cố định bằng hệ thống máng nhựa nhưng không nên đánh giá thấp về hiệu quả sử dụng nền bê tông. Tóm tắt về hệ thống này với diện tích 1,8 ha như sau: trước tiên loại bỏ lớp đất ở trên cùng để tạo độ dốc 1/100, bề mặt đất trồng được san phẳng đầm chặt và trải lên một tấm polyetylen để tránh bê tông khô bị khô quá nhanh. Sau đó đổ bê tông dày 13 cm, đặt các đường ống dẫn có đường kính 1,3 cm, các máng có kích thước 12 cm × 2 cm được gắn vào các tấm bê tông khi bề mặt đã đông cứng.

2.2.6.2. Trồng rau xà lách luân phiên với cà chua

Hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng truyền thống đã có được các kết quả tốt với cây cà chua, nó sẽ tốt hơn khi trồng luân phiên với rau xà lách trong trường hợp không chế được nhiệt. Tuy nhiên cuối vụ cà chua, nếu dùng các máng kỹ thuật màng dinh dưỡng trồng rau xà lách để tránh tốn kém thì sẽ gặp khó khăn do đất đã cần cỗi. Do vậy một hệ thống thủy canh mới được phát minh ở Viện Công nghệ Nông nghiệp (IMAG) ở Wageningen. Trồng rau xà lách dùng bảy máng song song được đặt trên sàn nhà kính có chiều dài 3,2 m trong khi trồng cà chua chỉ sử dụng bốn máng, ba máng còn lại được chuyển sang một bên để tạo thành lối đi. Nét đặc trưng của hệ thống này là khi trồng xà lách và cà chua phải trồng theo tiêu chuẩn.

Van Os và Kuiken đã mô tả hệ thống như sau: tạo độ dốc 0,5% đến 1% cho mặt đất, đặt ống tuần hoàn dung dịch và tiêu nước cho máng, bề mặt được phủ polyetylen trắng. Máng polypropylen đen rộng 25 cm, sâu 5 cm, dài 60 m được đặt nghiêng về phía cuối thấp hơn được nối với ống dẫn nước tuần hoàn. Dung dịch dinh dưỡng được dẫn đến các đầu cao hơn bằng các ống nhỏ (đường kính 3 mm), sử dụng từng đôi một, tốc độ tưới tiêu khoảng $3 \text{ l/m}^2/\text{h}$. Các nắp đặc biệt được làm bằng polypropylen trắng rộng 30 cm. Sử dụng máy do Hãng IMAG phát minh để cắt nắp đập tạo thành các lỗ hình vuông ($5 \times 5 \text{ cm}$). Tạo thành hai hàng lỗ song song dọc theo mỗi nắp, các hàng có khoảng cách 20 cm, các hố cách nhau 22 cm. Rau xà lách được nhân giống trong các khay chứa than bùn hoặc vật liệu nền khác có kích thước chiều cao 5 cm và đáy $4 \times 4 \text{ cm}$. Dùng máy chuyên dụng cũng của Hãng này để đặt nắp cho 3 ÷ 4 máng cùng một lúc. Các nắp được di chuyển về phía trước bằng tời điện. Trên máy có hai người điều khiển đặt các khay cây giống vào hố. Cây được trồng trong dung dịch có pH = 6,0 và độ dẫn điện 2,0 mS/cm. Dùng máy thu hoạch được thiết kế chuyên dụng kéo các nắp của máng khi cây đã mọc rễ trong các khay trồng.

Hệ thống cơ khí hoá cao đã được thử nghiệm ở một vài vườn ươm. Chi phí cơ bản bao gồm chi phí tạo độ xốp cho đất và thay đổi cây trồng thời vụ ngắn. Hệ thống không cần dùng metyl bromua làm chất kìm hãm sự phát triển, chất này bị cấm sử dụng ở Hà Lan và một số nước khác trong thời gian gần đây. Hơn nữa, kỹ thuật màng dinh dưỡng cho phép kiểm tra chặt chẽ việc cung cấp nitơ, do vậy đảm bảo lượng nitrat trong rau xà lách không vượt quá mức cho phép.

Ở Bỉ hệ thống cơ khí hoá trồng rau xà lách bằng kỹ thuật màng dinh dưỡng được Benoit và Ceuterman mô tả và lắp đặt. Công nghệ tương tự như hệ thống IMAG, nhưng có một số sự khác biệt trong quá trình hoạt động và phát triển. Các nắp máng được làm bằng nhôm có độ dày 1,8 mm để thay đổi lực căng giãn dễ dàng, do đó có thể xem xét lực cần thiết để kéo nắp lên và khi rau xà lách đến độ thu hoạch được đưa đến cuối nhà để thu hoạch. Các máng rộng 16 cm (hàng đơn) hoặc 30 cm (hàng đôi), dài $10 \div 12$ m, độ dốc 1,5 đến 2,0%, tăng độ dốc sẽ tạo độ thoáng cho dung dịch làm dòng chảy nhanh hơn. Trong thực tế người ta bố trí dòng chảy không liên tục, nghĩa là cứ sau 4 phút cho chảy 1 phút với tốc độ $1,5 \div 2,0$ l/phút và lắp đặt bể chứa lớn đến $40 \text{ m}^3/\text{ha}$. Cây trồng được nhân giống trong các khay than bùn như trong hệ thống Dutch, trong các khay cây mọc lên qua các lỗ hình vuông ở nắp. Có thể lắp đặt sáu máng nhôm song song, mỗi máng có đáy rộng 30 cm, dài 3,2 m.

Theo quy trình công nghệ trước đây cần duy trì độ pH = $5,8 \div 6,2$, độ dẫn điện của dung dịch là $2,5 \div 3,0$ mS/cm, nhưng thực nghiệm cho thấy giá trị này thấp hơn nhiều: tiết trời quang đãng độ dẫn điện là 1 mS/cm, còn khi trời u ám tăng đến 1,5 và tối đa 2 mS/cm.

Đây là kỹ thuật đòi hỏi nhiều kinh nghiệm cao, hiện nay còn đang tiếp tục nghiên cứu và phát triển, kể cả những phương pháp kiểm soát dịch bệnh, lựa chọn cây trồng, bổ sung ánh sáng và tính kinh tế của việc sử dụng triet để nắp đáy bằng nhôm.

2.2.6.3. Sản xuất rau xà lách bằng kỹ thuật màng dinh dưỡng trong tương lai

Hệ thống cơ khí hoá trồng rau xà lách liên tục đã được áp dụng trong nông nghiệp ở California, được mô tả trong tài liệu của Roger. Rau xà lách được trồng trong các cốc nhựa có chứa dung dịch dinh dưỡng tuần hoàn. Các cây trồng được bố trí theo hai dãy sao cho có thể sử dụng không gian nhà kính hiệu quả nhất. Vào mùa thu hoạch, thiết bị ở cuối nhà kính được cuốn phần che nắng và cắt xà lách khỏi rễ. Cùng thời điểm đó người ta tiếp tục các khay cây non vào trồng trong máng. Somis đã thực hiện thí nghiệm hệ thống luân canh này với diện tích 0,3 ha để trồng rau xà lách.

Một hệ thống khác trồng rau xà lách trong nhà kính với mật độ dày đã được Morgan và Tan nghiên cứu. Cây được đặt cố định trong các hốc bằng nhựa có đường kính 3 cm cách nhau khoảng 20 cm. Các ống được bố trí thành lớp phía trên có mái che. Mỗi máng trồng cây có chiều dài 6 m đặt nghiêng với độ dốc 1 : 30 để dung dịch tuần hoàn dễ dàng. Bố trí 12 lớp từ trên xuống, những kết quả mới đây cho thấy bố trí 6 lớp đôi là thích hợp. Cây non được đưa vào hố trồng dễ dàng, lá để chum phía trên bề mặt của ống. Sử dụng dung dịch có độ dẫn điện 2 mS/cm và pH = 6,0 ÷ 6,5. Mật độ cây thích hợp là 40 cây/m² và có khả năng thu hoạch khoảng 8 lần mỗi vụ. Sau mỗi lần thu hoạch rễ cây được kéo lên và đổ ra khỏi ống, sau đó ống được khử trùng bằng cách ngâm trong formandehyt khoảng 10 phút.

2.2.6.4. Trồng cây dâu tây trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng

Dâu tây phát triển tốt trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng. Ở Bỉ và Hà Lan khoảng 5 ÷ 10 ha được trồng theo cách này và có triển vọng mở rộng hơn. Một ví dụ thú vị về cách trồng này được thử nghiệm ở Proeftuin Breda. Có 5 máng có chiều dài 3,2 m được xếp trong nhà kính, mỗi máng được trồng thành hai hàng. Mật độ cây xấp xỉ 13,5 cây/m², các máng được che phía trên, tất cả có cùng chiều cao 80 cm. Để thuận lợi khi làm việc, cứ 2 ÷ 3

máng người ta để khoảng 2 m để tạo thành lối đi cho công nhân. Độ dẫn điện của dung dịch được duy trì ở 2,0 mS/cm, với độ pH = 5 ÷ 6.

Các thử nghiệm với cây dâu tây bằng phương pháp kỹ thuật màng dinh dưỡng ở Trung tâm Thực nghiệm Lâm nghiệp Efford đã được Burgess mô tả. Các máng có chiều rộng 18 ÷ 22 cm và dài 20 m, độ dốc 1 ÷ 2%, tuần hoàn dung dịch liên tục với tốc độ 1,5 ÷ 2,0 l/phút. Bên dưới máng đặt một lớp lót bằng đá rộng 5 cm và sâu 0,5 cm để cải thiện sự phân bố dung dịch dinh dưỡng. Sự nhiễm độc bởi *Phytophthora fragariae* hoặc *P. cactorum* được coi là rất nguy hiểm trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng.

2.2.6.5. Trồng hoa cúc trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng

Hệ thống cơ khí hoá thực nghiệm trồng cây hoa cúc quanh năm trên các tấm có thể di chuyển được. Máng được sử dụng cho cây trồng này tương đối hẹp, chỉ rộng khoảng 6,5 cm. Vì các khay nhân giống trong máng hẹp sẽ ngăn cản dòng dung dịch dinh dưỡng, do vậy sử dụng cây rễ trọc. Thiết bị chuyên dụng được thiết kế sao cho phù hợp trồng các cành giâm.

Các cành giâm trước tiên được để bén rễ trong môi trường kiểm soát với độ ẩm cao. Sau đó các chậu giâm cành được đưa tới các máng trồng đặt trên giá đỡ có thể di chuyển được và đưa tới phòng trồng cây trong điều kiện “ngày dài” để theo dõi sự phát triển. Tiếp theo chuyển tới phòng trồng thứ hai trong điều kiện “ngày ngắn” để cây phát triển nụ. Khi cành giâm ra hoa, người ta chuyển tới khu vực thu hoạch bằng máy cắt, phân loại và bó. Hệ thống này được phân thành từng giai đoạn, máng có độ dốc 1% cho dòng dung dịch dinh dưỡng luôn được duy trì. Song tác giả cũng lưu ý rằng trồng hoa cúc hoàn toàn bằng cơ khí phải quan tâm đến giai đoạn phát triển sớm của nó.

Cây hoa cúc trồng theo kỹ thuật màng dinh dưỡng được áp dụng rộng rãi ở Vương quốc Anh năm 1975 là một hệ thống tương tự hệ thống được nghiên cứu ở Trung tâm Thực nghiệm Lâm nghiệp Efford. Máng được tạo

bởi các tấm polystiren xốp cố định rộng 2,5 cm và cao 3,8 cm trên tấm polystiren làm nền. Tất cả được xếp thành các đường song song cách nhau 10 cm và được che bằng nhựa polyetylen đen. Cuối cùng phủ polyetylen trắng - đen rộng xấp xỉ 1,5 m và dài 18 m. Cảnh giâm bén rễ thẳng đứng, xử lý sơ bộ bằng dung dịch axit để làm giảm pH của vật liệu. Mật độ cây trồng cao đến 62 cây/m², mặc dù người thấy rằng khi rễ phát triển đầu rễ vươn ra sẽ cản trở dòng dung dịch.

2.2.6.6. Những hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng khác

Các dạng khác là hệ thống trồng trong dung dịch tuần hoàn khép kín, có hoặc không có chất trợ như peclit được mô tả bởi Schipper với tên gọi “Kỹ thuật dòng dinh dưỡng”. Sử dụng từ “dòng” hơn là sử dụng từ “màng” bởi vì dòng dung dịch liên tục được xem như là nét đặc trưng. Những hệ thống khác được lắp đặt ở quy mô nhỏ, gồm máng có chiều rộng 15 cm đối với cây lớn, 9 cm đối với những cây nhỏ hơn, đáy phẳng phủ lớp peclit dày 5 cm. Hệ thống tưới nước được làm bằng các ống polyvinyl clorua đường kính 7,5 cm, thiết bị tưới cho hệ thống này gồm có thùng chứa dinh dưỡng (tương tự như bể phun), lắp phao nổi và công tắc điều khiển bơm trong bể tiếp nhận, còn gọi là bể chứa. Dưới tác dụng của lực trọng trường dung dịch dinh dưỡng được phun lên các máng, từ đó bể tiếp nhận đây dinh dưỡng theo yêu cầu bằng tự động.

Một hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng khác được Giacomelli ở Trạm Thực nghiệm Nông nghiệp New Jersey nghiên cứu trồng cà chua. Cây trồng trong ống polyetylen đục lỗ. Để đỡ các ống cây người ta dùng dây cáp xuyên qua ống rồi treo vào dây cáp cao khoảng 2 m phía trên giá đỡ. Dung dịch dinh dưỡng cung cấp cho cây trồng chảy vào cả hai đầu ống trồng cây. Người ta dùng dây cáp treo để có thể thay đổi các hàng cây trồng, do vậy sử dụng tối đa khoảng không nhà kính. Ví dụ, ở giai đoạn cây giống con khoảng cách là 15 cm, giai đoạn ra hoa là 30 cm, giai đoạn đậu quả là 60 cm. Sau khi thu hoạch quả chín người ta đưa cây giống con vào trồng tiếp.

Một hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng đặc biệt thích hợp để trồng các cây đòi hỏi có sự thay đổi khoảng cách trong từng giai đoạn phát triển do Massantini và Magnani đề xuất. Ban đầu nhằm mục đích tiết kiệm sử dụng nhiên liệu cho nhà kính. Hệ thống được thiết kế sao cho có thể thay đổi được khoảng cách giữa các cây đủ để có thể sử dụng có hiệu quả ánh sáng và nhiệt độ tối thiểu cho sự phát triển. Do vậy hạn chế sử dụng năng lượng đến mức tối thiểu

2.2.6.7. Sự thoát khí trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng

Như mọi hệ thống thủy canh, điều quan trọng là phải duy trì được mức oxy cao nhất có thể ở mọi thời điểm trong dung dịch dinh dưỡng. Các thông số thiết kế để có được kết quả cao bao gồm tốc độ dòng chảy, chiều rộng máng trồng và chiều cao dung dịch. Như Glislerod và Kempton (1983) đã chứng minh, khi dung dịch chảy qua khay trồng chắc chắn nó sẽ hấp thu oxy từ không khí. Một dung dịch có 3,0 mg O_2/l khi được sục khí nitơ sẽ tăng được đến 4,2 mg/l và 5,5 mg/l ở khoảng cách từ 1,5 đến 5,5 m dài trong khay chưa trồng cây. Tuy nhiên nếu khay đã trồng cây thì mức tiêu thụ oxy sẽ vượt trên mức oxy mà nó hấp thu được từ không khí.

Quan sát các hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng trồng cà chua cho thấy chỉ có một lượng nhỏ oxy được hấp thu, ví dụ, mức oxy ban đầu ở dòng vào là 8,3 mg O_2/l chỉ giảm xuống 7,5 mg/l ở đầu ra. Tuy nhiên với dưa chuột lại thấy mức oxy giảm đáng kể, ban đầu là 6,2 mg O_2/l xuống còn 2,9 mg/l ở đầu ra. Mức oxy dưới 3,0 mg/l trong dung dịch được xem là hoàn toàn không mong muốn.

Nghiên cứu kỹ thuật tuần hoàn ngập dung dịch, Zeroni và cộng sự (1983) cho biết, 65% lượng oxy bão hòa là mức thấp nhất có thể chấp nhận được cho cây cà chua ở cả thời kỳ sinh trưởng và ra hoa kết quả. Ngay từ năm 1946, Erickson đã nghiên cứu tác dụng của nồng độ oxy với sự phát triển của rễ trong dung dịch dinh dưỡng. Người ta đã ghi được nồng độ của oxy trong dung dịch không thông khí xuống tới 0,4 mg O_2/l .

2.2.6.8. Chất dinh dưỡng trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng

a) Sự hấp thu dinh dưỡng

Sự khác nhau cơ bản giữa nồng độ chất dinh dưỡng cần thiết để duy trì sự phát triển trong hệ thống động và tĩnh của dung dịch trồng trọt là: Dòng dung dịch dinh dưỡng bao trùm cả hệ thống rễ gần như bỏ qua gradien nồng độ phát triển ở bề mặt rễ trong điều kiện tĩnh. Nói chung nồng độ dinh dưỡng thường dùng trong hệ thống thủy canh là: $100 \div 300$ mg N/l và $120 \div 250$ mg K/l; trong điều kiện cường độ ánh sáng mạnh thì nồng độ của N cao hơn và nồng độ K thấp hơn. Mặt khác theo Long Ashton, dung dịch dinh dưỡng chuẩn chứa 168 mg N/l và 156 mg K/l. Những nồng độ như vậy đã chứng minh được là rất phù hợp để trồng cây trong cát và trồng trong dung dịch tĩnh. Asher và Ozanne đã tiến hành thử nghiệm trồng 14 loại thực vật ở Ôxtrâyliá, trong đó 8 loại cho sản lượng cao nhất ở nồng độ dung dịch là 0,9 mg K/l và sáu loại còn lại ở nồng độ 3,7 mg K/l. Thử nghiệm hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng cho thấy không thể trồng cách nào khác để có được sản lượng cà chua bội thu mà nồng độ nitơ vượt quá giới hạn $10 - 320$ mg $\text{NO}_3 \div \text{N/l}$. Tương tự như vậy khi cà chua được trồng trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng với nồng độ phospho là $5 \div 200$ mg P/l sẽ có sự khác nhau một chút về sản lượng, giá trị cao nhất đạt được ở một thử nghiệm nồng độ 5 mg P/l và ở thử nghiệm khác 10 mg P/l. Song, trong thực tế hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng muốn nồng độ cao hơn để đảm bảo duy trì chất dinh dưỡng trong suốt thời gian làm việc và cho phép kiểm soát được mức độ dinh dưỡng bằng cách đo độ dẫn điện. Do trong nước tưới tiêu chứa một lượng muối đáng kể đòi hỏi rất cao nên sẽ không thể quan trắc được nồng độ dinh dưỡng thấp mà ngược lại tích tụ trong đất thêm một lượng canxi sunfat hoặc clorua.

Dung dịch dinh dưỡng phù hợp với cây cà chua trồng trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng gồm có các thành phần sau : $150 \div 225$ mg N/l; $30 \div 45$ mg P/l; $300 \div 500$ mg K/l; $150 \div 300$ mg Ca/l; $3 \div 6$ mg Fe/l; $40 \div 50$ mg

Mg/l; $0,5 \div 1,0$ mg Mn/l; $0,1$ mg Zn/l; $0,3 \div 0,4$ mg B/l và $0,05$ mg Mo/l. Đối với cây cà chua con thì nồng độ các chất dinh dưỡng chính có thể cao hơn và trong điều kiện ánh sáng yếu, đối với các cây trồng khác thì tỷ lệ K/N có thấp hơn.

b) Cung cấp dinh dưỡng cho hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng

Như đã nói ở trên, cần có hai bơm phun hoá chất để bổ sung dung dịch phân bón khi độ dẫn điện giảm xuống dưới mức yêu cầu; chỉ trừ khi nước cung cấp có hàm lượng canxi cao, ví dụ 150 mg Ca/l hoặc lớn hơn. Lý do sử dụng riêng biệt hai dung dịch dinh dưỡng này đơn giản là để tránh kết tủa canxi như phosphat hoặc sunfat ở trạng thái pha loãng. Do vậy người ta điều chế hai loại dung dịch riêng biệt. Dung dịch A chứa canxi nitrat, dung dịch B chứa tất cả các chất dinh dưỡng khác. Cho một lượng rất nhỏ axit nitric vào dung dịch B để tránh xu hướng kết tủa trong dung dịch.

Với cách làm như vậy người ta đã thu được những kết quả tốt (bảng 2.1). Hiện nay đã có nhiều nhóm phức hợp các loại phân bón khác nhau giữa dung dịch A và dung dịch B thu hút được sự quan tâm của các nhà trồng cây kinh doanh. Ở những nơi nước cấp có chứa lượng đáng kể bicacbonat, cần thiết phải bổ sung định kỳ axit để tránh pH tăng cao. Đồng thời cũng có thể bổ sung một phần nhu cầu axit vào phân bón và sử dụng hệ thống kiểm soát pH để duy trì cân bằng nhu cầu axit.

Hai công thức dinh dưỡng dùng trong các hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng ở bảng 2.1 dựa trên thực nghiệm nghiên cứu ở Anh (Bộ Nông nghiệp, 1981; Richardson, 1981). Một trong hai công thức này được đưa ra sử dụng ở các vùng nước cứng (nhiều canxi). Đôi khi người ta giảm bớt lượng canxi nitrat để tránh tích lũy nhiều canxi và bổ sung vào đó lượng kali theo yêu cầu dưới dạng kali sunfat. Riêng phosphat được cung cấp ở dạng axit phosphoric (dung dịch C) và một lượng nhỏ amoni - N. Tất cả đều được kiểm soát bằng thiết bị điều chỉnh pH.

Bảng 2.1. Dung dịch phân bón dùng cho nước cứng và nước mềm. Số lượng phân bón và axit dùng để pha chế 100 lít mỗi loại dung dịch A, B và C

Dung dịch	Các chất dinh dưỡng	Nước cứng	Nước mềm
Dung dịch A	Canxi nitrat	5,0 kg	7,5 kg
Dung dịch B	Kali nitrat	8,0 kg	9,0 kg
	Kali dihydrophosphat	-	3,0
	Kali sunfat	4,0 kg	-
	Magie sunfat	6,0 kg	6,0 kg
	Amoni nitrat	600 g	
	Fe – EDTA	300 g	300 g
	Mangan sunfat	40 g	40 g
	Axit boric	24 g	24 g
	Đồng sunfat	8 g	8 g
	Kẽm sunfat	4 g	4 g
	Amoni molybđat	1 g	1 g
Dung dịch C	Axit nitric (60%)	6 l	10 l
	Axit phosphoric (67%)	3 l	-

Khi sử dụng nước mềm, phải tăng lượng canxi nitrat để đảm bảo đủ lượng canxi cho cây trồng. Phosphat được cung cấp ở dạng kali phosphat, vì yêu cầu duy trì đủ lượng phosphat ít nhất ở giai đoạn phát triển của cây là rất quan trọng.

Một hệ thống đơn giản để pha chế dung dịch dinh dưỡng cho hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng và môi trường tro được phát triển ở Vương quốc Anh sử dụng hỗn hợp phân bón chứa 7,3% N; 6,72% P; 28,3% K; 3,6% Mg và hỗn hợp vi lượng.

Người ta dùng một bơm bơm dung dịch phân bón này (25 kg/170 l), còn một bơm khác cấp một lượng tương ứng dung dịch canxi nitrat. Cả hai bơm đều được kiểm soát bởi thiết bị đo độ dẫn điện đặt trong dung dịch tuần hoàn. Đặc tính thú vị của hệ thống này là nồng độ canxi nitrat được tính theo độ cứng của nước cấp. Lượng canxi nitrat (12% N, 17% Ca) cho 170 lít dung dịch gốc thay đổi theo tỷ lệ từ 15 kg khi nước không có canxi đến 0 kg khi nước chứa 150 mg/l canxi hoặc cao hơn.

Đôi khi người ta cũng bổ sung phức sắt chelat cho hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng, tuy nhiên nếu chất nền là cát mịn thì không cần thiết

c) Nhu cầu silic của cây dưa chuột trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng

Silic là nguyên tố cần thiết cho sự phát triển và sinh sản của cây, không được đề cập đến trong bất cứ công thức nào đã nói đến ở trên. Năm 1983, Hewitt khi nghiên cứu tầm quan trọng của silic trong nhu cầu dinh dưỡng của cây trồng, đã kết luận rằng “Sự phong phú của silic như silic dioxyt trong vỏ tế bào thực vật đã cho thấy silic là một nguyên tố cần thiết cho hầu hết các cây trồng”. Những nghiên cứu gần đây cho thấy silic rất quan trọng đối với sự phát triển của cây dưa chuột. Nhưng đối với cây cà chua thì phát triển mạnh trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng. Ngoài ra vấn đề thiếu oxy do hệ thống rễ của dưa chuột là lớn, có thể đó là sự khác nhau về lượng silic giữa trồng cây trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng và trồng cây trong đất cát có lượng silic dioxyt cao (47,1% SiO_2) nhưng chỉ hòa tan một

lượng nhỏ SiO_2 . Nếu nước cung cấp chứa 10 mg SiO_2/l , thì vùng rễ của cây dưa chuột đã hấp thu $2,7 \div 3,9$ mg/l dung dịch. Ngược lại SiO_2 ở vùng rễ của cây cà chua trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng tích tụ được đến 64 mg/l. Độ hòa tan của silic đioxyt trong đất cát tăng chậm nếu không có cây trồng, điều đó chứng tỏ rằng đất cát là một nguồn silic đioxyt dùng cho cây trồng.

Nếu thêm silic đioxyt (100 mg SiO_2/l) thì thấy lượng chất diệp lục cao hơn đáng kể ($P = 0,001$) và màu của lá cây xanh hơn. Độ hoạt tính của enzym cố định CO_2 RuBP cacboxylaza tăng đến 50% trên diện tích lá, và protein hòa tan cũng tăng lên một cách đáng kể. Cây có silic đioxyt cao thì lá, cuống lá cứng và nhiều gai có thể do sự tích tụ silic đioxyt trong biểu bì. Lá cứng hơn và những lá ở tầng thấp chậm già đi. Điều đặc biệt quan tâm đó là độ nhạy của nấm mốc sương dạng bột, nấm thường và nấm độc hại gây ảnh hưởng cho sự phát triển của cây.

Nghiên cứu kỹ hơn về cây dưa chuột và các cây họ bầu khác với hàm lượng dung dịch dinh dưỡng $50 \div 100$ mg SiO_2/l trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng và hệ thống thủy canh liên quan thì thấy không cần bổ sung thêm chất khoáng.

2.3. SƯƠNG MÙ DINH DƯỠNG: THỦY CANH THOÁNG KHÍ

Hội thảo về trồng sạch ở Las Palmas xác định thủy canh thoáng khí là hệ thống đảm bảo cho “rễ cây phát triển liên tục hoặc không liên tục trong môi trường bão hòa các giọt sương mù dung dịch dinh dưỡng”. Quan niệm này không đề cập đến pha lỏng liên tục, đôi khi được sử dụng trong nghiên cứu dinh dưỡng, đặc biệt với các cây ăn quả chưa trưởng thành.

Hệ thống thủy canh thoáng khí nhằm mục đích kinh doanh đầu tiên được Massantini mô tả chi tiết vào năm 1973, đề cập đến cách trồng cây trên bề mặt polystyren đặt nghiêng. Collin và Jensen năm 1983 đã tóm tắt như sau “... cây được trồng trong các hố trong các tấm polystyren xếp hoặc bằng vật

liệu khác, nhưng rễ cây được treo lơ lửng trong không khí dưới tấm đỡ nằm trong hộp phun. Hộp được bịt kín để rễ ở chỗ tối ngăn cản sự phát triển của tảo và duy trì độ ẩm bão hòa. Hệ thống sương mù phun dung dịch dinh dưỡng lên rễ theo định kỳ; cứ 2 ÷ 3 phút thì hệ thống này làm việc trong vài giây đủ để giữ độ ẩm cho rễ và làm cho dung dịch dinh dưỡng thoáng khí". Kỹ thuật này sau đó đã được Jensen ở Arizona phát triển với cây rau diếp và rau bina, nhưng với cây cà chua trồng trong hệ thống này người ta lại thấy không kinh tế. Theo Collin và Jensen, cho đến gần đây ở Mỹ vẫn chưa có những ứng dụng hệ thống thủy canh thoáng khí ở quy mô thương mại lớn. Mặc dù trên thị trường vẫn thấy có bán các trang bị cho hệ thống này để nhân giống cây. Rễ cà chua được đặt trong buồng phun mù dinh dưỡng kín, có kiểm soát thời lượng phun và chu kỳ phun.

Năm 1985, Massintini khi xem xét lại những thuận lợi và khó khăn của hệ thống thủy canh thoáng khí đã cho biết cây trồng trong hệ thống thủy canh thoáng khí nói chung kém phát triển hơn so với trong môi trường sỏi và đất.

2.4. TRỒNG TRÊN CHẤT TRƠ: HỆ THỐNG MỎ (KHÔNG TUẦN HOÀN)

Sau đây không chỉ nói đến việc các hệ thống đơn giản sử dụng cát hoặc các vật liệu dạng hạt mịn khác mà còn nói đến các hệ thống hiện đại hơn, có khả năng cho năng suất rất cao mặc dù khá đắt và đòi hỏi nhiều kỹ năng đáng kể trong vận hành mới có được hiệu quả cao. Cũng như các hệ thống trồng trên chất nền khác, các hệ thống này khác nhiều so với các hệ thống trồng trong nước, bởi vì ở đây bộ rễ được phát triển trong môi trường rắn. Ưu điểm rõ ràng là cây phải tự thân đỡ như trồng trên đất bình thường, khác hẳn với các hệ thống trồng trong nước, trong đó cây cần có giá đỡ phía trên dung dịch. Người ta bón phân rắn vào môi trường nền rồi tưới nước. Lớp nền hấp thu dung dịch dinh dưỡng giống như nguồn dinh dưỡng cấp cho các hệ thống trồng trong nước. Tuy nhiên có một lượng nước thừa phải thải bỏ. Để tránh phải tưới nước thường xuyên, người ta dùng lớp nền là các hạt mịn, chúng có

khả năng giữ nước tốt hơn so với các hệ thống trồng tuần hoàn kín trên nền sỏi.

Khi sử dụng chất nền trồng hạt dạng mịn trơn trong hệ thống mở, người ta thường gọi là trồng trên cát. Cát là lớp nền đặc trưng cho các hệ thống như vậy. Song cũng có thể dùng các vật liệu nền khác như peclit, vecmiculit và nhiều loại khoáng chất trơn khác cũng thích hợp để làm vật liệu nền trơn mịn, thậm chí cả clanke vụn của các lò xi măng cũng được sử dụng. Năm 1976, Steiner phát biểu như sau: Rễ cây trồng phát triển trên nền rắn xốp hoặc không xốp nhưng không có khả năng phân rã như cát, peclit, chất dẻo hoặc bất cứ vật liệu vô cơ nào khác có đường kính dưới 3 mm. Năm 1947, Ellis và Swaney khuyến cáo nên sử dụng cát có đường kính trong khoảng 0,25 - 1,8 mm. Cũng có tài liệu cho rằng cát dưới 0,6 mm là quá mịn và đề nghị nên dùng cát có đường kính từ 0,6 đến 2,5 mm. Cũng có thể dùng các vật liệu thô (1,6 - 3,2 mm) nhưng phải thường xuyên tưới nước.

2.5. TRỒNG TRÊN NỀN CÁT

Điểm cơ bản của hệ thống này là lớp nền luôn giữ được độ ẩm cần thiết cho cây phát triển và khả năng thoát nước cũng hợp lý để có được sự thông thoáng trong vùng rễ. Tuy nhiên đòi hỏi này không phải lúc nào cũng được dễ dàng thực hiện. Độ thoáng khí có khi còn kém hiệu quả hơn so với các hệ thống kín, do kích thước hạt mịn (khả năng giữ nước cao) và do mức lưu thông dịch kém nên ít có oxy được hấp thu vào dung dịch. Trong thực tế, trồng cây trên nền cát thường được tưới từ 1 - 3 lần/ngày, tùy thuộc vào thời tiết và giai đoạn phát triển của cây. Dải giới hạn độ ẩm giữa quá khô (làm khô lá) và quá ướt (làm thiếu hụt oxy) có lẽ sẽ giải thích được tại sao trồng cây trên nền cát chưa bao giờ mang lại kết quả cao, ít nhất trong các điều kiện cạnh tranh để trồng cây kinh doanh so với kỹ thuật trồng trong nước (Steiner, 1976).

Vật liệu truyền thống để chế tạo khay trồng trên cát là bê tông cốt thép phủ sơn trơn hoặc nhựa epoxy bảo vệ sự ăn mòn của khay dung dịch mang

tính axit. Còn có thể sử dụng các vật liệu khác như sợi thủy tinh, gỗ dán phủ sợi thủy tinh, gỗ thường quét nhựa asphan và các tấm amiăng. Để hạ giá thành, người ta còn nhúng tấm polyetylen (dày ít nhất 0,1 mm) thường ghép hai lớp để giảm thiểu mức rò rỉ. Đặt màng chất dẻo lên nền cát và đỡ các cạnh bằng gỗ, bê tông ... (Collins và Jensen, 1983). Cũng có thể dùng màng polyvinyl clorua đen dày 0,2 mm (Schwarz, 1968). Nền được xẻ rãnh, phân cách bằng màng chất dẻo và đổ đầy cát đã được áp dụng ở Israel và một số nơi. Tuy nhiên kiểu nền này có nhược điểm, rất khó phát hiện và xử lý rò rỉ, và khó khăn đáng kể là sâu bệnh dễ có điều kiện xâm nhập vào đất.

Tưới dung dịch dinh dưỡng lên nền. Việc thoát nước được thực hiện nhờ các ống đặt trên nền hoặc ở hai bên thành. Dung dịch dinh dưỡng được kiểm soát đơn giản nhờ hệ thống pha loãng tỷ lệ, do vậy không cần thùng chứa lớn để chứa dung dịch dinh dưỡng pha loãng.

Hệ thống đòi hỏi phải được thoát nước tốt, kể cả ở các thành bên và đáy. Người ta thường dùng các ống thoát nước có sẵn trên thị trường, chúng được làm bằng chất dẻo và đặt bằng thủy tinh ở đầu. Cũng có thể dùng các ống đường kính ít nhất 4 cm, khoan lỗ dưới đáy dọc theo chiều dài.

Máng được thiết kế có độ dốc về phía đầu ra. Collin và Jensen đưa ra độ dốc tối thiểu là 15 cm so với chiều dài 35 m của nền (hoặc 0,43%), còn Schwarz cho biết độ dốc là 0,5%. Chiều rộng nền từ khoảng 0,8 m đối với cây trồng hàng đôi như cà chua đến 1,2 m đối với cây mọc thấp, kể cả hoa. Độ sâu lớp nền thay đổi theo loại chất nền được sử dụng. Jensen và Collin cho biết chiều dày tối thiểu của lớp nền là 25 cm; lớp nền nông hơn sẽ gây khó khăn cho việc tưới tiêu. Schwarz cho biết chiều sâu lớp nền có thể lên tới 40 cm khi sử dụng cát có đường kính hạt 0,3 ÷ 1,0 mm và không nhỏ hơn 35 cm. Cần chiều sâu lớp nền thích hợp vì phần chất nền thấp hơn sẽ bão hòa nước do vậy trở thành môi trường nghèo dinh dưỡng đối với sự phát triển của rễ. Sử dụng lớp nền sâu hơn đảm bảo không bị ngập nước sau khi tưới.

Với nền cát đòi hỏi hàng năm phải định kỳ khử trùng để loại trừ sâu bệnh phát sinh từ đất (kể cả giun tròn). Hoá chất được sử dụng khử trùng là

dung dịch formandehyt loãng (1%) và canxi hoặc natri hypoclorit (0,3 ÷ 1,0%); dung dịch được giữ ở lớp nền trong 24 h, sau đó rửa lớp nền 3 đến 4 lần. Bề mặt lớp nền được phủ kín bằng tấm polyetylen trước khi bắt đầu xử lý. Cần thận trọng khi sử dụng bất cứ hoá chất nào vì rất nguy hiểm cho công nhân và cây trồng xung quanh. Đặc biệt là metyl bromua, thuốc xông dạng khí hiệu quả cao nhưng rất nguy hiểm; một số quốc gia cấm sử dụng loại hoá chất này, cần thực hiện lời khuyên của chuyên gia và thực hiện tất cả các biện pháp phòng ngừa cần thiết. Sử dụng metyl bromua có thể xuất hiện dư lượng chất bromua trong cây thực phẩm nên phải thêm phân chi phí cho khử trùng. Điều đó dẫn tới trồng theo truyền thống trong đất được thay thế bằng cách trồng trong các chất nền như than bùn và các chất xơ hoặc trong một số trường hợp trồng trong dung dịch. Đó là những vấn đề đang được cân nhắc trong nghề làm vườn ở Châu Âu và Mỹ.

2.6. TRỒNG BẰNG CÁT TRONG NHÀ KÍNH

Trồng bằng cát đôi khi được coi là phương pháp “tận dụng không gian nhà kính”, toàn bộ nền nhà kính được trải một lớp cát. Kỹ thuật này được phát triển ở Arizona, ban đầu được ứng dụng ở các vùng sa mạc. Có nhiều dạng trồng trong cát truyền thống, người ta tưới dung dịch dinh dưỡng lên bề mặt lớp nền, nếu dư thừa phải được thải bỏ. Ở các vùng khô cần cần tưới tới 8 lần/ ngày. Độ dày lớp đất mới làm tươi khoảng 30 cm và độ dốc khoảng 0,2 ÷ 0,3%, lót hai lớp polyetylen để rễ cây không ăn sâu vào đất. Ống thoát nước được đặt trên tấm polyetylen xuôi theo độ dốc và nhà kính được lấp đầy cát. Cát mịn thoát nước không tốt nên tránh sử dụng. Trường Đại học Arizona đã phân loại kích thước cát như sau 71% đường kính nằm trong khoảng 0,28 ÷ 2,38 mm và 96% nằm trong khoảng 0,15 ÷ 4,76 mm. Chi phí cho hệ thống này ở Mỹ bao gồm cả việc xây dựng nhà kính và hệ thống kiểm soát, ước tính khoảng 50.000 USD/ha.

2.7. HỆ THỐNG TRỒNG BẰNG CÁT MỎNG

Kỹ thuật này gần giống kỹ thuật trồng bằng cát trong nhà kính đã nói trên. Chuẩn bị lớp nền với chiều sâu tối thiểu 35 cm, có thể cải thiện được môi trường rễ nếu chiều sâu từ 60 đến 70 cm. Nền được làm chắc, độ dốc 0,5% và được phủ polyetylen (0,15 mm). Nếu diện tích lớn hơn thì phủ các lớp gối lên nhau khoảng 30 cm. Các ống thoát nước được đặt trên nền cách nhau 1 m, hoặc gần hơn nếu cát không dễ thoát nước; nước thoát được tập trung vào ống dẫn chính ở phần cuối độ dốc. Dung dịch dinh dưỡng được cung cấp qua hệ thống tưới phun. Hệ thống tưới nước được kiểm soát bằng thiết bị hẹn giờ và có thể làm việc tự động. Khi các cón cát có chiều dày lớn hơn 1 m, không cần làm lớp nền vì vùng rễ mọc sẽ không bị quá ướt.

2.8. CHẤT NỀN TRƠ TRONG TÚI

Đối với các mục đích, đặc biệt đối với cây trồng như cà chua và dưa chuột, sử dụng chất nền sạch đựng trong túi có ưu điểm thuận lợi hơn trồng trên lớp nền. Không cần chi phí cho việc làm nền như tạo độ dốc chính xác và hệ thống thoát nước. Thay vì các chất nền được đựng trong túi polyetylen chống tia tử ngoại, người ta sử dụng túi màu trắng bên ngoài để bức xạ nhiệt và hạn chế quá nhiệt, đặc biệt quan trọng trong điều kiện thời tiết nắng nóng... Lắp đặt hệ thống tưới phun tự động để đơn giản việc tưới tiêu. Tất cả dinh dưỡng được cung cấp trong dung dịch; kiểm soát chính xác lượng dung dịch đưa vào với từng loại cây trồng. Hệ thống trồng trong túi đặc biệt có thuận lợi khi rễ nhiễm bệnh có thể tách riêng và loại bỏ khỏi nhà kính để hạn chế mức lây nhiễm đến tối thiểu. Nạp liệu và xử lý túi có thể thực hiện bằng cơ khí hoá.

2.8.1. Cát và chất khoáng khác

Cát và các hạt mịn khác được sử dụng chủ yếu trong hệ thống đáy “mở”, trong khi những hạt thô hơn được sử dụng trong hệ thống đáy “kín” tưới

ngâm, song ở đây nguy cơ nhiễm bệnh của rễ cao, do vậy dùng các hộp đựng cây riêng, dung dịch dinh dưỡng không tuần hoàn là cách tốt nhất để hạn chế tới mức tối thiểu phát sinh nguồn bệnh. Với những hạt thô và không tơi xốp cần tưới thường xuyên, ngược lại các hạt quá mịn sẽ phát sinh hiện tượng thiếu oxy.

Như các dạng trồng bằng túi khác, cần hệ thống tưới phun tới từng cây bằng ống nhựa dẻo kích thước nhỏ, nước dư được thải bỏ. Các túi được làm bằng polyetylen sẽ tránh được sự nhiễm bệnh từ đất. Nền nên được làm dốc và túi được để cách xa nền tránh nước thải ra từ các túi khác chảy qua và do đó không có thể truyền bệnh từ cây này sang cây khác.

Theo tài liệu của Trạm Thực nghiệm nông nghiệp Sembawang, hiện nay ở Singapo người ta sử dụng túi polyvinyl clorua có kích thước $0,6 \div 1,3$ cm nạp đầy chất khoáng để sử dụng cho kỹ thuật thủy canh. Tương tự như vậy, ở Gabon người ta trồng cả trên lớp chất nền trợ và cả trong từng túi nhựa.

Dự án nhà kính ở Shahaniyah sử dụng các túi cát để trồng các loại cây leo như dưa chuột, cây bí, cà chua, đậu. Nhà kính được trang bị thiết bị bốc hơi và hệ thống thiết bị làm lạnh, trong một số trường hợp dùng hệ thống sưởi ấm vào các tối mùa đông thời tiết lạnh. Cát được cho vào các túi nhựa bằng máy với công suất tới 500 túi/ h. Những túi đã nạp đầy cát được xếp thành đồng để chờ đến vị trí yêu cầu trong nhà kính bằng các phương tiện cơ khí. Lắp đặt bộ phận thấm thấu ngược để giảm độ mặn của nước tưới tiêu.

2.8.2. Vecmiculit

Vecmiculit là một hợp chất khoáng silicat nhôm magie hydrat ở dạng tinh thể tấm. Trữ lượng đáng kể của loại khoáng này có ở Mỹ và Nam Phi. Khi nung nóng, vật liệu này nở ra trở thành vật liệu xốp nhẹ, có khối lượng riêng rất thấp nên cần được bảo quản và lưu chuyển cẩn thận. Sản phẩm sau khi xử lý có khối lượng riêng trung bình vào khoảng 80 kg/m^3 . Đôi khi vật

liệu này có phản ứng kiềm do có chứa magie cacbonat trong quặng ban đầu. Khả năng giữ nước và thoát nước đều cao, do vậy vecmiculit có nhiều đặc tính tốt để làm chất nền trong kỹ thuật thủy canh. Bentley còn cho rằng vecmiculit là vật liệu hoàn hảo để làm nền cho nuôi trồng thủy canh (1959). Nhược điểm duy nhất của loại vật liệu này là dễ bị phá hủy cấu trúc nếu như dùng lâu.

Năm 1976, Harris đã mô tả hệ thống thủy canh tưới ngầm trồng cà chua trên nền vecmiculit nhằm mục đích kinh doanh. Vật liệu nền vecmiculit được chứa trong các bao polyetylen đen kích thước $18 \times 15 \times 35$ cm (dài), đặt theo hàng đôi cách nhau 33 cm trên sàn trải polyetylen. Mỗi bao chứa 8 dm^3 vecmiculit, có đục lỗ thoát nước ở đáy. Dùng hệ thống ống tưới bằng chất dẻo để tưới vào các bao.

Năm 1981, Maree cũng đưa ra một hệ thống trồng cà chua kinh doanh trên nền vecmiculit. Cây trồng trong các bao chất dẻo dung tích 9 lít, có lỗ thoát nước cách đáy không thấp hơn 2,5 cm. Cây trồng được bố trí theo hàng đôi cách nhau 40 cm, khoảng cách giữa hai hàng là 60 cm và các luống cách nhau 1 m là lối đi. Bố trí rãnh thoát nước giữa các hàng đôi. Maree nhấn mạnh đến việc thiết lập hệ thống tưới tiêu hợp lý và lượng nước tưới cần thiết theo từng thời kỳ phát triển của cây. Thông thường nên tưới ít nhất 2 lần/ngày, vào mùa hè nên tưới trên 4 lần/ngày. Bối cảnh nền là vật liệu tro nên đòi hỏi phải cung cấp đủ chất dinh dưỡng và các nguyên tố vi lượng cho cây. Ít nhất nên cung cấp dư 10% lượng nước cần thiết để lượng thừa thì thải bỏ. Vào cuối vụ cắt bỏ rễ chính và thay lớp nền phía trên bao bằng vecmiculit mới. Ngay cả khi chưa trồng cây gì mới, vẫn phải duy trì độ ẩm cho chất nền vì vecmiculit có xu hướng hồi lại trạng thái khoáng ban đầu nếu chất nền bị khô kiệt. Sau bốn vụ trồng, cần thay thế hoàn toàn chất nền cũ bằng vật liệu nền mới.

Bên cạnh nhiều ưu điểm của vecmiculit trong kỹ thuật thủy canh, vật liệu này có nhược điểm là dễ bị phân rã và có xu hướng trở về trạng thái vật lý ban đầu của chất khoáng, hình thành các khối bột, dẫn đến làm giảm khả

năng thông khí và thoát nước. Cũng vì lý do đó mà người ta thấy cần phải tìm kiếm các vật liệu nền thay thế khác như than bùn, peclit và cát bột.

2.8.3. Peclit

Peclit được chế biến từ đá núi lửa có chứa silic. Vật liệu này có chứa 2 - 5% độ ẩm khi được nghiền và nung nóng đến 1.000°C nó giãn nở thành vật liệu nhẹ xốp, có khối lượng riêng từ 130 đến 180 kg/m^3 . Vật liệu này có cấu trúc xốp kín, phần lớn nước tưới được giữ lại trên bề mặt xốp và chỉ được giải phóng khi độ ẩm thấp (Jackson, 1974). Lớp nền hỗn hợp mà chủ yếu là peclit sẽ có khả năng thoát nước và thông khí tốt. Sản phẩm peclit luôn có tính chất vật lý ổn định và trơ về hoá học, chứa 6,9% nhôm, tuy nhiên ở pH thấp của dung dịch dinh dưỡng, một phần nhôm này có thể bị hòa tan. Kết quả là peclit không thích hợp để làm chất nền trồng cây cần dinh dưỡng ở pH thấp (dưới 5). Hiện nay người ta thường dùng peclit kết hợp với than bùn để làm chất nền.

Dùng peclit trong kỹ thuật thủy canh đã được Wilson nói đến từ năm 1980. Cây cà chua được trồng trong các bao kín đặt cạnh nhau và có đục lỗ để thoát nước. Lỗ thoát nước bố trí cách đáy bao chừng 2,5 cm. Sản lượng cao nhất đạt được khi dùng kết hợp gupsum (10 g/l) với các nguyên tố vi lượng ($0,5\text{ g/l}$). Dung dịch dinh dưỡng có chứa các nguyên tố N, P, K và Mg.

Năm 1984, Wilson và cộng sự đưa ra hệ thống thủy canh trồng cà chua trong các bao lớn hơn (60 lít), mỗi bao được thiết kế để trồng 6 cây cà chua hoặc 4 cây dưa chuột. Thay cho việc tưới nước từ trên xuống, các bao được đặt thành hàng trong máng polyetylen. Máng làm bằng polystiren trương nở kích thước $4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ đặt dưới đáy bao và liên kết với nhau để có chiều sâu chứa dịch 4 cm. Chất nền dùng peclit để lưu chuyển nước nhanh từ bao đến các thùng chứa. Các báo cáo sau đó cho biết không có sự khác nhau đáng kể nào về sản lượng cà chua khi trồng trên peclit với các lượng trong khoảng $6,7 - 10\text{ dm}^3$ peclit/cây, do đó người ta cho rằng con số ban đầu đưa ra 10 dm^3 peclit/cây là quá dư thừa không cần thiết.

Phát triển nghiên cứu dùng peclit làm chất nền để trồng cây cà chua ở Hi Lạp đã được Mavrogiannopoulos và Papadakis (1987) thực hiện. Người ta dùng các bao polyetylen trắng đen chứa chất nền peclit, đặt nằm ngang thành hàng đôi, mỗi bao trồng hai cây. Đặt các bao lên máng polystiren trương nở rộng 90 cm dày 3 cm có bố trí hệ thống thoát nước từ các bao ra. Nền nhà kính được thiết kế theo độ dốc 0,5%. Lắp đặt hệ thống phun tưới và vận hành sao cho có thể tiêu được 20% nước thải. Hệ thống kiểm soát thời lượng phun nước làm việc tự động theo các thông số về độ bức xạ Mặt trời, nhiệt độ không khí và độ ẩm tương đối. Dung dịch dinh dưỡng hòa trong nước tưới được tính theo nồng độ các chất dinh dưỡng như sau:

182 mg/l N; 31 mg/l P; 278 mg/l K; 180 mg/l Ca; 30 mg/l Mg; 3,5 mg/l Fe; 1,0 mg/l Mn; 0,5 mg/l Zn; 0,3 mg/l B; 0,02 mg/l Cu và 0,05 mg/l Mo.

Người ta thấy rằng không có sự khác nhau đáng kể nào về sản lượng cà chua trồng trong các túi chứa 25 dm³ peclit/bao/2 cây và 32 dm³ peclit/bao/2 cây và người ta đã đi đến kết luận rằng, chỉ cần 9dm³peclit/bao/cây là đã đủ để cây trồng phát triển tốt.

2.8.4. Chất nền hữu cơ tổng hợp

Một số vật liệu hữu cơ tổng hợp đã được sử dụng làm chất nền trong kỹ thuật thủy canh, ví dụ polystiren trương nở, ureformandehyt và bọt polyuretan. Các sản phẩm này thực chất là các vật liệu trơ song lại có nhiều sự khác biệt so với các vật liệu khác.

Trong số các vật liệu có sẵn dùng cho kỹ thuật thủy canh, gần đây có chất bọt tổng hợp trên cơ sở phenol có dạng hạt đã thu hút nhiều sự chú ý của những người làm vườn thủy canh, sử dụng làm vật liệu nền để trồng cây kinh doanh như cà chua, dưa chuột, hồ tiêu và nhiều loại cây trồng trong nhà kính khác. Vật liệu này có cấu trúc ổn định và độ xốp cao (97 - 98%), khả năng giữ nước cao và thông gió tốt. Dùng bao polyetylen đường kính 15 cm cao 80 cm hoặc 120 cm (dung tích 14 lít hoặc 20 lít) đổ đầy vật liệu nền, đặt cách nhau theo khoảng cách yêu cầu sau đó tạo lỗ trồng trên bề mặt bao rồi

để yên trong không khí 25 giờ. Do vật liệu nền mang tính axit nên bổ sung dịch kali bicacbonat 1 g/l. Sau 24 giờ tạo các lỗ thoát nước cạnh bao (2 - 3 lỗ/bao) ở độ cao cách đáy 2 cm, lúc này bao đã sẵn sàng để trồng cây.

Nước và phân bón được cấp qua hệ thống tưới tiêu hợp lý ở từng bao theo lối thoát. Hàng ngày kiểm tra độ dẫn điện và pH. Độ pH nên khống chế trong khoảng 5,0 - 6,5 (tốt nhất là 5,5). Với dưa chuột, độ dẫn điện khống chế ở khoảng 1,5 - 2,5 mS, với cà chua và hồ tiêu khống chế ở khoảng 2,0 - 3,0 mS. Thông thường áp dụng độ dẫn điện ở mức 2,0 mS.

Kết quả thực nghiệm cho biết trồng cà chua theo phương pháp vừa nêu trên sẽ cho sản lượng tương đương so với các phương pháp khác. Tuy nhiên với cây dưa chuột thì sản lượng có thấp hơn khoảng 7,8% (Sonneveld và Welles, 1984).

2.8.5. Chất xơ khoáng

Chất xơ khoáng là vật liệu vô cơ nhân tạo cũng có thể dùng làm chất nền trồng cây thủy canh. Ban đầu vật liệu này được chế tạo để sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực cách âm, cách nhiệt do chúng là loại vật liệu nhẹ. Với mục đích dùng cho kỹ thuật thủy canh, ở Đan Mạch người ta không dùng ngay vật liệu ban đầu mà có biến đổi đôi chút (Verwer, 1975). Ý tưởng dùng chất xơ khoáng làm chất nền đã thu hút sự chú ý của những người làm vườn ở Hà lan và các nghiên cứu đã được tiến hành ở Viện Kỹ thuật Nông nghiệp Waseningen (1971). Ban đầu diện tích nhà kính dành cho kỹ thuật trồng trên nền xơ khoáng còn rất nhỏ, sau đó được từng bước nâng lên trong những năm 1980, và đạt đến 2.000 ha năm 1986.

Chất xơ khoáng được dùng chủ yếu trong các hệ thống mở (thủy canh không tuần hoàn, tuy nhiên khi trồng hồ tiêu người ta có dùng tuần hoàn dung dịch). Ngoài dạng xơ, chất khoáng này cũng có thể dùng ở dạng hạt. Chất xơ khoáng chủ yếu được áp dụng trong kỹ thuật trồng với các tấm hoặc khối vật liệu liên kết sao cho rễ có thể xuyên qua được dễ dàng.

2.8.5.1. Sản xuất vật liệu xơ khoáng

Vật liệu xơ khoáng được sản xuất bằng cách nung hỗn hợp 60% đá diabas (dolerit) với 20% đá vôi và 20% than cốc. Cốc được dùng làm nhiên liệu như trong các lò cao. Người ta thổi cưỡng bức không khí vào để nâng nhiệt độ lên 1.600°C . Đá nóng chảy từ đáy lò rót vào một dãy các động cơ tốc độ cao, chuyển sang dạng sợi mịn và được làm lạnh bằng cách thổi không khí. Ở các công đoạn tiếp sau người ta cho nhựa phenol vào làm chất kết dính kết hợp với tác nhân thấm ướt. Sản phẩm được nèn ép, để hoá cứng rồi cắt theo dạng mong muốn.

Thành phần hoá học của vật liệu tính theo oxyt như ở bảng 2.2 (Verwer, 1976).

Bảng 2.2. Thành phần hoá học của vật liệu ở dạng oxyt

SiO_2	47%
Al_2O_3	14%
CaO	16%
Mg	10%
Fe_2O_3	8%
Na_2O	2%
K_2O	1%
MnO	1%
TiO_2	1%

Smith (1987) cho danh mục năm sản phẩm xơ khoáng dùng trong trồng sạch hiện đã được sản xuất ở các hãng khác nhau. Khối lượng riêng của vật liệu tiêu chuẩn tính theo g/l (tương đương kg/m³) như sau

Nhà sản xuất	Khối lượng riêng (kg/m ³)
Grodan	70
Cultura và Cutilene	80
Basalan	90
Capogro	100

Như vậy các vật liệu này đều có độ xốp rất cao, khối lượng riêng thấp. Một số nhà sản xuất còn đưa ra vật liệu có khối lượng riêng thấp đến 47 g/l. Loại vật liệu này cho khả năng thông khí tuyệt vời nhưng không tốt khi cần khử trùng bằng hơi để tái sử dụng. Một số nhà làm vườn vẫn ưa chuộng vật liệu này do tính năng tốt của nó và họ cũng không muốn khử trùng vườn ươm vì đó là công việc tốn kém đáng kể. Tuy sản phẩm của các nhà sản xuất có khác nhau đôi chút, song khi sử dụng người ta vẫn biết cách tìm ra các kỹ thuật trồng thích hợp để có được hiệu quả cao nhất với từng sản phẩm. Vật liệu của các nhà sản xuất khác nhau không nhất thiết phải được dùng trong các hệ thống như nhau, bởi lẽ có thể thay đổi kỹ thuật tưới tiêu trong các điều kiện cụ thể.

2.8.5.2. Duy trì mức nước khi trồng trên nền vật liệu xơ khoáng

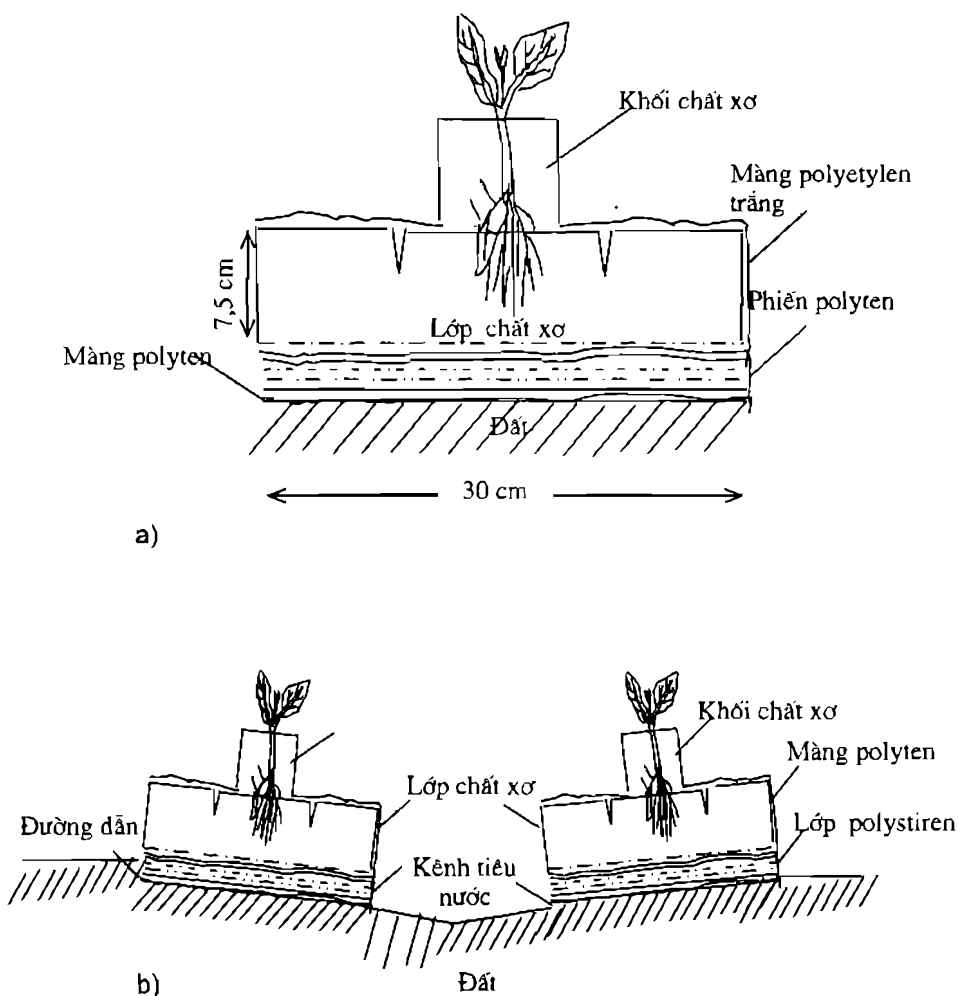
Theo Sonneveld (1980) về tính chất vật lý, các mẫu xơ khoáng có thể khác nhau đôi chút, ví dụ về phần trăm giữ nước và khoảng thông khí ở các độ cao khác nhau của khối vật liệu. Khi dùng vật liệu xơ khoáng làm chất nền trong kỹ thuật thủy canh cần xác định đúng mức độ giữ nước cao nhất

và thấp nhất của vật liệu và do vậy hàm lượng nước sẽ tăng dần từ đỉnh xuống đáy của khối chất nền trồng. Ví dụ, nếu vật liệu được bão hòa nước rồi để chảy tự nhiên thì sẽ chỉ có 4% ở chiều cao 1 cm cách đáy (Verwer và Welleman, 1980). Do vậy, nếu chiều cao cột nước thấp hơn 5 cm thì chỉ nên trồng cây trong các khối vật liệu nhỏ. Các tác giả nói trên khuyến cáo rằng, khối nền trồng phải được đảm bảo về độ ẩm nhưng không được quá bão hòa nước, do vậy nên có nước thường xuyên chỉ ở nửa khối vật liệu xơ khoáng, tức là ở nửa độ cao của khối khoáng. Đồng thời người ta cũng khuyến cáo rằng, nên sử dụng các khối vật liệu trồng nhỏ, đặt trên nền cát hoặc peclit, cũng như không nên trồng cây ở độ sâu quá mức. Ngay cả khi gieo hạt cũng không nên gieo ở sâu quá trong khối vật liệu nền.

Khi trồng cây còn non (ví dụ cà chua, dưa chuột) trong các bồn nhân giống, phải đặt các tấm vật liệu xơ khoáng để đảm bảo đủ độ giữ nước và thông khí. Tuy nhiên, khi trồng theo kỹ thuật màng dinh dưỡng thì không cần nền đệm xơ khoáng phía dưới song vẫn đủ độ ẩm cần thiết. Bởi vì khi áp dụng kỹ thuật màng dinh dưỡng người ta thường để độ cao khối vật liệu nền ở mức 7,5 - 10 cm, cao hơn so với khi trồng thông thường bằng vật liệu nền xơ khoáng (6,5 cm).

2.8.5.3. Kích thước và bố trí các tấm trồng trên vật liệu xơ khoáng

Ngay khi kỹ thuật trồng trên nền xơ khoáng ra đời, người ta đã nói đến việc sử dụng các tấm xơ khoáng dài 100 cm, rộng 30 cm và sâu 7,5 cm. Các tấm xơ khoáng được bố trí theo hàng trên nền chất dẻo có đủ bề rộng để sau này bọc được cả khối trồng, chỉ trừ phần tâm dọc để cắt các bầu trồng. Trên nền chất dẻo là một khối polystiren có bố trí ống gia nhiệt để dùng khi cần thiết (hình 2.7). Sơ đồ trồng cà chua theo hàng đôi theo kỹ thuật này xem ở hình 2.7b (Hanger, 1982), dùng màng polyetylen sao cho cùng lúc bọc được cả hai hàng và có kênh thoát nước giữa các hàng.



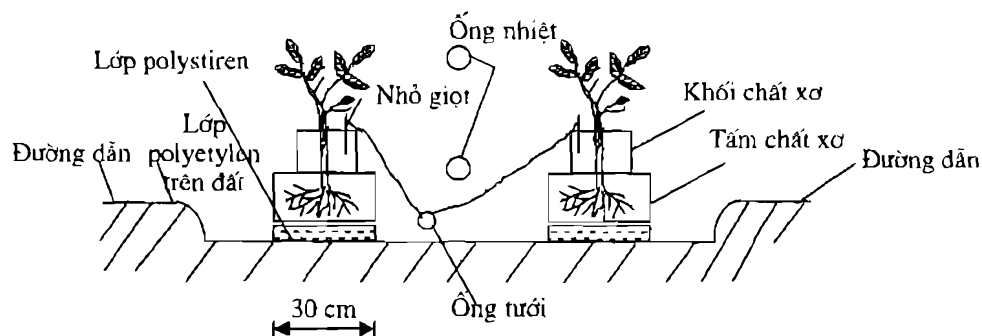
Hình 2.7. Môi trường cây phát triển

a) một cây trồng trong hệ thống chất xơ; b) hai cây trồng trong hệ thống tưới

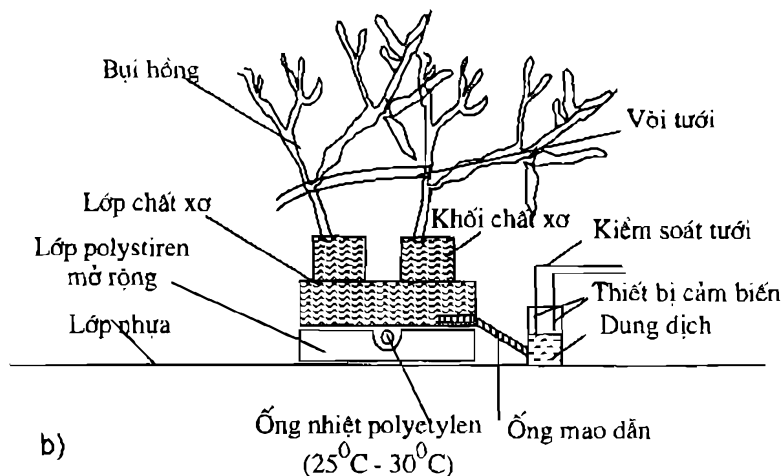
Các tấm rộng 30 cm ban đầu được xem là rất kinh tế để trồng dưa chuột, song lại không kinh tế nếu trồng cà chua, bởi vì cà chua có bộ rễ ít phát triển rộng do vậy chỉ cần đến chiều rộng 15 - 20 cm là đủ và như vậy lại rất kinh tế. Hình 2.8 trình bày hệ thống trồng cà chua kinh doanh đang được áp dụng

rộng rãi. Dùng các tấm xơ khoáng rộng 15 cm đặt trên mặt phẳng dưới mức nền nhà. Khe thoát nước bố trí hai bên bao cách lối đi. Lắp ống thu dịch thải tập trung.

Hệ thống trồng hoa hồng trên nền xơ khoáng (xem hình 2.8), do Van der Ende và Breuring đề xuất (1983). Các khóm hồng được trồng trong các hộp lập phương, dùng nền là vật liệu xơ khoáng, đặt hàng đôi trên các tấm đỡ. Chất xơ khoáng được bao gói trong màng polyetylen trắng. Lắp đặt hệ thống kiểm soát tưới tiêu như các hệ thống khác.



a)

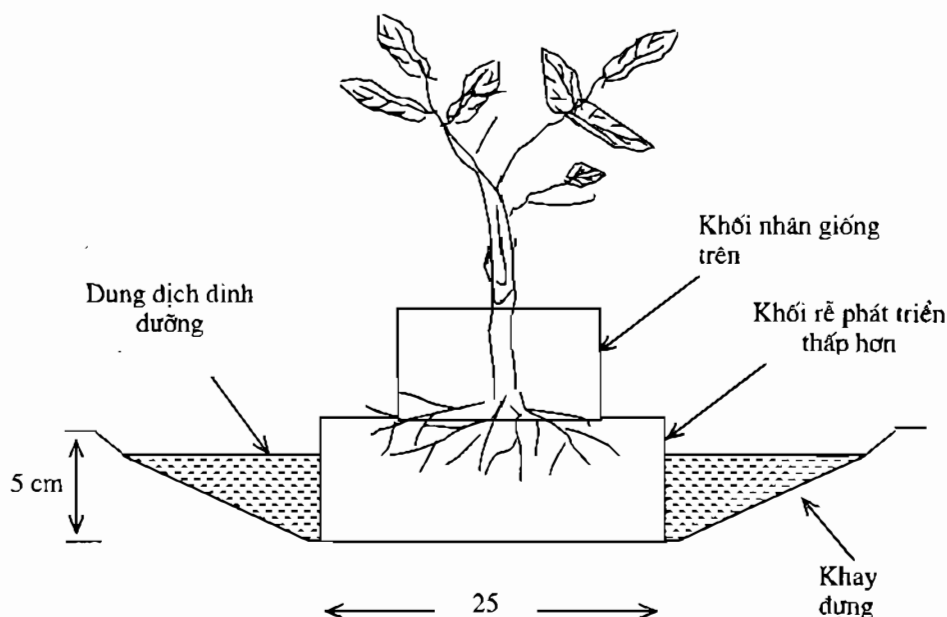


b)

Hình 2.8. Hệ thống trồng bằng chất xơ
a) hệ thống trồng cà chua; b) hệ thống trồng hoa hồng

2.8.5.4. Hệ thống tưới ngầm cố định

Hệ thống này thích hợp cho ứng dụng lớp nền trồng là vật liệu xơ khoáng đã được áp dụng ở Hà Lan từ năm 1981. Dùng các khối vật liệu xơ khoáng với thể tích 1 - 2 dm³/cây, đặt trong các khay cao 5 cm làm bằng polypropylen hay polyester. Chiều sâu dung dịch duy trì ở mức 2 cm đối với cây dưa chuột, 3 - 4 cm với cây cà chua. Phần trên mức dịch, thành khối phải cao hơn 3 - 4 cm nữa. Khi nhân giống nên dùng các khối trồng nhỏ hơn đặt trên các khối đỡ (hình 2.9). Cũng có thể áp dụng phương thức tuần hoàn một phần dung dịch dinh dưỡng. Định kỳ bổ sung dung dịch dinh dưỡng. Một lượng nhỏ chảy về thùng thu dịch, có thể tái sử dụng. Theo Van Os (1982), các hệ thống vừa nêu đã được ứng dụng ở Hà Lan để trồng cà chua, hồ tiêu, và dưa chuột. Cũng có thể thay thế vật liệu nền bằng các chất nền hữu cơ.



Hình 2.9. Hệ thống tưới nước ngầm cho cây trồng trong khối chất xơ

2.8.5.5. Nhân giống

Cây trồng nói tới trên đây để trồng trên nền chất xơ khoáng cần phải được nhân giống trong môi trường trơ để có được ưu thế của vật liệu nền vô trùng ban đầu. Ví dụ, hạt có thể được gieo trên vật liệu nền vecmiculit hoặc peclit sau đó mới chuyển vào các khối trồng ($0,56 \text{ dm}^3$). Cũng có thể gieo hạt trong các hộp nhỏ chứa chất xơ khoáng hoặc gieo trực tiếp trong các khối vật liệu lớn hơn ($0,56 \text{ dm}^3$ hay lớn hơn). Các khối được thấm ướt hoàn toàn với dung dịch dinh dưỡng trước khi sử dụng, để mặt ngoài peclit thoát hết nước qua vỏ bao polyetylen và hoàn toàn vô trùng. Sau đó đặt các khối trồng lên đệm chất xơ khoáng và tưới đậm dung dịch dinh dưỡng một lần nữa. Lắp đặt bố trí hợp lý hệ thống thoát nước. Ngay khi cây bén rễ vào đệm xơ khoáng, khía các rãnh nhỏ trên bao để thoát nước.

2.8.5.6. Dinh dưỡng và pH

Độ pH của chất xơ khoáng sử dụng lần đầu có thể cao hơn (7 - 8), đôi khi có tài liệu cho là 9 - 9,5 (Verwer, 1976), do vậy để có thể sử dụng tốt, cho dung dịch dinh dưỡng ban đầu có pH từ 5,0 - 5,5, sau đó tăng dần lên 5,5 - 6,5 sẽ thích hợp cho nhiều loại cây trồng. Độ dẫn điện trong nền chất xơ khoáng nên duy trì ở mức 2,0 - 2,5 mS/cm đối với dưa chuột và 2,5 - 3,0 mS/cm với cây cà chua. Các tài liệu ở Hà Lan nói rằng họ dùng dung dịch dinh dưỡng có độ dẫn điện 1,5 - 2,0 mS/cm cho dưa chuột và 1,7 - 2,2 mS/cm cho cây cà chua.

Nhiều xem xét đã được đưa ra ở Hà Lan tập trung vào các công thức dinh dưỡng cho cây trồng trên nền chất xơ khoáng. Hầu như các thành phần dinh dưỡng trong các công thức đưa ra đều tương tự các thành phần dinh dưỡng dùng trong các kỹ thuật thủy canh khác. Riêng nồng độ các nguyên tố magie và sắt người ta thường cho thấp hơn. Sonneveld (1980) đưa ra các công thức dinh dưỡng cho cây dưa chuột trồng trên nền xơ khoáng như sau:

168 mg/l N; 47 mg/l P; 235 mg/l K; 18 mg/l Mg; 140 mg/l Ca; 0,56 mg/l Fe; 0,55 mg/l Mn; 0,26 mg/l Zn; 0,22 mg/l B; 0,05 mg/l Mo và 0,03 mg/l Cu.

Mức magie (18 mg/l) sắt (0,56 mg/l) trích dẫn ở đây cho trồng trên nền xơ khoáng thấp hơn nhiều so với mức thường dùng trong kỹ thuật màng dinh dưỡng (40 - 50 mg Mg/l; 3 - 6 mg Fe/l). Sonneveld cũng cho rằng mức sắt trong kỹ thuật màng dinh dưỡng cần cao hơn so với khi trồng trên nền xơ khoáng.

Van Noordwijk và Raats (1980) còn tiến hành nghiên cứu phân bố muối hòa tan và độ pH trong các tấm nền chất xơ khoáng. Các số đo được thực hiện vào giữa mùa hè khi cây cà chua đang ra hoa kết trái. Kết quả cho thấy pH ở lớp trên cùng đạt giá trị cao nhất, đặc biệt pH còn có giá trị cao ở điểm giữa các cây. Ngược lại, độ dẫn điện lại có giá trị cao ở dưới đáy (2,3 - 3,1 mS/cm ở đáy và 1,3 - 1,9 mS/cm ở phía trên). Các tác giả đã đi đến kết luận: có hiện tượng tích lũy dư lượng muối không bình thường khi trồng cây trên nền chất xơ khoáng và hiệu quả hấp thu muối do vậy còn phụ thuộc vào điểm cấp và điểm thoát của dung dịch.

2.8.5.7. Tái sử dụng các tấm nền vật liệu xơ khoáng

Ban đầu người ta dự kiến chỉ dùng các tấm nền vật liệu xơ cứng một lần rồi thải bỏ, vì thực tế không thể gỡ bỏ hết rễ cây đã bám vào nó sau khi thu hoạch và cho rằng vật liệu này không có thời gian sử dụng dài hơn so với chất nền vô cơ tro khác. Tuy nhiên, do giá thành sản xuất loại vật liệu xơ khoáng này khá cao nên người ta đã nỗ lực tìm cách sử dụng lại Sonneveld (1980) đã trồng so sánh cây dưa chuột trên nền vật liệu xơ khoáng mới và nền cũ tái sử dụng và cho thấy rằng vẫn có thể dùng lại vật liệu xơ khoáng này. Thực tế ở các vườn cây kinh doanh ở Hà Lan vẫn dùng lại. Các nỗ lực của các nhà trồng vườn Anh cũng cho biết có thể tái sử dụng các tấm nền vật liệu xơ khoáng, ít nhất là lần hai (Drakes, 1982). Tuy nhiên vật liệu đã sử dụng đến lần thứ tư thì hoàn toàn mất hẳn tác dụng, do tắc, do phân hủy làm giảm khả năng thông khí. Kết quả cho thấy sản lượng dưa chuột khi dùng lại chất nền xơ khoáng lần thứ tư giảm xuống 15% và 16% tương ứng sau 4 tuần và sau 12 tuần thu hoạch, so với khi dùng các tấm nền xơ khoáng mới.

Hơn nữa, mỗi lần sử dụng lại phải khử trùng vật liệu bằng hơi nóng 1 giờ để giảm nguy cơ mang bệnh vào cây trồng.

Khử trùng đã được nghiên cứu chi tiết bởi Runia (1986). Vật liệu xơ khoáng được trải ra và thổi hơi để khử trùng trong 2 giờ. Nếu là vật liệu đã thành tấm phải kéo dài tiếp xúc hơi nóng 5 giờ mới có thể cho kết quả tốt. Lớp vật liệu rời khi khử trùng nên khống chế ở độ cao 1,5 m và càng khô nước càng tốt trước khi khử. Nhiệt độ hơi nóng chỉ cần duy trì ở 70°C đã có thể loại trừ được các bệnh thông thường, tuy nhiên khi cần dùng các cây dưa chuột phải tăng lên 100°C để loại trừ virus gây đốm lá và cả khi dùng cho cây thuốc lá để loại trừ virus gây vằn lá. Một cách khác không khó khăn và tốn kém bằng khử trùng mà nhiều người trồng vườn hay làm là dùng loại xơ khoáng có khối lượng riêng thấp, sau thu hoạch thì thải bỏ.

2.8.5.8. Chất lượng nước

Kỹ thuật trồng trên nền xơ khoáng đòi hỏi nước cấp tương đối sạch, do thể tích khối nền có giới hạn và do việc tích lũy nhanh muối có thể xảy ra (Sonneveld, 1980). Các nguyên tố đặc biệt có ảnh hưởng đến việc hình thành muối trong tấm vật liệu xơ khoáng là natri và clo, các ion này thường có mặt trong nước cấp mặc dù cây trồng chỉ đòi hỏi một lượng rất nhỏ các ion này. Khi nguồn cấp là nước cứng, nồng độ ion canxi có thể song điều đó không đáng ngại bởi có thể điều chỉnh công thức dinh dưỡng theo tỷ lệ thực tế (ví dụ bổ sung ít canxi nitrat) và mức nitrat được duy trì với các nguồn nitơ khác.

Như vậy khi áp dụng kỹ thuật trồng trên nền vật liệu xơ khoáng, nhất thiết phải phân tích nguồn nước cấp cẩn thận để xác định hàm lượng natri và clo cũng như hàm lượng các ion canxi, magie... Các phân tích tiếp theo phải được thực hiện định kỳ để phát triển những bất ổn trong nguồn nước nhằm tìm cách điều chỉnh cho thích hợp. Nhiều tác giả cho rằng, nước cấp cần có tiêu chuẩn thấp hơn 1,5 mmol/l natri và 35 – 53 mg/l clo; độ dẫn điện phải ở dưới mức 0,5 mS/cm.

Ở một số vườn ươm, đặc biệt là ở Hà Lan, người ta thu gom nước mưa trong các thùng chất đèo. Điều lưu ý ở đây là phải tính đến hàm lượng kẽm có thể có khi thu gom nước mưa từ mái nhà kính bằng khung thép mạ kẽm. Trong trường hợp đặc biệt, cần lắp đặt thêm hệ thống tinh chế nước như hệ thống thẩm thấu ngược hoặc một biện pháp nào đó cho dù có tăng thêm chi phí đầu tư.

2.8.5.9. Kiểm soát hàm lượng nước trong nền trồng bằng vật liệu xơ khoáng

Người ta kiểm soát hàm lượng nước trong nền trồng bằng vật liệu xơ khoáng bằng cách lắp đặt trên hệ thống cấp dịch một ống đo lưu lượng làm bằng thủy tinh hữu cơ, dụng cụ này có thể khống chế ổn định lượng nước cấp theo yêu cầu.

Cũng có thể lắp đặt hệ thống kiểm soát nước trên nền một vật liệu xơ khoáng bằng cách thu gom dịch chảy ra từ các ống mao dẫn dưới đáy bồn trồng. Dịch thu gom chuyển tới một thùng chứa nhỏ, ở đó lắp đặt các điện cực điều khiển việc cấp nước cho hệ thống khi cần thiết. Một phương án khác kiểm soát nước cho kỹ thuật trồng cây trên nền vật liệu xơ khoáng được thực hiện gián tiếp bằng cách đo độ bức xạ Mặt trời. Các số đo sẽ gián tiếp phản ánh nhu cầu nước theo các giờ trong ngày. Do thiết bị kiểu này không làm việc vào ban đêm mà cây thì vẫn có nhu cầu cấp nước vào ban đêm, nên người ta phải đặt thời gian cấp nước cho hệ thống khoảng 3 – 4 lần/đêm. Hơn nữa, khoảng thời gian cấp nước trong ngày cũng không thể như nhau, do vậy người ta phải lập trình thời gian cấp nước theo giờ, khi trời không nắng cấp ít, khi trời có nắng nhiều cấp nhiều.

2.8.5.10. Tưới bổ sung

Lượng dịch dư bao giờ cũng thoát ra khỏi hệ thống, do vậy nếu cấp dư lượng nước sẽ ảnh hưởng lớn đến việc kiểm soát dinh dưỡng trong vùng rễ.

Một số nguyên tố có thể được cây hấp thu nhanh hơn số khác, ví dụ nitrat và kali được hấp thu rất nhanh trong khi natri và sunfat lại vẫn chưa được hấp thu hết. Hơn nữa, trong thành phần dung dịch dinh dưỡng không chỉ có các chất dinh dưỡng mà còn có các muối khoáng tự nhiên trong nước cấp, có thể chúng không thích hợp cho cây.

Do vậy, tưới bổ sung vào lớp nền chất xơ khoáng phải hết sức thận trọng và lượng bổ sung có ảnh hưởng quan trọng đến hiệu quả của hệ thống, sao cho tưới bổ sung vẫn duy trì được hàm lượng các nguyên tố dinh dưỡng hấp thu nhanh song lại không làm tăng lượng các nguyên tố dinh dưỡng hấp thu chậm. Hơn nữa, độ đồng đều của dung dịch dinh dưỡng trên toàn bộ diện tích trồng còn bị ảnh hưởng bởi sự khác biệt môi trường và những biến động khác trong hệ thống tưới mà chính việc tưới bổ sung phải giải quyết. Smith (1987) đưa ra lượng tưới bổ sung 15 – 20% so với điều kiện thông thường và 30 – 35 % để có được mức cân bằng dinh dưỡng trong lớp nền xơ khoáng. Nhiều tài liệu cho rằng mức tưới bổ sung còn cao hơn không những để cân bằng nồng độ các chất dinh dưỡng mà còn để duy trì cung cấp oxy cho rễ cây do oxy thiếu hụt rất nhanh trong thời kỳ cây phát triển.

Nitrit (NO_2^-) thường có trong dung dịch dinh dưỡng khi trồng trên nền vật liệu xơ khoáng (Pickford, Hall và Wight, 1985) do vậy người ta còn đề xuất khử nitơ trong môi trường thiếu hụt oxy do hoạt động của các vi khuẩn tiêu thụ để tiết dịch trong vùng rễ. So sánh hai vườn ươm khi dùng tưới bổ sung 75% dung dịch dinh dưỡng cho thấy sản lượng thu được cao hơn ở trường hợp không tưới bổ sung và mức oxy hòa tan cũng cao hơn 30%. Thực tế cho thấy cần tưới bổ sung vào nền trồng bằng vật liệu xơ khoáng bất kể khi nào khi lượng nước đã tiêu thụ 5 – 10%. Yêu cầu này theo Smith là phải tưới 10 lần hoặc hơn trong một ngày mới đảm bảo cho cây trồng phát triển nhanh.

Tuy nhiên tưới bổ sung trên nền trồng bằng vật liệu xơ khoáng chắc chắn sẽ gặp phải vấn đề tích tụ tạp chất có từ nước cấp. Đặc biệt khi dùng nitrat hàm lượng cao không mong muốn. Ở Anh người ta đưa ra mức tưới bổ sung

là 15% trong suốt vụ để giảm bớt mức độ ô nhiễm nền, thất thoát chất dinh dưỡng, và cả các vấn đề về bệnh tật và sâu hại.

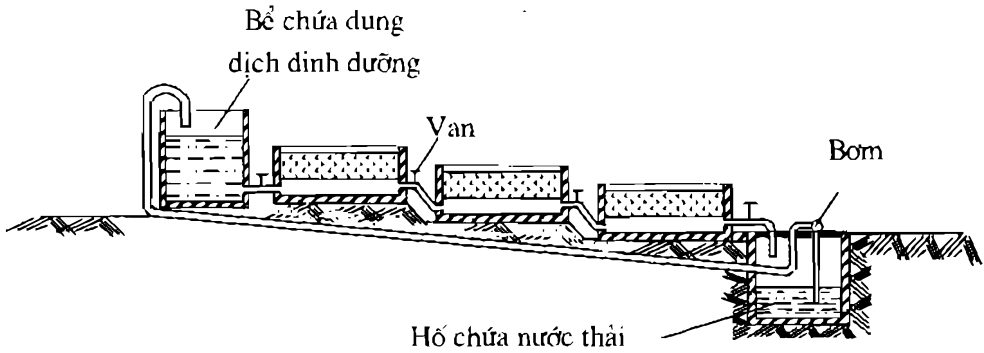
2.9. TRỒNG CÂY TRÊN NỀN TRƠ (HỆ THỐNG KÍN) HAY TRỒNG TRÊN NỀN SỎI

Điểm chủ yếu của loại hệ thống này là dùng các khay nước hoặc nền nước đổ đầy sỏi hoặc các chất nền thô trơ khác tạo cho dung dịch lưu thông dễ dàng. Các hạt vật liệu nền trồng thường dùng loại có đường kính lớn hơn 3 mm (Steiner, 1976) hoặc sỏi thô không vụn đường kính 7,5 mm (Schwarz, 1986). Lớp nền được định kỳ làm ngập trong dung dịch dinh dưỡng, sau đó thu về thùng chứa để dùng cho lần sau. Nhờ cách tuần hoàn dung dịch như thế, hệ thống này có ưu điểm kinh tế về sử dụng nước và chất dinh dưỡng.

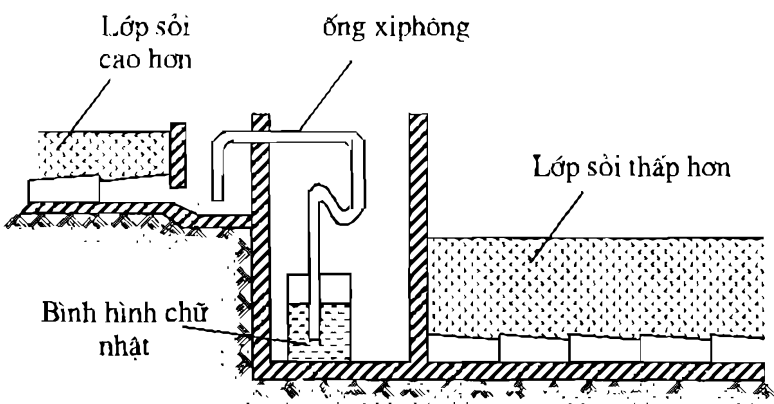
Năm 1983, Collins và Jensen gọi hệ thống này là trồng cây trên sỏi và cho rằng đây là kỹ thuật thủy canh đúng đắn nhất. Sau đó nhiều nỗ lực nghiên cứu phát triển đã áp dụng kỹ thuật này và đã góp phần đáng kể tạo ra các điều kiện thích hợp cho phương pháp này.

Các hệ thống trồng trên sỏi tưới ngầm luôn có chi phí cao, các nhà làm vườn thường khó chấp nhận được giá thành của một hệ thống tốn kém. Hệ thống trồng cây này được xây dựng bằng bê tông cốt thép, tại chỗ hay có thể di dời theo kiểu lắp ghép. Kiểu lắp ghép có ưu điểm là dễ di dời song chi phí vận chuyển cao và đòi hỏi có các trang thiết bị nâng hạ di dời. Khi di dời phải cẩn thận vì chúng dễ bị gãy vỡ. Các môđun trồng cây này theo Schwarz (1986) có kích thước 1,5 – 2,0 m dài, rộng 1,0 m, thiết kế sẵn rãnh thải ở đáy. Các vật liệu khác cũng được sử dụng như chất dẻo (ưa dùng hơn cả là polyvinyl clorua dày 0,2 mm) có khung đỡ chắc chắn. Chiều rộng máng trồng thường nằm trong khoảng 0,8 – 1,2 m, chiều sâu 0,20 – 0,25 m, dài 20 – 35 m (Schwarz, 1986). Theo Johnson máng có thể hẹp hơn, từ 0,61 – 0,76 m (rộng) và 0,2 m (sâu). Khi dùng các vật liệu bê tông và amiăng, cần liết kết bằng vật liệu trơ như asphan và quét sơn trước khi dùng. Thiết kế để máng trên mặt nền và dự phòng lối đi cho thích hợp. Đặt máng sao tạo độ dốc về

phía hướng thải nước với độ dốc 1 : 200 hoặc 1 : 1.000, độ dốc này đảm bảo cho nước thoát ở đáy mà vẫn duy trì mức nước ở đỉnh.



a) Sơ đồ bố trí các máng nối tiếp nhau



b) Phương pháp lựa chọn chỗ nối bằng ống xiphông tự động

Hình 2.10. Hệ thống tưới ngầm khép kín trồng cây trong sỏi bậc thang

Vị trí các máng được bố trí như trong hình 2.10a, mỗi máng dài 25 ÷ 35 m, khoảng cách giữa các máng là 30 cm, độ cao chênh lệch giữa đáy của các

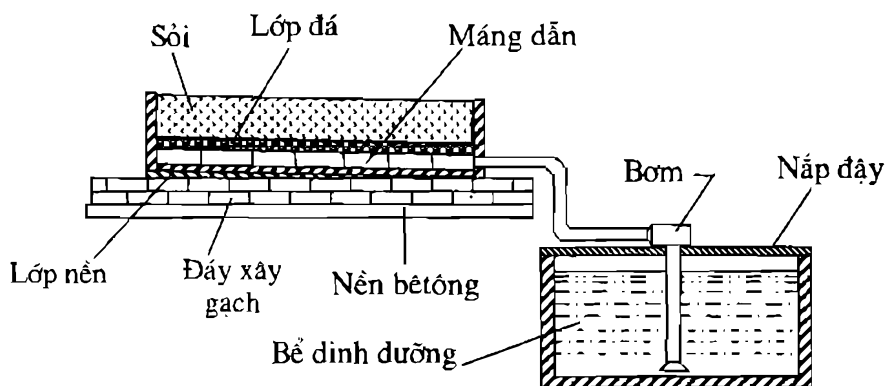
máng là 2,5 cm. Khi dung dịch được đổ đầy bề mặt chất nền thì mở van để dung dịch chảy xuống máng ở bậc kế tiếp. Do một phần dung dịch được giữ lại ở mỗi máng, chiều dài của đáy ở các máng kế tiếp giảm dần để đảm bảo việc tưới tiêu hoàn toàn. Ví dụ năm 1959, Bentley đã thí nghiệm thành công với chiều dài đáy giảm dần là 36,6; 30,5; 24,4 m.

Hệ thống bậc thang ở quy mô nhỏ thích hợp với việc sử dụng trong nhà hoặc ở vùng hẻo lánh 2.10b. Mỗi bậc thang được trang bị một thùng chứa và van phao, dung dịch dinh dưỡng được bơm lên bề mặt ở vị trí cao nhất; mực nước tăng lên và bắt đầu chảy vào thùng chứa qua đường ống dẫn gần đỉnh máng. Van phao được đẩy lên và mở cửa thoát nước chính ở đáy máng cao nhất. Sau đó dung dịch chảy vào đỉnh máng kế tiếp và cứ thế tiếp tục tới máng cuối cùng. Khi dung dịch đầy máng thấp nhất thì được thải vào bể chứa, từ đó lại được bơm trở lại bể ở cao nhất. Cứ như vậy thành một dây chuyền liên hoàn.

Máng thải tốt nhất bố trí ở dọc tâm máng dồn về mương thải phía đáy máng trồng. Lắp đặt hệ thống mái che có máng. Dung dịch cho vào từ trên xuống song cần điều chỉnh cho thích hợp lượng dùng.

Nhiều hệ thống áp dụng tuần hoàn dung dịch dinh dưỡng, trong đó người ta dùng bơm cấp trực tiếp dung dịch từ thùng chứa đến rồi chảy về thùng thu ở đáy nền trồng. Khi dung dịch đạt mức quy định, ngừng bơm rồi để dung dịch tự chảy về thùng chứa. Steiner (1976) nói đến một hệ thống khác ở Mỹ, khác với hệ thống ở Hà Lan. Dung dịch cấp từ đầu này của nền trồng và thải ra ở đầu bên kia về thùng chứa, qua ống chảy tràn và do vậy nền trồng luôn ngập nước. Với các luống trồng ngắn (6 m), hướng dòng chảy dọc theo luống và tạo trở lực sao cho thời gian giữ dịch lâu hơn.

Thay cho việc cấp dịch trực tiếp, ở các hệ thống lớn người ta cấp dịch theo nguyên tắc dùng lực trọng trường. Dung dịch từ thùng thu đặt thấp hơn mặt nền, được bơm lên thùng cao hơn và từ đây dịch được chảy vào nền nhờ trọng lực. Hệ thống này cho phép dùng bơm nhỏ hơn, do chỉ cần ít thời gian để bơm dịch từ thùng thu thấp đến thùng chứa cao.

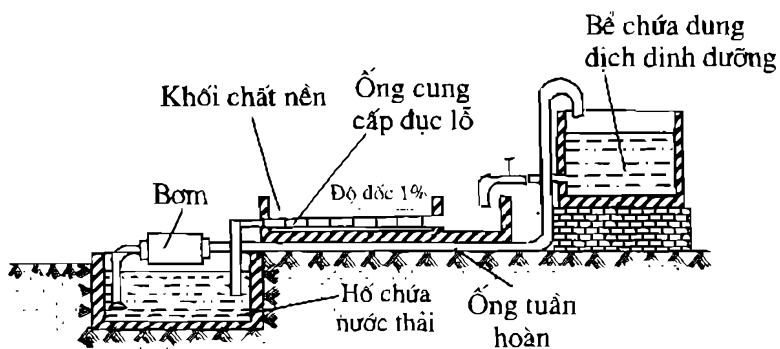


Hình 2.11. Hệ thống trồng cây trong sòỉ sử dụng hệ thống tưới ngầm (cung cấp trực tiếp)

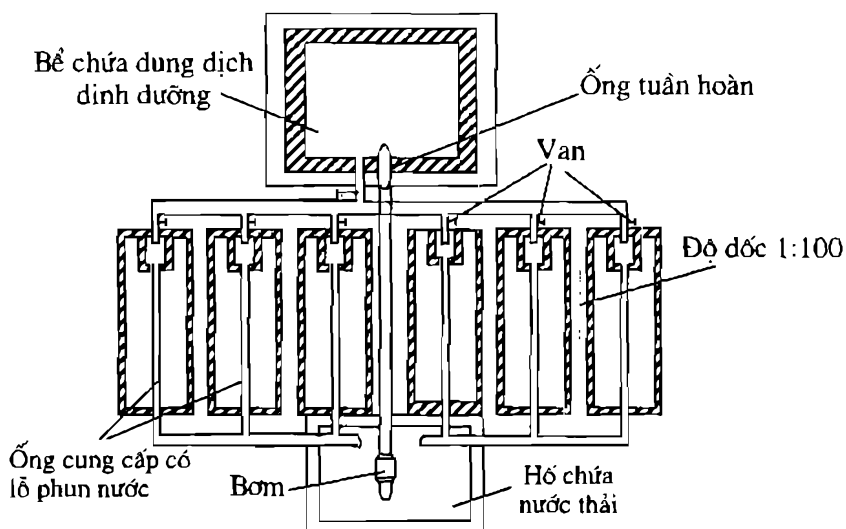
Thùng chứa thường được chế tạo từ bê tông cốt thép, có đáy nghiêng về một góc, tại đó tạo thành rốn thùng và cắm ống hút của bơm vào đó, như vậy bơm sẽ làm việc tốt và vệ sinh thùng cũng dễ dàng.

Một hệ thống cấp dịch nhờ trọng lực khác cũng thường được dùng trong các hệ thống lớn, áp dụng nguyên lý độ dốc của mặt nền (hình 2.10). Dùng các máng dài 25 – 35 m, đặt dốc 2,5 cm (Bentley, 1959). Dung dịch từ thùng chứa chảy từ máng này máng kia theo nguyên lý trọng lực. Do dung dịch được giữ lại trong các máng, người ta thiết kế các máng có chiều dài giảm dần nhằm mục đích cho dung dịch được lưu thông đều trong các máng. Với ba hàng máng kế tiếp nhau, Bentley đưa ra các chiều dài lần lượt như sau: 36,6 m; 30,5 m và 24,0 m.

Một hệ thống máng bậc thang khác được dùng trên quy mô nhỏ thích hợp cho các hộ gia đình do Schwarz (1986) đề xuất. Mỗi máng được lắp một thùng chứa có van phao. Dung dịch được lên bậc thang trên cùng. Khi đủ, dịch chảy tràn qua các ống nhỏ vào các đệm trồng rồi chảy theo các máng đến máng cuối cùng.



Hình 2.12. Hệ thống trồng trong sỏi tưới ngầm cung cấp chất dinh dưỡng bằng trọng lực



Hình 2.13. Sơ đồ hệ thống trồng trong sỏi tưới ngầm khép kín cung cấp bằng trọng lực

Chương 3

THỰC HÀNH THỦY CANH QUY MÔ NHỎ

Như vậy, chúng ta có thể trồng cây trong một môi trường không phải là đất mà chỉ dùng các hỗn hợp hóa chất và nước và người ta gọi đó là kỹ thuật thủy canh.

Xuất phát từ hai cách trồng trong kỹ thuật này ta có:

1 - Kỹ thuật trồng cây trong nước, kỹ thuật này do Gericke đề xuất, còn được gọi là thủy canh thực thụ.

2 - Kỹ thuật trồng cây sạch, kỹ thuật này không dùng đất làm nền cho cây phát triển mà sử dụng môi trường nền bằng các vật liệu trơ để cho cây phát triển. Từ cách trồng này người ta lại chia thành hai loại:

a) trồng cây trên cát hoặc các vật liệu trơ khác cấp dịch từ trên;

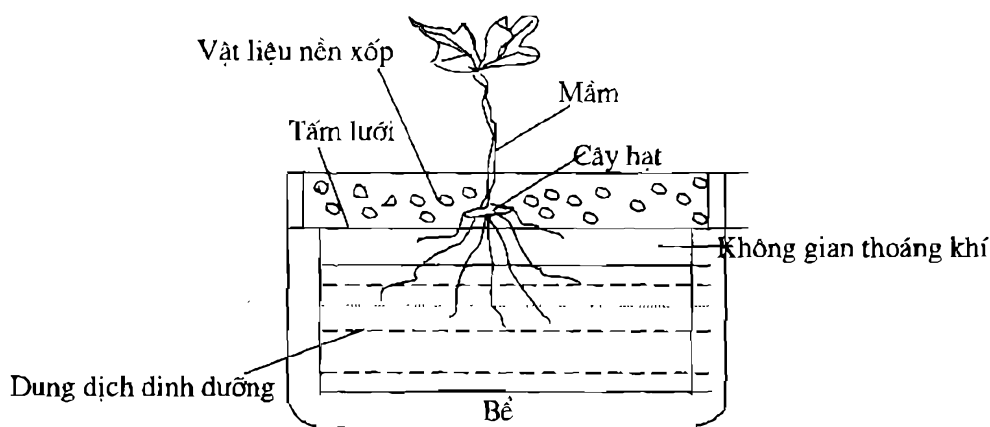
b) trồng cây trên sỏi theo kiểu tưới ngầm.

3.1. TRỒNG CÂY TRONG NƯỚC

Mặc dù trồng cây trong nước được gọi là kỹ thuật thủy canh thực thụ nhưng trong thực tế kỹ thuật này ít có ứng dụng trên quy mô lớn. Tuy nhiên khi áp dụng kết hợp với một kỹ thuật khác thì trồng cây trong nước lại có được những ưu điểm đáng kể. Ví dụ như kỹ thuật màng dinh dưỡng do Allan Coopper đề xuất tại Viện nghiên cứu cây trồng trong nhà kính ở Anh đã thu hút được sự chú ý của nhiều người.

Cấu trúc thường thấy của một bể thủy canh có thể làm bằng kính, chất dẻo, gỗ, kim loại hoặc bê tông cốt thép. Bể có độ sâu từ 15 đến 20 cm, chiều dài và chiều rộng bất kỳ song người ta thấy hợp lý hơn cả là bể chữ nhật rộng dưới 1,25 m. Khi dùng vật liệu chất dẻo, gỗ, kim loại và bê tông cốt thép phải sơn phủ ít nhất hai lớp sơn bitum hoặc sơn nhũ.

Dùng một khung lưới có mắt lưới 6 - 12 mm gia cố chắc chắn đặt trên miệng bể. Trên lưới lót một lớp vật liệu xốp để trồng cây. Vật liệu nền có thể là phoi bào, vải vụn, than mùn hoặc rơm rạ... Trong bể cho dung dịch dinh dưỡng sao cho khoảng cách từ mặt thoáng của dung dịch đến đáy tấm lưới là 12 - 15 mm. Khi rễ cây phát triển, thể tích dung dịch dinh dưỡng có thể giảm đi chút ít, do vậy khoảng cách giữa mặt dung dịch và tấm lưới có thể đến 50 mm. Khoảng cách này đủ để cấp oxy cho rễ cây. Để tăng cường mức thoáng khí, người ta có thể dùng khí nén thổi vào dung dịch hoặc dùng bơm để tuần hoàn dịch.



Hình 3.1. Cấu trúc bể trồng cây trong nước

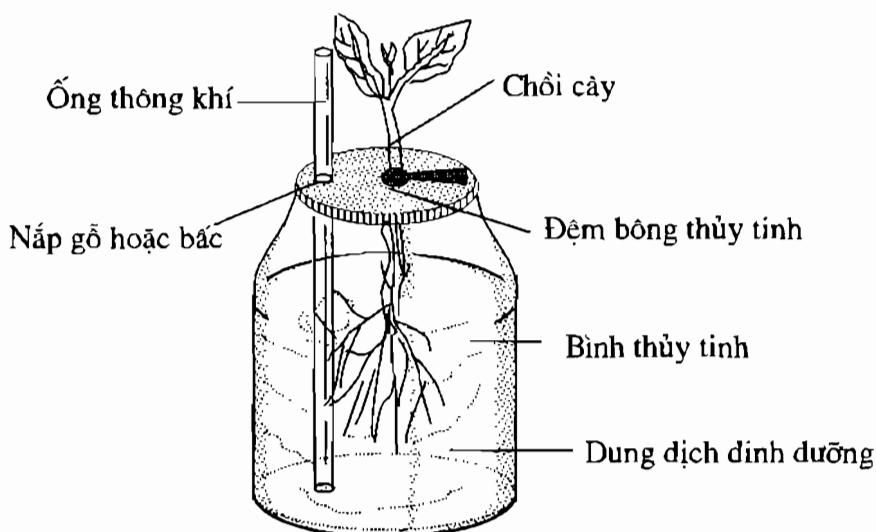
Có thể gieo hạt trực tiếp vào lớp nền trồng song cần giữ được độ ẩm và lượng dinh dưỡng cần thiết trong thời gian nảy mầm. Hoặc có thể chuyển cây đã mọc từ nơi khác đến trồng. Cũng có thể trồng trực tiếp các loại củ như khoai tây trên nền trồng, song điều quan trọng là làm sao giữ được độ ẩm và dinh dưỡng cần thiết.

Định kỳ thời gian điều chỉnh mức dịch, thải bớt nếu mức dịch quá cao, hoặc bổ sung khi dịch quá thấp, hoặc thêm nước khi hàm lượng dinh dưỡng quá nhiều. Cần kiểm tra thường xuyên độ pH dung dịch để kịp thời xử lý.

Sau 7 đến 10 ngày thay mới hoàn toàn dung dịch.

Với người trồng cây không chuyên nghiệp ở quy mô nhỏ có thể làm như dưới đây.

Lấy một bình thông thường làm bình đựng dung dịch dinh dưỡng, trên miệng lắp nút bấc hoặc gỗ dày 6 mm quét sơn bitum. Trên nắp bố trí hai lỗ, một lỗ để lắp ống sục khí, còn lỗ kia bố trí ở giữa nắp để trồng cây, có khóa đỡ mềm để giữ cây. Đặt cây vào lỗ trồng, giữ cây bằng bông mềm.



Hình 3.2. Trồng trong bình thủy tinh

Để tập trung ánh sáng cho vùng rễ, sơn bitum hoặc băng màu tối quanh thành bình.

Hòa tan bột dinh dưỡng trong nước hoặc tự chế dung dịch theo tài liệu hướng dẫn rồi cho dung dịch vào bình.

Với bạn đọc không chuyên chắc chắn sẽ có khó khăn ban đầu song thực tế sẽ cho các bạn thêm kinh nghiệm.

3.2. TRỒNG CÂY TRÊN NỀN CÁT HOẶC VECMICULIT

Phương pháp thủy canh này dùng môi trường trồng là vật liệu rắn trơ như cát hoặc vecmiculit (quặng mica đã được xử lý nhiệt) đặt trên bể chứa dung dịch dinh dưỡng thích hợp.

Gieo hạt vào môi trường cát ẩm (hoặc vecmiculit) và tưới dung dịch lên nền thường xuyên hay định kỳ. Khi hạt nảy mầm chuyển sang trồng trong môi trường chính thức.

Rắc hỗn hợp bột dinh dưỡng khô lên nền trồng rồi tưới nước hoặc có thể dùng một phương pháp cấp dinh dưỡng nuôi cây khác.

Do trang bị không tốn kém, kết quả tốt, đầu tư thấp, trồng cây trên cát vecmiculit rất thích hợp cho người thực hành nghề và cho những nơi không có nhiều diện tích. Người ta có thể tận dụng tất cả các vật liệu sẵn có trong phạm vi gia đình đã có thể thực hiện được kỹ thuật trồng cây sạch kiểu này. Không cần nhiều hiểu biết kỹ thuật vẫn có thể thu được kết quả tốt. Chỉ đòi hỏi thời gian chăm sóc như cách trồng cây trên đất thông thường.

3.3. TRỒNG CÂY TRÊN NỀN SỎI THEO KỸ THUẬT THỦY CANH

Cách trồng này được áp dụng rộng rãi trong lĩnh vực thủy canh kinh doanh, còn có thể gọi là thủy canh tưới ngầm.

Dung dịch dinh dưỡng chứa trong thùng chứa cho chảy vào lớp nền sỏi qua các ống dẫn. Dung dịch thấm ướt trên nền sỏi rồi chảy về thùng thu sau đó lại bơm tuần hoàn để tái sử dụng.

Vật liệu nền là sỏi có kích thước từ 2 - 9 mm. Dùng sỏi có khả năng giữ nước để đảm bảo độ ẩm cho cây, đồng thời sỏi cũng phải có khả năng thoát nước tốt.

Dùng sỏi có ưu điểm khi dung dịch tuần hoàn chảy qua sẽ tạo ra được mức thông khí tốt. Một ưu điểm nữa là có thể tái sử dụng dung dịch và luôn cấp đủ dinh dưỡng theo đòi hỏi của cây.

Trồng cây trên nền sỏi kết hợp tưới ngầm là phương pháp thủy canh hiệu quả nhất cho mục đích kinh doanh. Ở Mỹ và nhiều nơi trên thế giới áp dụng phổ biến kỹ thuật này trong trồng cây kinh doanh. Tuy nhiên chi phí cho các hệ thống kinh doanh dùng kỹ thuật này cũng khá cao. Song bù lại có thể tiết kiệm nước, hóa chất dinh dưỡng và kiểm soát được cân bằng dinh dưỡng cần thiết cho cây và điều quan trọng hơn cả là chi phí nhân lực không nhiều. Hệ thống có thể làm việc tự động khi được lắp đặt các trang bị cần thiết.

Có lẽ ưu điểm nhất của kỹ thuật trồng trên nền sỏi là nó có thể thúc đẩy tối nhất quá trình phát triển và do vậy những người trồng hoa rất ưa thích.

3.4. THỦY CANH TRONG GIA ĐÌNH TRÊN QUY MÔ NHỎ

Thủy canh trên quy mô nhỏ chỉ đơn giản là chọn bồn trồng, nạp môi trường trồng cây, gieo hạt (hoặc chuyển các cây có sẵn đến trồng), tưới nước và cung cấp dinh dưỡng cho môi trường.

Bồn trồng có thể làm từ bất cứ vật liệu nào thích hợp như amiăng, gỗ, chất dẻo, chậu gốm, kim loại hoặc thủy tinh. Chiều sâu của bồn trồng vào khoảng 20 đến 23 cm đều thích hợp cho nhiều loại cây, riêng đối với khoai tây cần chiều sâu 30 cm.

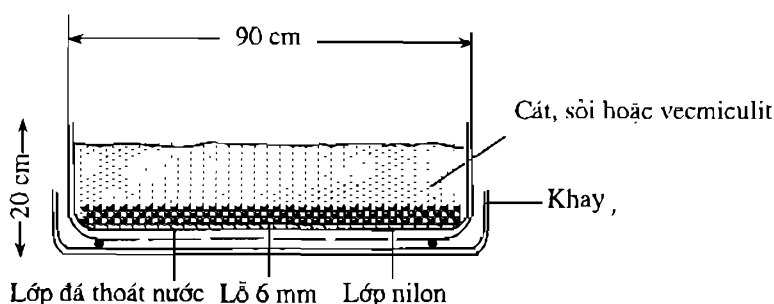
Vì nhiều lẽ, người ta quét sơn bitum mặt trong của bồn. Trường hợp dùng amiăng, cần lưu ý đến độ kiềm của vật liệu sẽ ảnh hưởng đến nồng độ dung dịch dinh dưỡng. Với gỗ, lớp bitum sẽ tránh được mục nát. Với kim loại, lớp bitum sẽ ngăn ngừa khả năng kẽm từ lớp mạ hòa tan vào dung dịch, bởi môi trường dư kẽm sẽ gây độc cho cây trồng. Riêng với trường hợp dùng chất dẻo không cần quét sơn. Khi dùng thủy tinh phải sơn quét phía ngoài để ngăn ánh sáng chiếu vào phần dung dịch bên trong nơi bộ rễ phát triển.

Sơn bitum với lượng nhỏ rất dễ kiếm từ các cửa hàng vật liệu. Khi cần lượng lớn phải mua ở các đại lý dầu mỏ. Cần lưu ý là bitum có loại có chứa coal - tar, chất này dễ gây độc cho cây trồng.

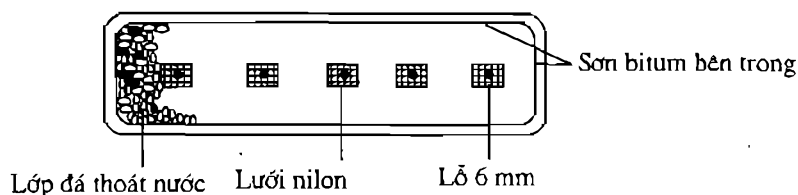
Loại trừ khi áp dụng kỹ thuật ngập nước, các bồn trồng đều phải có lỗ thoát nước ở đáy. Thoát nước hiệu quả là vấn đề rất quan trọng trong kỹ thuật trồng bồn, nhiều người làm vườn nghiệp dư thường không xác định đúng tầm quan trọng của việc thoát nước cho cây. Trong kỹ thuật thủy canh, thoát nước tốt sẽ có được độ thông khí tốt để cấp đủ oxy cho bộ rễ phát triển.

Lỗ thoát nước thường để đường kính 6 mm dưới đáy bồn, đặt một tấm giữ cho chất rắn khỏi rơi ra. Các cửa hàng kinh doanh vật liệu thủy canh đều có sẵn tất cả. Cũng có thể dùng một miếng lưới đỡ mắt lỗ 1,5 mm để chặn vật liệu nền.

Sau khi sơn mặt trong bồn, để khô ít nhất 24 giờ. Xếp một lớp sỏi dày 25 cm để thoát nước, dùng sỏi có đường kính trong khoảng 6 đến 12 mm. Sỏi phải được làm sạch khỏi các thành phần khoáng. Tuyệt đối không dùng đá có phản ứng với dung dịch dinh dưỡng bởi sẽ gây độc hại cho cây.



Hình 3.3. Mặt cắt khay trồng



Hình 3.4. Mặt đáy khay trồng

Môi trường trồng thường dùng cát, vecmiculit hay peclit. Khi cần thiết cũng có thể dùng sỏi nhưng phải có nhiều kiến thức hơn về kỹ thuật thủy canh. Tốt nhất nên dùng cát, vecmiculit hoặc peclit.

Cát có nhiều, về kích thước, dạng hạt, thành phần và màu sắc khác nhau. Tốt nhất nên dùng cát loại có đường kính hạt 2,0 - 2,5 mm. Hạt cát có thể có dạng tròn trơn, hoặc có góc cạnh. Tuyệt đối không dùng cát có lẫn vỏ sò (có chất đá vôi) hoặc lẫn các tạp chất dễ phân hủy như các chất hữu cơ.

Thường dùng cát sông rửa sạch, cỡ hạt 0,6 - 2,0 mm. Cát xây dựng thông thường cũng được dùng, tuy nhiên phải đảm bảo sạch, không lẫn tạp chất có thể gây ảnh hưởng đến pH của dung dịch dinh dưỡng.

Người làm vườn chuyên nghiệp quy mô lớn có thể xử lý để có cát sạch, bằng cách ngâm cát qua đêm trong dung dịch supephosphat đậm đặc. Sau khi xử lý, các hợp chất chứa canxi chuyển hóa thành tricanxi phosphat bám cứng trên bề mặt cát, chúng không còn khả năng ảnh hưởng tới dung dịch dinh dưỡng.

Đơn giản có thể thử xem cát có chứa tạp chất hay không, là lấy một lớp cát dày 6 mm cho vào ống thủy tinh, cho dung dịch axit clohydric vào, nếu dung dịch sôi nhiều thì cát còn chứa nhiều tạp chất đá vôi.

Vecmiculit là một loại khoáng chất mica có chứa silicat sắt nhôm magie hydrat, trong tự nhiên có dạng tấm, bản tinh thể, rất mỏng, có nhiều ở Phalabarwa vùng Đông Bắc Transvaal, được khai thác và xuất khẩu đến nhiều nơi. Phần lớn được dùng trong kỹ thuật và xây dựng, chỉ một lượng nhỏ cấp cho kỹ thuật thủy canh.

Để sản xuất vecmiculit cho kỹ thuật thủy canh, người ta lấy quặng trung tính, cho vào nước phải có $\text{pH} = 7$. Nên lưu ý rằng vecmiculit công nghiệp có pH vượt quá 9 không được dùng trong nuôi trồng thủy canh.

Vecmiculit dùng trong thủy canh nên lấy loại có cỡ 1 - 3 mm, do các hạt lớn hơn dễ phân tách thành các miếng mỏng.

Quặng khoáng vecmiculit ban đầu được nghiền vụn, qua sàng để có được kích cỡ thích hợp, sau đó cho vào lò nung đến 1.000°C để tạo thành các hạt xốp nhẹ, nở ra với thể tích gấp nhiều lần thể tích ban đầu. Sản phẩm cuối cùng có khả năng hấp thu rất cao, khối lượng riêng nhẹ (110 kg/m^3), độ dẫn điện kém (hầu như không dẫn điện) và hoàn toàn vô trùng. Với những tính năng vừa nêu, vecmiculit được xem là vật liệu lý tưởng làm môi trường nền trong kỹ thuật thủy canh. Tuy nhiên vật liệu này có nhược điểm là khi dùng lâu dễ bị gãy vỡ và có xu hướng trở lại trạng thái vật lý ban đầu.

Một loại vật liệu nền khác cũng thường được sử dụng là peclit. Trong thành phần quặng peclit có chứa silicat nhôm, kali và nitrat. Để có sản phẩm peclit dùng trong kỹ thuật thủy canh người ta nung ở nhiệt độ 910°C , các hạt peclit sẽ trương nở tạo ra các lỗ mao dẫn trên bề mặt. Sản phẩm vừa xốp vừa nhẹ, rất phù hợp làm môi trường nền trong trồng thủy canh.

3.5. CHUẨN BỊ BỒN TRỒNG THỦY CANH

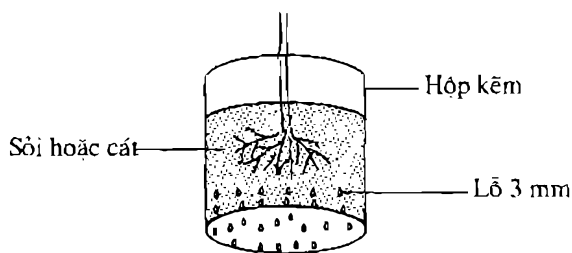
Cách chuẩn bị vật liệu để chế tạo bồn trồng, loại vật liệu xi măng amiăng, kích thước hộp $90 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$, như sau:

- Khoan 5 hoặc 6 lỗ đường kính 6 mm dưới đáy hộp, có thể bố trí zigzắc hoặc song song, tuy nhiên nên bố trí đều khoảng cách.
- Sơn mặt trong hộp bằng bitum, có thể sơn hai lớp nếu thấy cần thiết. Để khô hoàn toàn. Không làm ảnh hưởng đến lỗ khoan.
- Cắt các miếng lưới nylon hình vuông, khi sơn còn dính, dán lên từng lỗ phía trong ở đáy hộp. Để khô.
- Xếp lớp sỏi có đường kính 25 mm sau đó xếp lớp sỏi có đường kính 6 hoặc 12 mm vào đáy hộp để làm nền thoát nước.
- Đổ cát sạch vào bồn hoặc vecmiculit dùng cho thủy canh đến cách miệng bồn 12 mm.

Bây giờ bồn đã sẵn sàng để gieo hạt hoặc trồng cây lấy từ nơi khác đến.

Nếu dùng chậu sành, chất dẻo hoặc vật liệu khác cũng làm tương tự như trên.

Cũng có thể dùng vỏ hộp kim loại làm bồn trồng. Các bước làm cũng tương tự, tuy nhiên ở thành bên phía đáy nên đục thêm lỗ 3 mm để thoát nước có hiệu quả hơn (hình 3.5).



Hình 3.5. Cấu tạo hộp kẽm trồng cây

Nhược điểm khi dùng hộp kim loại là có thể bị ăn mòn, sớm muộn cũng xảy ra ăn mòn, do vậy để kéo dài thời gian sử dụng, nên sơn quét bitum cẩn thận cả trong ngoài, từ 2 đến 3 lớp. Giá thành rẻ và có thể tận dụng được từ các loại bao bì sẵn có. Có thể tận dụng các thùng gỗ, bình acquy bỏ, máng dẫn phế liệu, thậm chí cả máng ăn gia súc... khi có đủ độ sâu 20 - 23 cm đều có thể dùng làm bồn trồng thủy canh.

3.6. GIEO HẠT VÀO MÔI TRƯỜNG

Tưới nước vào môi trường nền đến thấm ướt tối đa và để nước thoát qua các lỗ thoát. Chờ cho nước thoát hết.

Dùng vật sắc nhọn tạo thành các rãnh song song sâu 6 mm, cách nhau 50 mm (chiều sâu phụ thuộc vào loại hạt đem gieo) trên nền trồng còn ẩm.

Gieo hạt vào rãnh ở độ sâu bình thường như khi trồng trên đất. Thường độ sâu gieo hạt để hai đến ba lần đường kính hạt gieo. Với các hạt lớn cần

độ sâu đến 12 mm; với hạt nhỏ như hạt cần tây chỉ cần sâu 6 mm. Với các hạt cần trồng riêng nên dùng thiết bị gieo hạt có bán sẵn trên thị trường.

Sau khi gieo hạt, lấp lại rãnh gieo. Tưới nhẹ lên để hạt gieo được ổn định. Không dùng tay nén quá chặt.

Loại hạt quá nhỏ có thể gieo trực tiếp không cần rãnh sau đó tưới nhẹ lên bề mặt.

3.7. TRỒNG CÂY MẦM VÀO MÔI TRƯỜNG NỀN

Cây mầm trước đó đã được gieo ở các môi trường khác như đất, cát, vecmiculit hoặc peclit hoặc mua từ các cơ sở gieo mầm ở nơi khác về. Tốt nhất nên tự mình gieo mầm rồi mang trồng thủy canh.

Có hai trường hợp có thể xảy ra:

- Cây mầm sẽ được trồng ở môi trường khác môi trường gieo;
- Cây mầm được trồng ở môi trường tương tự môi trường gieo.

Trường hợp cây mầm lấy từ môi trường đất đem trồng vào môi trường cát hoặc vecmiculit nên nhẹ tay rửa sạch đất bám ở rễ, cẩn thận để khỏi tổn thương rễ. Làm hố có kích thước tương ứng với bộ rễ trên môi trường mới và đặt cây vào. Dùng tay lấp nhẹ quanh rễ. Khoảng cách giữa các cây nên để như khi trồng trong đất. Ví dụ với hộp 90 cm nên trồng 3 cây cà chua hoặc 4 cây rau diếp.

Khi cây mầm lấy từ nền cát hay vecmiculit để trồng trong sỏi, dùng xẻng nhỏ thu hoạch cây, lắc nhẹ để vật liệu nền cũ rơi ra, đặt cây vào hố trồng trên nền trồng mới, dùng tay vun nhẹ để lấp gốc cây.

Khi cây trồng mới là các chồi giảm, cành giảm cũng làm tương tự. Cần lưu ý không được làm tổn thương phần rễ cây.

3.8. CUNG CẤP DINH DƯỠNG CHO CÂY

Cho đến đây mọi công việc tương chừng như không có gì khác nhau giữa trồng cây trong đất bình thường và trồng cây trên nền vật liệu trơ. Tuy nhiên, khi trồng bình thường trong đất, chỉ cần cung cấp nước bình thường cho cây sống và phát triển; còn trồng theo kỹ thuật thủy canh ngoài việc cung cấp đủ nước ta thấy cần phải cung cấp đủ các nguyên tố dinh dưỡng cho cây phát triển và do vậy sự khác nhau giữa trồng cây trong đất và trong nền vật liệu trơ hẳn là ở chỗ cung cấp đủ lượng các nguyên tố dinh dưỡng cho cây.

Chính vì vậy đòi hỏi ở người trồng theo kỹ thuật thủy canh cần có chút hiểu biết về hóa học để pha chế dung dịch dinh dưỡng. Hỗn hợp dinh dưỡng dùng trong kỹ thuật thủy canh có thể tìm được ở các cửa hàng, chúng được pha trộn theo các công thức dinh dưỡng có sẵn trong các tài liệu kỹ thuật thủy canh. Có nghĩa là chúng đã chứa đủ các nguyên tố thiết yếu cho sự phát triển của cây trồng như nitơ, phospho, kali, canxi, magie, lưu huỳnh và các nguyên tố vi lượng khác được tính toán theo tỷ lệ cân bằng tối ưu cho cây trồng phát triển. Người sử dụng ngày nay đã có sẵn các hỗn hợp cần thiết và họ không còn phải tự mình tính toán, tự mình đi mua và tự pha chế hỗn hợp từ trên 10 nguyên tố như trước kia.

Người ta chỉ cần mua trọn gói về và hòa tan trong nước để sử dụng theo chỉ dẫn, ví dụ như lấy 10 g hoặc 3 thìa nhỏ hòa tan trong 5 lít nước, khuấy đều ít phút, hớt bỏ váng bọt nếu có, để lắng qua đêm, loại bỏ cặn lắng dưới đáy rồi cung cấp cho cây trồng bất cứ khi nào cần thiết. Dung dịch dự phòng nên chứa trong các bình thủy tinh hoặc polyetylen. Mục đích để lắng qua đêm là để cho các chất khó hòa tan có thời gian hòa tan hoàn toàn. Dung dịch dự phòng nên để nơi râm mát, tránh ánh nắng Mặt trời có thể làm sát phân hủy ra khỏi dung dịch. Các bình thủy tinh hoặc chất dẻo cỡ 5 đến 10 lít có thể để kiểm tìm và được dùng rất tiện lợi để pha chế và dự trữ dung dịch. Khi trồng với quy mô lớn hơn, có thể dùng các bình 20 lít để có dung lượng

dự trữ lớn hơn. Không nên dùng thùng kim loại mạ, nếu dùng phải sơn phủ bitum, bởi vì kẽm trong lớp mạ có thể hòa tan vào dung dịch làm độc hại cho cây. Cũng không nên dùng dung dịch quá đậm đặc, sẽ gây lãng phí và có thể làm hại cho cây.

Cung cấp dung dịch dinh dưỡng cho cây có thể thực hiện theo các cách sau: tưới từ trên xuống, bón bằng bột khô hoặc áp dụng cách bón ngập dịch.

Tưới từ trên xuống là cách làm thông thường đơn giản. Chỉ cần dùng bình tưới tưới lên cây đến độ ẩm yêu cầu của nền trồng. Trừ phi dung dịch quá đậm đặc, còn bình thường nếu lá cây có bị tiếp xúc với dung dịch cũng không bị ảnh hưởng.

Thời gian tưới và số lần tưới có lẽ là vấn đề khó khăn đối với người mới trồng lần đầu. Tuy nhiên sau vài vụ người ta sẽ có thêm được kinh nghiệm.

Khi nền trồng là cát thô, nên tưới thường xuyên vào mùa hè khi cảm thấy nền trồng đã khô phải bổ sung nước tưới. Với nền trồng là cát mịn nên tưới mỗi ngày hai lần vào mùa hè, còn mùa đông chỉ cần tưới 1 - 2 lần/tuần.

Tưới nhiều hay ít còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như độ ẩm, lượng gió, loại cây trồng đang phát triển, thời kỳ sinh trưởng của cây, kích thước hạt, cỡ hạt vật liệu làm môi trường trồng...

Khi môi trường trồng là vecmiculit, do khả năng giữ ẩm của vật liệu cao số lần tưới sẽ ít hơn so với các môi trường khác. Khi môi trường vecmiculit đã thấm ướt, vào mùa hè chỉ cần tưới 2 lần / ngày khi cây còn non, vào mùa đông chỉ cần tưới 1 đến 2 lần / tuần là đủ. Các chỉ dẫn vừa nêu áp dụng cho cây khi còn non trong điều kiện bình thường. Khi cây có dấu hiệu héo lá có thể do quá nóng, quá nhiều gió hoặc các lý do khác nhưng phần lớn là do thiếu nước, cần bổ sung thêm nước và dung dịch dinh dưỡng.

Ở các vùng khí hậu nhiệt đới, cây đòi hỏi nhiều nito hơn mức bình thường do vậy cần cung cấp thường xuyên dinh dưỡng có đủ nito.

Khi tưới dung dịch từ trên xuống sẽ có một lượng dung dịch thoát ra phải thải bỏ, với quy mô thủy canh nhỏ thì lượng thải bỏ không được quan tâm nhiều, song với các hệ thống thủy canh lớn có mục đích kinh doanh thì lượng thải bỏ lại là nhân tố đáng quan tâm về mặt kinh tế, nhất thiết phải tính đến hệ thống tuần hoàn, tái sử dụng dung dịch.

Một cách cấp dinh dưỡng khác cho kỹ thuật thủy canh là cấp khô. Không pha chế chất dinh dưỡng thành dung dịch mà bón trực tiếp bột dinh dưỡng khô lên nền trồng, nghĩa là rắc đều bột khô lên nền trồng, sau đó tưới nước từ từ.

Khi hạt đã nảy mầm (hoặc trồng cây từ nơi khác đến), dùng vật mũi nhọn chọc thành khe xung quanh gốc và bón bột dinh dưỡng khô vào đó, tưới nước từ từ. Hóa chất dinh dưỡng bón theo cách này sẽ hòa tan vào nền trồng sau vài tuần. Trong thời gian đó luôn giữ đủ ẩm cho nền, tuy nhiên tránh tưới quá nhiều nước để khỏi tổn hao dinh dưỡng.

Vào mùa mưa nên bón chất dinh dưỡng 2 lần / tuần theo cách này. Phương thức bón khô được xem là đơn giản nhất và ít tốn kém nhất so với các kỹ thuật thủy canh khác. Tuy nhiên, có nhược điểm lớn là có khi có thể bón được đều cho cây, nhưng cũng có khi không thể bón được đều, ví dụ với cây rau diếp do lá phát triển rất thấp và dày, khó có thể bơm trực tiếp gần gốc cây được. Khi trồng với quy mô nhỏ thì không thành vấn đề, song trên quy mô lớn sẽ là điều không thuận tiện.

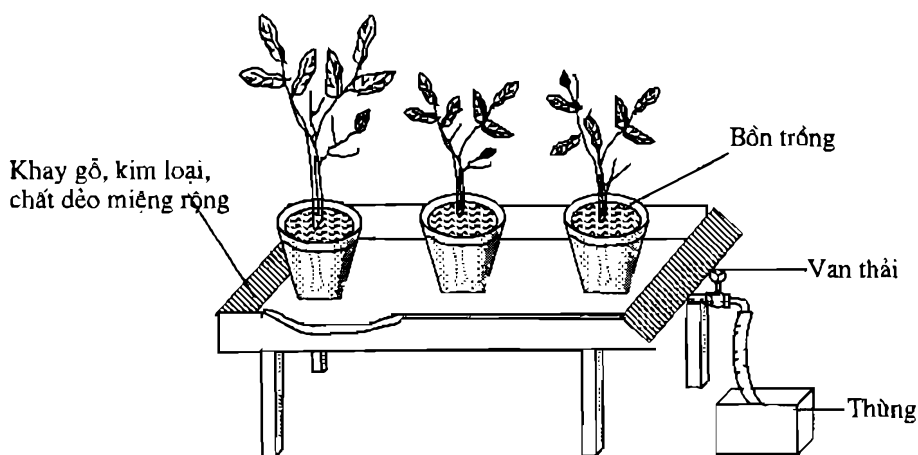
Nhược điểm nữa cần nói đến là phương thức bón khô có thể sẽ làm cho chất dinh dưỡng không được phân bố đều, khó tránh khỏi thất thoát dinh dưỡng. Liều lượng dinh dưỡng khi áp dụng phương thức bón khô là 15 g/m^2 .

Khi có điều kiện pha chế dung dịch, nên áp dụng hình thức tưới ngầm. Cho dung dịch dinh dưỡng vào bồn trồng từ dưới đáy, dung dịch dâng lên trên mặt nền trồng qua lỗ chảy tràn trở về thùng chứa. Tái sử dụng dinh dưỡng này trong 10 ngày hoặc 2 tuần.

Cách tưới này đặc biệt hiệu quả khi nền trồng dùng sỏi. Môi trường trồng là cát có thể xảy ra úng ngập, song nếu dùng vecmiculit do có khả năng giữ nước và thoát nước tốt nên không bị ảnh hưởng khi áp dụng cách này.

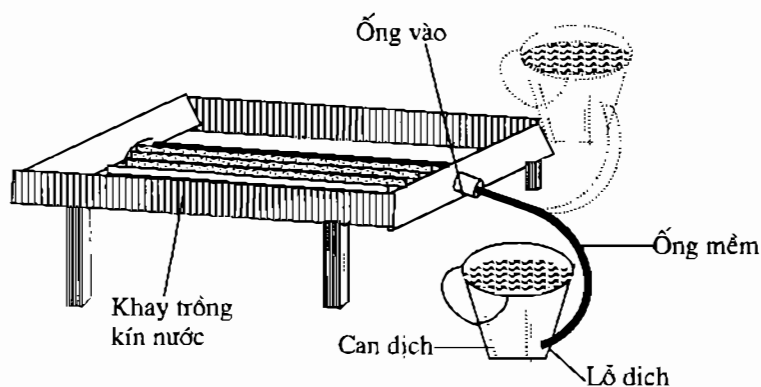
Ưu điểm của cách cấp dịch này là cùng với việc thay thế dung dịch sẽ xảy ra quá trình thay thế không khí trong nền, tạo điều kiện cấp đủ oxy cho vùng rễ phát triển.

Khi trồng cây trong chậu gốm, thùng kim loại hoặc các bồn chứa nhỏ người ta có thể đặt bồn trồng vào khay lớn hơn khi nào cần cung cấp dung dịch dinh dưỡng. Cho dung dịch dinh dưỡng vào sao cho dung dịch có thể dâng lên đến 1/2 bồn trồng (hình 3.6). Dung dịch dâng lên từ từ qua đáy bồn trồng sau 20 – 30 phút. Sau đó thải hết dung dịch về thùng chứa để tái sử dụng cho lần tưới sau. Vào mùa hè mỗi ngày tưới như vậy một lần. Thỉnh thoảng bổ sung nước sạch vào dịch để bù lượng bốc hơi. Sau 10 ngày phải thay dung dịch mới.



Hình 3.6. Tưới ngấm trong khay rộng

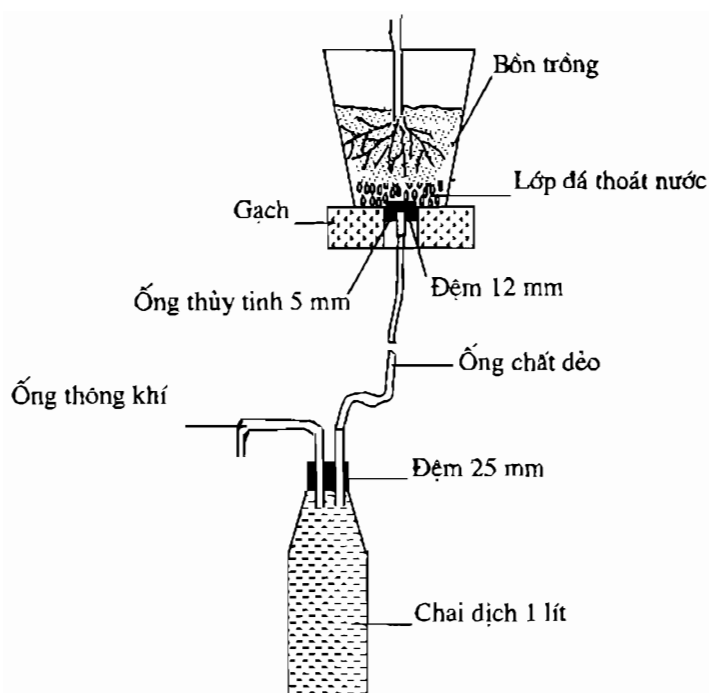
Khi trồng trong các vật dụng lớn, bồn trồng không để lỗ thoát nước, chỉ bố trí gần đáy bồn một ống nhập dịch đường kính 12 mm. Dùng ống mềm nối ống này với can chứa dung dịch dinh dưỡng. Nâng can lên để dung dịch chảy vào nền trồng. Khi nền trồng đã ngập dung dịch, hạ can xuống để dung dịch trở lại can (hình 3.7). Cứ 1 m² nền trồng dùng 100 l dung dịch dinh dưỡng để tưới. Cách tưới này thích hợp cho các bồn trồng có diện tích 0,2 m² để dùng với các can dịch 20 l.



Hình 3.7. Tưới ngầm cho khay trồng rộng

Một cách tưới dịch khác đơn giản và dễ làm hơn như sau:

Đục lỗ đường kính 12 mm dưới đáy bồn trồng. Lắp ống đường kính 15 – 20 cm vào đáy bồn xuyên qua lớp nền trồng 1 cm. Dùng ống nhựa mềm nối ống đáy này tới bình chứa dung dịch. Bình chứa dịch có nắp đậy, trên đó bố trí một ống thủy thông thoáng và một ống dẫn dịch vào bồn trồng (xem hình 3.8). Chiều dài ống mềm dẫn dịch lấy khoảng 1 m. Khi tưới nâng bình dẫn dịch lên để dịch chảy vào đáy bồn trồng, thấm ướt cách mặt trên nền trồng chừng 12 mm. Sau đó hạ bình chứa dịch xuống để dịch chảy về bình. Thực hiện động tác này liên tục khi cần tưới.



Hình 3.8. Một cách tưới ngầm khác

Chương 4

DINH DƯỠNG TRONG TRỒNG SẠCH

4.1. GIỚI THIỆU

Quản lý hợp lý hệ thống trồng sạch đòi hỏi sự hiểu biết đáng kể cả về dinh dưỡng thực vật và sự phát triển của cây trồng mà trong phạm vi của tài liệu này không thể nói hết được. Ở đây chỉ có thể nêu ngắn gọn về sự thiếu hụt dinh dưỡng và mức độ độc hại của các nguyên tố dư thừa là những vấn đề hầu như không tránh khỏi trong công tác quản lý dinh dưỡng. Bạn đọc có thể biết thêm nhiều chi tiết hơn về các vấn đề này trong tài liệu của Roorda van Eysinna và Smilde (1981) về trồng cà chua, dưa chuột, rau diếp. Hoặ tập 3 (Wilson và Adams, 1987) của bộ sách “Chẩn đoán rối loạn khoáng chất trong cây trồng”, có đề cập đến việc trồng các cây nói trên và cả các loài hoa thông dụng như hoa cúc, hoa cẩm chướng... Tất nhiên, bạn còn có thể tham khảo các chuyên gia tư vấn về các vấn đề chẩn đoán dinh dưỡng cây trồng.

Ngoài ra, kiểm soát dinh dưỡng thực vật trong kỹ thuật thủy canh còn đòi hỏi một số kiến thức cơ bản về hoá học vô cơ và những phép tính cơ bản có liên quan đến nồng độ dinh dưỡng trong dung dịch. Vấn đề này cũng không thể nói hết được trong phạm vi của tài liệu này. Bạn đọc có thể tham khảo những kiến thức vừa nêu trong các sổ tay cây trồng. Tuy nhiên, dưới đây chúng tôi sẽ đưa ra một số điểm quan trọng về vấn đề dinh dưỡng cho cây trồng trong kỹ thuật thủy canh. Một số bảng sẽ cung cấp thông tin cho bạn về các dung dịch dinh dưỡng thông dụng nhất.

Trong một số trường hợp, đặc biệt với các hệ thống trồng sạch “mở” quy mô nhỏ, dung dịch dinh dưỡng dư thừa thường được thải bỏ, cách làm đơn giản này tuy có tốn kém về chất dinh dưỡng song chắc chắn vẫn đảm bảo đủ nhu cầu cần thiết cho cây. Trên thị trường người ta có khả năng cung cấp các

hỗn hợp dinh dưỡng riêng, cung cấp đủ các lượng N, P, K, Mg và các nguyên tố vi lượng khác, giá thành thường thấp hơn so với khi mua các hoá chất thành phần để pha chế, chỉ cần mua về và dùng kết hợp với canxi nitrat. Bạn đọc có thể tham khảo trong nhiều tài liệu kỹ thuật thủy canh.

4.2. CÁC CHẤT DINH DƯỠNG CHO CÂY TRỒNG

Các chất dinh dưỡng được cung cấp chủ yếu ở dạng muối vô cơ và có thể cả axit, để thuận tiện người ta chia chúng thành hai nhóm chính theo lượng cần thiết cho sự phát triển của cây:

a) Các nguyên tố đa lượng, trước đây thuật ngữ này đề cập đến các nguyên tố cơ bản, cần một lượng lớn và do vậy được cung cấp ở nồng độ khá cao trong dung dịch dinh dưỡng. Nhóm nguyên tố này gồm nitơ, phospho, kali, magie, canxi và lưu huỳnh. Ba nguyên tố đa lượng đầu được xem là các nguyên tố cơ bản nhất được nói đến trong mọi phân tích các loại phân bón hỗn hợp. Cây trồng có thể đòi hỏi những lượng khác nhau các nguyên tố này, song kali, nitơ và canxi thường thấy có lượng khá lớn, trong khi đó phospho và magie lại có thể thấp hơn. Tỷ lệ các chất dinh dưỡng này còn thay đổi trong các phần của cây trồng. Ví dụ canxi thường thấy ở mức cao trong lá, song lại có mức thấp trong quả.

b) Các nguyên tố vi lượng, đôi khi còn gọi là các nguyên tố tối thiểu hay nguyên tố vết. Ngay tên gọi của chúng cũng cho biết các nguyên tố này chỉ có hàm lượng rất thấp trong cây trồng, tuy nhiên chúng là những nguyên tố cơ bản không thể thiếu được đối với sự phát triển của cây trồng. Nhóm các nguyên tố này gồm sắt, mangan, kẽm, đồng, bo, molipden và clo, dải nồng độ yêu cầu của chúng trong cây cũng thay đổi đáng kể, ví dụ, với sắt và mangan, đòi hỏi lượng lớn hơn nhiều so với molipden.

Cần lưu ý rằng, các nguyên tố vi lượng chỉ cần thiết cho cây ở mức độ rất thấp, nếu cung cấp ở nồng độ cao sẽ dẫn đến dư thừa. Ví dụ, mangan đôi khi chỉ cần nồng độ 0,4% hoặc cao hơn chút ít cho cây cà chua phát triển lá khi trồng trong đất đã khử trùng bằng hơi nóng, các nguyên tố phospho và

magie cũng chỉ cần những lượng tương tự song chúng lại nằm trong danh mục các nguyên tố đa lượng.

Bảng 4.1 đưa ra nồng độ các chất dinh dưỡng để trồng cà chua và dưa chuột theo kỹ thuật thủy canh.

Bảng 4.1. Thành phần chất khoáng trong lá cây cà chua và dưa chuột trồng theo kỹ thuật thủy canh

Nguyên tố	Cà chua ⁽¹⁾	Dưa chuột ⁽²⁾
Nitơ	4,8%	5,0 – 7,0%
Phospho	0,5%	0,8 - 1,5%
Kali	5,5%	5,5 – 7,0%
Magie	0,5%	0,5 - 0,9%
Canxi	2,5%	1,2 – 2,0%
Lưu huỳnh	1,6%	–
Sắt	90 ppm	150 - 250 ppm
Mangan	350 ppm ⁽³⁾	40 - 120 ppm
Kẽm	80 ppm	40 - 80 ppm
Đồng	15 ppm	10 - 18 ppm
Bo	35 ppm	30 - 60 ppm
Molipđen	0,5 ppm	1 - 5 ppm

Ghi chú: 1) Theo Wilson (1973).

2) Số liệu nguyên tố đa lượng trong lá cây dưa chuột theo Ward (1973), nguyên tố vi lượng theo Nollendorf và Upits (1972).

3) Cây trồng trong đất đã khử trùng bằng hơi nóng.

Các số liệu trong bảng 4.1 nói lên sự khác biệt giữa các nguyên tố đa lượng và vi lượng, sự khác biệt này rõ ràng sẽ giúp cho việc pha chế dung dịch dinh dưỡng được dễ dàng khi áp dụng kỹ thuật thủy canh.

Phần lớn các công thức dinh dưỡng đều đề cập đến đá vôi để cung cấp nhu cầu magie cho cây trồng, tuy nhiên Adams (1978) ở Viện nghiên cứu Cây trồng trong nhà kính (Anh) lại đưa ra công thức dinh dưỡng dùng magie sunfat để cung cấp magie cho cây. Maas và Adams lại đưa ra các công thức riêng của họ có kết hợp cả các nguyên tố vi lượng (bảng 4.2).

Bảng 4.2. Lượng muối các nguyên tố vi lượng dùng trong 1.000 lít than bùn trồng cây trong nhà kính theo kỹ thuật thủy canh (g/l 1.000 lít than bùn)

	Anon ⁽¹⁾	Maas ⁽²⁾	Adams ⁽³⁾
Borax	20	8 ⁽⁴⁾	17,5
CuSO ₄ .5H ₂ O	25	20	25
FeSO ₄ .7H ₂ O	50	44	-
Sắt chelat	50 EDTA	16 EDTA	50 EDTA
MnSO ₄ .7H ₂ O	15	16	7,5
Zn SO ₄ .7H ₂ O	15	16	7,5
Molipđat ⁽⁵⁾	5(NH ₄ ⁺)	4(Na ⁺)	2,5(Na ⁺)

Ghi chú: 1) Đại học nông nghiệp Tây Scotland.

2) Maas và Adams (Canada, 1981).

3) Adams, Graves và Wilson (1989) Viện nghiên cứu Cây trồng trong nhà kính (Anh).

4) Borax 46' (14,3%B).

5) Tính theo amoni và natri.

Nước tưới thường có chứa nitơ và kali trong khoảng 100 – 250 mg N/l và 150 – 400 mg K/l. Nguồn dinh dưỡng thích hợp nhất là kali nitrat kết hợp với amoni hoặc ure, tuy amoni được ưa dùng song bình thường rất khó kiếm. Từ các dung dịch đậm đặc dự trữ người ta pha loãng chúng theo tỷ lệ, thường là 1 : 200. Tỷ lệ cao K/N được dùng để nâng cao chất lượng cà chua, tỷ lệ K/N thấp hơn lại kích thích tăng trưởng và phù hợp với cây cần lá. Bảng 4.3 đưa ra các công thức dinh dưỡng có tỷ lệ K/N khác nhau. Đôi khi cần thiết phải kết hợp với các nguyên tố vi lượng trong dung dịch, ví dụ cho bo 0,5 – 1,5 mg/l hoặc sắt 3 mg/l. Cũng đồng thời cần bổ sung amoni dihydrophosphat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) khi chẩn đoán thấy thiếu hụt phosphat, song bổ sung phosphat sẽ gặp khó khăn nếu trong nước cấp có hàm lượng canxi cao, gây kết tủa làm tắc hệ thống dẫn.

Bảng 4.3. Lượng kali nitrat (13,8% N, 46,4% K_2O = 38,5% K) và amoni nitrat (35% N) tính cho 1 lít dung dịch dự trữ nồng độ cao để sau đó pha loãng theo tỷ lệ 1 : 200 nhằm có được K và N theo yêu cầu (mg/l)

Phân bón	mg N/l sau pha loãng 1 : 200			
	125	175	225	mg K/l (đã pha loãng)
KNO_3	78	78	78	150
NH_4NO_3	41	69	98	
KNO_3	104	104	104	200
NH_4NO_3	30	59	88	
KNO_3	130	130	130	250
NH_4NO_3	20	49	77	
KNO_3	156	156	156	300
NH_4NO_3	10	39	67	
KNO_3	-	182	182	350
NH_4NO_3	-	28	57	

Khi dùng mùn cưa trộn lẫn với than bùn người ta dùng dung dịch có chứa 126 – 210 mg N/l và 208 mg K/l (Maas và Adams, 1980). Tuy nhiên trong một số trường hợp, người ta cung cấp dung dịch dinh dưỡng có kèm theo cả các nguyên tố vi lượng như ở bảng 4.4.

Bảng 4.4. Môi trường than bùn và vecmiculit trong trồng sạch
(Collins và Jensen, 1983)

Than bùn	500 dm ³ (0,5 m ³)
Vecmiculit	500 dm ³ (0,5 m ³)
Kali nitrát	0,89 kg
Supephosphat (20% P ₂ O ₅)	1,19 kg
Đá vôi dolomit	5,93 kg
Sắt chelat 330 (10% Fe)	37 g
Axit boric	30 g

4.3. CÔNG THỨC DINH DƯỠNG

Trồng cây trong dung dịch ngay từ đầu đã được nhiều nghiên cứu khoa học xem xét và phát triển, cung cấp nhiều kỹ thuật cơ bản về kiến thức dinh dưỡng cây trồng. Tuy nhiên, các công thức đưa ra vẫn có những thay đổi đáng kể về nồng độ của các nguyên tố vi lượng, những nguyên tố không thể thiếu được trong sự phát triển của cây trồng. Năm 1966, Hewitt giải thích rằng, không thể có được một công thức thống nhất cho các kỹ thuật thủy canh, bởi lẽ còn phụ thuộc vào từng loại cây trồng, điều kiện thời tiết và giai đoạn phát triển cụ thể của cây, do đó trong trường hợp cụ thể phải có những công thức cụ thể.

Bảng 4.5 đưa ra những hóa chất cần thiết có trong dung dịch dinh dưỡng cho kỹ thuật thủy canh. Tuy nhiên bạn chỉ nên xem đó là các số liệu định hướng. Trong từng trường hợp cụ thể bạn phải tham khảo các công thức cụ thể.

Bảng 4.5. Các chất dinh dưỡng thường dùng trong kỹ thuật thủy canh

Hóa chất	Công thức	Khối lượng phân tử	% dinh dưỡng
Amoni đihydrophosphat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	115	12,2 N
Amoni đihydrophosphat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	115	27 P
Amoni molipdat	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1235,9	54,4 Mo
Amoni nitrat	NH_4NO_3	80	35,0 N
Amoni sunfat ⁽¹⁾	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132,1	21,2 N
Amoni sunfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132,1	24,3 S
Axit boric	H_3BO_3	61,8	17,5 B
Canxi nitrat (hydrat)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236,1	11,9 N
Canxi nitrat (hydrat)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236,1	17 Ca
Canxi nitrat (tạp chất)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	181,0	15,5 N
Canxi nitrat (tạp chất)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	181,0	19,0 Ca
Đồng sunfat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	249,7	25,5 Cu
Sắt chelat	Fe - EDTA	-	13,0 Fe
Sắt chelat	Fe - DTPA	-	6 – 7 Fe
Sắt chelat	Fe - EDDHA	-	5 – 6 Fe

Magie sunfat	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246,5	9,9 Mg
Magie sunfat	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246,5	13 S
Mangan sunfat	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	223,1	24,6 Mn
Mangan clorua	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	197,9	27,7 Mn
Kali clorua ⁽¹⁾	KCl	74,6	52,4 K
Kali clorua	KCl	74,6	47,6 Cl
Kali đihydrophosphat	KH_2PO_4	136,1	28,7 K
Kali đihydrophosphat	KH_2PO_4	136,1	22,8 P
Kali nitrat	KNO_3	101,1	38,7 K
Kali nitrat	KNO_3	101,1	13,8 N
Kali sunfat	K_2SO_4	174,3	44,9 K
Kali sunfat	K_2SO_4	174,3	18,4 S
Natri borat	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	381,2	11,3 B
Natri nitrat ⁽¹⁾	NaNO_3	85	16,5 N
Natri nitrat	NaNO_3	85	27,1 Na
Kẽm sunfat	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	287,6	22,7 Zn

Ký hiệu các nguyên tố và khối lượng nguyên tử của chúng trong các dung dịch dinh dưỡng xem ở bảng 4.6.

Bảng 4.6. Các nguyên tố trong dung dịch dinh dưỡng và khối lượng nguyên tử của chúng

Nguyên tố	Ký hiệu	Khối lượng nguyên tử
Bơ	B	10,8
Canxi	Ca	40,1
Carbon	C	12,0
Clo	Cl	35,5
Đồng	Cu	63,5
Hydro	H	1,0
Sắt	Fe	55,9
Magie	Mg	24,3
Mangan	Mn	54,9
Molipđen	Mo	96,0
Nitơ	N	14,0
Oxy	O	16,0
Phospho	P	31,0
Kali	K	39,1
Natri	Na	23,0
Lưu huỳnh	S	32,1
Kẽm	Zn	65,4

Nồng độ các nguyên tố trong dung dịch có thể được biểu thị theo nhiều cách theo xuất xứ ban đầu, theo khu vực địa lý, theo quan điểm của các nhà nghiên cứu và cả thói quen của người sử dụng. Tuy nhiên, phổ biến hơn cả là cách tính theo phần triệu ppm (parts per million). Phần lớn các tài liệu thủy canh đều dùng đơn vị ppm. Ngoài ra người ta cũng có thể biểu thị nồng độ theo mg/l hoặc các đơn vị mang tính địa phương khác.

Các nhà khoa học sinh học và hóa học lại có xu hướng dùng đơn vị mili đương lượng vì lẽ đơn vị này có liên quan đến các phân tích hóa học, hoặc mili mol có liên quan đến các quá trình phản ứng.

Bảng 4.7 cho các quan hệ chuyển đổi các đơn vị thông dụng trong tính toán nồng độ chất dinh dưỡng để bạn đọc tiện dụng khi cần thiết.

Bảng 4.7. Quan hệ chuyển đổi giữa các đơn vị biểu thị nồng độ các chất dinh dưỡng trong kỹ thuật thủy canh

Ion	mmol/l	meq/l (mili đương lượng/l)	mg/l	
NO ₃ ⁻	1	1	14	N
Cl ⁻	1	1	35,5	Cl
SO ₄ ²⁻	1	2	32,1	S
NH ₄ ⁺	1	1	14	N
K ⁺	1	1	39,1	K
Na ⁺	1	1	23	Na
Mg ²⁺	1	2	24,3	Mg
Ca ²⁺	1	2	40,1	Ca

Ghi chú: *Giá trị phù hợp với khối lượng nguyên tử ở bảng 4.6.

4.4. NỒNG ĐỘ CHẤT DINH DƯỠNG

Thật khó có thể đưa ra quy tắc chung tính nồng độ các chất dinh dưỡng cơ bản cho cây trồng đặc biệt với nitơ, phospho và kali bởi lẽ các nguyên tố này luôn thay đổi theo loại cây trồng, giai đoạn phát triển của cây, thời tiết (đặc biệt là cường độ ánh sáng và nhiệt độ), ảnh hưởng của côn trùng và bệnh tật... Điểm nổi bật của các hệ thống trồng sạch là các dung dịch cung cấp được hấp thu rất nhanh và cây trồng dễ thích ứng với sự biến đổi của dung dịch. Như đã nói, nhu cầu dinh dưỡng của cây trồng phụ thuộc rất nhiều vào các điều kiện cụ thể của hệ thống, do vậy người trồng vườn phải biết tìm ra công thức riêng cho điều kiện của mình. Các số liệu đưa ra trong tài liệu này chỉ mang tính định hướng.

Ở Tây Bắc Âu khi trồng thủy canh cà chua theo kỹ thuật màng dinh dưỡng, người ta thấy cần hàm lượng kali cao chủ yếu ở thời kỳ đầu khi cây đang phát triển do điều kiện ánh sáng ở khu vực này quá thấp, sản lượng cà chua đạt cao hơn khi hàm lượng kali cao. Khi trồng thủy canh trên nền chất xơ khoáng, hàm lượng sắt và magie cũng thấp hơn so với trồng thủy canh trên các nền trồng khác, người ta cho rằng trong trường hợp này cây còn có thể hấp thu một phần sắt và magie từ nền trồng là vật liệu xơ khoáng. Mặc dù lưu huỳnh cũng là nguyên tố cơ bản cho sự phát triển của cây song nồng độ của nó cũng không phải đặc trưng. Theo Long Ashton nồng độ chuẩn có chứa 48 ppm S đã khá đủ khi cung cấp magie sunfat cho cây trồng và chính trong dung dịch của Long Ashton cũng chỉ chứa có 3,5 ppm clo, song do nguồn nước cấp khi trồng thủy canh không tránh khỏi có tạp chất, do vậy người ta thấy hàm lượng clo vẫn đủ cho cây trồng phát triển.

4.5. CÁC HOÁ CHẤT DÙNG TRONG DUNG DỊCH DINH DƯỠNG

Các hoá chất chọn dùng trong kỹ thuật thủy canh bao gồm các muối có chứa cả cation mang điện tích dương, các ion kim loại và cả các anion mang điện âm, nitrat, phosphat, sunfat... chúng đều là các chất dinh dưỡng cơ bản. Trừ phi trong dung dịch có chứa dư lượng các ion natri và clo, chúng sẽ tích tụ lại ở dạng muối, làm tăng độ mặn không mong muốn. Hơn nữa độ mặn còn kéo theo ảnh hưởng tới độ dẫn điện gây khó khăn cho việc kiểm soát dinh dưỡng hệ thống.

Dư lượng muối còn có thể ảnh hưởng lớn đến hệ thống, đặc biệt là các hệ thống tuần hoàn “kín”, nước thải có dư lượng muối không được phép thải vào môi trường, làm hạn chế sự phát triển của bộ rễ và làm cho bộ rễ kém phát triển. Vì lý do đó các muối như natri nitrat hoặc kali clorua được xem là các nguồn N và K ít có giá trị không nằm trong các công thức dinh dưỡng khi trồng thủy canh trên nền các chất xơ khoáng hoặc trong các hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng (Wilson, 1979 và Richardson, 1981).

Các nguồn dinh dưỡng chủ yếu hay được ưa dùng gồm kali nitrat, canxi nitrat, magie sunfat và kali hoặc amoni dihydrophosphat. Kali sunfat cũng thường có yêu cầu trong nhiều công thức dinh dưỡng để cấp bổ sung kali bù vào khi thiết hụt kali nitrat, đôi khi cho cả kali phosphat, hai muối sau có thể bị giới hạn bởi mức nitrat và phosphat có trong dung dịch. Dùng kali sunfat thường để duy trì ở lượng tối thiểu, do dư lượng sunfat sẽ tích lũy trong hệ thống. Hơn nữa, với các muối này, một phần nhu cầu nitơ và phospho cũng được đáp ứng khi dùng axit nitric hoặc axit phosphoric để duy trì giá trị pH theo yêu cầu.

Về các nguyên tố vi lượng mangan, đồng và kẽm, chúng được cung cấp từ các sunfat và molipđen ở dạng amoni hoặc natri molipdat. Bo được cung cấp ở dạng axit boric hoặc natri borat (borax), một lượng nhỏ natri do muối

4.5. CÁC HOÁ CHẤT DÙNG TRONG DUNG DỊCH DINH DƯỠNG

Các hoá chất chọn dùng trong kỹ thuật thủy canh bao gồm các muối có chứa cả cation mang điện tích dương, các ion kim loại và cả các anion mang điện âm, nitrat, phosphat, sunfat... chúng đều là các chất dinh dưỡng cơ bản. Trừ phi trong dung dịch có chứa dư lượng các ion natri và clo, chúng sẽ tích tụ lại ở dạng muối, làm tăng độ mặn không mong muốn. Hơn nữa độ mặn còn kéo theo ảnh hưởng tới độ dẫn điện gây khó khăn cho việc kiểm soát dinh dưỡng hệ thống.

Dư lượng muối còn có thể ảnh hưởng lớn đến hệ thống, đặc biệt là các hệ thống tuần hoàn “kín”, nước thải có dư lượng muối không được phép thải vào môi trường, làm hạn chế sự phát triển của bộ rễ và làm cho bộ rễ kém phát triển. Vì lý do đó các muối như natri nitrat hoặc kali clorua được xem là các nguồn N và K ít có giá trị không nằm trong các công thức dinh dưỡng khi trồng thủy canh trên nền các chất xơ khoáng hoặc trong các hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng (Wilson, 1979 và Richardson, 1981).

Các nguồn dinh dưỡng chủ yếu hay được ưa dùng gồm kali nitrat, canxi nitrat, magie sunfat và kali hoặc amoni dihydrophosphat. Kali sunfat cũng thường có yêu cầu trong nhiều công thức dinh dưỡng để cấp bổ sung kali bù vào khi thiết hụt kali nitrat, đôi khi cho cả kali phosphat, hai muối sau có thể bị giới hạn bởi mức nitrat và phosphat có trong dung dịch. Dùng kali sunfat thường để duy trì ở lượng tối thiểu, do dư lượng sunfat sẽ tích lũy trong hệ thống. Hơn nữa, với các muối này, một phần nhu cầu nitơ và phospho cũng được đáp ứng khi dùng axit nitric hoặc axit phosphoric để duy trì giá trị pH theo yêu cầu.

Về các nguyên tố vi lượng mangan, đồng và kẽm, chúng được cung cấp từ các sunfat và molipđen ở dạng amoni hoặc natri molipdat. Bo được cung cấp ở dạng axit boric hoặc natri borat (borax), một lượng nhỏ natri do muối

này cung cấp như nguyên tố vi lượng có thể không tính đến. Với nhu cầu lượng khá nhỏ các nguyên tố vi lượng tất cả đều được mua ở dạng tinh khiết, chỉ có như vậy mới đơn giản được tính toán khi pha chế.

Sử dụng cát và nước làm môi trường trồng cây (nhất là môi trường nước) thường gặp phải vấn đề duy trì cung cấp sắt sao cho hợp lý với các nguồn có sẵn. Do sắt sunfat dễ hòa tan và các nguồn sắt có sẵn trong nước không chịu sự oxy hóa và kết tủa, đặc biệt khi để pH tăng cao, nên cần tính đến lượng sắt này trong công thức dinh dưỡng. Các muối hữu cơ như sắt nitrat hoặc sắt tatarat cũng được dùng phổ biến song do chúng dễ nhạy cảm với các biến đổi quang hoá dẫn đến kết tủa. Vấn đề này cần được quan tâm hơn cả khi trồng cây trong môi trường cát, có thể xảy ra kết tủa các hợp chất sắt trong môi trường trồng, cũng như sắt có mặt trong cát có hàm lượng tạp chất cao.

Cung cấp sắt cho kỹ thuật thủy canh ngày nay đã vượt qua được các vấn đề trên, tuy nhiên cần thêm chi phí, người ta dùng các hợp chất sắt chelat như các tác nhân chelat: EDTA (etylendiamintetraaxetic axit); DTPA (dietylentetraamin penta axetic axit) và EDDHA (etylendiamin di [-a-hidroxyphenyl] axetic axit). Tuy nhiên, các phức sắt chelat có chứa nguyên tố này ở dạng ion sắt III (Fe^{3+}) được xem là ít có giá trị bằng ion sắt II (Fe^{2+}) đối với cây trồng, do chúng có mức kết tủa thấp và được phép để cấp sắt cho cây trồng cũng như duy trì được pH. Dạng sắt thông dụng nhất được dùng là Fe - EDTA, đặc biệt ở Anh, còn Fe - DTPA lại được dùng nhiều ở Hà Lan (Sonneveld, 1981); Fe – EDDHA đặc biệt dễ kết tủa ở pH cao nên cần phải lưu ý. Hơn nữa Fe – EDDHA rất khó hòa tan khi cần pha chế dung dịch dự trữ nồng độ cao, màu đỏ đậm của nó có thể xem là chỉ thị về nồng độ dung dịch.

Bảng 4.8 cho thấy nồng độ các nguyên tố cơ bản trong dung dịch dinh dưỡng dùng trong kỹ thuật thủy canh theo một số tác giả.

Bảng 4.8. Nồng độ các nguyên tố cơ bản trong dung dịch dinh dưỡng dùng trong kỹ thuật thủy canh (mg/l)

Nguyên tố	Hoagland và Amon (1938) ⁽¹⁾	Hewitt (1966)	Steiner (1984) ⁽²⁾
Nitơ	210	168	167
Phospho	31	41	31
Kali	234	156	277
Magie	48	36	49
Canxi	160	160	183
Lưu huỳnh	64	48	111
Sắt	2,5	2,8	1,33
Mangan	0,5	0,55	0,62
Bo	0,5	0,54	0,44
Đồng	0,02	0,064	0,02
Kẽm	0,05	0,065	0,11
Molipden	0,01	0,048	0,048

Ghi chú: 1) Giải pháp của Hoagland thích hợp hơn.

2) Theo Steiner, tổng nồng độ ion các nguyên tố vi lượng là 30 mg ion/l ở pH = 6,5.

4.6. TÍNH CÔNG THỨC DUNG DỊCH DINH DƯỠNG

Có một số hiểu biết về thành phần phân bón dùng trong trồng sạch là rất cần thiết để làm việc. Các phân tích hóa học về phân bón thường biểu thị các nguyên tố cơ bản theo phần trăm N, P, K... hoặc theo oxyt của chúng như phần trăm P_2O_5 , K_2O , MgO ... Các biểu thị theo oxyt thường gặp phải khó khăn và ít thuận lợi. Người ta khuyên rằng nên chuyển đổi các oxyt P_2O_5 thành P, K_2O thành K... và đưa ra các hệ số chuyển đổi sau:

Để chuyển đổi P_2O_5 thành P dùng hệ số 0,437

Để chuyển đổi K_2O thành K dùng hệ số 0,830

Để chuyển đổi MgO thành Mg dùng hệ số 0,603

Để chuyển đổi CaO thành Ca dùng hệ số 0,715

Các hệ số chuyển đổi như vậy thường thấy trong sổ tay cho người làm vườn. Các muối dùng để điều chế các dung dịch dinh dưỡng và khối lượng phân tử của chúng cũng thường gặp trong các tài liệu thủy canh, cùng với các công thức dinh dưỡng đi kèm. Phân trăm của từng chất dinh dưỡng ở dạng hợp chất tinh khiết cũng đồng thời được đưa ra. Khi dùng các sản phẩm không tinh khiết nhất thiết phải hiệu chỉnh lại.

Bảng 4.9 đưa ra công thức các muối thường dùng trong dung dịch dinh dưỡng.

Bảng 4.9. Các muối thường dùng trong công thức dinh dưỡng (g/l 1.000 lít) ⁽¹⁾

Muối	Công thức	Theo Hoagland và Amon	Hewitt	Steiner
Kali nitrat	KNO_3	606	404	281
Canxi nitrat	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	656	656	-
Canxi nitrat	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	-	1074
Magie sunfat	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	490	368	498
Phosphat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	115	-	-
	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-	208	-
	KH_2PO_4	-	-	135
Kali sunfat	K_2SO_4	-	-	251
Kali hydroxyt	KOH	-	-	23
Phức sắt chelat	$\text{FeNa} - \text{EDTA}$	-	(21) ⁽²⁾	10
Phức sắt chelat	$\text{Fe} - \text{EDDHA}$	(40) ⁽³⁾	-	
Mangan sunfat	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	2,23	2,5
Mangan clorua	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,81	-	-
Axit boric	H_3BO_3	2,86	3,1	2,5
Kẽm sunfat	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,22	0,29	0,5
Đồng sunfat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,08	0,25	0,08
Molipđen	$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,02	-	-
	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	0,09	-
	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-	-	0,12

Ghi chú: 1) Hoặc theo mg/l.

2) Hewitt lấy Fe – EDTA từ sắt sunfat và EDTA qua oxy hoá. Cho mục đích

này Fe – EDTA tính bằng $2,8 \cdot \frac{100}{\% \text{Fe}} \text{ g}$ phức sắt chelat / 1.000 lít dung dịch.

3) Hoagland và Amon dùng nguồn sắt sunfat và axit tartic ba lần / tuần. Asher và Edwards (1976) đưa ra con số 40 mg / Fe – EDDHA và chọn dùng 20 – 25 mg / Fe – EDTA.

Cũng có thể tính trực tiếp các nồng độ dinh dưỡng theo yêu cầu, ví dụ 50mg/l magie trong dung dịch cần:

$50 \times 100/9,9 = 505 \text{ mg/l}$ (0,05 g/l) hydrat magie sunfat (muối Epsom). Lượng magie sunfat cần bổ sung vào 1.000 lít dung dịch dinh dưỡng do vậy là 5,505 kg. Tương tự khi pha loãng từ dung dịch đậm đặc dự trữ theo tỷ lệ 1:100 sẽ có 50,5 g/l magie sunfat.

Đơn giản hơn, từ bảng 4.10, để có 50 mg/l magie từ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ cần $50 \times 10,14 = 507 \text{ g/1.000 lít dung dịch}$, tương đương 0,4% khi dùng theo % Mg trong magie sunfat (9,86 %).

Bảng 4.10. Lượng phân bón (g / 1.000 lít nước) cho nồng độ 1 mg/l các nguyên tố cơ bản và quan hệ nồng độ giữa chúng

Muối ⁽¹⁾	Nguyên tố	Phân bón (g/1.000 l) cho 1 mg / l chất dinh dưỡng	Các chất dinh dưỡng khác (mg/l)
Amoni đihydrophosphat	N	8,21	2,22 P
Amoni đihydrophosphat	P	3,71	0,45 N
Amoni molipđen	Mo	1,84	
Amoni nitrat	N	2,86	
Amoni sunfat	N	4,72	1,15 S
Axit boric	B	5,72	
Canxi nitrat (hydrat)	N	8,44	1,43 Ca
Canxi nitrat	Ca	5,89	0,7 N

Caxi nitrat (tinh khiết)	N	6,45	1,23 Ca
Canxi nitrat	Ca	5,26	0,82 N
Đồng sunfat	Cu	3,93	
Sắt chelat - Fe - EDTA	Fe	7,7	
Sắt chelat - Fe - DTPA	Fe	13,3 - 16,7	
Sắt chelat - Fe - EDDHA	Fe	16,7 – 20,0	
Magie sunfat	Mg	10,14	1,32 S
Mangan sunfat	Mn	4,06	
Mangan clorua	Mn	3,60	
Kali clorua	K	1,91	0,91 Cl
Kali đihydrophosphat	K	3,48	0,79 P
Kali đihydrophosphat	P	4,39	1,26 K
Kali nitrat	K	2,59	0,36 N
Kali nitrat	N	7,22	2,79 K
Kali sunfat	K	2,23	0,41 S
Natri borat	B	8,82	
Natri nitrat	N	6,07	1,64 N
Kẽm sunfat	Zn	4,40	

Ghi chú: 1) Muối tinh khiết trừ canxi nitrat và sắt chelat.

Bảng 4.11. Số mol dinh dưỡng do một mol muối cung cấp

Muối	Công thức hóa học	Mol thành phần	
Kali nitrat	KNO_3	1K^+	1NO_3^-
Amoni nitrat	NH_4NO_3	1NH_4^+	$1\text{NO}_3^- (= 2\text{N})$
Canxi nitrat	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1Ca^{2+}	2NO_3^-
Kali nitrat	K_2SO_4	2K^+	1SO_4^{2-}
Amoni molipđat	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$	7Mo	6NH_4^+
Natri borat	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	4B	2Na^+

Bảng 4.12. Nồng độ nguyên tố dinh dưỡng trong thủy canh kinh doanh (mg/l)

Nguyên tố	Trồng trên cát	Trồng trên mùn cưa	Kỹ thuật màng dinh dưỡng	Trồng trên nền chất xơ khoáng
Nitơ	150	168	150 - 225	168
Phospho	35 - 70	37	30 - 45	47
Kali	200 - 250	210	300 - 500	293
Magie	50	49	40 - 50	24
Canxi	300	129	150 - 300	150
Sắt	5	1,54	3 - 6	0,56
Mangan	1	1,07	0,5 - 1	0,55
Bo	0,5	0,46	0,3 - 0,4	0,22
Đồng	0,1	0,03	0,1	0,03
Kẽm	0,2	0,11	0,1	0,26 ⁽¹⁾
Molipđen	0,05	0,02	0,05	0,05

Ghi chú: 1) Theo Sonneveld và cộng sự là 0,46 mg Zn/l.

Khi trong phân bón cùng lúc cung cấp cả hai nguyên tố dinh dưỡng, ví dụ kali nitrat cung cấp cả K và N thì một dung dịch dinh dưỡng như vậy có chứa 200 mg K/l và 150 mg N/l. Với 1.000 lít dung dịch nồng độ 200 mg K/l lấy từ kali nitrat sẽ có $200 \times 2,59 \text{ g KNO}_3 = 518 \text{ g}$. Lượng kali nitrat này đồng thời sẽ cấp được $200 \times 0,36 = 72 \text{ mg N/l}$. Cân bằng lượng N yêu cầu đạt tổng 150 mg N/l là $150 - 72 = 78 \text{ mg N/l}$. Nếu cung cấp từ canxi nitrat tinh khiết thì lượng yêu cầu cho 1.000 lít sẽ là $78 \times 8,44 = 658 \text{ g/1.000 lít}$. Nếu dùng canxi nitrat không tinh khiết (15,5% N) thì lượng yêu cầu sẽ là $78 \times 6,45 = 503 \text{ g/1.000 lít}$.

4.7. ĐỘ TINH KHIẾT CỦA PHÂN BÓN SỬ DỤNG

Phân bón dùng trong kỹ thuật trồng sạch đòi hỏi phải tinh khiết hơn phân bón dùng trong trồng cây thông thường trên đất. Tuy nhiên giá thành của các loại phân bón dùng cho kỹ thuật trồng sạch thường cao hơn mức bình thường nhưng bù lại ta sẽ có được các kết quả mong muốn. Sản phẩm của kỹ thuật trồng sạch luôn có giá trị cao.

Thực chất sự khác nhau giữa giá phân bón chất lượng thấp và chất lượng cao ít có ảnh hưởng lớn trong tổng chi phí trong trồng trọt. Việc sử dụng phân bón phẩm cấp thấp không chỉ đơn giản là chúng cho hàm lượng dinh dưỡng thấp mà điều đáng quan tâm hơn là các thành phần tạp chất sẽ tích tụ trong hệ thống, làm ô nhiễm môi trường trồng và cuối cùng là ảnh hưởng đến chất lượng cây trồng. Do vậy, trong kỹ thuật trồng sạch nhất thiết phải quan tâm đến độ tinh khiết của phân bón.

Cây trồng có thể ít bị ảnh hưởng khi dùng phân bón có một chút tạp chất và do vậy có thể bỏ qua ảnh hưởng này. Tuy nhiên nếu hàm lượng tạp chất cao đáng kể sẽ xảy ra vấn đề phải tăng lượng sử dụng và cần phải tính toán lại lượng yêu cầu để đảm bảo đủ dinh dưỡng cho cây trồng.

Nguồn canxi nitrat thương mại phải đặc biệt được quan tâm, bởi lẽ muối này có thể ngậm các lượng nước khác nhau. Thông thường canxi nitrat sạch được xem là ngậm $4\text{H}_2\text{O}$, song thực tế có loại chỉ ngậm $2\text{H}_2\text{O}$: $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ và ngoài ra có cả NH_4NO_3 kết tinh trong sản phẩm và do vậy sản phẩm này có thể có khối lượng phân tử đến 1080,5. Một mol muối này có chứa 5 mol Ca^{2+} , 11 mol NO_3^- và 1 mol NH_4^+ , do vậy tỷ lệ N/Ca là 2,4 so với 2,0 ở muối tinh khiết. Để tránh phải tính toán phức tạp Sonneveld đưa ra cách xử lý phân bón này như sau: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ với khối lượng phân tử 181 tính trên lượng nitơ (giá trị khối lượng phân tử lý thuyết 164,1). Ví dụ với canxi nitrat không tinh khiết (chứa 15,5% N) thì một dung dịch 1 mg N/l cần đến $100/15,5 = 6,45$ mg phân bón /l, khi có 19% Ca lượng này sẽ cung cấp $6,45 \times 19/100 = 1,23$ mg Ca/l.

4.8 ĐIỀU CHẾ DUNG DỊCH DINH DƯỠNG ĐẬM ĐẶC

Trong các hệ thống trồng sạch hiện đại, dung dịch dinh dưỡng được cấp qua bơm hay các bộ phận pha loãng tỷ lệ vì thế có thể điều chế dung dịch dinh dưỡng đậm đặc, thường gấp 100 lần nồng độ yêu cầu. Hệ thống kiểm soát dinh dưỡng tự động dựa trên cơ sở đo độ dẫn điện, do vậy nồng độ ban đầu của dung dịch đậm đặc không phải là điều cần quan tâm mà ở đây chỉ cần quan tâm đến tỷ lệ pha loãng sao cho không đổi.

Nếu tất cả nhu cầu phân bón được hòa trộn với nhau thành dung dịch đậm đặc cuối cùng sẽ không tránh khỏi kết tủa các muối ít tan như canxi phosphat hoặc sunfat. Để tránh hiện tượng này xảy ra, người ta pha chế thành hai dung dịch riêng rẽ như từng làm trong kỹ thuật màng dinh dưỡng, một dung dịch thứ ba có chứa axit để tự động điều chỉnh độ pH như trong kỹ thuật màng dinh dưỡng. Trước hết điều chế dung dịch A có chứa canxi nitrat; phần hoá chất còn lại bao gồm phosphat và sunfat điều chế thành dung dịch B. Tuy nhiên, hiện nay trong các công thức pha chế tiên tiến hơn người ta sử dụng một phần trong tổng lượng axit yêu cầu như axit nitric

trong dung dịch A, cùng với phức sắt chelat. Tổng lượng kali nitrat có thể được cho vào cả trong dung dịch A và B, lượng phân bón còn lại gồm các phosphat hoặc axit phosphoric, magie sunfat, kali sunfat và các nguyên tố vi lượng khác (không kể sắt) được kết hợp trong dung dịch B.

Cách pha chế dung dịch dinh dưỡng cụ thể chi tiết hơn có thể tham khảo trong các tài liệu chuyên ngành. Tuy nhiên, vì nhiều lý, khi sử dụng cần xem xét lại các công thức cũ khi áp dụng cho các hệ thống hiện đại. Người ta thấy trong nhiều trường hợp không cần thiết dùng lượng sunfat quá cao như trước đây, do dễ làm tăng độ mặn khi áp dụng kỹ thuật màng dinh dưỡng và khi trồng trên nền vật liệu xơ khoáng. Một số công thức khác lại bao gồm cả canxi supephosphat hoặc canxi sunfat mà kết quả là làm giảm khả năng hòa tan khi cần điều chế dung dịch dự trữ đậm đặc. Hơn nữa, hầu như trong nhiều công thức không nói đến giới hạn các nguyên tố vi lượng, một số lại nhấn mạnh quá nhiều đến các nguồn sắt chelat.

Thông tin chi tiết về các dung dịch dinh dưỡng dùng trồng cây trên nền chất xơ khoáng đã được Sonneveld và Van der Ween (1982) đề cập cả với cây cà chua, dưa chuột và hồ tiêu. Các số liệu tương tự đối với cây cà tím cũng đã được Vorgt (1982) công bố. Các công thức dinh dưỡng dùng trong kỹ thuật thủy canh có trong các tài liệu của Wilson (1983), trong đó có đề cập cả đến thành phần của nguồn nước cấp.

Các phương pháp điều chế dung dịch dinh dưỡng rõ ràng còn thay đổi theo các nhu cầu tại địa phương và điều kiện trang bị. Do vậy, trong các kiểu hệ thống cũ, ví dụ hệ thống tưới ngầm trồng trên nền sỏi, phân bón thường được cho trực tiếp vào thùng chứa, dùng bơm tuần hoàn khuấy trộn nhanh, tất nhiên bảo vệ bơm người ta phải lắp trang bị sàng lọc vật rắn ở lối vào bơm.

Với các hệ thống thủy canh nhỏ, dung dịch dự trữ đậm đặc thường được pha chế bằng cách cho đủ các lượng phân bón hòa tan trong nước và khuấy trộn trong thùng chất dẻo, sau đó để yên. Ban đầu cần nạp dịch ít nhất đến 75% thể tích yêu cầu trước khi cho phân bón vào, do vậy tránh được nguy cơ

kết tủa. Với các hệ thống thủy canh lớn, thường phải chế tạo các trang bị đặc biệt để pha chế dung dịch, dùng các thùng lớn bằng thép không gỉ (dung tích đến trên 1.000 lít). Các bộ khuấy trộn dùng điện chạy tốc độ cao, có bố trí các ống xoắn làm lạnh. Sau khi điều chế dùng bơm bơm từng mẻ riêng biệt dung dịch A và B vào thùng chứa chờ cấp dịch vào hệ thống tưới.

Lưu ý:

Khi làm việc với axit cần hết sức cẩn thận, đặc biệt với axit đặc. Dùng bơm chịu ăn mòn axit và các trang bị liên quan đều phải có phòng chống ăn mòn. Không được bơm trực tiếp axit đặc vào nước tưới. Phải có đầy đủ trang bị bảo hộ như găng tay, mặt nạ, kính bảo vệ mắt. Nơi làm việc phải được thông gió tốt. Không đổ nước vào axit đặc dễ gây nguy hiểm do phát nhiệt cục bộ.

4.9. SỬ DỤNG CÁC CÔNG THỨC DINH DƯỠNG CÓ SẴN CHO TRỒNG SẠCH

Vì nhiều lý do, đặc biệt khi áp dụng trồng sạch trong các hệ thống mở (không tuần hoàn) hoặc trồng cây ngắn ngày, có thể đơn giản công việc pha chế dung dịch dinh dưỡng bằng cách dùng các công thức phân bón có sẵn. Một số công thức như vậy đã tính đến cấp đủ các nguyên tố vi lượng, trong khi đó một số chỉ cấp một phần nguyên tố vi lượng do vậy phải sử dụng kết hợp với các phân bón khác để có đủ lượng cân bằng theo yêu cầu. Tất nhiên là phải biết thiết lập trước được loại phân bón có liên quan phù hợp cho trồng sạch, ví dụ một số phân bón hỗn hợp có chứa tất cả nhu cầu nitơ trong amoni, trong khi đó một số khác lại có hàm lượng clo quá cao.

Năm 1981, Sheldrake trồng cây cà chua trên nền than bùn + vecmiculit, dùng thùng chứa dung dịch dự trữ 118,5 lít, thích hợp để dùng pha chế mà không cần phải đo cân lại. Sau đó dùng một bộ phun dung dịch dinh dưỡng hai đầu (tỷ lệ 1 : 100). Thùng A chứa 11,8 kg phân bón hòa tan tính sẵn, kết hợp với 4,5 kg magie sunfat (ngậm $7H_2O$); trong khi ở thùng B chứa

11,8 kg canxi nitrat (15,5% N) với 170 g sắt chelit (DTPA). Tương tự, ở phạm vi nhỏ áp dụng kỹ thuật màng dinh dưỡng, Wees và Stewart (1986) cũng dùng dung dịch điều chế đơn giản từ các hỗn hợp phân bón hòa tan tính sẵn gồm phân bón “Peter Hydrosol” 1g/l và canxi nitrat 0,5 g/l. Một ví dụ khác đáng nói hơn là Molitor và Fisher (1989) đã dùng phân bón hỗn hợp tính sẵn để trồng cây trên nền chất xơ khoáng. Hỗn hợp phân bón này có hàm lượng nitơ rất thấp (2,0 N - 4,8 P - 32 K - 2,4 Mg + các nguyên tố vi lượng), còn lượng nitơ cần bổ sung được cấp ở dạng thích hợp nhất phù hợp với pH của dung dịch trong nền chất xơ khoáng (xem bảng 4.13).

Bảng 4.13. Công thức dung dịch dinh dưỡng cho trồng cây trên nền vật liệu xơ khoáng dùng các nguồn nitơ khác nhau để điều chỉnh và kiểm soát pH⁽¹⁾ theo Molitor và Fisher, 1989

pH trên nền vật liệu xơ khoáng	g/l	Phân bón
7	0,70	Phân phức hợp ⁽²⁾
	0,65	Amoni sunfat (21% N)
6 – 7	0,7	Phân phức hợp
	0,4	Amoni nitrat (35%N)
6	0,7	Phân phức hợp
	0,85	Canxi nitrat (16%N)

Ghi chú: 1) Dùng amoni-N sẽ giảm pH; dùng NO₃-N sẽ tăng pH.
2) 2% N, 4,8% P, 32% K, 2,4% Mg + các nguyên tố vi lượng.

Một ví dụ nữa là dùng phân bón tính sẵn đặc biệt để trồng theo kỹ thuật màng dinh dưỡng và cho các hệ thống thủy canh khác, kết hợp với canxi nitrat với lượng có thể điều chỉnh được phù hợp với lượng canxi trong nước cấp.

4.10. pH VÀ ĐỘ DẪN ĐIỆN

pH của dung dịch trong kỹ thuật màng dinh dưỡng thường được duy trì trong khoảng 5,8 – 6,2, cần tránh các giá trị dưới 5,5 và trên 6,5. Giá trị pH cao sẽ làm kết tủa các nguyên tố vi lượng như Fe, Mn, Cu và Zn. Giá trị pH quá thấp sẽ không thích hợp cho cây trồng và gây ăn mòn bơm cũng như các

trang bị hệ thống. Năm 1980 Sonneveld đưa ra pH dung dịch cho nền trồng bằng vật liệu xơ khoáng là 5,0 - 6,0 hoặc 5,0 - 6,5 khi nhân giống cây trên nền xơ khoáng.

Độ dẫn điện của dung dịch dinh dưỡng khi áp dụng kỹ thuật màng dinh dưỡng thường duy trì trong dải 2 - 4 mS/cm (Wilson, 1979). Các giá trị cao hơn áp dụng cho cây cà chua đầu vụ khi điều kiện thiếu ánh sáng (Tây Bắc Âu), độ dẫn điện 3 mS/cm khi môi trường trồng cây có độ bức xạ cao và khả năng hô hấp khí tốt. Độ dẫn điện thích hợp đôi khi có cao hơn trong các vùng sử dụng nước có hàm lượng canxi cao (nước cứng). Cây cần phát triển lá như rau diếp thích hợp với độ mặn thấp (2 mS/cm) hoặc thậm chí thấp hơn khi thời tiết quang đăng và khi độ tinh khiết của nước đảm bảo. Với cây trồng dài ngày như cà chua trong nhà kính, Viện Nghiên cứu Cây trồng trong nhà kính (Anh) cho biết nên duy trì độ dẫn điện ở khoảng 2 - 10 mS/cm dùng dung dịch dinh dưỡng tối ở các nồng độ có nguyên tố đa lượng. Sản lượng cây trồng giảm dần khi tăng độ dẫn điện trên 4 mS/cm, tuy nhiên khi độ mặn cao hơn (< 6 mS/cm) lại thấy có hiệu quả đối với các cây trồng đầu vụ. Năm 1980 Sonneveld cho rằng cây trồng trên nền vật liệu xơ khoáng cần duy trì độ dẫn điện trong khoảng 2,0 - 2,5 mS/cm với cây dưa chuột và 2,5 - 3,0 mS/cm với cây cà chua.

4.11. ĐỘ MẶN CỦA NƯỚC CẤP

Như đã nói, độ mặn tăng là do nồng độ của các muối quá cao và một số ứng dụng cần độ mặn cao để hạn chế sự phát triển sớm của cây trồng như cà chua khi cường độ ánh sáng thấp, với mục đích cây cà chua sớm ra quả. Tuy nhiên loại trừ mục đích này, độ mặn dư của dung dịch dinh dưỡng có xu hướng làm giảm sự phát triển của cây và giảm sản lượng, bởi khả năng hấp thu nước bị hạn chế, đó là điều không mong muốn.

Trong một số trường hợp, trong nước cấp đã có một lượng muối đáng kể và vẫn thích hợp để cung cấp cho kỹ thuật trồng sạch. Ngoài các ảnh hưởng bất lợi đến sản lượng, khi có dư các ion như Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} và đôi khi cả

Ca^{2+} trong dung dịch sẽ ảnh hưởng đến độ dẫn điện và kiểm soát nồng độ dinh dưỡng. Ví dụ, các hệ thống tuần hoàn dung dịch được kiểm soát bởi độ dẫn điện, cân bằng ion sẽ thay đổi theo thời gian, dư lượng dinh dưỡng sẽ tích tụ, trong khi một số ion khác lại mất đi, như NO_3^- , K^+ . Vì lẽ đó cung cấp nước sạch cho kỹ thuật màng dinh dưỡng trở thành vấn đề quan trọng. Tương tự, các nhà trồng vườn dùng vật liệu nền xơ khoáng cần tránh dùng nước cấp có độ mặn, đôi khi có thể thu nạp nước mưa, thậm chí lắp đặt hệ thống thẩm thấu ngược để khử muối.

Tuy nhiên trong một số điều kiện nào đó chỉ có nguồn nước cấp có độ mặn cao, ví dụ ở Arava (Israel), nước cấp có chứa đến 2500 - 3500 mg/l muối, trong đó 700 - 900 mg Cl^-/l , 600 - 1.000 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ và 400 - 500 mg Na^+/l (tùy theo mùa) người ta vẫn phải sử dụng cho trồng trọt và sẽ có những tổn thất đáng kể không tránh khỏi về mặt sản lượng. Năm 1968, Shwartz cho biết sản lượng cà chua và rau diếp ở các vùng dùng nước mặn này bị giảm tới 10 - 15%, với dưa chuột là 20 - 25%. Trong một số trường hợp với chi phí hệ thống thấp và ít có điều kiện cạnh tranh với các nguồn cấp nước khác, mức tổn thất nói trên vẫn có thể chấp nhận được.

Ở những khu vực có nguồn nước cấp có hàm lượng muối cao, khi thiết lập các công thức dinh dưỡng phải tiến hành thật cẩn thận. Chỉ nên bổ sung các nguyên tố mà nếu thiếu nó sẽ ảnh hưởng đến sự phát triển của cây trồng, do trong nước mặn luôn có sẵn dư lượng Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} và Cl^- , chỉ cần bổ sung N, P, K và các nguyên tố vi lượng, do vậy kali nitrat là nguồn cung cấp K và N thích hợp nhất. Khi dùng nước mặn trồng cây trên nền sỏi, Shwartz (1968) đã nói đến sự cần thiết phải tưới thường xuyên để tránh tích lũy muối trong nền trồng, đồng thời phải thường xuyên thay thế dung dịch dinh dưỡng khi độ mặn tăng cao do bốc hơi nước.

Hàm lượng cao natri và clo trong dung dịch dinh dưỡng thường là nguyên nhân chính làm cho nước cấp có độ mặn cao. Một số nghiên cứu đã xem xét đến phản ứng của cây trồng với natri clorua trong các hệ thống thủy

canh. Năm 1987, Zayed trồng rau diếp với các nồng độ NaCl khác nhau, trong nước cấp cho hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng, tác giả nhận thấy không có ảnh hưởng nào đến sự phát triển và sản lượng cây trồng ở các nồng độ NaCl đến 400 mg/l. Tuy nhiên trọng lượng tươi của lá và số lá được ghi nhận là có giảm đáng kể ở các nồng độ NaCl từ 800 đến 1.000 mg/l. Với nồng độ 1.000 mg NaCl/l (393 mg/l Na và 607 mg/l Cl) trong nước cấp, mức natri và clo trong hệ thống tuần hoàn tăng đến gần 900 mg/l Na và 1600 mg/l sau 6 tuần. Hàm lượng natri lưu lại sau 4 tuần tăng từ 0,21% trong cây đối chứng đến 1,51% khi nước cấp có chứa 1.000 mg/l NaCl, tương ứng với 1,17% clo đối chứng và 2,14% ở nồng độ 1.000 mg/l.

Các thí nghiệm tương tự cũng được Zayed (1987) thực hiện với cây cà chua trong dải nồng độ NaCl trong nước cấp từ 0 - 600 mg/l. Zayed thấy có sự giảm năng suất đáng kể (đến trên 48%). Cả về số quả và kích thước quả cũng giảm theo độ mặn, song chất lượng quả theo phần trăm chất khô và đường và hàm lượng axit trong quả lại tăng lên. Các kết quả tương tự với cây cà chua cũng được Adams (1988) khẳng định, khi duy trì hàm lượng NaCl tính theo natri từ 150 đến 1550 mg/l trong dung dịch tuần hoàn. Còn theo Massey (1984) các kết quả tương tự xảy ra khi áp dụng dung dịch dinh dưỡng có nồng độ muối tính theo độ dẫn điện từ 2 đến 10 mS/cm. Hàm lượng chất rắn hòa tan trong quả (tính theo đường và axit hữu cơ) tăng được giải thích là do độ mặn làm hạn chế khả năng hấp thu nước và làm tăng tích lũy chất khô trong quả (Ehret và Ho, 1986).

Hàm lượng NaCl cao làm giảm sản lượng cà chua cũng được Adams (1986) khẳng định. Mức giảm 25% và 26% khi hàm lượng natri cao là 1550 mg/l so với mẫu đối chứng 150 mg/l. Tuy nhiên Adams lại ngạc nhiên thấy rằng, ở nồng độ 500 mg/l Na trong dung dịch, sản lượng cà chua không giảm mà còn tăng 2 – 6% so với mẫu đối chứng.

Điều đó có thể cho kết luận: độ mặn quá cao hoặc quá thấp cũng đều có thể ảnh hưởng tới sản lượng cây trồng. Cũng cần lưu ý rằng hàm lượng natri trong các thí nghiệm nói trên đều dựa vào kết quả phân tích dung dịch mà

không tính đến ảnh hưởng tích lũy natri trong hệ thống. Vì thế theo Zayed (1987), chỉ cần trong nước cấp có lượng NaCl 200 mg/l (79 mgNa/l) cũng đã đủ làm cho sản lượng cây trồng bị giảm 22%, trong khi đó theo số liệu phân tích thì dung dịch tuần hoàn đã có lượng muối tích lũy lên đến 1800 mg/l Na.

Gần đây Penningsfield và Gruber (1989) đã áp dụng kỹ thuật chưng cất nước mặn dùng năng lượng Mặt trời để cấp nước cho các hệ thống thủy canh. Nước mặn được gia nhiệt đến 40 - 70⁰C cho qua hệ thống pin Mặt trời sau đó lọc qua các màng lọc thủy canh rồi trực tiếp tiếp xúc với dung dịch dinh dưỡng lạnh hơn. Đặc điểm của màng là chỉ cho các chất khí thấm qua, ví dụ hơi nước. Bộ chưng cất nước làm việc trực tiếp trong thùng chứa, dùng ống có tổng chiều dài 40 m, chứa được 1 m³ dịch, trên đó có các lỗ lắp màng, đường kính lỗ 40 mm. Nước sạch không muối ra khỏi thùng có thể dùng ngay cho trồng trọt.

Bảng 4.14 cho các kết quả phản ánh quan hệ giữa độ mặn trong nước cấp và sản lượng cây trồng trong kỹ thuật thủy canh tuần hoàn.

Bảng 4.14. Sản lượng và chất lượng cà chua trong kỹ thuật thủy canh tuần hoàn ở các nồng độ muối khác nhau (mg/l NaCl) trong nước cấp (theo Zayed, 1987)

NaCl ⁽¹⁾ (mg/l)	Sản lượng (kg/cây)	Số quả	Trọng lượng (g/quả)	Tổng chất rắn ⁽²⁾ (%)	Axit ⁽³⁾ (mg/100mg)	D.M (%)
0	2,91	231	18,3	6,21	7,9	6,70
200	2,28	209	15,0	6,91	8,6	7,79
400	2,12	200	13,9	7,92	10,1	8,54
600	1,52	177	12,1	8,37	12,4	9,70
LSD 5%	0,32	22	0,5	0,15	0,4	0,26

Ghi chú: 1) Nồng độ NaCl trong nước cấp, hệ thống tuần hoàn liên tục.

2) Tổng hàm lượng chất rắn hòa tan trong quả, theo % đường.

3) Độ axit trong quả, tính theo mili đương lượng (meq) / 100ml.

Chương 5

KHỬ TRÙNG MÔI TRƯỜNG TRỒNG TRỌT

5.1. XỬ LÝ MÔI TRƯỜNG TRỒNG CÂY

Sau một hoặc hai năm trồng cây trong sỏi (cát) các vi sinh vật gây bệnh tật có thể tích tụ, dẫn đến xu hướng làm tăng khả năng nhiễm bệnh cho các cây vụ sau. Trong các trường hợp khác các điều kiện nhiễm bệnh có thể gặp ở thời kỳ cuối vụ. Trong mọi trường hợp đều cần phải thực hiện khử trùng hóa chất. Kỹ thuật khử trùng bằng phương pháp tưới ngấm rất đơn giản, không tốn kém mà lại có hiệu quả. Khử trùng bằng hóa chất sẽ chỉ kiểm soát được các bệnh thông thường do đất sinh ra thông qua hệ thống rễ. Trong thực tế khử trùng bằng hóa chất chỉ có thể được thực hiện khi không có cây trồng nồng độ hóa chất sử dụng sẽ gây hại cho cây.

Những loại hóa chất sau đây thường được sử dụng để khử trùng: formandehyt, natri clophenat và clo hoạt tính. Người ta thường chọn formandehyt vì luôn có sẵn và rẻ tiền. Formandehyt là chất khí có thể mua được ở ngoài thị trường hoặc từ các cơ quan dược phẩm, nó chứa 40% nước và có tên thương mại là formalin. Khí formalin rất độc do vậy phải rất cẩn thận khi tiếp xúc với loại hóa chất này. Khi làm việc với lượng lớn cần phải đeo găng tay caosu.

Dưới đây đưa ra quy trình khử trùng cho bể thủy canh:

- 1) Đổ 1.000 l nước vào bể chứa có dung tích 1350 l.
- 2) Trộn vào 13,5 l formalin và khuấy đều trong vòng 10 phút.
- 3) Bơm dung dịch lên tới bề mặt của lớp sỏi (cát).

- 4) Sau đó đóng bơm lại và để cho dung dịch qua đêm, tốt nhất phía trên đây một tấm polyetylen.
- 5) Tháo dung dịch chảy trở lại bể chứa.
- 6) Bơm tất cả dung dịch thải ở bể ra.
- 7) Bơm đầy nước vào để thau rửa bể chứa.
- 8) Rửa đi rửa lại 8 lần hoặc nhiều lần hơn nữa để chỉ còn chút ít formandehyt sót lại trong môi trường.

Người ta phải rửa sau khi khử trùng không những chỉ có cát sỏi mà còn cả các trang thiết bị, bơm, bể chứa và các đường ống dẫn.

5.2. XỬ LÝ MÔI TRƯỜNG ĐÁ VÔI

Tuy không đặt vấn đề làm vệ sinh nhưng người ta cũng đề ra lịch trình xử lý sơ bộ sỏi có chứa đá vôi. Phần lớn cát và một số sỏi có chứa chất canxi hoặc đá vôi ở dạng canxi cacbonat. Nếu không xử lý thì độ pH sẽ tăng lên và sẽ tạo ra kết tủa phosphat, sắt và mangan trong dung dịch. Bất kỳ loại cát hoặc sỏi mới nào khi dùng cũng phải kiểm tra xem có cacbonat hay không bằng cách cho thêm một lượng nhỏ dung dịch axit clohydric (không dùng axit sunfuric) vào cái cốc có chứa cát thấy sủi bọt lên chứng tỏ có cacbonat. Khối lượng nhiều hay ít thể hiện bằng cường độ và thời gian sủi bọt. Sỏi có chứa trên 10% cacbonat được xem như là phải có canxi cacbonat nên cần phải xử lý sơ bộ. Có khác một chút ít so với lịch trình khử trùng sỏi bằng formandehyt.

Sử dụng dung dịch supephosphat bằng cách thêm 1,5 kg supephosphat (10,5% P) vào từng 500 l nước trong bể chứa, trộn trong một giờ ruối và để lắng qua đêm trước khi dùng. Độ pH của dung dịch này sẽ là 5 và nồng độ phospho ít nhất là 250 ppm P. Bơm dung dịch này vào sỏi và để qua đêm, từ từ đá vôi và các chất có chứa canxi sẽ bọc bằng chất phosphat không tan và

như vậy nồng độ phospho trong dung dịch sẽ giảm xuống. Sau khi làm cho ướt đầm, tháo dung dịch ra và dùng bơm nước để thau rửa sỏi, rửa đi rửa lại nhiều lần. Lúc đó sỏi hoặc cát đã xử lý có thể sử dụng để trồng cây.

5.3. KỸ THUẬT PHUN

Trước khi nói đến vấn đề sâu bệnh và việc kiểm soát chúng chi tiết hơn, cần có một số hiểu biết về kỹ thuật phun. Không được đơn giản hiểu việc phun là cho bột hoặc dịch phun vào bình phun, cho nước rồi phun dịch lên cây trồng. Phải có chút hiểu biết về vật liệu phun, tính tương thích của chúng, nồng độ, độ độc... để có thể phun khôn khéo hơn và có được hiệu quả hơn. Phần lớn các vật liệu phun khi kết hợp với nước cho dung dịch nhũ tương hoặc ở dạng bột thấm ướt. Các dịch phun này thường chứa các thành phần hoạt tính và chất tạo nhũ tương hòa tan trong dung môi hữu cơ (nếu là chất lỏng) hoặc chất mang và tác nhân thấm ướt (nếu là chất rắn).

Mục đích của việc phun là tạo ra một lớp mù dịch phun mỏng bám dính lên lá, đặc biệt là phần dưới lá và chồi non đang phát triển. Sâu bọ sẽ bị tiêu diệt khi tiếp xúc hoặc ăn phải chất độc. Một số loại dịch phun đặc biệt thấm sâu vào cây và độ độc có thể kéo dài vài ba tuần. Khi phun các loại dịch phun này tránh để tiếp xúc lên da, nếu sơ suất cần rửa ngay với nước. Tránh để trẻ em tiếp xúc và để cách ly với thực phẩm. Khi phải dùng các dịch phun không tương thích nhau, nếu chúng không thể trộn lẫn nhau thì phải dùng từng loại riêng rẽ kế tiếp nhau. Tránh phun khi thời tiết có gió hoặc mưa. Thời gian phun tốt nhất là vào buổi sáng sớm hoặc chiều muộn. Tránh phun vào những giờ nắng trong ngày. Phải thực hiện đúng chỉ định liều lượng nồng độ của nhà sản xuất.

a) Các loại côn trùng gây hại

Một số loại côn trùng hại chính thường gặp ở rau trồng trong nhà kính được liệt kê dưới đây:

Loại miệng nhai	Loại trích hút
Xén tóc	Rệp vùng
Sâu khoang	Rệp
Dế	Ruồi giấm
Sâu tơ	Ve
Châu chấu	

b) Các loại bệnh cây trồng

Các bệnh cây trồng có thể được chia làm ba loại chính sau đây:

- Bệnh nấm mốc thường gặp ở những tâm thấp của cây. Các bào tử nấm bay trong khí quyển và phát triển trong điều kiện ẩm ướt và nhiệt độ thích hợp, chúng cư trú trên cây, phát triển và tạo ra những đốm màu trắng, đen, đỏ, nâu... hút các chất dinh dưỡng làm cho cây chết dần.
- Bệnh do vi khuẩn ít gặp hơn so với các bệnh nấm mốc. Chúng là những vi sinh vật sống trong các tế bào thực vật, phát triển theo cấp số nhân, làm cho cây chết hoặc thối rữa chỉ trong vòng vài giờ. Trường hợp này rất ít có cơ hội kiểm soát chúng trong thời gian ngắn, tốt nhất là loại bỏ ngay những cây đã bị nhiễm bệnh, nếu không chúng sẽ phát tán rộng qua các loài côn trùng.
- Các bệnh virus, ít gặp hơn so với các bệnh vi khuẩn và cũng không phải lúc nào cũng làm cho cây chết. Virus thường khu trú ở các hốc lõm, hoặc gân lá. Cần loại bỏ những cây khi phát hiện bị nhiễm virus có triệu chứng tàn lụi dần.

Bảng 5.1. Các bệnh nấm mốc, vi khuẩn, virus thường gặp

Nấm	Vi khuẩn	Virus
Đốm đen	Bệnh tàn lụi	Lá
Đốm nâu	Ngọn lá	
Bệnh tàn lụi		
Chết úng		
Quăn lá		
Nấm mốc sương		
Bị bệnh gỉ sét		
Làm héo lá		

5.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP CHỮA BỆNH

Sử dụng ba loại dịch phun cơ bản, bốn loại đặc biệt và một loại hỗ trợ thông dụng, tất cả là tám loại thì có thể hầu như làm sạch bệnh tật cho cây trồng. Để tránh nhầm lẫn cần phải hiểu rõ loại hóa chất sử dụng chứ không phải tên thương mại của chúng. Ví dụ DDT (đã bị cấm sử dụng) được bán ra với nhiều tên gọi khác nhau ở các nồng độ khác nhau. Các nhà cung cấp cần phải có chỉ dẫn đầy đủ cho người mua cách thức phun và tác dụng của sản phẩm. Đôi khi tên gọi của sản phẩm cũng gợi ra ít nhiều kiểu phun.

Để tư vấn cho người làm vườn sử dụng phun đúng, bảng 5.2 cho 8 loại hóa chất với tên gọi thông dụng, các thành phần hoạt tính cơ bản và một số tên thương phẩm.

Bảng 5.2. Thành phần chính của 8 loại thuốc diệt côn trùng gây hại cây trồng

Tên chung	Thuốc diệt các loại gây hại	Tên hóa học của các thành phần hoạt tính	Tên thương mại
1a. Cacbamila 80% bột ướt 1b. Mecaptothion 50% dung dịch nhũ tương	Các loại sâu Các loại sâu	1-Naphtyl-N-metyl cacbamat o-o-Dimetyldithiophosphat của dietyl mecaptosuccinat	Karbaspray Kombat Worm Malasol Malathion Beetelsprey
2. Như đối với 1b	Loại côn trùng trích hút	Như đối với 1b	Như đối với 1b
3. Trộn Dithane và bột lưu huỳnh ướt	Loại nấm	Mangan hoặc kẽm etylen bisdithiocacbammat nhiều lưu huỳnh Clorothalonit benomyl	Milrust hoặc Dithane M45 Bravo 500 Benlate
4. Thiophosphat	Nhện đỏ và côn trùng trích hút	o-o-Dimetyl-S (N-metyl cacbamoyl metyl) phospho thiolothionat	Rogor CE Aphicide Kombat Aphids
5. Gama-BHC thể nhũ tương đậm đặc	Loại kiến	Gama-BHC	Lindasol Dyant Kombat Ants
6. Mồi ốc sên	Ốc sên và con sên	Trên cơ sở metandehydt có hoặc không có cacbamil	Sluggem Disa Smallban Kombat snails
7. Pyrethroid tổng hợp	Ruồi trắng	Cypermethrin fenvalerat	Ripcord Sumicidin
8. Tất cả loại thuốc bột	Diệt các loại nấm và côn trùng	Mecaptothion lưu huỳnh	General protekta

Tất cả các dịch phun hóa chất đều có nguy cơ độc hại với cơ thể con người, ở các mức độ khác nhau, thực tế đã chứng minh điều đó. Tuy nhiên, có một loại hóa chất phải được đặc biệt chú ý, đó là các hợp chất hydrocacbon clo hóa. Gần đây có rất nhiều tài liệu đã chứng minh ảnh hưởng độc hại của chúng đến con người, các loài chim và các loài động vật khác. Trong khi phần lớn các chất hóa học có thể phân giải trong cơ thể người thành các chất đơn giản hơn thì các hợp chất hydrocacbon clo hóa, trong đó có DDT (đã cấm sử dụng) lại cực kỳ bền trong cơ thể người. Chúng tích tụ trong gan và các cơ quan khác của cơ thể với nồng độ ngày càng cao. Ảnh hưởng của DDT đến cơ thể người tuy đã được biết đến nhưng vẫn còn nhiều điều chưa được thống nhất làm sáng tỏ. Mặc dù người ta đều biết rằng chúng cực kỳ độc hại với loài chim, cá và các loài côn trùng.

Những nơi vẫn còn sử dụng dịch phun hóa chất có chứa hydrocacbon clo hóa, cần tránh tiếp xúc trực tiếp qua da và phải thường xuyên làm sạch dịch phun trên sản phẩm khi thu hoạch.

Chương 6

ƯU ĐIỂM VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA KỸ THUẬT THỦY CANH

Đã có nhiều tài liệu nói về ưu điểm và các thuận lợi của kỹ thuật trồng sạch, song không phải lúc nào cũng dễ dàng khái quát được vấn đề này, bởi lẽ vấn đề đặt ra còn tùy thuộc vào kỹ thuật đã thay thế (không phải là thủy canh) vẫn có ở một nơi nào đó và phụ thuộc vào hình thức thủy canh cụ thể mà người ta đề cập tới. Ví dụ một hệ thống thủy canh hiện đại tinh xảo như hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng cũng khó có thể được áp dụng một cách đơn giản, không tuân hoàn dung dịch như hình thức canh tác kết hợp. Sau đây sẽ trình bày khái quát các ưu điểm, nhược điểm trong các điều kiện bình thường và cả các điều kiện đặc biệt của hệ thống thủy canh.

6.1. CÁC ƯU ĐIỂM CHUNG

6.1.1. Kiểm soát dinh dưỡng cây trồng

Bởi thủy canh thương mại là sự mở rộng của kỹ thuật nháy cảm ban đầu nghiên cứu dinh dưỡng cây trồng nên cũng không có gì đáng ngạc nhiên để nói rằng kiểm soát dinh dưỡng cây trồng là ưu điểm nhất trong số các ưu điểm của thủy canh. Mọi chất dinh dưỡng được biết chủ yếu cho sự phát triển và phát sinh cây trồng đều nhất thiết phải được kiểm soát ở nồng độ thích hợp cho từng loại cây và từng loại môi trường. Hơn nữa một số nguyên tố có thể gây hại cho cây trồng khi ở mức dư lượng cần được khống chế ở giới hạn an toàn hoặc dùng nguyên tố khác loại bỏ. Các ví dụ về độ độc đôi khi gặp phải trong đất trồng bao gồm cả dư lượng mangan có từ nguồn hóa

chất khử trùng, dư lượng brom từ chất khử trùng metyl bromua và các kim loại nặng như kẽm, đồng hoặc chì do sử dụng bùn thải cống rãnh làm chất bổ sung cho đất.

Một ưu điểm khác về dinh dưỡng trong các hệ thống trồng sạch là sự đồng nhất các nguyên tố cơ bản được cung cấp cho các phần khác nhau của cây trồng, điều này rất đúng trong hệ thống trồng nước, hệ thống hoàn toàn đơn giản so với môi trường trồng có chất nền phải cung cấp phân bón lên bề mặt. Một đặc điểm có giá trị nữa của hệ thống thủy canh là không có ảnh hưởng dư thừa trong sản phẩm thô cũng như sản phẩm đã xử lý. Từng loại cây trồng trong hệ thống thủy canh (ví dụ hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng) hay kỹ thuật kết hợp tưới nước ngầm đều được lựa chọn chính xác. Ngược lại, khi trồng cây trong đất khả năng xảy ra tích lũy dinh dưỡng cao như các muối nitrat và clorua, cũng như độ mặn tăng cao gây khó khăn trong việc xử lý sau này, trừ khi đất có thành phần cát cao hoặc cây trồng nhạy cảm với muối nhiều hơn.

Một ưu điểm khác có quan hệ dinh dưỡng trong hệ thống thủy canh là khả năng kiểm soát được pH trong vùng rễ thích hợp cho cây trồng và duy trì được các nguyên tố vi lượng trong dung dịch. Nhiều loại đất cần có pH đủ cao để đảm bảo cung cấp các nguyên tố vi lượng cho cây trồng, để duy trì được điều kiện này đối với đất là một công việc tốn kém và khó khăn, hiếm khi có thể thực hiện được. Ngược lại, trong trồng sạch người ta dễ dàng điều chỉnh được độ pH trong toàn bộ hệ thống và trong suốt quá trình đảm bảo cung cấp đủ các chất dinh dưỡng như bo, sắt, mangan, đồng và kẽm. Kiểm soát được độ pH được xem là ưu điểm quan trọng nhất trong hệ thống thủy canh tuần hoàn, trong kỹ thuật màng dinh dưỡng nhờ điều chỉnh tự động, liên tục dòng dung dịch dinh dưỡng.

Tuy nhiên để điều chỉnh được dinh dưỡng cho cây trồng cần phải có những kiến thức và kỹ năng nhất định, dẫu các hệ thống trồng sạch không có gì phức tạp.

6.1.2. Giảm bớt công việc nặng nhọc

Như đã nói, kỹ thuật trồng sạch loại trừ được nhiều công việc nặng nhọc mà trong trồng trọt truyền thống phải có. Ví dụ như làm đất hoặc gieo trồng bằng tay, do vậy tránh được công việc nặng nhọc hoặc cày xới làm cho đất ẩm xốp. Người lao động có thời gian để mở rộng kiến thức mà kỹ thuật thủy canh đòi hỏi. Tuy cỏ dại không phải là vấn đề đáng quan tâm trong nhà kính song nếu có thì cũng có thể được giải quyết bằng kỹ thuật thủy canh hiện đại.

Tuy trồng sạch cũng có những khâu cần đến lao động, ví dụ trong trồng nước và trồng theo phương pháp tưới ngầm, song rõ ràng các công việc này hoàn toàn đơn giản. Một số hệ thống trồng sạch trên nền rắn đòi hỏi khử trùng môi trường trừ khi vật liệu làm môi trường được phép thải bỏ sau sử dụng (ví dụ cát mịn khối lượng riêng thấp), tuy nhiên đó không phải là vấn đề nặng nhọc so với trồng cây truyền thống.

6.1.3. Dễ dàng tưới tiêu

Cấp nước dễ dàng và đồng đều trong nhiều hình thức trồng sạch là ưu điểm lớn nhất so với các phương pháp trồng trọt truyền thống. Ưu điểm này đặc biệt được áp dụng trong kỹ thuật màng dinh dưỡng và các hình thức trồng cây trong nước, kể cả hình thức trồng kết hợp tưới ngầm, do phạm vi tưới ít hơn và nhờ sử dụng hệ thống ống phun hoặc ống đục lỗ.

Cấp nước cho cây trồng trên đất hoặc trên nền chất rắn luôn đòi hỏi đến kinh nghiệm cá nhân, ngay cả khi đã có những chỉ dẫn gián tiếp về nhu cầu nước như thông tin về bức xạ MẶT TRỜI. Ngay cả khi đã có các thông tin như vậy, việc cấp nước cho cây trồng còn phụ thuộc vào giai đoạn phát triển của cây, độ ẩm của đất ở thời kỳ cây mới trồng khác hẳn so với khi đất đã được che phủ bởi cây đã sinh trưởng. Và còn nhiều yếu tố khác có liên quan đến việc cấp nước cho cây trồng không thể đánh giá hết được khi trồng theo cách truyền thống. Trong trồng sạch mọi vấn đề vừa nêu đều bị loại bỏ, bởi

lễ cây trồng có rễ ngập trong dung dịch dinh dưỡng trên toàn bộ diện tích trồng, mọi quyết định có liên quan đến tuổi cây, vị trí trong nhà và toàn bộ nhu cầu nước đều không cần đề cập đến.

Tuy nhiên ưu điểm nói trên không hoàn toàn có được đối với mọi hệ thống trồng sạch, ví dụ, ở những hệ thống trồng sạch trên cát, để có được cân bằng nước và oxy tốt nhất trong vùng rễ lại xuất hiện các khó khăn khác.

Các hệ thống trồng cây trong nước và hệ thống kết hợp tưới ngầm tiết kiệm được lao động và thời gian kiểm tra làm sạch vòi tưới. Do vậy phần lớn cây trồng trong nhà kính như cà chua, dưa chuột phát triển trong đất hay các túi trồng nạp đầy chất nền không phải là đất thường có các điểm tưới riêng bên cạnh luống cây. Các ống đục lỗ hoặc miệng phun thường bị tắc cục bộ do kết tủa canxi phosphat, canxi cacbonat hoặc các hợp chất sắt có thể dẫn đến thiếu nước cục bộ ở một số nơi trong nhà kính. Do vậy phải thường xuyên kiểm tra, đặc biệt khi nguồn nước cấp có độ cứng cao. Các hệ thống trồng sạch hiện đại thường có thêm trang thiết bị kiểm soát độ axit của dung dịch dinh dưỡng để loại trừ khả năng tắc do kết tủa.

6.1.4. Dễ dàng khử trùng

Trồng liên tục trên đất nhà kính thường phụ thuộc vào cách thức khử trùng từng phần. Công việc này khá tốn kém và cần thời gian xử lý mà không phải thường xuyên thấy ngay được hiệu quả. Tuy nhiên, nếu không làm được thì hậu quả dẫn đến là chi phí cho kiểm soát môi trường cao và khả năng thu được sản phẩm không theo ý muốn.

Phương pháp khử trùng hiệu quả nhất đối với đất là phương pháp xông hơi, nhưng chi phí nhiên liệu cao và lao động nhiều đã hạn chế việc sử dụng phương pháp này trong thực tế. Khử trùng bằng hóa chất ít tốn kém hơn so với phương pháp xông hơi nhưng lại có thêm nhiều điều bất lợi. Formandehyt đã được sử dụng ngay từ những ngày đầu công nghệ nhà kính

phát triển, song hơi formandehyt rất độc và đất sau khi khử trùng phải để vài tuần sau mới trồng cây được. Metyl bromua có lẽ là hóa chất quan trọng nhất hiện đang được sử dụng để khử trùng đất trong nhà kính. Cần thường xuyên quan tâm đến vấn đề an toàn với hóa chất sử dụng, cũng như dư lượng hóa chất trong đất. Hợp chất metyl bromua phân hủy trong đất giải phóng ion brom cây trồng có thể hấp thu. Mức bromua cao trong sản phẩm thực phẩm sẽ gây hại cho sức khỏe. Ở một số nước đã đưa ra mức brom tối đa cho phép trong thực phẩm.

Các hệ thống trồng sạch hiện đại đều tránh khử trùng đất trong nhà kính. Ưu điểm thấy rõ nhất là không dùng chất nền bằng đất. Quy trình chung để làm sạch hệ thống trồng trong dung dịch là thải bỏ, lau chùi và dọn sạch căn bản, rửa sạch bằng formandehyt pha loãng và cuối cùng rửa lại bằng nước sạch. Còn rất ít hoặc thậm chí không còn formandehyt trong các hệ thống như vậy, do chất nền không hấp thu hoặc giữ lại hóa chất. Tuy nhiên đòi hỏi thông gió, vì lý do an toàn. Với hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng vấn đề còn đơn giản hơn do dùng vỏ polyetylen làm khuôn máng nên có thể thải bỏ sau sử dụng. Trồng trên cát mịn hoặc sỏi thì sau khi thu hoạch phải loại phân rễ cây và cỏ dại khỏi lớp nền trước khi khử trùng.

So với trồng trực tiếp trên đất, trồng trên nền môi trường tro có ưu điểm đáng kể là có thể khử bỏ nhanh và hiệu quả hóa chất khử trùng bằng cách rửa nhiều lần với nước.

Chất nền là cát mịn hoặc chất hữu cơ như than bùn nếu thấy cần thiết có thể khử trùng bằng xông hơi và cho tái sử dụng. Công việc hoàn toàn đơn giản hơn so với trồng trực tiếp vào đất trong nhà kính.

6.1.5. Nâng cao sản lượng

Chắc chắn người ta vẫn còn nghi ngờ rằng mức tăng sản lượng có được trong trồng sạch đã được thổi phồng quá mức. Ở thời điểm hiện tại, các số

liệu về mức tăng sản lượng trong trồng sạch chưa đủ để nói lên điều gì. Tuy nhiên nhiều vùng trồng cây truyền thống cũng đã bắt đầu chuyển sang trồng sạch.

Không phải đơn giản mà có được ngay những bằng chứng về sản lượng cao trong trồng sạch so với các kỹ thuật thủy canh truyền thống. Ví dụ ở Anh, người ta đã sử dụng kỹ thuật màng dinh dưỡng hoặc kỹ thuật trồng trên cát mịn, phần lớn các trường hợp đều chuyển từ trồng cây trong đất trong các túi chứa than bùn cũng được xem là một hình thức trồng sạch. Số liệu về sản lượng cà chua khi trồng trong nước theo kỹ thuật màng dinh dưỡng và theo phương thức trồng trong than bùn được Spensley công bố như ở bảng 6.1.

Bảng 6.1. So sánh sản lượng cà chua trồng theo kỹ thuật màng dinh dưỡng và trồng trong than bùn , kg/m²

Năm	Trồng trong than bùn	Theo kỹ thuật màng dinh dưỡng	Mức tăng sản lượng
1975	29,6	37,4	26,2
1976	32,2	40,1	24,6
1977	31,8	36,1	13,5

Như vậy các thử nghiệm cho thấy mức tăng đạt được từ 13 đến 26% khi áp dụng kỹ thuật màng dinh dưỡng. Tuy nhiên nếu tính theo mức chi phí chung thì người ta thấy rằng con số nói trên chỉ vào khoảng 5 đến 10%. Van Os đã so sánh các kỹ thuật trồng ở Hà Lan trong ba trường hợp trồng cà chua cao hơn 34%, 18% và 6% so với trồng trên đất và báo cáo rằng mức tăng trung bình là 13%.

Thực chất, mọi so sánh đều rất khó thực hiện, bởi lẽ còn nhiều yếu tố chưa được xác định như loại hệ thống áp dụng, trình độ quản lý, trình độ chuyên môn, kỹ thuật và giá cả thị trường. Dầu sao cũng phải thừa nhận rằng mức tăng sản lượng trong sản xuất sạch ở Hà Lan đã gây được sự chú ý của nhiều người và càng ngày người ta càng tin tưởng rằng kỹ thuật thủy canh sẽ mang lại mức tăng sản lượng cao hơn.

6.2. ƯU ĐIỂM TRONG CÁC ĐIỀU KIỆN ĐẶC BIỆT

Có những trường hợp đặc biệt mà chỉ có trồng sạch mới có được những ưu điểm riêng so với các kỹ thuật trồng cây truyền thống khác.

6.2.1. Sản xuất ở những vùng không có đất thích hợp

Rõ ràng sản xuất sạch cung cấp nhiều khả năng cho sản xuất ở những vùng không có đất thích hợp cho các kỹ thuật sản xuất truyền thống. Khả năng ứng dụng của kỹ thuật thủy canh đã thu hút sự chú ý đáng kể và nhiều thử nghiệm. Nhiều kết quả đã được công bố, bao gồm các thiết kế lắp đặt hệ thống thủy canh của Phòng Thực nghiệm nghiên cứu môi trường - Đại học Arizona để sản xuất rau sạch ở Abu Dhabi - Ả Rập cũng như ở Trại Nghiên cứu môi trường Khark, Iran. Cả hai nơi này đều đã thử nghiệm trồng cây trên nền cát khai thác tại chỗ, những nơi đó đều thiếu đất trồng thích hợp cho lối canh tác truyền thống, do quá nắng nóng và độ ẩm thấp vào mùa hè, những cơn bão cát và đôi khi nhiệt độ xuống quá thấp vào các tối mùa đông đã tạo ra tiền đề cần thiết để áp dụng kỹ thuật trồng sạch theo quan điểm môi trường được kiểm soát. Chưa bao giờ người ta thu được nhiều kết quả khả quan đến thế với dự án nhà kính ở những vùng sa mạc khô cằn đó.

6.2.2. Tiết kiệm nước

Các hệ thống trồng bảo vệ có nhu cầu nước rất cao do phải tăng cường kiểm soát môi trường trồng trong điều kiện nhà kính hoặc chất dẻo không có mưa. Chi phí cấp nước có chất lượng thích hợp cho sản xuất là phần chi phí không nhỏ, nhiều khi còn lớn hơn cả chi phí cho nhân công và sưởi ấm (hoặc làm mát). Khi sản xuất phải thực hiện ở những vùng nóng bức, khô cần, nước chắc chắn là yếu tố hạn chế kể cả về khả năng nguồn cấp chất lượng và giá cả của nó. Trong những điều kiện như thế, các hệ thống thủy canh kín sẽ phát huy được ưu điểm riêng của mình: tổn hao nước từ vùng rễ ra ngoài được hoàn toàn loại trừ, nước bốc hơi từ bề mặt có thể được hạn chế bằng nhiều cách. Hạn chế nước rò rỉ bằng cách dùng các khay, rãnh thu hồi, hạn chế nước bốc hơi bằng cách che đậy cũng như sử dụng kỹ thuật tưới ngầm không để nước bốc hơi trên bề mặt.

Ưu điểm tiết kiệm sử dụng nước trong các hệ thống trồng sạch tuần hoàn lớn đặc biệt quan trọng với những nơi không chỉ thiếu nước mà còn cả ở những nơi chi phí cho nguồn nước quá cao, hoặc những nơi cần trang bị khử mặn cho nước. Tuy nhiên cũng cần phải lưu ý rằng, bất kể áp dụng kỹ thuật trồng cây nào thì quá trình hô hấp của thực vật vẫn cần phải được duy trì, do vậy cần phải cấp đủ một lượng nước cho quá trình đó.

6.3. CÁC NHƯỢC ĐIỂM CỦA TRỒNG SẠCH

Nhược điểm chính của trồng sạch trước hết phải nói đến chi phí cao để có được hệ thống và lớp nền trồng đặc biệt (so với các kỹ thuật trồng trực tiếp trên đất). Thứ hai là trồng sạch đòi hỏi đội ngũ quản lý và giám sát có kỹ thuật cao. Dưới đây sẽ nói về hai nhược điểm chủ yếu này.

6.3.1. Chi phí đầu tư cao

Để có được các số liệu so sánh chi phí trong các hệ thống trồng sạch là việc làm có quá nhiều khó khăn, bởi lẽ hiện có quá nhiều dạng hệ thống, cấu trúc lại đa dạng, lắp đặt ở nhiều vùng trên thế giới trong các điều kiện khí hậu khác biệt và cấu trúc giá cả không thống nhất. Số liệu cho ở bảng 6.2 sau đây là kết quả nghiên cứu của Roe ước tính chi phí cho kỹ thuật trồng sạch trên cát và kỹ thuật màng dinh dưỡng ở Anh.

Bảng 6.2. Chi phí thiết bị vận hành hệ thống trồng cây trên cát và hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng, [bảng (Anh)/ha]

	Trồng trên cát mịn ⁽¹⁾	Kỹ thuật màng dinh dưỡng ⁽²⁾	Chi phí khác ⁽³⁾
Thiết bị	1.032.600	1.760.500	-727.900
Chi phí vận hành hàng năm	901.800	418.900	+482.900 (+46%)
Tổng chi phí trên 5 năm	6.116.300	4.121.700	+1.994.600 (+38%)

Ghi chú: 1) Cát tái sử dụng hàng năm.
2) Hệ thống nâng có giá đỡ và khay trồng.
3) Cát nền và màng dinh dưỡng.

Bảng 6.2 cho thấy chi phí cao đáng kể cho thiết bị ban đầu đối với kỹ thuật màng dinh dưỡng, do phải dùng khay và giá đỡ kim loại (1.152.000 bảng/ha). Hệ thống đỡ tùy theo cấu trúc đất địa phương có thể rẻ hơn, chi phí này có thể ước tính cho từng khu vực cụ thể. Hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng có che phủ bề mặt đất bằng polystyren do Roe đưa ra có giá thành 715.900 bảng /ha giảm được 56%, song nhiều trường hợp không thấy đề cập đến. Chi phí vận hành hàng năm với hệ thống trồng trên cát mịn

lại cao hơn đáng kể do chi phí khay trồng chiếm phần lớn trong kỹ thuật này là 409.500 bảng /ha. Tổng chi phí ước tính trên năm năm trong kỹ thuật màng dinh dưỡng thấp hơn chứng tỏ đây là ưu điểm của phương pháp này. Các số liệu trên chưa đề cập đến chi phí cho bảo vệ nhà kính, nhân công, kiểm soát môi trường hoặc hóa chất bảo vệ cây trồng. Tất nhiên các giá trị ước tính này còn thấp hơn nhiều so với thực tế ở các thời kỳ giá cả khác nhau và ở các vùng địa lý khác nhau.

Bảng 6.3 đưa ra các số liệu của Collins và Jensen về chi phí cho các hệ thống trồng sạch, tính theo USD/ha. Tuy nhiên các con số đưa ra ở đây không có giá trị thực mà chỉ nhằm mục đích so sánh.

Bảng 6.3. Chi phí đầu tư cho 1 ha các hệ thống trồng sạch, theo Collins và Jensen (1983)

Trồng trong túi	38.080 USD	Không tính thiết bị
Trồng trên nền cát mịn	55.000 USD	Không tính thiết bị
Kỹ thuật màng dinh dưỡng	81.000 USD	Không tính thiết bị
Trồng trên nền cát khô	50.000 USD	Có tính thiết bị

6.3.2. Đòi hỏi kỹ thuật cao trong quản lý

Các phương pháp trồng sạch không hẳn là con đường dễ dàng đi đến thành công đối với những ai thiếu kỹ năng, không chuyên nghiệp. Nhiều trở ngại cần phải vượt qua mới có thể đánh giá đúng được giá trị của các hệ thống thủy canh trồng sạch mà một số người say mê viết về các hệ thống này vẫn đề cập và mơ hồ phát biểu rằng trồng sạch quá đơn giản và không đòi hỏi nhiều kiến thức. Đó là cách nhìn chưa đúng. Để có được thành công với phương pháp trồng sạch, thực tế rất cần đến các kiến thức về các nguyên lý sinh học cây trồng, các kiến thức hóa học cơ bản cũng như những hiểu biết

rất sâu về sinh trưởng cây trồng. Cần nói rõ ràng, các phương pháp trồng sạch chỉ đưa ra một phương thức kiểm soát tốt hơn song nếu không hiểu biết để sử dụng các phương pháp kiểm soát đó sẽ mắc phải sai lầm khó tránh khỏi. Điều khẳng định này càng quan trọng hơn với những ai muốn áp dụng phương pháp trên quy mô lớn, chắc chắn họ phải cần đến các nhà khoa học dày kinh nghiệm để tư vấn cho công việc. Một ví dụ nổi bật cho thấy, từ năm 1946 đến 1956, Không lực Mỹ đã triển khai một dự án thủy canh rất lớn ở Nhật Bản trong đó người ta đã phải cần tới ba nhà hóa học, hai nhà trồng trọt dày kinh nghiệm, một nhà chuyên môn về bệnh học cây trồng và một nhà kinh tế học để cho dự án được thành công.

Cũng cần phải thấy rằng, với hầu hết các loại đất và với tất cả các loại đất màu mỡ, đều có thiếu lớp đệm hoặc lớp đệm kém hiệu quả thì dù có sự thay đổi đáng kể về nguồn cung cấp các chất dinh dưỡng cũng không có ảnh hưởng nhiều đến sự phát triển của cây trồng, ít nhất là cây trồng vẫn sống và dần tự thích nghi. Trong khi đó đối với các hệ thống thủy canh, chỉ cần một sai sót nhỏ trong thành phần dung dịch dinh dưỡng, như quá liều các nguyên tố vi lượng sẽ gây hậu quả độc hại, thậm chí dẫn đến tai họa cho cây trồng. Hơn nữa, cây trồng trong kỹ thuật thủy canh luôn phát triển trên một môi trường đồng nhất, chỉ cần một cây bị hại sẽ dẫn đến hàng loạt cây bị hại. Với các hệ thống thủy canh đồng bộ liên hoàn, sai sót của hệ thống cung cấp điện hoặc nước sẽ dẫn đến thiếu chất dinh dưỡng, chỉ cần một vài giờ thôi, nếu không có nguồn dự phòng thay thế chắc chắn cây trồng sẽ gặp phải tai họa khó lường. Ngay cả hệ thống phân tích dung dịch trong trồng sạch tưới ngầm, chỉ cần một sai sót thôi cũng đủ thấy được hậu quả trầm trọng.

Thiếu những hiểu biết cơ bản về trồng sạch, chưa có đủ kiến thức về nguyên lý khoa học của phương pháp, cần tiếp cận tư vấn các chuyên gia kinh nghiệm mới có thể tự tin áp dụng kỹ thuật thủy canh.

Trong vài thập kỷ qua, kỹ thuật trồng sạch đã có những bước phát triển đáng kể, bắt đầu với việc sử dụng các túi than bùn trồng cây và sau đó là sự phát triển đột biến của kỹ thuật trồng cây trên cát mịn, kỹ thuật màng dinh

đưỡng, cùng với sự tăng nhanh số lượng các nhà chuyên môn, trong số đó có cả các nhà nghiên cứu khoa học, các chuyên gia tư vấn và tất nhiên cả các nhà làm vườn. Kỹ thuật thủy canh chắc chắn không phải là phương pháp dễ dàng để có được nhiều sản phẩm tốt, nó đòi hỏi nhiều sự hiểu biết một đội ngũ nhân lực tinh xảo, có kinh nghiệm, trong các điều kiện thích hợp để có được sản phẩm tốt. Tuy chi phí đầu tư và vận hành cao song bù vào đó lại có được sản lượng cao và tiết kiệm nhân công. Áp dụng thành công kỹ thuật thủy canh không đòi hỏi tới nhiều chuyên môn trồng vườn truyền thống song lại đòi hỏi họ phải có những hiểu biết tiên tiến để tiếp cận với những trở ngại kỹ thuật cần vượt qua. Một nhà quản lý kỹ thuật thủy canh phải là một nhà "khoa học" ứng dụng, có kỹ năng sâu rộng về điều chế và điều chỉnh các dung dịch dinh dưỡng, nắm vững và kiểm soát được các công cụ điện tử, duy trì toàn bộ hoạt động của hệ thống kỹ thuật tiên tiến. Hơn nữa, người quản lý cần phải trải qua công tác quản lý các hệ thống trồng hiện đại, khả năng phát hiện sự phát triển sai lệch của cây trồng trong các điều kiện môi trường, dinh dưỡng và kiểm soát được các điều kiện đó làm cho cây trồng phát triển thuận lợi từ khi trồng đến khi thu hoạch. Hiểu biết, phát hiện và tìm cách xử lý kịp thời côn trùng, bệnh hại cây trồng trong từng giai đoạn.

Tóm lại, ưu thế của kỹ thuật trồng sạch nhằm mục đích kinh doanh chỉ có thể trở thành hiện thực khi nhà quản lý có đủ hiểu biết và kinh nghiệm để làm việc với hệ thống.

Chương 7

BỆNH RỄ VÀ NẤM BỆNH RỄ

Theo định nghĩa, trồng sạch không đòi hỏi phải thường xuyên khử trùng đất, do vậy tránh được chi phí tốn kém và công việc khó nhọc. Bởi vì rễ cây không thể tự động vươn dài đến đất trong nhà kính để tiếp xúc với nấm, mầm bệnh hầu như không tránh khỏi. Tuy nhiên, vấn đề nấm, bệnh trong phạm vi nhà kính vẫn thường xuyên bị xấu đi do phương thức độc canh. Hơn nữa, dù có thực hiện khử trùng cẩn thận và hoàn toàn, vẫn phải thường xuyên bóc đi lớp đất đã nhiễm bệnh, nếu không bệnh sẽ dần lây lan sang các vùng đất đã xử lý.

Tuy được gọi là trồng sạch, đặc biệt khi không trồng trên nền đất cứng, vẫn có thể dễ dàng có mầm bệnh từ cây mang đến và từ đó có thể lây lan trong suốt quá trình. Stoughton đã tổng kết như sau: trong điều kiện trồng sạch, chắc chắn khả năng gây bệnh ít xảy ra. Trong dung dịch dinh dưỡng, nấm và các mầm bệnh vi khuẩn ít có điều kiện phát triển hơn so với trong đất. Ví dụ, giun tròn thường là nhân tố gây hại cho trồng trọt, đặc biệt là vùng nhiệt đới, nhưng chúng lại không có khả năng phát triển nhanh trong dung dịch. Tuy nhiên, với cùng một loại dung dịch, nếu có một cây nào đó bị nhiễm bệnh thì khả năng gây bệnh cho cây khác chắc chắn vẫn có thể xảy ra. Đã có những báo cáo nói rằng khả năng lan truyền nhanh các mầm bệnh trong hệ thống thủy canh, nhất là những người làm vườn dùng chất nền tự nhiên và các chất trợ cho phương pháp thủy canh không dùng hệ thống tuần hoàn. Tuy nhiên, kinh nghiệm ở Anh và Hà Lan cho thấy tuy có xảy ra bệnh

tật cho cây trồng song không phải dễ lan truyền như một số báo cáo vẫn thổi phồng. Thực ra còn nhiều mâu thuẫn trong các tranh luận đòi hỏi kỹ thuật thủy canh phải phát triển và làm rõ trong tương lai.

7.1.VẤN ĐỀ SINH LÝ CƠ BẢN CỦA BỆNH RỄ

Bệnh rễ ít khi được nói đến trong kỹ thuật thủy canh, tuy nhiên so với kỹ thuật trồng trong đất thì bệnh rễ trong kỹ thuật trồng trong dung dịch lại có được sự quan tâm nhiều hơn bởi trong kỹ thuật này rễ luôn được giám sát chặt chẽ.

Một số căn bệnh rễ phát sinh từ quá trình già cỗi tự nhiên và sau đó là do quá trình phân hủy vật chất cặn đọng bởi các vi sinh vật. Quan sát sự phát triển của cà chua trong hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng, Hurd (1979) đã nhận thấy, bắt đầu vào thời điểm ra hoa thì rễ cây phát triển chậm dần và ngừng phát triển hẳn sau 4 tuần (180 ngày kể từ ngày gieo hạt). Ở thời kỳ này các rễ già thường có xu hướng mất dần màu, phần rễ cây già nhất khi chuyển sang màu nâu nhạt sẽ chết đi. Thời điểm rễ chết đi trùng khớp với thời điểm cây có nhiều quả nhất. Điều đó phản ánh sự cạnh tranh giữa rễ cây và chồi cây trong quá trình quang hợp. Tuy nhiên bình thường vẫn có rễ trắng mới mọc ở đầu rễ, trong trường hợp này chỉ cần một mầm bệnh tiềm tàng trong rễ nếu không được cách ly sẽ dẫn đến hậu quả khó kiểm soát.

7.2. NƠI THƯỜNG MẮC BỆNH

Người ta thấy có sự liên quan rất rõ giữa bệnh rễ và thời kỳ phát triển của cây. Năm 1980, Dautrey và Schippers nhận thấy bệnh rễ trong kỹ thuật màng dinh dưỡng xuất phát từ các cây khăng khiu già cỗi mà không phải từ các cây ban đầu được gieo từ các hạt mầm khỏe mạnh. Trong hệ thống thủy canh dùng kỹ thuật màng dinh dưỡng, triệu chứng rễ chết luôn bắt đầu từ nơi rễ bị tổn thương và chính từ đó chỉ cần một mầm bệnh yếu cũng có thể dẫn

đến nặng hơn. Những quan sát này đều phù hợp với những quan sát trước đó khi kỹ thuật màng dinh dưỡng đã phát triển, cụ thể là các bệnh thông thường trong rễ cây cà chua. Do vậy, nếu công tác quản lý và kỹ thuật được thực hiện tốt thì có khả năng loại bỏ hoàn toàn được vấn đề này. Thông khí tốt bằng cách dùng rãnh rộng và giảm chiều cao dung dịch cũng chắc chắn giải quyết tốt được vấn đề bệnh tật cho rễ. Hiện tượng thối rễ thường đi kèm với việc tích tụ muối cũng đồng thời có thể khắc phục được nếu áp dụng chiều cao vật liệu nền thích hợp và cách phun tưới dung dịch. Chiều cao lớp nền thường là 6,5 cm khi dùng nền cát mịn, song nếu sử dụng kỹ thuật màng dinh dưỡng thì chiều cao này chưa đủ vì một phần nền phải ngập trong nước.

Ngay cả khi hệ thống thủy canh đã được khử trùng cẩn thận, trong lớp nền và trong các khay vẫn còn có tàn dư của chất khử trùng. Do vậy, suốt 3 năm nghiên cứu trồng cà chua theo kỹ thuật màng dinh dưỡng, Price vẫn thấy có tới 35 loài nấm có mặt trong hệ thống, tuy nhiên không có loài nào trong đó có ảnh hưởng tới cà chua. Sự có mặt của quần thể vi sinh “bình thường” này thực chất lại giúp ích cho cây trồng. Trong một số trường hợp, bệnh rễ được phát hiện do mầm bệnh từ bên ngoài đưa vào trước khi quần thể vi sinh đó phát triển. Do vậy cần đặc biệt lưu ý khi sử dụng vật liệu có chứa tạp chất và nhất thiết phải khử trùng hợp vệ sinh.

7.3. MẦM BỆNH VÀ PHẢN ỨNG CỦA CÂY TRỒNG

Bệnh rễ với các mầm bệnh đặc trưng trong hệ thống thủy canh tuần hoàn không phải lan truyền suốt quá trình kể từ khi ươm cây. Tuy nhiên, Daughtrey và Schippers (1980) khi nghiên cứu với chủng *Colletotrichum coccodes* đã phát hiện sự nhiễm bệnh rất nhanh đến một nửa hệ thống thủy canh dùng kỹ thuật màng dinh dưỡng. Còn Vanachter và cộng sự (1983) đã nhấn mạnh đến rủi ro tiềm tàng cho cây cà chua, chủng *Pythium* spp và

chủng *Phytophthora nicotianae* chính là nguồn gây bệnh rễ, song ông cho rằng khả năng nhiễm bệnh và phát triển của chúng còn phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện nuôi trồng, bệnh chỉ phát triển trong những điều kiện thuận lợi.

Năm 1984, Pegg và Holderness nghiên cứu ảnh hưởng của “tính cạnh tranh kích thích trong” trong cây cà chua thời kỳ sinh trưởng và khả năng nhiễm bệnh rễ bởi chủng *Phytophthora nicotianae* var *parasitica*. Sau khi hái quả, do giảm “tính cạnh tranh kích thích trong”, phần rễ cây phình to ra, trong khi đó phần bị che lá và bóng râm lại có ảnh hưởng ngược lại. Hiệu ứng này được thấy rõ khi hái quả cây cà chua trồng theo kỹ thuật thủy canh được tiêm chích các bào tử *Phytophthora* trước đó 35 ngày. Cây bị hái quả héo gầy dần đi trong khi các cây bên cạnh vẫn phát triển bình thường. Quan hệ giữa lượng cấp cacbonhydrat cho rễ và hiệu ứng nhiễm nấm rất phức tạp. Pegg cho rằng do hái quả hoặc ở điều kiện thừa ánh sáng, lượng cacbonhydrat sẽ dành cho rễ nhiều hơn và làm tăng hiệu ứng nhiễm bệnh cho rễ. Trong dung dịch dinh dưỡng càng có nhiều bào tử *Phytophthora*, rễ càng dễ bị tổn thương hơn. Các phát hiện vừa nêu được giải thích rằng do cacbonhydrat tiết ra nhiều hơn khi cây bị hái quả (hoặc trong điều kiện thừa ánh sáng), nhờ nguồn thức ăn này các vi sinh vật trong vùng rễ có điều kiện phát triển.

Ảnh hưởng của *Phytophthora* với cây cà chua và các loài cây khác có lẽ còn tùy thuộc vào khả năng phát triển rễ mới của chúng. Hiệu ứng nhiễm nấm có thể không trở nên rõ ràng nếu như rễ đang ở thời kỳ dành dinh dưỡng cho phát triển cây. Song cũng phải nói thêm rằng chỉ cần khoảng 10% năn lực của bộ rễ cũng đủ cho sự phát triển của cả cây.

Năm 1986 Van der Vlugt khi nghiên cứu cây dưa chuột lại cho rằng, bệnh học sinh lý rễ của cây dưa chuột không hẳn là do hiệu ứng “cạnh

tranh kích thích trong” như đã nói ở trên. Bởi vì Vlught thấy ngay cả những cây không bị hái quả cũng không tránh khỏi nhiễm bệnh rễ. Vlught cho biết, cách tốt nhất để phòng ngừa bệnh rễ cho cây dưa chuột là xử lý môi trường với chủng *Curcubita ficifolia* sau khi hạt đã nảy mầm được 9 ngày.

Nghiên cứu bệnh của rau diếp trồng theo kỹ thuật màng dinh dưỡng và trồng trong chậu, Funck-Jensen và Hockenhull cho biết, cả hai hệ thống đều được cấy ghép chủng *Pythium*, song mức bệnh ở hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng thường thấp hơn so với ở hệ thống trồng trong chậu. Các tác giả lại đặt vấn đề, nếu như trồng cây ngập nước thì ảnh hưởng của *Pythium* có giảm đi so với cách trồng truyền thống không? *Pythium* thường tìm thấy trong các hệ thống thủy canh, nó tồn tại dưới dạng saprophyte không độc phía ngoài rễ cây. Bổ sung thêm đường sacroza lại làm tăng khả năng nhiễm bệnh, và người ta cho rằng rễ cây bài tiết ra những chất có thể gây bệnh.

7.4. NẤM BỆNH TRONG CÁC HỆ THỐNG THỦY CANH

Một số thuốc diệt nấm đã chứng tỏ được hiệu quả hạn chế bệnh rễ do các chủng vi sinh vật *Phytophthora* và *Pythium* gây ra trong hệ thống thủy canh. Trong số các hoá chất này có etridiazol được dùng phổ biến ở Anh đã chứng tỏ hiệu quả đặc biệt đối với cây cà chua trồng trong dung dịch dinh dưỡng tuần hoàn. Nồng độ 20mg/l etridiazol (60 mg/l bột thấm ướt chứa 35% thành phần hoạt tính) được áp dụng có hiệu quả trong thời kỳ phát sinh rễ với kỹ thuật màng dinh dưỡng và cứ thế lặp lại theo chu kỳ 6 tuần một lần. Nồng độ thấp hơn (30 mg/l chất hoạt tính) cũng cho kết quả tốt. Tuy nhiên, cần lưu ý là rễ cây bị hủy hoại ở nồng độ 50 mg/l. Cách áp dụng định kỳ đã nói trên chính là nhằm mục đích tránh cho rễ cây phải tiếp xúc tạm thời với nồng độ cao. Trong hệ thống thủy canh tuần hoàn, thuốc diệt nấm được ngâm dần trong thùng, trộn đều cùng lúc bổ sung dung dịch dinh dưỡng tuần hoàn trong hệ thống.

Năm 1985, Crum và cộng sự thấy rằng etridiazol hòa tan rất nhanh trong hệ thống tuần hoàn kỹ thuật màng dinh dưỡng. Tuy nhiên nồng độ giảm rất nhanh, ban đầu ở mức 29 mg/l giảm xuống 4 mg/l sau khi tuần hoàn 2 ngày, và chỉ còn 0,8 mg/l sau 8 ngày.

Năm 1983, Vanachter công bố tác dụng kiểm soát bệnh rễ cây cà chua của metalaxyl trong hệ thống thủy canh. Người ta sử dụng nồng độ trong khoảng 0 đến 40 mg/l thành phần hoạt tính và đều cho kết quả tốt. Khi dùng nồng độ 10 mg/l (áp dụng 3 lần định kỳ 3 tuần 1 lần), phân tích quả cho thấy dư lượng metalaxyl là 0,09 đến 0,42 ppm (trung bình 0,19 ppm), mức độc hại này được xem là không đáng kể. Với nồng độ metalaxyl 5mg/l (thành phần hoạt tính), hiệu quả kiểm soát bệnh do *Pythium* gây ra cũng rất tốt. Gần đây Rouchaud và cộng sự cũng đã ghi nhận furalaxyl được dùng rộng rãi làm chất diệt nấm cho cây cà chua trong kỹ thuật trồng sạch và cho khả năng bảo vệ cây trồng tốt. Phân tích quả cà chua trồng theo kỹ thuật màng dinh dưỡng có dùng thường xuyên furalaxyl (3 mg/l thành phần hoạt tính) cho thấy không có dấu vết dư hoá chất này, như vậy mức phân hủy của furalaxyl rất cao.

Propamocarb hydroclorit có thể kiểm soát tốt bệnh rễ cây trồng trong hệ thống cát mịn và hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng. Ở Anh, chất hóa học này được phê chuẩn tạm thời trong giai đoạn là 3 năm (bắt đầu từ tháng 2/1988) được sử dụng dưới nhãn mác cấm, tức là chỉ được sử dụng có chọn lựa trong trường hợp có rủi ro thương mại. Trong tương lai người sử dụng ở Anh phải tuân theo văn bản luật định và nhãn mác sản phẩm. Đối với cây cà chua, phải xử lý 4 lần trong một vụ, ít nhất là 2 ngày trước khi thu hoạch. Nồng độ quy định dùng thuốc bảo vệ thực vật là 1 ml /l dung dịch dinh dưỡng đối với nhân giống, 0,25 ml /l dung dịch dinh dưỡng ở hệ thống trồng trên cát mịn hoặc 0,1 ml /l ở hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng.

Tương tự được dùng để xử lý với cây dưa chuột ở hệ thống trồng trong cát mịn.

Năm 1985, Jamart cùng các cộng sự đã thử nghiệm thuốc diệt nấm *Phytophthora fragariae* cho cây dâu tây. Kết quả đạt được rất tốt sau khi thử nghiệm metalaxyl bốn ngày đêm ở nồng độ tương đối thấp 1,6 mg/l.

Ngoài ra cũng áp dụng thành công với cây rau diếp bằng tác nhân chống virus tương tự đối với bào tử nấm *Oplidium*, không cần phải sử dụng thuốc diệt nấm nhưng có thêm vào tác nhân hoạt tính bề mặt (thấm ướt), ví dụ, 20 ppm Agral cho vào dung dịch để diệt bào tử.

Kiến thức về sử dụng thuốc diệt nấm trong hệ thống trồng sạch còn hạn chế, mặc dù có tăng cường phổ biến kỹ thuật. Vấn đề không chỉ đơn thuần là chọn đúng các chất hóa học và nồng độ phù hợp không gây độc cho thực vật; phạm vi sử dụng các chất hóa học bảo vệ cây trồng nói chung là quá ít nên việc sản xuất ra các chất hóa học để đảm bảo cho quá trình thử nghiệm rất tốn kém.

7.5. VI KHUẨN TRONG HỆ THỐNG THỦY CANH

Các căn bệnh do vi khuẩn gây ra trong cây trồng thường là vấn đề nguy hiểm hơn so với do nấm, gần như là không kiểm soát được chúng bằng cách bổ sung thêm các chất hóa học vào dung dịch dinh dưỡng. Vi khuẩn *Pseudomonas solanacearum* gây bệnh héo cà chua dẫn tới giảm sản lượng, như đã biết ở một số vùng trên thế giới, ví dụ Gabon, Kenya, New Zealand và Seychelles.

Năm 1989, Van Peer và Schippers đã kết luận rằng *Pseudomonas* ức chế quá trình sinh trưởng và lan truyền dễ dàng trong hệ thống thủy canh. Sự phát triển của cây cà chua non bị giảm nếu dung dịch chất dinh dưỡng được cấy ghép vào huyền phù rhizosphere từ các cây trồng trước đó trong hệ

thống thủy canh. Sự ức chế phát triển này kéo theo việc tăng đáng kể số lượng *Pseudomonas* huỳnh quang ở trong vùng rễ. Tác động bất lợi của các vi khuẩn có hại này có thể ngăn chặn bằng cách đưa vào chuỗi xúc tiến quá trình phát triển của *Pseudomonas* trong vùng rễ. Van Peer cùng các cộng sự thông báo hướng lựa chọn *Pseudomonas* và cung cấp một số mức kiểm soát sinh học để ngăn ngừa rối loạn trong cây cảm chướng gây ra bởi *Fusarium oxysporum*. Cạnh tranh giữa những vi sinh vật này có ảnh hưởng đến dạng phức sắt chelat trong dung dịch dinh dưỡng; Fe - EDDHA, phức chất Fe khá bền, tác động đến các căn bệnh ít hơn là Fe - DTPA.

Chương 8

TÍNH TOÁN DINH DƯỠNG TRONG KỸ THUẬT THỦY CANH

8.1. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Mọi vật chất trên Trái đất đều được tạo ra nhờ sự kết hợp của các chất khác nhau được biết dưới tên gọi là các nguyên tố hóa học. Có trên 100 nguyên tố hóa học, nhưng trong kỹ thuật thủy canh chúng ta chỉ làm quen trực tiếp với khoảng 15 nguyên tố. Các nguyên tố do các nguyên tử (các hạt vật chất) cấu tạo nên. Mỗi nguyên tố được đặc trưng bằng khối lượng nguyên tử của nó và có một ký hiệu hóa học riêng thường dùng chữ cái đầu tiên hoặc hai chữ viết tắt tên nguyên tố. Đôi khi những tên nguyên tố bắt nguồn từ tiếng Anh hoặc Latinh. Ví dụ nguyên tố “kali” có ký hiệu theo tên Latinh là kalium, ký hiệu là “K”. Nitơ có ký hiệu là “N” và phospho có ký hiệu là “P”, magie cả tiếng Anh và tiếng Latinh đều có ký hiệu là “Mg”.

Bảng 8.1 cho thấy danh mục các nguyên tố thường sử dụng để tính toán trong kỹ thuật thủy canh với khối lượng nguyên tử tính bằng gam.

Các muối đều gồm các phân tử do các nguyên tử tạo ra. Ví dụ kali sunfat, là một trong những muối cấp kali trong dung dịch dinh dưỡng. Muối này gồm hai nguyên tử kali, một nguyên tử lưu huỳnh và bốn nguyên tử oxy, công thức phân tử của nó là K_2SO_4 .

Bảng 8.1. Danh mục các nguyên tố thường sử dụng trong thủy canh và khối lượng nguyên tử của chúng

Nguyên tố	Ký hiệu	Khối lượng nguyên tử	Khối lượng nguyên tử làm tròn
Bo	B	10,82	11
Canxi	Ca	40,08	40
Cacbon	C	12,01	12
Clo	Cl	35,46	35
Đồng	Cu	63,57	64
Hyđro	H	1,008	1
Sắt	Fe	55,84	56
Mangan	Mg	24,32	24
Magan	Mn	54,93	55
Molipđen	Mo	95,95	96
Nitơ	N	14,00	14
Oxy	O	16,00	16
Phospho	P	30,98	31
Kali	K	39,09	39
Natri	Na	22,99	23
Lưu huỳnh	S	32,06	32
Kẽm	Zn	65,38	65

Khối lượng phân tử được tính bằng tổng trọng lượng các nguyên tử thành phần, ví dụ theo bảng 8.1 ta có:

$$\begin{array}{ccc} \text{K}_2 & \text{S} & \text{O}_4 \\ (2 \times 39) + 32 + (4 \times 16) & \text{tổng số bằng} & 174 \end{array}$$

Như vậy, biết công thức phân tử ta có thể biết được khối lượng phân tử và do đó có thể tính được lượng muối cần thiết cho dung dịch dinh dưỡng. Nồng độ của muối trong nước có thể được biểu thị bằng nhiều cách, chẳng hạn bằng ppm, bằng mg/l, g/l... Phần triệu (ppm) chính là số gam muối trên triệu gam nước; do 1 cm³ nước nặng 1g nên tính theo triệu centimet khối nước (1.000 l). Trong thực tế thường viết công thức dinh dưỡng như sau : nitơ 180 ppm, phospho 60 ppm, kali 300 ppm, có nghĩa là trong một triệu centimet khối nước có 180 gam nitơ (ở dạng muối) hòa tan trong đó. Bước tiếp theo là tính lượng muối cần có để được 180 g nitơ. Khi đó sẽ quyết định chọn muối nào để cung cấp nitơ. Ví dụ chọn amoni sunfat ta tiến hành tính toán như sau:

- Trước hết viết công thức phân tử : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- Tính khối lượng phân tử: $(2 \times 14) + (2 \times 4) + 32 + (4 \times 16) = 132$
- Tính phần trăm nitơ trong phân tử: $\frac{(2 \times 14)}{132} \times 100 = 21,3\%$
- Từ phần trăm này tính nồng độ muối yêu cầu để có được 180 ppm nitơ:

$$\frac{180}{21,3} \times 100 = 845 \text{ ppm.}$$

Đó chính là lượng amoni sunfat tính bằng gam cần được hòa tan trong 1 triệu cm³ nước để được 180 g nitơ (180 ppm).

Bốn bước cơ bản trên đây có thể áp dụng để tính toán lượng muối bất kỳ yêu cầu đối với một nguyên tố bất kỳ. Đôi khi một muối có thể cung cấp nhiều nguyên tố. Ví dụ amoni dihydrophosphat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) cung cấp cả nitơ và phospho cho dung dịch dinh dưỡng. Cần lưu ý một số muối có dạng khác nhau, ví dụ magie sunfat người ta thường dùng heptahydrat $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, nhưng cũng có thể dùng muối MgSO_4 . Trước khi tính nồng độ ppm của nguyên tố phải biết chính xác công thức phân tử của muối dự định sử dụng.

Khó có thể tìm được một công thức lý tưởng bởi vì có nhiều tài liệu đưa ra những công thức khác nhau, vì vậy người ta có thể chỉ biết được giới hạn tối ưu của mỗi nguyên tố dinh dưỡng, ví dụ bảng 8.2 cho giới hạn nồng độ của một số chất trong phân bón.

Bảng 8.2. Giới hạn nồng độ một số chất trong phân bón

Nguyên tố	Thấp nhất, ppm	Cao nhất, ppm	Tối ưu, ppm
Nitơ	90	200	140
Phospho	30	90	60
Kali	200	400	300
Canxi	120	240	150
Magie	40	60	50

Ngoài ra còn hai yếu tố khác cũng đóng vai trò quan trọng để quyết định dùng công thức nào. Trước hết là điều kiện khí hậu, tỷ lệ K/N là quan trọng nhất bởi vì nó thay đổi theo khí hậu. Vào mùa hè trời nắng ngày dài, cây cần nhiều nitơ và ít kali hơn so với vào mùa đông trời tối ngày ngắn. Trong thực tế nói chung vào mùa đông tỷ lệ K/N thường gấp đôi để cho cây phát triển cứng cáp trong mùa đông hơn là trong mùa hè. Thứ hai là loại cây trồng cần phát triển lá hay không mà đưa ra một công thức dinh dưỡng đúng. Ví dụ rau xà lách và bắp cải cần lượng nitơ cao hơn cây cà chua. Nhưng nói chung dùng chất dinh dưỡng hỗn hợp hầu như rất tốt cho tất cả các cây với những vùng đất khác nhau sao cho:

- Giá trị pH phải được điều chỉnh đúng.
- Những hỗn hợp dùng cho mùa đông và mùa hè phải phù hợp với thời vụ.

Trước khi loại bỏ những nguyên tố chính, phải lưu ý chúng có thể kết hợp với oxy hoặc hydro trong các nhóm gốc. Ví dụ nitơ được tìm thấy trong muối có gốc amoni (NH_4^+) hoặc gốc nitrat (NO_3^-). Dù ở dạng nào chẳng nữa thì cây cũng tiêu thụ dung dịch đó vì vậy không được quá 20% nitơ ở dạng amoni có trong công thức. Đặc biệt khi trời nhiều mây thì nitơ amoni phải giữ ở mức tối thiểu.

Nitơ amoni ở dạng amoni sunfat giúp cho duy trì dung dịch nghiêng về pH axit, do gốc amoni rất dễ hòa tan, để lại cặn sunfat có tính axit. Mục đích này là để trung hòa kiềm thì phải hòa tan nitrat và phosphat.

Trong gốc phosphat (PO_4^{3-}) có phospho. Do có nhiều loại phosphat, đặc biệt là các phosphat của những nguyên tố vi lượng kết tủa ở nồng độ cao vì

vậy cần phải duy trì nồng độ phospho càng thấp càng tốt kết hợp với việc cung cấp hợp lý.

Ngoài những nguyên tố vi lượng là sắt, mangan, đồng, bo, kẽm và molipđen, còn có những nguyên tố khác như nhôm, clo, silic, natri cũng là những vi lượng cần cho cây. Nhưng phải có những quy định chung về mức độ sử dụng vi lượng, vì một số nguyên tố vi lượng rất độc với cây. Do vậy cần phải kiểm soát chặt chẽ nồng độ vi lượng trong dung dịch dinh dưỡng. Bảng 8.3 đưa ra mức tối thiểu, tối đa và tối ưu các nguyên tố vi lượng có trong dung dịch dinh dưỡng.

Bảng 8.3. Quy định nồng độ vi lượng trong dung dịch dinh dưỡng

Nguyên tố	Tối thiểu, ppm	Tối đa, ppm	Tối ưu, ppm
Sắt (Fe)	2,0	5,0	4,0
Mangan (Mn)	0,1	1,0	0,5
Đồng (Cu)	0,01	0,1	0,05
Bo (B)	0,1	1,0	0,5
Kẽm (Zn)	0,02	0,2	0,1
Molipđen	0,01	0,1	0,02

Nguyên tố vi lượng hỗn hợp

Vì các nguyên tố vi lượng đòi hỏi nồng độ nhỏ như vậy nên khi trộn hợp chất của nó với dung dịch dinh dưỡng sẽ gặp khó khăn đối với người không có chuyên môn về hóa học. Nhiều tác giả đề xuất sử dụng hai dung dịch có nguyên tố vi lượng, một là sắt và một là những nguyên tố còn lại.

Ví dụ muốn điều chế 100 l dung dịch dinh dưỡng thì cần phải tiến hành các bước sau:

Bước thứ nhất tính toán lượng muối yêu cầu để có được lượng nguyên tố vi lượng cần. Giả sử muối sắt sunfat là một trong những muối có thể dùng được thì trước tiên phải cân trọng lượng muối sắt, nồng độ của sắt là 4,0 ppm.

Bước thứ hai tiến hành tính toán:

a) Công thức phân tử: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

b) Khối lượng phân tử: 278 .

c) Phần trăm khối lượng phân tử: $\frac{56}{278} \times 100 = 20,1\%$.

d) Nồng độ của muối yêu cầu để được 4,0 ppm Fe trong dung dịch cuối cùng:

$$\frac{4,0}{20,1} \times 100 = 20 \text{ ppm} .$$

Nói cách khác là hòa 20 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ trong một lít nước và cứ 10 l dung dịch dinh dưỡng bổ sung 100 ml nước. Nồng độ cuối cùng của 4 ppm Fe ta sẽ được như ở bảng 8.4. Với các muối khác cũng tính toán tương tự. Để tránh kết tủa sắt người ta thêm 1 ml axit sunfuric đậm đặc vào 1 l dung dịch nguyên tố vi lượng.

Bảng 8.4. Lượng muối các nguyên tố vi lượng hòa tan trong 1 lít nước

Nguyên tố	Muối	Công thức phân tử	Khối lượng phân tử	% nguyên tố	Muối trên lít nước, g
Sắt (Fe)	Sắt sunfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	278	20,1	20
Mangan (Mn)	Mangan sunfat	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	223	24,6	2,0
Đồng (Cu)	Đồng sunfat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	249	25,6	0,20
Kẽm (Zn)	Kẽm sunfat	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	287	22,8	0,45
Bo (B)	Axit boric	H_3BO_3	61,8	17,5	2,9
Molipđen (Mo)	Natri molipđat	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	242	39,6	0,05

Đối với nguyên tố đa lượng có thể có các hỗn hợp khác nhau như trong bảng 8.5.

Bảng 8.5. Muối của các nguyên tố đa lượng

Nguyên tố	Muối	Công thức phân tử
Nitơ (nitrat)	Kali nitrat	KNO_3
	Canxi nitrat	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Natri nitrat	NaNO_3
Nitơ (amoni)	Amoni sunfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	Amoni nitrat	NH_4NO_3
	Amoni đihydrophosphat (monoamoni phosphat)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
	Điamoni hydrophosphat	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
	Ure	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
Phospho	Kali đihydrophosphat (monokali)	KH_2PO_4
	Monocanxi phosphat	$\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Axit phosphoric	H_3PO_4
Canxi	Canxi sunfat	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Magie	Magie sunfat ngậm nước	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
	Magie sunfat khan	MgSO_4
	Magie nitrat	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Mặc dù có nhiều tài liệu nói về sử dụng kết hợp các muối trong trồng thủy canh, nhưng chỉ có số ít được ứng dụng ở Anh, Mỹ và Châu Phi.

Dưới đây là công thức điều chế ở một số nước.

Công thức số 1 áp dụng ở Đức (công thức Knop)

Hợp chất	g/100 l
Kali nitrat	20
Canxi nitrat	80
Monokali phosphat	20
Magie sunfat	20
Tổng cộng	140

Cung cấp nguyên tố	ppm
N	125
P	45
K	136
Ca	136
Mg	20

Công thức số 2 áp dụng vào mùa hè ở Mỹ

Hợp chất	g/100 l
Kali nitrat	110
Canxi sunfat	76
Magie sunfat	52
Monocanxi phosphat	31
Amoni sunfat	14
Tổng cộng	283

Cung cấp nguyên tố	ppm
N	180
P	63
K	410
Ca	220
Mg	50

Công thức số 3 áp dụng vào mùa đông ở Mỹ

Hợp chất	g/100 l
Kali nitrat	55
Kali sunfat	50
Canxi sunfat	76
Magie sunfat	52
Monocanxi phosphat	31
Amoni sunfat	14
Tổng cộng	278

Cung cấp nguyên tố	ppm
N	104
P	63
K	410
Ca	220
Mg	50

Công thức số 4 áp dụng ở Anh

Hợp chất	g/100 l
Kali nitrat	55
Natri nitrat	64
Amoni sunfat	12
Monocanxi phosphat	44
Magie sunfat	52
Canxi sunfat	86
Tổng cộng	313

Cung cấp nguyên tố	ppm
N	200
P	88
K	200
Ca	270
Mg	50

Công thức số 5

Hợp chất	g/100 l
Monokali photphat	31
Canxi nitrat	107
Magie sunfat	58
Amoni sunfat	9
Tổng cộng	205

Cung cấp nguyên tố	ppm
N	145
P	70
K	90
Ca	180
Mg	58

Công thức số 6 áp dụng vào mùa hè ở Nam Phi

Hợp chất	g/100 l
Canxi nitrat	135
Magie sunfat	55
Monocanxi sunfat	47
Amoni sunfat	19
Kali sunfat	75
Tổng cộng	331

Cung cấp nguyên tố	ppm
N	200
P	94
K	330
Ca	305
Mg	50

Công thức số 7 áp dụng vào mùa đông ở Nam Phi

Hợp chất	g/100 l
Kali sunfat	88
Magie sunfat	55
Monocanxi phosphat	47
Canxi nitrat	75
Tổng cộng	265

Cung cấp nguyên tố	ppm
N	100
P	95
K	380
Ca	220
Mg	50

Có bảy công thức có thể áp dụng được, nhưng phải chú ý đến điều kiện cây trồng cụ thể để áp dụng cho phù hợp. Những công thức 1, 4, 5, 6, 7 không bảo quản ở dạng khô được vì canxi và natri nitrat hút ẩm.

Ngoài ra còn có những khó khăn nhất định khác nữa khi người làm vườn muốn tự mình pha trộn lấy dung dịch dinh dưỡng. Khó khăn thứ nhất do không có đủ các loại hóa chất cần thiết. Phần lớn các hóa chất đều do các nhà sản xuất công nghiệp cung cấp dưới dạng phân bón. Khó khăn thứ hai mua lẻ hóa chất để pha trộn giá thành sẽ rất cao. Vì vậy tốt nhất là các bột dinh dưỡng được bán ngoài thị trường cần phải sản xuất hoàn chỉnh có đủ nguyên tố vi lượng.

8.2. NGHIÊN CỨU NẢY MẦM VÀ THIẾU HỤT KHOÁNG CHẤT

8.2.1. Nghiên cứu thực nghiệm về nảy mầm

Mục đích là nghiên cứu về tỷ lệ nảy mầm của hạt. Phương pháp nghiên cứu về sự nảy mầm của hạt có thể tiến hành trong lớp cát hoặc khoáng chất dày khoảng 12 mm. Gieo lên bề mặt môi trường khoảng 50 đến 100 hạt tùy thuộc vào kích thước, sau đó tưới đẫm dung dịch dinh dưỡng cho môi trường, bên trên đặt tấm nhựa hoặc giấy dầu để giữ độ ẩm nhưng không được nóng quá. Môi trường phải luôn luôn giữ được độ ẩm bằng chất dinh dưỡng. Thỉnh thoảng phải kiểm tra sự nảy mầm của hạt và chú ý thời gian nảy mầm của hạt đầu tiên và hạt cuối cùng. Đếm số hạt nảy mầm và tính tỷ lệ phần trăm, nếu cần thiết ta tiến hành thử nghiệm trong môi trường chất khoáng. Nên mua hạt giống nhau cùng một cửa hàng để so sánh tỷ lệ phần trăm nảy mầm trong cùng điều kiện.

8.2.2. Nghiên cứu về sự thiếu khoáng chất

Mục đích của phần này là nghiên cứu ảnh hưởng do thiếu hụt một số chất khoáng nhất định trong cây trồng. Phương pháp được tiến hành như sau:

chuẩn bị các bồn trồng có đường kính 20 cm cho cát sạch vào làm môi trường trồng. Tưới các dung dịch dinh dưỡng khác nhau và thấy ảnh hưởng của sự phát triển của cây cùng loại phụ thuộc vào dung dịch thiếu nguyên tố cần thiết cho sự phát triển của cây.

Với mục đích đó người ta chuẩn bị tám dung dịch chính có chứa nguyên tố đa lượng cũng như hai dung dịch chính mà một nguyên tố sắt và một nguyên tố vi lượng khác. Đa số các hóa chất được liệt kê dưới đây có thể chỉ dùng cho thí nghiệm.

Để có được những nguyên tố chính người ta sử dụng tám dung dịch chính như trong bảng 8.6, dùng nước cất để hòa tan.

Bảng 8.6. Hàm lượng các nguyên tố trong dung dịch dinh dưỡng

Hóa chất	Công thức phân tử	g/l
Kali sunfat	K_2SO_4	87,0
Magie sunfat	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	246,5
Canxi dihydrophosphat	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	12,61
Canxi sunfat	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	1,72
Canxi nitrat	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	236,0
Kali nitrat	KNO_3	101,0
Kali dihydrophosphat	KH_2PO_4	136,0
Magie nitrat	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	256,3

Để điều chế dung dịch nguyên tố vi lượng cần phải điều chế dung dịch A theo yêu cầu sau đây:

Hóa chất	Công thức phân tử	g/l
Axit boric	H_3BO_3	2,86
Magie sunfat	$MgSO_4.4H_2O$	2,04
Kẽm sunfat	$ZnSO_4.7H_2O$	0,22
Đồng sunfat	$CuSO_4.5H_2O$	0,08
Natri molipđat	$Na_2MoO_4.2H_2O$	0,025

Để điều chế dung dịch chính B có sắt, người ta hòa tan 20 g muối sắt amoni xitric trong một lít nước. Khi đã có dung dịch chính phải điều chế dung dịch dùng để trồng trọt khác nhau, mỗi dung dịch đều phải có nguyên tố cần thiết nhất định nên có thể điều chế theo bảng 8.7 ta sẽ được dung dịch theo yêu cầu.

Bảng 8.7. Các chất điều chế dung dịch theo yêu cầu

Hóa chất	cm ³ dung dịch chính/l
a. Nitơ trong dung dịch	
MgSO ₄ .7H ₂ O	2
K ₂ SO ₄	5
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O	10
CaSO ₄ .2H ₂ O	200
b. Kali trong dung dịch	
MgSO ₄ .7H ₂ O	2
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	5
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O	10
c. Phospho trong dung dịch	
MgSO ₄ .7H ₂ O	2
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	4
KNO ₃	6
d. Canxi trong dung dịch	
KH ₂ PO ₄	1

MgSO ₄ .7H ₂ O	2
KNO ₃	5
e. Magie trong dung dịch	
KH ₂ PO ₄	1
K ₂ SO ₄	3
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	4
KNO ₃	6
f. Lưu huỳnh trong dung dịch	
KH ₂ PO ₄	1
Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	2
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	4
KNO ₃	6
g. Dung dịch dinh dưỡng hoàn chỉnh	
KH ₂ PO ₄	1
MgSO ₄ .7H ₂ O	2
KNO ₃	5
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	5

Theo bảy dung dịch từ a đến g (bảng 8.7), người ta trộn nguyên tố vi lượng của dung dịch A, và một nguyên tố vi lượng sắt của dung dịch B để được dung dịch dinh dưỡng dùng trong trồng trọt.

Đầu tiên người ta thêm 1 cm^3 dung dịch A vào từng lít dung dịch dinh dưỡng. Sau khi cây đã mọc thì thêm dung dịch B với tỷ lệ $1\text{ cm}^3/\text{l}$ cung cấp cho cây khoảng hai lần một tuần. Mỗi dung dịch hòa tan axit sunfuric để có độ pH trước khi sử dụng là 6. Với dung dịch f hòa tan axit nitric để được độ pH theo yêu cầu, cũng như dung dịch có nguyên tố vi lượng trong đó có sunfat sẽ phải thay bằng clorua.

Phương pháp pha chế dung dịch:

a) Điều chế dung dịch có độ cứng nhân tạo bằng cách hòa các chất hóa chất sau đây trong 2 lít đã được khử ion... $2,0\text{ g NaCl}$; $1,0\text{ g CaCl}_2$; $1,0\text{ g MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ gọi là dung dịch A. Tổng độ cứng là 652 mg/l (xem như là CaCO_3).

b) Để có độ kiềm (tác động phụ) đối với dung dịch này người ta thêm $0,25\text{ g NaHCO}_3$ vào 1 l dung dịch A, gọi là dung dịch B.

c) Bằng pH kế ta có thể đọc được độ pH của dung dịch B khoảng 8.

d) Tương tự như vậy có thể xác định được độ pH của dung dịch A vào khoảng 6.

Bây giờ thêm vài giọt $0,1\text{ M NaOH}$ vào cho đến khi độ pH của dung dịch A giống như độ pH của dung dịch B gọi là dung dịch C.

e) Trong bình có dung tích 250 ml chứa dung dịch A và dung dịch C, người ta chia ra làm hai phần. Mỗi phần đó được chiết xuất với $0,025\text{ M H}_2\text{SO}_4$ cho đến khi mỗi phần đạt tới giá trị độ pH là 6.

Kết quả

Dung dịch B cần 10 ml axit để giảm độ pH đến 6 và dung dịch C cần ít hơn 0,5 ml. Nói cách khác, phải lấy dung dịch đệm khoảng hai mươi lần so với thể tích của axit để độ pH của nó giảm xuống được 2 đơn vị so với dung dịch không đệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **L. Brader.** Soilless Culture for Horticultural Crop Production.
2. **Dudley Harris.** Hydroponics, The Complete Guide to Gardening without Soil.
3. **Neptale Q. Zabala.** Mass Vegetative Propagation of Dipterocarp Species, May 1993, College, Laguna Philipines.
4. **Struan K. Sutherland.** Hydroponics for Everyone. A Practical Guide to Gardening in the 21st Century. Hyland House 1993.
5. **Adams, P.** Some Responses of Tomatoes Growwn in NFT to Sodium Chloride Proceedings 7th Int. Congr. Soilless Culture.
6. **Adams, P. Graves, C. J. and Winsor, G. W.W.** Some Responses of Cucumber, Grown in Beds of Peat, to Micronutrients and pH. J. Hort. Sci. 1989.
7. **Graves, C.J.** The Nutrient Film Technique. Hort. Rev. 5, 1983.
8. **Bartkowski, K. and Nowosielski, O.** The Use of Tray Container Technique For Industrial Greenhouse Tomato Production. ISOSC, Wageningen 1989.
9. **Erickson, L.C.** Growth of Tomato Roots as Influenced by Oxygen in the Nutrient Solution. Am. J. Bot. 33, 1986.

MỤC LỤC

Lời giới thiệu	3
----------------------	---

Chương 1. LỊCH SỬ KỸ THUẬT THỦY CANH

1.1. Cách trồng cây – Những yêu cầu cơ bản.....	9
1.1.1. Nước	10
1.1.2. Nước - dung dịch khoáng	11
1.1.3. Nhiệt độ và ánh sáng	11
1.1.4. Không khí.....	12
1.1.5. Kiểm soát bệnh và sâu hại.....	12
1.1.6. Những nhu cầu phù hợp với cây trồng thủy canh.....	13
1.2. Thức ăn của cây trồng và dung dịch dinh dưỡng	14
1.2.1. Các khoáng chất thiết yếu	14
1.2.2. Tỷ lệ các chất dinh dưỡng	16
1.2.3. Sự thay đổi tỷ lệ các chất dinh dưỡng theo mùa.....	18
1.2.4. Làm thế nào để mua hoặc tạo ra hỗn hợp khoáng chất?	18
1.2.5. Chất lượng nước	18
1.2.6. Kiểm tra dung dịch dinh dưỡng	19
1.2.7. Điều chế và thay thế dung dịch dinh dưỡng.....	19
1.3. Môi trường cho cây trồng thủy canh	20
1.3.1. Cát	21

1.3.2. Xi.....	22
1.3.3. Chất khoáng peclit	22
1.3.4. Chất khoáng vecmiculit.....	28
1.3.5. Vật liệu nền growool.....	28
1.3.6. Vật liệu nền là đất sét nung.....	30
1.4. Ứng dụng sinh khối thực vật Nhân giống cây trồng bằng phương pháp giâm cành ở một số nước trong khối ASEAN.....	31
1.4.1. Indônêxia	31
1.4.2. Malaixia	36
1.4.3 Philipin.....	40

Chương 2. KỸ THUẬT TRỒNG SẠCH

2.1. Phân loại hệ thống trồng sạch	43
2.2. Kỹ thuật thủy canh	44
2.2.1. Trồng ngập nước: hệ thống Gericke.....	44
2.2.2. Hệ thống thủy canh nổi.....	46
2.2.3. Trồng ngập trong nước tuần hoàn	47
2.2.4. Kỹ thuật màng dinh dưỡng.....	52
2.2.5. Các bộ phận của hệ thống kỹ thuật màng dinh dưỡng	56
2.2.6. Các kỹ thuật màng dinh dưỡng đặc biệt.....	61
2.3. Sương mù dinh dưỡng: thủy canh thoáng khí.....	73
2.4. Trồng trên chất trơ: hệ thống mở (không tuần hoàn)	74
2.5. Trồng trên nền cát	75
2.6. Trồng bằng cát trong nhà kính	77

2.7. Hệ thống trồng bằng cát mỏng.....	78
2.8. Chất nền trơ trong túi	78
2.8.1. Cát và chất khoáng khác	78
2.8.2. Vecmiculit.....	79
2.8.3. Peclit	81
2.8.4. Chất nền hữu cơ tổng hợp	82
2.8.5. Chất xơ khoáng	83
2.9. Trồng cây trên nền trơ (hệ thống kín) hay trồng trên nền sỏi	95

Chương 3. THỰC HÀNH THỦY CANH QUY MÔ NHỎ

3.1. Trồng cây trong nước	100
3.2. Trồng cây trên nền cát hoặc vecmiculit	103
3.3. Trồng cây trên nền sỏi theo kỹ thuật thủy canh	103
3.4. Thủy canh trong gia đình trên quy mô nhỏ	104
3.5. Chuẩn bị bốn trồng thủy canh	107
3.6. Gieo hạt vào môi trường.....	108
3.7. Trồng cây mầm vào môi trường nền	109
3.8. Cung cấp dinh dưỡng cho cây	110

Chương 4. DINH DƯỠNG TRONG TRỒNG SẠCH

4.1. Giới thiệu	116
4.2. Các chất dinh dưỡng cho cây trồng	117
4.3. Công thức dinh dưỡng	121

4.4. Nồng độ chất dinh dưỡng.....	126
4.5. Các hoá chất dùng trong dung dịch dinh dưỡng.....	127
4.6. Tính công thức dung dịch dinh dưỡng	129
4.7. Độ tinh khiết của phân bón sử dụng.....	134
4.8 Điều chế dung dịch dinh dưỡng đậm đặc.....	135
4.9. Sử dụng các công thức dinh dưỡng có sẵn cho trồng sạch	137
4.10. pH và độ dẫn điện	138
4.11. Độ mặn của nước cấp.....	139

Chương 5. KHỬ TRÙNG MÔI TRƯỜNG TRỒNG TRỌT

5.1. Xử lý môi trườngtrồng cây.....	143
5.2. Xử lý môi trường đá vôi	144
5.3. Kỹ thuật phun.....	145
5.4. Các phương pháp chữa bệnh	147

Chương 6. ƯU ĐIỂM VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA KỸ THUẬT THỦY CANH

6.1. Các ưu điểm chung.....	150
6.1.1. Kiểm soát dinh dưỡng cây trồng	150
6.1.2. Giảm bớt công việc nặng nhọc.....	152
6.1.3. Dễ dàng tưới tiêu	152
6.1.4. Dễ dàng khử trùng.....	153
6.1.5. Nâng cao sản lượng.....	154
6.2. Ưu điểm trong các điều kiện đặc biệt	156

6.2.1. Sản xuất ở những vùng không có đất thích hợp	156
6.2.2. Tiết kiệm nước	157
6.3. Các nhược điểm của trồng sạch	157
6.3.1. Chi phí đầu tư cao	158
6.3.2. Đòi hỏi kỹ thuật cao trong quản lý.....	159
 Chương 7. BỆNH RỄ VÀ NĂM BỆNH RỄ	
7.1. Vấn đề sinh lý cơ bản của bệnh rễ	163
7.2. Nơi thường mắc bệnh	163
7.3. Mầm bệnh và phản ứng của cây trồng	164
7.4. Nấm bệnh trong các hệ thống thủy canh.....	166
7.5. Vi khuẩn trong hệ thống thủy canh.....	168
 Chương 8. TÍNH TOÁN DINH DƯỠNG TRONG KỸ THUẬT THỦY CANH	
8.1. Phương pháp tính toán.....	170
8.2. Nghiên cứu nảy mầm và thiếu hụt khoáng chất	186
8.2.1. Nghiên cứu thực nghiệm về nảy mầm.....	186
8.2.2. Nghiên cứu về sự thiếu khoáng chất	186
 Tài liệu tham khảo	 193

**TRUNG TÂM TƯ VẤN CHUYỂN GIAO
CÔNG NGHỆ NƯỚC SẠCH VÀ MÔI TRƯỜNG**
Chủ biên: PGS. TSKH. Nguyễn Xuân Nguyên

**KỸ THUẬT THỦY CANH
VÀ SẢN XUẤT RAU SẠCH**

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Biên tập:

Vẽ bìa:

PGS. TS. Tô Đăng Hải
Nguyễn Kim Anh, Nguyễn Văn Đàm,
Phạm Thị Thúy Hằng
Hương Lan

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội

5.50

KHKT-2004

In 800 cuốn, khổ 16 x 24cm, tại Nhà in Hà Nội thuộc Công ty Phát hành sách Hà Nội.
Số giấy phép 6-259 cấp ngày 5/1/2004. In xong và nộp lưu chiểu quý 1/2005.

205040

kt thủy canh và sx rau sạch



45 000 VNĐ

Giá: 45.000đ