

NFT 시스템을 이용한 엽채류(상추)재배

정 순 주
전남대학교 원예학과

1. 서언

우리나라에 있어서 양액재배는 지금으로부터 40년전으로 거슬러 올라간다. 그러나 현재의 발전수준은 양액재배가 발전된 나라들에 비하면 극히 그 수준이 저조한 상태에 머물고 있다. 그러나 최근에 들어 그러한 현상은 농업을 에워싼 환경의 변화에 따라 크게 자극을 받고 있다. 시설원예의 일부가 양액재배로 전환되어가는 일이 전국적으로 확산되어가고 있다. 이러한 현상은 마치 사람이 깊은 잠을 자고 난 후에 다시 활발한 활동을 시작하는 것처럼 지구상의 생물의 주기적인 활동현상과 유사해서 장래의 발전에 기대가 된다. 결론부터 말하면 한국의 양액재배는 더이상 긴잠을 지속할 수 없는 상황에 처해 있다. 물론 현재의 양액재배에 이르기까지의 경과에 대해서는 많은 시행착오의 반복이 있었고 또 앞으로도 그러한 과정은 상당한 기간동안 지속이 예견된다. 그러나 최근 그 불안으로부터 탈피하여 양액재배는 우리나라의 새로운 농업기술의 1분야로 정착해가고 있다. 그 증거로서 전국각지에서 양액재배 능가가 다수 출현하고 있다는 것이다. 이러한 현상은 지금까지 우리나라 양액재배 역사중에 볼 수 없었던 일이라고 하겠다.

또한 양액재배에 대한 사회적 관심이 강하고, 생산물에 대한 소비자의 요구도, 신선도, 안전성, 맛, 그리고 영양가치 등 다양화되고 있다. 이러한 다양화된 소비동향에 정확히 대응하는 기술로서의 가능성이 양액재배에는 있다. 왜냐하면 작물의 지상부환경제어에 더하여 지하부환경제어를 쉽게 할 수 있기 때문이다.

양액재배를 시도하는 사람은 대규모전업농가를 중심으로하여 농업에 매력을 느끼고 있는 사람들로 구성되고 있으며 그들의 대부분이 젊은 후계자라는 것도 중요하다. 다시말하면 양액재배는 젊은이들의 마음을 끌고 있다는 것이다. 그러나 양액재배기술은 아직 일반화되어 있지 않다. 그 기술을 평준화하기 위해서는 앞으로 해결을 요하는 많은 일이 남아있다. 우리나라 농산물, 특히 원예작물의 생산기술로서 폭넓게 이용할 수 있는 기술이 개발되어야 한다. 양액재배는 앞으로 우리농업발전에 있어서 기술혁신의 추진역을 담당할 것으로 확신한다.

오늘 여기에서 논의하고자 하는 것은 NFT(박막순환양액재배)시스템에 대해서 우선 NFT시스템에 관한 기본개념, NFT시스템의 초기 발달사, 장단점, 시스템설치등을 살펴보고 그 다음 NFT시스템을 이용한 엽채류재배에 대해서 소개하기로 한다. 마지막으로 NFT시스템의 문제점과 NFT시스템의 새로운 전개에 대해 생각해 보고자 한다.

2. NFT 시스템을 이용한 업체류의 양액재배

1) 기본개념

NFT의 원형은 인도의 Sholto Douglas가 신선한 채소를 재배하기 위해 싸고 간편한 수경재배시스템을 개발한 것으로서 이것은 1973년에 박막순환양액재배(nutrient film technique, NFT)라는 명칭으로 발표되었다. 영국의 Allen J. Cooper는 1979년에 영국 농무성「Blueprint」에 이 시스템에 관한 실용적 해설을 하였고 동년에 NFT구조나 배양액 관리, 액온관리법등을 해설한 실용적 해설책자인 「The ABC of NFT」라는 책을 저술하였다. NFT란 nutrient film technique의 약칭이지만 의미하는 것은 수십이 얇은 배양액에서 행하는 수경재배 방식이다. 그러나 미국에서는 NFT를 nutrient film technique로 말하기도 한다. 이는 양액을 「흘린다」는 의미가 포함되어 진정한 의미가 통하는 것이 아닌가라는 생각도 하게된다. 그러나 두가지 의미가 뜻하는 것은 모두 얇게 흐르는 배양액으로 하는 수경재배라고 하는데는 차이가 없다. NFT의 1차적인 목적은 토양과 물의 이용성면에서 보편적인 토경이 부적절한 지역에서 대규모, 저비용으로 작물생산을 가능하게 하는 것이다. 원래 Cooper는 경제적으로 빈곤한 제 3세계를 포함한 많은 나라들에 NFT시스템을 설치해주는 일에 참여를 하게되었다. 많은 사람들이 교육과 경험이 없기때문에 시스템자체의 관리가 용이하도록 단순화시키는 것이 필요하다고 생각했다. NFT는 배지가 없거나 최소한의 배지에서 식물을 재배하는 수경방식이며 양액의 pH변화를 최소화하는 장점을 가지며 장치를 설치하는데 있어서도 지상에 플라스틱필름을 이용하여 재배조를 만들기때문에 비용을 크게 절감할 수 있으며 식물체의 뿌리는 필름처럼 얇은 영양액이 흐르는 속에서 자라게된다. 이 때 영양액의 저장탱크에 수집되어 다시 재순환하게 된다.

2) NFT의 필요성

토양재배작물에 있어서의 문제점은 척박한 토양구조, 다양한 수분함량, 수용성염의 축적, 동일종의 연작에서오는 병충해 문제들이다. 그러한 이유에서 영국이나 그 밖의 지역에서 peat나 peat를 섞은 용토를 넣은 분리된 용기에서 식물을 재배해왔다. 그러나 식물당 peat용적이 많이 소요되어 경제적인 이유로 더이상 지속이 어려웠다. 따라서 작물에 물과 양분을 적절하고 균일한 공급을 보장하는 문제가 대두되게 된 것이다.

구라파에서 NFT의 진전은 1973년 에너지 위기에 의해 이루어졌다. 당시는 증기소독 비용이 작물재배에 주요비용이었는데 역시 그 일도 경제적인면에서 대형 plastic sheeting의 이용성증가를 수경재배기술로 대체하는 것이 더 쉬었다.

다른 재배법에 비해서 NFT가 전망이 있었던 몇가지 이유는 최근 암면재배의 도입으로 유사해지게 되었다. 그것은 몇가지 NFT의 장점 즉 양호한 성장조절과 고수량이 유사한 결점 즉 높은 투자비와 양액의 완충능 결여등을 나눠갖게 되었다.

3) NFT 시스템의 초기발달

온실재배가 폭넓게 이해되고 경제적 효율이 입증된 최초의 양액재배 시스템이 바로 NFT이다. 그래서 그 배경에 대해서는 많은 관심을 불러 일으키고 있다. 화란에 있는 생물생리연구센터(Plant Physiology Research Center)의 DeStiger(1961,1969)가 이 시스템의 원형을 개발하였다. 연구목적으로 자기방사그라프프(autoradiographs)를 만들기 쉽도록 얇고 회수될 수 있는 막내에서 뿌리가 자라는 방식을 개발하였다. 영국에 Cooper(1973)는 DeStiger와 연락하여 이러한 절차에 대한 상업적 가능성을 타진한 후 그로부터 NFT시스템을 개발하였다. NFT는 좁고 경사진 채널내에 식물을 재배하는 수경재배의 한 형식이다. 양액이 재순환하는 양액의 얇은 필름은 채널내 뿌리를 통과해서 흐른다. 고전적인 양액재배 시스템과는 달리 NFT는 양액이 3mm깊이로 제한되기 때문에 통기에 문제가 없다. NFT의 영리적 시설은 1970년대 초에 시작했다. 1982년에는 영국에 대개 50ha정도였고 화란에도 상당한 면적이 있었다. 미국의 면적은 알려지지 않으나 수백개의 회사들이 온실에서 NFT시스템으로 채소물 생산하고 있다. NFT의 가장 광범위한 발전은 화란에서 이루어졌는데 그 이유는 소독문제였다. 화란에서 대부분의 온실은 더운 물로 가열하는데 그것은 소독이 적절하지 못해 메틸브로마이드를 사용하였다. 그러나 메틸브로마이드는 쉽게 토양에 침투한다. 그 결과 식수오염이 심해져 심각한 환경문제로 부각되었다. 그래서 NFT가 매력을 끌게 된 것이다. 북유럽에 NFT는 1980년대를 극점으로 크게 전파되었으나 그이상 늘어나지 않았다. 그 변화이유는 폐쇄순환용액에 병해문제가 발생되었다. 식물체 하나가 오염되면 다른 식물에 급격히 전파되었고 또한 NFT시스템은 초기시설비와 지속적인 전력소모가 문제가 되어 더이상 늘어나지 않았다. 뿌리에 양액의 단순한 통과 후 폐액화하는 개방재배시스템은 병해문제를 덜어주었고 자동화문제를 해결하였다.

4) NFT의 장단점

NFT는 다른 보통(일반)작물생산 system에 대해 수개의 장점을 갖는다. 특히 자동화된 computer조절법을 사용 근원환경조절을 위한 큰 가능성을 갖는다. 관수를 대폭적으로 단순화시킨다. 즉 NFT는 매일 수분요구를 할당할 필요가 없고, 관개노즐의 성능을 검사하는 일을 없앨수 있다. 양분공급의 균일성이 보장되고, 양액농도를 작물전체 생장을 통해 작물의 다양한 요구에 맞출 수 있다. 양액은 지속적으로 순환되고, 혹은 energy를 절약하고 등계재배 토마토작물의 영양생장을 조절하기 위해 간헐적으로도 순환된다.

근은이 필요할때 울리기도 하며(Moorley 1980, Orchard 1980), 그리고 작물보호를 위해 적절한 화학약제를 필요에 따라 system을 통해 저농도로 일정하게 산포할 수도 있다. 또다른 장점은 장기재배가 가능하다 그리고 최근에는 재배면적당 산출고를 증가시키는데 높은 재식밀도를 채용한 경우도 있다. 토마토 수량과 품질이 다른 형태의 재

배에서 보다 NFT에서 더 높다. 한편, 물의 유효한 사용때문에 건조지역에 적절한 재배 기술을 만든다. 그 기술은 역시 영양상태, 수분함수, 산소농도, 온도 등 모든 변량을 적어도 이론적으로 측정할 수 있는 폐쇄순환체계이기 때문에 실험도구로서의 매력을 갖는다.

한편 모든 다른재배방법에서와 같이 NFT는 몇가지 단점도 갖는다. 재배자들이 상당한 수준의 경험과 약간의 화학적 지식이 필요하며 초기시설비의 투자가 높다. 양분수준이 급속이 균형이 깨질 위험이 있다. NFT가 최초로 개발되었을 때는 그 시스템에서 재배하는 식물의 뿌리들은 토양에서 재배되는 식물체의 뿌리보다 근을 침입하는 유기체에 공격받기가 쉽다. 재순환 영양액은 식물손실결과 그 시스템에 병원균의 전파나 증식을 조장할 수 있다.

5) 장치의 기본구조와 설비

(1) 기능적 특성

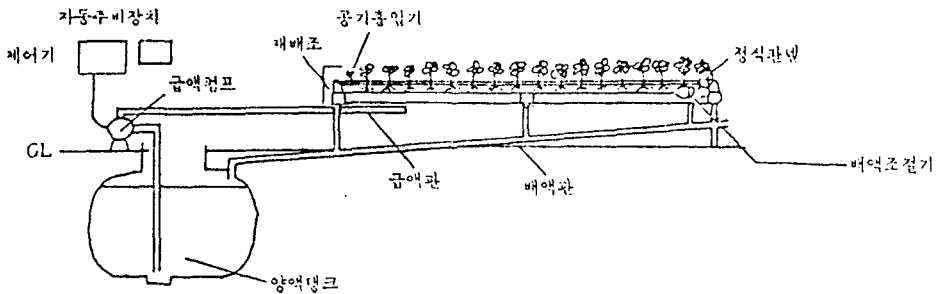


그림 1. 저설형 NFT 시스템

NFT재배의 시설구조에는 그림 1.2에 나타낸 바와같이 저설형과 고설형이 있다. 전자는 토마토, 오이, 가지등의 대형채소에 이용되고, 후자는 딸기, 사라다나, 시금치등에 이용되며 특히 작업자세의 개선과 공간의 유효한 이용에 효과를 발휘하고 있다.

재배용 bed는 channel이라 부르며 채소의 근부가 생육하는데 적절한 공간을 확보함과 동시에 그 부분에 배양액을 상시 흘리기위한 구배가 만들어진다. channel공간은 재배작물의 근량에 따라 다르며 토마토와 오이에서는 폭 25~30m 딸기, 삼엽채, 사라다나 등에서는 10m 전후로 된다. 배양액을 순환시키기 위한 channel의 구배는 일반적으로 1/80을 기준으로 하고 있으나 배양액유량이 많지 않기때문에 channel이 길면 배양액농도가 길어짐에 따라 저하하게되며 채소류의 생육도 배양액의 유입부에서 유출부로 가면 저하하기 쉬운 결점이 있다. 따라서 실용적인 chanel의 길이는 20m전후가 적당하다고 생각된다.

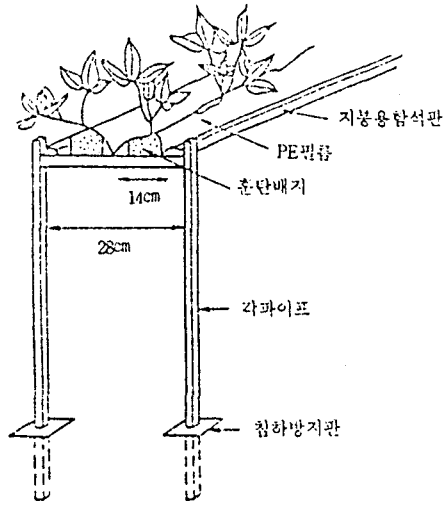


그림 2. 고설형 NFT 시스템

Channel은 두꺼운 철강판등으로 쉽게 만들 수 있는 것이 특징이다. 또한 chanel 전체가 비교적 경량이기 때문에 쉽게 고설화가 가능하다. chanel내에는 두꺼운 polyethylene film을 깔아 배양액의 흐름을 유지한다. 이 흐르는 물이 좁거나 얇으면 채소의 생육에 따라 근량이 증대되는 경우 배양액의 흐름이 정지되는 일이 있어서 생육이 불균일하게 되기 쉽다. 따라서 작업성등을 고려하여 가능한한 큰 골로제배하는 것이 좋다.

토마토나 오이등의 대형채소를 재배할 때 배양액의 체류는 생육차를 크게하는 원인이 되기때문에 이것을 방지하기 위해 최근에는 방근시트를 이용하여 이것에 의해 근권을 제한하여 배양액 흐름의 평균화될 도모하고 있다.

배양액은 이렇게 만들어진 channel내를 순환하는 것으로 되나 그림에 나타난 바와같이 비교적 간편한 장치를 만들어 재배가 가능한 것도 있다. 묘의 정식은 채소종류에 따라서 주간을 변경한 단순히 묘를 chanel내에 두고 방근시트와 polyethylene film으로 주원(株元)을 덮어서 주간은 클립등으로 고정하면 좋다. 탱크에 저류되는 배양액량은 수경방식중에서는 가장 소량이기때문에 용량이 적은 탱크를 설비하면 좋고, 장치비도 경감된다. 그러나 배양액량이 적어 고온기에는 액온이 기온의 영향을 받기 쉬워 고도의 고,저온을 초래하기 쉽다.

(2) 경영적 특성

장치는 극히 간편하고 재배효과도 높다. 특히 설치비는 표 1에 나타난 바와같이 지금까지 시설에서는 고려하지 않을만큼 싼값이다는 것, 실용성이 높다는 것이 인정되고 있다. 관련자재 메이커의 관심도 높으며 각종유사장치의 개발도 계속진행중이다.

NFT는 양액재배기술도입시 가장 큰 문제였던 설치비가 고가이라는 단점을 해소하는 동시에 생력효과도 크다는등 광범위한 분야에서 이용가능한 장치로 평가되고 있다.

표 1. 양액시설의 투자액과 내용연수 (10a당)

| 수경 토마토 (NFT) | | | 수경 삼엽채 (M식) | | | 수경 파 (NFT) | | |
|---------------|-------------|------|--------------|-------------|------|------------|-------------|------|
| 시 설 | 투자액 (천엔) | 내용연수 | 시 설 | 투자액 (천엔) | 내용연수 | 시 설 | 투자액 (천엔) | 내용연수 |
| Venlo 형 온실 | 11,000 | 15 | 철골 비닐 하우스 | 6,500 | 10 | 유리온실 | 10,400 | 15 |
| 수경plant | 5,000 | 10 | 수경plant | 9,675 | 7 | 수경plant | 7,500 | 7 |
| 내부 자동 피복장치 | 700 | 10 | 내부피복 장치 | 550 | 8 | 내부피복 장치 | 450 | 8 |
| 냉방 냉각시설 | 833 | 5 | 냉방시설 | 1,154 | 5 | 냉방시설 | 2,714 | 5 |
| 베드시트및 내장필름 | 133 | 3 | 트럭 | 300 | 3 | 트럭 | 800 | 5 |
| 트럭 | 167 | 4 | | | | | | |
| 계 | 17,833 | | 계 | 18,689 | | 계 | 21,864 | |

(3) 재배관리의 요점

a. 육묘관리

육묘는 수경용묘를 기르기때문에 토경의 경우와는 기본적으로 다르며 무병묘를 이용하는 것이 중요하다. 과채류에서는 혼탄, 베리쿨라이트나 암면이 적당하고, 엽채류에서는 버미쿨라이트, 우레탄 매트등이 이용하기 쉽다.

배양액은 과채류의 경우 초기생육을 억제하여 화아분화나 충실을 우선하기때문에 농도는 낮추고, 엽채류에서는 초기부터 충분한 영양을 주어 경, 엽, 근이 동시에 충실한 강한 묘를 만드는 것이 중요하다. 육묘장소는 가능한 한 무병묘를 이용하는 것이 바람직하다.

b. 배양액관리

○ 배양액량 : 배양액의 총량이 많을수록 배양액의 조성, 농도, PH 및 양온이 안정

하다. 그러나 그를 위해서는 배양액의 저류 Tank를 크게한다든가 배양액의 교환이 곤란하게 된다는 것 등의 결점이 생긴다. NFT에서의 재배가능한 최소량은 10a당 1m³로 극히 적다. 그러나 실제로는 그 수배의 배양액량으로 관리되고 있다.

○ 배양액조성 : NFT재배이기때문에 특히 배양액조성을 변화시킬 필요가 없다. 일반적으로 원시처방을 이용하나 최근에는 각 채소별로 다른 처방을 이용하는 야마자키처방이 보급되고 있다.

○ 배양액농도 : pH의 관리 : 배양액의 유동이 큰 NFT에서는 근부의 산소흡수가 용이하게 되는 동시에 양수분흡수도 효율적이기때문에 배양액의 pH관리에 관해서도 특히 변한것은 아니다. 배양액의 농도나 pH 보정도 자동 EC제어장치나 자동 pH제어장치의 이용에 의해 자동적으로 관리하는 것이 가능하며 수동의 경우에는 전기전도도계(EC 배타)를 이용하여 측정하고 부족분을 보급한다. 그러나 배양액조성이 불량해져 채소의 생육이 저하한 경우에는 배양액 전체를 교환한다. 그 기준은 급수량 EC 및 pH등의 변화가 근거가 된다.

표 2. 급수량, 전기전도도(EC) 및 산도(pH)의 변화에 의한 배양액의 진단.

| 급액량 | 전기전도도 | pH | 추정되는 원인 |
|-----|---------|-----------|---------------|
| 정상 | 정상 | 이상 상승, 저하 | 성분조성이 이상 |
| 정상 | 저하하지 않음 | 완만 상승, 저하 | 원수의 불용성분 축적 |
| 정상 | 정상 | 완만한 저하 | 근은 정상, 유기물 축적 |
| 감소 | 저하가 감소 | 완만한 저하 | 근의 부패발효로 효소축적 |

○ 급액법 : 배양액의 급액은 연속급액과 간단급액으로 구분한다. 급액법의 차이는 양분흡수 근부로의 산소공급에도 영향을 준다.

연속급액에서 재배하는 경우 적당한 급액량은 오이, 멜론 등의 박과채소에서는 배분 3~4ℓ의 다량급액으로 용존산소주체의 산소공급을 한다. 딸기는 배분 0.5~2.0ℓ, 토마토, 피망등의 가지과 채소에서는 배분 1~2ℓ의 연속 소량급액으로 하며 삼엽채, 실파, 사라다나 등의 엽채류에서는 배분 0.5~1.0ℓ의 소량급액으로 한다. 간단급액을 하는 경우 채소의 생리상태적 특성은 엽면적이 적어지고, 건물율이 높고, 근량이 적어지는 것이다. 그러나 근부의 TIC 환원력은 높고, 정오경의 엽의 증산저항은 높아 1일당 배양액의 흡수량이 많아진다. 간단급액에서 고려할 점은 급액의 정지시간이다. 근권온도나 근량에도 다르지만 정지시간이 짧으면 간단급액의 영향은 적어지며, 역으로 길면 양수분의 공급부족때문에 수분 stress를 일어나기 쉽게함과 동시에 모세근의 활력저하를 초래하게 된다. 토마토에서는 급액정지시간은 고온기에서 30~60분간 저온기에서

60~120분간이 적당하다.

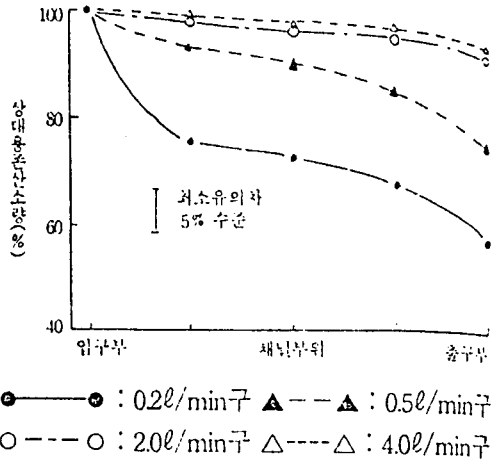


그림 3. 연속급액량을 달리한 고설 NFT 채널의 부위별 용존산소량

c. 온도관리

온도관리는 기온과 액온으로 나누어진다. 기온은 토경의 경우와 비교하여 액온은 2~3°C 높게 주온은 동시에 관리한다. 액온은 주온과 함께 근부의 활력이 높은 18~22°C 정도에 맞춰 관리한다. 따라서 기온의 변화가 큰 동계나 하계에는 배양액의 가온이나 냉각이 필요하다. 특히 NFT에서는 급액량이 적기때문에 액온이 기온의 영향을 받기 쉽다는 결점이 있다. 이때문에 배양액 탱크만이 아닌 제비용 channel에 가온 및 냉방 장치를 설치하면 훨씬 적당한 액온관리가 가능하게 된다.

(4) 시설운영상의 유의점

a. 도입조건의 검토

NFT뿐만아니라 양액제배도입시 우선적으로 검토할 필요가 있는 것은 제배기술이 토경과는 다르다는 것이다. 기술의 고저, 양부가 직접채소제배를 좌우하고, 수익에 크게 영향한다. 따라서 NFT를 도입할 때에는 기술내용을 정확히 이해하는 것이 중요하다. 다음으로 이용하는 원수의 특성조사가 필요하다. 이것은 종래의 양액제배가 불안정한 것으로 생각한 커다란 원인의 한개로 용수의 성질불량이 있기 때문이다. 특히 Ca, Mg, Na, Cl 등이 많은 경우이다. 해안지대의 지하수는 이용이 어렵다. 대책으로서는 우수의 이용, 수도수의 이용이 이루어지고 있으나 저수방법이나 수도사용료의 문제도 있다. 따라서 양액제배를 실시할 때에는 장애가 없는 양질수를 풍부히 얻기 쉬운 것이 중요한 조건이다.

b. 제배체계의 확립

NFT는 재배의 시작이나 완료, 재배준비가 간편하다. 이 특성이 있어서 설세없이 생산을 계속할 수 있는 재배체계를 수립하는 것이 가장 효율적이다. 장치는 작목의 특성에 맞춰서 설치하고, 작업성이나 생산성의 향상을 고려할 필요가 있다. 이때문에 가능한 한 생산전용장치와 육묘시설과를 분리하여 육묘에서 생산까지의 흐름을 체계화하고 시설의 이용효율을 확대하는 것이 중요하다.

c. 시설의 자동화와 규모확대

재배시설의 대부분이 자동화하기 쉽기 때문에 생력적으로 고생산시설을 도입 규모확대를 목표로 하는 것이 비용절감의 방법이다. NFT는 그러한 요구에 간편하게 대응할 수 있는 시설의 한개라고 할 수 있다.

d. 고품질생산기술의 導入

포식시대에 들어와 채소의 소비동향은 고품질 소량소비의 경향이 강하다. 채소가 갖는 신선도, 영양성, 기능성 및 안전성 등이 폭넓은 요구대상이 되고 있다. 이러한 소비자 요구에 응하기 쉬운것이 양액재배의 특질이라고 생각한다. 정확한 재배기술을 구사하므로써 각각의 채소의 특성을 한층 고도로 발휘시키는 것이 중요하다. 이것은 토경에서는 용이하지 않고 NFT를 포함한 양액재배에 주어진 커다란 잇점이며 이것을 하는가 하지 않는가가 경영개선의 가능성을 좌우한다.

e. 시설자재의 보전과 처리

NFT는 설비가 간이하기 때문에 작부별 준비와 작업이 필요하며 그것이 쉽게 이루어질 수 있다. 그러나 다른 장비와 같이 충분한 주의를 해서 면밀히 실시하는것이 중요하다. 재배종료시에는 재배상의 polyethylene sheet를 교환하고 병충해방제나 재배중에 축적 되었다고 보는 성분을 제거한다. 더우기 교환하지 않는 배양액 탱크나 급수파이프에 대해서는 차아염소산나트륨액 등으로 충분히 소독한다. 또한 재배중에 나오는 배액에 관해서는 저류하여 회석해서 토경작물용 액비로 이용해도 좋다. 하수 등에 배수하는 경우는 하천이나 지하수를 오염할 위험성이 없지 않게 배려한다.

6) 적응작물과 栽培

(1) 적응작물의 선정

NFT재배에 적응한 작물에 관해서는 아직 충분히 밝혀지지 않았다. 선정시는 재배시설에 맞춰 작물의 특성이 고도로 발휘되어 양질 안정생산을 도모하는것이 가장 중요하며 이에 더하여 경영적으로 채산을 맞출 수 있는가가 문제이다. 현재 NFT를 이용하여 재배하고 있는 작물은 삼엽채, 실파, 사라다나, 시금치, 크레슨 등이다. 토마토, 오이에 관해서는 근권이 좁아 장기간 재배가 어려우며 재배횟수를 증대시키는 것이 좋다고 생각된다. 또한 토마토는 최고의 품질지향에 대응하며 모관수경방식을 이용하여 근부에 stress를 주는 방식이 이루어지고 있는 절수 재배에는 NFT가 가장 적합하다. 사라다나, 상추, 삼엽채 등과 같은 단기간에 미숙한 채소를 수회 많이 재배하는 작물에도 NFT가 알맞다. 이 경우 작부준비나 처리가 용이해 시설의 이용효율을 높이는데 기여하고 있다.

3. NFT 시스템을 이용한 상추 재배

a. 품종

시판품종이면 어느것이든 적합하나 재배횟수를 늘리기위해 조생형 품종이 적합하다. 양액재배에는 엽상추가 재배하기 쉽고 결구상추는 토경에 비하여 구의 결실성이 약간 불충분한 결점이 있다.

b. 육묘관리

파종에는 수경육묘용 우레탄 매트를 이용하여 block별로 2~3립씩 파종한다. 온도는 20~25°C로 고온을 피한다. 발아후 자엽이 전개하기 시작하면 1/2농도의 원시처방 배양액 EC 1.2mS/m의 것을 산포한다. 발아후 1 block 1분으로 솟아 생육시키고, 육묘기간은 고온기에 15~20일, 저온기에는 20~25일정도다.

c. 정식은 1.5~2.0 엽기에 정식한다. Channel내에 설치한 전용bed구멍에 1 block씩 심는다.

d. 배양액 관리

배양액으로는 원시처방이나 야마자키처방을 이용하여 EC 2.0~2.5mS/m, pH 6.0~7.0에 맞추어 관리한다. 급액량은 분당 3~4ℓ로 연속 급액한다.

e. 상추는 냉량한 기후를 좋아하기 때문에 기온은 일중 20~25°C, 야간은 10~15°C로한다. 고온기에는 고온장해를 방지하기 위하여 일중 수시간 흑색한냉사를 사용하여 차광한다. 야온은 주온과 함께 15~20°C의 범위내에서 관리하고 고온기나 저온기에는 필요에 따라 배양액을 냉각 또는 가온한다.

f. 생리장해 병충해

신엽에 발생하는 tipburn이 문제로 원인은 고온, 고농도의 배양액, 석회결핍 등이다. 상추의 생리 특성을 손상시키지 않기 위해서는 비교적 저농도의 배양액을 사용하는것이 좋다. 병충해는 병해는 거의 발생하지 않으나 진딧물이 다소 문제가 되는 경우도 있다.

4. NFT 재배의 문제점

NFT 시스템은 상업농 재배가들에 의해서 빠른 속도로 채택되었는데, 특히 영국에서는 1970년에 NFT 시스템에 대한 기초지식이 부족했음에도 불구하고 빠른 속도로 채용되었다. 기술혁신보다도 연구의 진전이 더 빨라서 아마도 당시의 재배가들이 느꼈던 대부분의 문제점은 극복되었고, 또한 좋은 작물이 재배되었다.

a. 뿌리 병해

양액재배시 작물에 병해가 침투하면 근권병해에 감염되기 쉽다. 근권병해의 발생원은 오염된 종자, 감염된 번식 배지, 인접 온실 토양등에서 유래한다. 발생하기 쉬운

미생물은 Fusarium, Verticillium 등으로 위조를 유발하며 뿌리를 통해서 침입한다. 이런 문제점은 저항성 품종을 이용함으로써 회피 할 수 있다. 병해형성 미생물의 두번째 그룹은 Pythium, Phytophthora류이다. 이러한 Fungi는 운동성 유주자(motile zoospores)를 이용해 번식하고 퍼지기 위해서 물을 필요로 한다. 일반적으로, 이러한 Fungi의 침입 및 침범시 주근만이 별다른 영향을 받지 않고 남아 있게 되며, 그외 모든 뿌리는 없어지고 새로운 뿌리가 형성되지 않는다. NFT에서 사용할 Fungicides가 특별히 생산되지는 않지만, 가용성으로 제형된 etridizole 20ppm을 양액에 투여하면 Pythium과 Phytophthora를 방제 할 수 있다.

병해방제의 또다른 접근방식으로서 자외선조사를 들 수 있다. 최소 $25 \mu\text{wcm}^{-2}/\text{sec}$ 의 전력을 사용하는 자외선 정화장치를 도랑인구의 윗부분에 설치하여 양액은 2.2l/min의 유속으로 자외선 정화기를 통과하는데, 자외선은 매일 6~12시간동안 계속 조사한 결과 자외선을 조사하지 않은 대조구에 비해서 자외선 조사시에 병원균의 수가 현저하게 저하하였다는 보고가 있다.

근고사를 유발하는 뿌리병해를 최소화하기 위해서 위생을 좋게 유지 하는 것(예를들어 바닥을 폴리에틸렌으로 덮는다.)과 새로운 뿌리가 발달되기에 좋은 근권환경을 조성하는 것이 중요하다.

뿌리는 코르크화되지 않은 근의 부계상태에서 2가 양이온을 흡수하지 않는다. NFTsystem에서 식물에 유독한 아연 수준은 아직 정의 되지 않았다.

b. 영양장해

NFT는 폐쇄체계이기 때문에 양액 사용에 경제적이지만 물이나 화학재료로부터의 불결함이나 원하지 않은 이온들이 독성을 축적하고 있을지도 모르고 또한 비록 같은 전도도가 유지된다고 하더라도 균형배양액의 형태를 상실하지도 모르는 단점들을 가지고 있다. 이러한 가능성을 체크하기 위해서 N.P.K 와 같은 주요한 양분은 보통 2주 간격으로 분석하고 그 밖의 Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, B, Zn, Na 등의 양분은 4주나 6주간격으로 분석한다.

이러한 잦은 분석실험은 근본적으로 단점을 줄일 수 있게 한다. NFT에 있어서의 염류나 식물체로부터 증가되는 오염물질의 양은 다른 재배방식들에서 늘어나는 오염물질들과 비교해 거의 차이가 없다. 만약 오염물질에 대한 염려가 없다면 그야말로 NFT 수경재배는 장점을 갖고 있어서 재배방식의 부흥이 가능할 것이다.

NFT방식에서 인(P)결핍은 드물지만 만약 배양액 온도가 약 13°C 이하로 떨어진 기간이 지연 되는 동안 어린 토마토 (자엽이나 성숙한 엽의 자주빛 착색이 나타남)에서 발생할 수 있다. 토마토와 오이에서는 다른 양분보다도 K를 더 많이 흡수한다.

c. 생리장해

건조지대에서는 NFT를 이용해 작물이 비교적 서늘한 시기에 성공적으로 재배하고 있는 하나, 여름철에는 액온이 40°C 이상으로 상승하는 문제점이 발생한다. 양액재배

시스템에서 재배하는 대부분이 작물에 적합한 최대 근권온도는 35°C 정도라고 여겨진다. Jenson의 보고에 의하면 기온이 27°C일 때 *Pythium aphanidermatum*으로 인한 묘잘룩병이 발생하였다고 한다. 또한 여름철에 토마토와 오이를 심었을 때 *P. aphanidermatum*이 현저히 줄어들었다고 하였다. 온대지역에서 보고되는 생리장해는 아직 해명되지는 않았는데 (Hurd와 Graves, 1983), NFT재배 토마토나 그외 작물의 엽에 부종(oedema)이 발생하였다.

5. NFT시스템의 경제성

NFT와 그 외 다른 재배시스템간의 경제성을 측정할 때, 초기 시설설치 비용, 반복해서 소요되는 경비, 생산작물의 가치등을 분석해야 한다.

Potters와 Sims(1980)는 저가의 NFT시스템 (재배조(gullies)을 경사진 바닥의에 설치)과 비용이 더 많이 들어가는 NFT 시스템 (단단한 철제 troughs위에 설치)을 이용한 작물재배를 비교하였다. 이들은 경제성 비교를 할 때, NFT는 재배배지로 물을 사용하고 소독이 필요없다는 것을 고려하였다. 유리온실내외로 peat bag를 처리할 필요가 없기 때문에 작업시간이 적다. 이렇기 때문에 NFT에서는 최소한 2주간 이상을 더 생산할 수 있는데, 10월과 11월에 가격이 또 다시 상승하는 시기에 1~2kg/m²의 토마토를 더 생산할 수 있다. Potters와 Sims(1980)에 의하면 full season의 장기재배시 NFT를 이용하여 생산성이 15%이상되었다. 만일 저가의 NFT와 peat modules에서 생산된 토마토 생산성이 동일하면 두 시스템간 잇점이 없다. 비용을 많이 들여 설치한 troughs 재배조를 사용할 시에는 peat modules를 사용한 경우에 비해서 최소한 5%이상의 생산성이 높아야 한다고 한다.

NFT를 이용하고 있는 재배가들에 의하면 NFT는 관리가 용이한데, 특히 관수시스템이 간단하다. Van Os(1983)는 네덜란드에서 사용하고 있는 여러가지 무토양재배 유형의 설치비용을 계산하였다. NFT를 포함하여 많은 배지가 사용되고 있는데, 락울이 가장 유행하고 있다. 락울, foam bags, peat bags, NFT, 토경등이 이용되고 있는데, 동일 온실내에서 동시에 비교한 실험이 없다. 양액재배로 전환하는 이유를 보면 높은 토양증기소독비용(\$ 1.50/m²)과 겨울철 토양가온비용 때문이다. 무토양배지를 사용했을 때 가온은 정식 하루전에 시작하면 되는데, 토양에서는 정식 2주이전에 실시해야한다.

Van Os(1983)가 계산한 바에 따르면 가스의 절약은 작물재배면적, 즉 m²당 3~5m³ 정도이다. 락울을 사용하면 토양재배에 비해서 수량이 6~30%정도 높다. NFT를 사용하여 토마토를 재배했을 때 그 생산성은 락울에 비해서 때로는 높기도 하고 때로는 낮다. 양액재배 배지에서 작물을 재배할 경우는 토경에 비해서 초기투자 비용이 많고 연간 투자액이 비교적 높기는 하나 생산성이 높고 연료비가 절감되기 때문에 농민들이 점차적으로 토경에 비해서 무토양재배를 택한다. 기계화와 간작을 하기에는 락울재배보다는 NFT재배가 더 좋다는 사용했을 때의 생산성 비교는 많은 연구가들에 의해서 수행되었다. 그 결과는 표 1.4에 명시되어 있다.

6. NFT 시스템의 새로운 전개

NFT는 다른 재배방법에 비해서 기계작업을 하기에 좋고 좋은 품질의 토마토를 생산할 수 있다. 이것은 배양액 공급이 균일하게 뿌리 주위를 순환하기 때문이다. NFT시스템은 중앙아시아를 포함한 세계전역에서 현재 설치 운용하고 있다. 토경으로 작물재배가 어렵거나 기후조건, 불량한 토양 조건 등으로 토경이 안될때 실시한다. 건조한 환경에서 NFT를 이용해서 고품질 셀러드와 그 외 작물(메론, 민트, 화훼류등)을 생산할 수 있다. 현재 NFT에서는 토마토와 오이등의 장기 재배작물을 재배하는 것보다는 상추와 국화등을 훌륭히 재배하는 것이 훨씬 더 용이하다. 과실착과 특히 근고사에 관련된 문제에 대한 우리들의 지식이 증대 될수록 장기재배작물은 재배하기가 더 쉬워질 것이다.

대부분의 다른 재배 시스템에 대해서 NFT가 갖는 특별한 장점은 작물의 열 (rows)이 언제나 이동가능하다는 점이다. 이런 기술적 측면은 재배와 수확등의 기계화 가능성을 시사하고 있다.

NFT는 비교적 새로운 재배법이며, 1960년대 후반에 시설원예에 도입된 이래 상당히 발달되었다. 궁극적으로, 다른 원예기술처럼 NFT의 사용 정도는 다른 재배법에 대한 NFT의 경제성에 달려 있을 것이다.

우리나라에 있어서 NFT 시스템을 이용한 엽채류재배는 상추위주의 재배에 한정되고 있으나 기타 엽채류에의 이용이 크게 기대되고 있다. 한편 1991년 이후 남부지역에 설치된 상추재배용 NFT 시스템은 현재 거의 대부분 분무수경이나 다른 배지경으로 대체되었다. 그러한 이유는 아직까지 NFT 시스템의 개발과 운용타도 있겠으나 중요한 것은 생산물의 가격이 큰 원인이 되고 있다.

参考文献

1. 農耕と園藝編集部. 1986. レタス生理と栽培技術. 誠文堂新光社.
2. 農山漁村文化協會. 1979. レタス・セルリー・ハナヤサイ・他.- 基礎生理と應用技術. pp. 1-342.
3. 農業技術大系. 1989. 野菜編 12. 流通技術, 先端技術. 農山漁村文化協會.
4. Burrage, S. W. and M. J. Varley. 1980. Water relation of lettuce grown in nutrient film culture. *Acta Hort.* 98:79-86.
5. 장광호, 박권우. 1994. 수경재배시 배양액온도에 따른 엽체류의 생육양상. 한국원예학회 논문발표요지. 12(5):166-167.
6. Cooper, A. 1979. *The ABC of NFT.* Grower Books London.
7. Davies, J.M.L. 1980. Disease in NFT. *Acta Hort.* 98:299-305.
8. Hurd, R.G. and C.J. Graves. 1983. Interactions between air and root temperatures effects on tomatoes in nutrient film culture. *Annu. Rpt. Glasshouse Crops Res. Inst.* 1981.
9. Fransen, J.T.W. 1980. Commercial NFT-lettuce growing in Holland. *Acta Hort.* 98:241-242.
10. 板木利降. 1991. 施設園藝における養液栽培の手引. 施設園藝新技術實用化促進委員會.
11. Jackson, M. B. 1980. Aeration in the nutrient film technique of glasshouse crop production and the importance of oxygen, ethylene and carbon dioxide. *Acta Hort.* 98:61-78.
12. Jenner, G. 1980. Hydroponics-reality or fantasy? *Scientia Hort.* 31(1):19-26.
13. Mason, J. 1990. NFT culture. *Commercial Hydroponics.* pp.36-43.
14. Moorby, J. and C. J. Graves. 1980. The effects of root and air temperature on the growth of tomatoes and lettuce. *Acta Hort.* 98:29-43.
15. Morgan, J.V., A.T. Moustafa and A. Tan. 1980. Factors affecting the growing -on stages of lettuce and chrysanthemum in nutrient solution culture. *Acta Hort.* 98:253-261.
16. Price, D. and A. Dickinson. 1980. Fungicides and the nutrient film technique. *Acta Hort.* 98:277-282.
17. Tomlinson, J. A. and E. M. Faithfull. 1980. Studies on the control of lettuce big-vein disease in regulated nutrient solutions. *Acta Hort.* 98:325-332.
18. 塚田元尙. 1990. 寒高冷地野菜の品質生産をぐる諸問題(ミンポジウム講演要旨). 日本園藝學會. pp.67-76.
19. Van Os, E. A. 1983. Dutch developments in soilless culture. *Outlook in Agriculture.*
20. Witter, S. H. and S. Honma. 1979. *Greenhouse tomatoes, Lettuce and Cucumbers.* Michigan State University Press.