

# Test-strip을 이용한 오이植物體內 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 狀態 診斷을 위한 適正 葉柄位置의 探索

하순호

(광주농업고등학교)

## Determination of proper choice of cucumber petioles for the diagnosis of nitrate-nitrogen status by nitrate test-strip

Ha, Soon-Ho

Kwangju Agricultural High School, 500-130, Kwangju, Korea.

### 적 요

본 연구는 생육단계에 따라 동일한 오이 식물체내에서 질산태질소의 진단에 가장 적합한 엽병의 위치를 구명하고자 수행하였다. 이를 위하여 양액재배한 오이와 토양재배한 오이를 생육단계별로 모든 엽병을 대상으로 질산태질소 함량을 측정하여 생육단계에 따라 진단에 가장 적합한 엽병의 위치를 탐색함으로써 현지포장에서 농민이 직접 오이의 질소상태의 진단에 활용할 수 있도록 하고자 하였다.

이러한 목적을 위하여 오이를 최적조건하에서 재배하면서 엽위별, 생육단계별, 품종별, 양액농도별로 엽병의 질산태질소 함량을 정확하게 파악한 후 test-strip에 의한 진단을 시도하였다.

오이 엽병내 질산태질소 함량은 토양이나 양액중의 농도와 관계가 깊으나 엽령에 따라 큰 차이가 나타난다. 오이가 정상적으로 양분공급을 받으면 하위엽에서 그 농도가 가장 높고, 상위엽에서 낮게 나타난다. 그러나 양액중의 농도를 낮게하면 반대로 상위엽에서 높고, 하위엽에서 낮게 나타난다. 따라서 토양중에 질산태질소가 부족한 경우를 예상한다면 하위엽의 엽병을 대상으로 진단하는 것이 적합할 것으로 판단되었으며, 품종간의 차이는 유의성이 없었다.

질산태질소의 판단기준은 이느 조건에서나 오이가 정상적으로 생육하기 위해서는 400-800ppm 정도의 함량을 나타내야 하며, 엽병내의 함량이 800ppm 이상이면 과다한 상태로, 400ppm 이하이면 부족한 상태로 판단할 수 있다고 생각된다.

Test-strip을 이용한 진단은 본 strip의 최대 측정범위가 500ppm이기 때문에 엽병즙액을 희석하여 사용하여야 하는 불편함과 strip에 발색된 적색의 농담을 육안으로 비색하며, 비색시점에 따라 차이가 있기 때문에 검사자에 따라 변이의 폭이 커서 보다 일관성 있는 결과를 도출하기 위해서는 사용자 특정 개인의 지속적인 반복 판정이 필요하다고 판단된다.

## 1. 연구의 필요성 및 목적

오이는 세계인이 공통적으로 기호하는 과채류이다. 오이 식물체의 특성은 잎이 넓고 생육속도가 빠르며, 다량의 과실을 착생한다. 따라서 다량의 질소를 요구하게 되고, 질소 상태에 따라 생육과 과실의 비대정도가 좌우된다.

오이식물체에 질소가 결핍되거나 과잉되었을 때는 외관으로 나타난 증상에 의하거나 엽분석 등에 의하여 원인을 진단할 수 있다. 그러나 이 때는 이미 생리대사에 심각한 장애를 일으킨 후이므로 예방이라는 차원에서는 별 도움이 되지 못한다. 더구나 엽분석에 의한 영양상태의 진단은 최소한 며칠이 소요되므로 문제발생이 예측된 포장에서 조기에 신속한 진단 및 대책의 마련은 매우 긴급한 과제이다. 또한 정상적으로 생육하고 있는 경우라도 주기적으로 영양진단을 하는 것이 품질의 향상과 다수확을 위한 첩경이 될 것이다. 따라서 양분의 과잉 및 결핍에 기인한 영양장애의 진단은 정확하면서도 신속해야 하며, 가능한 현지포장에서 직접 진단할 수 있는 방법이 모색되어야 한다.

한편 아무리 간편한 진단방법이 고안되었다고 하더라도 어느 시기에 어떤 부위를 측정하는 것이 가장 합리적일지는 알 수 없다. 오이의 생장과 품질을 좌우하는 질산태질소는 뿌리에서 흡수되어 도관과 엽병을 지나 엽에서 질산환원효소의 작용으로 암모늄태로 환원된다. 따라서 오이식물체내에 흡수되는 질산태질소 상태를 진단하는 데는 줄기와 엽병이 적합하겠으나 진단을 목적으로 하나의 식물체의 줄기를 절단한다는 것은 무리이므로 엽병을 이용하는 것이 적합하다. 그러나 질산태질소는 식물체내에서 이동성이 크며, 많은 잎을 착생하고 있으므로 모든 엽병을 대상으로 하여 진단할 수는 없는 것이다. 따라서 동일한 식물체내에서 질산태질소 상태의 진단에 가장 적합한 엽병의 위치와 시기를 구명할 필요가 있기에 본 연구는 오이의 생육단계에 따라 엽병을 대상으로 질산태질소 상태를 파악코자 한다.

현재 독일 Merck사에서 제조하여 판매하고 있는 수질검사용 test-strip은 정확도는 다소 떨어지지만 현장에서 즉시 물에 녹아 있는 각종 무기물의 농도를 측정하는 데에 사용되고 있다. 최근에는 식물영양학자들이 엽병내의 질산태질소의 함량을 Merck사의 검사용지를 이용하여 포장현장에서 직접 영양진단을 실시하고 그 결과를 추비의 시용에 적용하는 것을 점차로 실용화하고 있다. 예를 들면

Coltman(1987a)은 토마토를 재배하면서 추비를 사용하는 시기를 결정하는 데 질산태질소의 검사용지를 사용하여 판단코자 하였으며, 이 점은 특히 과다한 비료의 시용으로 인한 지하수나 환경오염을 방지하는 차원까지 확대되고 있다. 즉 질산태질소가 토양으로부터 용탈되어 지하수가 오염되는 것을 방지하기 위하여 추비를 소량씩 자주 사용하는 것이 test-strip을 이용하므로써 가능하게 된 것이다. Williams와 Maier(1990a,b)는 감자의 적정 수량을 올리기 위해서는 엽병내의 질산태질소 함량이 최소한 530-826.5 mg/l는 되어야 한다고 구체적인 농도를 제시한 바 있으며, 그 외에도 브로콜리(꽃양배추)에 대한 연구(Gardner와 Roth,1989), 토마토(Beverly,1994), 딸기(May 등, 1994) 등의 여러가지 작물에도 응용되고 있다.

본인의 박사학위 논문 내용은 비색분석법을 이용하여 오이의 무기영양상태를 진단하였으나 농장에서 농민이 직접 이용하는 데에는 진단의 정확성은 있으나 간편성에는 다소 문제가 있었던 것으로 생각된다. 따라서 Merck사의 질산태질소 검사용 test-strip을 이용하여 농장현지에서 아무런 조제과정 없이 농민이 직접 질산태질소 상태를 측정하고, 그 결과를 시비관리 및 환경관리에 응용할 수 있도록 할 계획이다.

## 2. 연구의 범위

가. 본 연구는 오이식물체의 엽병을 시료로 사용하여 생육기별, 엽병위치별로 엽병내의  $\text{NO}_3^-$ -N 함량을 경시적으로 측정한다.

나. 측정방법으로는 Merck사의 nitrate test-strip을 이용하여 농민이 쉽게 직접 질산태질소를 측정할 수 있도록 한다.

## 3. 연구 내용

식물체에 질소가 부족하면 생장율이 저하되고, 조숙되는 경향이 있다. 이러한 현상은 탄수화물과 질소화합물의 비율(C/N) 때문이다. 즉 질소와 수분의 공급량이 적고 탄수화물의 생성량이 많아지면 영양생장이 쇠퇴하고 생식생장적 경

향이 두드러지기 때문이다. 이러한 노쇠현상은 식물호르몬의 합성과도 관계되며, 특히 cytokinin의 합성과 전이는 질소 공급과 밀접한 관계가 있다(Wagner & Michael, 1971). 이렇게 식물체의 영양생장에 중요한 역할을 하는 질소상태를 알아보기 위한 시도는 다양하다.

식물체에 함유되어 있는 질소화합물의 종류는 다종다양하지만 그 성분의 대부분이  $\alpha$ -amino산과 그들이 중합되어 형성된 각종 단백질로 되어 있으므로 식물체내 단백질을 정량하므로써 질소함량의 개략치를 알 수 있으나 이것은 양분요소로서의 질소상태를 진단하기에는 적합하지 않다. 또한 Komeyama(1986) 등 많은 연구자들은 식물체내의 질소상태를 알아보기 위하여 식물의 뿌리로부터 흡수된 nitrate가 ammonium태로 환원되는 과정에서 nitrate reductase가 관여하므로 이 효소의 활성을 측정하므로써 nitrate의 흡수정도를 알아낼 수 있다고 하였다. 이러한 효소의 활성이나 단백질함량 등에 의한 질소상태의 진단은 그 방법이 까다롭고 과정이 번거로우며, 신뢰도 역시 의심이 된다. 따라서 농장 현장에서 농민들이 직접 자기가 재배하고 있는 작물의 질소상태를 신속하고 간편하게 조기에 진단할 수 있는 방법이 강구되어야 한다. 특히 경제적 목적으로 대량재배하고 있는 농가일수록 양분요소에 의한 이상증상이 외관으로 나타나기 전에 예진하여 사전에 조치할 수 있도록 하여야 한다. 더구나 우리나라에서 재배되고 있는 오이의 대부분이 답리작으로 시설내에서 재배되고 있기 때문에 토양과 시설내의 다습, 시설토양의 염류집적 등으로 양분의 흡수장해가 심하므로 작물의 양분관리에 더욱 관심을 가져야 한다.

Scaife와 Steven(1983)은 양배추 엽병의 nitrate 상태를 test-strip과 ionelectrode를 사용하여 엽위별, 1일 시간대별로 측정된 결과 test-strip을 사용한 것이 효과적이었으며, 식물체 중간부위의 엽병에서 nitrate 함량이 가장 높게 나타났다. 측정의 적정시간은 일출전이 가장 합리적이거나 실제적 측면에서는 문제가 있다고 하였다. 또 Parasad와 Spiers(1984)는 당근, 셀러리, 감자의 엽병과 줄기를 건조한 후 acetic acid로 침출시켜 test-strip으로 nitrate 상태를 진단한 결과, 비교적 정확한 결과를 얻었다고 하였는데, 농장현장에서 즉시 진단해야한다는 현실성과는 거리감이 있다.

이러한 양분상태의 진단은 식물의 생육단계에 따라 식물체의 어느 부위를 측정하는 것이 가장 합리적인 것인가가 문제가 된다. 하(1995)에 의하면 오이의 질소상태는 엽병추

출액의 분석이 가장 합리적이라고 하였다. 그러나 진단을 목적으로 하나의 식물체에 있는 모든 엽병을 측정할 수는 없기 때문에 그 식물체의 질소상태를 대표할 수 있는 엽병의 위치를 탐색해야 한다. 즉 영리를 목적으로 오이를 재배하고 있는 농장에서 진단을 목적으로 다량의 식물체에 손상을 가져와서는 안되기 때문에 가장 적합한 부위를 intact한 상태에서 측정할 수 있어야 한다.

본 연구에서도 이러한 점에 착안하여 nitrate test-strip (독일 Merck회사 제작)을 이용하여 오이의 생육단계에 따라 엽위별로 질산태질소 상태를 측정하므로써 가장 적합한 진단부위를 탐색하고자 한다.

실제면에서 Merck사의 test-strip은 측정범위가 113 $\mu$ g NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N ml<sup>-1</sup>까지로서 intact한 엽병추출액의 농도를 측정하기에는 기술적인 대처 방안이 요구된다. 따라서 엽병추출액을 일정한 비율로 희석하여 측정된 후 미리 작성한 standard curve에 대입하여 농도를 구해야 한다. 본 연구자의 경험으로는 엽병의 양분들은 증류수에서도 잘 침출되어 나오므로 채취한 엽병절편을 직접 test tube에 넣고 흔들어서 침출된 것을 사용하려고 한다. 시료식물은 양액재배조에서 재배한 오이를 대상으로 연구하되 실제 토양재배한 식물체를 대상으로도 측정하므로써 현지 적용 가능성까지 접근하고자 한다.

## 4. 재료 및 방법

### 가. 식물재료, 재배법 및 질산태질소 진단법

청장오이를 훈탄에 파종하여 본엽이 3매 정도 전개된 묘를 양액재배조(실험1) 혹은 토양(실험2)에 정식하여 공시재료로 하였다. 양액의 조성은 Cooper의 방법을 택하였으며, 비색법에 의한 진단은 GR시약으로, Test-strip에 의한 진단은 독일 Merck사의 strip을 사용하였다.

GR시약에 의한 진단은 완전히 전개한 신엽에서 엽병을 채취하여 세척한 다음 GR시약(a-naphthylamine 1g, sulphanilic acid 1g, Zn powder 1.5g을 분쇄하여 혼합) 약 125mg을 첨가하여 시험관을 잘 막고 약 30회 정도 흔들어 혼합하였으며, 10분 후 540nm에서 흡광도를 측정하였다.

Test-strip에 의한 진단은 독일 Merck사의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 검

사용 strip(NO<sub>3</sub> - Merckoquant 10020/10050)을 이용하였으며, 검사대상 잎의 엽병추출액을 strip에 발색시켜 육안으로 농도를 측정하였다.

[실험1] 비색법을 이용한 양액재배 및 토양재배 오이의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 분석

Test-strip을 이용한 질산태질소의 함량을 측정하기 위해서는 먼저 오이의 생육단계별, 엽위치별 함량을 파악할 필요가 있다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 양액재배한 오이를 대상으로 생육단계별, 엽위치별 함량을 측정하였다. 또한 4리터 포트에 잘 조제된 흙을 넣어서 오이를 정식한 경우와 비닐하우스내의 토양에 정식한 경우도 측정하였다.

[실험2] Test-strip을 이용한 토양재배 오이의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 분석

Test-strip을 이용하여 실험1과 마찬가지로 토양재배한 오이를 대상으로 생육단계별 및 엽위치별로 구분하여 질산태질소의 함량을 다음과 같이 측정하였다.

- 1) 중하위엽의 엽병을 칼로 깨끗하게 절단한다.
- 2) Test-strip을 표면이 단단한 책상이나 상자위에 놓는다.
- 3) 볼펜 혹은 손으로 눌러서 즙액이 test-strip에 묻도록 한다.(질산태질소용 strip은 엽병에 반응하는 부위가 2개 있으나 끝쪽에 있는 부위가 적색을 나타낸다.)
- 4) 질산태질소의 경우는 처리한 약 2분 후에 적색이 나타나므로 strip통에 부착된 비색표와 비색한다.

III. 결과 및 고찰

1. [실험1] 비색법을 이용한 양액재배 및 토양재배 오이의 질산태질소 분석

오이를 보통 양액재배시에 사용하고 있는 각종 필수원소를 공급한 경우와 원소의 양을 1/4로 줄여서 공급한 경우에 엽위별(엽령별)로 엽병내의 질산태질소 함량을 나타낸 결과는 그림1과 같다. 그림에 나타난 바와 같이 분명한 것은 양액중의 원소농도가 낮으면 명병내에서도 그 농도가 낮게 나타난 점으로 보아 GR시약을 이용한 엽병분석이 합리성을 가지고 있다는 점이다. 그러나 잎의 위치, 즉 엽령에 따라

질산태질소의 함량이 큰 차이가 있다는 점은 유의해야 한다. 정상적인 양분공급을 받은 오이에서는 오래된 잎(그림1의 엽위1)에서 가장 높지만 반대로 어린 잎(그림1의 엽위22)이 가장 낮게 나타났다. 그러나 양액중의 원소농도를 낮게한 경우는 이와 반대로 어린 잎에서 약 400ppm으로 더 높고, 오래된 잎에서는 약 200ppm으로 낮게 나타났다. 즉 토양중의 양분이 부족한 경우를 예상할 때 본 실험의 결과를 가지고 판단한다면 오이에서는 오래된 잎의 엽병을 대상으로 측정하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 정상적으로 생육하고 있는 오이 엽병의 질산태질소 함량은 600-800ppm 정도이며, 이러한 결과는 다른 연구자들의 결과와 유사한 점이 있다. 실제로 토양에서 재배되고 있는 오이를 대상으로 엽병내의 질산태질소를 측정할 경우에는 적절한 농도가 어느 정도인가 알고 있어야 한다. 그림1은 25매 정도의 본엽을 지닌 오이의 모든 엽병을 대상으로 측정한 결과였으나, 그림2는 청장오이와 사엽오이를 대상으로 양액재배조에 정식한 후 35일동안 계속적으로 엽병내의 질산태질소 함량을 측정 한 결과이다. 대체로 생육초기에는 질산태질소 함량이 높으나 생육후기에는 약 400-700ppm 정도로 낮아졌지만 품종간 차이는 없었다. 또한 양액의 전기전도도(EC)가 감소함에

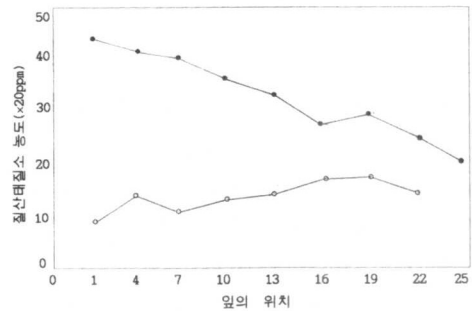


그림1. 양액농도와 엽병위치에 따른 오이엽병내의 질산태질소 함량 (● : 적정농도의 양액, ○ : 1/4농도의 양액, 잎의 위치 : 1번이 가장 오래된 잎, 25번이 가장 어린 잎)

따라 엽병의 질산태질소 함량도 민감하게 저하하였는데, 청장오이의 경우에는 약 200ppm까지 감소하였다. 그림1과 그림2를 종합하면 건강하게 생육하고 있는 오이에서는 오래된 잎을 대상으로 측정할 경우 600-800ppm이면 오이가 충분

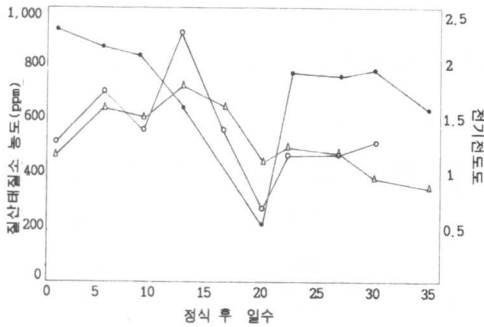


그림2. NET시스템에서 자란 2가지 오이품종의 질산태질소 함량 (○ : 청장오이, △ : 사엽오이, ● : 전기전도도, )

한 양의 질소를 흡수하고 있다고 판단되며, 그 이하이면 추비를 주고, 그 이상이면 시비량을 감소해야 할 것이다.

그림3은 적정양액농도의 1/4수준에서 생육하고 있는 오이에 추비를 한 경우와 하지 않는 경우를 비교한 것이다. 그림3의 결과는 추비를 실시한 후 4일만에 측정된 결과로서 추비를 하지 않는 것에서는 질산태질소의 함량이 50-100ppm 정도이었으나 추비를 한 것에서는 200-400ppm으로 크게 증가하였다.

그림1과 그림3에서 두드러지게 나타난 차이는 잎의 위치에 따른 질산태질소의 함량이 반대의 결과를 나타낸 점이다. 즉 그림1에서는 오래된 잎에서 함량이 높았으나 그림3에서는 어린 잎에서 더 높은 결과를 나타냈다. 그 원인에 대해서는 아직 불분명하지만 질소가 부족한 상태에서 자라고 있는 오이에게 질소가 공급되면 어린 잎으로 먼저 질소를 공급하게 되는 오이의 생존기작, 즉 성장점 부위에서의 질소요구도(demand)가 높은 것으로 생각된다. 다시 말해서 오이는 생체내에서 성장점이 있는 줄기의 상위부로 먼저 질소를 공급한 후에 오래된 잎이 질소를 공급받게 되는 순서를 지키는 것으로 생각된다.

그림4는 4리터 크기의 포트에 잘 조제된 배양토를 넣어서 생육시킨 오이와 비닐하우스의 토양에서 생육시킨 오이를 4-5일 간격으로 약 40일 동안 엽병의 질산태질소의 함량을 측정된 결과이다. 확실한 결론으로는 건강하게 생육하고 있는 오이 엽병내의 질산태질소 함량이 400-700ppm으로서 그림1의 결과와 비교하여 커다란 차이가 없다는 점이다. 양

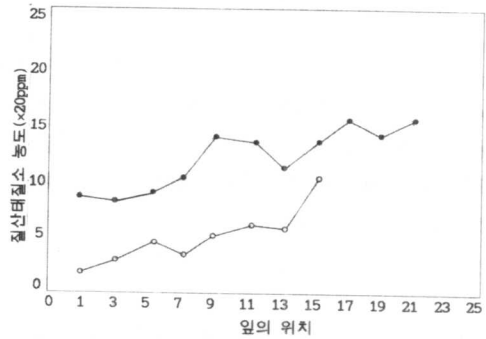


그림3. 질소가 부족한 상태에서 추비를 실시한 경우 적정농도와 1/4농도 수준에서 자랐던 오이엽병내의 질산태질소 함량 (● : 적정농도, ○ : 1/4수준 농도)

액의 질산태질소 농도에 비하면 토양용액의 농도는 상당히 낮을 것으로 생각되는 데도 불구하고 엽병내의 농도에 큰 차이가 없는 점은 어느 재배조건하에서도 오이의 정상적인 생육을 위해서는 400-800ppm 정도의 질산태질소 함량을 나타내야 한다는 것을 암시한다. 4리터 크기의 포트에서 생육한 오이는 생육초기에는 토양에서 재배한 오이보다 질산태질소의 함량이 다소 높았으나 정식후 30일경부터는 600ppm 수준에서 400ppm 수준으로 저하하였으며, 토양재배한 경우는 400-500ppm 수준을 계속 유지하였다.

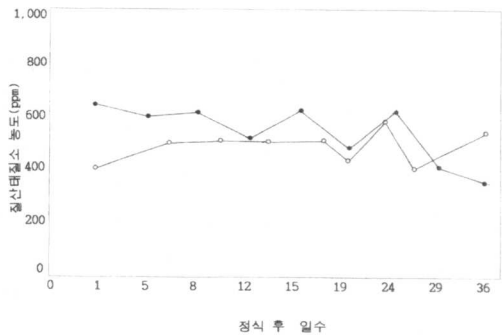


그림4. 포트 및 토양에서 생육한 오이 엽병내의 질산태질소 함량 변화 (○ : 토양재배, ● : 포트재배)

그림 1,2,3 및 4를 종합하면 오이 엽병에서 질산태질소가 800ppm 정도의 농도를 나타내면 과다한 상태로, 400ppm

이하이면 부족한 상태로 판단할 수 있을 것으로 고려된다. 따라서 Cooper양액의 질산태질소 농도가 약 1,000ppm이므로 그림1에서 처럼 1/4농도 수준이라도 약 250ppm이 되므로 극단적인 질소결핍은 아니지만 엽병에서의 농도가 400ppm 이하로 나온 점에 주목해야 할 것이다. 한편 질소가 결핍된 토양에서 자란 오이의 식물체내에서의 질산태질소의 분배는 새로운 잎에서 더욱 높게 나타난 것은 아주 흥미로운 점으로서 보다 면밀한 검토가 필요하다고 생각된다.

**2.[실험2] Test-strip을 이용한 토양재배 오이의 NO<sub>3</sub>-N 분석**

Test-strip은 독일 Merck사에서 수질검사용으로 개발된 것이나 채소류의 엽병분석에도 많이 이용되고 있다. 본 strip은 국내에서도 구입이 가능하며, 실험1의 비색법처럼 시약의 조제나 기구의 준비가 필요하지 않기 때문에 농가에서 사용하기에 편리하다고 생각되지만 이에 앞서 정확한 사용방법이나 문제점 등을 파악할 필요가 있다고 생각된다.

Test-strip으로 질산태질소의 함량을 측정할 수 있는 최대의 농도는 500ppm이다. 따라서 정상적으로 생육하고 있는 오이의 경우에는 실험1에서 지적한 것처럼 400-800ppm 정도이므로 test-strip은 예민한 농도반응을 파악하기가 어려웠다는 점이 지적되어야 하겠다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 엽병즙액을 희석하여 사용해야 하며 따라서 본 실험에서는 비색법에 사용하기 위한 엽병추출액의 희석액을 test-strip에 이용하였으며, 그 결과를 비색법에 의한 결과와 비교하였다.

토양에 식재한 오이의 본엽이 10매 때부터 18매 될 때까지 2일 간격으로 15회 측정하였으나 그 결과는 대동소이하였으며, 전형적인 결과를 표2에 나타냈다. 비색법에 의한 엽병내 질산태질소의 함량은 실험1에서와 마찬가지로 400-800ppm 범위로서 일관성있는 결과를 나타냈으나 test-strip에 의한 결과는 200-2,000ppm으로 변이의 폭이 훨씬 컸다. 주된 원인은 test-strip에 나타난 적색의 농담을 육안으로 판단하기 때문이며, 따라서 검사자의 개인차에 의한 판정의 차이가 있었다. 즉 기계에 의한 정확한 판단이 아니고 Merck사에서 제공한 비색표와 비교하여 농도를 결정하게 되므로 개인차가 나타날 수 밖에 없다는 것이다. 특히 검사대상 용액의 농도가 900ppm이상이면 test-strip의 500ppm에 도달하는 시간은 15초, 700ppm이상이면 20초라고 되어 있으나 그러한 한계를 분명하게 구분하기가 용이하

지 않았다. 따라서 비록 사용방법의 편리성에도 불구하고 test-strip을 사용하여 일관성있는 결과를 도출하기 위해서는 특정 개인의 반복적, 지속적인 판정이 필요하다고 판단된다.

엽위치	비색법(ppm)	Test=strip법(ppm)
1	508	500
2	540	200
3	497	200
4	469	500
5	475	1,000
6	436	500
7	583	500
8	497	200
9	508	200
10	658	2,000
11	676	1,000
12	668	2,000
13	734	2,000
14	859	250

**<표 1> Test-strip과 비색법에 의한 오이엽병의 질산태 질소 함량**

**IV. 결 론**

오이 엽병내의 질산태질소 함량은 토양이나 양액중의 농도와 관계가 깊으나 잎의 위치, 즉 엽령에 따라 함량에 큰 차이가 나타난다. 오이가 정상적으로 양분의 공급을 받으면 오래된 잎(하위엽)에서 그 농도가 가장 높고, 어린 잎(상위엽)에서 가장 낮게 나타난다. 그러나 양액중의 농도를 낮게 하면 반대로 어린 잎에서 높고, 오래된 잎에서 낮게 나타난다. 따라서 토양중에 질산태질소가 부족한 경우를 예상한다면 오래된 잎의 엽병을 대상으로 측정하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 한편 질산태질소가 부족할 경우 추비를 실시할 경우에는 어린 잎에 질산태질소 함량이 높아지는데 이는 오이의 생주기작에 따라 생장점 부위의 질소요구도가 높기 때문인 것으로 판단된다.

질산태질소 농도의 판단기준은 어느 조건하에서나 오이가 정상적인 생육을 하기 위해서는 400-800ppm 정도의 함량을 나타내야 하므로 엽병내의 질산태질소가 800ppm 이상이면 과도한 상태로, 400ppm 이하이면 부족한 상태로 판단할 수 있다.

본 연구의 주안점은 Test-strip을 이용하여 간편하게 농장현지에서 오이의 질산태질소 상태를 파악코자 하였으나 오이 엽병내 적정 질산태질소 함량이 400-800ppm 인데 비하여 Test-strip의 최대 측정범위는 500ppm이므로 엽병즙액을 희석하여 사용하여야 하는 불편함과 Test-strip에 나타나는 적색의 농담 비색을 육안으로 해야하기 때문에 검사자에 따라 200-2,000ppm까지 변이의 폭이 크게 나타나며, 적정 측정시점을 결정하기가 어려웠다. 따라서 Test-strip에 의한 측정은 사용방법이 편리할 가능성에도 불구하고 일관성있는 결과를 도출하기 위해서는 사용자 특정 개인의 반복적, 지속적 판정이 있어야 할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. Beverly, R. B. 1994. Stem sap testing as a real time guide to tomato seedling nitrogen and potassium fertilization. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25:1045-1056.
2. Coltman, R. R. 1987a. Sampling considerations for nitrate quick tests of greenhouse grown tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(6):922-927.
3. Coltman, R. R. 1987b. Yield and nitrate responses of fresh market field tomatoes to simulated fertigation with nitrogen. *Journal of Plant Nutrition.* 81:1699-1704
4. Gardner, B. R. and R. L. Roth. 1989. Midrib nitrate concentration as a means for determining nitrogen needs of broccoli. *Journal of Plant Nutrition.* 12(1):111-125.
5. 하순호. 1995. 오이(*Cucumis sativus* L.) 무기영양상태의 조기진단방법에 관한 연구. 전남대학교 대학원 박사학위 청구논문. pp.66-71.
6. May, G. M., M. P. Pritts and M. J. Kelly. 1994. Seasonal patterns of growth and tissue nutrient content in strawberries. *Journal of Plant Nutrition.* 17(7):1149-1162.
7. Komeyama, M. 1986. The method of nitrate reductase activity measurement. In : Ishi U., Y. Kita (eds.). *The Method of Plant Physiological Analysis.* pp.137-146.
8. Parasad, M. and T. M. Spiers. 1984. Evaluation of a rapid method for plant sap nitrate analysis. *Commun. In Soi. Sci. Plant Anal.* 15(6):673-679.
9. Scaife, A. and K. L. Stevens. 1983. Monitoring sap nitrate in vegetable crops : Comparison of test strip with electrode method, and effects of time of day and leaf position. *Commun. In Soc. Sci. Plant Anal.* 14(9):761-771.
10. Wagner, H. and G. Michael. 1971. Effect of varied nitrogen supply on the synthesis of cytokinin in roots of sunflower. *Biochem. Physiol. Pflanzen.* 162:147-158.