

오이수확기 개발을 위한 잎제거가 생육 및 수량에 미치는 영향

Effects of growth and Yield of Grown Cucumber from Cutting Leaves for a Cucumber Harvester

이대원 · 김현태 · 민병로 · 임기택 · 김웅 · 권영삼* · 최재웅* · 남윤일*

성균관대학교, * 원예연구소

D. W. Lee · H. T. Kim · B. R. Min · K. T. Lim · W. Kim · Y. S. Kweon* · J. W. Choi* · Y. I. Nam*

Dept. of Bio-Mechatronic Eng. Sungkyunkwan University

*Dept. of Protected Cul. Divi. National Horticultural Research Institute

1. 서론

농산물 수입개방으로 외국산 농산물의 대량 유입은 우리 농업의 기반을 흔들고 있는 실정이다. 가격 면에서 여러 가지 어려운 점을 감안한다면 국민의 감정에 국내산 농산물 애용을 호소하기에는 시대적으로 쉬운 일은 아니다. 따라서 농산물의 고품질화 및 생산비 절감으로 대외 경쟁력을 높일 수밖에 없는 실정이다. 이를 위해서 농산물의 적기 수확은 재배기술 못지 않게 중요하다. 농업생산액 중에서 원예산업이 차지하는 비중이 계속증가하고 있으며, '95년말 현재 농업생산액의 38.9%를 점하고 있어 원예산업의 중요성이 커지고 있다. 이 중 채소가 25.2%, 과수가 11.2%, 화훼가 2.0%를 차지하고 있고, 시설채소도 '90년 3.6%에서 '95년에는 8.5%로 급격히 성장하고 있다. 이러한 현상은 계속 이어질 전망이다. 원예산업의 발전은 수입개방으로 인한 경쟁력 약화를 극복할 수 있을 것으로 생각하며, 이를 위해 첨단기술의 접목을 통하여 농업생산물의 적기 수확이 필요 할 것으로 판단된다.

농산물의 적기 수확은 최근 농업인구의 변화 및 노동력을 감안한다면 결코 쉬운 일이 아니며, 이를 위해서 농산물 수확에서의 자동화는 부족한 노동력을 해결할 수 있는 하나의 방법이며, 이를 기초로 궁극적으로는 농업생산시설의 무인화가 가능할 것으로 판단된다. 생물생산시설의 자동화를 위해서 먼저 다양한 생물의 성장 특상을 고려해 볼 때, 성장이나 수확에 영향을 미치지 않는다면, 생육 방법을 자동화에 적합하게 인위적으로 변형하는 방법을 생각할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 오이수확기 개발을 위하여, 수확하고자 하는 오이를 보다 정확하게 인식할 수 있도록 하고자 한다. 이를 위해서 영상을 통한 오이인식에 가장 많은 장애가 되는 잎을 단계적으로 제거하여 생육과 수확량에 차이를 관찰하고자 한다. 아울러 오이 수확기 개발에 있어서 가장 중요한 변수인 오이의 생체물성이 다. 이를 통하여 수확기의 보다 정확한 설계가 가능할 것으로 판단된다.

2. 실험장치 및 방법

(1) 실험장치

본 실험은 오이잎제거에 따른 오이생육 및 수확량에 미치는 영향을 구명하고자 Fig. 1, Fig. 2와 같이 원예연구소내 2W-PET온실에서 시행하였다. 실험온실은 동서동(東西棟)이며, 실험 대상오이는 은성백다다기종을 재배하여 행하였으며, 75주씩 8줄로 정식하여 그 중 75주를 본 실험의 대상오이로 정하였다. Fig. 3은 실험온실내의 오이의 재배 형식 및 실험 대상오이를 나타낸 그림이다.



Fig. 1 The fixture of an experimental greenhouse

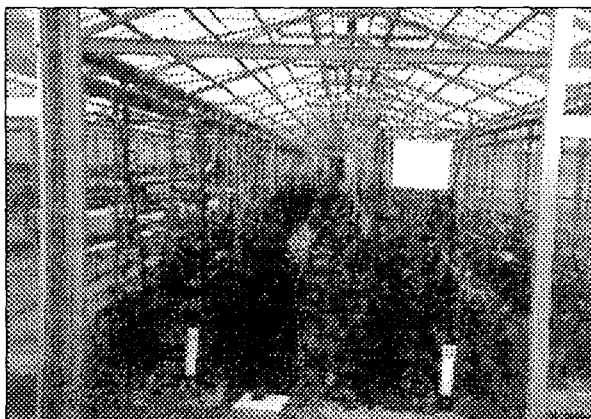


Fig. 2 Cultivation of cucumber in greenhouse

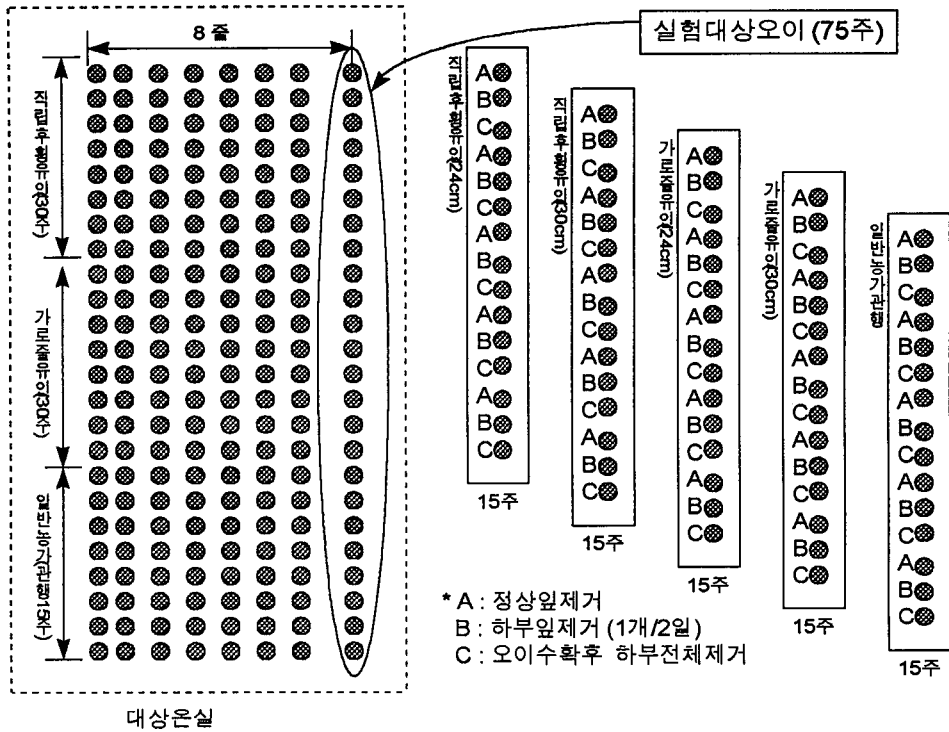


Fig. 3 The Outline of Experimental Greenhouse

Fig. 3에서 A는 수확시기가 된 오이만 수확하며, 고사된 잎만 제거하며, B는 수확시기가 된 오이를 수확하고, 줄기의 가장 밑부분에 달린 잎을 1회측정시 하나씩 제거하는 방법을 의미하며, C는 수확시기가 된 오이를 수확한 후, 수확한 마디이하의 잎을 모두 제거하는 방법을 나타낸 것이다. 단, C의 경우 오이의 길이가 10cm이상인 것은 더 자랄수 있는 것으로 간주하여 그 마디의 잎은 제거하지 않았다.

(2) 실험방법

오이의 잎제거가 생육 및 수확의 미치는 영향을 알고자, 오이의 2가지 형태의 정식간격 및 3가지 형태의 유인방법에 따라 각각 3가지 형태의 잎제거방법을 택하여 Table 1과 같이 실험설계 하였다.

Table 1 Experimental design

유인방법 정식간격 ↓ 앞제거방법	일반농가	직립후 횡유인		직립후 가로줄유인	
	24cm	24cm	30cm	24cm	30cm
정상제거(고사앞제거) : A	실험 1	실험 4	실험 7	실험 10	실험 13
하부에서 1개/2일 제거 : B	실험 2	실험 5	실험 8	실험 11	실험 14
수확오이하부 전체제거 : C	실험 3	실험 6	실험 9	실험 12	실험 15

(3) 분석방법

오이의 성장정도를 측정하기 위해서 직립후횡유인 방법을 이용하여 2일 간격으로 오이의 전장(全長)을 측정하여 앞제거의 방법에 따른 차이를 관찰하였다. 일반농가의 관행재배방식이나 직립후 가로줄 유인방법의 경우에는 매듭의 문제에 따른 전장 측정이 곤란하여 직립후횡유인 방법을 택하여 전장측정실험을 행하였다. 또한 앞제거 방법에 따른 수확량을 비교하기 위해서 위의 실험설계의 실험구 15가지를 각각 5주의 실험오이를 정하여 결과에서 10cm이하의 오이, 10cm에서 20cm이하의 오이, 그리고 20cm이상(수확) 오이의 수를 2일 간격으로 측정하였다.

수확된 오이의 물성측정은 Fig. 4와 같은 SMS(Stable Micro Systems)사의 Texture Analysers-XT.RA V3.7을 이용하여 경도(Hardness), 깨짐성(Fracturability), 탄력성(Springness), 점성(Gumminess)을 측정하였다. 위의 물성측정시 오이의 측정 위치는 Fig. 5와 같이 4곳에서 임의의 5개 오이에 대해서 행하였다. 오이의 함수율은 75℃에서 1주일동안 Dry-oven에서 건조한 후 생체 무게와 비교하여 측정하였다.



Fig. 4 An Experimental Equipment of Physical Properties

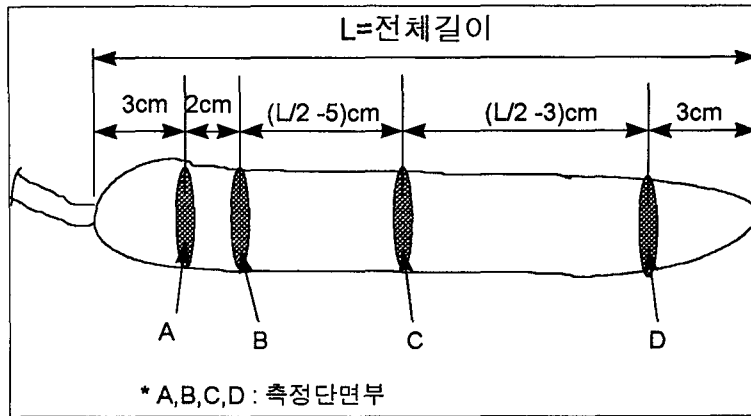


Fig. 5 Positions for a Cucumber to be measured for its Rheology

3. 결과 및 고찰

(1) 전장측정

오이수확기 개발을 위한 본 실험에서는 오이잎제거에 따른 오이의 생육에 어떠한 영향이 미치는지 알아보기 위해서 전장측정을 해본 결과는 Table 2와 같다.

Table. 2 Variation of length with times

(단위 : cm)

경과일 실험	2	4	6	8	10	12
TEST4	17.8 (17.8)	10 (27.8)	8.2 (36)	2 (38)	6.4 (44.4)	7.3 (51.7)
TEST5	23.0 (23.3)	7.3 (30.3)	6.7 (36.9)	3.2 (40.1)	4.8 (44.9)	7.25 (52.2)
TEST6	16.5 (16.5)	8.0 (24.5)	9.3 (33.8)	3.8 (37.6)	5.4 (43.0)	5.0 (48.0)
TEST7	14.6 (14.6)	9.75 (24.4)	7.8 (32.2)	3.8 (35.9)	5.2 (41.1)	9.2 (50.6)
TEST8	15.3 (15.3)	10.6 (25.9)	8.4 (34.4)	3.6 (37.9)	5.2 (43.1)	7.6 (50.7)
TEST9	14.0 (14.0)	11.5 (25.5)	10 (35.5)	3.2 (38.7)	7.3 (46.0)	8.0 (54.0)

() : 성장한 총길이

Test 4와 Test 7은 앞절의 실험설계에서 언급하였듯이 일반농가에서 관행적으로 고사된 잎만 제거하는 방식이며, Test 5, Test 8은 2일 간격으로 하부의 잎 하나씩 제거한 것이고, Test 6, Test 9은 수확한 오이이하의 잎은 모두 제거하는 방식으로 전실험 기간동안 전장을 측정한 결과, 잎제거 방식에 관계없이 이들에 6~15cm씩 자란 것으로 나타났고, 12일간 성장한 총길이는 약50cm정도로 나타났으며, 전체적으로 약 10% 내외로 비교적 균등한 성장을 보이고 있다. 위의 결과에서 각실험구별 최대성장 정도의 차이는 약 10%이내인 것을 알 수 있다. 이는 오이잎제거에 따른 성장의 차이라기 보다는 기타 다른 환경적인 요인, 또는 관측에 따른 오차로 판단된다.

위에서 살펴보면 8일째의 오이성장이 다른 날에 비해서 매우 적다는 것을 볼 수 있다. 이는 강우로 인해 외기온의 저하와 부족한 광원으로 인해 외부환경요인에 따른 영향으로 판단된다. 따라서 잎제거에 따른 오이의 생육에 미치는 영향을 구명하기 위해서는 보다 정확한 환경계측장비로 외부환경변수의 계측도 매우 중요할 것으로 판단된다.

(2) 수확량

본 실험에서 오이의 잎제거에 따른 생육에 미치는 영향을 관찰하기 위한 실험으로 판별변수의 하나인 수확량을 정하였다. 그 결과 Table 3과 같으며, 여기서 A는 정상적인 잎제거 방식을 나타내며, B의 경우 2일간격으로 하부의 잎을 제거하였으며, C는 수확한 오이의 하부잎을 모두 제거한 방식이며 수확량과 수확된 오이의 1등급 판정 비율을 표시하였다. 오이의 1등급기준은 일본수출용 오이를 기준으로 길이가 22~25cm, 무게가 110~140이며 굵은 정도가 2cm이내이고 양끝 부분이 굵거나 가늘지 않고, 상해가 없어야 하는 근거를 두고 판별하였다.

전 실험기간 동안 수확된 오이는 A(정상잎제거)에서 165개가 수확됐으며 그중 1등급으로 판정된 비율이 56.7%로 나타났으며, B(줄기 가장 밑부분 잎 1개 제거)에서는 155개가 수확되었고, 1등급오이는 53.1%를 나타냈으며, C(수확된 오이하부 잎제거)에서는 156개가 수확되었으며, 1등급비율은 56.28%로 나타났다. 수확량에 있어서는 A와 B, C가 10개 내외의 차이가 있었으며, 이것은 실험상의 오차와 오이의 생육정도에 따른 자기고유특성, 주위환경에 따른 오차라고 생각된다. A, B, C의 수확된 오이의 1등급비율은 약 55%정도로 나타나고, 잎제거방식에 따른 등급판정비율은 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 따라서 잎제거에 따른 오이의 수확에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타난 것을 알 수 있다.

Table 3 A yield and high quality

잎제거 방법	재배 방법	수확량(갯수)	1등급비율(%)
A	TEST 1	23(5.8)	47.8
	TEST 4	33(4.7)	69.7
	TEST 7	44(6.3)	54.5
	TEST10	29(4.1)	44.8
	TEST13	36(5.1)	66.7
평균		33	56.7
B	TEST 2	23(5.8)	34.8
	TEST 5	25(3.6)	60.0
	TEST 8	38(5.4)	57.9
	TEST11	35(5.0)	65.7
	TEST14	34(4.9)	47.1
평균		31	53.1
C	TEST 3	24(6.0)	45.8
	TEST 6	35(5.0)	54.3
	TEST 9	39(5.6)	64.1
	TEST12	29(4.1)	51.7
	TEST15	29(4.1)	65.5
평균		31.2	56.28

() : 오이 5주에서의 2일 평균 수확량

A : 정상적인 잎제거 방식

B : 2일 간격으로 하부의 잎제거 방식

C : 수확한 오이부터 하부잎을 모두 제거하는 방식

(3) 물성 측정

오이수확기 개발을 위한 가장 중요한 기술중에 하나는 그리퍼를 포함한 엔드이펙터부분의 설계 및 제작이라 할 수 있다. 보다 효율적인 수확을 위해서 정확한 엔드이펙터의 설계를 위해 본 실험에서는 오이의 무게, 길이, 단면적을 측정하였으며, 조직물성측정기 TPA(Texture Profile Analysis)을 이용하여 깨짐성, 경도, 탄력성, 점성을 측정한 결과 Table 4와 같이 나타났다.

Table 4 The physical propeties of cucumber

물성	무게 (g)	길이 (cm)	단면적 (mm ²)	오이 함수율 (%)	과병 함수율 (%)	깨짐성 (g)	경도 (g)	탄력성	점성
측정값	170.64	21.9	812.31	96.76	93.2	2302.36	549.31	0.98	190.89

앞장에서 언급하였듯이 물성측정에 사용된 5개의 오이의 무게의 평균은 170.64 g이며, 길이는 21.9 cm, 단면적은 812.31 mm²으로 나타났으며, 측정위치는 상부·하부에서 각각 3 cm 부근과 상부에서 5 cm, 중간부위 등 모두 4부분에서 깨짐성, 경도, 탄력성, 점성을 측정하였으며, 그 결과 경도의 경우 그리퍼 설계에 기초자료로서 의미가 있을 것으로 판단된다. 또한 함수율은 75℃에서 1주일 동안 Dry-oven에서 건조하여 건조전의 무게와 비교하여 측정한 결과 일반적인 과채류의 함수율과 마찬가지로 90%이상으로 나타난 것을 알 수 있다. 또한 엔드이펙터와 직접관련이 있는 과병의 함수율은 오이 자체의 함수율보다는 낮지만 비교적 높은 함수율을 나타내고 있다. 따라서 위의 물성값을 기초로 수확기 개발을 위한 기초연구자료로 이용가능할 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 오이수확기 개발을 위해 오이의 잎제거가 오이 생육과 수량에 미치는 영향을 구명하고 오이의 물성측정을 기초로 수확기 설계에 이용하고자 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 오이의 잎제거, 또는 잎제거 방식에 관계없이 2일동안 6~15cm의 길이 성장을 보였으며, 이는 오이 수확시 필요할 경우에는 적당한 잎제거는 오이 성장에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 오히려 내부의 원활한 공기흐름을 유도하기 위해서 적절한 잎제거는 나쁘지 않을 것으로 판단된다.
2. 잎제거에 따른 오이 수확량을 관찰한 결과 3가지의 잎제거 방식에 따른 서로 간의 차이는 10% 이내로 그다지 수확에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 수확한 오이의 품질에서도 3가지의 1등급비율이 각각 56.7%, 53.1%, 56.3%로 나타난 것을 알 수 있었다. 따라서 잎제거 또는 잎제거방식이 오이의 수확량이나 질적인 면에서도 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었으며, 수확기 개발을 위한 잎의 적절한 제거는 오이 수확의 생력화에 도움이 될 것으로 판단된다.
3. 오이의 수확기 개발에 있어서 그리퍼를 포함한 엔드이펙터의 정밀한 설계를 위해서 오이의 물성을 측정한 결과 함수율의 경우 다른 과채류와 비슷하게 나타났으며, 경도를 포함한 물성값을 이용하여 수확기 개발의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Brown, G. K. and J. A. Throop, 1986, Apple sorting with machine vision, Trans. of ASAE, 17(1), pp17-19

2. Groover, M. P., W. Mitchell,, N. N. Roger and Odrey N. G. 1986, Industrial robots: Technology, programming and applications. McGraw Hill.
3. Lee, Dae-weon. 1990. A robotic and vision system for locating and transferring container grown tobacco seedlings. Ph. D. Thesis, Department of biological and agricultural engineering, North Carolina state university, Raleigh, NC.
4. 농촌진흥청. 1989. 원예작물 생산과 연구의 국내외 동향. 농촌진흥청 원예실 협장
5. 농산물 유통공사. 1995. 수출농수산물 품목별 무역정보
6. 농수산부, 농협중앙회. 1995. 농수산물 표준출하 규격집