

구기자 열매와 과병 접합부의 강도 특성

Strength Properties of Boxthorn(*Lycium chinense* Mill) Fruit-Stem Joints

서 정 덕	허 윤 근	이 상 우
정희원	정희원	정희원
J. D. So	Y. K. Huh	S. W. Lee

SUMMARY

The strength of the connecting joint of boxthorn (*Lycium chinense* Mill) fruits to tree twigs was determined experimentally at several pulling angles(0°, 15°, 30°, 45° and 60°) and at different harvesting seasons from August to November, 1999 using an universal testing machine.

The detachment force of mature fruits of boxthorn decreased as the pulling angle increased and varied with the harvesting season. The detachment force, however, did not gradually decreased as the harvesting season advanced due to difference of maturity of fruits from one harvesting season to another. Among three varieties of boxthorn. Cheongyang gugija, Cheongyang native, and Cheongyang #2, the maximum detachment force was 1.24 N at the pulling angle of zero degree. The highest detachment force (1.29 N) of mature fruits of boxthorn appeared at the harvesting season of August, 1999.

주요 용어(Key Words) : 구기자(*Lycium chinense* mill), 재하각도(Pulling angle), 열매-과병 접합부(Fruit-stem joint), 탈과력(Detachment force), 강도 특성(Strength characteristics).

1. 서 론

구기자(*Lycium chinense* Mill)는 가지과에 속하며 높이가 1m 내외인 낙엽성 관목으로 열매, 잎 그리고 뿌리도 한약재 및 건강 음료로 이용되고 있다. 구기자는 숙과, 미숙과 및 꽃이 한 줄기에 혼재되어 있고, 열매는 작고 수량이 많으며 과피가 얇아서 수확할 때에 손상되기 쉽고, 수형도 매우 다양 복잡하고 줄기와 잎의 밀도가 커서 손으로 열매를 하나하나 따서 수확하고 있다. 구기자 생산 과정에서 전체 노동력의 84% 정도가 수확 작업에 소요되고 이로 인한 인건비가 가장 많은 경비로 지출되고 있는 실정이다. 따라서 구기자 수확 작업

의 경비 절감을 위해서 기계적인 수확 방법을 개발할 필요가 있다.

과일을 기계적인 진동이나 다른 방법들을 이용하여 나무를 충분히 흔들어서 수확하는 데는 과일을 과병으로부터 이탈시키기 위한 힘과 시간, 과일의 무게 및 나무의 모양 등이 결정적인 요인이며, 여러 구기자 기계 수확 방법 중 진동을 이용한 수확 방법이 가장 용이한 방법으로 판단되었다(So et al., 1999; Alper and Foux, 1976).

진동을 이용한 과일의 기계적 수확 방법에서 과일을 가지로부터 탈과 시키기 위해서는 과일 및 가지에 적용되는 진동수와 진폭이 중요한 요인들이다. 진동을 발생시키는 힘의 방향, 크기 및 작용

This article was submitted for publication in August 2000; reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in November 2000. The corresponding author is J. D. So, Researcher, Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, 220 Gung Dong, Youseong, Daejeon, 305-764, Korea. E-mail: <jungds0@hanmail.net>.

점은 과일과 줄기 연결부의 물성 및 역학적 특성에 의하여 결정되며, 진동 장치(Shaker)를 이용한 수확 방법에서 과일의 탈과에 영향을 미치는 여러 요인들 중에서 탈과력 혹은 힘-무게 비(Force-to-weight ratio)는 중요한 요인들이며, 또한 이 값들이 적을수록 탈과가 용이(Easy-of-detachment)하게 이루어진다. 본 연구에서는 작용력의 방향, 크기 및 힘-무게 비를 구명하고자 구기자의 탈과력을 재하각도(Pulling angle)의 변화와 수확 시기별로 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 재료

본 연구에 사용한 공시 재료는 청양구기자시험장에서 재배하고 있는 품종 중 재래 품종인 청양재래, 신품종인 청양구기자 및 신품종으로 개발중인 청양2호로 선택하였다. 실험 기간은 1999년 8~11월 초순까지이며 수확 적기에 구기자의 과병이 달린 숙과 및 미숙과를 포장에서 품종별로 무작위로 채취하였다. 구기자의 숙과 및 미숙과의 구분은 현재 농가에서 사용하는 방법과 마찬가지로 육안으로 판단하여 구기자의 색이 진한 선홍색을 띠면 숙과로 녹색을 띠면 미숙과로 구분하여 시료를 채취하였다. 실험은 시료를 채취한 후 바로 청양구기자시험장의 실험실에서 실시하였다.

나. 실험 장치

구기자의 탈과력은 그림 1과 같이 하중 지시기(Mecmesin, model AFG50N)를 이용한 인장력 및 압축력을 측정할 수 있도록 측정 장치를 설계 제작하였다. 이 장치는 저속 구동 모터에 의해 load cell 및 마이크로 프로세서가 내장된 force gage가 안내 봉을 따라 상하 이동하고, 감지된 하중은 LCD에 최대값 또는 변화 값을 선택하여 나타낼 수 있고, 또는 PC에 입력하여 하중 변형 곡선으로도 나타낼 수 있다. 감지부는 안내 봉에 설정한 상하 임계 센서에 의하여 상하 운동이 자동으로 정지되도록 설계되어 있다.

다. 측정 방법

힘의 작용 방향(재하각도)의 변화에 따른 숙과

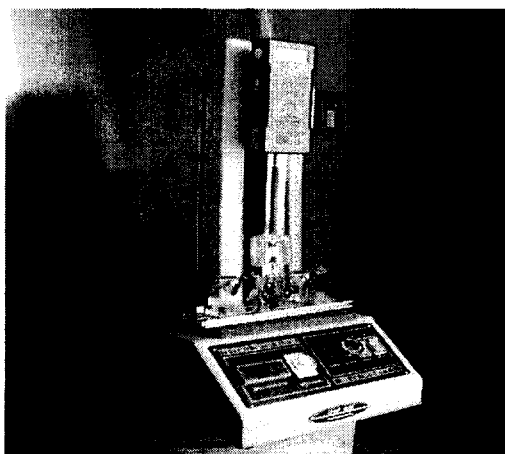


Fig. 1 Universal testing machine used for the detachment force measurement of the boxthorn fruits.

및 미숙과의 탈과력을 분석하기 위하여 구기자가 가지에 일직선으로 매달린 방향으로 힘을 가하여 탈과 시키는 재하각도를 0° (straight-pull)로 하고 구기자가 매달린 방향과 jig의 각도를 15°, 30°, 45° 및 60°로 변화(Angle-pull)를 주면서 탈과력을 측정하였다. 그림 2는 재하각도 변화에 따르는 탈과력 측정 장치의 하중 지시기와 지그(jig)의 개략도이다. 이 때의 재하속도는 일반적으로 손으로 구기자를 수확할 때와 같은 속도로 실험을 실시하였다. 이 실험의 공시 품종은 청양구기자를 9월 말 15개의 시료를 무작위로 채취하여 사용하였으며 탈과력은 평균값으로 산출하였다.

품종별 재하각도 변화에 따른 숙과의 탈과력 실험은 위의 3가지 공시 품종을 10월 중순에 청양구기자시험장에서 10개의 시료를 무작위로 채취하여 사용하였다. 품종에 따른 탈과력 차이의 분석은 평균값을 이용하여 실시하였다. 힘-무게 비는 탈과력을 10개의 시료 무게를 디지털 저울을 이용하여 잴 후 이들의 평균값으로 나눈값, 즉 각 구기자의 탈과력에 대응하는 구기자 무게의 비로 산출하였다.

수확시기별 탈과력 변화의 분석은 재하각도를 0°로 하여 8월말, 9월말, 10월 중순 및 11월 초순에 각 시기별로 청양구기자시험장에서 15개의 시료를 무작위로 채취하여 실시하였으며 탈과력은 평균값으로 산출하였다. 재하각도별, 수확시기별 및 품종간 탈과력의 유의성 검증은 Steel과

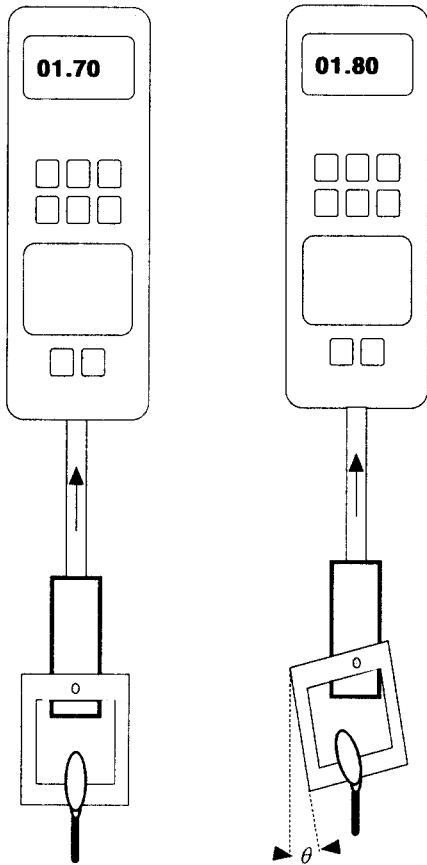


Fig. 2 Schematic diagram of the straight and the angle pull test of the boxthorn fruits.

Torrie(1980)를 기초로 SAS(SAS Institute Inc., 1992)를 이용하여 분산 분석 및 다중 범위 테스트를 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 재하각도에 의한 탈과력 변화

그림 3은 청양구기자의 숙과 및 미숙과의 재하각도와 탈과력의 관계를 나타내고 있다. 숙과의 탈과력은 미숙과보다 전반적으로 0.7~1.3N 정도 작았다. 재하각도의 변화에 따른 청양구기자의 숙과의 탈과력은 각도가 증가함에 따라 약간씩 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 재하각도가 작을 때

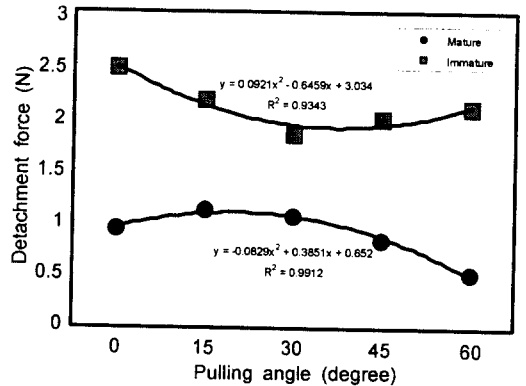


Fig. 3 Detachment force of the mature and the immature boxthorn (Chongyang gugija) fruits at various pulling angles.

는 주로 인장 파괴에 의해 탈과 현상이 나타나고 재하각도가 증가하면서 인장(tension), 굽힘(bending) 및 전단(shear) 등이 구기자와 과병 접합부에 복합적으로 작용하여 탈과력이 감소하는 것으로 판단된다. 또한, 최종적인 탈과 현상은 위 세 가지 응력의 합이 최대일 때 나타나는 것으로 판단된다 (Alper and Foux, 1976).

미숙과는 재하각도가 30° 일 때까지 탈과력이 감소하다가 재하각도가 증가하면서 탈과력도 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 재하각도가 증가하면서 인장, 굽힘 및 전단 응력이 복합적으로 작용하여 탈과력이 감소하는 현상을 보이다가 재하각도가 30° 이상 증가하면서 굽힘에 의한 과병의 세포 조직에 내부 마찰력이 증가하고 꽃받침과 구기자 사이에 세포 조직적인 분리가 덜 되어서 전단 응력이 증가하여 탈과력이 증가하는 현상으로 판단된다.

재하각도가 증가하면서 숙과의 탈과력이 감소하는 경향은 현재 농가에서 구기자를 손으로 딸 때 각도를 주면서 구기자를 따는 방법과 같고, 이는 수확을 하는데 노력을 절감하고 또한 구기자를 수확할 때 과병과 구기자 접합부에 상처를 줄이는 효과가 있을 것으로 판단된다. 또한, 진동식 혹은 다른 기계적인 수확 방법을 이용하여 구기자 수확기를 개발할 때 이러한 점을 고려하여 설계하면 탈과에 필요한 동력이 감소하고, 동시에 기계적인 운동 등을 경제적이고 효과적으로 선정할 수 있을 것으로 판단된다. 표 1은 재하각도별 숙과 및 미숙과의 탈과력에 대한 유의성 검증(Duncan, $\alpha =$

Table 1 Results of the Duncan's multiple range test ($\alpha = 5\%$) for the detachment force (N) of mature and immature fruits of Cheongyang gugija variety

Pulling angle (degree)	Mature			Immature		
	Mean detachment force (N)	Duncan grouping*		Mean detachment force (N)	Duncan grouping*	
0	0.9420	a	b	2.4740	a	
15	1.1220	a		2.1653	a	b
30	1.0613	a	b	1.8493		b
45	0.8467		b	1.9940		b
60	0.5253		c	2.0927	a	b

* Means with the same letter are not significantly different.

Table 2 Average detachment force (N) of three varieties of mature boxthorn fruits at different pulling angles

Pulling angle (degree)	Cheongyang native		Cheongyang gugija		Cheongyang #2	
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
0	1.09	0.284	1.35	0.259	1.22	0.339
15	0.95	0.359	1.35	0.199	1.23	0.202
30	0.99	0.375	1.30	0.361	1.12	0.376
45	0.80	0.258	1.22	0.246	0.97	0.337
60	0.54	0.175	0.89	0.356	0.83	0.321

5%)의 결과를 나타내고 있다.

품종별 및 재하각도 변화에 따른 구기자 속과의 평균 탈과력 및 힘-무게 비율 그림 4와 5에 각각 나타냈으며, 표 2는 품종별 재하각도에 따른 평균 탈과력 및 그의 표준편차를 나타내고 있다. 탈과력은 세 품종 모두 재하각도가 증가하면서 전반적으로 약간씩 감소하는 경향(그림 4)을 나타냈고 청양재래에서 재하각도에 따른 탈과력의 감소가 가장 크게 나타났다. 한편, 재하각도에 관계없이 세 공시 품종간 탈과력은 청양구기자(1.17 N)와 청양2호(1.07 N)가 비슷하고 청양재래(0.91 N)가 위 두 품종보다 낮게 나타나 청양구기자의 탈과력이 세 공시 품종 중 가장 낮게 나타났다. 재하각도가 0° ~30° 혹은 15° ~45° 간에 있어서는 차이가 작았으며 탈과력이 가장 낮은 60° 에서는 위 재하각도 범위와 현저히 차이가 있는 것으로 나타났다.

힘-무게 비는 재하각도가 증가하면서 변화의

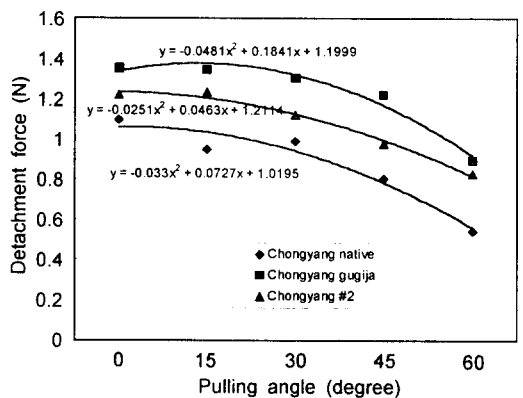


Fig. 4 Detachment force of three varieties of the mature boxthorn (*Lycium chinense* Mill) fruits with various pulling angles.

폭이 크게 나타났으며 특히 청양재래의 힘-무게 비는 다른 두 품종과는 달리 재하각도 0°에서 최대(236.67)로 나타났다. 시료의 생물학적 특성 및 무게가 각 실험 조건에서 동질성(homogeneity)이 아닌 점을 고려할 때 힘-무게 비는 대체적으로 재하각도가 15~45°에서 높게 나타났고 60°에서 가장 낮게 나타났다(그림 5).

품종별 탈과력 및 힘-무게 비의 차이는 진동을 가해 구기자의 숙과만을 선택적으로 수확하는데

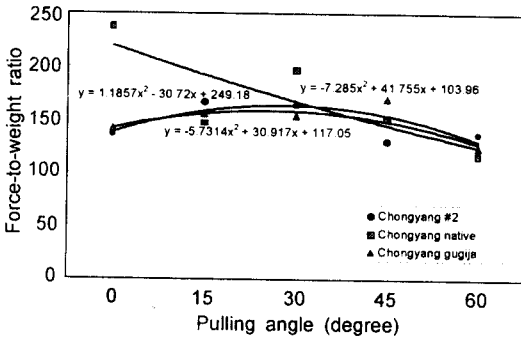


Fig. 5 Force-to-weight ratio of three varieties of the mature boxthorn (*Lycium chinense* Mill) fruits at various pulling angles.

있어서 적절한 동력 및 진동 특성(진폭, 진동수) 등을 고려하여 적용할 수 있고, 품종별 재하각도에 따른 탈과력 및 힘-무게 비의 차이는 가진 메카니즘 및 방향을 설정하는데 필요한 자료로 판단된다.

공시 품종 및 재하각도 변화에 따른 숙과의 힘-무게 비의 분산 분석 결과는 품종 및 재하각도에 따른 평균 힘-무게 비의 차이가 있는 것으로 나타났으며, 그에 따른 품종별 평균 힘-무게 비에 대한 Duncan test 결과 청양구기자와 청양2호는 차이가 없는 것으로 나타났고 청양재래와 위의 두 품종간에는 차이가 있는 것으로 나타났다(표 3). 이는 재하각도에 관계없이 품종간 전체적인 평균 힘-무게 비의 유의성 검증의 결과로서 세 가지 품종 중 청양2호를 수확할 때 가장 적은 동력을 필요로 하는 것을 의미하며 또한, 장차 구기자의 기계적 수확방법을 고려하여 수확이 용이한 재배 품종을 선택하는데 있어서 참고자료로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

표 4는 품종에 관계없이 재하각도에 따른 힘-무게 비의 유의성 검증의 Duncan test 결과를 나타내고 있다. 전반적으로 재하각도가 0~45°와 45~60°에서는 힘-무게 비의 차이가 각각 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 3 Results of the Duncan's multiple range test ($\alpha=5\%$) for the force-to-weight ratio of the three varieties of mature boxthorn fruits

Varieties	Mean force-to-weight ratio	No. of samples	Duncan grouping*
Chongyang native	170.07	50	a
Chongyang gugija	149.09	50	b
Chongyang #2	146.75	50	b

* Means with the same letter are not significantly different.

Table 4 Results of the Duncan's multiple range test ($\alpha=5\%$) for force-to-weight ratio of the mature boxthorn fruits at various pulling angles

Pulling angle (degree)	Mean force-to-weight ratio	No. of sample	Duncan grouping*
0	171.58	30	a
15	156.52	30	a
30	171.54	30	a
45	150.85	30	a
60	126.03	30	b

* Means with the same letter are not significantly different.

Table 5 Average detachment force of the mature boxthorn fruits (Chongyang gugija) as harvesting season advanced

Harvest season (Date)	Mean Detachment force(N)	Standard deviation	HSD* grouping**
Aug. 26, 1999	1.29	0.38	a
Sept. 29, 1999	0.94	0.31	b
Oct. 14, 1999	1.30	0.24	a
Nov. 5, 1999	0.72	0.12	b

* Tukey's Studentized Range test.

** Means with the same letter are not significantly different.

나. 수확 시기별 탈과력

표 5는 재하각도가 0° 일 때 수확 시기(1999년 8월 26일, 9월 29일, 10월 14일, 11월 5일)에 따른 청양구기자 숙과의 탈과력의 변화를 나타내고 있다. 수확 시기에 따른 숙과의 탈과력은 수확 계절이 진행되면서 10월, 8월, 9월, 11월 순서로 점점 작아지는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 Alper와 Foux(1976)가 지적한 바와 같이 수확 시기가 진행되면서 대체적으로 과일의 탈과력이 감소하는 것이 일반적인 현상이나 본 실험에서는 표 5에 나타난 바와 같이 10월에 시료로 사용한 숙과의 탈과력이 가장 크게 나타났는데, 이는 10월에 사용한 시료가 다른 실험 시기에 사용한 시료보다 덜 익은 과일이 많아 탈과력이 크게 나타난 것으로 판단된다.

따라서, 구기자 숙과의 탈과력은 가지에 매달린 숙과의 익은 정도(성숙도)에 따라 탈과력이 차이가 있는 것으로 판단됨에 따라 일시에 익은 것만을 선택적으로 기계적인 방법에 의해 수확하는 방법은 기존의 구기자 익은 정도를 육안으로 판단해 손으로 익은 과일만을 수확하는 방법과는 달리 과일의 익은 정도와 수확 시기에 따라 수확 시기를 적절히 선택할 수 있는 기본적인 기술이나 방법에 대한 지식이 필요할 것으로 판단된다. 한편, Tukey's studentized range test(Steel and Torrie, 1980)를 이용한 수확 시기별 탈과력의 다중 범위 시험 결과는 표 5에 나타난 바와 같다.

4. 요약 및 결론

구기자와 과병의 접합부에 대한 강도 특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 재하각도의 변화에 따른 숙과와 미숙과의 탈과력은 공시 재료 중 청양구기자에서 숙과의 경우 재하각도가 증가함에 따라 조금씩 감소하였고, 미숙과의 경우는 재하각도가 증가하면서 감소하다 반전되어 증가하는 것으로 나타났다.

2) 공시 품종 모두 공히 재하각도가 증가하면서 숙과의 탈과력은 감소하는 경향을 나타냈다.

3) 재하각도에 관계없이 세 공시 품종간 탈과력은 청양구기자(1.17 N)와 청양2호(1.07 N)가 비슷하고 청양재래(0.91 N)가 위 두 품종보다 낮게 나타났고 재하각도가 0° ~ 30° 혹은 15° ~ 45° 간에 있어서는 차이가 작았으며 탈과력이 가장 낮은 60° 에서는 위 재하각도 범위와 현저히 차이가 있는 것으로 나타났다.

4) 수확 시기별 탈과력은 청양구기자 품종에서 재하각도를 0° 로 하였을 때 10월중에 가장 높게 1.30 N으로 나타났고 11월중에 0.72 N으로 가장 낮게 나타났다.

참 고 문 헌

- Alper, Y. and A. Foux. 1976. Strength properties of orange fruit-stem joints. Transactions of the ASAE 19(3):412-414.
- SAS Institute Inc.. 1992. SAS/STAT User's guide. Cary, NC, USA.
- So, J. D., Y. K. Huh and S. W. Lee. 1999. Physical properties of stem and fruit of *Lycium chinense* Mill. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 24(4):365-372 (In Korean).
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill Book Company. New York, NY, USA.