

구기자 열매와 과병 접합부의 강도 특성

Strength Properties of *Lycium Chinense* Mill Fruit-Stem Joints

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

1. 서 론

구기자(*Lycium Chinense* Mill)는 가지과에 속하며 높이가 1m 내외인 낙엽성 관목으로 열매, 잎 그리고 뿌리도 한약재 및 건강음료로 이용되고 있다. 구기자는 숙과, 미숙과 및 꽃이 한 줄기에 혼재되어 있고, 열매는 작고 수량이 많으며 과피는 얇아서 수확시에 손상되기 쉽고, 수형도 매우 다양 복잡하고 줄기와 잎의 밀도가 커서 손으로 열매를 하나하나 따서 수확하고 있으며 구기자 생산 과정에서 소요되는 전체 노동력의 84% 정도가 수확작업에 소요되고 이로 인한 인건비가 가장 많은 경비로 지출되고 있다. 따라서 구기자 수확작업의 경비 절감을 위해서 기계적인 수확 방법이 필요한 실정이며 여러 방법 중 진동을 이용한 수확방법이 가장 용이한 방법으로 판단되었다(서정덕 등, 1999; Alper and Foux, 1976).

진동을 이용한 과일의 기계적 수확 방법에서 과일을 가지로부터 탈과 시키기 위해서는 과일 및 가지에 작동되는 진동수와 진폭이 중요한 인자들이다. 이 진동을 발생시키는 힘의 방향과 크기 및 작용점은 열매와 줄기 연결부의 물성 및 역학적 특성에 의하여 결정된다. 따라서 본 연구에서는 작용력의 방향과 크기를 구명하고자 열매의 탈과력은 재하각도(Pulling angle)의 변화와 수확시기별로 측정 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 연구에 사용한 공시 재료는 청양 구기자 시험장에서 재배하고 있는 품종중 재래품종인 청양재래, 신품종인 청양구기자 및 신품종으로 개발중인 청양2호 이다. 실험 기간은 1999년 8~11월 초순 까지이며 수확적기의 구기자를 채취한 후 청양구기자시험장의 실험실에서 실시하였다.

나. 실험 장치

구기자의 탈과력은 그림 1과 같이 하중지시기(Mecmesin, model AFG50N)를 이용한 인장력 및 압축력을 측정할 수 있도록 측정장치를 설계 제작하였다.

* 충남대학교 농업과학 연구소

** 충남대학교 농과대학 농업공학부

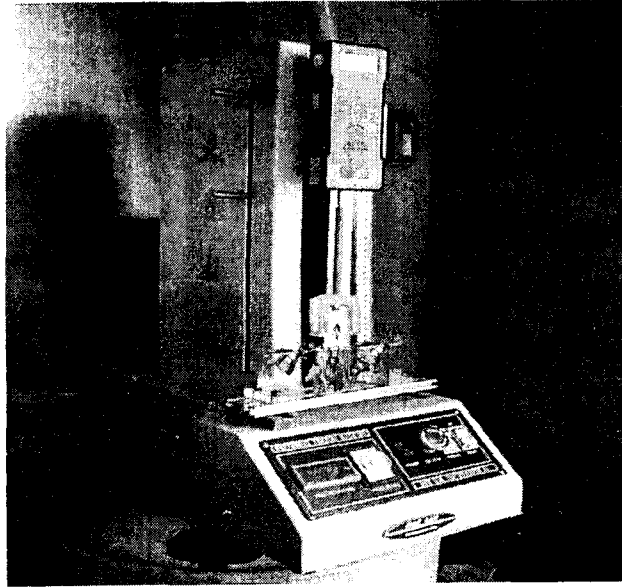


Fig. 1 Universal test machine used for the detachment force test of the *Lycium chinense* Mill fruit.

이 장치는 저속 구동 모터에 의해 load cell 및 마이크로 프로세서가 내장된 force gauge가 안내봉을 따라 상하이동하고, 감지된 하중은 LCD에 최대값 또는 변화값을 선택하여 나타낼 수 있고, 또는 PC에 입력하여 하중 변형 곡선으로도 나타낼 수 있다. 감지부는 안내봉에 설정한 상하 임계 센서에 의하여 상하운동이 자동으로 정지 되도록 설계되어있다.

다. 측정방법

1) 탈과력

힘의 작용 방향의 변화에 따른 속과의 탈과력을 분석하기 위하여 열매가 가지에 수직으로 매달린 방향으로 힘을 가하여 탈과시키는 재하각도를 0° (straight-pull)로 하고 열매가 매달린 방향과 jig의 각도를 15° , 30° , 45° 및 60° 로 변화(Angle-pull)를 주면서 탈과력을 측정하였다. 이 실험의 공시재료는 청양구기자를 사용하였다. 그림 2는 재하각도 변화에 따르는 탈과력 측정 장치의 하중지시기와 jig의 개략도이다.

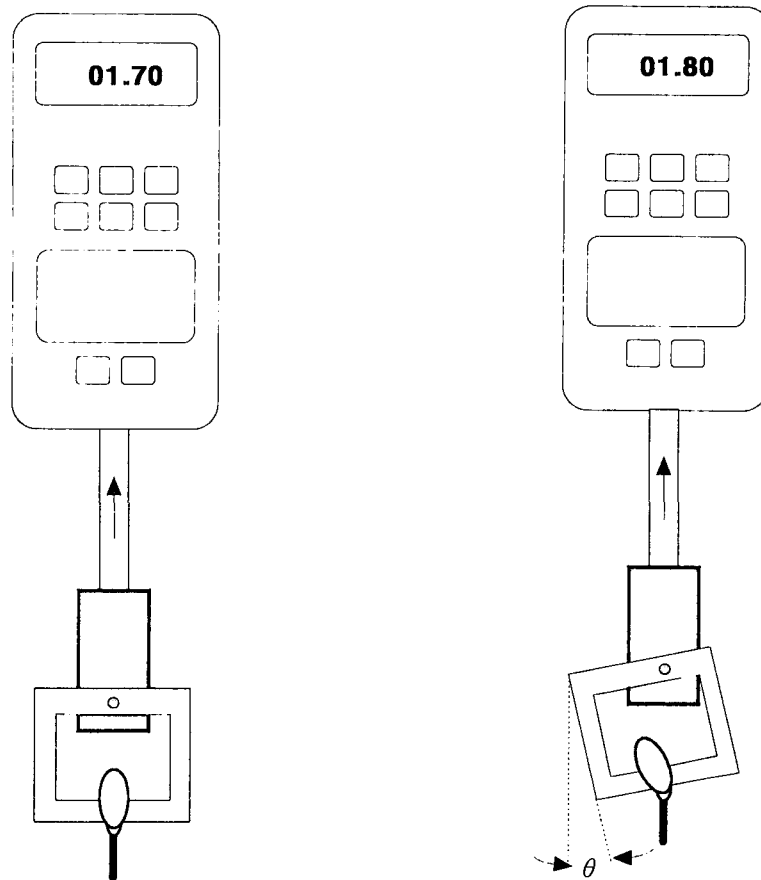


Fig. 2 Schematic diagram of the angle pull test of the *Lycium chinense* Mill fruit.

재하각도 변화에 따르는 숙과와 미숙과의 탈과력을 분석하기 위하여 공시품종 중 청양구기자를 9월 말 15개의 시료를 채취하여 사용하였으며 탈과력은 평균값으로 산출하였다. 품종별 재하각도 변화에 따른 숙과의 탈과력 실험은 위에 설명한 3가지 공시품종을 10월 중순에 청양구기자시험장에서 10개씩 시료를 채취하여 사용하였으며 탈과력은 평균값으로 산출하였다.

수확시기별 탈과력 변화의 분석은 재하각도를 0° 로하여 8월말, 9월말, 10월 중순 및 11월 초순에 각 시기별로 청양구기자 시험장에서 15개의 시료를 채취하여 사용하였으며 탈과력은 평균값으로 산출하였다.

재하각도별, 수확시기별 및 품종간 탈과력의 유의성 검증은 SAS(SAS Institute Inc., 1992)를 이용하여 분산분석 및 다중범위테스트를 하였다.

2) 구기자 줄기의 탄성계수(Elastic modulus)

구기자 가지의 탄성계수를 분석하고자 수확적기의 청양구기자의 탈과시험을 한 후 가지의 탄성계수 시험을 위에서 설명한 하중지시기와 8개의 시료를 이용하여 그림 3과 같이 폭이 15cm인 받침대 위에 구기자 가지를 올려놓고 측정장치의 힘을 줄기에 가한 후 구기자 가지

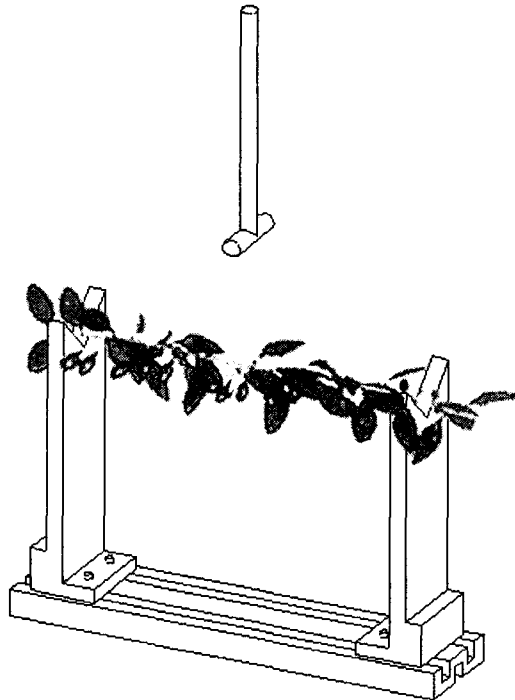


Fig. 3 Schematic diagram of the clamping kit of the branch.

의 휨(bending)을 측정하였다. 탄성계수는 $\delta_{\max} = \frac{Pl^3}{48EI}$ 의 식에 의하여 계산하였으며, 여기서 δ_{\max} = 처짐량, P =힘, l =폭(span) E =탄성계수(Elastic modulus), I =관성모멘트 (moment of inertia= $\frac{\pi d^4}{64}$)이다. 또한 용수철 상수(Stiffness)는 힘(P)를 처짐량(δ_{\max})으로 나누어 계산하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 재하각도에 의한 탈과력 변화

청양구기자의 숙과와 미숙과의 재하각도에 의한 탈과력은 그림 4에 나타났다. 숙과의 탈과력은 미숙과보다 전반적으로 0.7~1.3N 정도 작았다. 재하각도의 변화에 따른 청양구기자의 숙과의 탈과력은 각도가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 나타냈고, 미숙과는 재하각도가 30° 일 때까지 탈과력이 감소하다가 재하각도가 증가하면서 탈과력 역시 증가하는 경향을 나타냈다.

그림 5는 공시재료로 사용한 품종별 숙과의 재하각도에 따른 탈과력을 나타내고 있다. 그림 5에서 재하각도가 증가할수록 탈과력이 약간씩 감소하는 경향을 나타냈고 청양재래에서 재하각도에 따른 탈과력의 감소가 가장 크게 나타났다.

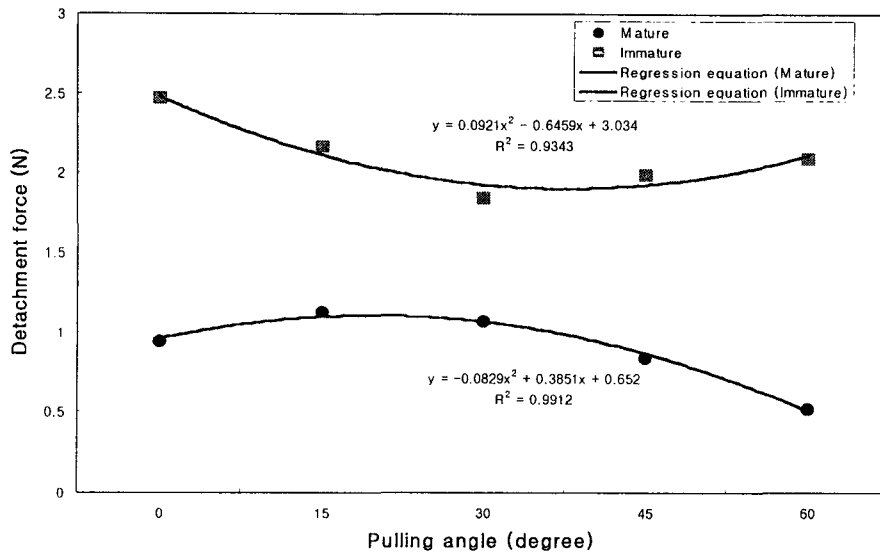


Fig. 4 Detachment force of the mature and immature *Lycium chinense* Mill (Chongyangkukija) fruits with various pulling angles.

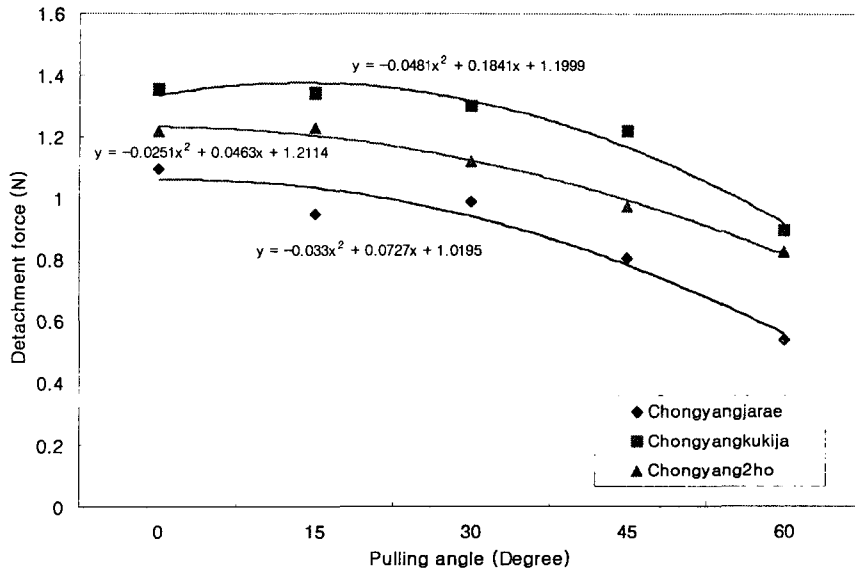


Fig. 5 Detachment force of three species of the mature *Lycium chinense* Mill fruits with various pulling angles.

표 1은 공시품종 및 재하각도별 숙과의 탈과력 차이를 분석한 분산 분석 결과를 나타낸 것으로 품종 및 재하각도별 탈과력의 차이가 있는 것으로 나타났으며, 그에 따른 품종별 평균 탈과력에 있어서 Duncan test 결과 청양구기자와 청양2호는 차이가 없는 것으로 나타났고 청양재래와 위의 두품종간에는 차이가 있는 것으로 나타났다(표 2). 또한 품종에 관계없이 재하각도별 탈과력의 Duncan test의 결과는 표 3에 있는 바와 같이 나타났다.

Table 1 The result of the analysis of variance of detachment force of the mature *Lycium chinense* Mill fruit with 3 species and 5 different pulling angles.

Source	DF	SS	MS	F value
Species	2	1.84	0.92	8.86**
pulling angle	4	4.25	1.06	10.21**
Error	143	14.87	0.10	

** Means significantly different.

Table 2 Result of the Duncan's multiple range test($\alpha=5\%$) for the detachment force of the three species of mature *Lycium chinense* Mill fruits.

Species	Mean detachment force(N)	No. of samples	Duncan Grouping*
Chongyangkukija	1.17	50	A
Chongyang2ho	1.07	50	A
Chongyangjaerae	0.91	50	B

* Means with the same letter are not significantly different.

Table 3 Result of the Duncan's multiple range test($\alpha=5\%$) for detachment force of the mature *Lycium chinense* Mill fruits with various pulling angles.

Pulling angle (degree)	Mean detachment force(N)	No. of sample	Duncan* Grouping
0	1.24	30	A
15	1.14	30	A B
30	1.12	30	A B
45	0.10	30	B
60	0.75	30	C

* Means with the same letter are not significantly different.

나. 수확시기별 탈과력

표 4는 청양구기자를 공시재료로 사용한 수확시기별(1999년 8월 26일, 9월 29일, 10월 14일, 11월 5일)로 재하각도가 0° 일 때의 탈과력을 나타낸다. 수확시기별 숙과의 탈과력은 수확계절이 진행되면서 8월, 9월, 10월, 11월 순으로 점점 작아지는 경향을 나타냈으며 이 경향은 Alper & Foux(1976)의 내용과 같았다. 표 4에서 10월에 숙과의 탈과력이 가장 크게 나타났는데 이는 시료의 성숙정도의 차이에 의해 나타난 것으로 숙과라 해도 조기에 수확하는 것은 말기에 수확하는 것보다 탈과력이 큰 것으로 판단된다. 한편, Tukey's studentized range test(Steel and Torrie, 1980)를 이용한 수확시기별 탈과력의 다중범위시험결과는 표 4에 나타낸 바와 같다.

Table 4 Average detachment force of three mature *Lycium chinense* Mill (Choungyangkukija) fruits at various harvesting seasons.

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

** Means with the same letter are not significantly different.
* Tukey's Studentized Range test.

다. 구기자 줄기의 탄성계수 및 용수철 상수

그림 6은 구기자(청양구기자)줄기의 탄성계수(Elastic modulus)와 줄기의 굵기의 관계를 나타낸 것으로 줄기의 굵기가 증가하면서 탄성계수는 감소하는 경향을 나타냈으며, 반대로 용수철 상수(Stiffness)는 증가하는 경향으로 나타났고(그림 7) 이 구기자 가지의 용수철 상수는 진동 전달률에 크게 작용하는 인자이었다.

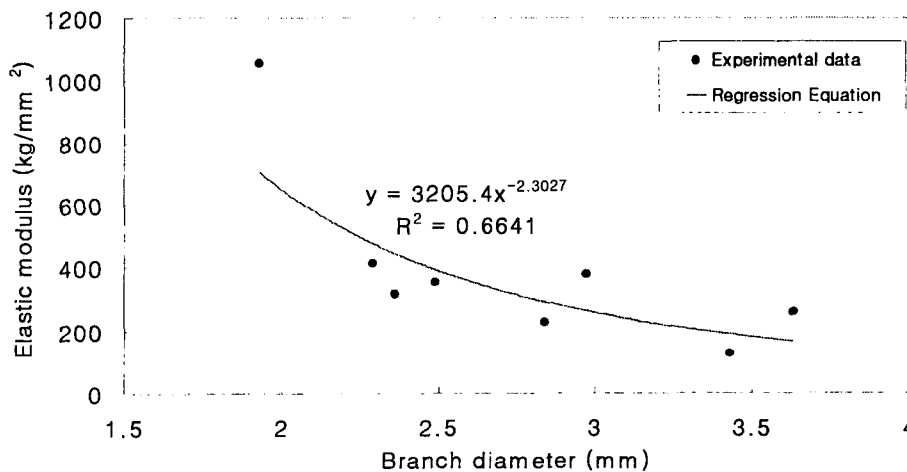


Fig. 6 Relationship between the diameter and the elastic modulus of the *Lycium chinense* Mill.

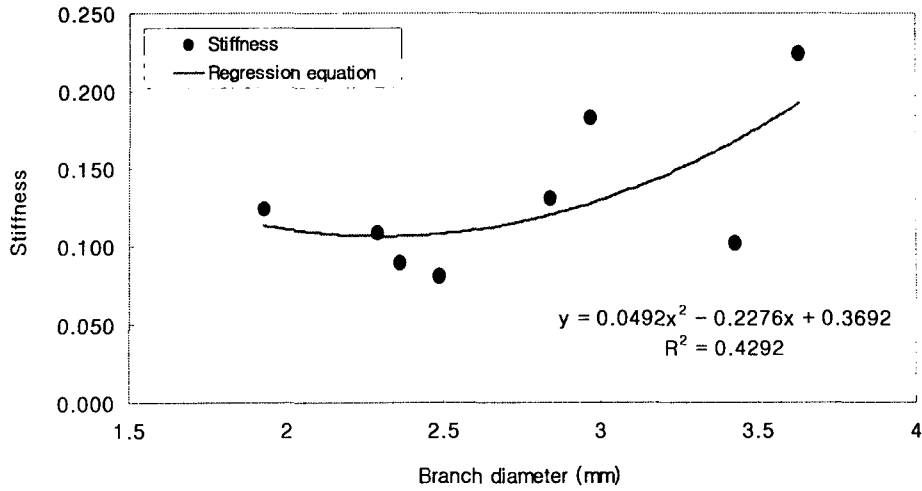


Fig. 7 Relationship between the branch diameter and the stiffness of the *Lycium chinense* Mill .

5. 결론 및 요약

- 구기자 열매와 과병의 접합부에 대한 힘의 특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다
- 가. 재하각도의 변화에 따른 속과와 미속과의 탈과력은 공시재료 중 청양구기자에서 속과의 경우 재하각도가 증가함에 따라 조금씩 감소하였고, 미속과의 경우는 재하각도가 증가하면서 감소하다 반전되어 증가하는 것으로 나타났다.
- 나. 공시품종 모두 공히 재하각도가 증가하면서 탈과력이 감소하는 경향을 나타냈다.
- 다. 재하각도에 관계없이 세 공시품종간 탈과력은 청양구기자(1.17N)와 청양2호(1.07)가 비슷하고 청양재래(0.91N)가 위 두 품종보다 낮게 나타났고 재하각도가 0° ~30° 혹은 15° ~45° 간에 있어서는 차이가 작았으며 탈과력이 가장 낮은 60° 에서는 위 범위가 현저히 차이가 있는 것으로 나타났다.
- 라. 수확시기별 탈과력은 청양구기자 품종에서 재하각도를 0° 로 하였을 때 10월 중에 가장 높게 1.3N으로 나타났고 11월 중에 0.72N으로 가장 낮게 나타났다.
- 마. 청양구기자품종의 나무가지의 물성에서 구기자 줄기의 굵기가 클수록 용수철 상수는 증가하는 경향을 나타냈고 탄성 계수는 감소하는 경향을 나타냈다.

참고문헌

1. 이봉춘, 서관석, 조임식, 백승우, 노재관. 1994. 청양지방의 구기자(*Lycium chinense* Mill) 재배현황. J.of Oriental Bot.Res 7(1):23-28.
2. 서정덕, 허윤근, 이상우. 1999. 구기자의 가지 및 열매의 특성에 관한연구. 한국농업기계학회지24(4):365-372.
3. Alper, Y. and A. Foux. 1976. Strength Properties of orange fruit-stem joints. Transactions of the ASAE 19(3):412-414.
4. SAS Institute Inc.. 1992. SAS/STAT User's guide. Cary, NC .USA.
5. Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill Book Company. New York, NY, USA.