

마늘 · 양파수확기 개발을 위한 기초연구

A Fundamental Study for Development of Garlic and Onion Harvester

전현종*	홍종태*	박환중*	최용*	김영근**1)
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원
H.J.Jun	J.T.Hong	W.J.Park	Y.Choi	Y.K.Kim

1. 서론

우리나라의 마늘 · 양파의 재배면적은 '98년 현재 37,337ha, 14,806ha이고 생산량은 각각 39만여톤, 87만여톤으로 발작물 중에서 큰비중을 차지하고 있으나 수확작업의 대부분이 인력에 의하여 이루어지고 있기 때문에 생산비가 높고 수입품과의 가격차이가 심하여 재배농가에 큰 부담이 되고 있다. 한편 마늘 · 양파의 기계화작업이라야 경운정지, 방제, 비닐피복 등에 그치고 있고 일부지역에서 마늘 수확시 굴취기를 사용하고 있는 실정이다. 더욱이 논에서 마늘 · 양파를 재배할 경우 수확시기와 벼농사의 이앙시기가 이어지기 때문에 적기에 빠른 수확이 가능한 수확기의 개발이 요구되고 있다.

마늘 · 양파의 수확을 기계화하기 위해서는 재배현황, 주산지 재배양식 및 수확방법의 조사분석과 수확시기의 마늘 · 양파에 대한 작물조건 및 물성이 중요한 요인이 된다.

본 연구의 목적은 마늘 · 양파수확기 개발을 위한 기초연구로서 마늘양파의 재배현황, 주산지의 재배양식 및 수확시기의 수확방법을 조사분석하고 수확시기의 마늘 · 양파에 대한 작물조건 및 물성을 측정하여 마늘 · 양파수확기 개발을 위한 기초자료로 활용하는데 있다.

2. 주산지의 재배 및 수확 방법

마늘 · 양파 주산지의 재배 및 수확 방법 등을 조사분석하여 마늘 · 양파 수확기 개발에 영향을 미치는 재배측면의 설계기초자료를 제시하고자 마늘 · 양파주산지 재배농가에 대해 설문조사를 실시하였다. 마늘의 경우는 난지형 마늘 재배지역인 전남 무안, 경남 남해와 한지형 마늘 재배지역인 충남 서산, 경북 의성지역을 대상으로 하였고, 양파의 경우는 전남 무안, 경남 창녕, 경북 의성지역을 대상으로 하였다.

가. 마늘 재배 및 수확방법

주요 마늘재배 주산지인 서산, 무안, 남해, 의성에 대한 농가 설문조사 결과를 표1에 나타내었다. 마늘이 재배되고 있는 포장은 지역에 따라 많은 차이를 보이고 있으나 대부분 논과

†본 연구는 농림특정연구과제 연구비 지원으로 수행되었음

* 농업기계화연구소 생물생산기계과

**농업기계화연구소 Post Doc.

밭에서 동시에 재배되고 있으며 주로 의성, 남해에서는 논재배가 많았고 서산, 무안에서는 밭재배가 많았다. 특히 밭재배의 경우 경사지가 많아 기계화에 어려움이 예상된다. 비닐피복은 모든 조사지역에서 행하여지고 있었으며, 무안에서는 유공비닐을 피복한후 파종하였고, 그의 다른지역에서는 파종후 무공비닐을 피복하여 마늘씨가 돌아나면 갈고리를 이용하여 비닐에 구멍을 뚫어 마늘씨를 밖으로 유인하고 있었다.

재배방식중 이랑폭의 다양성과 비닐피복은 마늘수확기계화에 장애요인이 되고 있고 마늘재배용 농기계 개발촉진과 이용도증진을 위하여 '97년 재배측면과 기계개발 측면을 고려한 이랑폭 120cm의 마늘기계화 표준재배양식을 설정하였다.

수확시기 판단은 잎이 약 30% 이상이 마르고 지상부의 경엽이 대략 1/2~1/3정도 황변할때로 보고 있으며, 수확시기가 늦어질수록 대체로 인편과 구중이 증가하지만 일정한 시기에 수확하도록 해야하며 수확후 건조시에는 경엽을 바로 절단하지 않고 경엽이 있는 상태로 두어야 마늘의 인편이 증가되는 것으로 보고되고 있다.

마늘의 수확작업은 주로 인력으로 이루어지며 난지형 마늘재배지역인 무안, 남해의 경우 인력으로 뽑아 노지에서 건조시킨 후 줄기를 절단하여 땅에 수집한후 비닐을 제거하고, 한지형 마늘재배지역인 의성의 경우 피복비닐을 제거한후 트랙터부착 굴취기나 경운기부착 굴취기를 이용하여 굴취후 인력으로 뽑아 일정한 단으로 묶은후 건가시설로 운반하여 건조시키는 방법을 사용하고 있었다. 또한 다른지역과는 달리 서산지역에서는 마늘수확 한달전쯤 비닐을 제거하고 마늘의 이어짓기 작물로 마늘의 조간사이에 생강을 파종하고 있어 이러한 작부체계에서는 기계수확이 어려울 것으로 판단되었다.

표1. 마늘주산지별 재배 특성

구 분	서 산	무 안	의 성	남 해
마늘재배포장	밭	밭	논	논
도양	양토	식양토, 양토, 사양토	양토	양토, 미사질양토
주요재배품종	서산재래, 대서	남도	의성재래	남도, 상해조생
이랑폭(cm)	160	210	260~400	180~230
골 폭(cm)	30~40	30	40	30~40
골깊이(cm)	10~25	10~15	5~10	15~20
파종방향	단방향	단방향	장방향	장방향, 단방향
조 간(cm)	20~25	18	10~16	20~24
주 간(cm)	10~12	12	7~10	8~10
비닐피복종류	무공	유공(14~16공)	무공	무공
비닐제거시기	수확전	수확후	수확전	수확후
수확시기	6.5~6.30	5.20~6.30	6.10~25	5.15~6.15
수확방법	인력(창), 경운기용 굴취기	인력뽑기(수확직전관수)	트랙터 및 경운기용 굴취기	인력(호미)
건조방법	노지 또는 자연통풍건조	노지건조(5~10일)	건조대사용	노지건조
줄기절단위치	-	0~2cm	-	0~2cm
출하형태	접마늘(묶음)	망(20kg)	접마늘(엮음, 묶음)	망(20kg)
이어짓기 작물	생강	콩, 참깨, 쪽파	벼	벼

나. 양파 재배 및 수확방법

주요 양파재배주산지인 무안, 의성, 창녕에 대한 농가 설문조사결과 수확관련 재배 특성을

표2에 나타내었다. 양파가 재배되고 있는 포장은 지역에 따라 차이가 있으며 무안에서는 주로 밭에서 재배되고 있었고, 의성과 창녕은 주로 논에서 재배되고 있었다. 양파 재배형태별 규격은 모두 평두독재배로서 이랑폭은 무안, 창녕의 경우 180~210cm 범위였으나 의성의 경우 330~360cm로서 타지역에 비해 이랑폭이 넓었다. 이식방향과 사용비닐은 무안의 경우 유공비닐에 단방향 이식, 의성과 창녕은

표2 양파주산지별 재배특성

구 분	무 안	의 성	창 녕
양파재배포장	밭	논	논
토양	식양토, 양토, 사양토	양토	미사질양토
주요재배품종	만생종, 조생종	만생종	만생종, 중생종
이랑폭(cm)	180~210	330~360	180~210
골 폭(cm)	30	30~40	30
골깊이(cm)	5~20	10~15	10~20
이식방향	단방향	장방향	장방향
조 간(cm)	20	15~16	15~16
주 간(cm)	13	8~12	10~12
비닐피복종류	유공(12~14공)	무공	유공(8~10공), 무공
비닐제거시기	수확후	수확후	수확후
수확시기	5.10~6.30	6.10~22	5.25~6.25
수확방법	인력뽑기	인력뽑기	인력뽑기
줄기절단위치	구에서 1~6cm	구에서 3~7cm	구에서 3~5cm
출하형태	망(10, 20kg)	망(20kg)	망(20kg)
이어짓기 작물	콩, 참깨, 쪽파	벼	벼

장방향 이식을 한 후 무공비닐을 피복하고 있었다. 이식조건 및 주간은 유공비닐(12~14공)을 사용하는 무안의 경우 단방향으로 조건 20cm, 주간13cm, 무공비닐을 사용하는 의성, 창녕지역은 농가마다 약간 차이가 있었다. 재배방식중 이랑폭이 다양하고 비닐피복을 하는 것 등이 기계화의 장애요인이 되며 또한 수확시기에 양파의 구가 비대 성숙해짐에 따라 내부로부터 새로운 잎이 나오지 않으므로 엽추부의 조직이 약해져 줄기가 스스로 넘어지는 도복현상을 수확시기 판정의 기준으로 삼고 있어 이러한 수확시기의 도복문제 등이 기계화의 장애요인이 되고 있다. 이랑폭은 양파재배용 농기계 개발촉진과 이용도 증진을 위하여 '97년 재배측면과 농기계 개발측면을 고려한 이랑폭 120cm의 양파 기계화 표준재배양식을 설정하였다. 양파의 수확작업은 주로 인력에 의하여 이루어지며 무안지역의 경우 인력으로 뽑은후 논지에서 건조, 줄기절단 및 선별후 망에 담은 작업을하고, 창녕지역의 경우도 주로 무안지역과 같은 수확작업을 하고있으나 일부 줄기를 절단한 후 인력으로 뽑는 방법도 사용하고 있었다.

다. 마늘·양파의 수확단계별 작업수단에 따른 소요노력

마늘·양파의 수확단계별 작업수단에 따른 소요 노력을 표3, 표4에 나타내었다.

3. 수확시기의 작물조건 및 물성

수확시기에 마늘·양파재배 주산지의 작물 조건 및 물성을 조사하기 위하여 수확하고있는 농가 포장에서 토양조건, 작물조건, 인발력 등을 조사하였고, 구에 대한 압축강도는 실내시험을 통하여 조사하였다.

가. 수확시기 마늘·양파의 토양 및 작물조건에 따른 인발력

수확기 생육상태의 마늘·양파에 대한 인발력 측정은 지표면과 가까운 줄기부분을 끈으로 묶은 후 디지털저울로 줄기방향으로 인장하여 인발력을 측정하였다. 또한 마늘의 경우 인발이 가능한 지역에서는 굴취여부에 따른 인발력 비교실험을 하였고, 인발이 안되는 지역에서는 인위적으로 토양을 삽으로 지면에서 15cm깊이로 수평으로 절삭하거나 트랙터부착 굴취날로 토양을 20cm깊이로 굴취한후 인발력을 측정하였다. 표5와 표6에 수확시기 마늘·양파의 토양 및 작물조건에 따른 인발력을 나타내었다. 수확시에 가장 중요한 역할을 하는 인발력은 미굴취 상태에서 인발력측정이 가능한 남해지역에서 동일포장, 동일품종으로 굴취전과 굴취후의 인발력을 비교시험한 결과 굴취를 하지 않은 상태로 마늘을 인발 했을 때의 인발력은 92~214N (평균 152N), 굴취수단(삽)으로 굴취 후 마늘을 인발 했을 때의 인발력은 32~119N (평균 62N)정도로 굴취후 인발력이 미굴취 인발력보다 약60%정도 인발력이 감소하는 것으로 나타났다.

표3 주산지별 마늘수확 작업단계별 소요노력

작업공정	작업수단	소요 노력(시간/10a)		
		의성	서산	무안, 남해
비닐제거	인력(수확작업전) 인력(수확작업후)	4.5 -	4.2 -	- 3
인력뽑기 및 굴취, 흙떨기	인력 트랙터굴취기+인력 경운기굴취기+인력	- 0.4+21 2.5+21	25.5 - 1.6+16	26.2 - -
단류기	인력	7	8.1	17.2
운반	경운기, 트랙터, 1톤트럭	-	3.7	5.5
운반+저장	경운기, 트랙터, 1톤트럭	8.2	-	-
망마늘포장	인력	76	-	-
접마늘여기	인력(50, 100개단위)	31.4	38.0	-

표 4 주산지 양파수확 작업단계별 소요노력

작업공정	작업수단	소요노력(시간/10a)		
		무안	의성	창녕
뽑기	인력	20.9	20.5	21.5
줄기절단	인력(가위, 낫, 칼)	20.2	28.6	24.5
선별포장	인력 육안선별 망포장(10, 20kg)	24.1	31.9	32.6
실기·운반	경운기, 트랙터트레일러	4.7	4.9	3.0
비닐제거	인력	3.4	3.1	3.9

표5 마늘 수확포장의 토양 및 작물조건에 따른 굴취후 인발력

지역	품종	토양 함수율 (% db)	토성	관입깊이별 토양경도(N/cm ²)				초장(cm)	줄기					굴취 여부	굴취 깊이 (cm)	인발력(N)
				5cm	10cm	15cm	20cm		길이 (cm)	직경 (cm)	직경 (mm)	높이 (mm)	물함 깊이 (mm)			
무안	남도	18.5	L	47	58	72	92	46~87 (34~69)	29~43	7~11	30~51	25~48	50~74	굴취(삽)	15	31.5~96.3
남해	재래종	37.9	L	48	48	102	147	82~105 (51~65)	35~45	8.5~16	33~54	29~44	65~95	미굴취 굴취(삽)	- 15	92.2~214.3 32.5~119.4
의성	재래종	28.0	L	30	37	156	227	44~78 (32~49)	19~22	8.5~15	33~54	33~45	70~85	굴취 (굴취날)	20	42.8~132.2

※ ()는 입모상태의 높이

표6 양파 수확포장의 토양 및 작물조건에 따른 인발력

지역	품종	토양 함수율 (% db)	토성	관입깊이별 토양경도(N/cm ²)				초장 (cm)	줄기			구			뿌리길이 (mm)	인발력 (N)
				5cm	10cm	15cm	20cm		길이 (mm)	직경 (mm)	도복율 (%)	직경 (mm)	높이 (mm)	물함깊이 (mm)		
무안	천주대고	14.3	SL	24	28	47	193	25~58	170~240	8~15	100	65~90	70~89	42~57	70~140	38.7~153
창녕	창녕대고	22.3	SiL	163	139	139	126	60~90	180~270	8~19	100	66~95	74~100	20~35	65~95	51.0~127.2
의성	천주대고	26.6	L	31	49	141	240	65~85	170~250	10~17	100	57~95	60~78	22~41	60~140	39.8~118.9

나. 수확시기 마늘·양파의 압축강도

수확기 생육상태의 마늘·양파에 대하여 인발력을 측정된 마늘·양파의 구에 대하여 농업 기계화연구소에 있는 Texture Analyser을 이용하여 압축강도를 측정하였다. 측정방법은 직경5mm의 압축강도 시험용 탐침봉으로 2.0mm/sec의 속도로 통마늘은 5mm관입, 양파는 10mm 관입시 압축강도를 측정했다. 표7에 마늘·양파에 대한 결과를 나타내었다.

마늘의 경우 지역에 따라 조금씩 차이가 있으나 단위면적당의 평균 압축강도는 난지형인 남도마늘이 2.05~3.49N/mm², 남해 재래종이 2.59~4.11N/mm²이었고, 의성의 재래종이 3.47~4.86N/mm²로 나타나 의성지역 마늘인 한지형이 난지형 마늘보다 압축강도가 큰 것으로 나타났다. 또한 양파에 대한 압축강도는 무안의 천주대고가 1.78~3.60N/mm², 창녕의 창녕대고가 1.20~3.82N/mm², 의성 천주대고가 1.25~4.51N/mm² 정도로 비슷한 강도를 보였으나 대체적으로 작은 충격에서도 손상을 쉽게 입고 손상을 입으면 저장기간동안 부패할 우려가 있다.

그림1과 그림2는 주산지의 마늘·양파에 대한 압축강도를 압축력과 관입깊이와의 관계로 나타낸 것이다. 마늘의 경우 압축력에 있어서 무안이나 남해의 난지형 마늘보다 의성의 한지형 마늘이 약간 높았고, 초기파괴가 일어난 후 대부분 관입깊이 4mm정도에서 최대압축력이 나타났다. 양파의 경우는 마늘에 비해 압축력이 작고 최대압축력에 도달하기 전에 초기파괴가 일어나는 것은 마늘의 경우와 같으나 일반적으로 작은 관입깊이에서 초기파괴가 나타났고 관입깊이 4mm정도에서 최대압축력이 나타났다. 이것은 마늘보다 양파가 충격에 매우 연약함을 나타낸다고 판단된다.

표 7 마늘·양파의 압축강도

구분	지역	품종	압축강도(N/mm ²)
마늘	무안	남도(난지형)	2.05~3.49
	남해	남해재래(난지형)	2.59~4.11
	의성	의성재래(한지형)	3.47~4.86
양파	무안	천주대고	1.78~3.60
	창녕	창녕대고	1.20~3.82
	의성	천주대고	1.25~4.51

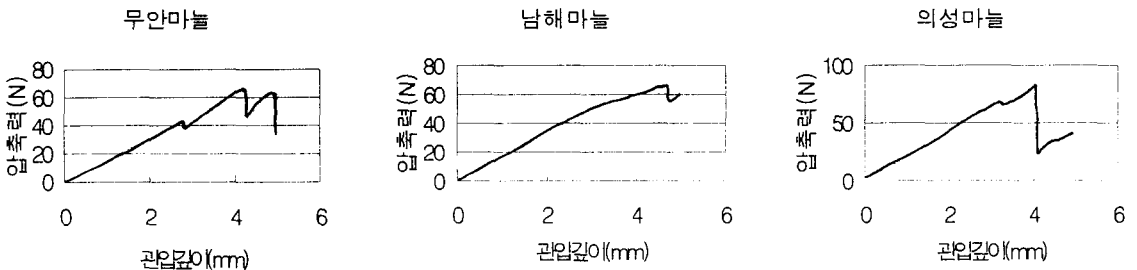


그림1 주산지 마늘의 압축력과 관입깊이 관계(탐침봉 지름 5mm)

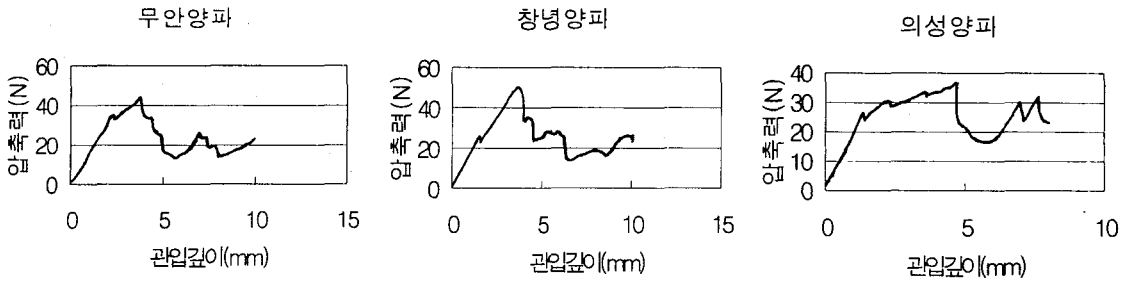


그림 2 주산지 양파의 압축력과 관입깊이 관계(탐침봉 지름 10mm)

4. 결론

마늘의 경우 주산지 마늘재배형태별 이랑폭은 160~400cm범위 였고, 지역별 파종방향도 단방향과 장방향으로 다양하며, 파종조건 및 주간은 유공비닐을 사용하는 무안지역은 조건 18cm, 주간12cm로 일정하나 무공비닐을 사용하는 다른 지역은 농가별로 차이가 있었다. 이와 같이 지역별 재배양식이 다른 것은 수확기계화의 걸림돌이 되어 재배측면과 기계적 측면을 고려하여 우리나라에 많이 보급되어 있는 30~50PS급 트랙터의 후륜폭을 기준으로 이랑폭 120cm로 설정된 마늘기계화 표준재배양식의 적용이 필요하다고 판단되었다.

또한 수확작업의 기계화를 위해서는 재배포장조건, 수확시기의 작물조건 및 주산지의 수확방법 등을 고려할때 파종방향은 두둑의 장방향으로 설정하는 것이 수확기계화에 유리할 것으로 판단되며, 난지형과 한지형마늘의 재배양식을 고려한 무안과 남해지역의 수확방법인 비닐피복상태에서 마늘의 뿌리 밑면 토양을 절삭과 동시에 마늘을 뽑아 피복비닐위에 가지런히 깔아 놓거나 결속하는 방법과 의성지역의 수확방법인 피복비닐을 수확전에 제거한 후 토양절삭과 동시에 마늘을 뽑아 집속 또는 결속을 하는 방법의 구명이 필요하다고 판단되었다.

양파의 경우 마늘과 마찬가지로 주산지별 이랑폭, 유·무공 비닐피복에 따른 이식방향, 재식거리 등의 재배양식이 다양하여 기계화의 장애요인이 되기 때문에 양파재배용 농기계 개발추진과 이용도 증진을 위하여 이랑폭 120cm로 설정된 양파기계화 표준재배양식의 적용이 필요하다고 판단되며, 관행의 수확방법을 기계화하기 위해서는 수확시기의 피복비닐제거, 양파의 지상부노출, 양파조직의 연약함 및 줄기의 도복 등이 수확의 기계화에 가장 큰 장애요인이라고 판단되어 충분한 연구검토가 요구되었다.

5. 참고문헌

1. 이우승. 1994. 백합과 채소재배기술. 경북대학교 출판부
2. 이우승. 1978. 마늘수확에 관한 기초적연구. 경북대 농업과학 1:9-15
3. 농촌진흥청. 1998. 원예작물 기계화를 위한 재배양식 표준화연구
4. 농촌진흥청. 1994. 채소 수확후 기계화 유형 개발
5. 농업기계화연구소. 1993. 시험연구보고서
6. 안동대학교. 1995. 마늘파종기를 위한 기초연구
7. 농림부. 1999. 농림부 정보마당 농산물생산통계