

배추재배 일관기계화 작업체계 확립

Establishment of Integrated Mechanization for the Systematic Cultivation of Chinese Cabbage

신승엽* 이용복* 이동현* 박원규* 김병갑* 김학주** 신영안** 이정태***
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
S.Y.Shin Y.B.Lee D.H.Lee W.K.Park B.G.Kim H.J.Kim Y.A.Shin J.T.Lee

1. 서론

우리 식생활에서 중요한 위치를 차지하고 있는 배추는 최근 식생활패턴 변화에 따라 외식 소비와 여성의 사회활동 증가, 가공원료용 수요 및 김치수출 증가 등으로 신선배추수요가 연중 평준화되어 안정적인 공급을 필요로 하고 있다.

그러나 배추재배 기계화는 경운정지, 비닐피복 및 방제작업을 제외하고는 대부분의 작업을 인력에 의존하고 있어 노동생산성 저하 및 생산비 증가의 원인이 되고 있다. 특히, 배추의 생산비 절감 및 안정적인 공급을 위해서는 전체 노동투하시간의 43%를 차지하고 있는 정식, 수확 및 제초작업 등 인력의존도가 높은 작업에 대한 기계화가 시급한 실정이다.

이 연구에서는 배추재배 일관기계화 작업을 위하여 개발된 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 봄방제기, 배추수확기, 운반적재기 등 6개 개발기종에 대하여 2년간(1999. 6~2001. 5)에 걸쳐 기계화 재배조건 구명하고 작업성능시험을 수행하였으며 또한 개발기종의 기종별, 재배규모별 비용을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 배추재배 기계화 일관작업체계 시험

배추재배 일관기계화를 위한 기종 개발방향과 연구의 효율성을 높이기 위해서는 재배양식의 표준화가 요구되는데, 표준재배양식은 97년 농업기계화연구소에서 제시한 1줄재배 이랑폭 60cm, 두둑높이 0~20cm, 주간 30~40cm의 재배양식을 적용하였다.

일관기계화 작업체제시험은 개발된 6기종을 투입하여 표 1에서 보는 바와 같이 5회에 걸쳐 원예연구소와 고령지농업시험장 시험포장에서 다음과 같이 수행하였다.

(1) 기계화 재배조건 구명

배추재배 기계화 재배조건을 구명하기 위하여 육묘일수, 두둑높이, 재식거리별로 배추의 생육과 수량, 기계적응성 등에 관한 시험을 실시하였다(표 1). 1차시험은 육묘일수가 15, 20, 25일인 묘를, 높이 10, 15, 20cm인 두둑에, 조간 60cm, 주간 30, 35, 40cm로 심어 분할집구 2반복으로 수행하였다. 2차 시험은 24일 묘를 조간 60cm, 주간 30, 35, 40cm, 두둑높이 15cm로 정식하여 실시하였다. 3차 시험에서는 육묘일수가 15, 20, 25, 30, 35일인 묘를 높이 10, 15, 20cm인 두둑에 심어 관행과 기계화 재배기준간의 생육특성을 비교하는 3가지 시험을

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 ** 농촌진흥청 원예연구소 *** 농촌진흥청 고령지농업시험장

각각 난괴법 3반복으로 배치하였다. 4차 시험은 27일묘를 조간 60cm, 주간 35cm, 두둑높이 15cm로 정식하였다. 5차 시험은 1차와 3차시험에 준하여 시험구를 배치하였다.

표 1 작형별 공시포장의 재배양식 및 시험시기

작형	시험장소	주간거리 (cm)	두둑높이 (cm)	육묘일수 (일)	시험시기(월, 일)	
					정식	수확
고랭지 배추	고령지시험장	30, 35, 40	10, 15, 20	15, 20, 25	8. 14	10. 11
가을 배추	원예연구소	"	15	24	9. 6	12. 23
봄배추	고령지시험장	"	10, 15, 20	15, 20, 25, 30, 35	4. 12	6. 14
	원예연구소	35	15	27	5. 10	6. 28
고랭지 배추	고령지시험장	35	15	20	7. 28	10. 4

(2) 개발기종의 작업성능시험

개발된 6기종에 대하여 기계화 재배양식 적응성 및 후속작업과의 연계성 등에 관한 시험을 수행하여 문제점을 보완한 후 기종별 개발자가 제시한 작업단수와 속도에서 작업성능 시험을 실시하였다.

나. 경제성분석

경제성 분석은 개발기종의 작업가능 면적, 손익분기면적, 관행작업 대비 노력 및 비용절감 수준 등을 시산하여 분석하였으며 최종적으로 개발기종 전체를 투입하여 배추를 재배할 경우 재배면적별로 비용을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 배추재배 일관기계화 작업체계 시험

(1) 기계화 재배조건 구명

(가) 적정 육묘조건

묘 생육상태는 15일 묘의 경우 엽수, 생체중 등이 매우 떨어지고, 뿌리부분의 성형이 불안정하여 배추정식기를 이용한 정식작업에 부적합한 것으로 나타났으며, 25일 이상 육묘할 경우에는 뿌리에 비해 지상부가 웃자라 정식 후 활착하는데 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 생육이 늦어지는 경향이 있고 정식기에서 묘를 취출시 옆의 묘와 잎이 겹쳐져 2포기가 함께 뽑혀나오는 경우가 발생하여 기계정식 작업에 어려움이 있는 것으로 나타났다.

육묘일수에 따른 수확량은 표 3에서와 같이 20일 묘가 7,584kg/10a로 가장 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없으며, 15일 묘의 경우에는 수확시 결구율이 떨어지는 경향을 보였는데 이는 정식할 때 좋지 않았던 묘의 생육상태가 정식 후에도 영향을 미친 것으로 판단된다.

결과적으로 배추 일관기계화에 적합한 적정 육묘일수는 200공 플러그 트레이를 이용할 때 20일 내외가 적합한 것으로 나타났다.

표 3 육묘일수별 배추의 생육 및 수량

육묘일수 (일)	1주중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	1구중 (g)	수 량 (kg/10a)	결구율 (%)
15	2,471	22.0	16.0	1,541	7,243	78.3
20	2,565	22.1	16.0	1,614	7,584	91.7
25	2,606	22.5	15.0	1,534	7,209	93.3
30	2,452	21.9	15.1	1,526	7,171	93.3
35	2,525	22.3	14.9	1,479	6,950	90.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	13.5

(나) 적정 두둑높이

두둑의 성형상태는 두둑높이가 15cm 이상되면 두둑이 무너지는 경향이 있으나 길이방향으로 갈라지는 현상은 없는 것으로 나타났다. 두둑 높이별 수확량은 표 4에서와 같이 15cm 높이에서 7,625kg/10a으로 가장 높고, 두둑 높이가 10cm 및 20cm일 때는 다소 낮게 나타났다. 이는 20cm 높이에서는 가뭄 때 피해를 입게되고 10cm 이하에서는 장마철에 습해를 입기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 두둑 높이는 배추 기계화표준재배양식에서 제시하고 있는 15cm 내외가 알맞은 것으로 판단된다.

표 4 두둑높이별 배추의 생육 및 수량

두둑높이(cm)	1주중(g)	구 고(cm)	구 폭(cm)	1구중(g)	수 량(kg/10a)
10	2,432	23.8	15.0	1,454	6,837
15	2,662	22.6	15.9	1,620	7,625
20	2,569	23.1	15.2	1,505	7,073
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

(다) 적정 재식거리 구멍

재식거리별 수확량은 표 5에서와 같이 주간이 40cm일 때 주중과 구중이 높고 전체수량에 있어서는 주간이 35cm일때 가장 높게 나타났다. 주간이 30cm와 40cm일 때는 다소 낮게 나타났으나 통계적인 유의성은 없다. 재식거리가 너무 좁아지면 재식주수는 증가되지만 1구중의 무게가 작아 단위 면적당 수량이 낮게 될 뿐만 아니라 밀식에 의한 각종 병해충 발생이 증가될 수 있고, 기계정식 작업의 효율을 저하시키며 육묘비용이 증가된다. 따라서, 35 ~ 40cm 내외의 주간거리가 적당한 것으로 판단된다.

표 5 재식거리별 배추의 생육 및 수량

주 간 (cm)	1주중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	1구중 (g)	수 량 (kg/10a)
30	1,902	24.8	14.3	1,634	8,214
35	2,253	26.7	15.0	1,813	8,520
40	2,681	27.2	15.9	1,897	7,776
LSD 0.05	715	1.2	NS	NS	NS

(2) 개발기종의 작업성능 시험

기종별 작업성능에 관한 시험은 기계화재배조건에 적합한 이랑너비 60cm, 두둑높이 15cm, 재식거리 35~40cm, 20일 육묘를 기준으로 장변 40m를 작업방향으로 하여 3반복 3회 측정 후 평균치를 산출하여 10a에 대한 작업면적으로 환산하였다.

시험결과 10a당 작업성능은 두둑성형기 0.4시간, 배추정식기 1.0시간, 중경제초기 0.8시간, 봄방제기 0.2시간, 배추수확기 2.5시간, 운반적재기 2.0시간이 소요되는 것으로 나타났다(표8).

표 8 기종별 작업능률

기종명	작업인원 (명)	작업속도 (m/sec)	작업능률 (시간/10a)	비 고
두둑성형기	1	0.3	0.4	토양함수율 : 13%
배추정식기	1	0.3~0.4	1.0	결주율 : 육묘트레이 2.5%, 정식기 1.0%
중경제초기	1	0.2	0.8	제초율 : 95.4%, 경폭 22cm, 경심 7.5cm
봄방제기	1	0.3	0.2	중첩률 80%, 살포높이 50cm, 최대작업폭 8m
배추수확기	2	0.3	2.5	이송장치속도 : 0.5m/s, 손상율 : 3.0%
운반적재기	1	1.0	2.0	평균이동거리 : 25m, 적재단수 : 2단

나. 경제성 분석

경제성을 분석을 위한 기초자료를 얻기위하여 먼저 배추재배 주산지를 대상으로 작형 및 작업기간을 조사한 결과 일반적으로 2~3개 작형으로 재배되고 있었다. 작업기간은 지역과 작형에 따라 차이가 있으나 배추와 양배추 정식은 20일, 수확은 20~40일, 무·감자·고구마·고추 등의 정식기간은 20~30일로 나타났다. 또한 재배양식과 작물의 생육특성을 고려할 때 배추재배 이외에 적용가능 한 기종은 배추정식기는 양배추, 중경제초기와 봄방제기는 양배추와 무, 두둑성형기와 운반적재기는 양배추, 무, 감자, 고구마, 고추 등에 적용가능한 것으로 나타났다. 이러한 결과를 기초로 하여 정식기와 수확기의 배추재배 이용은 연간 2회 작업에 각각 40일 60일로 하고 양배추·무·감자·고구마·고추 등 다른 작물에서는 기종에 따라 일정비율로 이용할 수 있는 것으로 가정하였다. 따라서, 배추재배와 기타 작물에 이용되는 기종별 비율은 두둑성형기가 50:50, 배추정식기, 중경제초기, 봄방제기 및 운반적재기가 각각 70:30, 배추수확기가 100%로 가정하여 분석하였다.

(1) 기종별 이용규모 및 노력절감 효과

배추재배 일관기계화 개발기종에 대한 부담면적, 관행작업비용과 기계화작업비용이 같은 손익분기규모, 노력절감효과를 분석한 결과는 표 9와 같다. 배추재배 1회당 중경제초 2회, 병해충 방제 5회, 그 외 정식, 수확작업은 1회로 하여 산정한 결과 기종별 부담면적은 12.6~19.7ha로 개발기종을 적용한 영농가능규모는 13ha내외로 나타났다. 또한 손익분기규모는 두둑성형기 2.6ha, 배추정식기 2.6ha, 중경제초기 2.7ha, 봄방제기 2.8ha, 운반적재기 5.2ha, 배추수확기(산물수집형) 6.9ha, 배추수확기(팔레트수집형) 7.4ha로 기종에 따라 차이가 큰 것으로 나타났다. 주요 작업공정별 ha당 노력절감효과는 두둑성형 90.2%, 배추정식 93.7%, 중경제초 88%, 방제 86.5%, 수확 70.2%, 운반 및 적재 66.7%로 나타났다.

표 9 개발기종의 이용규모 및 노력절감 효과

규격		기종별 부담면적 및 손익분기규모					
		두둑성형기	배추정식기	중경제초기	봄방제기	배추수확기	운반적재기
부담면적 (ha/년)		15.4	14.6	13.9	19.7	12.6(15.7)	15.7
손익분기규모(ha/년)		2.6	2.6	2.7	2.8	7.4(6.9)	5.2
노동 투하시간 (시간/ha)	개발기종(A)	4.4	10.0	16.0	10.0	75.0	20.0
	관행(B)	45.0	158.0	133.0	74.0	252.0	60.0
	A/B*100	9.8	6.3	12.0	13.5	29.8	33.3

주) ○ ()는 산물수집형 운반적재 시스템을 적용할 경우의 부담면적 및 손익분기규모

○ 비용산정자료

- 잔존가격 : 구입가격의 5%, - 수리비계수 : 구입가격의 5%
- 자본이자 : 4% , - 연료소모량 : 트랙터 7.6 l/h, 승용관리기 6.8 l/h
- 연료비 : 경유 441 원/l, 휘발유 445 원/l, 운할유비 : 연료비의 15%
- 인건비 : 남 48,600 원/일, 여 32,500 원/일, 운전자인건비 : 남자인건비×1.4

(2) 기종별 소요비용 분석

일관기계화 작업체계를 위하여 개발된 기종을 부담면적에 해당되는 규모로 사용할 경우 관행작업 대비 단위면적당 비용절감효과는 표 10에서와 같다. 즉, ha당 관행작업 대비 개발 기종의 소요비용 절감율은 두둑성형기 64.3%, 배추정식기 69.0%, 중경제초기 56.5%, 봄방제기 68.7%,로 나타났으며, 배추수확기는 수확과 동시에 배추를 메시팔레트에 수집하는 시스템에서는 23.6%, 운반적재기는 39.5%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다. 한편, 수확과 동시에 산물로 적재 운반하는 시스템의 배추수확기는 ha당 소요비용이 1,304천원으로서 관행작업의 75.6%이었으며 비용절감효과는 메시팔레트 수집시스템 71.7%와 비슷한 수준인 것으로 나타났다.

표 10 개발기종의 소요비용 분석결과

규격	기종별 소요비용(천원/ha)					
	두둑성형기	배추정식기	중경제초기	봄방제기	배추수확기	운반적재기
개발기종(C)	85.2	225.7	278.0	187.0	925.0	311.0
관행(D)	239.0	727.0	638.0	596.0	1,210.0	515.0
C/D*100	35.7	31.0	43.5	31.3	76.4	60.5

2) 재배규모별 소요비용 분석

개발된 기종을 모두 투입하여 배추를 재배할 경우, 관행작업 대비 규모별 소요비용은 연간 재배면적이 3.5ha 이상 되어야 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다. 재배면적별 소요비용은 표 11에서와 같이 연간 재배면적이 3ha일 때는 관행작업에 비하여 9~16% 더 소요되나 5ha규모에서는 17~18%, 7ha규모에서는 17~18%, 9ha규모에서는 36~38%, 11ha규모에서는 41~43%, 13ha규모에서는 43~47%, 15ha규모에서는 49~46%로 나타나 일정규모 이상에서는 비용절감효과가 큰 것으로 나타났다.

표 11 일관기계화 작업체계에 의한 배추재배 규모별 소요비용

(천원/ha)

구 분	배 추 재 배 규 모						
	3ha	5ha	7ha	9ha	11ha	13ha	15ha
기계화 I	4,544 (116)	3,272 (83)	2,726 (69)	2,423 (62)	2,231 (57)	2,097 (53)	1,999 (51)
기계화 II	4,269 (109)	3,204 (82)	2,747 (70)	2,494 (64)	2,332 (59)	2,221 (57)	2,139 (54)
관 행	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)	3,924 (100)

라. 배추재배 일관기계화 작업체계 확립의 효과

배추재배 일관기계화 기종개발과 작업체계의 확립은 첫째, 노동력과 작업비용의 절감을 가져온다. 최근 농촌노동력 감소와 노임상승 등에 의하여 농작업 비용이 증가되고 있으나 새로 개발된 기종을 투입함으로써 생산비절감은 물론 적기작업 수행하는데 큰 도움이 될 것으로 판단된다. 둘째, 노동력 절감에 의한 경영규모 확대이다. 대부분 인력에 의존하고 있는 관행의 작업체계에서는 규모확대에 한계가 있으나 일관기계화체계에서는 적은 노력과 비용으로 연간 13ha 내외의 배추재배가 가능하다고 본다. 셋째, 발작물의 기계화 촉진이다. 개발된 기종은 배추뿐만 아니라 타작물에도 부분적으로 이용될 수 있어 금후 발작물의 기계화 기술개발이 촉진되고 그 효과가 발작물 전체로 파급될 것으로 전망된다.

4. 결론

배추재배 일관기계화를 위해 개발된 두둑성형기, 배추정식기, 중경제초기, 붐 방제기, 배추수확기, 운반적재기 등 6개 기종에 대하여 육묘일수, 재식거리, 두둑높이에 따른 적정 기계화 재배조건 구명과 작업성능 시험 등을 수행하였다. 아울러 개발기술의 효과분석을 위하여 이용규모, 노력 및 비용절감효과 등의 분석을 하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

1. 기계화재배 조건은 육묘일수가 20일, 두둑높이가 15cm, 주간거리가 35~40cm일 때 작업상태, 생육 및 수량이 가장 좋은 것으로 나타났다.
2. 개발기종의 10a당 작업능률은 두둑성형기 0.44시간, 배추정식기 1.0시간, 중경제초기 0.8시간, 붐방제기 0.2시간, 배추수확기 2.5시간, 운반적재기 2.0시간인 것으로 나타났다.
3. 일관기계화 작업기종을 이용할 때의 노동투하시간은 10a당 13.5시간으로서 관행작업의 72.2시간에 비하여 81.2%의 노력절감효과가 있는 것으로 나타났다.
4. 일관기계화에 의한 배추재배 규모별 기계이용비용은 연간 재배규모가 3.5ha 이상될 때 관행작업 대비 비용절감효과가 있으며, 부담면적인 13ha를 재배할 때의 기계이용비용은 2,097천원/ha로서 관행작업에 비하여 47%의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 농촌진흥청. 1998. 원예작물 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구
2. 임용채, 안병진, 성래경. 1997. 실험계획법·II. 한국방송대학출판부
3. 農業技術協會. 1987. 農作業試驗法
4. 農林省農林水産技術會議事務局. 1962. 機械化技術体系の研究방법試論