

트랙터 부착 돌 수집기 개발 및 현장 시험

Development of Stone Picker for Tractors and Feasibility Test in Farm Site

박우풍*	정병학**	정선옥*	정인규*	김상철*	허윤근***	김승열****
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	비회원
W.P.Park	B.H.Chong	S.O.Chung	I.G.Jung	S.C.Kim	Y.K.Huh	S.Y.Kim

1. 서론

농경지 작토 층에 있는 자갈과 돌은 경운정지 작업뿐만 아니라 파종, 정식, 관리 작업에도 지장을 준다.

우리나라와 USDA에서 토양분류 기준에 의하면 토양은 2mm 체를 통과한 것이며, 점토와 모래의 함량에 따라 토성이 결정된다. 그런데 토양 속에는 자갈과 돌 그리고 바위도 포함된다. 크기가 2mm 이상 75mm 미만인 것은 자갈(gravel), 75mm 이상 250mm 미만인 것은 돌(stone)로 분류하며 250mm 이상 토양에 고착되어 있는 것을 바위(rock)로 분류하여 토양을 관리하고 있다.

원래 농경지에 있는 자갈과 돌은 농작물을 재배할 때 지장도 주지만 친환경적인 측면에서 농업인들은 이 자갈 또는 돌을 기름자갈(제주도), 오줌 돌(강원도) 등으로 불리며 고마운 것으로도 생각하고 있다. 농경지 자갈과 돌은 경사지와 같은 경작지에서는 강우, 바람에 의한 토양의 유실을 방지해 주기도 하고, 한낮의 따뜻한 온도를 유지하고 있다가 한밤에는 주변의 식물에 열기를 나누어 주는 온도의 역할은 물론 물기가 있을 때는 내부에 수분을 흠뻑 적셔 났다가 주변에 있는 식물에게 습도를 유지시켜주는 역할도 하고 있다.

이러한 고마운 자갈과 돌도 인력으로 농사를 지을 때에는 한쪽으로 잠깐 밀어 났다가 계속 이용이 가능했으나 기계화가 되면서 파종, 정식, 수확 작업시 지장을 초래하여 농경지 작토 층의 돌은 수집하여 버리며, 자갈을 작토층 하부에 매몰하는 기계 기술도 개발되었다. 또한 농경지 돌을 파쇄하여 토양과 같이 혼합하여 작물을 재배하는 기계기술도 개발되고 있다.

본 연구에서는 정밀한 파종, 정식, 수확 작업을 위하여 우선 농경지 작토 층에 있는 돌을 수집하는 기계 개발과 농가 현장에 접목시켜 작업성능 및 경제성을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 트랙터 부착 돌 수집기 제작

굴취-이송-흙 분리-돌 수집-적재 등의 일관 작업이 가능하며, 40~50ps급 트랙터의 3점 히치에 부착하여 작업을 수행할 수 있는 트랙터 부착 돌 수집기의 시작기를 제작하였으며, 그 제원은 표 1과 같다.

* 농촌진흥청 농업공학연구소, ** 성균관대학교, *** 충남대학교, ****고령지농업연구소
공동연구회사 : 평창산업

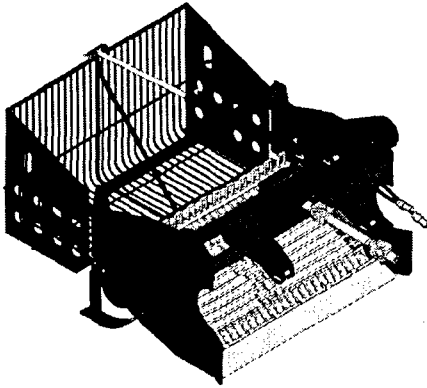


그림 1. 돌 수집기

표 1. 돌 수집기의 제원

구 분	제 원
크기(L×W×H), mm	1,700×1,600×700
무게, kgf	500
최대 굴취 깊이, mm	100
작업 폭, mm	1,400
돌 수집함 용량, kgf	800
표준 작업 속도, m/s	0.5
작업 성능(하역 작업 제외), 시간/ha	≈5
흙분리 비율, %	95 내외

트랙터의 작동 단수는 저속 1, 2단으로 설정을 하여 돌 수집 작업을 하며, 돌 수집기의 표준 작업 속도는 0.5m/s내외이며 하역 작업을 제외한 작업 성능은 5시간내외/ha이다.

돌 수집기의 동력 전달 경로 및 주요 특성은 다음과 같다.

PTO 축으로부터 전달된 동력은 감속비가 2:1인 감속기를 통하여 이송 체인 구동축과 돌 튀겨 올림 장치 구동축으로 각각 전달된다.

이송 체인은 12쌍의 체인으로 구성되며, 바깥지름이 160mm인 스프로킷에 연결되어 트랙터의 PTO 축으로부터 전달되는 동력으로 구동된다. 굴취된 돌과 토양 중 흙과 잔돌의 일부는 이송 중 이송 체인의 간격을 통해 분리 배출된다. 이 이송 장치는 스프로킷 간의 거리가 540mm로 땅속작물 수확기와 비교하여 1/3 수준 정도이므로 동력절감 면에서도 효과적이다.

돌 튀겨 올림 장치는 이송 체인을 통과한 돌과 흙덩어리에 충격을 가하여 흙은 분리, 배출시키고 돌은 수집함에 적재되도록 한다. 이때 이송 체인과 돌 튀겨 올림 장치는 같은 방향으로 회전한다. 감자 수확기와 같은 땅속작물 수확기는 돌 튀겨 올림 장치와 같은 충격 장치를 사용할 수 없기 때문에 흙을 분리해 내기 위해 이송 체인을 길게 설치할 수밖에 없지만 돌 수집기는 돌 튀겨 올림 장치를 사용하여 이송 체인의 길이를 줄일 수 있었다. 특히 덩어리로 굳어져 돌과 구분이 어려운 토양과 돌덩어리들도 돌 튀겨 올림 장치에 의한 충격으로 파쇄가 가능하여 돌 분리 성능을 증대시켰다.

수집함은 분리된 돌과 함께 담겨지는 흙의 배출을 용이하게 하기 위해 옆판엔 장공을 내고 전체 구조도 철근을 이용하여 제작하였다.

또한 수집함의 하역 작업을 용이하게 하기 위하여 수집함의 중앙 상단부에 유압 실린더를 설치하였으며, 트랙터 후방의 유압 원격 연결 포트와 연결하여 운전자가 직접 작동을 제어할 수 있도록 하였다.

나. 포장 시험

제작한 트랙터 부착 돌 수집기의 작업 성능을 평가하기 위하여 감자를 기계로 굴취 수확한 후 대부분의 잔돌이 지표면의 상부에 돌출된 상태에 있는 밭에서 작업 성능 시험을 수행하였다. 특히 크기가 75~250mm인 돌의 함유 용량이 11%로 잔돌이 있는 사양토의 시험 포장을 준비하였다.

표 2. 시험 포장 조건

구 분		제 원
포장	장 소	고령지농업연구소 감자재배포장, 농가포장 : 평창, 정선
	지표면의 상태	감자를 기계로 굴취 수확한 후 잔돌만 있는 상태
	토 성	잔돌이 약간(3~15%) 있는 사양토
	수분 함량, %, d.b.	22
	경작층 돌 비율, %	3.1
돌 수집기	공시트랙터, ps	55마력 4륜 구동 디젤
	작업 조건, mm, m/s	경심 50~100, 작업속도 0.5
	1회 돌 수집량, kg	250
	작업 성능, 시간/ha	4.5 (인력의 약 30배)

3. 결과 및 고찰

가. 돌 수집기의 구동 토크와 소요 동력

돌 수집기의 구동 토크와 소요 동력을 측정하기 위하여 직접 제작한 토크미터는 트랙터의 PTO와 작업기를 연결하는 U-Joint축에 토크 측정용 스트레인게이지를 부착하고, 광센서를 이용하여 회전수를 동시에 측정할 수 있도록 구성하였다.

시험 결과 엔진의 회전 속도, 작업 깊이 등의 수준을 달리할 때의 평균 PTO 구동 토크와 소요 동력은 표 3과 같다.

표 3. 돌 수집기의 평균 구동 토크

작업 조건	엔진 회전속도 (rpm)	PTO 회전속도 (rpm)	굴취 깊이 (mm)	평균 PTO토크 (Nm)	소요 동력 (ps)
공회전	1,200	290	-	138.5~147.6	5.7~6.1
작업	1,000	234	40~50	137.9~143.7	4.6~4.8
	1,000	234	70~80	170.4~182.7	5.7~6.1
	1,200	290	40~50	142.6~150.1	5.9~6.2
	1,200	290	70~80	150.5~169.1	6.2~7.0
	1,400	340	70~80	191.9~280.7	9.3~13.6

최대 소요 동력은 9.3~13.6ps이며, 이 때 엔진의 회전수는 1,400rpm이고, 굴취 깊이는 70~80mm이었다. 즉, 엔진 회전수가 크고 굴취 깊이가 클수록 소요 동력이 증가하나 소요 동력이 트랙터 부착 작업이 가능한 적정 범위를 확인할 수 있었다.

나. 현장 적용 시험

트랙터 부착 돌 수집기의 현장 적용성을 평가하기 위하여 2006년 3월 15일과 24일 각각 강원도 정선군과 평창군에서 현장 평가회를 실시하였다.

정선지역은 북평면을 중심으로 토양 유실이 많아 일부 농가에서는 성토를 한 후 발작물을

주로 재배하고 있었으며, 평창지역은 구룡지(경사 5~8°)에 잔돌까지 골라내고 인삼을 주로 재배하고 있었다.

트랙터부착 돌 수집기의 현장평가 결과, 정선지역에서는 작업성능, 작업상태, 운전조작에 대하여 각각 65, 47, 100%가 우수하다고 응답하였으며, 필요성은 100%, 구입의사는 94%가 공동구입을 원하였다. 또한 평창지역에서는 작업성능, 작업상태, 운전조작에 대하여 각각 93, 79, 86%가 우수하다고 응답하였으며, 필요성은 100%, 구입의사는 85%가 공동구입을 원하였다.

또한 수집한 돌의 크기에 대한 의견은 적당하다가 정선 94%, 평창 57%로 큰 차이를 보였다. 그 이유는 평창지역의 인삼재배농가의 경우 잔돌까지 골라내기를 원하였기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 금후 보완해야 할 사항으로는 원하는 돌의 수집크기에 따라 돌 수집망의 간격을 조절할 수 있도록 개량하는 것과 경심조절범위의 확대, 시작기의 내구성 및 경사지 적응성 향상, 가격 등이 요구되었다.

다. 경제성 분석

돌 수집기의 경제성을 분석한 결과 트랙터 부착 돌 수집기는 관행의 인력 작업에 비해 작업 능률은 약 30배 높으며, 작업 소요 경비는 관행의 인력에 비해 29% 정도 소요되므로 돌 수집 작업의 생력화와 비용 절감 효과가 우수할 것으로 판단된다.

4. 결론 및 요약

발농사의 문제점 중 하나인 포장 내 돌을 효과적으로 제거하여 파종, 정식 및 수확 작업의 정밀도를 향상시키며 포장의 생태 환경을 고려하여 잔돌은 제거하지 않고, 750mm 이상의 큰 돌만을 수집·제거하며, 돌과 흙의 분리 성능이 우수한 돌 수집기를 개발하였다.

트랙터 부착 돌 수집기 설계 제작은 트랙터 후방 3점 링크 부착 견인형으로 수집 깊이의 조절 범위는 0~100mm이며, 포장의 상태를 고려하여 50mm 이상의 돌만을 수집할 수 있도록 하였으며, 동력전달 방식은 벨트 및 체인 구동으로 설계하였다.

포장시험결과 1회 돌 수집량은 약 250kg, 인력 135시간/ha에 비하여 트랙터부착 돌수집기는 4.5시간/ha로 인력의 약 30배 능률적이었다. 이때, 흙 부착률은 약 8.7%였으며 평균 구동 토크는 142.6~169.1Nm (평균 소요동력: 5.9~7.0ps), 최대 구동 토크는 약 522.2Nm (동력 연결 직후)로 나타났다.

돌 수집기의 현장 평가 결과 농업인의 요구사항을 충분히 만족시킬 수 있는 것으로 판단되며, 경제성 분석 결과 인력작업에 비하여 소요경비는 71% 적은 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 강화석, 김상현, 함영창, 신영범, 1993, 트랙터용 감자수확기의 개발, 한국농업기계학회
2. 농촌진흥청 호남 농업시험장, 2003, 토양조사 이론과 실무 기술
3. 두루 농업 기계, 2005, 땅속작물 수확기 매뉴얼
4. 일본 농림수산성 구조개선국, 1984, 토양개량사업 계획 설계 기준
5. USDA, 1993, Soil Survey Manual