

보행관리기 부착형 부분경운-시비 작업기 개발

김찬수 권병철

Development of Fertilizer-Soil Incorporation Band Tiller for Walking Cultivator

C. S. Kim B. C. Kwon

Abstract

This study was conducted to develop a fertilizer-soil incorporation band tiller for the walking cultivator. Because the mixing of soil and fertilizer in the furrow of dry-field has been done manually, several times, heavy labor and much manpower were required for the job. This rotary type implement is developed to substitute this manual operation for soil-fertilizer incorporation. The results of this study are summarized as follows : 1) This implement was composed of tilling device, fertilizer application device, frame and tail wheel device. 2) The revolution of driving wheel was 11~28 rpm, that of application roller was 13~34 rpm, the application rate range per revolution of driving wheel was 4.43~11.80 g and the application rate range by the working speed and the opening quantity was 84.12~557.20 g/min. 3) The adequate working speed was 0.20~0.40 m/s and the required minimum width of open furrow was 250 mm.

Keywords : Fertilizer-soil incorporation, Application device, Cultivator

1. 서론

본격적인 WTO 체제하에서 국내외적인 농업여건이 급격히 변화하여 우리 나라의 농업의 경쟁력은 매우 열악한 상태에 있으며 우리농산물은 점점 가격경쟁력을 상실해가고 있는 것이 현실이다.

이러한 어려운 여건과 매년 약 4.9%씩 줄어드는 추세이지만 아직도 약 400만 여명의 농민이 있으며, 이들 중 약 50% 이상은 1ha 미만의 적은 농경지를 가지고 영농을 영위하고 있어 규모 있는 농업을 할 수 없는 형편에 있다. 또한 농촌노동력의 급속하고 지속적인 노령화가 추진되어 농업인구의 약 50% 이상이 50대 이후의 연령층을 구성하고 있어 보다 더 혁신적이고, 경쟁력있는 영농의 전개가 매우 어려운 상황에 있다.

이러한 어려운 현실을 극복할 수 있는 방법중의 하나로 농

업기계의 이용효율을 높여 기계이용의 효율화를 기하고, 비교적 저렴한 가격으로 구입할 수 있는 농업기계를 개발함으로써, 농산물의 생산비절감을 유도하여 우리 농산물의 가격 경쟁력을 제고할 수 있는 방법을 모색하는 것도 매우 바람직하고 현실적인 방법이라고 판단된다.

본 연구의 목적은 우리 나라에 현재 약 40만 여대가 보급되어 주로 발작물용 농업기계로 활용되고 있는 소형 농업기계인 보행 관리기에 부착하여 사용할 수 있는 부분경운 시비작업기를 개발하고자 하는 것이며, 또한 보행관리기의 이용효율의 제고에도 기여하고자 한다.

현재 보행 관리기에는 작물별, 기능별로 구분되어 개발 보급된 약 40여종 이상의 작업기가 있지만, 본 연구에서 개발하고자 하는 부분경운 시비 작업기는 아직까지 개발사례가 보고되지 않은 것으로 확인되었다. 특히 본 연구에서 개발하고

This study was conducted by the research fund supported by Hanbat National University. This article was submitted for publication in July 2004, reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in August 2004.

The authors are C. S. Kim, KSAM member, Researcher, Institute of Agricultural Science & Technology, Chungnam National Univ., Daejeon, Korea, and B. C. Kwon, Professor, Division of Mechanical Design Engineering, Hanbat National Univ., Daejeon, Korea. The corresponding author is C. S. Kim, Researcher, Institute of Agricultural Science & Technology, Chungnam National Univ., Daejeon, 305-764, Korea; Tel : +82-42-821-7870; E-mail : <kimcs1003@dreamwiz.com>

Table 1 The planted area of tobacco in 2000.

(Unit : ha)

Province	Kwang-ju	Dae-jeon	Kyong-gi	Kang-won	Chung-buk	Chung-nam	Chong-buk	Chong-nam	Kyong-buk	Kyong-nam	Total
Planting area	39.6	11.7	686.3	1461.0	6403.4	3309.8	3475.7	2052.7	7371.0	985.0	25796.2

자하는 작업기는 전작 작물인 엽연초(담배), 고추, 배추, 마늘 그리고 양파 등 다양한 재배양식을 가진 이들 작물의 고랑작업에 적용이 가능하며, 포장에 비닐 멀칭(mulching)의 여부에 관계없이, 두둑과 고랑이 형성되는 모든 작물재배에 적용할 수 있도록 하고자 한다. 적용 대상작물 중 특수작물에 속하는 작물인 엽연초의 경우 우리 나라에서는 약 26,000 ha의 면적에서 약 55,000 톤이 생산되고 있으며, 경북, 충북, 전북 등의 순서로 재배면적이 많이 분포되고 있다. 우리 나라의 지역별 재배현황은 표 1과 같다.

이 엽연초의 재배과정 중 육묘 후 묘를 본포에 이식할 때 비닐 멀칭을 한 후 두둑에 구멍을 뚫고 육묘한 묘를 이식하는 절충 멀칭재배에서 묘를 이식한 후 고랑에 잡초를 제거하고 복토를 하기 위하여 현재는 호미나 팽이를 이용하여 경운작업을 하고, 일부지방의 경우 인력으로 구멍에 비료를 주입한다. 또한 이때 이식한 묘의 구멍부분을 복토용 삽이나 팽이 및 다른 도구를 이용하여 다시 고랑의 흙으로 채우는 복토작업을 실시한다. 이 작업 중 인력에 의존하는 경운작업과 비료 주입작업을 할 때 본 작업기를 이용하여 고랑의 흙과 비료를 미리 섞어줌으로서, 이후 작업공정인 두둑의 복토작업을 효과적으로 실시할 수 있도록 하여 작업능률 향상에 기여할 수 있을 것이며, 입제형 제초제 및 토양소독제 살포 등과 같은 작업에도 본 작업기를 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서 개발하고자 하는 부분경운 시비작업기는 소형 농업기계인 보행 관리기에 부착하여 사용하고자하는 동력원의 조건과 주 적용작업이 포장의 고랑에서 사용하기 위한 것으로 개발 작업기의 형태와 크기 및 구성방식을 소형화, 단순화 하고, 작업기 제작의 용이성 확보와 개발비용의 최소화를 위하여 구성부품들을 이미 개발된 부품을 최대한 활용한다는 매우 제한적이고도 실용적인 설계 및 개발 기준을 설정하였다.

가. 공시기계

본 연구에서 사용한 공시기계는 공랭식 4사이클 기술된 엔진을 장착한 엔진출력 4.13 kW/1,800 rpm의 국내 업체에서

제작 공급한 보행 관리기를 채택하였다. 이는 비교적 중량이 가볍고, 외형이 콤팩트하여 운전성 및 작업성이 비교적 좋은 것으로 확인되어 본 연구의 공시기계로 채택하였다. 또한 상대적으로 직경이 크고, 폭이 작은 구동바퀴를 별도로 사용하여 지상고를 높이고, 윤거를 줄여 작물의 높이와 고랑 폭에 대한 유연성을 조금이라도 확보하고자 하였다. 표 2는 공시 관리기의 주요 제원을 나타낸 것이다.

나. 작업기 구성

본 작업기는 동력원인 보행관리기 PTO의 동력을 관리기 작업기용 체인케이스가 받아 이 동력을 로타리 체인케이스에 전달하여 이와 연결된 경운부의 축을 회전시켜 최종적으로 경운작업을 하는 경운장치, 동력원인 보행 관리기의 차축과 비료 및 제초제 등 약제를 살포하는 호퍼용 살포 로울러의 축을 체인케이스로 연결하여 이 축의 회전에 의한 살포 로울러의 작동으로 호퍼에 있는 비료 및 입제형 약제를 살포하는 살포장치, 이를 지지하는 프레임 장치 및 작업시 주행 안정성과 경심을 조절할 수 있는 미륵 등의 4가지 장치로 구성하였다.

또한 본 개발기종의 적용장소가 매우 폭이 좁은 포장의 고랑부분으로 동력원인 관리기의 구동바퀴의 폭을 최대한 좁게 조절하고 지상고의 높이를 감안하여 3.00-8, 2PR의 규격을 가진 타이어를 별도로 사용하여 구동바퀴의 윤거를 180 mm로 최소화하였다. 따라서 본 작업기는 고랑 경운과 동시에 관련된 입제형 비료 혹은 약제를 살포하여 경운과 살포작업을 동시에 실시할 수 있도록 하였으며, 그림 1에 완성된 시작기를 나타내었고, 표 3에 시작기의 제원을 나타내었다.

Table 2 Specification of tested walking cultivator.

Item	Unit	Specification	
Size (L×W×H)	mm	1,530×1,100×735	
Weight	kg	110	
Engine	Rated power	kW/rpm	4.13/1800
	Max power	kW/rpm	5.25/2000
Transmission stage	-	F : 6, R : 2	
P.T.O	rpm	720	

Table 3 The specification of the prototype.

Items	Unit	Specification	
Size (L×W×H)	mm	1300×410×865	
Weight	kg	55	
Tilling device	Tilling width	mm	200
	Tilling depth (max)	mm	100
	No. of Tillage blade	ea	7
	Power transmitting method	-	Chaincase
	Driving Method	-	Side driving
Fertilizer	No. of hopper	ea	2
	Capacity of hopper	ℓ	6
	Applicable shape	-	Granule type
	Application rate	g/min	84.1~557.2
Working speed	m/s	0.2~0.4	
Tire size	-	3.00-8, 2PR	

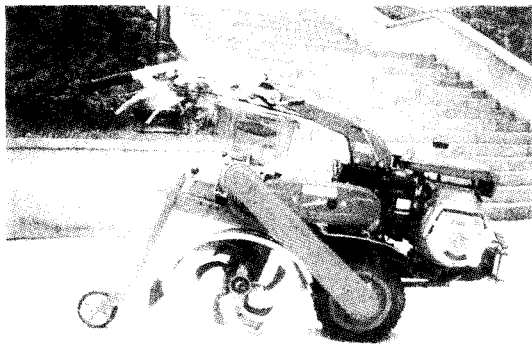


Fig. 1 Picture of the prototype.

1) 경운장치

본 작업기는 두둑과 고랑이 이미 형성된 포장의 고랑에서 고랑의 흙과 비료 혹은 입체형 약제를 섞어주는 장치로서 관리기 PTO의 동력을 보행관리기 작업기용 체인케이스를 이용하여 전달받아 중간의 연결축을 통하여 로타리용 경운 체인케이스에 연결되게 하였고, 이 경운 체인케이스에 연결된 로타리 경운축이 회전하여 고랑에서 경운 작업과 동시에 흙과 비료의 혼합작업을 할 수 있도록 설계, 제작하였다. 로타리 경운 체인케이스는 이미 활용하고 있는 보행관리기 로타리용 경운 체인케이스를 사용하였다. PTO측에서 경운 축까지의 회전비는 보행관리기 중경제초기의 회전비인 2.5 : 1를 사용하였다. 경운 체인케이스 축에 부착한 경운축 및 경운날 역시 보행관리기용 중경제초기의 것을 사용하였다. 그러나 경운축은 본 작업기가 고랑용으로 경폭 자체에 제약을 받으므로 경폭을 200 mm로 하여 경운 체인케이스를 기준으로 우측방향

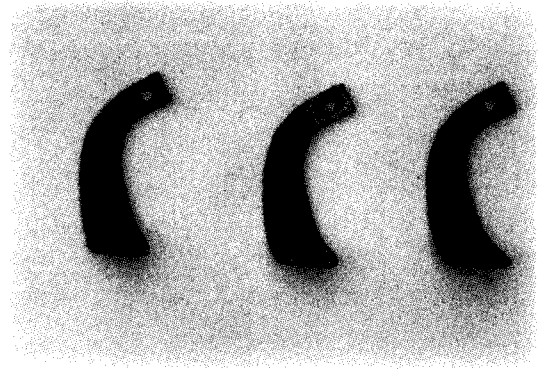


Fig. 2 View of tillage blades.

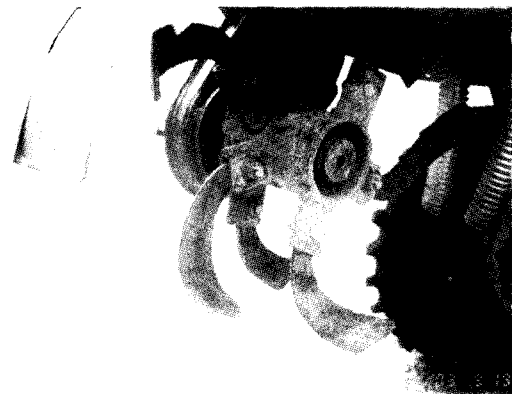


Fig. 3 View of rotary tiller.

으로 부착하였고, 경운날은 부착부위의 공간상의 제약과 본 작업기의 용도를 고려하여 기존의 관리기용 중경 제초기날의 회전반경을 180 mm로 축소시켜 기존의 관리기의 중경제초기와 같은 배열로 총 7개를 부착하였다. 그림 2는 수정 제작한 경운날을 나타내었고, 그림 3은 개발한 경운부를 나타내고 있다.

2) 살포장치

이미 개발된 직파기용 6ℓ 용량의 호퍼와 홈 로울러식 살포 로울러를 사용한 살포장치는 작업시 안전한 시야확보와 기체의 콤팩트화 및 단순화를 위해 관리기 핸들대 밑에 설치하였고, 호퍼는 2개 부착하였다. 그림 4는 장착된 호퍼를 나타내고 있다. 대상작물, 적용비료 혹은 약제별, 작업별로 상이한 살포량은 살포 로울러의 가로홈수(4홈, 8홈)와 열림량(1~10 mm)의 조절로 살포 로울러에서 조절할 수 있는 구조이며, 또한 속도 비례형으로 작업속도별로 일정량의 살포가 가능하여 용도별로 적절하게 살포량을 조절할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 살포장치가 속도비례형 살포량 조절방식이 되도록 관리기 구동바퀴와 호퍼용 살포 로울러의 구동축을 축간거리 660 mm의 체인케이스로 연결하여 구동바퀴의 회전속도에

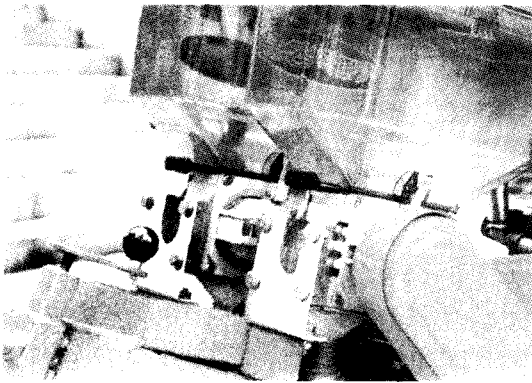


Fig. 4 Hopper mounted on the tiller.

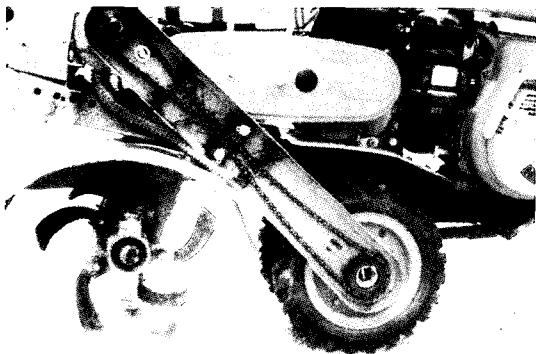


Fig. 5 Chaincase for driving application rollers.

비례하여 1 : 1.2의 속도비로 살포 로울러가 회전되게 하였다. 살포량 조절은 살포 로울러의 흡수 및 열림량 조절로 충분할 것으로 판단하여 이 속도비는 단순한 동력전달의 개념으로 설정하였다. 그림 5는 구동바퀴와 살포 로울러를 연결한 체인 케이스를 나타내고 있다.

최종적으로 살포되는 비료나 약제가 낙하위치와 시비 및 경운작업에 유연하게 대처할 수 있도록 최종 배출호스는 투명 주름호스를 각 호퍼당 1개씩 좌우에 2개 부착하여 작업수순에 따라 비료나 약제가 경운 직전에 줄뿌림과 같이 고랑에 낙하 살포(배출)되면 바로 뒤에서 작동하는 로타리의 회전에 의하여 흙과 섞이도록 하여 살포 균일도에 대한 문제점을 배제시켰고, 흙과 비료(혹은 약제)가 섞이는 폭은 로타리 경폭으로 하였다. 또한 배출호스를 경운장치의 앞쪽과 뒤쪽에 위치시킬 수 있는 구조로 하여 살포와 경운작업의 순서를 유연하게 변경할 수 있도록 하였다.

3) 프레임

이는 경운장치, 살포장치, 각종 동력전달용 체인케이스 및 미륵 등을 부착하기 위한 부분으로 작업시 기체의 밸런스 유지로 작업능률향상과 운전자의 피로도 감소를 위하여 가볍고

견고한 구조로 제작하여 사용하였다.

4) 미륵

미륵은 보행 관리기용 미륵장치의 철재 바퀴형 미륵을 고무 바퀴형으로 사용하여 작업시 조향성과 기동성의 향상을 기하고, 작업기의 무게를 가능한 범위까지 줄이고자 하였으며, 경심을 조절할 수 있도록 하였다.

다. 성능시험

적용작물, 포장조건, 살포약제 및 비료의 종류와 량 등이 매우 다양하고, 작업방법 또한 다양하기 때문에 어떤 일정한 조건을 설정하지 않고 다양한 조건에 만족할 수 있도록 전체적인 범위에 대한 시험을 실시하였고 전체 시스템의 작동성과 적용가능성에 중점을 두고 시험을 실시하였다.

1) 각 작동 및 구동부 성능시험

완성한 작업기의 실험실 시험(dry run)으로 설계 및 제작상의 문제점을 분석하여 수정, 보완하고, 각 작동 및 구성부의 제원을 설정하였다.

또한 관리기를 지면에서 일정높이로 들어 올려 주행을 정지시킨 후 구동바퀴와 로타리 경운부 등 모든 구성장치를 작동(회전)시킨 상태에서 관리기의 로타리 작업단수인 주 변속 레버 전진 1단, 전진 2단에서 엔진회전속도 1320, 1620, 1920 rpm인 조속 레버 위치를 각각 저, 중, 고의 3가지로 구분하여 각각 5회씩 측정하여 평균을 내는 방법으로 관련 데이터를 측정, 분석하였다. 이는 적용작물, 적용작업 및 적용포장 조건 별로 각각 작업속도 및 작업여건이 다를 수 있기 때문이다.

2) 살포(시비)장치 시험

살포시험에 사용한 공시비료는 국내 D사에서 생산하는 연초경작용 복합비료(제2종 복합비료)를 사용하였다. 비료의 입경 분포를 분석하기 위하여 3.36 mm, 2.38 mm, 1.68 mm, 1.19 mm의 4종류의 체를 사용하여 비료의 중량을 5회 반복 측정하여 평균값으로 입경분포를 분석하였다.

살포장치의 살포량 시험은 두개의 호퍼조합이 동일한 구조이고 한 개의 로울러 구동용 6각봉 형태의 축으로 2개의 살포 로울러가 동시에 구동되므로 2개의 호퍼조합을 기준으로 동력원인 관리기의 속도를 주변속 1단, 2단 각각에서의 엔진회전속도 3단계인 조속 레버 위치 저, 중, 고에서 살포 로울러의 가로 홈 4개 열림과 8개 열림 기준 중에서 4개 열림을 기준으로 하였다. 살포 로울러의 조절 다이얼 회전수별 가로 홈의 열림량 크기 및 가로홈 4개 열림 기준의 체적을 표 4에 나타내었다.

Table 4 The opening quantity and opening volume of 4 cross grooves of application roller by the revolution of adjustable dial.

Revolu. of adju. dial	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
Opening quantity (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Opening volume (cm ³)	5.08	10.16	15.24	20.32	25.44	30.52	35.60	40.68	45.80	50.88

3) 포장시험

대전시 유성구 덕명동 소재의 함수율 60 %(d.b)의 포장에서 완성한 작업기의 사전 실 포장시험을 실시하여 각 작동부의 단순 작동 및 주행상태를 파악하였다.

유성구 궁동 소재의 시험포장에서 최종 포장시험을 실시하였는데, 시험조건은 포장의 직선 10 m 구간을 설정하여 공시기대인 관리기의 주 변속 레버 전진 1, 2단의 상태에서 엔진

회전속도 1320 rpm, 1620 rpm, 1920 rpm 상태인 조속레버 위치 저, 중, 고의 3단계에서 경폭 200 mm와 미륵을 최대한 올린 상태에서 확인하여 측정된 최대경심 100 mm로 로타리 경운장치를 설정 후 작업 주행시험을 각각 5회 실시하여 각 경우의 작업속도를 측정하였다.

또한 각 단계별 회행시간을 상기와 같은 방법으로 별도로 실시하여 전체적인 작업소요시간을 측정하였다. 그림 6은 포장시험 장면이며 표 5는 본 작업기를 시험하기 위한 관리기의 작동조건과 각 조건에 따라 측정된 작업속도를 나타내었다.



Fig. 6 Picture of field performance test of the prototype.

Table 5 The operation condition of walking cultivator for the performance test of implement.

Speed change stage	Engine speed (rpm)	Throttle Lever position	Working speed (m/s)
F. 1	1320	Low	0.20
	1620	Middle	0.22
	1920	High	0.25
F. 2	1320	Low	0.31
	1620	Middle	0.36
	1920	High	0.40

Table 6 Revolution per minute of the each rotative parts.

Speed change stage	Throttle Lever position	PTO speed (rpm)	Tillage shaft speed (rpm)	Driving shaft speed (rpm)	Roller speed (rpm)
F. 1	Low	570	228	11	13
	Middle	700	285	14	17
	High	830	335	16	20
F. 2	Low	570	228	20	23
	Middle	700	285	24	29
	High	830	335	28	34

3. 결과 및 고찰

가. 각 작동부 및 구동부 성능시험

관리기의 작동 조건에 의거하여 측정, 분석한 PTO축, 경운축, 구동차축(구동바퀴), 살포 로울러의 회전속도는 표 6과 같이 나타났다.

표 6에서와 같이 본 작업기는 동력전달체계가 보행관리기의 PTO와 경운축, 구동차축과 호퍼용 살포 로울러의 2가지 방식이며, 여기서 PTO와 경운축의 회전속도가 작업주행 변속 단수별로 차이가 없게 나타난 것은 PTO의 회전속도는 단지 엔진회전속도에 의해 결정되는 보행관리기의 구조전달체계 특성에 기인한 것이다. 또한 회전속도의 감속비율이 정확히 일치하지 않는 이유는 이론적인 계산과 실제 작업기의 구성 및 작동시 계측오차에서 기인된 것으로 실제 적용에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

나. 살포(시비)장치 시험

시험에 사용한 공시비료의 입경분포를 조사한 결과 입경 크기 3.35~1.68 mm가 전체의 91.56%를 차지하였으며, 그림 7에 비료의 입경 분포율을 나타내었다.

또한 살포 로울러의 회전속도가 구동차축의 회전속도에 비례하는 속도 비례형이므로 구동바퀴 1회전당 살포 로울러 1개의 가로홈 열림량별 살포(배출)량 범위는 4.43~11.80 g으로 표 7에 나타내었다. 초기 배출량이 4.43 g인 비교적 많은 양으로 나타난 것은 살포 로울러에 있는 1개의 기본체적이 4.57 cm³인 4개의 가로 홈에 각각 채워지는 비료입자가 살포 로울러가 회전하면 배출되므로 조정 다이얼 0회전수인 열림량 1 mm상태에서 상대적으로 많은 양이 배출되는 결과를 나타내고 있다.

본 작업기를 시험하기 위한 관리기의 작동조건을 기준으로 관리기의 정지상태(구동바퀴와 로타리 경운장치는 회전)에서 호퍼용 살포 로울러의 다이얼을 1회전씩 회전시켜 가로 홈 열림량을 2 mm씩 증가시키면서 최종 배출호스(투명주름 호스)에서 1분간 살포(배출)되는 양을 전자저울을 이용하여 각각 5

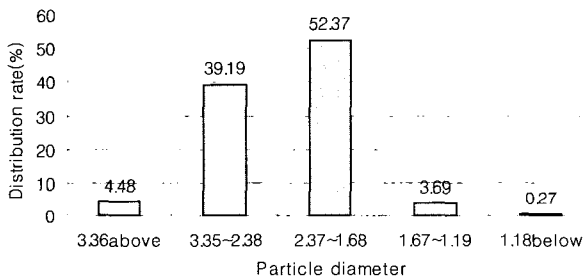


Fig. 7 The particle diameter distribution of tested fertilizer.

회씩 무게를 측정하여 평균을 산출하였다. 표 8에 각 속도에 대한 열림량 1~9 mm 사이의 살포(배출)량과 최대 열림량 (다이얼 4.5회전)인 10 mm 일 때의 살포량을 나타내었다.

표 8에 의하면 각 작업속도에 대한 열림량 2 mm당 평균 살포량의 차는 38.53~78.85 g의 일정한 범위로 증가하였고, 열림량에 대한 각 속도별 평균 살포량의 차는 주변속 1단에서는 9.08~75.25 g, 주변속 2단에서는 24.65~87.10 g의 범위로 작업속도와 열림량의 크기가 커질수록 살포량 증가폭이 커지는 것으로 나타났다. 이를 그림 8에 나타내었다.

또한 작업속도별 살포 로울러 가로홈 열림량 각각에 대한 단위 면적당 살포량을 산출하여 표 9에 나타내었다. 표 9에서와 같이 호퍼 가로 홈의 열림량 2 mm당 각각의 단위 면적당 살포량의 차는 약 16 g/m²으로 나타났으며, 각 작업속도별 비료 살포량에 대한 티 테스트(T-test) 결과 95% 신뢰구간에서 |t₀| 값은 0.30~1.84로 나타나 기준 T값 2.571 보다 작기 때문에 살포 로울러 가로홈 열림량 각각에 대하여 단위 면적당 비료 살포량은 작업속도 증가와는 관계없이 일정하다고 할 수 있다.

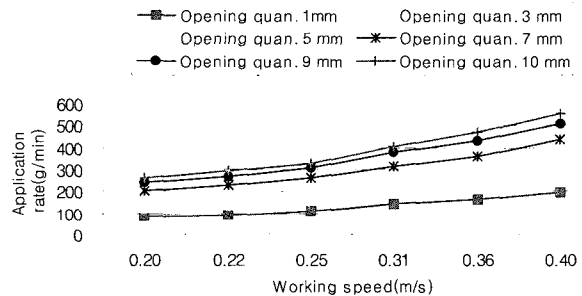


Fig. 8 The application rate at various working speeds and by the opening quantity of 2 hopper assembly.

Table 7 The application rate per revolution of driving wheel.

Revolu. of adju. dial	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
Opening quantity (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
application rate/revol. (g)	4.43	5.26	6.10	6.90	7.70	8.50	9.29	10.10	10.95	11.80

Table 8 The application rate(g/min) at various working speeds and by the opening quantity of roller in the 2 hopper assembly.

working speed (m/s)	Opening quantity of crossing groove (mm) (Revolution of adjustable dial)					
	1(0)	3(1)	5(2)	7(3)	9(4)	10(4.5)
0.20	84.12	124.12	163.56	204.40	238.24	260.60
0.22	93.20	138.56	177.93	226.30	270.06	290.67
0.25	108.56	160.42	208.13	260.45	308.79	326.20
0.31	140.61	195.40	255.02	315.30	379.30	401.45
0.36	165.30	228.85	293.07	360.06	430.36	470.10
0.40	195.40	270.26	350.40	435.91	510.84	557.20

Table 9 Appliication rate (g/m²) per unit area at the working speed and by the opening quantity of roller.

working speed (m/s)	Opening quantity of crossing groove (mm) (Revolution of adjustable dial)					
	1(0)	3(1)	5(2)	7(3)	9(4)	10(4.5)
0.20	35.05	51.72	68.15	85.17	99.27	108.88
0.22	35.30	52.48	67.40	85.72	102.30	110.10
0.25	36.19	53.47	69.38	86.82	102.93	108.73
0.31	37.80	52.53	68.55	84.76	101.96	110.34
0.36	38.26	52.97	67.84	83.35	99.62	108.82
0.40	37.87	52.38	67.91	84.48	99.00	107.98

다. 포장 성능시험

유성구 덕명동 포장에서의 시험은 개발 작업기의 단순한 구성 및 작동성에 대한 단순한 포장시험 차원으로 별다른 포장 조건 및 선별 없이 포장을 선정하여 실시하였으며, 시험 결과 기본적인 작업기의 구성과 메커니즘의 작동 상에는 문제점이 없는 것으로 확인되었다. 이 단순시험에서 엔진회전 속도 1620, 1920 rpm인 조속레버의 중, 고 위치에서는 원활하고 안정된 작업이 가능하였으나, 엔진회전속도 1320 rpm인 조속레버의 저 위치에서는 엔진의 출력부족으로 인하여 엔진이 정지되는 경우가 종종 발생하여 안정적인 작업실시에 지장이 초래되었다. 이는 포장의 조건이 함수율이 60 %(d.b)로 높고(부분적으로 수렁상태), 사전 로타리 경운작업을 실시하지 않은 미경운 상태의 포장조건에 기인한 것으로 판단된다.

대전시 유성구 궁동의 최종시험포장의 평균 함수율은 약 12 %(d.b)이었고, 토양경도는 Spectrum Technologies, Inc사의 디지털형 Soil Compaction meter(검출깊이 0.45 m)를 사용하여 본 작업기의 최대 경심깊이인 100 mm 지점을 관입깊이로 측정된 결과 평균 137.16 kPa로 나타났으며, 토양은 미사질 양토 이었다. 일반적으로 두둑과 고랑을 조성하기 위해서는 사전에 로타리 경운작업을 실시하므로 본 시험포장도 트랙터를 이용 성능시험 3주전에 로타리 경운작업을 3회 반복 실시하여 본 작업기의 사용 조건과 매우 유사한 조건으로 만들었다.

궁동 포장의 최종 성능시험에서는 엔진회전속도 1320, 1620, 1920 rpm인 조속 레버의 저, 중, 고의 위치에서 모두에서 충분한 엔진의 출력이 전달되어, 전 작업속도 0.20~0.40 m/s에서 원활한 작업성능을 보였다. 이는 제반 포장조건이 본 작업기가 사용되기에 적절한 조건을 가졌기 때문으로 판단된다. 본 성능시험에서 경폭은 200 mm, 경심은 미륵을 최대로 올릴 경우 최대 경심 100 mm가 되는 것으로 확인되었으므로, 경폭 200 mm, 경심 100 mm를 기준으로 실시한 포장시험 결과를 표 10에 나타내었다.

따라서 본 작업기는 포장의 함수율, 토양경도 등 토양의 특성 및 조건에 따라 작업성능의 차이가 발생하는 것으로 확인되었다.

비료의 살포는 본 작업기의 구조상 최종 배출호스를 통하여 비료가 줄뿌림 형태로 고랑에 떨어지면 바로 뒤에서 회전하는 로타리 날에 의하여 섞이게 되어있어 살포 균일도에는 특별한 의미를 두지 않았으며, 배출호스를 통해 최종 배출되는 비료의 줄뿌림 형태만 확인하였고, 시험전 로타리 경운작업을 3회 반복 실시하여 포장을 조성한 관계로 본 작업기에 의한 쇄토율의 정확한 측정이 불가능하였다.

또한 전체적인 작업소요시간을 측정하기 위하여 각 고랑의 시작과 끝 부분에서 이루어지는 시작기의 회행시간을 별도로 측정하였다. 회행시간은 7~12초/회 소요되는 것으로 측정되어 최대 5초 정도의 차이를 보였다. 이는 포장 조건, 작업속도

Table 10 Results of field performance test.

Speed change stage	Throttle Lever position	Engine speed (rpm)	Tilling width (mm)	Tilling depth (mm)	Tilling pitch (cm)	Slip rate (%)	Turning time (sec/time)	working speed (m/s)	working capacity (hr/10a)
F. 1	Low	1320			5.26	-	12	0.20	1.68
	Middle	1620	200	100	4.63	9.30	11	0.22	1.53
	High	1920			4.47	9.27	9	0.25	1.34
F. 2	Low	1320			8.15	10.11	9	0.31	1.09
	Middle	1620	200	100	7.59	13.08	7	0.36	0.94
	High	1920			7.16	17.26	7	0.40	0.85

차에 기인한 것으로 판단된다.

본 작업기의 경운폭이 200 mm이고, 구동바퀴의 윤거가 180 mm이므로 본 작업기를 적용할 수 있는 포장 고랑의 최소 바닥폭은 250 mm 이상은 되어야 원활한 작업수행이 가능한 것으로 확인되었으나 적용 작물의 종류 및 생육상태에 따라 요구되는 고랑의 최소 바닥 폭이 다양 할 것으로 판단된다.

또한 포장의 고랑에서 작업을 수행하기 위하여 구동바퀴의 윤거를 최소화한 관계로 포장간의 이동 및 작업시 좌우 로울링 현상이 발생하였으나 작업성능에 지장이 없는 것으로 나타났다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 전작 작물인 엽연초(담배), 고추, 배추, 마늘, 양파 등의 고랑에서 비닐 멀칭 여부에 관계없이 고랑의 흙을 경운하여 비료 또는 약제를 혼합할 수 있는 부분경운 시비작업기를 보행 관리기 부착형으로 개발하고, 부착 작업기의 성능 시험을 실시하였으며, 그 구체적인 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 개발된 작업기는 보행관리기 부착형 작업기로서 관리기 PTO의 동력을 받아 고랑의 경운작업과 비료 및 약제의 혼합작업을 수행하는 경운장치, 관리기의 구동바퀴로부터 동력을 전달받아 비료 및 약제를 고랑에 살포하는 살포장치, 각 구성품을 지지하는 프레임, 주행 및 작업의 안정성과 경심의 깊이를 조절하는 미륵 등으로 구성하였다.
- (2) 본 작업기의 최대 경폭은 200 mm, 최대경심은 100 mm로 나타났다.
- (3) 성능시험결과 주변속 레버의 변속단수인 전진 1, 2단에서 엔진회전속도 1320, 1620, 1920 rpm인 조속레버 위치 저, 중, 고에서 구동바퀴의 회전속도는 11~28 rpm을 나타내었고, 살포장치 호퍼의 로울러 회전속도는 13~34 rpm을 나타내었다.
- (4) 살포 로울러 열림량 1~10 mm에서의 구동차륜 1회전당 살포량 범위는 4.43~11.80 g이었고, 작업속도와 열림량 별 살포량의 범위는 84.12~557.20 g/min로 나타났다.
- (5) 포장시험결과 주변속 레버의 변속단수 전진 1, 2단에서 엔진회전속도 1320, 1620, 1920 rpm인 조속레버 저, 중,

고 위치의 작업속도 0.20~0.40 m/s에서 원활한 경운작업이 가능하였고, 본 작업기로서 적용할 수 있는 고랑의 최소 요구 폭은 250 mm이었다.

- (6) 본 작업기는 폭이 좁은 고랑에 적용하기 위하여 동력원인 보행관리기의 구동바퀴의 윤거를 최소화하였기 때문에 포장간 이동 및 작업시 노면의 형태와 경사도에 따라 좌우 로울링 현상이 발생하는 것에 대한 개선이 요구되었다.

참고문헌

1. 각 제조업체. 관리기 취급설명서. 국제, LG, 아세아.
2. 중앙공업(주). 1998. 직파기 취급설명서.
3. 정창주. 1995. 삼고 농업기계학. 향문사.
4. 한국담배인삼공사. 2002. 엽연초 재배현황. 한국담배인삼공사 홈페이지 자료집.
5. 日本農業機械學會. 1996. 生物生産機械ハンドブックネ. コロナ社 : 510-515.
6. Choi, K. H and K. H. Ryu. 1984. Tilling load characteristics and power requirement for rotary tiller. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery. 9(4):27-36.
7. Hendrick, J. G. and W. R. Gill. 1971. A rotary-tiller design parameters Part I - Direction of rotation. TRANSACTIONS of the ASAE. 14(4):669-647, 683.
8. KAMICO and KSAM. 2001. Agricultural Machinery Yearbook Republic of Korea 2001-2002.
9. Korean Society for Agricultural Machinery. 1998. Agricultural Machinery Handbook. Moon Woon Dang.
10. Ministry of Agriculture and Forestry. 2002. Agricultural statistics. Agricultural statistics data book of the Ministry of Agriculture Forestry.
11. Rural Development Administration. 1996. Vegetable cultivation (revised). Rural Development Administration.
12. Rural Development Administration. 1999. Labour investing time by crops and working steps. Report of agricultural management research. Vol. 84.
13. Sakai, J. and L. V. Hai. 1980. Production technology of Japanese rotary blades for rotary tillage. Agricultural Mechanization in Asia. 11(3):17-23.
14. Wells, L. G., E. M. Smith and D. E. Hammett. 1980. Analysis and testing of powered tillage blades. TRANSACTIONS of the ASAE. 23(6):1379-1382.