배추 재배에 있어 경운방법에 따른 작업효율성 및 토양유실 특성 평가

이정태* · 이계준 · 류종수 · 황선웅 · 박석호¹ · 장용선¹ · 정영상²

농촌진흥청 국립식량과학원, ¹농촌진흥청 국립농업과학원, ²강원대학교

Application of Reduce Tillage with a Strip Tiller and its Effect on Soil Erosion Reduction in Chinese Cabbage Cultivation

Jeong-Tae Lee*, Gye-Jun Lee, Jong-Soo Ryu, Seon-Woong Hwang, Suk-Hoo Park¹,
Yong-Seon Zhang¹, and Yeong-Sang Jeong²

National Institute of Crop Science, RDA

¹National Academy of Agriculture Science, RDA

²Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

Strip tiller equipment was developed to reduce soil erosion in the slope land for highland agricultural area. The equipment consisted of 4 rows strip tillage device and fertilizer applicator. The field was tilled in 10 cm width and in 10 cm depth by the equipment, of which tilled surface was 16.7% of full-width tillage. The working time and fuel consumption of the equipment were 3.8 hours ha⁻¹ and 24.4 L ha⁻¹ respectively, which were 59% and 74% less than those of the conventional tillage. Fertilizer efficiency of the equipment in cultivation of Chinese cabbage was 1.7, 1.6 and 1.5 times higher in nitrate, phosphorous and potassium respectively, than conventional tillage. When the equipment was used after covering of rye residue, the quantity of runoff was 49~67% lower than the conventional tillage. And the quantity of soil loss were 1.3 and 0.2 Mg ha⁻¹ at right after and 30 days after planting of Chinese cabbage respectively, while 11.5 and 4.1 Mg ha⁻¹ in conventional tillage. In conclusion, the strip tillage equipment developed in this study can be applicable to slope land, so that soil loss of 90% can be reduced.

Key words: Strip tillage, Soil erosion, Runoff water, Highland, Chinese cabbage

서 언

고랭지 지대에 위치한 채소 재배 지역은 대부분 산지를 개간하여 영농을 해왔기 때문에 경사 밭으로 이루어져 있다. 이에 반해 작물이 재배되는 시기는 여름철 즉, 6월에서 9월까지로 장마, 태풍 등 집중 강우기와 겹친다. 이와 같은 특성 때문에 토양유실 위험이 매우 높는데, 2002년도 고랭지 채소재배 지역을 중심으로 토양물리성을 조사한 결과에 의하면 유효토심은 60 cm 이하로 낮고, 자갈함량은 10~50%로 매우 많은 것으로 조사되었다 (Park, 2002).

고랭지 배추 재배에 있어 기존의 관행경운 방법은 트랙터 부착형 로터베이터를 이용하여 1차 전면 경운 하고, 2차 로타리 작업에 의한 포장정지 작업 후, 3차 이랑조성 작업으로 구성 된다. 이와 같은 경운작업은 토양 15 cm 이내 지

표면의 교란이 심하고, 곱게 부스러진 토양입자가 강우에 직접 노출되어 토양유실 위험이 매우 높다 (Jung et al., 1989). 특히 배추 정식 직후에 집중강우에 노출되면, 작물이 아직 어려 토양 피복율이 매우 낮으므로 경운에 의해 교란되어진 경사 밭의 토양유실 위험은 한층 심화된다. 외국의 경우 이러한 관행경운에 의한 토양유실 위험성을 줄이기 위해 토양표면의 교란을 최소화시키는 최소경운 방법 및 장치들이 개발되어 활용되고 있으며 (FAO, 2000), 다양한 경운 체계에서 에너지 효율성에 대해서도 연구가 진행되고 있다 (Tabatabaefar et al., 2009). 미국 일리노이 주에서는 농가의 50%가 피복작물을 재배하여 잔재물로 토양을 피복시키고 부분 경운하여 토양침식을 방지하고 있는 것으로 보고하고 있으며 (Peterson, 2004), 이러한 피복작물을 이용한 최소경운은 관행경운 대비 수확량은 99% 수준으로 거의 차이가 없지만, 비용을 43%, 노동력을 47% 절감할 수 있는 것으로 보고되고 있다 (Luna and Stabel, 2003). 우리나라의 경우도 벼 직파용으로 파종, 시비, 배수구 동시 설치 작업용 부분경운 건답직파기에 대한 연구결과가 보고되어 있다

접수 : 2011. 11. 9 수리 : 2011. 12. 7

*연락처 : Phone: +82333301920

E-mail: leejt@korea.kr

(Park et al., 2002). 그러나 경사 밭에서 적용 가능한 피복 작물을 이용한 부분경운 작업기에 대한 연구결과는 아직 전무한 실정이다.

고랭지 배추 재배지의 지형적 특성과 기후조건을 고려해 볼 때, 관행경운에 따른 토양유실 위험에 대한 근본 대책 없이는 농업의 지속성을 유지하기가 매우 어려울 것으로 판단된다. 본 연구는 경사 밭 적용 가능한 부분경운 작업기 개발 및 피복작물을 이용한 토양유실 저감 가능성, 농작업의 효율성, 작물생산성 등을 평가하여 경사 밭 토양보전을 위한 기초 자료로 활용 하고자 하였다.

재료 및 방법

부분 경운기 제작 2007년 5월 22일 1차 시제품을 제작, 2차 (6. 20), 3차 (7. 21) 공정 과정을 거쳐 8월 22일 Fig. 1과 같이 고랭지 주요작물의 경종 특성에 맞추어 트랙터 부착형 4조식으로 부분경운장치와 시비 장치로 제작하였다. 부분 경운장치는 Fig. 1 (a)와 같이 60 cm 간격으로 한조에 12개의 경운날을 부착하였다. 경운날은 쇠토된 토양이 부분경운 골 밖으로 비산되는 현상을 줄이기 위해 Fig. 1 (b)와 같이 직사각형의 평면날로 제작하였으며, 일부 비산되는 토양을 부분 경운 골로 모이도록 토양비산 방지판을 로터리 후방덮개에 부착하였다. 부분 경운 폭은 10 cm, 깊이는 10~12 cm로 작업할 수 있도록 제작하였으며, Fig. 1 (c)와 같이 스키보드 앞에 원판을 부착하여 작업 시 스키보드 앞에 호밀 등 부산물이 쌓여 작업상태가 나빠지는 것을 방지하고자 하였다. 시비 장치는 Fig. 1 (c)와 같이 부분 경운 날 앞쪽으로 자유 낙하시켜 토양표면에 줄뿌림한 다음 경운날에 의해 부분 경운 골 안에 전층 시비가 가능하도록 하였다.

개발된 부분 경운 기구의 작업 효율성 및 작물 생육 특성 분석 시험 장소는 강원도 평창군 소재 국립식량과학원 고령지농업연구센터의 시험포장 (경도 128°44'08", 위도 37°40'31")이었다. 시험지 토양은 경사도 10% 내외의 식

양질 토양으로 2007년 9월 주작물인 배추를 수확한 후 피복작물인 호밀을 파종, 재배한 노지 포장으로 작업 반경 70*25 m 조건이었다. 시험에 사용된 트랙터는 65마력 4륜 구동으로, 트랙터 부착형 부분 경운 기구의 작업폭은 1.9 m 이었다. 작물 정식 15일전 예취 작업기 (SW-1500)를 이용하여 호밀을 토양표면에 예취 피복시키고, 작물의 파종, 정식을 위해 폭 10 cm, 깊이 10 cm 기준으로 부분경운 동시시비작업이 이루어졌다. 관행경운은 작물 파종, 정식 15일 전, 예취 피복된 호밀을 1차 경운하여 토양에 반전 후, 작물 정식 5일전 트랙터 로타리를 이용하여 쇠토 작업 후 인력에 의한 포장전면 시비 작업과 3차 두둑 성형 작업을 수행하였다. 작업 공정별 소요 시간을 측정하여 작업 노력을 분석하고, 경운 작업별 연료 소모량 분석 (농업공학연구소, 1999)하여 작업 효율성을 평가하였다.

작물 생산성 평가는 고랭지 주요작물인 배추에 대하여 실시하였다. 경운방법별로 난괴법 3반복으로 배치, 배추정식을 6월 5일 실시하였다. 시비량은 작물별 시비 처방 기준 (농업과학기술원, 2006)에 준하여 표준 시비량으로 하였는데, 고랭지 배추 표준 시비 기비량 ($83-30-39 \text{ kg ha}^{-1}$)에 맞추어 일괄 시비하고, 추비량 ($155-0-32 \text{ kg ha}^{-1}$)으로 조절하였다. 이랑 간격은 60 cm인 부분경운기구 작업공정 기준으로 고정하고, 주간 35 cm로 정식하였다. 정식 후 40일 농업과학 기술 연구 조사 분석 기준 (농촌진흥청, 2003)에 준하여 1차 생육 특성을 조사하고, 토양 및 식물체 표준 분석 방법 (농업과학기술원, 2000)에 의하여 식물체 중 무기 성분 함량을 분석하였다. 배추 정식 후 60일경 농업과학 기술 연구 조사 분석 기준 (농촌진흥청, 2003)에 준하여 수량 조사를 실시하여 작물 생산성을 평가하였다.

부분 경운에 따른 유거수 및 토양 유출 특성 평가 시험 장소는 강원도 평창군 소재 국립식량과학원 고령지농업연구센터에 설치된 경사 10% (경도 128°45'07", 위도 37°40'37"), 17% (경도 128°44'05", 위도 37°40'38")로 조성된 무저 라이시미터 시험 포장이었다. 무저 라이시미터는 가로 3 m에 세로 13.4 m로 조성되었다. 처리 방법으로 내용으로

(a) Soil drift protecting plate

(b) The structure of rotary blade

(c) Coulter

Fig. 1. The feature of tillage machine developed for reducing soil erosion.

관행 상하경, 부분 경운, 호밀 예취 피복 후 부분 경운 등 3처리를 두었다. 시험 작물은 고랭지 여름배추로 17% 경사 라이시메타 포장에서 6월 20일에 포장을 조성하여 6월 25일 정식 하였으며, 10 %경사 라이시메타 포장에서 7월 16일 포장을 조성하여 7월 21일 정식하였다. 시험품종은 CR여름배추 이었으며, 시비량은 작물별 시비처방 기준 (2006, 농업과 학기술원)에 기준하여 고랭지 여름배추 표준시비량에 준하였고, 재식 거리 60×35 cm로 하였다. 배추 정식 후 10% 경사 라이시메타 포장의 경우는 2일, 17% 경사 라이시메타 포장의 경우는 28일인 7. 23~26 사이에 280 mm의 집중강우가 쏟아져 유거수량과 토양 유실량을 측정하였다. 각각의 라이시미터 하단부에 설치된 집수통에 수집된 유거수는 분석용 시료를 채취하고, 전체량을 측정 후 방류하였다. 채취된 유거수는 탁도분석기 (Micro 1000 turbidimeter)를 이용하여 탁도를 측정하고, 토사는 전량 수집하여 자연 건조 후 토사량을 측정하고 화학 성분을 분석하여 유거수 및 토사 유출 특성을 평가하였다.

결과 및 고찰

부분 경운 기구의 작업 효율 분석 Figure 2는 관행 경운과 부분 경운기의 작업 상태를 나타낸 것으로, 부분 경운의 경우 호밀이 절단 피복된 부분과 부분경운 된 부분이 선명하게 구별될 만큼 양호하게 나타났다. 토양 비산 방지 효과로 보통형 경운날을 이용한 부분경운기 대비 직사각형의 평면 경운날을 이용하는 것이 토양을 부분경운 골 밖으로 80% 이상 적게 비산시키는 것으로 나타났다. 또한, 로터베이터 후방 덮개에 부착된 토양 비산 방지판도 비산되는

토양을 부분 경운 골로 모으는데 효과가 있는 것으로 나타났다. 호밀 등 부산물이 로터베이터 스키보드 앞에 눈덩이 같이 쌓이는 현상을 방지하기 위해 부착한 원판은 작업 시 스키보드 앞에서 호밀을 땅속으로 밀어 넣으면서 회전하기 때문에 부산물이 군데군데 쌓이는 것을 제거하여 작업 상태가 양호하게 나타났다.

부분 경운 기구 이용 작물 파종, 정식을 위한 포장 정지 작업별 작업 노력은 Table 1에서와 같이 작업 속도 0.5 m s^{-1} 일 때 비료 보급 시간, 선회 시간을 합쳐 ha당 3.8 시간으로 조사되었다. 이는 관행 경운에 의한 포장 정지 소요 작업 ha 당 9.2 시간 대비 59% 작업 노력 감감 효과가 있는 것으로 평가된다 (농업공학연구소, 1999). 작업 상태도 설계 제작된 규격대로 이랑 사이 60 cm, 경운폭 10 cm, 경운 깊이 10 cm로 양호하게 형성 되었으며, 전체 경운비율이 16.7%로 기존 전면 경운 대비 집중 강우에 대한 완충력 증대로 토양유실을 많이 줄일 수 있을 것으로 평가 되었다 (Peterson, 2004). 특히 시비 방법에 있어 작물이 파종, 정식 되는 최소 부분에만 전충시비가 가능함에 따라 관행 2차 로타리작업 후 포장전면 시비방법 대비 시비 효율도 상대적으로 높일 수 있을 것으로 평가되었다.

Table 2는 작업 공정별 작업 노력과 그에 따른 연료 소모량을 분석한 결과이다. 관행 경운의 경우 1차 쟁기작업, 2차 설토작업 및 비료살포 작업, 3차 설토 및 두둑형성작업에 따른 농기계작업의 연료가 ha당 92.8 L 소요되는 것으로 평가된다. 이에 반해 부분경운 동시시비 작업은 한번 작업 공정으로 ha당 24.4 L의 연료가 소모 되어 관행 대비 74% 연료비 절감효과가 있는 것으로 평가되었다. 이와 같은 결과는 Park et al. (2002)의 연구 결과에서 경운 정지 작업을 생략하고 작물이 심겨지는 부분만 부분 경운 함으로써 연료

Fig. 2. The photograph of tillage machine compared.

Table 1. Operating efficiency of tillage machine developed for reducing soil erosion.

The width	Speed	Turning time	Fertilizing time	Total time [†]
m	m sec ⁻¹	sec	hour ha ⁻¹	
2	0.5	15	0.8	3.8

[†]Based on 60 times turning.

Table 2. Work time and fuel consumption of conventional and reduced tillage systems for land preparation and fertilization.

Work type	Conventional		Reduced tillage	
	Work time	Fuel consumption	Work time	Fuel consumption
	hour ha ⁻¹	L ha ⁻¹	hour ha ⁻¹	L ha ⁻¹
Tillage (ploughing)	2.8	30		
Fertilization	0.7	2.8		
Fragmentation (rotary)	2.6	23	3.8	24.4
Fragmentation +Ridge making	3.1	37		
Total	9.2 (100)	92.8 (100)	3.8 (41)	24.4 (26)

<Conventional tillage>

<Reduced tillage>

Fig 3. Plant growth and nutrient uptake at 20 days after transplanting.

소모량도 50% 절감된다고 보고된 바 있어 에너지 절감에도 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

경운 방법에 따른 고랭지 배추 생육 특성 평가 경운 방법에 따른 고랭지 배추 정식 20일 후 생육 특성은 Fig. 3과 같다. 호밀 예취 피복 부분 경운의 경우 관행 경운 대비 생육량이 증가하는 경향을 보였다. Table 3은 배추 정식 후 40일 생육 조사 결과인데, 관행에 비하여 부분 경운에서 전체 생육량과 이에 따른 비료 흡수량이 높은 경향을 보였다. 배추 생육량은 ha 기준 관행 25톤, 부분 경운 42톤, 이에 따른 무기 성분의 흡수량에 있어서도 관행 대비 부분 경운에서 질소의 경우 1.7배, 인산의 경우 1.6배, 칼리의 경우 1.5배 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 벼 건답직파 재배에서 접촉 시비의 경우 시비량을 50% 줄여도 관행 대비 수량이 증가된 연구 결과와 동일한 결과이다 (Park et al., 2002). 이는 동일한 시비량으로 관행의 경우 포장 전면에 사용하고, 부분 경운의 경우 작물이 심겨지는 최소 부분에만 집중 시비함에 따른 비료 이용 효율 차이로 판단된다. 특히 작물이 아직 어린 시기에 뿌리가 충분히 뻗지 못한 상태에서는 비료 이용률 차이가 더 심할 것으로 판단됨에 따라 시비량 조정 등 정밀 검토가 필요할 것으로 판단된다.

경운 방법에 따른 배추의 수량 특성은 Table 4와 같다. 배추 엽수의 경우 1주당 관행 경운 74매, 부분 경운 82매로, 부분 경운에서 증가하는 경향이나 유의수준 5%에서 유의성 있는 차이는 없었다. 그러나 주중과 구중에서 관행 1,687 g, 1,129 g 대비, 부분 경운에서 2,398 g, 1,758 g으로 유의수준 5%에서 유의하였으며 차이가 분명한 것으로 나타났다. 이는 40일 생육 조사 결과와 비슷한 경향으로 배추의 초기 생육이 수확기의 생육에 영향을 미친 것으로 판단된다. ha 당 전체 수량은 관행 경운은 43톤인데 비해, 부분 경운은 67톤으로 증가하는 경향이였다. 이와 같은 결과는 부분 경운의 콩 수확량이 관행경운에 비해 98%, 무경운은 96% 수준 (Cruse, 2002), 옥수수 수확량은 관행 경운에 비해 부분 경운이 99%, 무경운이 98% 수준 (Peterson, 2004) 이라는 기존 연구 결과와는 다른 결과로, 고랭지 배추에 대해서는 검정 작업을 위한 세부적인 연구들이 계속 추진되어야 할 것으로 판단된다.

유거수 및 토양 유실 특성 분석 Figure 3은 배추 생육 초기 집중 강우에 따른 토양 유실 실태이다. 작물이 아직 어린 상태로 토양 표면의 피복율이 매우 낮기 때문에 경운 작업에 의해 교란 되어진 경사 밭의 토양유실 위험이 매우

Table 3. Plant growth and nutrient uptake at 40 days after transplanting.

Tillage	Plant weight g plant ⁻¹	Fresh weight Mg ha ⁻¹	Uptake of nutrient		
			T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Conventional	579	25	58	25.1	54
Reduce tillage with rye mulching	977	42	96	39.0	79
t-test	3.1 [†]				

† p < 0.05.

Table 4. Yield characteristics at harvesting stage of Chinese cabbage.

Tillage	No. of leaf No. plant ⁻¹	Plant weight g plant ⁻¹	Bulb weight	Yield Mg ha ⁻¹
Conventional	74	1,687	1,129	43
Reduce tillage with rye mulching	82	2,398	1,758	67
t-test	1.81	3.59 [†]	3.88 [†]	

† p < 0.05.

높음을 알 수 있다. Table 5는 경운 방법에 따른 유거수 및 토양 유실 특성에 대한 조사 결과이다. 관행 경운에 의한 배추 재배의 경우 생육 초기 ha당 유거수 유출량은 857톤, 토양 유실량은 11.5톤에 이른다. 이에 비해 부분경운에 의한 배추 재배의 경우는 ha당 유거수 유출량은 429톤으로 관행 대비 50% 저감할 수 있으며, 토양 유실량에 있어서도 2.4톤으로 79% 저감할 수 있는 것으로 조사되었다. 특히 작물 휴한기에 재배한 피복 작물인 호밀을 토양 표면에 예취피복 후 부분 경운으로 배추를 재배할 경우는 ha당 유거수 유출량이 286톤으로 관행 대비 67%, 토양유실량은 1.3톤으로 89% 더 많이 저감될 수 있는 것으로 조사되었다. 또한 상수원 오염의 원인인 유거수의 탁도에 있어서도 관행의 경우 10,906 NTU로 흙탕물이 매우 심한 상태인데, 부분경운의 경우 1,162 NTU로 91% 줄일 수 있으며, 호밀 잔재물 피복 후 부분경운은 357 NTU로 97% 이상 줄일 수 있는 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과는 나지 상태의 토양을 호밀 잔재물로 지면을 덮음에 따라 강우에 대한 토양 침식 인자의 타격력을 감소시키는 효과와 더불어, 호밀의 지하부가 직접적으로 유실되는 토양을 잡아줌과 더불어 토양 구조를 발달시켜 침투수량을 증가시킴에 따라 토양유실 인자인 유거수량을 감소시키는 효과로 판단된다 (Baver et al., 1972, Laflen et al., 1979, Lee et al., 2005).

Fig. 4는 배추 생육중기 집중강우에 따른 토양유실 실태이다. 배추 정식 후 30일 이후 상태로 토양 피복물이 초기 생육기 대비 매우 높아 토양유실 위험은 상대적으로 낮아 보임을 알 수 있다. Table 6은 배추 생육중기 경운방법에 따른 유거수 유출 및 토양유실 특성에 대한 조사결과이다. 경운 방법에 따른 유거수 및 토양 유실 경향은 생육초기 조사결과와 비슷한 경향을 보였다. 관행 경운의 경우 유거수 유

출량이 ha당 1,167톤인 반면 부분 경운은 920, 596톤으로 22%, 49% 저감효과가 있었고, 이에 따른 토양 유실량도 관행경운 4.1톤 대비 부분 경운은 2.2, 0.2톤으로 47%, 95% 저감 효과가 있는 것으로 조사되었다. 그리고 탁도의 경우도 관행경운 961 NTU인 반면 부분 경운은 649 NTU로 낮은 경향을 보인다.

경운 방법별로 배추 생육 초기와 생육 중기 조사 결과를 비교해 보면 유거수 유출량이 생육 후기에 증가하는 경향인데, 토사 유출량은 감소하는 경향을 보인다. 생육초기 시험지의 경사도 10%, 생육 중기 시험지 경사도 17%임을 감안해 볼 때 유거수 유출량은 정상이나, 토양 유실량은 반대의 경향이다. 이와 같은 결과는 작물 피복상태에 따른 C값 추정식 (Wischmeier and Smith, 1978)에 기초한 토양 유실량 산정 결과에서 알 수 있듯이 배추의 생육증가에 따른 토양 피복을 증가로 판단된다. 빗물에 의한 토양의 직접적인 타격 감소로 상대적으로 높은 경사도에서 유거수 유출량은 저감시키지 못하지만, 토양 유실량은 저감시키는 것으로 추정된다.

부분 경운은 유거수 유출량과 유거수의 탁도를 저감시키면서, 토양 유실 경감효과도 매우 높을 것으로 판단된다. 특히 작물이 심겨지는 최소 부분만 경운하여 작물이 심겨지고, 미경운 부분을 호밀 잔재물이 피복될 경우 토양유실 경감 효과는 배가 될 것으로 판단된다. 호밀 잔재물에 의한 빗물의 직접적인 타격 감소로 흙탕물 발생을 경감시키고, 경운된 골 안에만 비료가 전층 시비되기 때문에 포장 전체 표면에 흩어 뿌리는 관행의 시비방법과 비교하면 살포하는 비료양도 줄일 수 있을 뿐만 아니라 빗물에 의해 쓸려 내려가는 양도 적어 수질 오염에 대한 위험도 저감할 수 있을 것으로 기대된다.

Fig. 4. Lysimeter catchment to collect runoff and soil loss for conventional tillage (left), reduced tillage (center) and reduced tillage with rye mulching of Chinese cabbage.

[†]Planting date : 2008. 7. 21

[‡]Rainfall event : 280 mm (2008. 7. 23 ~ 7. 26)

[§]Lysimeter with 10% slope.

Table 5. Runoff, turbidity and soil loss from conventional tillage and reduced tillage with of without rye mulching.

Tillage	Runoff	Turbidity	Soil loss
	m ³ ha ⁻¹	NTU	MT ha ⁻¹
Conventional	857 (100)	10,906	11.5 (100)
Reduce tillage	429 (50)	1,162	2.4 (21)
Reduce tillage with rye mulching	286 (33)	357	1.3 (11)

Fig. 5. Lysimeter catchment to collect runoff and soil loss for conventional tillage (left), reduced tillage (center) and reduced tillage with rye mulching of Chinese cabbage.

[†]Planting date : 2008. 6. 25

[‡]Rainfall event : 280 mm (2008. 7. 23 ~ 7. 26)

[§]Lysimeter with 17% slope.

Table 6. Runoff, turbidity and soil loss from conventional tillage and reduced tillage with of without rye mulching.

Tillage	Runoff	Turbidity	Soil loss
	m ³ ha ⁻¹	NTU	MT ha ⁻¹
Conventional	1,167 (100)	961	4.1 (100)
Reduce tillage	920 (78)	649	2.2 (53)
Reduce tillage with rye mulching	596 (51)	81	0.2 (5)

요 약

고랭지 배추 재배지역은 대부분 산지를 개간하여 조성한 경사 밭으로 작물이 재배되는 여름철 집중강우에 의해 많은 양의 토양이 유실된다. 특히 경사 밭 전면경운에 의한 토양 교란은 작물이 아직 어린시기에 쏟아지는 강우에 직접 노출되는 경우가 많아 토양 유실 위험이 가중되고 있다. 본 연구는 경사 밭 적용 가능한 부분 경운 작업기 개발 및 개발된 작업기의 토양유실 저감 가능성, 농작업의 효율성, 작물 생산성 등을 평가하여 경사 밭 토양 보전을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

부분 경운 작업기는 4조식으로 폭 10 cm, 깊이 10 cm 트랙터 부착형 농기계로 작물이 심겨지는 최소 부분만 (경운율 16.7%) 시비 동시 경운되도록 제작되었다. 제작된 부분 경운 작업기는 기존 관행 경운 대비 59% 작업 노력을 경감하고, 농기계 작업으로 소모되는 연료비도 74% 절감할 수 있는 것으로 평가되었다. 경운 방법에 따른 배추의 생육 특성은 정식 후 40일 생육조사 결과 ha기준 관행 24톤 대비, 부분경운 42톤으로 초기 생육량이 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 수확기 수량에도 영향을 주어 ha기준 관행 경운은 43톤인데 반해, 부분 경운은 67톤으로 증수되는 결과를 보였다. 부분 경운은 관행 경운에 의한 고랭지 배추 재배에 비해 유거수 및 토양 유실 경감 효과도 매우 높은 것으로 평가되었다. 특히 호밀 예취 피복 후 부분 경운에 의한 고랭지 배추 재배는 토양 유실 위험이 매우 높은 시기인 배추 생육 초기에 관행 대비 유거수 유출량은 67%, 토양 유실량은 89% 저감할 수 있는 것으로 평가되었다.

고랭지 배추 재배지의 지형적 특성과 기후조건을 고려해 볼 때, 관행 경운에 따른 토양 유실 위험에 대한 근본 대책 없이는 농업의 지속성을 유지하기가 매우 어려울 것으로 판단된다. 본 연구 결과 배추가 심겨지는 최소 부분만 경운, 미경운 부분을 호밀 잔재물로 피복할 경우 토양유실 경감 효과가 매우 높을 것으로 평가되었다. 특히 관행 경운 대비 작업 노력을 줄이면서 비료이용 효율도 높일 수 있어 에너지 절감에도 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

인 용 문 헌

Baver, L.D., W.H. Gardner, and W.R. Gardner. 1972. Soil Physics. John Wiley and Sons Inc.

- Cruse, R.M. 2002. Strip Tillage Effects on Crop Production and Soil Erosion. Iowa State University.
- FAO. 2000. Manual on integrated soil management and conservation practices. FAO Land and Water Bulletin 8 ISSN 1024-6073.
- Jung, P.K, M.H. Koh, and K.T. Um. 1989. Evaluation of soil erosion management practices on sloped farm. land. Res. Rept. RDA (S&F) 31(4):16~22.
- Lafren, J.M. and W.C. Moldenhauer. 1979. soil and water loss from corn-soybean rotations. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 1213~1215.
- Lee, J.T. G.J. Lee, C.S. Park, S.W. Hwang, and Y.R. Yeoung. 2005. Effect of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) sod culture on decreasing soil loss and providing nitrogen for chinese cabbage in highland. Korean J. Soil Sci. Fert. 38:294-300.
- Luna, J. and M. Stabel. 2003. Using strip tillage in vegetable production systems in western oregon. Oregon State University Extension Service.
- Park, C.S. 2002. Soil management practices to reduce water erosion from the sloped farmland in highland. Ph. D. Thesis. Kangwon National University, Chuncheon, Korea. p. 30~46.
- Park, K.D., H.Y. Kwon, C.Y. Park, W.T. Jeon, and C.S. Kim. 2002. Effect on co-situs application of coated urea complex fertilizer in dryseeded rice J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 32:112-117.
- Park, S.H., D.H. Lee, H.J. Kim, C.S. Lee, S.C. Cho, and T.Y. Kwak. 2002. Development of dry paddy seeder of strip tillage. J. Biosystems Engineering 27:25-32.
- Peterson, D. 2004. Strip-Till: The Best of Both Worlds. University of Illinois Extension, College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences.
- Tabatabaefar, A.H. Emamzadeh, M. Ghasemi Varnamkhasti, R. Rahimizadeh, and M. Karimi. 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. Energy 34: 41-45.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning Agricultural Handbook No. 537, U. S. Department of Agriculture Washington D. C., p. 58.
- 농업공학연구소. 1999. 농업공학연구소 연구보고서.
- 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석방법.
- 농업과학기술원. 2006. 작물별시비처방기준.
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준.