

대형 농기계의 효율적 이용을 고려한 포장구획에 관한 연구

A Study on the Plot Geometry for Mechanization

김학규* 정창주** 정선옥**
정희원 정희원 정희원
H. K. Kim C. J. Chung S. O. Chung

ABSTRACT

The plot geometry of the paddy land is directly related to the performance of machines, especially those having a large size and high speed. The study was to investigate the optimum plot geometry from the standpoint of mechanization. A simulator, Field-Plot-Structure-Evaluation-System(FPSES) was developed for evaluation of the field performance of machines according to the plot geometry. The efficiency and capacity of different sizes of machinery used for rice farming functions were analyzed for a various combination of plot geometry, which could be used as reference for the land reclamation planning and mechanization programming. It is shown that the plot size of about two hectares having a length of 200m and width of 100m may be optimum, considering the efficiency and capacity of large sized machinery available currently and in near future.

주요 용어(Key Words) : 기계화(Mechanization), 대구획(Large sized plot), 포장구획(Plot geometry)

1. 서론

토지 이용형 농업에서 경지 구조는 농작업의 기계화와 밀접한 관계를 갖고 있다. 특히 경쟁력 있는 벼농사를 위해서는 생산비를 낮추고 노동 투입을 줄일 수 있는 기계화를 추진하여야 하며, 효율적인 기계화를 위해서는 구획 정비와 농로 및 관개 배수 시설 정비 등의 경지기반의 조성이 필수적이다.

'93까지 우리 나라의 경지정리는 목표면적 1000천 ha의 64%인 643천 ha가 시공되었다. 1970년 이전의 경지정리는 人力 및 牛馬 중심의 영농방법을 고려하여 시공된 것으로 구획의 크기가 30a이하가 대부분이고 근래에 시행된 경지정리

구획도 40a(100×40m)의 수준을 벗어나지 못하고 있어, 현재 사용되고 있는 트랙터, 콤바인 등 중대형 농기계의 작업효율을 크게 저하시키고 있는 실정이다. 현재 정부에서는 농업 경쟁력 확보를 위한 농업구조개선 사업으로 재경지정리지구에 일부 대구획화를 시도하고 있으나 그 실적이 미미하고 구획 규모가 70a~1ha 정도로 대규모 기계화 영농을 통한 생산비 절감이라는 취지와는 거리가 있다. 이는 대구획이 과소 포장의 재구획정리 차원에서 실시되고 있고, 구획 크기 결정에 이미 농민들이 사용 중인 수준의 대형 농기계에 대한 효율성조차도 제대로 평가·반영되지 못하고 있기 때문이다. 경지기반정비에는 많은 투자가 소요되는 반면에 그 효과는 장기간

* 농촌진흥청 농업기계화 연구소

** 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과

에 걸쳐 나타나고, 쉽게 변경하기가 어려운 점을 감안할 때, 현재의 여건에 얽매는 것보다 예상되는 미래의 농업 여건과 기술 수준(특히 농업기계 기술 수준) 등의 변화를 충분히 고려하여 장기적인 안목으로 계획 시행할 필요가 있다. 농업기계 기술 수준은 메카트로닉스 기술의 급속한 발전과 더불어 빠른 속도로 대형화, 자동화, 고성능화의 방향으로 발전하고 있다. 따라서 대구획 포장정비를 계획 설계하는 데는 현재 실용화된 최신 첨단 기계화 기술은 물론이고 앞으로 예상되는 기술 진보 수준이 고려되어야 한다.

이러한 관점에서 본 연구는 벼농사에서 대형 일관 기계화에 적합한 포장구획을 제시하는데 목적을 두었다. 이를 위하여 대구획 포장정비와 대형기계화 추진에 대한 효과 및 제약 요인을 고찰하고, 포장의 구획 변화에 따른 농작업 성능평가 simulator를 개발하여 농작업별 작업 성능 및 특성을 구명하고, 장래의 기계 기술 발전 수준을 감안한 대형 일관 기계화체계를 투입하여 적정 포장구획을 제시코자 하였다.

2. 대구획 포장정비의 효과 및 제약요인

가. 대구획 포장

대구획화는 대형 고성능 농기계체계에 의한 영농의 생산성 향상에 주안점을 둔 포장정비로 포장의 대형화, 분산된 농지의 집단화 및 포장조건의 질적 개선을 포함한다. 대구획은 구획을 크

기에 따라 상대적으로 분류한 것으로 그 크기는 국가별 시대별로 차이가 나타나고 있다. 우리나라에서 현재까지 대구획의 크기를 명확하게 규정된 것은 없는 실정이나 농림수산부의 대구획화(논) 경지정리계획 설계요령(1993)'에 의하면 대구획화의 표준구획(경구)을 표 1과 같이 제시하고 있다. 이 설계요령에서는 장변이 100~150m로 하고 단변은 경사도 1/200 이하의 평탄지에서 단변을 60m 이상으로 규정하고 있다. 일본에서는 3가지 유형의 대구획 모델을 제시(포장정비사업 편람, 1990)하고 있는데 그중 가장 큰 모델은 포구의 단변 200m, 장변은 600m까지를 한 계로 하고 있다. 본 연구에서는 경구를 기준으로 장변은 100m 이상, 단변은 60m 이상인 구획을 대구획으로 규정하였다.

나. 대구획화의 효과 및 문제점

대구획 논은 정비 목적은 구획 확대와 경지의 집단적 이용을 통하여 ① 작업기의 포장작업효율과 실작업을 증대 ② 논두렁 관리와 물관리의 생력화, 재배 관리의 집약화 도모 ③ 벼생산 노동 시간 절감 ④ 기계 이용경비의 절감 ⑤ 수량의 안정 증대 도모의 주목적과 ⑥ 논두렁, 도로, 수로 등의 설치 밀도가 낮아져 耕地減耗率이 감소되고 실작부면적 증대 및 공사비 절감의 효과를 기대할 수 있다(川崎, 1991). 그러나 대구획 집단화는 장점(플러스 효과)만 나타나는 것은

Table 1. Standard sizes of large plot by different land conditions

Land conditions			Standard plot size		
Topography	Inclination	Drainage	Length(m)	Width(m)	Area(a)
Flat land	Less than 1/200	Good	100~150	60~	60~
		Poor	100	60~	60~
Slope land	1/200~1/100	Good	100~150	30 ~ 60	30 ~ 90
		Poor	100	30 ~ 60	30 ~ 60
	1/100~1/50	Good	100~150	30 ~ 60	30 ~ 90
		Poor	100	30 ~ 60	30 ~ 60
	1/50~1/20	Good	100~150	30 ~ 60	30 ~ 90
		Poor	100	20 ~ 30	20 ~ 30

source : Land Consolidation Division, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 1993

아니며 다음과 같은 문제점(마이너스 효과)도 수반된다. ① 소구획 포장보다 균평작업이 어려워짐. ② 이앙 또는 담수직파 후 풍파에 의한 뜬모 벌씨의 몰림 발생이 증가. ③ 관수 배수능력이 저하에 대비한 관배수 시설 보강의 필요. ④ 포장이 넓기 때문에 생육상황을 직접 관찰할 수 없는 부분이 커짐. 이와 같은 단점을 보완하지 못하면 출아불량, 활착불량, 생육불량 등으로 수량감소의 원인이 된다. 이러한 문제점을 보완하는 데는 새로운 기술체계의 도입을 필요로 한다.

새로운 기술체계로는 경지정리 기술, 작부체계 및 재배관리 기술, 농기계 기술을 요하는 것이 있다. 농업 선진국에서는 대구획화에 따른 경지정리 기술, 재배관리 기술, 농기계 생산 및 이용 기술에 대한 연구가 수행되고 있으며, 상당 부분은 실용화되어 있으나 우리나라에서는 이에 대한 연구가 일천한 실정으로 대구획화 추진과 병행하여 본격적으로 연구되어야 할 부분이다.

다. 포장구획에 대한 제약 요인 고찰

대구획화는 대형기계에 의한 농업 생산성을 높이는 데 효과적이지만 대구획화를 추진하는 데는 대상 지역의 지형, 토양, 용배수 조건 등의 자연 입지조건과 이를 극복할 수 있는 적용 가능한 기술 수준, 지역사회 사회경제, 경영, 영농 조건 등의 영향과 제약이 따른다. 대상 농지의 요건으로는 주민의 참여와 경영규모 확대의 가능성이 높고, 지형이 평탄한 지역, 排水性 및 地耐力이 좋은 지역에서 대구획화가 용이하고 그 효과도 크게 거둘 수 있다. 본 절에서는 대구획화의 수단인 구획확대, 즉 포장의 장변 및 단변 확대에 따르는 기존 연구 결과에서 나타난 제약 요인 살펴보고 그 대응 방안을 모색하였다.

(1) 용배수 조작과의 관계

구획의 형상 및 크기는 용배수로 배치 등 수리 조건에 제한을 받게 된다. 장변의 길이가 길어지

면 관수나 물떼기가 신속히 이루어지지 않아 기계 작업이나 작물 생육에 지장을 초래하게 된다. 구획 확대에 따른 최대의 제약 요인은 용배수 조작에 있다. 耕區의 장변 길이는 주로 배수 관리상 배수로로부터의 거리에 제약을 받게 된다. 배수로로부터의 허용 최장거리는 토성, 지하수위, 암거의 유무, 논 표면의 균평도 등에 따라 다르게 된다. 농지개량사업계획설계기준(1983)에 의하면 경사도가 1/500 이하인 평탄지의 건답지대에서 장변의 길이를 150m 이내, 습답지대에서는 100m로 규정하고 있다. 이기춘 등(1994)은 암거배수 시설에 의하여 200m까지 증가시킬 수 있는 것으로 보고하였으며, Yamazaki(1988)는 양호한 배수 조건에서는 200~300m를 한계로 보고 있다. 이는 국내의 일부 대구획 논에서 암거배수 시설 없이도 표준구획의 장변을 240m(서산 현대농장의 표준구획 240×60m)로 하여 영농 중임을 고려하면 가능한 한계로 판단된다.

(2) 기계 작업과의 관계

포장에서 농기계의 작업효율은 구획의 형상 및 면적에 따라 크게 좌우된다. 그래서 구획을 결정하는데 작업 중 중요하고 시간이 많이 걸리는 작업을 중심으로 포장작업효율을 고려하여 구획 크기를 결정한다. 일반적으로 구획의 면적이 넓을수록 또 구획의 장단변비가 클수록 작업효율이 높아진다. 작업중 농약, 비료, 종자, 모 등의 보급을 필요로 하는 작업에서 농로 상에서 보급을 하는 것을 전제로 하기 때문에 장변은 작업기의 적재용량과 작업폭, 단위 살포량 등에 의해 결정되는 보급주기에 제약을 받고, 호스로 연결되는 동력분무기 작업은 호스의 길이에 따라 제약을 받게 된다. 포장(경구)구획에 대한 기존 연구 결과를 살펴보면 정창주 등(1993)은 이앙기의 모판 교체 주기를 고려하여 장변을 100m로 한정된다 하였으며 이기춘 등(1994)은 이앙작업과 방제작업을 고려하여 장변을 130m로 고정하고 직파와 방제체계를 포장내 주행방법

또는 항공방제로 전환하면 200m까지 가능한 것으로 보고하고 있다. 그러나 이들 제약은 대규모 영농에 적합한 기계 성능의 개선과 새로운 작부 체계의 발전을 고려할 때 절대적인 제약 요인은 될 수 없다고 판단된다. 이미 국내에 공급되는 승용이앙기의 경우 조당 3상자의 모판을 적재할 수 있어 어린모 이앙시에는 포장장변을 300m (양쪽 모급시는 600m)까지 가능하며, 또한 이앙 대신에 최근 급속히 확대되고 있는 직파체계에서는 이러한 제약은 문제가 되지 않는다. 포장구획의 가장 큰 제약 작업으로 간주되는 방제작업에 있어서도 이미 100m의 살포거리를 갖는 농로 작업형의 漂流飛散型 분무기가 일본(丸山)에서 개발되어 실용화되어 있고, 포장내 주행용 방제 방법이나 항공방제를 고려한다면 해결될 수 있는 문제들이다. 포장내 주행 작업시 비의 손상으로 인한 감수가 우려되지만 일본 농업연구센터에서 出穂 9일 후 자주식 boom-sprayer로 30a (30×100m)포장에서 방제작업시험을 한 결과를 보면, 살포폭 6m 작업에서는 0.9%의 감수되고, 살포폭 9.9m 작업에서는 0.6%의 감수되는 것으로 나타났으며 살포폭 및 지상고의 확대, 약제의 개량 등으로 그 피해를 더 줄일 수 있는 것으로 보고하고 있다. 따라서 포장내 주행 방제기술은 적용성이 높은 기술로 판단되며 이에 관한 연구가 국내에서도 일부 진행되고 있다. 또한 대규모에서는 균평작업이 문제가 되는 경우가 많으나 선진국에서 일반적으로 사용하는 레이저 균평기의 도입으로 해소될 수 있을 것이다.

(3) 지형 조건과의 관계

일반적으로 경구의 장변은 등고선에 평행하게, 단변은 등고선에 직각 방향으로 잡는 것이 가장 경제적이며, 지형의 기울기나 지형의 변화는 주로 정지 공사비 때문에 구획의 크기, 특히 단변의 길이에 대하여 제약 요인이 된다. 논은 담수가 필요하기 때문에 경구를 수평으로 하여야 할 필요가 있어 단변이 길면 길수록 정지 공사량이 많아지고 또 인접 경구와 畝面差가 커지

게 된다. 경사지에서는 단변길이의 최대허용도를 결정하는 데에는 정지비용과 담면차를 고려하여 여러 가지로 비교 검토하여야 한다. 경사도가 1/600 미만의 평탄지로 정지 토공량이 적고, 계획 踏面差(圃區差)가 50cm 이내가 되는 지역에서는 장래의 경구 확대를 염두에 두고 포구를 균평하게 하는 것이 바람직하다. 일반적으로 경사도가 1/100 미만일 때는 기계화 작업능률 위주로 단변의 길이를 결정할 수 있으나 1/100 이상인 지형에서는 기계화 작업능률은 어느 정도 희생될 수밖에 없게 된다.

(4) 경영 조건과의 관계

포장의 구획은 전술한 자연적 기술적 조건만으로 정해지는 것은 아니다. 관계 농가의 경영규모나 영농방식 등 사회 경제적 조건에 따라서도 제한을 받게 된다. 우리나라의 호당 평균 논은 경영규모인 0.6~0.7ha 정도(평야지대 약 1ha정도)에서 개별 영농을 전제로 한다면 대규모화는 불가능하게 되는 수가 많다. 다만 관계 농가의 다수가 수 ha이상의 경영규모를 가졌다면 협업영농, 위탁영농 등을 전제로 하였을 때는 이러한 조건은 구획의 크기를 제약하는 결정적 요인으로 보지 않게 된다. 경지기반정비가 장래의 경쟁력 확보를 위한 농업 구조개선 측면으로 이루어져야 한다는 당위성과 경영구조개선이 지속적으로 이루어지고 있는 것을 감안하면 경영 조건보다는 전술한 자연적, 기술적 조건을 우선적으로 고려하는 것이 요망된다.

3. 포장 모형 평가 SIMULATOR 개발

가. 대규모 모형 설정

(1) 대규모 모형을 위한 전제조건

- ① 평야지의 영농 여건이 좋은 지역을 농업기계의 효율 향상과 영농 규모의 확대를 위하여 1~2ha 또는 그 이상으로 대규모화 할 수 있다.

② 용배수 시설은 물관리와 유지관리에 노력을 절감할 수 있도록 콘크리트 開渠, 灌水路, 파이 프관수, 暗渠排水 등으로 현대화가 가능하다.

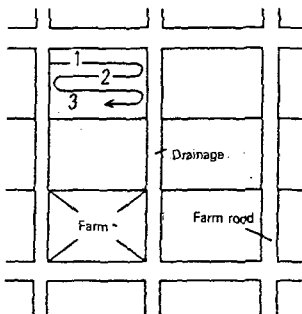
③ 농로는 대형 농기계의 통행이 편리하도록 확장 및 포장한다.

④ 각 포구는 가급적 수평구로 하여 작부체계, 영농 규모, 물관리 상황에 따라 논두렁을 쉽게 변경할 수 있도록 한다.

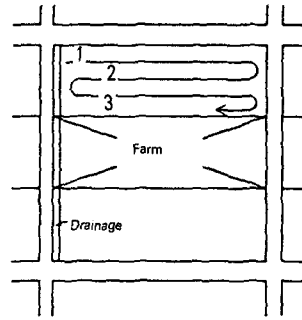
⑤ 현 단계에서 포장구획 크기를 제약하는 요인은 이미 개발된 최신의 기술체계 경지정리 기술, 영농 기술, 기계 기술, 경영 기술 등을 적극 도입함으로써 상당 부분 완화될 수 있고, 기술 진보로 수년 내 더욱 완화될 수 있다.

(2) 포장 모형 설정

앞에서 설정한 전제조건과 국내 일부 시험 지구와 외국에서 추진하고 있는 대구획화 포장정비사업의 포장 형태를 참고로 하여 포장 장변 크기에 따라 그림 1과 같은 4개의 포장 모형을 설정하였다. Type I포장은 장변 길이가 100m인 기존 경지 정리된 논 의 논두렁을 제거하여 경구의 규모를 확대하는 형태가 되며 Type I, II, IV는 장변 길이가 각각 150, 200, 300m인 포장이다. 여기에서 각 작업은 장변 방향으로 수행하는 것으로 하였다. 여기에서 포장의 장변과 단변은 단순히 길고 짧음에 의한 구분이 아니라 작업기의 전진 작업방향을 장변(길이)으로 하고 그 상대변을 단변(폭)으로 한 것이다.



a. Type I, II



b. Type III, IV

Fig.1 Large sized plot models.

나. 포장모형평가 SIMULATOR

구획 크기에 따른 기계화 작업의 효과를 평가할 수 있는 simulator를 개발하였으며 이것을 FPSES(Field Plots Structure Evaluation System)라 명명하였다. FPSES는 선행 연구(기계화 농작업 성능의 수학적 모델링)에서 개발된 농작업의 수학적 모델을 사용하여 포장의 장 단변 변화에 따라 포장작업효율, 포장작업량, 기계 작

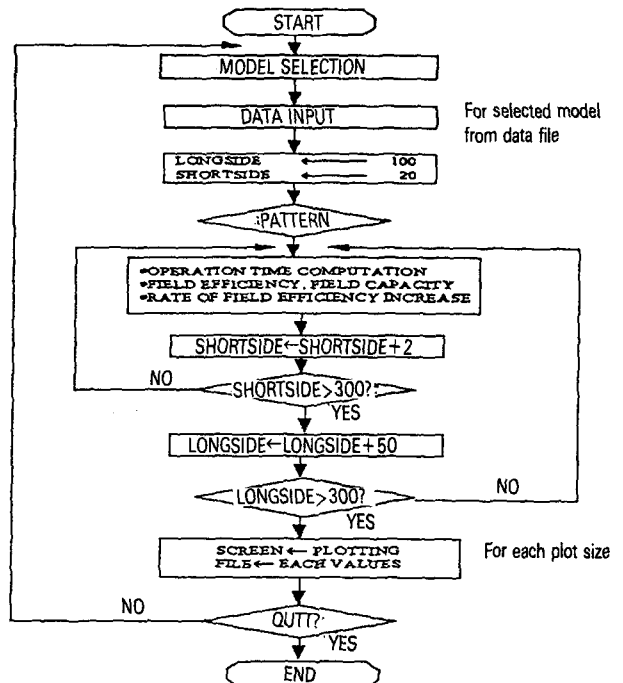


Fig. 2. Flow chart of FPSES.

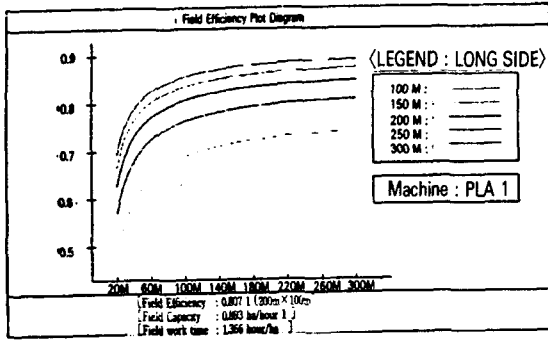


Fig. 3. An example of graphic output of FPSES.
(plow 32×8, 8-bottom)

업시간, 노동소요를 계산토록 하였다. 여기에서 포장의 단변은 20m에서 300m까지 2m단위로 증가시키고, 장변은 100m에서 300m까지 50m단위로 증가시키면서 계산하여 그래프 및 데이터로 출력토록 하였다. 그림 2와 그림 3은 FPSES의 프로우 차트와 그래프 출력의 예를 나타낸 것이다.

(2) 투입 대형 농업기계

중소 구획(40a 이하)에서는 20~30마력급 트랙터와 같은 중소형 기계로도 작업효율은 충분히 높게 나타난다. 대구획 면에서는 대형 기계화의 도입이 전제되어야 한다. 대형기계라 하는 것은 시대와 지역, 국가에 따라 변화되고 다를 수 있는 상대적인 개념이다. 본 연구에서는 현재 우리나라에서 일반적으로 호칭되는 대형 농기계의 개념으로서 4련 이상의 플라우, 6조 이상의 이앙기, 3조 이상의 콤바인 등을 대형 농기계로 규정하였다.

본 연구에서 분석하는 농기계는 농업기계화 기술 수준에 따라 A, B수준으로 구분하여 표 2와 같이 선정하였다. 표 2에서 기술수준A는 현재 국내에서 생산, 보급되고 있고, 널리 사용되는 대형 농업기계이며, 기술수준B는 현재 국내에서는 생산되지 않으나 선진 외국에서 개발되어 버

농사에 사용되고 있는 고성능 농기계로 국내 특수 여건에서 사용 중이거나 조만간 확대 사용이 예상되는 농기계이다. 고려 대상 농작업은 경운, 정지, 이앙, 직파, 수확으로 하고 시비는 이앙 또는 직파시에 側條施肥를 실시하는 것으로 하였다. 현재 우리나라에서 방제작업시 주로 사용하는 동력분무기의 경우, 분무 호스 길이 증대의 한계와 분무호스권취 및 이동작업에 필요한 보조 작업 인력의 과다 소요 등으로 포장구획의 한계에 직면하게 된다. 그러나 이러한 문제를 해결하기 위해서는 항공방제 또는 포장내 주행형 작업 방법(승용 boomsprayer, 살림기 등)등을 도입할 수밖에 없다. 항공방제는 국내에서도 평야지를 중심으로 이미 사용하고 있는 방법이며 용역 형태의 공동방제로 실시하고 있다. 본 연구에서는 대구획 포장에서의 방제작업은 항공방제로 해결하는 것으로 전제하고, 항공방제는 포장구획에 의하여 영향을 받지 않으므로 검토 대상에서 제외하였다. 작업방법은 정지, 이앙, 직파 작업은 왕복작업형, 수확작업은 회행작업형으로 하였으며, 경운작업에서는 양용 플라우는 왕복작업형, 단용 플라우에서는 회행작업형으로 하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 포장구획과 농작업 특성

1) 경운·정지작업

플라우에 의한 경운작업(1차경)과 로터베이터 및 무논 정지기에 의한 정지작업(2차경)을 고려하였다. 그림 4와 그림 5는 moldboard plow (8련 단용, 경폭 2.56m)와 로터베이터(경폭 2.55 m) 작업에서 포장구획 변화에 대한 작업효율 및 포장작업량의 변화를 나타낸 것이다.

포장의 단변 증대 효과를 보면 100m까지는 포장효율과 포장작업량 증가가 현저하며 그 이후로는 완만하게 나타나고 있다. 경운작업(그림

Table 2. Machine and its specifications analyzed in the study

Technical level	Model code	Machine	Working width	Working speed	Machine length	Operation pattern
		Plow	m	m/s	m	
A	PL1	• 32×8+ tractor(over 70ps)	2.56	1.2	6.0	cir
A	PL2	• 32×6+ tractor(over 50ps)	1.90	1.2	5.5	cir
A	PL3	• 30×4+ tractor(over 40ps)	1.18	1.2	5.2	con
		Leveller				
A	LEA1	• Rotavator, 2.55m+ tractor(over100ps)	2.55	1.1	6.4	con
A	LEA2	• Rotavator, 2.20m+ tractor(over 70ps)	2.20	1.1	6.1	con
A	LEA3	• Harrow, 3.25m+ tractor(over 40ps)	3.25	1.0	4.0	con
B	LEB4	• Harrow, 4.17m+ tractor(over 50ps)	4.17	1.0	5.0	con
		Transplanter, riding type				
A	TRA1	• 6-row, rotary transplanting device	1.8	1.1	2.9	con
A	TRA2	• 6-row, crank transplanting device	1.8	0.6	2.9	con
B	TRB3	• 8-row, rotary transplanting device	2.4	1.1	3.4	con
		Seeder				
A	DSA1	• 8-row, 7ps, self driving	2.4	0.84	3.1	con
A	DSA2	• 6-row, 4.1ps, self driving	1.8	0.84	2.7	con
A	DSA3	• 8-row+ tractor(over 45 ps)	2.4	0.9	4.0	con
B	DSB4	• 20-row+ tractor(over 80ps)	6.0	0.9	5.0	con
		Combine				
		Self feeding type				cir
A	HSA1	• 4-row, grain tank type	1.2	1.3	4.3	cir
A	HSA2	• 4-row, sack type	1.2	1.3	4.3	cir
A	HSA3	• 3-row, grain tank type	0.9	1.3	3.6	cir
A	HSA4	• 3-row, sack type	0.9	0.5	3.6	cir
B	HSB5	• 6-row, grain tank type	1.8	1.3	5.2	cir
		Common type				
B	HCB6	• 2.1m, grain tank	2.1	0.9	5.8	cir
B	HCB7	• 5.0m, grain tank	5.0	0.9	7.0	cir

Operation patterns : con = continuous pattern, cir = circuitous pattern

Source : Agricultural Machinery Inspection Yearbook. 1988~1995. NAMIO

4)에서 장변이 100m인 포장에서 단변이 20m에서 40m로 변하면 포장작업효율과 작업량은 21% 증가하나, 100m에서 120m로 변하면 1.2% 증가에 그치고 있다. 장변 증대 효과는 단변 증대 효과보다 뚜렷하게 나타난다. 한 예로 단변이 100m인 포장에서 장변이 100, 200, 300m로 변화

되면 포장효율은 각각 70%, 81%, 86%로 나타나, 반면에 장변(작업방향의 길이)이 100m이고 단변(폭)이 100, 200, 300m로 변화되면 70%, 73%, 74%로 효율 증대 효과가 상대적으로 미약하다. 이는 기계화 작업을 포장의 길이방향으로 수행하는 것이 폭 방향으로 수행하는 것보다

효율적인 방법이라는 것을 나타내는 것이다.

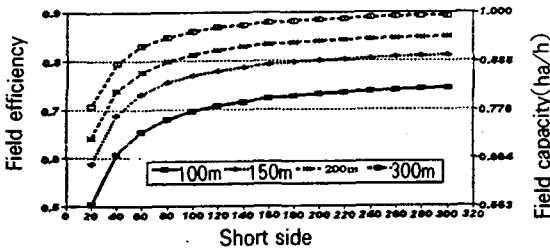


Fig. 4. Relationship between plot sizes and field efficiency(moldboard plow, 32×8, 1.2m/s).

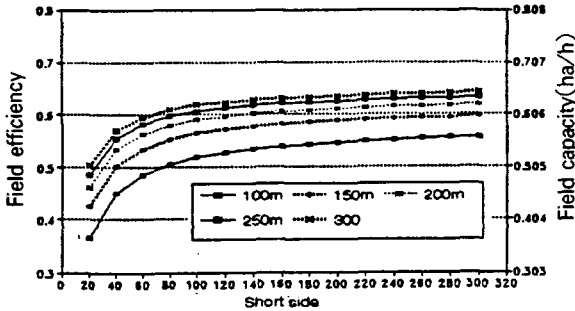
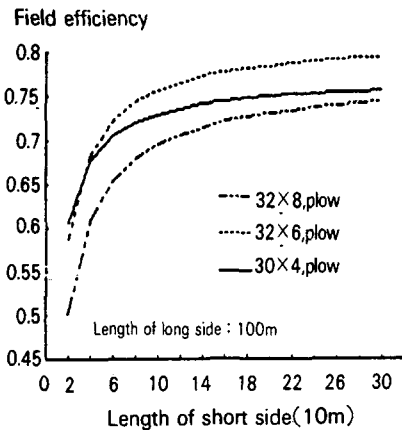
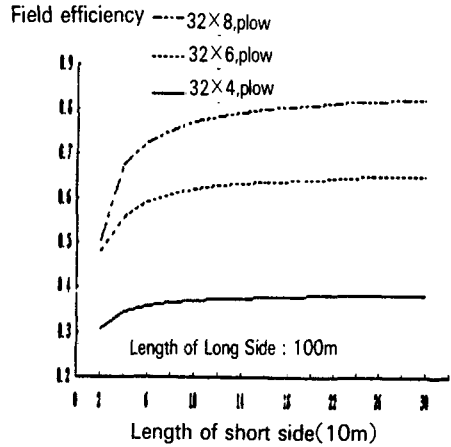


Fig. 5. Relationship between plot sizes and field efficiency(rotavator, 2.55m, 1.1m/s)



a. Field efficiency



b. Field capacity

Fig. 6. Relations between plot and machine size (plow, 1.2m/s).

그림 6은 플라우 크기별로 장변 100m 포장에서 작업효율과 포장작업량의 변화 추세를 나타내고 있다. 4련 plow는 60~80m, 6련 plow는 100~120m, 8련 plow는 120~140m의 단변 크기에서 포장효율의 증가가 완만하게 나타남을 볼 수 있다. 우리나라의 경지정리 표준구획인 40a (100×40m) 포장과 1ha(100×100m), 2ha(200×100m), 4ha(200×200m) 포장에서 작업기 규격별 포장효율의 변화를 표 3에 나타냈다. 8련 moldboard plow의 포장작업량을 40a인 포장의 경우와 비교하면 각각 14%, 33%, 38%가 증대되는 것으로 나타났다. 또한 40a 포장과 2ha 포장에서 작업기 크기별로 포장작업량 변화를 살펴보면 8련 plow는 38%, 6련은 28%, 4련은 26%가 증가하고 있다. 이는 대형 기계일수록 포장구획의 확대 효과가 큰 것을 의미하고 있다.

2) 이양 직파 작업

이양작업에는 국내에서 널리 사용되는 6조식 승용이양기(크랭크 식부장치의 저속형 및 로타리 식부장치의 고속형)와 아직 국내에 도입이 안된 8조식 승용이양기를 투입하고, 직파작업에는 국내에서 사용 중인 8조식의 전용 직파기와

300m, 200m, 250m, 100m, 150m 순으로 나타났

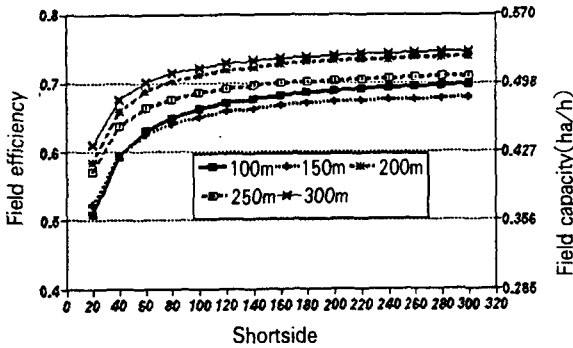


Fig. 7. Relationship between plot size and field efficiency, capacity for the paddy transplanting (transplanter, 6-row, 1.1m/s).

다. 그림 8은 단변이 100m인 포장에서 장변이 변화함에 따라 변화되는 포장효율의 변화 추세를 나타낸 것이다. 포장장변이 100m와 200m 지점에서 급속히 저하되었다가 다시 증가하는 것으로 나타나는데 이는 모보급주기가 장변길이에 영향을 받기 때문이다. 장변 200m 지점을 넘어서면 예비모를 사용해야 되기 때문에 모공급 시간이 증대되어 효율저하가 일어나고, 100m 지점을 넘어서면 1왕복당 모보급횟수가 100m 이하 구간에 비해 2배로 되기 때문이다. 이러한 현상은 중모 이앙에서도 나타나는데, 그 감소점이 장

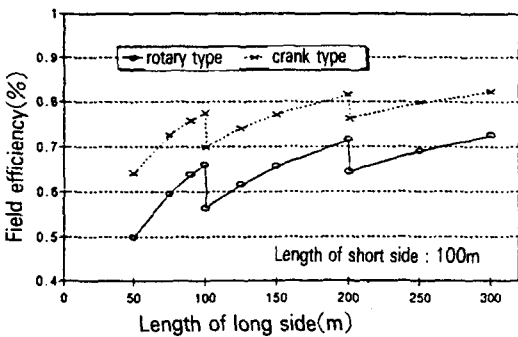


Fig. 8. Relationship between length of plot and field efficiency for two different types of the transplanters.

변길이 50m와 125m 부근에서 나타난다. 이는 대구획 포장에서 이앙기의 작업효율을 향상시키기 위해서는 모 1회 탐재 주행거리 연장이 절대적임을 의미하는 것으로 대구획의 이앙작업 효율 개선을 위한 이앙기와 육묘체계의 개량이 요망된다.

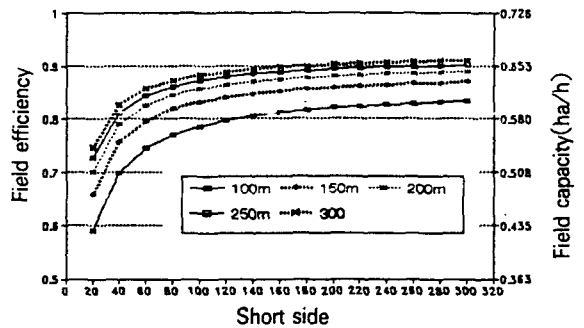


Fig. 9. Relationship between plot sizes and field efficiency and capacity for the paddy seeding (seeder, 8-row, tractor attached, 0.9 m/s).

직파작업에서 포장구획 변화에 따른 작업성능의 변화 추세도 경운작업과 유사하다(그림 9). 여기에서도 장변 길이가 길어질수록 성능 증대가 크게 나타나며, 장변길이가 긴 포장에서는 종자통의 용량이 작업효율에 영향을 미치게 된다. 현재 보급되고 있는 직파기 6조 및 8조의 종자통 용량은 각각 0.5ha, 0.8ha를 파종할 수 있는 것으로 나타나 대구획 직파작업의 효율을 높이기 위하여 종자통의 용량 증대가 필요하다.

3) 수확작업

수확작업에는 국내에서 사용 중인 자탈형 4조식(곡물탱크형) 및 3조식(자루형) 콤바인과 외국에서 사용 중인 자탈형 6조식 및 보통형 콤바인의 경우를 고려하였다(표 3). 수확작업에서도 단변 증대 효과는 3조는 80m까지 크게 나타나고 4조는 100m, 6조는 120m까지 크게 나타났다. 장

Table 3. Field capacity by plot sizes and machine

Machine		Plot sizes.								Remark (working speed) (m/s)
		0.4 ha		1 ha		2 ha		4 ha		
		100×40m		100×100m		200×100m		200×200m		
Model type	Size	C_{xy}^1 (ha/h)	Index ²⁾ (%)	C_{xy}	Index (%)	C_{xy}	Index (%)	C_{xy}	Index (%)	
Plow										
PL1	32×8	0.673	100	0.769	114	0.898	133	0.929	138	1.2
PL2	32×6	0.560	100	0.621	111	0.701	127	0.718	128	1.2
PL3	30×4	0.346	100	0.372	108	0.428	124	0.436	126	1.2
Leveller										
LEA1	2.55m	0.453	100	0.524	116	0.595	131	0.617	136	1.1
LEA2	2.20m	0.403	100	0.459	114	0.519	129	0.535	133	1.1
LEA3	3.25m	0.747	100	0.873	117	0.940	126	0.977	131	1.0
LEA4	4.17m	0.898	100	1.085	121	1.182	132	1.240	138	1.0
Transplanter										
TRA1	6-row	0.418	100	0.471	113	0.510	120	0.522	125	1.1
TRA2	6-row	0.277	100	0.302	109	0.317	114	0.323	116	0.6
TRA3	8-row	0.493	100	0.578	117	0.642	130	0.663	134	1.1
Seeder										
DSA1	8-row	0.507	100	0.570	112	0.621	122	0.639	126	0.84
DSA2	6-row	0.399	100	0.437	110	0.472	118	0.482	121	0.84
DSA3	8-row	0.542	100	0.614	113	0.673	124	0.693	128	0.9
DSB4	20-row	1.055	100	1.365	129	1.559	158	1.672	161	0.9
Combine										
HSA1	4-row	0.383	100	0.417	109	0.461	120	0.469	123	1.3
HAS2	4-row	0.407	100	0.445	109	0.497	122	0.506	124	1.3
HAS3	3-row	0.303	100	0.322	106	0.355	117	0.359	118	1.3
HAS4	3-row	0.140	100	0.144	103	0.153	109	0.154	110	0.5
HSB5	6-row	0.518	100	0.586	113	0.656	127	0.672	130	1.3
HCB6	21m	0.398	100	0.448	113	0.493	124	0.504	127	0.9
HCB7	5.0m	0.729	100	0.914	125	1.064	146	1.119	153	0.9

1) C_{xy} : Denotes the field capacity(ha/h), at the plot geometry of x×y m

2) The indices, 100%, were given at the plot geometry of 100×40m

트랙터 부착용 직파기로 8조식 및 20조(작업폭 6m)를 투입하였다.

이앙 작업에서는 모보급시간이 작업효율과 작업량에 크게 영향을 미친다. 모보급시간은 이앙기와 모의 종류에 따라 차이가 크다. 승용이앙기는 1조당 주탑재대에 2상자, 예비모 탑재대에 1상자의 모를 탑재할 수 있지만, 보행형 이앙기는 각각 1상자씩밖에 탑재하지 못한다. 또한 모 1상자의 식부거리는 중모의 경우 약 100m, 어린모의 경우 약 200m이다. 여기에서는 어린모 이앙을 대상으로 분석하였다.

단변 길이 변화에 따른 작업효율을 살펴보면 승용 6조식은 100m까지 변화가 크며 8조식의

경우에는 120m까지 변화가 크게 나타나고 있다. 이는 이앙기 규격에 따른 적정 단변이 6조식에서는 100m, 8조식에서는 120m임을 알 수 있다. 승용 6조식 이앙기의 경우 장변 100m 포장에서 단변 40m, 100m, 200m로 증대됨에 따라 포장효율은 각각 59%, 66%, 69%로 40m에서 100m로 단변이 증가됨에 따라 11.4%의 증가율을 나타내고 있다.

이앙 작업에서의 장변 길이가 변화에 따른 포장효율의 변화는 특이하다. 장변 길이가 클수록 효율이 높은 것이 일반적이지만 그림 7의 이앙작업에서는 장변길이가 100m에서 300m까지 50m 단위로 변화함에 따라 포장효율이 높은 순서가

변 증대 효과는 200m까지 현저하다(그림 10).

콤바인의 종류별로는 대형화, 고속화될수록 구획 증대 효과가 크게 나타난다(표 3). 일반적 구획인 40a(100×40m) 포장과 2ha(200×100) 포장에서의 포장성능을 비교하면 저속형 3조식은 9%의 작업량 향상을 보이는 반면, 4조식은 20~22%, 6조식은 27%, 보통형(작업폭 5.0m)의 경우는 46%의 작업능률 향상을 나타내고 있다.

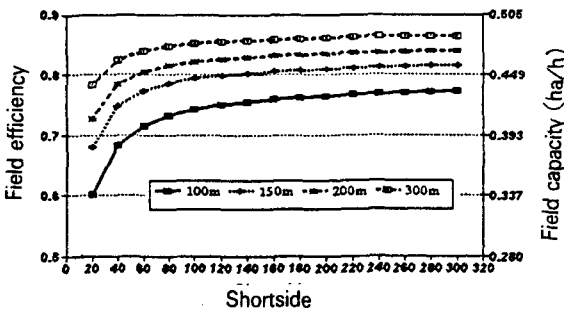


Fig. 10. Relationship between plot sizes and field efficiency and capacity for the combining(combine, 4-row, self-feeding & grain tank type, 1.3m/s).

다. 기계화 작업을 고려한 적정 구획 규모

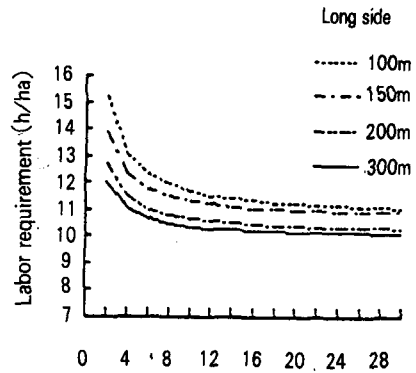
앞에서 각 작업별 포장구획과 작업성능의 관계를 살펴보았지만 적정 포장구획은 어느 특정 작업만 대상으로 할 성질이 아니고 기계화 작업 전체를 대상으로 종합적으로 평가되어야 한다. 적정 구획 규모를 평가하기 위하여 표 4와 같은

Table 4. Integrated machine system to evaluate the plot size.

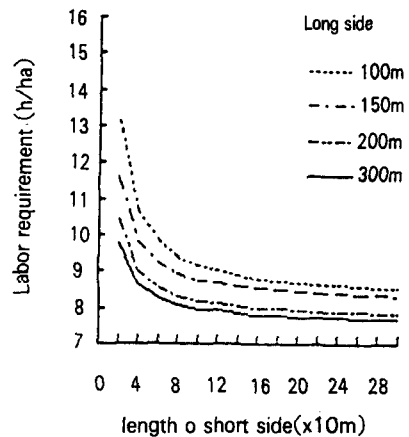
Technical level	Cultivation systems	Plowing	Levelling	Planting	Harvesting
A	• Transplanting system	Plow 6×32cm	Harrow 3.25m	Transplanter 6-row	Combine 4-row
	• Direct seeding system	Plow 6×32cm	Harrow 3.25m	Seeder 8-row	Combine 4-row
B	• Transplanting system	Plow 8×32cm	Harrow 4.17m	Transplanter 8-row	Combine 6-row
	• Seeding system	Plow 8×32cm	Harrow 4.17m	Seeder 20-row	Combine 6-row

대형 일관기계화 체계에 대한 ha당 노동소요 시간을 산출하여 그림 11에 나타냈다. 일관 기계화 체계는 기술 수준별로 이양 재배체계와 직파 재배체계로 구분하였다.

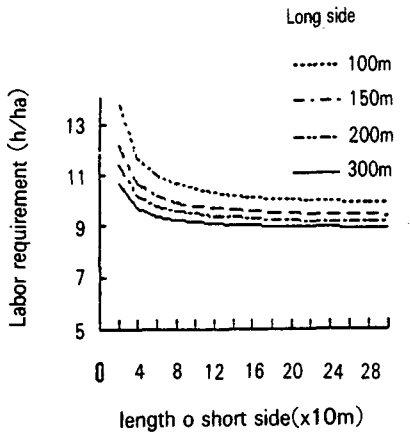
그림 11에 나타난 바와 같이 일관 기계화체계에 대하여도 장 단변 증대에 따라 총소요 노력의 절감 효과가 현저하였다. 작업체계별로는 이양 재배체계가 직파체계보다 단변 증대 효과가 더 긴 지점까지 나타났고, 기술 수준별로는 대형화가 많이 된 기술수준B에서 단변 증대 효과가 크게 나타났다. 전반적으로 단변은 100m를 전후해서 나타나고 장변은 200m 정도를 전후해서 노동력 절감 속도가 둔화되었다. 또한 기술 수준이 향상되면서 그 지점도 증가하는 것으로 나타났다(표 5).



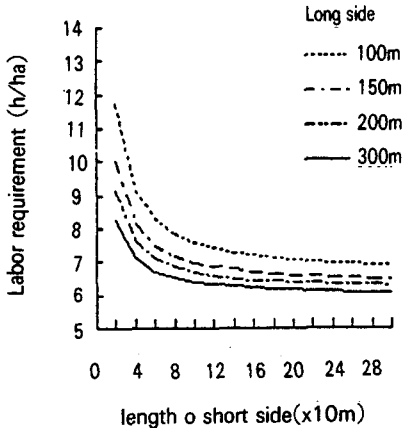
a. Transplanting system - level A



b. Transplanting system - level B



c. Seeding system-Level A



d. Seeding system- Level B

Fig. 11. Total labor requirement of the integrated machinery systems for transplanting and different plot sizes.

Table 5. The range of plot geometries giving lower labor requirement

	Transplanting system		Seeding system	
	Level A	Level B	Level A	Level B
Short side	80~100m	10~120	60~80	100~120
Long side	200	200	150	150

우리 나라의 표준구획(100×40m)과 노동투하시간(표 6)을 비교하면 표준구획 포장 대비 노동소요시간은 100×100(1 ha) 포장과 150×100(1.5 ha), 200×100(2 ha), 200×200(4 ha) 포장에서 이앙재배체계에서는 각각 10.5%와 13.4%, 18.3%, 20.2%가 절감되고, 직파재배체계에서는 각각 10.6%와 16.2%, 18.9%, 21.0%가 절감되는 것으로 나타났다.

여기에서도 포장구획이 2ha 이상이 되면서 노동력 절감 속도가 둔화되는 것을 볼 수 있다. 이상의 결과로부터 기계 작업효율 측면으로 보면 포장구획이 클수록 효율이 증가하는 하지만, 그 증가가 미약하므로 포장의 단변은 100m, 장변은 200m, 면적은 2ha 이상으로 하는 것은 큰 의미가 없다. 또한 포장구획 확대에 따라 경지정리 비용의 증대, 용배수의 지장, 농가소유 규모의 영세성에 따른 문제 등 경제 사회 기술적 문제 등을 고려할 때 이러한 결론은 더욱 타당성을 갖는다. 현재 국내의 대형기계 기술수준과 향후 수년간 예상되는 기계기술 진보 수준을 감안할 때 대형 일관 기계화를 위한 대구획 포장으로서 장변과 단변이 200×100m인 2ha 포장(경구)이 적합하며, 경구의 단변은 향후 경제, 사회, 기술 및 경영여건 등의 변화에 따라 확대되어야 한다고 판단된다

Table 6. The effects of plot sizes on labor saving for different technical levels and paddy planting systems.

Plot size	Technical level A				Technical level B			
	Transplanting system	Index	Seeding system	Index	Transplanting system	Index	Seeding system	Index
0.2ha(100×20m)	15.23	116.7	13.76	117.8	13.13	123.3	11.72	128.4
0.4ha(100×40)	13.05	100	11.68	100	10.65	100	9.13	100
1 ha(100×100)	11.68	89.5	10.44	89.4	9.17	86.1	7.59	83.1
1.5 ha(150×100)	11.30	86.6	9.79	83.8	8.73	82.0	6.99	76.6
2 ha(200×100)	10.66	81.7	9.47	81.1	8.19	76.9	6.71	73.5
3 ha(300×100)	10.36	79.4	9.13	78.2	7.96	74.7	6.40	70.1
4 ha(200×200)	10.41	79.8	9.23	79.0	7.92	74.4	6.39	70.0

4. 요약 및 결론.

경쟁력 있는 벼농사를 위해서는 대형일관 기계화에 의한 노동생산성 향상이 요구되며, 대형 기계를 효율적으로 사용하기 위해서는 포장의 정비가 필수적이다. 논의 적정구획규모는 기계화 기술체계, 경영조건, 지형조건, 기상조건, 토양조건 등을 종합하여 결정된다. 본 연구는 대형일관 기계화에 필요한 대구획 포장의 적정 구획을 제시코자 수행되었다. 이를 위하여 포장정비와 대형기계화 추진에 대한 효과 및 제약 요인 고찰하고, 포장의 구획 변화에 따른 농작업 성능의 평가를 위한 simulator를 개발하여 농작업별 작업성능 및 특성을 구명하고, 장래의 기계 기술발전 수준을 감안한 대형일관 기계화체계를 투입하였다. 대형기계화 일관작업체계에는 경운정지 이앙(또는 직파) 수확작업을 대상으로 현재 국내에서 사용되고 있는 고성능 대형기계 수준과 현재 외국에서 사용 중인 기계기술로 국내 도입이 예견되는 대형기계를 고려하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같이 요약된다.

① 기계화 작업에서 포장의 장단변 길이가 증대함에 따라 포장효율과 포장작업량은 증가하고 소요노동력은 절감되는 플러스 효과가 뚜렷했으며 그 변화는 초기에 급격하고 차차 완만 하게 나타났다.

② 기계가 대형화, 고성능화될수록 구획확대의 플러스 효과가 크게 나타났으며, 현재 국내에 보급되는 대형기계로 효율적인 작업을 하기 위해서는 장변은 200m, 단변은 80~100m수준이 요구되었으며 외국에서 사용되는 벼농사용 대형기계에서는 장변 200m, 단변 100~120m의 수준으로 요구되었다.

③ 따라서 수평 경구의 단변은 조정할 수 있는 것이고, 소유규모, 경영조건 등에 따라 가변성이 필요함을 감안하면 현단계에서는 장변과 단변이 200×100m인 2ha의 구획을 가장 타당한 것으로 판단되며, 이를 대형 기계화 작업 측면을 고려한 표준 대구획으로 제시하였다.

④ 대부분의 작업의 포장효율 개선이 단변의

증대 효과 보다 장변의 증대 효과가 높게 나타났으나 이앙작업에서는 장변을 증대하면 오히려 마이너스 효과가 나타나는 부분이 발생하는 데 이는 모의 보급에 따른 원인으로 이앙작업체계에서 효율을 높이기 위해서는 이앙기의 모탑재 능력 향상 등 모보급체계의 개선이 필요한 것으로 나타났다.

참고 문헌

1. 김학규. 1985. 대구획 벼농사 일관기계화에 관한 연구. 서울대학교(박사학위 논문).
2. 농림수산부. 1983. 농지개량사업 계획 설계 기준 (경지정리편).
3. 농림수산부 기반정비과. 1993. 대구획화(논) 경지정리 계획 설계요령.
4. 농림수산부 농산국. 1993. 미국 일본의 쌀농사 현지조사 결과보고.
5. 이기춘 외 5인. 1994. 경지정리사업 평가회의 자료. 기계화영농 및 용 배수조직에 적합한 효율적인 경지정리 구획규모 결정에 관한 연구. 농지개량조합연합회.
6. 이용범 외 4인. 1995. 대구묘 벼농사 생력기계화 적용시험. 1994년도 시험연구보고서. 농촌진흥청 농업기계화연구소.
7. 정창주, 류관희, 장동일, 조성인, 이종용. 1993. 농업기계이용효율 제고를 위한 경지정리의 기초 설계기술개발에 관한 연구. 연구보고서. 농림수산부. 농어촌진흥공사.
8. 한국농지개량연구소 농지개량조합연합회. 1991. 경지정리사업시행체제 개선과 금후의 발전방향 정립에 관한 연구.
9. 한국농지개량연구소. 1990. 경지정리사업시행체제 개선과 금후의 발전방향 정립에 관한 연구.
10. 한국농지개발연구소. 1991. 농지정비를 위한 방향설정 연구, 농림수산부.
11. 川崎健. 1989. 大區劃水田の區劃整備と機械化技術の課題. 機械化農業. 新農林社.
12. 長野農總試. 1994. 1) 大區劃水田における省力病蟲害防除技術 2) 大區劃水田に對應し

- た省力栽培管理技術の確立. 長野農總試 験研究成績.
13. 新潟農試. 1994. トラクタ搭載型ブームスプレ-ヤの作業性能: 乗用管理作業技術の開発: 大規模 經營に向けた省力技術作業體系の確立. 新潟農試試験研究成績.
 14. 農研Center Project研究室. 1991. 「レ-ザブルによる麥あと大區劃水田の均平作業」. 大區劃水田生産技術(第2輯).資料 (No.18).
 15. 農研Center Project研究室. 1991. 「場内走行式管理機の操舵性能と水稻の損傷程度」.
 16. 農林水産省 構造改善局整備課. 1990. ほ場整備事業便覧
 17. Barga, Kenneth Von and M.B. Cunney. 1974. Activity ratios for farm machinery operations analysis. Transactions of the ASAE. 17(2) : 225-227.
 18. Kolarik, William J., Wendell Bowers and Kenneth E. Case. 1979. Performance analysis of farm machinery: An availability approach. Transactions of the ASAE. 22(6) : 1270-1278.