

벼-紫雲英 連續 無耕耘 直播栽培에서 紫雲英 利用方法 差異가 土壤 및 벼 生育에 미치는 影響

洪光杓* · 金長鏞* · 姜東柱* · 姜南大* · 崔震龍**

Effects of Different Vetch Sward Treatments on Soil and Rice Growth in No-till Direct-sown Rice-Vetch Interrelaying Cropping Systems

Kwang Pyo Hong*, Jang Yong Kim*, Dong Ju Kang*,
Nam Dae Kang*, and Zhin Ryong Choe**

ABSTRACT : Field experiments were carried out to investigate the effects of different residue treatment of vetch sward on soil improvement, rice growth and grain yield from 1995 to 1996. With Chinese milkvetch, pH, Ca, and Mg of paddy soil were increased in subsoil(10~20cm soil depth), and organic matter, P₂O₅, and K were increased in top soil (0~10cm soil depth). Redox potential of the paddy soil with milkvetch residue was severely reduced at earlier flooding period, and recovered gradually as rice growth continued. Weeds were more abundant in the paddy with unchanged vetch stand. The most dominant weed species in the paddy soil with vetch sward residue was *Echinochloa crus-galli*, followed by *Leersia japonica*, *Polygonum hydropiper* in the order of abundance. Seedling establishment ratio of rice directly sown over vetch-sward was lower than in conventional tillage paddy(no-vetch, tilled) condition. Rice growth pattern, however, was not significantly affected by vetch sward treatments. The number of tillers per square meter and plant height at heading date were not significantly different among the vetch-sward treatments. Grain yield was the highest in plough of vetch vegetation, followed by conventional (no-vetch, tilled), live-mulching of vetch, vetch-removed, and vetch-desiccated by weedcide. The whole grain rice yield was the lowest in vetch-desiccated by weedcide.

Key words : Crop residue, Chinese milkvetch, No-till, Direct sowing, Interrelaying cropping.

우리 나라 벼농사는 그동안 多收性 新 품종의 육성 보급과 새로운 영농기술의 개발로 持續的인 段收增大를 거듭하고 있으나 자급도는 매년 낮아지고 있고, 이 과정에서 지나친 金肥 위주의 재배법

에 의존함으로써 토양 유기물 함량 감소와 산성화 등 토양 이화학성이 악화되고 있다. 최근 농촌노동력의 열악화로 省力化와 함께, 환경과 조화를 이루면서 생산성을 높일 수 있는 지속농업(sus-

* 慶尙南道 農村振興院(Gyeongnam Provincial Rural Development Administration, Chinju 660-370, Korea)

** 慶尙大學校 農科大學(Collage of Agriculture, Gyeongsang Nat'l Univ. Chinju 660-701, Korea) <'97. 8. 23 接受>

tainable agriculture)의 필요성이 여러 측면에서 대두되고 있는 현실을 감안할 때 화학제 위주의 벼 재배법은 支持力を 잃어가고 있다.

또한 소득이 향상됨에 따라 소비자가 양질의 低公害 쌀을 선호하는 경향이 급속히 파급되고 있어 일부 지역에서 생산된 얼얼있는 쌀이 高價로 판매되어 농가 소득증대에 크게 기여하고 있는 실정이다.

紫雲英(*Astragalus sinicus* L.)은 근류균에 의한 공중질소 고정능력이 190kg/ha나 되고, 生草生産량이 20~40톤/ha 정도 되며²⁾ 화분과 잡초의 발생을 억제하여 수도재배에서 除草效果를 보인다³⁾고 알려져 있다. 따라서 飼料, 藥用, 食用, 蜜園 등 여러 방면에서 이용되고 있는 자운영을 논에 재배한 후 이어서 벼를 재배하여 자운영을 유기물과 질소공급원으로 활용하고, 또한 잡초 발생을 억제시키기 위한 被覆作物(cover crop)로 그 이용 가능성이 인정된다면 생력화와 환경조화형 농업 측면에서 매우 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 따라서 본 시험은 자운영의 이용조건을 달리할 때 토양 화학성 변화와 잡초 발생양상 및 벼 생육의 차이에 미치는 영향을 검토코자 하였다.

材料 및 方法

본 시험은 1995년부터 1996년까지 2년동안 경상남도농촌진흥원 시험포장에서 실시되었다. 被覆植物로 이용한 紫雲英은 1994년 가을 벼 수확전에 4kg/10a을 散播하여 논에 정착된 상태에서 벼 수확시 절단 7일 전으로 피복하였다.

자운영 처리 방법은 초장이 24cm, 건물량이 30g/m² 정도인 개화후 10일이 경과되어 夏枯現象이 나타나기 직전인 5월 10일(파종전 10일)에 근사미 300ml/10a을 살포하여 자운영을 枯死시킨 처리구와 자운영을 刈取하여 논 밖으로 除去한 처리구, 자운영을 그대로 放置한 처리구로 나누어 無耕耘 파종하였고, 또한 자운영을 경운(파종 5일전)하여 토양중에 混入시킨 처리구와, 자운영이 없는 논을 경운한 관행구를 설치하여 경운 파종하였다.

파종방법은 침종된 볍씨 4kg/10a을 5월 20일에 播幅 15cm, 畦幅 45cm밀도로 湛水表面 손뿌림 하였다.

施肥량은 전 처리 다같이 질소-인산-칼리를 성분으로 각각 11-7-8kg/10a을 사용하였으며, 이때 分施는 질소비료인 경우 基肥(파종전 2일)-分蘖肥(파종후 35일)-穗肥(출수전 20일)를 각각 40-30-30%로, 또한 칼리는 기비와 수비를 각각 70-30%로 나누어 사용하였으며, 인산은 全量 基肥로 사용하였다.

벼 생육기간동안 잡초방제는 전 처리구 다같이 파종후 25일에 정일품을 살포하였다. 잡초발생 양상과 벼입모율, 초장, 경수, 수량 및 도복관련형질은 농촌진흥청 조사기준¹⁰⁾에 따랐으며, 벼 뿌리의 수직분포는 출수후 20일에 직경 20cm, 깊이 25cm인 원통을 토양에 삽입하여 토양을 발취한 후 일정한 깊이별로 절단 세척후 벼 뿌리를 조사하였다. 播種 前·後 時期別 土壤酸化還元電位는 Portable Eh meter기(모델명 RM-1K)를 이용하여 온도가 가장 높은 오후 1시경에 조사하였으며, 시험후 토양 화학성 분석은 농촌진흥청 분석

Table 1. Climatic condition during about seeding date and maximum tillering stage at '95, '96 crop years in Chinju

Growth stage	Crop years	Temperature			Sunshine hours	Precipitation
		Av.	Max.	Min.		
About seeding date (-10~+10)	'96	16.4	22.8	10.3	140.1	93.3
	'95	18.4	26.1	11.0	154.0	39.5
Maximum tillering stage (-10~+10)	'96	24.5	27.8	21.7	88.8	75.8
	'95	22.9	27.0	19.3	110.6	157.0

방법¹⁰⁾에 따랐다.

본 시험을 수행한 1995년도와 1996년도의 파종 전후와 최고분얼기의 氣象을 표 1에 나타내었다. 파종 전 후의 온도와 강우 등을 볼 때 발아에 양호한 조건이었으며, 최고분얼기의 기상 또한 벼 생육에 적당하였다.

結果 및 考察

1. 紫雲英 生育 패턴

자운영의 초장과 건물량 변화를 그림 1에 나타내었다. 초장은 5월 30일에, 건물중은 5월 20일에 최고 생육량을 보이다가 그 이후 하고현상에 의하여 급격히 고사하는 것을 볼 수 있었다. 본 시험에서는 자운영이 夏枯로 고사하기 시작하는 5월 20일에 파종하였기 때문에 입모이후 벼와 자운영의 경합은 없었을 것으로 판단된다.

2. 土壤 化學性과 酸化還元電位 및 雜草發生 樣相

자운영 이용방법에 따른 토양깊이별 試驗後 토양화학성을 표 2에서 보면 자운영 이용방법 차이에 따라서는 일정한 경향을 나타내지 않았으나, 토양 깊이에 따라 pH와 Ca, Mg함량은 深土

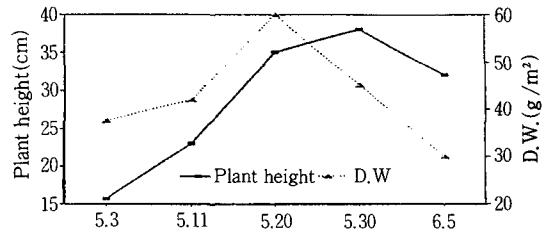


Fig. 1. Changes in plant height and dry weight of Chinese milkvetch.

(10~20cm)에서, 유기물과 P₂O₅, K함량은 表土 (0~10cm)에서 높았다. 그러나 SiO₂함량은 무경운 조건(자운영방치, 예취제거, 제초제처리)에서는 심토에서 높았으나, 경운조건에서는 오히려 표토에서 높았다. 이러한 결과는 무경운으로 인하여 표토와 심토가 서로 反轉되지 않았기 때문으로 생각되었으며, 洪⁴⁾의 결과와 일치하였다.

자운영 이용방법의 차이에 따른 벼 播種 前·後 土壤의 酸化還元電位를 표 3에 나타내었다. 모든 처리에서 토양은 전 생육기를 통하여 환원상태로 경과되었고, 특히 자운영이 자라고 있는 상태로 파종하여 담수한 구의 담수 초기에는 심한 환원상태를 보이다가 시일이 경과함에 따라 그 정도가 완화되는 경향이었으며, 최고분얼기에는 외기기는 상승으로 다시 환원이 심해졌다. 자

Table 2. Comparisons of chemical characteristics of the paddy soil at the different depth measured after experiment

Treatment	Soil depth	pH	OM	P ₂ O ₅	Ex. Cation			SiO ₂	CEC
					K	Ca	Mg		
	...cm ...	1:5	g/kg	mg/kgcmol ⁺ /kg	mg/kg	cmol ⁺ /kg	
Vetch-stand reserved	0~10	5.6	30	269	0.30	4.61	1.40	53	9.38
	10~20	6.0	31	208	0.28	5.74	1.70	58	9.48
Vetch-sward removed	0~10	5.5	29	288	0.23	4.17	1.32	48	8.68
	10~20	6.0	25	264	0.21	5.02	1.45	56	8.88
Vetch-sward desiccated	0~10	5.6	40	321	0.30	4.19	1.39	56	8.95
	10~20	6.2	21	283	0.15	4.88	1.58	64	8.26
Vetch-sward ploughed	0~10	5.7	32	274	0.35	4.58	1.55	84	9.11
	10~20	6.1	25	217	0.21	5.43	1.60	72	8.34
Conventional (no-vetch, tilled)	0~10	5.7	33	311	0.40	4.34	1.58	78	8.73
	10~20	6.0	25	292	0.22	4.99	1.64	68	8.61

Table 3. Change in redox potential on different used Chinese milkvetch paddy soil at before and after seeding date

Treatment	-25 [↓]	-17	-9	+10	+12	+14	+16	+19	Max.* (+50)
.....mV.....									
Vetch-stand reserved	-350	-223	-182	-116	-148	-96	36	48	-117
Vetch-sward removed				-48	32	0	44	100	-40
Vetch-sward desiccated				-64	-28	-80	76	24	-110
Vetch-sward ploughed				-68	-4	64	44	-12	-3
Conventional (no-vetch, tilled)				-53	-12	40	44	28	13

↓ -, before sowing date ; +, after sowing date. *+50 : Max. tillering stage

Table 4. Weeds occurred at maximum tillering stage in different vetch-sward treatments

Treatments	Weeds						
	Ec [↓]	Cd	Ph	Ri	Li	Aa	Total
.....D.W. g/m ²							
Vetch-stand reserved	10.1	-	3.7	-	4.2	-	18.0
Vetch-sward removed	11.7	-	-	0.1	-	-	11.8
Vetch-sward desiccated	0.4	-	-	-	-	-	0.4
Vetch-sward ploughed	-	2.8	0.4	0.1	-	-	3.3
Conventional(no-vetch, tilled)	-	1.8	0.1	0.4	0.1	0.2	2.6

↓ Ec, *Echinochloa crus-galli* ; Cd, *Cyperus difformis* ; Ph, *Polygonum hydropiper* ; Ri, *Rorippa islandica* ; Li, *Leersia japonica* ; Aa, *Alopecurus aequalis*.

운영을 방지한 구가 자운영을 제거하거나 비선택성 제초제로 고사시킨 처리구에 비하여 환원정도가 더 심하였다.

따라서 표 5에서 보는 바와 같이 자운영을 방지할 경우 다른 처리에 비하여 입모율이 낮은 것과 灌溉水の 환원 정도와 관계가 깊을 것으로 사료되었다.

잡초발생 양상은 파종 25일 후에 경엽처리제인 정일품을 살포하여 최고분얼기까지 발생한 잡초의 초종과 발생량을 표 4에 나타내었다.

발생된 잡초의 총량은 비선택성 제초제인 근사미를 살포하여 자운영을 고사시켰을 때 가장 적었고, 다음이 관행경운과 자운영 경운답이었으며, 자운영을 방지하거나 예취하여 제거한 경우 잡초의 발생량이 많았다. 자운영은 화분과 잡초의 발생을 억제시킨다는 보고⁹⁾가 있으나 본 시험에서

는 그 효과가 나타나지 않았다.

3. 벼生育과 收量反應

자운영 이용방법의 차이에 따른 벼 입모상황과 생육의 경시적 변화를 표 5에 나타내었다. 벼 立毛率은 경운답(관행 경운, 자운영 경운)에 비하여 무경운답(자운영 방지, 예취 제거, 고사)에서 낮았으며, 특히 자운영을 방지하여 지상부가 殘存해 있는 상태에서 벼를 파종할 경우 다른 처리에 비하여 더욱 낮아지는 경향이였다. 이는 볍씨가 토양과 密着되지 않고, 발아할 때 자운영에 의하여 遮光이 되었으며, 표 3과 같이 토양 관개수가 심한 환원상태였기 때문으로 생각되었다. 그러나 입모수는 126~172개 /m² 로 전처리 다같이 경운답의 적정 입모수인 120개 /m²보다 많았다.

초장은 자운영을 방지 하였을 경우 다른 처리에

Table 5. Changes in seedling establishment ratio, plant height and number of tillers per m² in different vetch-sward treatments

Treatment	Seedling establishment ratio	Seedling stands per m ²	Plant height (cm)				No. of tillers per m ²			
			Jun.20	Jul.10	Jul.20	Heading date	Jun.20	Jul.10	Jul.20	Heading date
 %.....	cm.....							
Vetch-stand reserved	74.7 ^c	126	22 ^b	42 ^b	54 ^c	101 ^a	288 ^a	452 ^b	494 ^{ab}	476 ^a
Vetch-sward removed	85.1 ^{bc}	146	25 ^a	45 ^{ab}	55 ^{bc}	102 ^a	280 ^a	428 ^b	517 ^{ab}	509 ^a
Vetch-sward desiccated	79.0 ^{bc}	137	23 ^{ab}	45 ^{ab}	58 ^{ac}	102 ^a	343 ^a	556 ^a	563 ^a	468 ^a
Vetch-sward ploughed	92.2 ^{ab}	150	23 ^{ab}	47 ^a	62 ^a	99 ^{ab}	306 ^a	513 ^{ab}	537 ^{ab}	486 ^a
Conventional (no-vetch, tilled)	97.6 ^a	172	24 ^{ab}	45 ^{ab}	60 ^{ab}	96 ^a	304 ^a	463 ^b	461 ^b	449 ^a

Table 6. Comparisons of related characteristics of lodging and vertical distribution of root at different used Chinese milkvetch paddy

Treatment	Breaking strength	Weight of stem base	Root weight	Vertical distribution of root			Field lodging
				0~5cm	5~10cm	10cm<	
g.....		%.....			0~9
Vetch-stand reserved	1,357 ^a	1.87 ^a	11.1 ^b	84.4 ^a	9.4 ^b	6.2 ^b	5
Vetch-sward removed	1,295 ^a	1.70 ^a	12.2 ^b	90.3 ^a	6.7 ^b	3.0 ^c	5
Vetch-sward desiccated	1,075 ^b	1.71 ^a	10.6 ^b	86.5 ^a	8.3 ^b	5.2 ^{bc}	5
Vetch-sward ploughed	1,248 ^a	1.44 ^b	15.2 ^a	68.6 ^b	23.2 ^a	8.2 ^b	1
Conventional(no-vetch, tilled)	861 ^c	1.26 ^c	15.9 ^a	52.5 ^b	28.5 ^a	19.0 ^a	1

비하여 最高分蘖期까지 짧은 상태로 경과되었으나, 出穗期에는 그 차이를 인정할 수 없었으며, 경수도 같은 경향을 나타내었다.

자운영 이용방법의 차이에 따른 벼 倒伏關聯形質을 표 6에 나타내었다. 挫折重은 관행재배에 비하여 자운영 재배답에서 매우 높으며, 자운영 이용방법의 차이에 따라서는 비선택성 제초제를 살포하여 자운영을 고사시킨 처리에서 가장 작았다. 그리고 이들간에 稈基重은 관행 경운처리에서 가장 작았으며, 다음이 자운영을 재배하여 경운하였을 때이었으며, 자운영 재배답의 다른 처리는 비슷한 경향을 보였다. 벼 뿌리의 분포양상을 보면 뿌리량은 경운답(자운영 경운, 관행 경운)에 비하여 무경운답(자운영방지, 예취체거, 고사)에서 적었으며, 특히 자운영을 고사시킨 처리에서 가장 적었다. 또한 도복과 관련이 있는 뿌리의 수직분포 비율을 보면 자운영을 재배한 논을 무경운상태로 관리하여 벼를 재배할 때 관행 경운 재배에 비하여 토양의 표면(0~5cm)에 집중적으로 분포되

는 것을 볼 수 있었다. 그리고 포장에서 발생된 도복정도를 보면 무경운답에서는 5정도 발생되었으나, 경운답에서는 1정도에 불과하였다. 일반적으로 경운답에서의 도복은 3~4절간에서 좌절도복이 발생되나, 본 시험의 자운영 재배후 무경운 상태로 관리한 논에서의 도복은 지체부에서 발생되는 뿌리도복이었다. 포장 도복이 자운영재배의 有無와 관계없이 무경운답이 경운답에 비하여 심하게 발생된 것은 좌절중이나 간기중보다는 뿌리량 및 뿌리의 수직분포비율과 더 깊은 관련이 있는 것을 알 수 있었다. 무경운답에서는 벼의 營養生長량이 부족하기 때문에 오히려 도복에 강하였다는 洪⁴⁾의 결과와 상반된 양상을 나타내었는데 이는 자운영 재배답의 무경운 상태에서 파종할 경우 자운영의 그루터기에 의하여 범씨가 토양과 밀착되지 않았기 때문인 것으로 보인다.

자운영 이용방법의 차이에 따른 收量構成要素와 收量 차이를 표 7에서 보면 자운영을 재배했을 때 관행 경운재배에 비하여 稈長과 穗數는 커지거

Table 7. Comparisons of yield components and yield in different used Chinese milkvetch paddy

Treatment	Heading date	Culm length	No. of panicles per m ²	No. of spikelets per panicle	Ripened grain ratio	1,000 grain wt.	Milled rice
		...cm...			...%...	...g...	kg / 10a
Vetch-stand reserved	Aug.20	82 ^a	360 ^{bc}	83 ^a	89.5 ^a	20.8 ^{ab}	529 ^b
Vetch-sward removed	Aug.20	79 ^b	366 ^b	89 ^a	90.5 ^a	20.7 ^b	537 ^b
Vetch-sward desiccated	Aug.20	80 ^{ab}	350 ^{bc}	82 ^a	90.3 ^a	21.5 ^a	527 ^b
Vetch-sward ploughed	Aug.21	81 ^{ab}	394 ^a	84 ^a	91.0 ^a	20.5 ^b	581 ^a
Conventional (no-vetch, tilled)	Aug.20	77 ^c	336 ^c	80 ^a	92.7 ^a	21.1 ^{ab}	575 ^a

나 많아지는 경향이었으며, 穗長, 粒數, 登熟率은 처리간 차이가 없었다. 또한 간장과 수수는 다른 처리에 비하여 관행 경운 처리에서 가장 적었으며, 精玄比率은 무경운(자운영 방치, 예취 제거, 제초제에 의한 고사)처리에서 대체로 낮은 경향을 보였다.

收量은 자운영을 경운한 처리와 관행 경운과는 수량 차이가 없었으나 자운영을 방치하거나 예취 제거 및 제초제에 의한 고사처리 등은 감소되었다. 특히 자운영을 재배하고 있는 논을 무경운 상태로 관리하여 벼를 재배할 경우 수량이 대체로 감소되었는데 이는 무경운에 의한 벼짚, 자운영, 독새풀 등의 殘株部에 의하여 볍씨가 토양과 밀착되지 않았기 때문에 경운에 비하여 도복이 많이 발생되었고, 초기생육이 다소 부진한 것에 기인된 것으로 생각한다. 한편 자운영이 재배되고 있는 논을 경운하였을 경우 자운영을 재배하지 않았던 논을 경운했을 때와 수량 차이가 크지 않았던 것은 본 시험이 대단히 비옥한 토양(표 2)에서 수행되었기 때문으로 생각되었다.

적 요

豆科植物인 紫雲英을 논에 재배하여 有機物 및 窒素供給源으로 活用함과 동시에 被覆植物로서 雜草防除등 부수적인 효과를 얻기 위하여 자운영 放置, 刈取 除去 등 그 利用方法을 달리하여 1995년과 1996년 2년동안 慶尙南道農村振興院 포장에서 시험을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시험후 土壤化學性은 자운영 이용방법의 차이

에 따라 일정한 경향이 없었으며, 토양심도별로 비교하여 보면 pH와 Ca, Mg는 深土(10~20cm)에서, 有機物과 P₂O₅, K는 表土(0~10cm)에서 그 함량이 높았다.

2. 土壤의 酸化還元電位는 자운영 예취구의 灌水初期 때 심한 환원상태를 보이다가 시일이 경과함에 따라 그 정도가 완화되는 경향이었으며, 자운영을 방치하였을 경우 다른 처리에 비하여 환원 정도가 더 심하였고, 최고분얼기경에 다시 높아지는 경향을 보였다.
3. 잡초방제후 최고분얼기경 雜草發生은 자운영 방치답에서 가장 많았고, 다음이 예취후 제거 답이었으며, 비선택성 제초제를 살포하여 자운영을 고사시킨 답에서는 그 발생량이 가장 적었다.
4. 벼 立毛率은 자운영 재배답에서 가장 낮았고, 출수기 때의 생육은 각 처리간 비슷하였으며, 收量은 자운영 경운답에서 가장 높고, 다음이 관행 경운답이었으며, 자운영을 방치 혹은 예취후 제거하거나 비선택성 제초제를 살포하여 고사시킨 답에서 다소 減收되는 경향이였다.

LITERATURE CITED

1. 조진용, 김충수, 이석영. 1993. 전작으로서 녹비작물인 자운영(*Astragalus sinicus* L.) 재배가 후작물인 벼 생육에 미치는 영향. 충남대 농업과학연구 20(2):103-108.
2. 최승운. 1986. 綠肥 飼料作物 蜜源. 新制養蜂學. 집현사. pp. 104-106.

3. Chungchu L. 1988. Integrated use of green manure in rice fields in South Chin. Green manure in rice farming: Proceedings pp. 318-331.
4. 洪光杓. 1994. 南部地方의 논 無耕耘 體系에서 省力栽培에 관한 研究. 慶尙大學校 博士學位論文 p.96.
5. Jeong J.H, Choi S.Y, Shin B.W and So J. D. 1996. Effect of milkvetch (*Astragalus sinicus* L.) cultivation on reduction of nitrogen fertilizer application rate in paddy soil. RDA. J. Agri. Sci. 38(2):299-303.
6. _____, So J.D, Rhee G.S and Kim H.J. 1995. Soil improvement and rice yield productivity by milkvetch (*Astragalus sinicus* L.) in paddy field. RDA. J. Agri. Sci. 37(1):255-258.
7. 김충수, 이석영, 조진웅, 강래성. 1992. 자운영(*Astragalus sinicus* L.) 종자의 발아에 관한 연구. 충남대 농업과학연구 19(1):1-8.
8. Lizhi C. 1988. Green manure cultivation and use for rice in China. Green manure in rice farming: Processings 63-70.
9. 日本現代農業. 1986. 紫雲英農法. p.6-12.
10. 農村振興廳. 1995. 農事試驗研究 調査基準. p. 603.
11. Seong R.C and Park K.Y. 1991. Forage productivity of collected Chinese milkvetch varieties. Korean J. Crop Sci. 36(1):7-11.
12. 安江多輔. 1991. 렌게栽培利用變遷と肥效及び地力増進效果. 日作紀. 60(4):583-592.