

## 동계호밀재배가 고랭지 밭토양의 비옥도 증진에 미치는 영향

장용선\* · 이계준 · 주진호<sup>1)</sup> · 이정태 · 안재훈 · 박철수<sup>2)</sup>

농촌진흥청 고령지농업연구소, <sup>1)</sup>강원대학교 자원생물환경학과, <sup>2)</sup>KT&G 중앙연구원  
(2007년 12월 17일 접수, 2007년 12월 24일 수리)

### Effect of Winter Rye Cultivation to Improve Soil Fertility and Crop production in Alpine Upland in Korea

Yong-Seon Zhang\*, Gye-Jun Lee, Jin Ho Joo<sup>1)</sup>, Jeong-Tae Lee, Jae-Hoon Ahn, and Chol-Soo Park<sup>2)</sup> (National Institute of Highland Agriculture, RDA, Pyeongchang, 232-955, Korea, <sup>1)</sup>Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon, Korea, <sup>2)</sup>KT&G Central Research Institute, Suwon, 441-480, Korea)

**ABSTRACT:** Soil erosion is one of the most serious problems in alpine upland in Korea. Soil fertility has continuously decreased due to serious soil erosion. To increase soil fertility, new sources of organic matter should be inputted. Therefore, the objectives of this research were to select winter cover crop as new sources of organic matter and to investigate the effect of winter cover crop on soil property changes, major crop productivity (Chinese cabbage, potato) production in highland, and disease occurrence with different cropping systems. Among 17 candidates for winter coverage crop, rye was most suitable due to its soil covering rate, and over-wintering rate. The optimum sowing period for rye ranged from late August to late September. Soil porosity and organic matter content increased with rye cultivation. Rye cultivation during winter increased amounts of crop (both Chinese cabbage and potato) productivity up to 8%. There was little difference on amount of crop productivity depending on cropping systems such as monoculture (Chinese cabbage or potato) and Chinese cabbage-potato rotation.

**Key Words:** Rye, Winter coverage crop, Potato, Chinese cabbage, Cropping system

### 서 언

고랭지 채소재배지역은 대부분 경사지에 위치하고 있으며, 여름철 집중폭우 등 기상환경의 변화가 심하여 재배환경이 매우 불리하고, 무상일수가 적어 1년 1작이 대부분으로 작물이 재배되지 않는 7~10개월이 나지 상태로 장기간 방치되는 경우가 많다. 이러한 지형과 기후적인 특성은 심각한 토양유실을 발생시켜 토양 유기물과 유효토심의 급격한 감소를 초래하고 있다. 또한 소득작물 위주의 연작과 지속적 토양유실로 저하된 지력을 보전하기 위하여 화학비료와 가축분 퇴비를 기준량보다 20~50% 과다 투입하고 있어 고랭지 농경지가 하천오염의 주요한 비점오염원의 원인이 되고 있다<sup>8,12)</sup>.

또한 고랭지는 경사지, 곡간지 등 지형적으로 작물재배에

불리할 뿐만 아니라 영농구조가 단조롭고 토지의 이용도가 낮아 1년 1기작인 농가가 많다. 한정된 고랭지 채소재배 면적내에서 매년 채소를 연작함으로써 채소의 연작장해, 생리장해 등의 발생이 점차 증가하고 있으며 그 발생빈도도 잦아지고 발생면적과 지역이 확대되고 있다. 연작장해의 원인은 토양양분의 불균형, 병원균의 집적, 독소물질의 잔류 그리고 토양 pH와 물리성의 악화 등으로 알려져 있다<sup>1)</sup>.

작물재배지에서 유기물의 사용은 양분 및 미량요소 공급 등 직접적인 효과뿐만 아니라 유기물 자체의 물리적 특성에 의한 토양의 구조개선, 양분 및 수분의 보존능 증대, 경운성 향상, 온도상승 및 미생물활동 촉진 등의 간접적인 효과도 크기 때문에 작물의 수량을 일반적으로 증대시킨다<sup>13,16)</sup>. 또한, 동계피복작물과 무경운 재배를 결합하여 토양유실 방지 및 비점오염원 예방에 활용하는 재배기술도 증가하고 있다<sup>2,4)</sup>.

따라서 고랭지 밭토양의 지력증진을 위하여 고랭지 농업지대에 적합한 동계 피복작물을 선발하고, 피복작물의 동계 재배에 따른 토양의 물리-화학적 특성변화, 고랭지 작물의 생

\*연락처:  
Tel: +82-33-330-1930 Fax: +82-33-330-1906  
E-mail: Zhang@rda.go.kr

산성과 병해 발생 정도를 작부체계와 연계하여 비교 검토하였다.

### 재료 및 방법

본 시험은 1999년부터 2001년까지 3년 동안 수행되었고, 도암 시험포장(강원도 평창군 도암면 황계리 고랭지농업시험장 구내시험포장, E128°44' N37°41')은 해발고도 800 m, 경사 13%, 미사질양토로 투수는 양호하였고, 진부 시험포장(강원 평창군 진부면 호명리, E128°35' N37°39')은 해발고도 570 m, 경사 23%, 무이 사양토로 종서 생산을 위해 개간한 밭으로 석비레를 성토한 인위토의 특성을 갖고 있는 토양이었다.

강원 평창군에 위치하는 진부 시험포장은 고랭지 농업지대에 적정한 동계 피복작물 선발, 동계호밀피복을 위한 파종 적기, 호밀 파종시기별 생육특성, 동계 호밀피복에 따른 토양의 물리-화학성의 변화를 나지와 비교하였고, 도암 시험포장에서는 동계 호밀피복이 배추와 감자의 수량과 병해에 미치는 영향을 작부체계를 달리하여 조사하였다.

동계 피복작물의 재배시험은 배추와 감자를 수확한 후에 토양을 경운 및 정지하고 초중에 따라 파종량을 달리하여 산파한 후 로타리로 복토하였다. 이때 화학비료 및 퇴비는 사용하지 않았다.

감자와 배추 재배시험에서 시험구 조성은 나지구와 동계호밀재배구로 나누어 각각에 대하여 감자와 배추를 재배하였고, 이듬해 각각의 시험구에 감자와 배추를 매년 윤작체계로 재배하였다. 감자는 수미품종을 선택하여 이랑너비 70 cm, 재식거리 30 cm로 재배하였으며, 5월 20일에 파종하여 9월 30일에 수확하였다. 시비량은 ha당 성분량으로 질소 150 kg, 인산 158 kg, 칼륨 130 kg, 석회 2,000 kg, 그리고 부산물퇴비 10,000 kg이었으며 모두 기비로 처리하였다. 배추는 CR 강타 품종을 대상으로 이랑너비 60 cm, 재식거리 35 cm로 재배하였으며, 6월 5일에 정식하여 8월 5일에 수확하였다. 시비량은 ha당 성분량으로 질소 320 kg, 인산 78 kg, 칼륨 198 kg, 석회 2,000 kg, 그리고 부산물퇴비 15,000 kg이었다. 기비와 추비는 작물별 표준 시비처방에 준하여 질소의 경우 기비 65%, 추비 35%를 3회 분시하였고, 칼리의 경우 기비 55%, 추비 45%를 3회 분시하였으며, 인산은 전량 기비로 처리하였다.

작물의 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조

사기준에 의해서 조사하였다<sup>15)</sup>. 지상부와 지하부의 biomass량은 일 평균기온이 0°C 이상 지속되는 4월초에 각각 10주의 식물체를 채취하여 지상부와 지하부를 나누어 80°C에서 건조 후에 측정하였다. 피복작물의 월동율(over-wintering rate)은 토양의 월동 전후(11월, 4월)에 작물의 m<sup>2</sup>당 개체수로 하였으며, 피복작물의 피복율(Covering rate)은 평균기온이 0°C 이상인 4월초에 m<sup>2</sup>당 작물의 피복비율로 하였다.

토양은 토양 및 식물체 분석법<sup>14)</sup>에 따라 토양을 채취하여 풍건 후 2 mm 체를 통과시켰다. 토성은 10 g을 사용하여 피펫법으로 입자분포를 조사한 후 토성삼각도를 이용하여 결정하였고, 토양의 삼상과 용적밀도는 100 cm<sup>3</sup> 코아로 시료를 채취하여 105°C 건조기에서 건조 후 무게를 측정하였다. pH는 토양과 증류수를 1:1로 혼합하여 1시간 저어준 후에 초차전극법(Orion model 370)으로 측정하였다. 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였으며, 치환성양이온(Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>)은 토양 5 g에 50 mL의 1 N-NH<sub>4</sub>OAc (pH 7.0)를 가하여 30분 진탕한 후, No. 2 여지로 여과시킨 액을 원자흡광광도계 (Hidachi model G-6000)를 이용하여 분석하였다.

### 결과 및 고찰

#### 가. 고랭지 경사밭 동계피복작물 선발

고랭지의 기후 특성은 Table 1과 같으며, 영농활동이 이루어지는 6월에서 9월까지 연강수량의 60%가 넘는 양이 집중되고 3~5월에 최대 풍속이 20 m/sec를 넘는 강한 바람과 겨울철에 쌓였던 눈이 녹는 융설 등은 고랭지 밭을 침식시키는 요인으로 작용하고 있다.

고랭지 밭토양에서 동계 강수 및 춘계 융설에 의한 토양 침식을 방지하고 비옥도를 증진시킬 수 있는 피복작물을 선발하기 위하여 호밀 등 17개 작물을 2000년 8월 30일에 파종하여 2001년 4월 11일 분얼기 직전에 생육특성을 조사하였다(Table 3). 시험포장의 토양 특성은 Table 2와 같으며, 대체로 도암포장의 유기물함량은 진부포장에 비해 2배 이상 높은 것으로 나타났다.

일반적으로 고랭지 농업지대에 적합한 피복작물은 동계에 피복율이 높고 월동이 가능하여야 하므로 티모시, 레드크로버 등 파종적기가 봄철인 작물에 대해서도 동일한 파종시기를 적용하였다. 분얼기 직전에 호밀과 보리 등 맥류와 그 외의 초중에 대하여 초장, 생체중 등 피복작물의 생육특성을 조

Table 1. Characteristics of Climate in Daegalyeng areas during experiment in 2000

Region	Altitude (m)	Climate	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Doam	800	Mean temp.(°C)	19.8	13.4	9.0	1.6	-3.6
		Precipitation(mm)	304.8	615.0	23.8	61.3	16.9
Jinbu	570	Mean temp.(°C)	21.7	15.1	9.5	1.6	-3.9
		Precipitation(mm)	234.2	290.0	11.0	41.0	24.5

사한 결과, 호밀이 다른 초종에 비하여 피복율, 건물중 및 월동성이 현저히 높았다. 피복율에서 헤어리베치 및 레드클로버, 건물중에서 메귀리와 헤어리베치, 그리고 티모시가 비교적 월동성이 강하였지만 조사한 조건을 종합해 볼 때 대체로 호밀이 피복작물로서 유망하다. 호밀은 낮은 온도조건(1~2°C)에서도 짧은 기간 동안에 발아를 하며, 추위에 견디는 힘이 강해서 -25°C 이하에서도 재배가 가능하므로 농자재비와 비료공급의 필요성 등을 고려할 때, 고랭지 피복작물로 호밀이 가장 적합한 것으로 판단된다.

우리나라에서 재배되는 호밀은 조생종으로 수종의 외국 도입종 등이 장려되고 있고, 국내종으로 팔당호밀, 칠보호밀, 춘추호밀, 조춘호밀, 호밀22호, 울호밀 등이 있다. 이와 함께 중만생종으로는 외국품종인 단코 등이 국내에서 생산성이 우수하여 장려되고 있다<sup>3,18)</sup>.

고랭지의 피복작물 중 호밀의 적정 파종시기는 월동전 원

줄기 엽수가 4매 이상이어야 월동이 가능하므로 8월 하순부터 9월 하순까지이며 10월 파종은 피복율이 낮고 생육이 저조하므로 10월 상순 서리가 내리기 이전까지는 파종하여야 할 것으로 판단된다(Fig. 1, Table 4). 표고 400 m 이하 평탄지에서 호밀의 파종적기는 한강 이북의 경기북부와 강원지방은 9월 하순에서 10월 상순, 한강 이남의 경기남부와 충북지방은 10월 상중순, 충남·전북·경북지방은 10월 중순, 전북·경남지방은 10월 하순으로 알려져 있다<sup>9)</sup>.

2000년 10월 1일에 파종한 호밀재배구의 시험구 토양에 대하여 2001년 4월 1일 분얼기 직전에 토양의 물리 화학적 특성은 Table 5과 Table 6 같았다. 고랭지에서 전작물 종류를 다르게 한 감자 및 배추 재배지의 토양 물리화학성은 동계 호밀재배구가 나지구에 비해 EC, 유효인산과 양이온 함량이 다소 낮아졌는데 이는 호밀에 의해 이용되었기 때문으로 생각된다. 본 시험에 사용된 고랭지 토양의 유기물 및 유효인

Table 2. Physical and chemical properties of soil before experiment

Region	soil series	Particle size distribution(wt,%)			Soil texture	pH (H <sub>2</sub> O, 1:1)	O.M. (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. cations(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		
		Sand	Silt	Clay					K	Ca	Mg
Doam	Ungyo	8.4	62.2	29.4	SiCL	6.6	48	228	0.30	5.70	1.62
Jinbu	Mui	47.1	35.7	17.2	SL	5.5	20	132	0.67	3.04	0.58

Table 3. Covering rate and over-wintering rate of cover crops in highland

Cover crops	Covering rate(%)	Plant height(cm)	Dry weight(g m <sup>-2</sup> )			Over-wintering rate *
			Top	Root	Total	
Rye	60.7	23.0	154	64	218	10
Chilbo rye	51.3	18.5	96	66	162	6
Jochun rye	55.3	18.5	108	45	153	6
Chunchu rye	56.0	27.2	98	39	137	4
Geumgang Wheat	52.7	19.5	203	39	242	3
Alchan Wheat	56.7	13.7	124	37	161	5
Tapdong Wheat	57.3	17.0	114	36	150	4
Tapgol bori	63.3	24.0	184	62	246	2
Kangbori	63.3	25.3	199	62	261	1
Wild oat	21.3	14.5	60	42	102	1
Orchard grass	-	7.3	20	14	34	1
Tall fescue	-	12	46	23	69	1
Timothy	-	7.0	27	20	47	7
Hairy vetch	34.8	4.0	112	28	140	1
Red clover	34.0	6.2	17	11	28	1
White clover	-	4.4	11	6	17	1
Alfalfa	-	2.0	5	3	8	1

\* Withered rate of caulis observed by naked eyes(0~10)

Table 4. Growth characteristics of rye with different sowing stage in 2000.

Element	Sowing Stage(Mon. Day)			
	Aug. 30.	Sep. 11.	Sep. 27.	Oct. 8.
Plant height(cm)	14.5	11.9	14.7	9.6
No. of tiller (plant m <sup>-2</sup> )	476	492	448	407
Fresh weight(g m <sup>-2</sup> )	1,002	811	871	641

산의 절대함량은 우리나라 밭토양 평균치보다 매우 낮은 수준이었다<sup>7)</sup>.

고랭지에서 주로 재배되는 작물이 채소류인 점을 고려하면 채소류는 대부분 뿌리가 표토 부근에 분포하는 천근성 작물로 토양의 물리성이 매우 중요한 역할을 한다. 피복작물 재배로 신선한 유기물이 토양에 공급되면 토양유기물이 증가하여 고상의 비율이 낮아지게 되고 액상과 기상이 차지하는 비율이 높아진다. 공극율이 높아지면 토양의 용적밀도가 낮아지고 통기성이 증가하여 근권 토양의 물리성이 개선되는 효과가 있다<sup>5,6)</sup>. 본 시험의 조사 결과, 토양의 공극율은 동계 호밀재배구에서 46.5% 나지 대조구 42.8%이었으며, 토양의 3상중에서 기상과 액상의 비율이 증가하고 용적밀도는 낮아지는 경향을 보였다. 이는 호밀의 뿌리가 토양의 물리성을 좋게

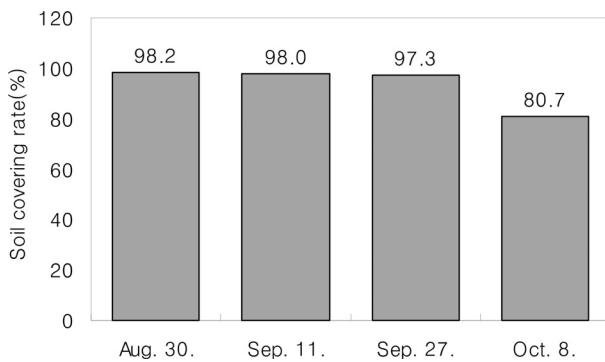
한 것에 기인한 것으로 생각되며 장기적인 호밀의 재배는 토양의 물리성 개선효과가 높을 것으로 보인다.

**나. 동계 호밀피복이 고랭지 작물의 수량과 병해발생에 미치는 영향**

우리나라 평야지는 한여름에 25℃ 이상으로 올라가는 날이 많아 저온성 채소의 재배가 어려운 반면에 표고 600 m 이상인 고랭지 지역에서는 평지에 비해 낮은 온도를 이용해 한여름 채소 작물의 재배가 가능하다. 이러한 작물 중 가장 많이 재배되고 있는 작물은 감자와 배추로 감자채종지는 대부분 매년 감자와 배추를 윤작재배하고 있으며, 고랭지채소 주산단지에서는 배추, 무 등이 단작의 형태로 연작되고 있다<sup>7)</sup>.

고랭지 경사밭에서 작물의 종류와 작부체계를 달리하여 동계 호밀피복이 수량 및 병해방지에 미친 영향을 살펴보면 Table 7, 8과 같다. 재배작물의 종류에 관계없이 겨울철 호밀피복 처리구가 나지구에 비하여 작물수량도 많고 병해 발생률도 적었으나 윤작과 연작의 작부체계에서는 작물간 차이가 미미하였다.

작물별 작부체계와 작물생산량을 살펴보면, 감자 재배구에서는 동계 호밀피복 윤작 31.2 Mg ha<sup>-1</sup> > 나지 윤작 29.7 Mg ha<sup>-1</sup>·동계 호밀피복 연작 29.2 Mg ha<sup>-1</sup> > 나지 연작 28.4 Mg ha<sup>-1</sup>의 순으로 윤작의 효과가 있었으나, 배추 재배구에서는 동계 호밀피복 연작 59.8 Mg ha<sup>-1</sup> > 나지 연작 59.3 Mg ha<sup>-1</sup>·동계 호밀피복 윤작 59.3 Mg ha<sup>-1</sup> > 나지 윤작 59.2 Mg ha<sup>-1</sup>의 순으로 동계 호밀피복보다 연작에 의한 증수효과가 우세하게 나타났다. 이는 환경이 좋은 곳에서 재



**Fig. 1. Soil covering rate of rye with different sowing stage in 2000.**

**Table 5. Physical properties of soils after rye harvest in winter**

Treatment	Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	Three phases of soil			Porosity (%)
		Solid	Liquid	Air	
Rye cultivation	1.4	53.5	16.6	30.4	46.5
Control	1.6	57.1	15.9	27.0	42.8

**Table 6. Chemical properties of soils after rye harvest in winter**

Treatment	pH (H <sub>2</sub> O, 1:1)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	O.M. (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. cations (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		
					K	Ca	Mg
Rye cultivation	5.4	0.27	29	124	0.60	2.74	0.49
Control	5.5	0.35	20	128	0.67	3.04	0.58

**Table 7. Yield of potato and Chinese cabbage after rye cultivation by cropping system**

Cropping system		Yield (Mg ha <sup>-1</sup> )	
		Potato	Chinese cabbage
Rye cultivation	Monoculture	29.2	59.7
	Crop rotation	31.2	59.2
Control	Monoculture	28.4	59.3
	Crop rotation	29.7	59.2

Table 8. Disease incidence of potato and Chinese cabbage with different cropping system

Cropping system		Potato(%)		Chinese cabbage(%)	
		Powdery scab	Bacterial soft rot	Brittle root rot	Bacterial soft rot
Cultivation of rye	Monoculture	8.6	4.6	3.2	3.8
	Crop rotation	4.6	3.1	2.2	4.2
Control	Monoculture	16.5	7.6	4.6	9.2
	Crop rotation	10.1	5.3	2.6	7.2

배하면 뿌리의 상태가 건전하여 세균 및 사상균 등의 토양병원균이 작물체에 쉽게 침입하지 못하기 때문이다<sup>10,17</sup>.

작물별 작부체계에 의한 병해 발생을 감소효과를 살펴보면, 감자의 가루더듬이병과 무름병의 발생율이 나지 연작 > 나지 윤작 > 동계 호밀피복 연작 > 동계 호밀피복 윤작의 순으로 윤작의 효과가 뚜렷하였다. 배추의 뿌리마름병과 무름병의 발생을 감소효과는 작부방식간의 차이보다는 겨울철 호밀피복의 효과가 높게 나타나 배추의 수량성과는 상이한 결과를 나타냈다. 이처럼 감자-배추의 매년 윤작과 동계 호밀피복 등 경종적 방법의 효과가 적게 나타난 것은 배추의 병해를 경감시키기 위해서는 배추과 이외의 감자, 콩, 양파 등을 최소 3년 이상 윤작하는 작부체계가 필요하다고 하였다<sup>9,11</sup>.

이상에서 동계 호밀피복과 윤작에 의한 작물 생산량 증가와 병해 발생을 감소 효과는 배추보다 감자재배에서 높게 나타나 감자채종지에서 실시하고 있는 배추-감자의 매년 윤작은 반드시 필요하고, 이와 함께 동계 호밀피복에 의한 토양관리 방법은 토양유실 방지효과와 더불어 감자의 병해 발생을 감소시키므로 우량 씨감자 생산을 위한 새로운 농업기술로 적용되어야 할 것으로 생각된다. 또한 호밀은 저온에서도 생장을 하므로 경사밭에서 이른 봄부터 고랭지에 녹색경관을 제공할 뿐만 아니라 호밀의 동계재배에 따른 토양피복 및 녹비의 이용은 현저한 수량 증수 및 작물의 병해방제 효과로 농약의 사용량을 감소시켜 청정농산물 생산과 친환경농업에 기여할 것으로 판단된다.

## 적 요

고랭지 밭토양의 동계 피복작물재배에 따른 밭토양의 지력증진과 증수효과를 분석하기 위하여 고랭지의 주요 재배작물인 감자와 배추를 대상으로 고랭지 농업지대에 적합한 동계 피복작물을 선발하고, 피복작물재배가 토양의 물리·화학적 특성 변화에 미치는 영향, 고랭지 작물의 생산성 및 병해 발생 정도를 작부체계와 연계하여 비교 검토하였다. 고랭지에서 월동성이 가장 우수한 피복작물은 17개 시험초종 중 호밀이었으며, 호밀의 적정 파종기는 8월 하순부터 9월 하순으로 10월 상순 서리가 내리기 이전까지는 파종하여야 할 것으로 판단되며, 토양의 물리·화학적은 윤작과 동계 호밀재배로 토양 공극 및 유기물 함량이 증가하는 경향으로 윤작보다 동계호밀재배에 의한 토양 물리성 개선 및 토양 화학성분의 함

량증가가 현저하였다. 고랭지 감자와 배추에 대하여 매년 윤작으로 작부체계를 검토한 결과 동계호밀재배는 나지에 비하여 작부체계와 관계없이 수량은 6~8% 증가하였다. 동계 호밀재배에 의한 토양관리 방법은 토양유실 방지효과와 더불어 감자의 수확량 증대, 감자의 병해 발생을 감소시키므로 우량 씨감자 생산을 위한 새로운 농업기술로 적용되어야 할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. Cho, B. O. (1999) Characterization of soil fertility and management practices of alpine soils under vegetable cultivations, Ph.D. Thesis, Kangwon National University, Chuncheon, Korea.
2. Ghidry, F. and Alberts E. E. (1998) Runoff and soil losses as affected by corn and soybean tillage corn, *Agron. J.* 76, 51-55.
3. Heo, H. Y., Park, K. G., Hwang, J. J., Song, H. S., Nam, J. H., Park, H. H., Ha, Y. W., Lim, Y. C., Ju, J. I., and Park, M. W. (1998) Early Heading and High Forage Yielding New Rye Variety "Olhomil". Research Report, 40, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
4. Holdembaum, J. F., Deck, A. M., Meisinger, J. J., Mulford, F. R., and Vough, L.R. (1990) Fall-seeded legume cover crops for no-tillage corn in the humid East, *Agron. J.* 82, 117-124.
5. Hur, B. K., Kim, I. H., Cho, K. J., Jung, Y. T., and Kim, M. S. (1986) Effects of organic matter resources on the soil improvement and crop growth. Research Report, 28, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
6. Hur, B. K., Kim, M. S., Jo, I. S., and Um, K. T. (1989) The soil improvement and plant growth on the newly-reclaimed sloped land, II. Effects of soil improvement on the changes of soil physical properties and silage corn growth, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 22 (2), 86-92.
7. Jo, I. S., Hur, B. K., Ryu, K. S., Um, K. T., and

- Cho, S. J. (1987) Effects of soil conditioner treatments on the changes of soil physical properties and soybean yields, Korean J. Soil Sci. Fert. 20 (1), 29-34.
8. Jung, Y. S., Yang, J. E., Park, C. S., Kwon, Y. K., and Joo, Y. K. (1998) Changes of stream water quality and loads of N and P from the agricultural watershed of the Yulmoonchon tributary of the Buk-Han river basin, J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 31, 170-176.
9. Kim, J. S., Kwon, M., Lee, Y. K., Yoon, Y. N., and Cheon, J. W. (2005) Effect of Crop Rotation on Control of Clubroot(*Plasmodiophora Brassicae*) of Chinese Cabbage in highland. Research Report, National Institute of Highland Agriculture, Pyeongchang, Korea.
10. Koki, T. and Makoto, K. (1988) Soil sickness caused by continuous cropping and soil environmental, Agri. & Hort. 73, 151-157.
11. Lee, C. S. and Ryu, L. S. (1977) Effectiveness of soil amendments on a newly reclaimed hillside land under different cropping system. Research Report, 19, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
12. Lee, N. J., Oh, S. J., and Jung, P. K. (1985) Soil loss and water runoff in a watershed in Yeosu, J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 31, 211-215.
13. Matsuda, A. (1981) Crop rotation and organic amendment for Biological control of soil-borne diseases, Plant protection 35, 108-114.
14. National Institute of Agricultural Science and Technology. (2000) Methods of soil and crop plant analysis. Suwon, Korea.
15. Rural Development Administration. (1995) Standard methods for agricultural experiments. Suwon, Korea.
16. Sarantonio, M. and Scott, T. W. (1988) Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop, Soil Sci. Soc. Am. J. 85, 134-140.
17. Yasusaburo, N. (1983) The counterplan of soil sickness caused by continuous cropping, J. Sci. Soil Manure, Japan 54, 170-179.
18. Youn, K. B., Hwang, J. J., Sung, B. R., Lee, J. H., Hur, H. S., Kim, J. G., Kim, B. Y., Ahn, W. S., Kim, Y. S., and Cho, C. H. (1986) A Good quality, lodging resistant and high yielding triticale variety "Sinkihomil" as soiling crop. Research Report, 28, Rural Development Administration, Suwon, Korea.