

## 대관령 지역의 농업환경 모니터링

박경훈 · 윤혜정 · 류경열 · 윤종철 · 이정주 · 황현아 · 김기덕<sup>1</sup> · 진용익<sup>1\*</sup>

국립농업과학원 유해생물과, <sup>1</sup>국립식량과학원 고령지농업연구센터

## The Monitoring of Agricultural Environment in Daegwallyeong Area

Kyeong-Hun Park, Hye-Jeong Yun, Kyoung-Yul Ryu, Jeong-Chul Yun, Jeong-Ju Lee,  
Hyun-ah Hwang, Ki-Deog Kim<sup>1</sup>, and Yong-Ik Jin<sup>1\*</sup>

Microbial Safety Division, NAAS-RDA, Suwon, 441-707, Korea

<sup>1</sup>National Agriculture Research Center, NICS-RDA, Pyeongchang, 232-955, Korea

In order to provide the basic information on the agricultural environment in Daegwallyeong Highland, the characters of weather, water, and soil quality were investigated. The meteorological characteristics was monitored by automatic weather system (AWS) at 17 sites. The quality of water for samples were collected monthly at 24 sites depending on landuse style. Soil samples were collected from a forest, grassland, and the major vegetable cultivation areas such as potato, carrot, Chinese cabbage, onion, head lettuce, and welsh onion field. The weather showed the mountain climate, and the average yearly temperature is 6.4°C, the average temperature in January is -7.6°C and the average temperature in July is 19.1°C, and the change of temperature on the districts of Daegwallyeong is severe. The yearly record of precipitation shows 1717.2 mm. The water quality of crop field was worse than forest or grassland in Daegwallyeong highland. In 2005, annual T-N, T-P, SS distribution of Chinese cabbage field showed 7.4~11.3, 0.061~0.1, and 3.0~53.0 mg L<sup>-1</sup>. The potato field showed 3.1~7.2, 0.019~0.056 and 0.5~3.0 mg L<sup>-1</sup>, respectively. Being compared of water quality between potato field and chinese cabbage field, it showed that the water quality of Chinese cabbage field was worse than potato field. On farming, the soil of crop cultivation showed pH 5.6 to 6.8, 18.0~42.4 g kg<sup>-1</sup> of OM, 316~658 mg kg<sup>-1</sup> of Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. The content of cations showed 0.41~0.88 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> of Exch. K, 3.73~7.07 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> of Exch. Ca and 1.17~1.90 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> of Exch. Mg.

**Key words:** Highland agriculture, Water quality, Meteorological characteristics, Nutrient loss

## 서 언

대관령 지역은 지형이 복잡하고 기상조건이 특이하여 일찍부터 '고령지농업'이라는 특수한 농업으로 발전하여 왔다. 과거에 고령지에는 메밀, 귀리, 옥수수 등 식량작물을 재배하였고, 1950년대 말부터 1960년 초에는 씨감자 생산 및 단경기 채소를 재배하면서 지금의 고령지농업으로서의 형태를 점차 갖추기 시작하여 지금은 씨감자, 무, 배추 외에 화훼, 양채류, 산채류 등 다양한 농업형태를 보이고 있다 (NAAES, 2002a).

최근 30여 년간 이 지역에 있었던 토지이용 변화, 그 중에서도 특히 고령지 농업의 확대에 따른 환경 변화로 주목할 만한 것은 농경지의 관리 소홀로 인한 토양유실의 증가

이며, 이로 인하여 양분유실과 송천의 수질오염이 심화되었다는 점이다 (Hur et al., 2001; NAAES, 2001; Park, 2002). 특히, 대관령 고령지 농업지역은 대부분 경사지로 되어 있어 여름철 집중강우와 겨울철 용설에 의한 토양과 양분유실이 심각하여 토양이 악화되었으며, 뿐만 아니라 고령지 농업의 경우 일 년 중에 여름철 경작기간을 제외하고 나지상태로 오랜 기간 방치되고 객토 및 가축분뇨로 인한 토양의 교란 혹은 유출부하가 증가하였다 (Shin, 2004). 감자, 배추 등에서는 연작장해 및 생리장해 발생이 점차 증가하고 있는 것으로 확인되었으며 (NIHA, 2004), 게다가, 미부숙 가축분 퇴비와 화학비료의 다량사용 및 빈번한 안개와 강우로 인하여 각종 병충해가 다발하여 많은 양의 농약이 투입되고 있다 (Shin and Kim, 2004).

이처럼 대관령 농업지역은 고령지 특유의 농업환경 특성을 가지고 있지만, 지금까지 감자, 배추 등 작물 재배 및 시비법 개발 등에 관한 생산성 연구 (Lee et al., 2002)에만 치중해 왔을 뿐, 환경특수성을 고려한 종합적인 대관령 고령

접수 : 2011. 11. 12 수리 : 2011. 12. 1

\*연락처 : Phone: +82333301830

E-mail: pyoddae@korea.kr

지 농업환경 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 대관령 고랭지 농업지역의 기상, 수질 및 토양 특성을 모니터링 하여 고랭지 농업지역의 농업환경을 파악하고 친환경적인 고랭지 농업기술 개발을 위한 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

**조사지 개황** 대관령 지역은 행정구역상으로는 강원도 평창군에 속하며, 태백산맥을 중심으로 동쪽에는 가파른 경사면을 이루고, 서쪽에는 완만한 경사를 이루고 있는 지역으로 황병산 (1,407 m)과 능경봉 (1,123 m)에 자리잡고 있으며 하나의 골짜기 지형을 이루고 있다. 이 지역은 우리나라 씨감자 생산과 배추, 무 등 고랭지 채소 작물을 재배하는 고랭지 농업지역으로 알려져 있다. 이 지역은 한강의 최상류 발원지로 동경 128° 37'~128° 47', 북위 38° 35'~38° 47'에 있으며 평창군 도암면 황계리 소황병산에서 발원하여 남한강 상류로 유입되는 송천 수계를 중심으로 자리 잡고 있는 대관령 고랭지 농업지역을 조사지역으로 하였으며, 농업환경 특성을 조사하기 위하여 초지, 산림, 배추재배지, 감자재배지 등을 조사지로 선정하였다.

**기상 관측** 고랭지 지역의 기상 특성을 분석하기 위하여 자동기상관측장치인 AWS CR10X (Campbell, USA) 모델을 이용하여 17지점에서 실시간으로 기온, 강수량, 상대습도를 측정하였고, 이 자료를 바탕으로 대관령 지역과 강원도 지역의 기상특성을 기상청 기상자료 ('72~'05)와 비교하여 분석하였다.

**수질 분석** 수질 분석은 평창군 도암면에 위치한 송천 수계를 중심으로 24지점에서 배추재배지, 감자재배지, 초지 등 토지이용형태별로 2004년부터 2005년까지 2년 동안 실시하였다. 시료는 강우의 영향을 피하여 월1회 씩 맑은 날

을 대상으로 폴리에틸렌 용기 (2 L)를 이용하여 채수하였다. 수온, 산도, 전기전도도, 용존산소량은 수질측정기 (YSI-556MPS)를 이용하여 현장에서 측정하였으며 총질소 (T-N), 전인 (T-P), 암모니아성질소 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), 질산성질소 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), 토사침전 (sediment settling, SS)는 시료를 채집하여 실험실로 운반한 뒤 표준 공정법 (APHA, 1998)에 준하여 분석하였다.

**토양 분석** 송천 유역의 하천 근처에 있는 산림, 초지와, 배추, 감자, 당근 등의 작물재배지에서 2005년 8월과 11월에 필지당 10개 지점에서 근권 토양의 깊이 (표토 30 cm)에서 시료를 채취하여 혼합한 다음 하나의 복합시료를 하여 분석을 실시하였다. 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 준하여 pH는 풍건토양과 증류수를 1:5의 비율로, EC는 1:10의 무게비율로 하여 초자전극법, 유기물함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온 K, Ca, Mg는 ICP (Inductively Coupled Plasma, OPTIMA2100DV, USA)를 사용하여 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 기상

**기온** 대관령 지역의 최근 30년 간의 월평균 기온분포는 연평균 기온은 6.4°C이었으며, 연평균 일 최고기온은 32.7°C, 일 최저기온은 -28.9°C였다. 평년 ('72~'05) 동안 기록된 기온의 일평균 최고기온은 25.6°C, 일평균 최저기온은 21.9°C였다 (Table 1).

통계기간 ('72~'05)동안 기록된 월평균 기온의 분포를 보면, 7월이 최난월로 평년 ('72~'00) 7월 평균 기온이 19.1°C로 2000년 이후에 기록된 7월 평균 기온 중 2003년 17°C를 제외하고는 모두 19.1°C보다 높았다. 또한, 대부분의 지역에서 최난월은 8월이고 8월 평균기온이 22°C 이상인 반면 대관령지역에서 8월 평균 기온이 7월 보다 낮은 이유는 7월보다 8월에 강수량이 많고, 일조시간이 적었기 때문으로 판단

Table 1. Overall situation of atmospheric elements during '72~'05.

Year	Temperature			Relative humidity	Precipitation	Wind speed	Amount of cloud	Sunshine
	Mean	Max	Min					
	----- °C -----			%	mm	$\text{m s}^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	hr
2001	7.5	12.8	2.8	74.1	1551.7	4.7	5.5	2190.0
2002	7.5	12.7	2.9	73.9	2697.6	4.6	5.2	2145.1
2003	6.8	11.8	2.3	79.8	2685.4	3.9	5.7	1814.0
2004	7.8	13.3	3.0	72.2	1815.5	4.3	4.9	2278.1
2005	6.6	11.9	1.9	73.2	1881.1	4.5	4.8	2267.5
Average ('72-'00)	6.4	11.4	1.7	74.6	1717.2	3.9	5.3	2327.5

된다. 월평균 기온 중 최한월은 1월로 평년 ('72~'00) 1월 평균 기온이 -7.6°C였으며, 2002년 -5.1°C를 제외하고는 큰 차이가 없었다 (Table 2).

대관령 지역은 월별 평균기온이 20°C를 넘지 않는 서늘한 기후와 산악 특성을 가지고 있으며, 2005년 평균 기온은 6.6°C, 강수량은 1881 mm로 확인되었다. 대관령 고랭지 지역은 위치상으로는 강원도 영동지역에 포함되지만, 강릉, 동해, 삼척 등 해안지역의 연중기온 변화 양상과는 다른 특이한 고랭지 기후 특성을 보이고 있으며, 여름철 월평균 기온이 20°C를 넘지 않는 서늘한 기후를 보이고 있지만, 11월에서 2월의 월평균 기온은 영하 아래로 유지되는 연중 기온 변화율이 심한 특성을 보이고 있다. 2005년 평균온도는 '73~'04년 평균대비 0.1°C 상승하였고 원주와 4.9°C 차이가 있었고, 강릉과는 6.3°C 차이가 났다. 표고별 기상특성을 보면 표고가 높아짐에 따라서 평균기온이 점차 낮아지는 경향

을 볼 수 있었는데, 0~300 m 사이의 평균기온은 12.2°C로 300~600 사이의 평균기온 8.3°C 보다 3.9°C 낮았으며, 표고가 800 m 이상의 지역과는 5.9°C 의 차이를 보였다 (Table 3).

**상대습도** 최근 30년 ('72~'00)의 연평균 상대습도는 74.6%로 태풍 매미에 의해 피해를 입었던 '03년 79.8%를 제외하고는 연도별로 큰 차이는 없었다. 평년 연평균 상대습도가 74.6% 반면에 7월~9월 사이에는 월평균 습도가 84.4% 이상으로 평균값 보다 10% 이상 높게 관찰되었다 (Table 4). 이것은 대관령 지역이 여름철에 고온다습한 북태평양의 고기압 영향을 받아 여름철에 습도가 높고 이 기간에 대부분이 강수량이 집중되기 때문으로 판단된다. 계절적으로는 여름철 평균 습도가 84%로 높고, 가을철이 77%, 겨울철이 69%, 봄철이 67% 순이었다. 특히, 우리나라의 다른 지역과는 다르게 9월 평균 습도가 84.4%로 높은 것으로 나타났는데, 이

**Table 2. Monthly mean of temperature during the period.**

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
----- °C -----													
2001	-8.9	-5	-0.2	7.7	13.4	16.7	22.1	20.4	15.2	11.2	2.4	-4.9	7.5
2002	-5.1	-2.2	3.3	9.6	12.4	16.2	19.6	18.8	14.2	7.6	-0.7	-3.8	7.5
2003	-8	-3.6	-0.5	7.2	12.4	15.7	17	18.7	14.9	7.6	4.3	-4	6.8
2004	-6.9	-2.9	1	8.3	13.3	17	20.5	18.8	15	8.2	3.9	-2.5	7.8
2005	-7.5	-7.4	-1.4	8.4	11.4	17.9	20.1	19.9	14.9	8.4	2.9	-9	6.6
Average ('72-'00)	-7.6	-6.0	-0.8	6.6	11.8	15.6	19.1	19.0	13.9	8.2	1.6	-4.6	6.4

**Table 3. Climate properties of Gangwon province.**

Region	Year	Temperature	Precipitation	Sunshine	Mean velocity
		°C	mm	hr	m sec <sup>-1</sup>
Gangneung	average ('73-'04)	12.8	1412	2123.3	2.6
	'05	12.9	1653	2295.9	3.0
Wonju	average ('73-'04)	10.9	1299	2377.5	1.1
	'05	11.5	1571	2036.5	1.3
Daegwallyeong	average ('73-'04)	6.5	1774	2285.4	3.9
	'05	6.6	1881	2267.5	4.5

**Table 4. Monthly mean of relative humidity during the period.**

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
----- % -----													
2001	71.2	73.4	63.5	59.0	70.0	85.0	83.9	90.1	86.0	81.8	66.2	58.9	74.1
2002	75.9	61.4	59.6	56.2	73.3	78.3	87.4	89.6	89.1	74.2	62.6	79.2	73.9
2003	73.2	80.7	80.0	73.1	77.5	83.3	94.7	91.6	91.2	71.4	76.3	65.1	79.8
2004	63.8	59.7	52.8	53.6	71.7	76.5	87.7	90.9	89.8	78.3	74.2	67.5	72.2
2005	63.1	66.3	67.9	57.7	70.7	81.8	90.0	87.9	90.9	80.2	64.1	57.9	73.2
Average ('72-'00)	68.9	69.0	70.5	64.4	67.7	79.4	85.8	87.0	84.4	76.3	72.2	69.7	74.6

**Table 5. Monthly mean of precipitation during the period.**

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
----- mm -----													
2001	125.2	117.8	48.0	43.5	33.6	184.1	204.5	109.5	353.1	264.8	32.3	35.3	1551.7
2002	86.0	3.3	40.3	105.5	204.5	138.8	366.5	1236.4	159.7	210.6	9.2	136.8	2697.6
2003	52.1	103.9	102.9	232.7	202.6	197.2	364.4	373.1	745.0	96.6	205.2	9.7	2685.4
2004	8.4	37.7	12.7	109.8	82.6	281.7	480.0	544.4	214.8	5.0	25.3	13.1	1815.5
2005	50.2	107.4	128.9	53.0	41.3	235.5	273.5	311.3	537.2	124.0	16.0	2.8	1881.1
Average ( <sup>'72-'00</sup> )	59.8	50.1	73.3	96.5	114.2	182.1	291.8	375.1	243.7	111.2	81.5	37.8	1717.2

**Table 6. Incidence day of Fog, Snow, Frost, and Ice in Daegwallyeong highland.**

Year	Fog	Snow	Frost	Ice
----- day -----				
2005	125	46	53	159
AVR ( <sup>'72-'00</sup> )	133	59	78	166

것은 9월초에서 9월말 사이에 나타나는 가을장마와 잦은 안개 때문으로 생각된다.

**강수량** 조사지역에서 평년 (<sup>'72-'00</sup>)간 연강수량은 1717.2 mm였으나 '02년의 경우에는 태풍 루사에 의해 2697.6 mm와 '03년의 경우에는 태풍 매미에 의해 2685.4 mm의 높은 강수량을 보였으며 '04년의 경우 8월 강수량이 544.4 mm로 높았고 05년의 경우에는 9월에 537.2 mm로 평년 강수량보다 100 mm 이상 높았다. 월평균 강수량의 최대값은 8월의 375.1 mm였고, 최소값은 12월의 37.8 mm였다. 최대 강수량이 나타나는 8월은 연 강수량의 약 22%를 차지하였고, 대부분의 고랭지 채소 작물의 생육시기인 6월과 9월사이의 강수량은 1092.7 mm의 강수량을 보여 전체 강수량의 63.6%를 차지하고 있는데 이것은 북태평양의 영향과 여름철에 집중되는 장마에 의한 영향으로 볼 수 있다 (Table 5). 2005년 대관령 지역의 강수량은 평년대비 107 mm의 차이를 보였고, 강릉과는 228 mm, 원주와는 310 mm의 강수량의 차이를 보였다. 하지만, 연평균 1800 mm가 넘는 강수량을 보임에도 불구하고 대관령 고랭지 지역은 1월~4월까지 월 평균 강수량이 100 mm가 넘지 않았고 2002년과 2004년에는 1월에서 3월까지 최근 몇 년간 극심한 봄 가뭄현상을 보여 작물의 파종 등 농업활동에 있어 많은 문제점을 야기하고 있다. 또한, 연강수량의 50%가 넘는 양이 6월에서 8월까지 집중하여 내리므로, 경사지에 위치하고 있는 고랭지 밭으로부터 토양유실과 양분유실이 심각하게 일어나고 있다.

**현상일수** 대관령 지역에서 나타나는 현상일수 중 안개 현상일수는 평년과 비슷한 125일이었으나, 눈, 서리, 얼음

현상일수는 평년보다 각각 14일, 33일, 10일 정도 적었다 (Table 6). 작물 재배기인 5월에서 10월 사이에 안개가 많이 형성되는데 이것은 늦봄부터 가을 중순 까지 습기가 많은 동풍계열의 약한 바람이 태백산맥을 넘어오면서 짙은 안개를 만들어 내기 때문이라고 생각된다. 대관령 지역에서 보통 서리는 빠르면 9월 중순에 시작하지만, 평균적으로는 10초순부터 내리기 시작하여 4월 말이나 5월 초까지 계속된다.

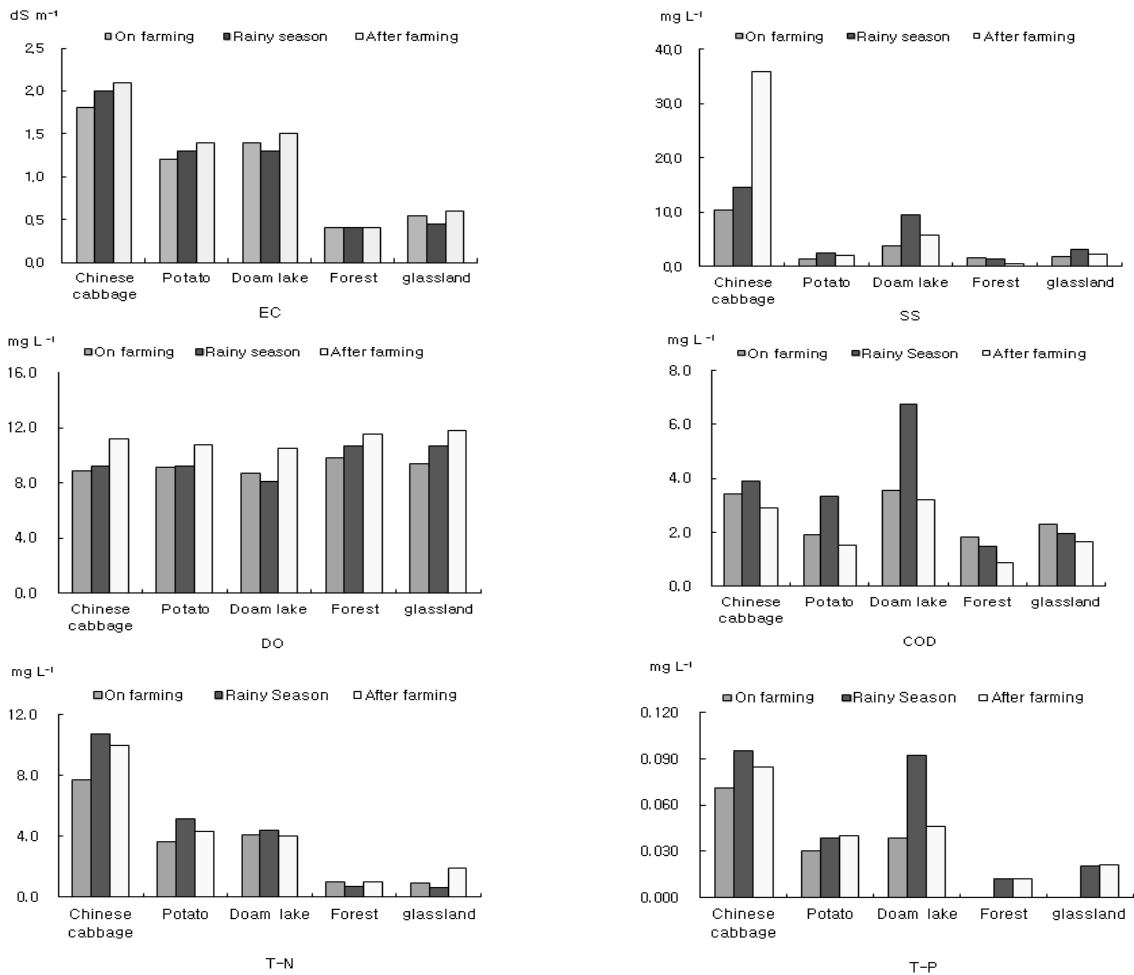
대관령지역에서는 계곡을 따라서 한기가 흐르는 안개를 동반한 냉기후가 형성되어 대관령 정상보다 낮은 지역에서 기온이 더 내려갈 수 있으므로 봄철 농작물 파종시기에 냉해를 입지 않도록 유의해야 하며, 노지에서는 가을철 작물 수확시기에 서리 피해를 입지 않도록 주의해야 할 것으로 생각된다.

**수질특성** 2004년도 토지이용 형태별 수질조사 결과는 Table 7과 같다. 하천의 수온은 계절에 따른 차이가 나타났을 뿐 토지이용 형태에 따른 차이는 없었다. pH는 산림과 초지의 경우는 평균 7.2로 유사하였고, 연중 pH 변화 정도가 약했지만, 배추재배지의 경우 조사기간 내 평균 pH가 7.4였으며 그 변화 범위도 6.8~8.2까지로 감자 재배지의 pH보다 더 높았고 변화정도도 더 컸다. 전기전도도 (EC)의 경우 산림, 초지의 경우 각각 0.39과 0.42 dS m<sup>-1</sup>인 반면에 배추재배지는 1.64, 감자재배지는 1.11로 산림, 초지에 비해 EC 값이 각각 4배, 3배 높았다. DO의 농도는 산림, 초지의 값이 배추재배지와 감자재배지에 비하여 낮았다. 특히, 배추재배지의 경우 평균 8.1 mg L<sup>-1</sup>로 감자재배지에 9.3 mg L<sup>-1</sup>에 비해 1.3정도 낮았다. 또한, 부유물질 (SS)의 경우도 배추재배지의 경우 조사기간 평균 55 mg L<sup>-1</sup>로 감자재배지 8 mg

**Table 7. Water properties with landuse type in Daegwallyeong highland.**

Site		pH	EC	DO	COD	T-N	T-P	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	SS
			dS m <sup>-1</sup>	----- mg L <sup>-1</sup> -----						
Forest	Range	7.1~7.5	0.29~0.5	9.1~10.4	0.7~1.6	0.5~1.0	0.003~0.021	0~0.8	0~1.5	1~5
	Mean	(7.2) <sup>†</sup>	(0.39)	(9.7)	(1.0)	(0.8)	(0.013)	(0.33)	(0.8)	(2)
Glassland	Range	7.0~7.4	0.27~0.51	9.2~10.2	1.2~2.1	0.6~0.9	0.003~0.025	0~1.1	0~1.8	0.3~7
	Mean	(7.2)	(0.42)	(9.6)	(1.4)	(0.8)	(0.017)	(0.48)	(0.7)	(3)
Chinese cabbage	Range	6.8~8.2	1.11~1.97	7.7~8.2	1.3~2.8	4.1~8.1	0.006~0.201	0~1.1	3.0~7.0	14~88
	Mean	(7.4)	(1.64)	(8.1)	(1.9)	(6.6)	(0.122)	(0.56)	(5.5)	(55)
Potato	Range	7.1~7.6	0.63~1.25	9.2~9.6	0.7~2.0	2.2~5.5	0.020~0.069	0~1.2	0.7~6.2	1~19
	Mean	(7.2)	(1.11)	(9.3)	(1.2)	(3.9)	(0.035)	(0.67)	(3.4)	(8)
Doam Lake	Range	7.0~9.6	0.66~1.34	7.0~9.9	1.3~8.3	2.4~7.0	0.044~0.839	0~4.7	0~4.0	7~119
	Mean	(8.2)	(0.95)	(8.3)	(2.9)	(3.6)	(0.217)	(1.26)	(1.7)	(37)

<sup>†</sup> Average concentration of landuse type in 2004.



**Fig. 1. Water properties with cultivation time in Daegwallyeong highland in 2004.**

L<sup>-1</sup> 보다 무려 7배 정도 높았다. 수질이 하천의 유량이나 유속, 폭 등 여러 가지 변수에 의해 영향을 받는다는 것을 감안하더라도, 배추재배지가 감자재배지보다 수질오염도가 심하였다. 이것은 작물의 피복정도에 따라 배추재배지가 토양 유실이 많고 감자재배지보다 유거수의 수질이 나쁘다는 보고 (NAAES, 2002b; NIHA, 2004)와 유사하였다.

조사 시기를 4~6월을 영농기, 7~9월을 장마기, 10~12월을 영농후로 구분하여 조사한 영양염류의 평균농도는 Fig. 1과 같다. 화학적 산소요구량 (COD)의 경우 감자재배지와 배추재배지에서 영농기와 장마기에 농경지의 시비와 같은 영농활동의 영향으로 산림이나 초지보다 비교적 높은 농도를 보였으며, 최종 집수구역인 도암호에서는 시기에 상관없이

Table 8. Water properties with landuse type in Daegwallyeong highland.

Site		pH	EC	DO	COD	T-N	T-P	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	SS
			dS m <sup>-1</sup>	-----			mg L <sup>-1</sup> -----			
Forest	Range	7.0~8.1	0.33~0.39	9.1~14.0	0.7~2.5	0.6~1.1	0~0.015	0~1.0	0~1.1	0.5~2.3
	Mean	(7.6) <sup>†</sup>	(0.35)	(10.6)	(1.4)	(0.9)	(0.008)	(0.2)	(0.4)	(1.2)
Glassland	Range	7.1~8.0	0.40~0.61	8.6~13.7	1.7~2.4	0.5~2.9	0~0.025	0~1.1	0~0.9	1.0~5.6
	Mean	(7.6)	(0.53)	(10.4)	(2.0)	(1.1)	(0.013)	(0.2)	(0.5)	(2.4)
Chinese cabbage	Range	7.5~8.6	1.66~2.39	8.1~12.6	2.2~4.8	7.4~11.3	0.061~0.10	0~1.4	4.1~8.8	3.0~53
	Mean	(7.9)	(1.95)	(9.6)	(3.5)	(9.4)	(0.084)	(0.4)	(6.3)	(18.3)
Potato	Range	7.2~8.2	1.06~1.53	8.3~11.7	1.0~4.2	3.1~7.3	0.019~0.056	0~0.6	2.3~4.2	0.5~3.0
	Mean	(7.8)	(1.29)	(9.6)	(2.3)	(4.4)	(0.036)	(0.1)	(3.0)	(1.9)
Doam Lake	Range	7.2~10.4	0.97~1.61	6.4~10.4	1.4~10.4	3.8~4.8	0.021~0.149	0~0.2	0~2.9	2~22
	Mean	(9.1)	(1.38)	(8.9)	(4.7)	(4.2)	(0.061)	(0.1)	(2.0)	(6.4)

<sup>†</sup>Average concentration of landuse type in 2005.

높은 COD 농도를 보였으며, 특히 장마기에 농도가 높은 이유는 강우에 의한 영양염류의 유입 및 도시생활하수 등의 유입으로 COD 오염 부하가 커졌기 때문으로 판단된다.

총질소 (T-N)과 전인 (T-P)는 모두 장마기가 영농기와 영농후보다 수질이 저하되었고, 배추 재배지가 다른 지역보다 오염도가 더 높았다. 이것은 배추가 감자보다 생육기간이 짧고 노지에 정식하는 시기도 늦지만, 시비하는 비료의 양이 감자보다 배추가 많고, 또한 옷거름으로 질소와 칼리 등을 더 넣어 주기 때문으로 생각된다. 또한, 감자가 배추보다 토양 피복율도 높고 오랜 기간 동안 재배되기 때문에 감자재배지가 배추재배지보다 수질의 오염도가 낮은 것으로 관찰되었다. 이 이유는 대관령지역에서 배추는 보통 6월 하순에 노지에 정식되기 때문에 오랜 기간 동안 나지 상태로 존재해서 산림, 초지나 감자재배지에 비해 강우에 의한 토양이나 양분 유실에 취약한 것으로 생각된다.

2005년 수질 조사 결과, 2004년 수질과 크게 다른 점은 없었다. 하지만, 2004년에 비해 모든 지점에서 부유물질 양이 줄어들었는데, 그 이유는 송천 수계의 확장공사 및 하천 정비공사에 의해서 송천 수계의 하천환경이 2004년 보다 비교적 안정되었기 때문으로 판단된다. 또한 2005년에는 강우가 비교적 여러 날에 걸쳐 내려 부유물질의 양이 줄어 든 것으로 생각된다. 2004년 수질과 마찬가지로 2005년도 수질도 배추재배지 주변의 수질이 감자 재배지의 수질보다 오염도가 높았다 (Table 8). 배추재배지에서 T-N 농도는 평균 9.4 mg L<sup>-1</sup> (7.4~11.3)로 감자재배지의 평균 4.4 mg L<sup>-1</sup> (3.1~7.2)의 2배 정도 높았고, T-P의 경우도 배추재배지에서 평균 0.084 mg L<sup>-1</sup> (0.061~0.101)로 감자재배지 평균 0.036 (0.019~0.056) mg L<sup>-1</sup>의 농도보다 약 2배 정도 더 높았다. 부유물질 경우는 배추재배지가 평균 18.3 mg L<sup>-1</sup> (3.0~53.0)로 감자재배지 평균 1.9 mg L<sup>-1</sup> (0.5~3.0)로 무려 9배 정도 차이나 나는 것으로 조사되었는데 이런 사실은 2004년 수질조사 결과와 유사하였다.

**토양특성** 대관령 고랭지 농업지역의 근권 토양을 채취하여 재배 작물별 토양 특성을 조사한 결과는 1차 (Table 9)와 2차 (Table 10)로 요약하였다. 작물 재배지 토양의 pH 범위는 5.6~6.8로서 재배되는 작물에 따라 약간의 차이가 있었으며 모든 작물이 최근 조사한 우리나라 밭토양의 평균 pH 5.6 (NIAST, 2001)과 노지채소 주산지 토양의 pH 5.5 (Hwang et al., 1997), 고랭지 밭 토양의 평균 pH 5.6 (Cho, 1999) 보다 약간 높은 수준을 보였으나, Sohn et al. (1999)이 보고한 우리나라 양파 재배지토양의 평균 pH 6.1과 유사한 수준을 보였다. 유기물 함량의 범위는 18.0~42.4 g kg<sup>-1</sup>으로 평균 26.5 g kg<sup>-1</sup>이었으며 우리나라 밭 토양의 유기물 함량 평균치 24 g kg<sup>-1</sup> (NIAST, 2003)에 비하여 높게 나타났으며 고랭지 토양 유기물함량 평균치 33 g kg<sup>-1</sup>에 비하여 감자 재배지 토양에서 특히 높게 나타났다. 토양의 유효인산 함량은 316~658 mg kg<sup>-1</sup> 범위로 평균 384 mg kg<sup>-1</sup>이었으며 배추 재배지의 경우는 유효인산 함량이 다른 작물 재배지 평균 보다 2배 정도 많았으나, 고랭지 경사지 토양의 평균 유효인산 함량 1,480 mg kg<sup>-1</sup>보다 낮은 수준이었다. 작물 재배지 토양의 치환성 양이온의 평균 함량은 칼륨, 칼슘, 마그네슘 각각 평균 0.63, 5.7, 1.5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로 Cho (1999)가 보고한 고랭지 경사지 토양의 치환성 양이온 각각 평균 0.77, 4.3, 1.9 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> 보다 칼슘의 경우 조금 높았고, 칼륨과 마그네슘의 경우 조금 낮았다. 조사 시기에 따른 토양 화학성 변화를 비교 분석한 결과 큰 차이는 없었지만 작물 별로 향후 이에 대한 면밀한 조사가 보완되어야 할 거라 생각된다. 고랭지 밭 토양에는 미부숙 가축퇴비 및 복합비료를 다량 시비하고 있어 유기물 및 인산, 칼리, 고토 등의 양분 집적 및 불균형이 나타나고 있으며 여름철에 강우량이 많아 토양 및 영양 물질이 용탈되고 있는 실정이다. 따라서, 양질의 유기물 및 토양 개량제등을 사용하여 토양 물리성 및 지력을 개선하고 작물 재배지별로 토양 검정을 실시하여 고랭지 밭 토양에 적합한 복합비료를 개발 보급하여야 한

**Table 9. Chemical properties of soil of crop fields in investigated site (1st).**

Crop	pH	EC	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation		
					K	Ca	Mg
	(1:5)	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-----
Potato	6.3 ± 0.37 <sup>ab§</sup>	0.71 ± 0.067 <sup>ab</sup>	42.4 ± 24.04 <sup>bc</sup>	454 ± 166.1 <sup>ab</sup>	0.88 ± 0.527 <sup>†</sup>	7.1 ± 2.10 <sup>†</sup>	1.7 ± 0.20 <sup>ab</sup>
Carrot	5.6 ± 0.56 <sup>b</sup>	0.84 ± 0.159 <sup>ab</sup>	18.0 ± 6.90 <sup>c</sup>	549 ± 50.4 <sup>ab</sup>	0.41 ± 0.140	4.4 ± 0.95	1.2 ± 0.25 <sup>bc</sup>
Chinese cabbage	5.6 ± 0.36 <sup>b</sup>	1.13 ± 0.571 <sup>a</sup>	33.0 ± 17.21 <sup>bc</sup>	658 ± 424.3 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.274	6.3 ± 2.48	1.5 ± 0.35 <sup>abc</sup>
Onion	6.0 ± 0.75 <sup>ab</sup>	0.67 ± 0.022 <sup>b</sup>	26.7 ± 9.55 <sup>bc</sup>	450 ± 112.8 <sup>ab</sup>	0.60 ± 0.174	3.7 ± 1.41	1.0 ± 0.15 <sup>c</sup>
Head lettuce	6.8 ± 0.33 <sup>a</sup>	0.82 ± 0.113 <sup>ab</sup>	18.3 ± 4.24 <sup>c</sup>	409 ± 133.9 <sup>ab</sup>	0.73 ± 0.261	5.8 ± 0.77	1.9 ± 0.17 <sup>a</sup>
Welsh onion	6.6 ± 0.22 <sup>a</sup>	0.82 ± 0.063 <sup>ab</sup>	20.8 ± 4.12 <sup>c</sup>	316 ± 96.1 <sup>abc</sup>	0.52 ± 0.206	6.9 ± 2.40	1.6 ± 0.45 <sup>abc</sup>
Forest	5.6 ± 0.40 <sup>b</sup>	0.64 ± 0.24 <sup>b</sup>	69.9 ± 2.12 <sup>a</sup>	38 ± 8.5 <sup>bc</sup>	0.40 ± 0.116	7.2 ± 3.85	1.2 ± 0.25 <sup>bc</sup>
Grassland	6.0 ± 0.96 <sup>ab</sup>	0.57 ± 0.033 <sup>b</sup>	51.2 ± 24.27 <sup>ab</sup>	207 ± 79.2 <sup>c</sup>	0.64 ± 0.329	5.6 ± 3.55	1.2 ± 0.55 <sup>bc</sup>

<sup>†</sup>Not Significant

<sup>‡</sup>Average of Crop cultivation field

<sup>§</sup>Each data represents mean values and standard deviation. The same letter are not significantly different at 5% level in Duncan's multiple range test.

**Table 10. Chemical properties of soil of crop fields in investigated site (2nd).**

Crop	pH	EC	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation		
					K	Ca	Mg
	(1:5)	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-----
Potato	6.3 ± 0.51 <sup>ab§</sup>	0.83 ± 0.264 <sup>ab</sup>	45.4 ± 18.65 <sup>ab</sup>	406 ± 84.2 <sup>a</sup>	1.01 ± 0.623 <sup>†</sup>	5.4 ± 1.33 <sup>ab</sup>	1.3 ± 0.05 <sup>a</sup>
Carrot	6.2 ± 0.66 <sup>abc</sup>	0.47 ± 0.078 <sup>b</sup>	17.6 ± 7.15 <sup>b</sup>	299 ± 124.8 <sup>ab</sup>	0.23 ± 0.055	4.9 ± 0.85 <sup>ab</sup>	1.2 ± 0.25 <sup>ab</sup>
Chinese cabbage	5.9 ± 0.40 <sup>bc</sup>	1.11 ± 0.606 <sup>a</sup>	28.0 ± 7.37 <sup>b</sup>	401 ± 296.8 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.461	5.0 ± 0.90 <sup>ab</sup>	1.2 ± 0.10 <sup>ab</sup>
Onion	6.3 ± 0.92 <sup>abc</sup>	0.55 ± 0.215 <sup>b</sup>	23.3 ± 9.19 <sup>b</sup>	446 ± 247.1 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.461	3.6 ± 1.05 <sup>ab</sup>	0.8 ± 0.32 <sup>ab</sup>
Head lettuce	6.8 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.215 <sup>b</sup>	24.2 ± 11.00 <sup>b</sup>	421 ± 118.2 <sup>a</sup>	0.73 ± 0.388	5.1 ± 0.505 <sup>ab</sup>	1.4 ± 0.20 <sup>a</sup>
Welsh onion	6.2 ± 0.51 <sup>abc</sup>	0.50 ± 0.059 <sup>b</sup>	22.0 ± 5.73 <sup>b</sup>	331 ± 143.2 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.386	4.7 ± 1.92 <sup>ab</sup>	1.0 ± 0.41 <sup>ab</sup>
Forest	5.3 ± 0.41 <sup>c</sup>	0.41 ± 0.032 <sup>b</sup>	72.4 ± 23.17 <sup>a</sup>	14 ± 1.9 <sup>b</sup>	0.27 ± 0.208	3.3 ± 1.27 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.30 <sup>b</sup>
Grassland	6.4 ± 0.30 <sup>ab</sup>	0.41 ± 0.132 <sup>b</sup>	68.0 ± 43.94 <sup>a</sup>	139 ± 64.1 <sup>ab</sup>	0.81 ± 0.65	5.9 ± 1.62 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.51 <sup>ab</sup>

<sup>†</sup>Not Significant

<sup>‡</sup>Average of Crop cultivation field

<sup>§</sup>Each data represents mean values and standard deviation. The same letter are not significantly different at 5% level in Duncan's multiple range test.

다. 완충식생대 설치 및 녹비작물 재배에 의한 토양피복 등 토양보전농법을 실천하여 여름철 집중 강우에 의한 토양유실과 양분유출을 최소화 하고, 하천 수계의 오염을 막는데 노력해야 할 것이다.

## 요 약

대관령 농업지역의 연 평균기온은 6.4°C, 1월 평균 기온은 -7.6°C, 7월 평균 온도는 19.1°C이었으며 강수량은 1717.2 mm, 안개 현상일수는 133일, 서리 현상일수는 59일 이었고,

특히 6월 8월 사이에 100 mm 이상의 집중 강우가 많았으며, 잦은 안개와 일조시간의 부족으로 병해충의 발생 및 작물생육이 불량한 것으로 관찰되었다. 수질모니터링 결과 작물재배시기에 T-N, T-P 등 영양물질의 수질오염도가 높았으며, 7월~8월의 강우에 의한 토양유실로 영양물질의 오염도가 높게 관찰되었다. 배추재배지에서 T-N 농도는 평균 9.4 mg L<sup>-1</sup> (7.4~11.3)로 감자재배지의 평균 4.4 mg L<sup>-1</sup> (3.1~7.2)의 2배 정도 높았고, T-P의 경우도 배추재배지에서 평균 0.084 mg L<sup>-1</sup> (0.061~0.10<sup>1</sup>)로 감자재배지 평균 0.036 (0.019~0.056) mg L<sup>-1</sup>의 농도보다 약 2배 정도 더 높았다. 부유물

질 경우는 배추재배지가 평균  $18.3 \text{ mg L}^{-1}$  (3.0~53.0)로 감자재배지 평균  $1.9 \text{ mg L}^{-1}$  (0.5~3.0)로 무려 9배나 높았다. 이처럼, 배추재배지가 감자 재배지보다 수질 오염도가 높은 것은 대관령 지역에서 배추는 감자보다 생육기간이 짧고 또한 피복율도 작기 때문에 토양유실이나 양분유실이 많았던 것으로 판단된다. 경작중에 고랭지 작물재배지 토양을 분석한 결과, 작물별로 토양화학성의 차이는 작았으며, pH는 5.6~6.8사이, EC는  $0.67 \sim 1.13 \text{ dS m}^{-1}$ , 유기물은  $18.0 \sim 42.4 \text{ g kg}^{-1}$ , 유효인산은  $316 \sim 658 \text{ mg kg}^{-1}$ , 치환성 칼륨은  $0.41 \sim 0.88 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , 치환성 칼슘은  $3.7 \sim 7.1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , 치환성 마그네슘은  $1.2 \sim 1.9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  범위였다.

## 사 사

This study was carried out with the support of Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No.: PJ006356), Rural Development Administration, Republic of Korea.

## 인 용 문 헌

- APHA, AMMA. WEF. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed. APHA. Washington.
- Cho, B.O. 1999. Characterization of soil fertility and management practices of alpine soil under vegetable cultivation. Ph. D. Dept. of Agri. Chem. Graduate School, Kangwon National Univ., Chunchon, Korea. p. 13~34.
- Hur, I.R., Y.G. Sin, G.H. Lee, J.Y. Choi, Y.J. Kim, U.H. Jeong, and M.S. Jeong. 2001. Water environment characteristics and efficient basin management of Song stream. Kor. J. Env. Hith. Soc. 27(2) : 51-59.
- Hwang, K.S. S.J. Lee, Y.H. Kwack, and K.S. Kim. 1997. Soil chemical properties of major vegetable producing open fields. 146-151.
- Lee, C.S. G.J. Lee, J.T. Lee, K.Y. Shin, J.H. Ahn, and H.J. Cho. 2002. Status of fertilizer applications in farmers' field for summer Chinese cabbage in highland. Korean. J. Soil. Sci. Fert. 35:306-313.
- NAAES. 2001. Experimental Research Report. National Alpine Agricultural Experiment Station. Pyengchang. Korea. p. 45-47.
- NAAES. 2002b. Experimental Research Report. National Alpine Agricultural Experiment Station. Pyengchang. Korea. p. 579-582.
- NAAES. 2002a. Highland vegetable cultivation methods. National Alpine Agriculture Experiment Station. Pyeongchang. Korea.
- NIAS. 2000. Methods of soil and crop plant analysis. National Institute of Agriculture Science and Technology, Suwon. Korea.
- NIAS. 2001. Experimental REsearch Report. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon, Korea. p. 211-217.
- NIAS. 2003. Monitoring project on Agri-Environment Quality in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon, Korea.
- NIHA. 2004. Experimental Research Report. National Institute of Highland agriculture. Pyeongchang. Korea. p. 310-328.
- Park, C.S. 2002. Soil management practices to reduce water erosion from the sloped farmland in highland. Ph. D. Graduate School, Kangwon National Univ., Chunchon, Korea.
- Shin, Y.K. 2004. Comparison of water quality between forested and agricultural subcatchments in Daegwallyoung area. The Geographical Journal of Korea. 39:544-561.
- Shin, Y.K. and J.W. Kim. 2004. The effect of land uses on pollutant loads in Daegwallyoung Area. J. Korea. GeoM. Asso. 11:91-104.
- Sohn, B.K. J.S. Cho, J.G. Kang, J.Y. Cho, K.Y. Kim, H.W. Kim, and H.L. Kim. 1999. Physo-chemical properties of soils at red pepper, garlic and onion cultivation areas in Korea. Korean J. Soil. Sci. Fert. 30:146-151.