

## 최근 동계작물의 파종기간 동안 기후변화 특징

심교문<sup>†</sup> · 김용석 · 정명표 · 최인태

국립농업과학원 기후변화생태과

### Characteristics of Climate Change in Sowing Period of Winter Crops

Shim, Kyo Moon<sup>†</sup>, Kim, Yong Seok, Jeong, Myung Pyo and Choi, In Tae

Division of Agro-Climate Change & Ecology, National Academy of Agricultural Science, Wanju, Korea

#### ABSTRACT

This study was conducted to provide the agricultural climatological basic data for the reset of sowing period of the winter crop on the double cropping system with rice. During the past 30 years from 1981 to 2010, mean air temperature has risen by 0.45°C per 10 years (with statistical significance), while precipitation has decreased by 6.74 mm per 10 years and the numbers of days for precipitation has reduced by 0.23 days per 10 years (with no statistical significance) in the sowing period (1<sup>st</sup> Oct. to 5<sup>th</sup> Nov.) of winter crop. It was analyzed that double cropping system of rice and winter crops need to be reset in the way of delaying the sowing time of winter crops, because rising trend of temperature was clear while variability of precipitation was great and the trend was not clear in the sowing period of winter crops. We have also analyzed the meteorological features of the sowing period of winter crops in 2014, and found that mean air temperature in 2014 was higher than that in normal years (similar to recent temperature change feature) while precipitation in 2014 was much more frequent than that in normal years (unlike recent precipitation features). Such tendency in 2014 made the sowing of winter crops difficult because mechanical sowing could not be worked in flooded paddy fields. Heavy rain in October 2014 was also analyzed as a rare phenomenon.

Key Words: Climate Change, Doble Cropping System, Rice, Sowing Period, Winter Crop

### 1. 서 론

지난 약 100년간(1912~2008년) 한반도 6개 관측지점(서울, 인천, 강릉, 대구, 목포, 부산)의 평균기온 상승률은 1.7°C로, 유사기간(1901~2012년) 동안 전 지구의 평균기온 상승률(0.89°C)에 비해 약 2배 높았으며, 1950년대 이후의 기온 상승률은 20세기 전체 기간에 비해 1.5배 이상 증가하였다(NIMR, 2009). 한반도의 연 강수량도 변동성이 매우 크지만, 계절적으로는 여름철 7~8월에, 공간적으로는 태백산맥 주변지역에서 집중호우의 강도 증가에 의해 뚜렷하게 증가하고 있다(NIMR, 2009). 특히, 우리나라는 1980년대 중반부터 기온상승이 두드러져 최근 20년의 기온 상승률은 0.23°C/10년으로 아주 높게 나타나고 있다. 평균기온의 매 10년별 평균값의 변화에서 20

세기 전반기 40년 동안에는 약 0.5°C 상승한 반면, 후반기 40년에는 약 1.0°C 상승하여 20세기 후반에 기온 상승이 2배 이상 빨라졌다.

한반도 기후변화전망 보고서(KMA, 2012)에 따르면, 지난 30년간(1981~2010년) 한반도의 연평균 기온은 1.2°C 상승했고(0.41°C/10년), 모든 계절에서 기온의 증가 경향을 보였으며, 지난 30년간 겨울철 기온은 1.7°C, 가을철 1.5°C, 봄철 0.8°C, 여름철 0.7°C 각각 상승하였다. 한반도의 지난 30년간 강수량의 변화는 연별 변동의 폭이 커서 통계적으로 유의한 추세를 감지할 수는 없었으나, 지난 30년간 78 mm 정도 약하게 증가하였다(25.8 mm/10년).

Chung and Yoon(1999)은 농촌과 도시의 기온 차이는 1982년부터 벌어지기 시작하였으며, 온난화는 특히 겨울철이 현저

<sup>†</sup> Corresponding author : [kmshim@korea.kr](mailto:kmshim@korea.kr)

Received August 18, 2015 / Revised September 2, 2015(1st), September 15, 2015(2nd), / Accepted September 23, 2015

하였다고 보고하였고, 농업부문에서도 1980년대 후반부터 ‘춥지 않은 겨울’ 현상이 나타나, 보리 등 동계작물 재배지역의 북쪽으로 확대 가능성에 대해서 논의되었다. Shim *et al.*(2000)은 1974년부터 1998년까지의 가을보리 재배기간(10~5월) 기상변화를 분석하여 과거 25년 동안 가을보리 재배기간의 평균 기온은 1.02°C 상승하였고, 평균기온의 상승에는 최저기온보다 최고기온의 상승이 더 크게 기여하였다고 보고하였다. 그리고 같은 기간의 강수량은 1991년까지는 감소하다가 1992년 이후부터는 증가하는 경향이라고 보고하였다.

또한, 1987년을 기준으로 “춥지 않은 겨울” 현상을 보인 13년(1987~1999년)의 가을보리 재배기간의 기상을 평년(1961~1990년)의 기상과 비교한 결과, 기온은 높았고(특히 1~2월 기온이 많이 상승), 강수량은 비슷하였으며, 일조시간은 줄어든 것으로 분석하였다(Shim *et al.*, 2000). 그리고 가을보리의 안전재배선의 기준이 되는 월동기간(1~2월)의 기온상승으로 가을보리 안전재배지역의 북상을 전망하였고, 겨울철 온도상승 효과를 고려하여 가을보리 안전재배지대를 다시 구분하여 보고하였다(Shim *et al.*, 2004).

하지만 우리나라 동계작물의 파종기간에 대해서 최근 기후변화 특징을 상세히 분석한 연구 사례는 찾아볼 수가 없다. 특히 2014년 10월 강수량은 평년보다 66.6 mm 많았고, 논보리 주산지의 적정 파종시기인 10월 하순의 강수량은 평년보다 62.9 mm 많아서(평년 대비 505%), 보리 등 동계작물의 가을 파종을 힘들게 하였다. 이에 농촌진흥청에서는 최근 기후변화 특징을 고려한 동계작물의 재배기술 및 파종시기의 재설정 검토가 논의 중에 있으며, 본 연구는 이를 뒷받침할 농업기후학적 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

동계작물의 파종기간 동안 기후변화 특징을 분석하기 위해서 기상청 소속 61개소의 기상대 및 관측소(Fig. 1)에서 1981년부터 2010년까지의 30년 동안 관측한 일단위의 기온(평균, 최고, 최저)과 강수량 자료를 사용하였다. 동계작물의 파종기간은 지역과 작부방식에 따라 다양하지만, 본 연구에서는 파종기간을 10월 1일부터 11월 5일까지로 설정하였고, 이를 5일(반순) 간격으로 총 7개 구간으로 다시 계산(기온은 평균, 강수량과 강수일수는 합계)하여 본 연구의 기본 자료로 활용하였다.

그리고 일단위의 강수량 자료를 이용하여, 7개 구간별 강수일수를 조사하였는데, 강수일수는 0.0 mm 이상과 3.0 mm 이상으로 구분하였다. 일반적으로 일 강수량이 3.0 mm 이상일 경우에는 논에서 농기계를 이용한 동계작물 파종작업이 곤란

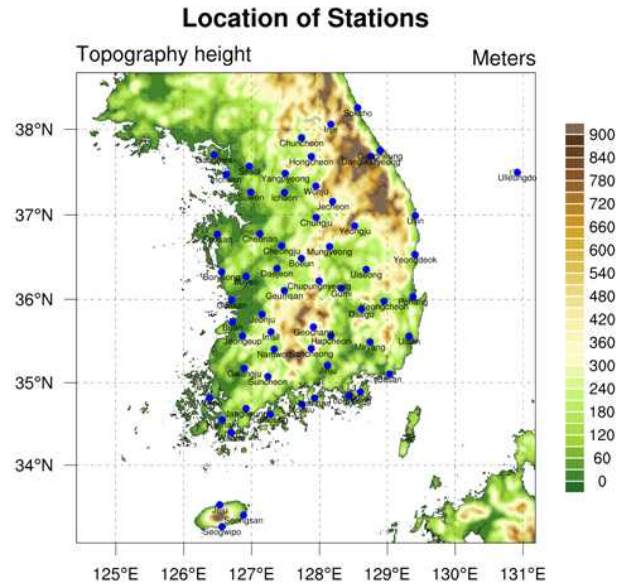


Fig. 1. Location of weather stations used in this study.

한 것으로 알려져 있다.

또한 각 지역의 2014년 10월 강수량에 대한 100년 재현기간의 발생빈도는 과거 30년(1981~2010년) 동안의 10월 강수량의 정규분포를 활용하여 분석하였다.

## 3. 결 과

### 3.1 과거 30년간 동계맥류 파종기간의 기후변화 특징

#### 3.1.1 기온

1981년부터 2010년까지의 과거 30년간의 동계맥류 파종기간(10월 1일~11월 5일)의 기후변화 특징을 반 순별(5일 단위)로 총 7개 구간으로 세분하여 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. 파종기간의 평균, 최고, 최저기온은 각각 13.8, 20.1, 8.6°C로 10년에 0.41~0.51°C씩 상승하는 경향을 나타냈다. 평균기온과 최저기온은 통계적으로 유의한 온도상승 경향이었지만( $p < 0.05$ ), 최고기온의 상승은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 조사되었다. 10월 5반순(10.21~10.25)의 평균기온은 10년에 1.12°C씩 상승하여 분석기간 내에서 평균기온 상승률이 가장 컸으며, 통계적으로 유의성이 높았다( $p < 0.01$ ). 반면에, 10월 3반순(10.11~10.15)의 평균기온은 10년에 0.07°C씩 상승하여 분석기간 내에서 평균기온 상승률이 가장 적은 구간으로 분석되었다. 동계맥류 파종기간의 구간별 최고기온과 최저기온의 온도상승 경향은 평균기온과 유사하였지만, 최저기온의 온도상승 경향이 더 높았다.

Table 1. 5-day interval normals and variation of air temperature during the sowing period of winter crops over the past 30 years (1981 to 2010)

Air temperature	Oct.						Nov.	Mean
	1 <sup>st</sup> 5-day	2 <sup>nd</sup> 5-day	3 <sup>rd</sup> 5-day	4 <sup>th</sup> 5-day	5 <sup>th</sup> 5-day	6 <sup>th</sup> 5-day	1 <sup>st</sup> 5-day	
Mean (°C)	17.0 (+0.42)	15.9 (+0.43)	15.3 (+0.07)	13.9 (+0.50)	12.8 (+1.12 <sup>**</sup> )	11.6 (+0.26)	10.1 (+0.32)	13.8 (+0.45 <sup>*</sup> )
Maximum (°C)	23.1 (+0.26)	22.3 (+0.28)	21.5 (+0.01)	20.2 (+0.96 <sup>*</sup> )	19.3 (+0.94 <sup>*</sup> )	18.2 (+0.04)	16.5 (+0.35)	20.1 (+0.41)
Minimum (°C)	12.2 (+0.57)	10.7 (+0.64)	10.2 (+0.11)	8.8 (+0.30)	7.4 (+1.34 <sup>**</sup> )	6.2 (+0.44)	4.6 (+0.22)	8.6 (+0.51 <sup>*</sup> )

Bracket refers to temperature variation per 10 years.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ .

### 3.1.2 강수량 및 강수일수

과거 30년간 동계작물 파종기간의 강수량 변화는 통계적으로 유의하지는 않지만, 10년에 6.74 mm씩 강수량이 줄어드는 경향을 나타냈다(Table 2). 동계작물의 파종기간을 5일 간격으로 7개 구간으로 구분하여 분석하였을 때, 대부분의 구간에서 강수량이 10년에 1.22~2.40 mm씩 감소하는 경향이었지만, 10월 5반순(10월 21일~10월 25일)에서는 강수량이 증가하는 경향(+4.1 mm/10년)으로 분석되었다.

일 강수량이 0.0 mm 이상인 강수일수는 동계작물의 파종기간에는 10년에 0.23일씩 감소하는 경향이었고, 논에서 농기계를 이용한 동계작물의 파종작업이 곤란한 수준인 일 강수량이 3.0 mm 이상인 강수일수는 10년에 0.25일씩 감소하는 경향을 나타내었다. 다만, 강수량과 마찬가지로, 10월 5반순(10월 21일~10월 25일)에서는 강수일수가 늘어나는 특징을 나타

내었다.

## 3.2 2014년 동계작물 파종기간의 기상경과 특징

### 3.2.1 기온

2014년 동계작물 파종기간(10월 1일~11월 5일)의 기온경과 특징을 평년(1981~2010년)과 비교하여 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. 2014년 동계작물의 파종기간 동안 평균기온과 최저기온은 평년에 비해 0.6°C 높았고, 동 기간의 최고기온은 평년에 비해 0.4°C 높은 것으로 분석되었다. 특히, 2014년 10월 5반순(10.21~10.25)부터 11월 1반순(11.1~11.5)까지의 평균기온은 평년보다 1.2°C 높게 경과하였다.

### 3.2.2 강수량 및 강수일수

Table 2. 5-day interval normals and variation of precipitation and the number of days with precipitation during the sowing period of winter crops over the past 30 years (1981 to 2010)

Precipitation	Oct.						Nov.	Total
	1 <sup>st</sup> 5-day	2 <sup>nd</sup> 5-day	3 <sup>rd</sup> 5-day	4 <sup>th</sup> 5-day	5 <sup>th</sup> 5-day	6 <sup>th</sup> 5-day	1 <sup>st</sup> 5-day	
Amount(mm)	10.1 (-2.40)	9.6 (-2.01)	11.2 (-1.52)	5.8 (-1.22)	7.9 (+4.10)	9.5 (-1.76)	7.7 (-1.92)	61.8 (-6.74)
Number of days over 0.0 mm	1.5 (+0.13)	1.1 (0.00)	1.3 (-0.03)	1.1 (-0.29)	1.2 (+0.20)	1.4 (-0.11)	1.3 (-0.12)	8.9 (-0.23)
Number of days over 3.0 mm	0.6 (0.00)	0.5 (-0.09)	0.5 (-0.02)	0.4 (-0.13)	0.5 (+0.18)	0.6 (-0.12)	0.6 (-0.08)	3.7 (-0.25)

Bracket refers to temperature variation per 10 years.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ .

Table 3. 5-day interval air temperature during the sowing period of winter crops in 2014 compared to normals

Air temperature	Oct.						Nov.	Mean
	1 <sup>st</sup> 5-day	2 <sup>nd</sup> 5-day	3 <sup>rd</sup> 5-day	4 <sup>th</sup> 5-day	5 <sup>th</sup> 5-day	6 <sup>th</sup> 5-day	1 <sup>st</sup> 5-day	
Mean (°C)	17.4 (+0.4)	16.0 (-)	15.6 (+0.1)	13.9 (-)	13.9 (+1.2)	12.7 (+1.2)	11.1 (+1.2)	14.4 (+0.6)
Maximum (°C)	22.6 (-0.5)	23.4 (+1.0)	21.3 (-0.5)	20.9 (+0.7)	19.8 (+0.6)	19.2 (+1.1)	16.8 (+0.4)	20.6 (+0.4)
Minimum (°C)	12.9 (+0.9)	9.7 (-1.1)	10.5 (+0.2)	7.8 (-0.9)	9.5 (+2.3)	7.1 (+1.1)	6.1 (+1.6)	9.1 (+0.6)

The bracket refers to air temperature in 2014 compared to normals.

2014년 동계작물의 파종기간 동안 강수량 및 강수일수의 특징을 평년(1981~2010년)과 비교하여 분석하면 Table 4와 같다. 2014년 동계작물의 파종기간 동안 전국 평균 강수량은 126.1 mm로 평년보다 65.7 mm 더 많았다. 특히, 2014년 10월 3반순(10.11~10.15)부터 10월 6반순(10.26~10.31)까지의 5일 간격의 누적강수량은 동 기간의 평년 강수량보다 7.9~49.0 mm 범위로 더 많았다.

2014년 동계작물의 파종기간 동안 강수일수(강수량이 0.0 mm 이상)는 전국 평균 9.3일로 평년보다 0.3일 많았지만, 강수량이 3.0 mm 이상의 강수일수는 5.0일로 평년보다 1.2일 더 많았다(Table 4). 특히, 벼-맥류 이모작 작부체계상의 맥류 주산지인 차령남부평야지대(군산, 부안, 부여 등)의 2014년 동계작물의 파종기간 동안 강수량은 132.4 mm로 평년보다 74.4 mm 더 많았고, 강수일수(강수량이 0.0 mm 이상)는 10.6일로 평년보다 1.3일 더 많았으며, 강수량이 3.0 mm 이상의 강수일수는 6.0일로 평년보다 1.9일 더 많았던 것으로 분석되었다.

### 3.2.3 2014년 10월 강수량의 재현기간 분석

2014년 10월에 내린 강수량에 대해서 100년 재현기간의 발생빈도를 지역별로 분석하면 Table 5와 같다. 2014년 10월에 내린 강수량은 전국적으로 평균 100년에 5회 발생할 정도의 빈도로 분석되어, 세계기상기구(WMO)에서 설정한 이상기상의 기준(Im *et al.*, 1989; WMO에서는 1회/25년 발생빈도로 규정함)에는 다소 못 미치나, 다수의 지역에서는 2014년 10월 강수량이 1회/100년 발생빈도로 조사되어 이상기상의 기준에 부합하는 많은 강수량을 나타내었다. 특히 동계작물의 주산지인 차령남부평야지대의 군산과 부여지역은 100년에 1~2회 발생할 정도의 이상강수가 나타난 것으로 분석되었다.

## 4. 토의 및 결론

최근 동계작물 파종 이후의 고온현상으로 작물이 웃자라게 되어 월동기와 이른 봄 유수형성기에 저온피해를 받게 되는

Table 4. 5-day interval amount and number of days of precipitation during the sowing period of winter crops in 2014 compared to normals

Precipitation	Oct.						Nov.	Total
	1 <sup>st</sup> 5-day	2 <sup>nd</sup> 5-day	3 <sup>rd</sup> 5-day	4 <sup>th</sup> 5-day	5 <sup>th</sup> 5-day	6 <sup>th</sup> 5-day	1 <sup>st</sup> 5-day	
Amount(mm)	2.4 (-7.5)	0.1 (-9.4)	19.1 (+7.9)	19.1 (+13.6)	56.8 (+49.0)	24.5 (+15.2)	4.1 (-3.2)	126.1 (+65.7)
Number of days over 0.0 mm	1.0 (-0.5)	0.2 (-0.9)	1.3 (-)	1.8 (+0.7)	1.8 (+0.6)	1.5 (-)	1.7 (+0.4)	9.3 (+0.3)
Number of days over 3.0 mm	0.2 (-0.4)	0.0 (-0.5)	0.8 (+0.2)	1.1 (+0.7)	1.7 (+1.2)	0.8 (+0.2)	0.4 (-0.2)	5.0 (+1.2)

The bracket refers to amount and number of days of precipitation in 2014 compared to normals.

Table 5. Occurrence frequency at 100-year return period of precipitation in October 2014 for 61 sites and 20 agricultural climatic zones(ACZ)

ACZ	Site	Frequency (in 100-year)	ACZ	Site	Frequency (in 100-year)
Taebaek alpine	Daegwallyeong	27	Yeongnam inland	Hapcheon	1
	Taebaek	6		Miryang	10
Taebaek semi-alpine	Inje	23	Western central plain	Seoul	50
	Hongcheon	46		Incheon	45
	Jecheon	27		Suwon	28
	Bongwhoa	2		Seosan	14
Sobaek mountainous	Chungju	1	Southern Charyeong plain	Ganghwa	41
	Boeun	1		Cheonan	2
Noryeong Sobaek mountainous	Imsil	5	Boryeong	1	
Yeongnam inland mountainous	Chupungnyeong	2	Southern Charyeong plain	Gunsan	1
	Yeongju	1		Jeonju	10
	Mungyeong	1		Buyeo	2
	Andong	1		Buan	19
Northern central inland	Chuncheon	31	South western coastal	Mokpo	9
	Yangpyeong	35		Wando	4
	Cheorwon	45		Haenam	7
Central inland	Wonju	8	Southern coastal	Goheung	1
	Icheon	11		Busan	3
Western Sobaek inland	Cheongju	3	Southern coastal	Tongyeong	1
	Daejeon	1		Yoesu	2
	Geumsan	1		Geoje	9
Noryeong eastern & western inland	Jeongeup	5	North eastern coastal	Namhae	6
	Namwon	1		Changwon	1
	Geochang	5		Sokcho	27
	Sancheong	6		Gangneung	45
Honam inland	Gwangju	5	Central eastern coastal	Uljin	1
	Suncheon	3		Yeongdeok	1
	Jangheung	10	South eastern coastal	Pohang	3
Daegu	3	Ulsan		12	
Yeongnam basin	Uiseong	2	Jeju	Jeju	44
	Gumi	1		Seongsan	9
	Yeongcheon	1		Seogwipo	34
Yeongnam inland	Jinju	1	Mean		5

경우가 빈번히 발생되고 있다. 또한 2014년 동계작물의 가을 파종기간의 기상특징과 같이 비가 너무 많이 그리고 자주 내려서 논에서 맥류의 기계파종 작업이 곤란하게 되고, 그 결과 맥류의 적정시기 파종과 파종면적의 확보가 어려운 경우도 발생되고 있다. 이와 같은 농업기상 및 재배환경의 변화로 인하여 벼와 이모작 작부체계상에서 보리와 같은 동계작물의 파종시기의 재설정이 논의 중에 있다.

1981년부터 2010년까지 과거 30년간의 기후자료 분석에 의하면, 동계작물의 파종기간 동안 평균기온은 10년에 0.45℃씩 상승한데 반해, 강수량은 10년에 6.74 mm씩 감소하고, 강수일수도 감소한 것으로 분석되었다. 강수량은 변동성이 크고, 변화 경향이 통계적으로 뚜렷하지 않는 반면에, 기온은 상승경향이 뚜렷한 것으로 조사되었으므로 상승된 기온조건을 고려하여 동계작물의 적정 파종시기를 늦추는 방향으로 벼-맥류 이모작 작부체계에서 재배시기의 재조정이 가능할 것으로 평가되었다.

우리나라 벼-맥류 이모작 작부체계 구성의 문제점은 맥류의 생육기간이 벼의 이앙시기 이전에 종료되지 않을 경우인데 (NICS, 2000), 맥류의 가을 파종시기가 늦어지게 되면, 벼의 수확 및 이앙시기를 그만큼 늦출 수 있어서 맥류의 수확시기와 벼의 이앙시기가 겹쳐서 벼-맥류 이모작 작부체계가 불가능했던 중북부 지역까지도 이모작 작부체계가 가능해질 것으로 예측되었다. 그리고 봄철 이상기상에 의해서 맥류의 성숙이 늦어지거나, 맥류 수확기의 작은 강우현상에 의해서 기계수확작업이 지연되는 경우에도 안정적인 벼 이앙시기의 확보가 가능해질 것으로 판단되었다.

2014년의 동계작물 파종기간의 기상경과 특징을 추가로 분석하였는데, 기온의 경우에는 최근의 기후변화 특징과 유사하게 높았으나, 강우량과 강우일수는 최근의 기후변화 특징과 달리 아주 많이 그리고 자주 내려서 벼-작물의 기계수확과 동계작물의 기계파종을 곤란하게 하였다. 2014년 10월에 내린 강우량은 이상기상의 기준에 가까운 드문 현상으로 분석되었다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ00852201)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## REFERENCES

- Chung YS, Yoon MB. 1997. Recent climate change and related factors observed in Korea. *Journal of the Korean Meteorological Society* 35(3):309-318. (in Korean with English abstract)
- Im JN, Park SK, Kim BC, Tani NB. 1989. *Agricultural weather glossary*. Hyangmunsa, Seoul, pp390. (in Korean)
- KMA(Korea Meteorological Administration). 2012. *Climate change outlook report in Korean Peninsula*(GPRN: 11-13-60000000861-01). pp 151. (in Korean)
- NICS(National Institute of Crop Science). 2000. *Barely*(GPRN: 11-1390317-000032-14). pp 505. (in Korean)
- NIMR(Nation Institute of Meteorological Research). 2009. *Understanding climate change II - Korean peninsular climate change: Present and Future* -. (in Korean)
- Shim KM, Lee JT, Yun SH, Hwang KH. 2000. Analysis of meteorological variation during winter barley cropping season in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 2(3):95-102. (in Korean with English abstract)
- Shim KM, Lee JT, Lee YS, Kim GY. 2004. Reclassification of winter barley cultivation zones in Korea based on recent evidences in climate change. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 6(4):218-234. (in Korean with English abstract)