

가을보리 재배기간중의 기상변화

심교문 · 이정택 · 윤성호 · 황규홍

농업과학기술원

(2000년 8월 5일 접수)

Analysis of Meteorological Variation during Winter Barley Cropping Season in Korea

Kyo-Moon Shim, Jeong-Taek Lee, Seong-Ho Yun and Kyu-Hong Hwang

National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

(Manuscript received August 5, 2000)

ABSTRACT

The northward shift of the cultivation region of winter barley has been considered because of consecutive warm winters from the middle of 1980's. There was 1.02°C rise in mean air temperature during winter barley cropping season from 1975 to 1998. During this period, the maximum air temperature affected the mean air temperature rise rather than the minimum air temperature. The amount of mean precipitation was 513.3 mm during winter barley cropping season from 1975 to 1998 and was least in 1992. Sunshine hours has increased little by little in the all regions except rural regions. The air temperature during winter barley cropping season from 1987 to 1999 in which the winter was warm was higher than the normal air temperature(1961~1990). On the other hand, the air temperature during winter barley cropping season from 1974 through 1986 was similar to the normal air temperature. The amount of mean precipitation during winter barley cropping season from 1987 through 1999 was similar to the normal precipitation except April. During this period, the amount of mean precipitation of April was lower by 26 mm than the normal year(1961~1990). Sunshine hours during winter barley cropping season from 1987 to 1999 decreased generally in comparison with a normal year. Considering the air temperature rise during wintering from 1987 to 1998, it might be possible to extend the cropping area of winter barley northward.

Key words : Winter barley, Air temperature, Precipitation, Sunshine hour, Cropping season, Global warming, Climate change

I. 서 언

온실기체 가운데 큰 비중을 차지하는 이산화탄소의 농도는 해마다 0.3~2.5 ppm씩 증가하고 있다(Chung and Tans, 1997). 대기중의 온실기체의 농도증가에 따라 기후변화를 가져올 수 있는 징조들이 계속 발견되고 있다. 지구의 평균기온은 지난 세기동안 약 0.5°C 증가하였다(MacDonald and Sertorio, 1990). 이러한 기후변화의 징후들은 북반구 고위도 지역에서 뚜렷하다(Karl *et al.*, 1993; Mitchell *et al.*, 1995). 정용승

등(1999)은 '74~'97년의 연 평균기온은 0.96°C 증가하였으며, 대도시는 1.5°C 증가하였으나 시골과 해안 관측소의 기온은 0.58°C 증가하였다고 보고하였다. 그리고 농촌과 도시 기온의 차이는 '82년부터 벌어지기 시작하였으며, 온난화는 특히 겨울철이 현저하였다(정용승 등, 1999). 최고기온, 최저기온, 평균기온과 기온의 일교차에 대한 연평균 값을 분석한 조하만 등(1988)은 최저기온의 상승이 최고기온과 평균기온의 상승보다 두드러지게 나타났고, 기온상승 값의 계절별 변화에서 겨울철의 상승폭이 크다고 하였다. 그러나

겨울작물이 흔치않은 우리 나라에서 겨울철 기온상승에 따른 농업분야의 영향에 대한 실증적 연구사례는 찾아볼 수 없다.

보리는 밀, 벼, 옥수수 다음가는 세계 제 4위의 곡물로서 세계의 온대 및 아열대에서 재배되고 있으며, 비교적 서늘하고 건조한 기상에 적응하는 작물이다(조재영, 1995). 우리 나라에서 보리는 오랜 재배역사를 가졌지만 1970년대 후반 이후 소출과 농가소득이 낮고, 기호도가 낮아 정책적 지원이나 재배 면에서 벼농사보다 불리한 조건에 있다. 더구나 논 작부체계상 벼-보리 2모작인 경우, 벼의 수량이 떨어지지 않는 범위 내에서 보리를 재배하여야 하므로 보리재배 면적은 1978년 이후 급격히 감소하였다(김완석, 1999). 그러나 답리작 보리의 경우, 논에 2모작으로 재배하는 면적 비율이 보리 재배면적 전체의 60%(89년)에서 81%(98년)까지 증가하여 밭보리보다는 주로 논보리로 남부지방에서 재배되어 왔다. 만약 겨울철 기온이 상승하여 중부지방까지 답리작 재배가 확대된다면 현재 26%에 머물고 있는 식량 자급률향상에도 도움이 될 것이며, 토양유실방지, 대기중 이산화탄소 흡수고정, 농촌전통경관 유지 등 환경보전의 효과도 기대된다.

최근에는 '87년 이후 “춥지 않은 겨울” 현상으로 보리 재배지역의 북쪽으로의 확대에 대하여 논의되고 있다. 따라서 본 연구는 최근 (74~'98년)의 가을보리 재배기간(10~5월)중 기상변화를 살펴보고, '87년을 기준으로 “춥지 않은 겨울” 현상을 보인 13년('87~'99년)과 그전 13년('74~'86년)의 가을보리 재배기간의 기상을 평년('61~'90년)의 기상과 비교하여 분석함으로써 기후변동 하에서의 가을보리재배지대구분의 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 조사지점 및 기후자료

가을보리 재배기간의 기상변화를 분석하기 위하여 활용된 기상자료는 기상청의 표준관측 지점의 자료 중에서, 지역간 비교 분석이 가능한 57개 지점에 대한 '74~'99년의 일기상자료와 기상청에서 발행한 한국기후표(기상청, 1991)의 월별평년기후자료를 이용하였다. 관측지점의 위도, 경도 및 지역구분은 Table 1과 같다.

2.2. 기상요소

분석에 활용된 기상요소는 가을보리의 생육 및 수량과 관련이 깊은 것으로 알려진 기온(평균, 최고, 최저), 강수량, 일조시간이며, 기온(평균, 최고, 최저)은 월별 평균값으로 하였고, 강수량과 일조시간은 월별적산값으로 계산하였다.

2.3. 분석방법

가을보리재배기간(10~5월)의 최근 25('74~'98년)년간의 기상변화를 연도별로 살펴보고, '87년을 기준으로 춥지 않은 겨울현상을 보인 13년('87~'99년)과 그전 13년('74~'86년)의 가을보리재배기간의 월별기상을 평년('61~'90년)의 기상과 비교하여 기상변화를 분석하였다. 그리고, 조사지점을 내륙과 해안지역, 도시와 농촌지역으로 나누어 기상변화를 살펴보았다.

III. 결 과

3.1. 연도별 기상변화

3.1.1. 기온(평균, 최고, 최저)

Fig. 1은 가을보리재배기간(10~5월)의 연도 및 지역별 기온의 변화를 나타낸 것이다. 연도별 기온의 추이는 지역별로 비슷하게 나타났으며, 기온이 높은 순서로 보면 해안 > 도시 > 농촌 > 내륙지역으로 나타났다. 주요기온별로 살펴보면, 최저기온이 지역간 변화의 폭이 가장 컸고, 그 다음이 평균기온이었으며, 최고기온은 서로 비슷하였다. 가을보리재배기간의 최근의 기온상승 경향은 최고 > 평균 > 최저기온 순으로 높았으며, 평균기온은 지난 25년('74~'98년) 동안 1.02°C정도 상승하였다. 지역별 기온상승의 세기는 1차 회귀식으로 나타내었다(Table 2). 도시지역이 다른 지역보다 주요기온의 상승이 컸으며, 그 다음이 해안지역이었고, 이어서 내륙지역이며, 농촌지역이 가장 낮았다. 해안지역의 경우는 내륙지역에 비하여 최고기온의 상승폭은 작았으나 평균기온과 최저기온의 상승은 컸다. 종합적으로, 최근의 연평균기온의 상승에는 일최저기온이 크게 기여했지만(류 등, 1993), 가을보리재배기간의 기온상승은 일최고기온이 더 큰 영향을 준 것으로 보인다.

3.1.2. 강수량 및 일조시간

가을보리재배기간의 강수량은 최근 25년('74~'98년)

Table 1. The geographical location and division of the analyzed regions

Region	Latitude (N)	Longitude (E)	Division of region ¹⁾	Region	Latitude (N)	Longitude (E)	Division of region
Inje	38° 03'	128° 10'	R, I	Pohang	36° 02'	129° 23'	U, C
Chunchon	37° 54'	127° 44'	U, I	Kunsan	35° 59'	126° 42'	U, C
Kangnung	37° 45'	128° 54'	U, C	Yongchon	35° 58'	128° 57'	U, I
Kanghwa	37° 42'	126° 27'	R, C	Iksan	35° 55'	126° 57'	U, I
Taegwallyoung	37° 41'	128° 45'	R, I	Taegu	35° 53'	128° 37'	U, I
Hongchon	37° 41'	127° 53'	R, I	Chonju	35° 49'	127° 09'	U, I
Seoul	37° 34'	126° 58'	U, I	Puan	35° 43'	126° 42'	R, C
Inchon	37° 29'	126° 38'	U, C	Kochang	35° 40'	127° 55'	R, I
Yangpyong	37° 29'	127° 29'	R, I	Imshil	35° 37'	127° 17'	R, I
Wonju	37° 20'	127° 57'	U, I	Chongup	35° 34'	126° 53'	U, I
Ichon	37° 17'	127° 26'	R, I	Hapchon	35° 34'	128° 10'	R, I
Suwon	37° 16'	126° 59'	U, I	Ulsan	35° 33'	129° 19'	U, C
Chechon	37° 08'	128° 12'	U, I	Miryang	35° 29'	124° 45'	U, I
Ulchin	36° 59'	129° 25'	R, C	Namwon	35° 25'	127° 25'	U, I
Chungju	36° 58'	127° 55'	U, I	Sanchong	35° 25'	127° 53'	R, I
Yongju	36° 50'	128° 37'	U, I	Chinju	35° 12'	128° 06'	U, I
Asan	36° 47'	126° 59'	U, I	Kwangju	35° 08'	126° 55'	U, I
Sosan	36° 46'	126° 28'	U, C	Pusan	35° 06'	129° 02'	U, C
Chongju	36° 38'	127° 26'	U, I	Sunchon	35° 04'	127° 15'	U, C
Munkyeong	36° 37'	128° 09'	R, I	Koje	34° 53'	128° 37'	U, C
Yongdok	36° 32'	129° 25'	R, C	Namhae	34° 50'	127° 54'	R, C
Poun	36° 29'	127° 44'	R, I	Tongyoung	34° 50'	128° 26'	U, C
Uisong	36° 21'	128° 41'	R, I	Mokpo	34° 47'	126° 23'	U, C
Ponyong	36° 20'	126° 36'	U, C	Yosu	34° 44'	127° 44'	U, C
Taejon	36° 18'	127° 24'	U, I	Changhung	34° 41'	126° 55'	R, C
Puyo	36° 16'	126° 55'	R, I	Kohung	34° 36'	127° 18'	R, C
Kumi	36° 14'	128° 18'	R, I	Haenam	34° 33'	126° 35'	R, C
Chupungnyong	36° 13'	128° 00'	R, I	Wando	34° 18'	126° 45'	R, C
Kumsan	36° 06'	127° 28'	R, I				

¹⁾: U=urban region, R=rural region, I=inland region, C=coastal region

동안 전국평균이 513.3 mm이었으며, '74년 이후 감소하다가 '92년을 정점으로 다시 증가하였다. 지역별 강수량은 해안지역이 가장 많았고, 내륙지역이 가장 적었으며 이들 사이에는 가을보리 재배기간 중 150 mm 정도의 차이가 있었다(Fig. 2). Fig. 3은 가을보리재배기간의 연도별 지역별 일조시간의 변화를 나타낸 것이다. 지역별 일조시간이 많은 차례를 보면 농촌 > 내륙 > 해안 > 도시지역 순서였다. 최근 25년 동안 농촌지역의 일조시간이 도시지역보다 연평균 160시간정도 많았다. 지역별 일조시간의 연도별 변화를 살펴보면, 농촌

지역은 조금 적어지는 경향이었지만 다른 지역들은 조금씩 증가하는 경향을 보여 지역간의 일조시간의 차이가 줄어드는 경향을 보였다.

3.2. 평년대비 기상변화

3.2.1. 기온(평균, 최고, 최저)

1987년 이후 “춥지 않은 겨울”현상을 보인 최근 13년('87~'99년) 동안의 가을보리재배기간의 월별기온을 평년('61~'90년)과 비교하여 분석하였다. 가을보리의 파종기인 10월에는 평년('61~'90년)과 평균기온이 비

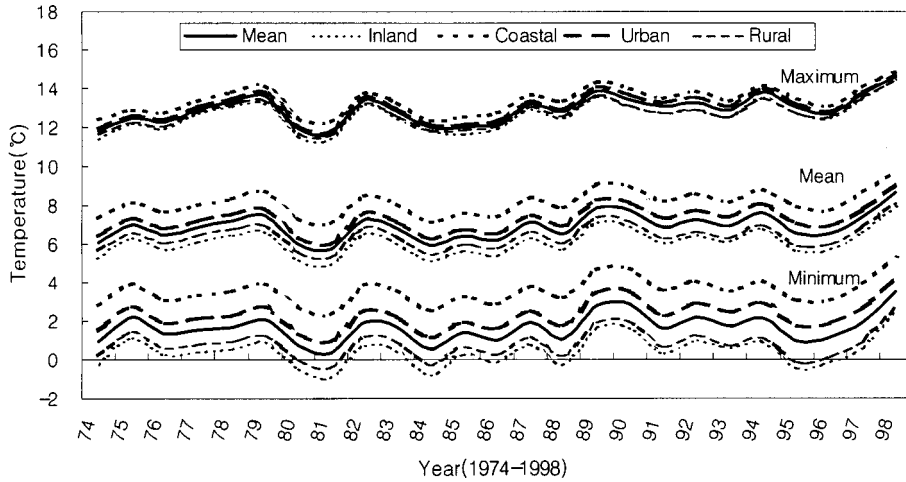


Fig. 1. Changes in yearly maximum, mean, and minimum air temperatures for four regions during the winter barley cropping seasons of 1974 to 1998

Table 2. The regression coefficient of the yearly mean, maximum, and minimum air temperature anomaly for 4 regions ('74-'98) during winter barley cropping season

Region	Regression Coefficient (°C/year)		
	mean temp.	maximum temp.	minimum temp.
Coastal	0.0432	0.0515	0.0405
Urban	0.0476	0.0583	0.0441
Rural	0.0319	0.0516	0.0230
Inland	0.0391	0.0578	0.0313
Mean	0.0407	0.0554	0.0349

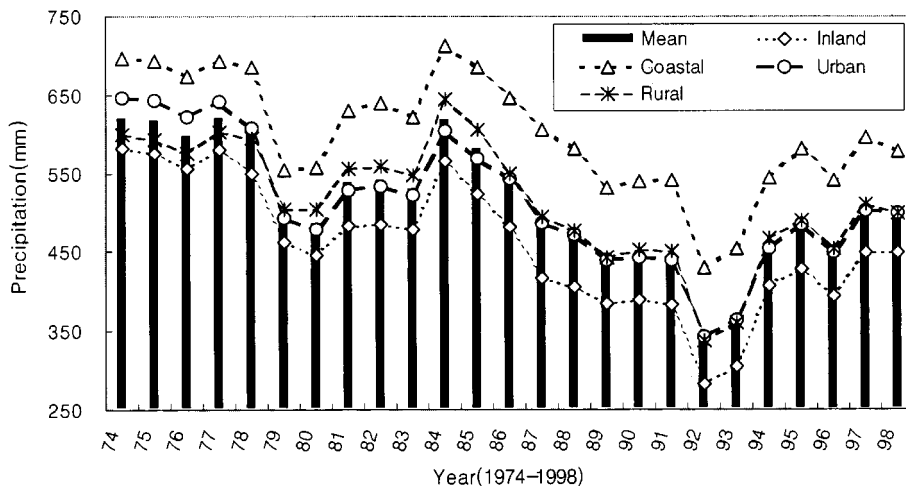


Fig. 2. Changes in yearly precipitation for four regions during the winter barley cropping season of 1974 to 1998.

습하였으나, 그 후로는 평년대비 평균기온의 상승폭이 점점 커져 1~2월에는 정점을 이루고 다시 차츰 작아

져서 보리의 등숙기간인 5월에는 평년과 비슷해졌다 (Fig. 4A). 최고기온과 최저기온도 비슷한 경향이였다.

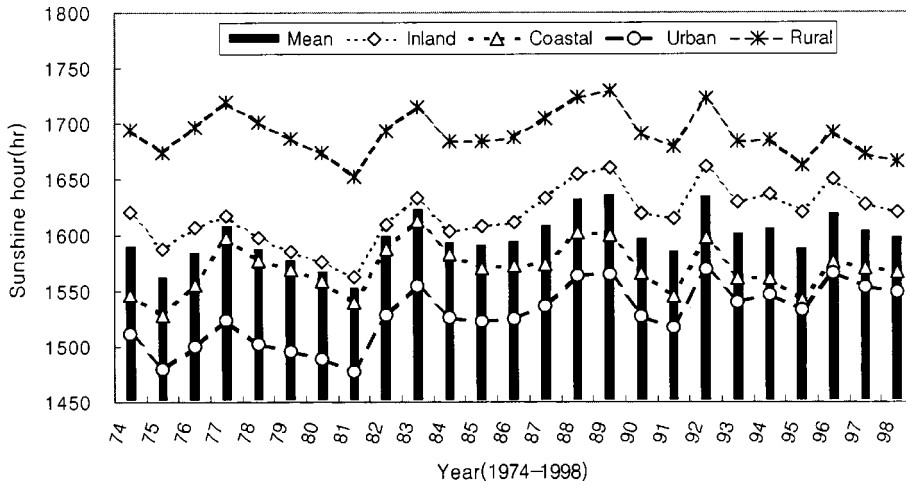


Fig. 3. Changes in yearly sunshine hour for four regions during the winter barley cropping seasons of 1974 to 1998

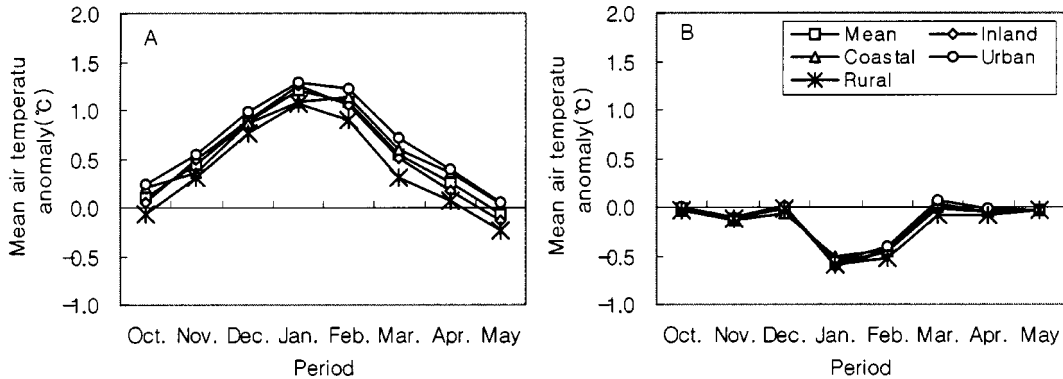


Fig. 4. Mean air temperature anomalies for 1987-1998(A) and 1974-1986(B), relative to 1961-1990.

그리고 평년과 대비한 주요기온의 상승폭은 월동기(1, 2월) > 월동전(10, 11, 12월) > 월동후(3, 4, 5월) 순서로 컸으며, 지역별로는 도시에서 상승폭이 가장 컸으며 농촌지역은 이보다 낮았다. 반면에, '87년을 기준으로 그전 13년('74~'86년)의 기온은 평년과 비슷하거나 다소 낮은 경향이었고 특히, 월동기간(1, 2월)의 기온은 평년보다 0.4~0.7°C 낮았다(Fig. 4B).

3.2.2. 강수량 및 일조시간

최근 13년('87~'99년)의 가을보리재배기간의 월별강수량은 전반적으로 평년과 비슷하였다. 다만, 4월의 강수량이 전국적으로 평년보다 26 mm 정도 적었다(Fig. 5A). 이 기간의 월별일조시간은 전반적으로 평년보다 적었다. 지역별로는 농촌지역이 도시지역보다 내륙지역이 해안지역보다 감소의 정도가 컸다. 특히, 모든 지

역에서 3월의 일조시간이 평년과 대비하여 가장 적었다(Fig. 6A). 그러나, '87년을 기준으로 그전 13년('74~'86년)의 강수량과 일조시간은 대체로 평년과 비슷하였다(Fig. 5B, 6B).

IV. 고찰

지금까지의 지구온난화 또는 기후변화를 일컬어 설명할 때 주로 연평균기상을 두고 기술하고 평가하였다. 이와는 달리 본 연구는 특정한 기간 즉 가을보리 재배기간(10~5월)의 기상변화를 지역별로 나누어 살펴보고 있다. 또한, '87년 이후 출지 않은 겨울현상의 연속으로 가을보리 안전재배선의 북상이 논의되고 있으며, 겨울작물의 대기 이산화탄소 흡수고정, 토양보전

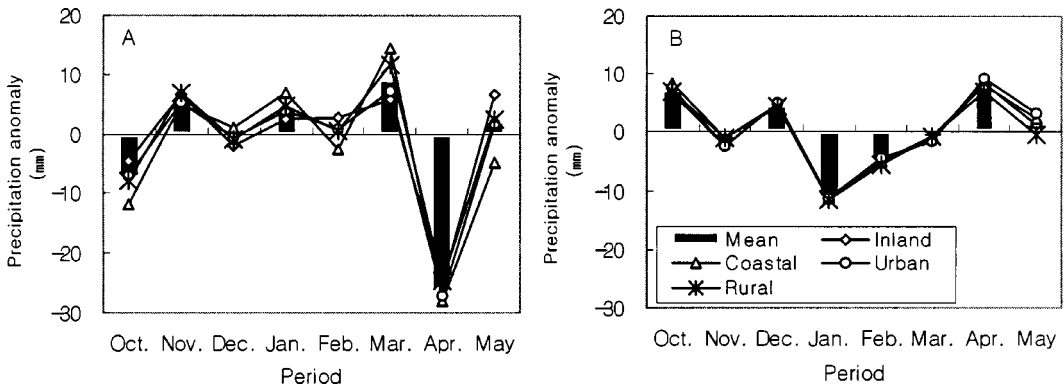


Fig. 5. Precipitation anomalies for 1987-1998(A) and 1974-1986(B), relative to 1961-1990.

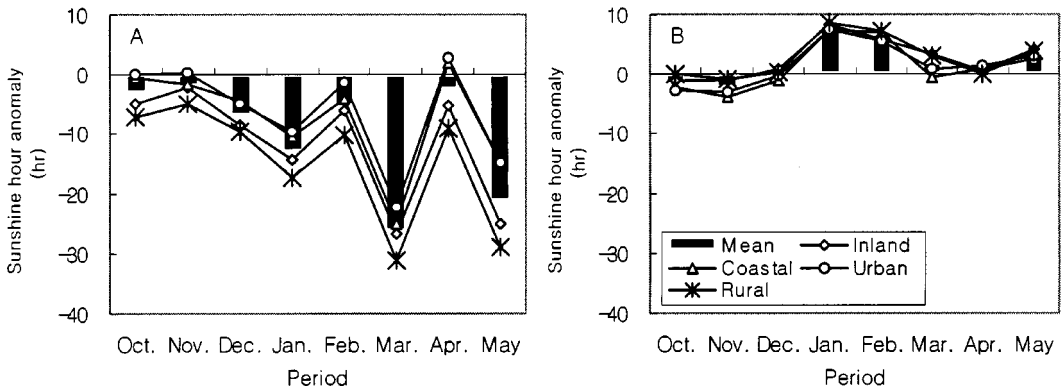


Fig. 6. Sunshine hour anomalies for 1987-1998(A) and 1974-1986(B), relative to 1961-1990.

등 친환경 농업의 구체적 실천계획으로서 가을보리 재배확대는 바람직하다.

가을보리는 작부체계상 논이나 밭에서 여름작물의 후작으로 재배되어 생육기간이 10~11월부터 이듬해 5~6월까지로 다양한 기상조건 노출된다. 생육기간별 기상재해를 살펴보면, 가을에 잦은 비로 벼의 수확이 늦어져 파종이 지연되거나 파종 후 가뭄으로 인해 출현이 늦어져 월동기의 혹한으로 동사하는 경우, 월동 후 봄철에는 주로 가뭄피해, 또는 이른봄 잦은 강우로 인한 습해 등의 피해가 발생하는 경우, 출수기 이후 등숙기간에는 온도가 급격히 상승하여 충분한 등숙이 이루어지지 못하고 이삭과 작물체가 갈마르는 경우, 등숙기와 수확기에는 잦은 강우의 영향으로 도복, 수발아 등이 발생하여 수량이 감소하고 품질이 떨어지는 경우 등이다(구본철, 1999).

“춥지 않은 겨울” 현상을 보인 최근 13년(’87~’99

년)의 기상변화를 평년(’61~’90년)과 대비해보면, 기온은 가을보리 재배기간중 평년보다 지속적으로 높았는데, 특히 월동기간(1, 2월)의 상승이 두드러졌다. 이러한 현상을 “기후변화”라고 일컫기에는 아직 이르나 “온난화”는 사실로 받아들여야 할 것으로 본다. 가을보리의 안전재배선을 결정하는 요인은 월동기간(혹한기)의 기온이므로 높아진 기온만큼 재배한계선의 북상을 조심스럽게 고려할 수 있다. 다만, 월동기의 난동으로 이른봄 보리가 우자란 경우에 갑작스러운 저온에 처하게 되면 고사, 불임 등의 생육장애를 입을 위험이 있으므로 이를 예방 혹은 회피할 수 있는 재배 및 육종기술이 요구된다. 예를 들어 보리는 질소함량이 많은 곳에서 생육하면 과번무와 수분함량 과다로 저온피해가 크고(Paulsen *et al.* 1995), 건조 조건일 때는 식물체내 수분함량이 적어 저온피해가 적다(Metcalf *et al.* 1970)고 하였으며 수광상태가 좋으면 저온에 내성

을 갖게 된다고 한다.

다음으로 이 기간('87~'99년)의 강수량은 평년과 비슷하였다. 다만, 최고분얼기와 출수기 사이인 4월의 강수량이 평년보다 26 mm 정도 적었다. 또한, 최근('98~2000년)에는 파종기의 잦은 강우로 파종이 지연되는 현상과 출수기 이후의 잦은 강우로 도복과 병충해가 발생하여 보리의 수량이 감소되고 품질이 저하되는 현상이 발생하고 있다.

마지막으로 일조시간은 평년보다 전반적으로 감소하였다. 이는 “우리나라의 겨울 기온의 상승은 일조시간 감소와 관계가 깊다”는 이정택 등(1995)의 연구내용과 일치한다. 보리의 등숙기간중에 일조시간이 감소하면 일평균기온을 낮아져 그 결과 등숙기간이 길어지고 천립중이 무거워져 수량이 증수되는 경향이 있기도 하지만, 가을보리의 전 생육기간을 놓고 살펴보았을 때 일조시간은 수당입수와 천립중에 정의 상관을 보이므로(김완석, 1999), 가을보리의 수량감소에 영향을 줄 수 있다.

본 연구는 최근의 가을보리재배기간의 기상변화를 평년과 대비한 분석을 통하여 “춥지 않은 겨울” 현상의 연속에 따른 가을보리의 재배적지 선정 및 안전재배선 설정에 기초자료가 될 것이며, 이를 근거로 좀더 자료를 보충하여 가을보리의 전국적인 재배지대를 구분하면 이상기상에 따른 재해에 신속히 대처하는데 도움을 줄 것으로 생각한다.

V. 적 요

근래의 “춥지 않은 겨울” 현상의 연속출현으로 가을보리의 재배지역의 북상에 따른 재배면적 확대를 논의할 만하다. 최근('74~'98년)의 가을보리재배기간(10~5월)의 기상변화를 살펴보고 '87년을 기준으로 “춥지 않은 겨울” 현상을 보인 13년('87~'99년)과 그전 13년('74~'86년)의 가을보리 재배기간의 기상을 평년('61~'90년)기상과 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

1. 최근 25년 동안 가을보리재배기간의 평균기온은 1.02°C 증가하였으며, 평균기온의 상승은 최저기온보다 최고기온의 상승이 더 크게 기여하였다.

2. 가을보리재배기간의 연도별 강수량은 최근 25년 동안 전국평균이 513.3 mm 이었으며, '74년 이후 감소하다가 '92년 이후로는 다시 증가하는 경향이었으며,

일조시간은 농촌지역만 조금 적어지는 경향이고 다른 지역들은 조금씩 증가하는 경향을 보였다.

3. “춥지 않은 겨울” 현상을 보인 최근 13년의 가을보리재배기간의 기온은 평년보다 높았으며 특히 1~2월의 기온이 많이 상승하였다. 반면에 '87년을 기준으로 그전 13년의 기온은 평년과 비슷하거나 다소 낮은 경향을 보였다.

4. “춥지 않은 겨울” 현상을 보인 최근 13년의 가을보리재배기간의 강수량은 평년과 전반적으로 비슷하였으나, 4월의 강수량이 전국적으로 평년보다 26 mm 정도 적었다. 반면에 일조시간은 전반적으로 평년보다 적었다. 그러나, '87년을 기준으로 그전 13년의 강수량과 일조시간은 대체로 평년과 비슷하였다.

5. 가을보리의 안전재배선의 기준이 되는 월동기(1~2월)의 기온상승으로 가을보리안전재배의 북상이 전망된다.

인용문헌

- 구본철, 1999: 보리·밀의 저온장해에 관한 연구. 박사학위논문.
- 김완석, 1999: 보리 재배기간의 기상조건에 따른 수량구성요소와 수량의 변동. 박사학위논문.
- 류상범, 문승의, 조병길, 1993: 남한의 도시화에 따른 기온변동. 한국기상학회지, 29(2), 99-116.
- 이정택, 윤성호, 박무언, 1995: 우리나라의 계절별 일조시간과 기온의 상관관계 및 분포에 관한 연구. 한국환경농학회지, 14(2), 155-162.
- 정용승, 윤마병, 1999: 한국의 최근 기후변화와 관련된 요소들. 한국기상학회지, 35(3), 309-318.
- 조재영, 1995: 四訂 田作, 향문사, p27
- 조하만, 1988: 서울의 도시화에 따른 기온의 변화. 한국기상학회, 24, 27-37.
- 한국기후표, 1991: 평년값(1961~1990). 기상청
- Chung, Y. S. and P. P. Tans, 1997: Results of 7-year monitoring of greenhouse gases at Tae-ahn Peninsula, Korea, *Global Atmospheric Chemistry*, IGAC, Nagoya, IP-10.
- Karl, T. R., P. Ya. Groisman, R. W. Knight and R. R. Heim Jr., 1993: Recent variations of snow cover and snowfall in North America and their relation to precipitation and temperature variation. *J. Climate*, 6, 1327-1344.
- MacDonald, G. J. and L. Sertorio, 1990: *Global Climate and Ecosystem Change*. Plenum Press, New York, 252pp
- Metcalf E. L., C. E. Cress, C. R. Olein and E. H. Everson, 1970: Relationship between crown moisture content and killing temperature for three wheat and three barley cultivars. *Crop Sci.*, 10, 362-365.

- Mitchell, J. F. B., R. A. Davis, W. J. Ingram and C. A. Senior, 1995: On surface temperature, greenhouse gases, and aerosols: Models and observations. *J. Climate*, **8**, 2364-2385.
- Paulsen, G. M., E. Mikesell, J. P. Shroyer, 1995: Sprig freeze injury to Kansas wheat. Kansas State University C-646, 1-12.