

기후변화와 한반도 겨울보리 재배한계선 이동

김대준^{1*}, 노재환², 윤진일¹

¹경희대학교 식물환경신소재공학과, ²국립식량과학원 벼맥류부

Geographical Migration of the Northern Cultivation Limit for Winter Barley across the Korean Peninsula under the Changing Climate

Dae-jun Kim^{1*}, Jae-hwan Roh², and Jin I. Yun¹

¹Department of Ecological Engineering, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

²Rice Research Division, National Institute of Crop Science, Iksan 570-080, Korea

(Correspondence: daejuy@khu.ac.kr)

1. 서 언

보리는 최근 영양학적 가치와 질병치유 효과의 입증, 겨울철 농촌 생태관광의 주제 등 다양한 방면에서 재조명 받고 있다. 특히 현재 진행 중인 지구온난화가 여름작물에는 부정적인 영향을 끼치는 것에 반해 겨울작물에는 긍정적인 효과가 기대되는 점을 고려하면 향후 우리나라 식량 수급정책에 보리의 영향이 점점 커질 것으로 예상된다. 본 연구에서는 남북한을 포함하는 한반도 전역의 기후변화시나리오(IPCC 5차 기후변화 평가보고서 바탕의 RCP 8.5 한반도 기후변화 시나리오)를 토대로 2100년까지 예상되는 품종군 별 보리재배 한계선의 지리적 이동양상을 정밀하게 추적함으로써 재배가능 농경지면적과 여기로부터 기대되는 보리생산량의 규모를 추정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 기후변화 시나리오

RCP8.5 시나리오는 특별한 감축노력 없이 현재 추세대로 온실기체가 대기 중으로 유입되어 21세기 말 지구대기의 이산화탄소 농도는 940 ppm이 될 것이며, 평균기온은 4.8 °C가 상승하고, 강수량은 6 %가 증가하며, 해수면 상승이 90 cm에 이를 것이라고 전망한다(NIMR, 2011). 국립기상연구소는 RCP 8.5 배출 시나리오에 기초하여 전구 대기-해양-해빙

-수문-에어로졸 결합모델인 HadGEM2-AO (Atmosphere Ocean version of the Hadley Centre Global Environment Model)에 의해 약 135km 격자 해상도의 전구 기후변화 시나리오를 산출하고, 이 가운데 한반도지역에 대해 지역기후모델인 HadGEM3-RA를 적용하여 12.5 km 격자 해상도로 2100년까지 일별 기상을 전망하였다. 이 전망에 따르면 21세기말 한반도 평균기온은 현재보다 6.0 °C 상승, 강수량은 20 % 증가, 영하일은 28.4 일 감소, 호우와 고온일의 발생확률은 증가할 것으로 예상하고 있다.

2.2. 한반도 상세 기온분포 전자지도 제작

본 연구에서는 국립기상연구소로부터 12.5 km 격자 해상도의 한반도 전역 2011년부터 2100년까지 일별 기온전망자료를 수집하여 월별로 평균값을 구한 다음, 평균값과 함께 제공된 실측 평년(1971-2000)의 기온자료와의 편차(기온 상승분)를 계산하였다. 같은 지역의 기준시점(1971-2000) 기온분포를 30 m 격자 해상도로 상세하게 표현하기 위해 소기후 모형에 근거한 기후도 제작기법(Kim and Yun, 2011a; Kim and Yun, 2011b)을 이용하여 남한과 북한의 월별 기온분포도를 제작하였다.

2.3 보리 안전재배 한계선 설정 및 잠재 생산성 추정

하용웅(2000)이 제시한 보리 품종군 별 안전재배 및 한계온도 기준(Fig. 1)을 미래 기후시나리오에 근거한 30 m 격자해상도의 10년 단위 1월 상세 기온분포도(평균, 최저기온)에 적용하여 겉보리, 쌀보리, 맥주보리의 재배가능지역을 도출하였다. 최근 통계에 의하면 남한의 보리 재배면적(2011-2012 영농계절)은 21,200 ha로서 단위면적당 수량은 겉보리, 쌀보리, 맥주보리 평균 2.7 톤/ha이다(국가통계포털, <http://kosis.kr>). 북한의 경우 2007년 통계에 따르면(<http://www.krei.re.kr/kor/statistics>), 보리재배면적은 31,000 ha, 종실수량은 2.58 톤/ha로 추정되므로, 미래 기후조건에서 보리 생산량 추정을 위한 단위 면적당 수량으로서 2.5 톤/ha를 적용하였다.

Tmean (°C)	Malting Barley	Naked Barley	Hulled Barley	Tmin (°C)
0	Safe			-4
-1	Marginal	Safe		-5
-2			Safe	
-3				-8
-4		Marginal		-10
-5			Marginal	-12
-6				

Fig. 1. The threshold temperature criterion for 3 cultivar groups in winter barley grown in Korea.

3. 결과 및 고찰

지구온난화의 영향으로 우리나라의 기후가 아열대 기후로 변할 것이라는 전망이 지배적인 가운데, Trewartha and Horn(1980)의 연중 8개월 이상 월평균기온이 10 °C 이상의 아열대기후 조건을 적용하면, 현재 기후조건 하의 제주도와 남해안 지역에 국한되는 아열대기후 지역은 80년 후에는 남한 대부분의 지역과 북한의 함경북도, 자강도, 양강도 까지 아열대기후 지역에 포함된다(Fig. 2).

Fig. 3는 하용웅(2000)이 제시한 보리 품종군별 안전재배 및 한계온도 기준(Fig. 1)을 한반도 기온분포에 적용하여 각 기준에 해당하는 지역을 서로 다른 색으로 표현한 것이다. 1981-2010 기간에는 강원도와 북한 대부분 지역은 겨울이 낮아서 보리재배에 부적합한 것으로 나타났으며, 내한성이

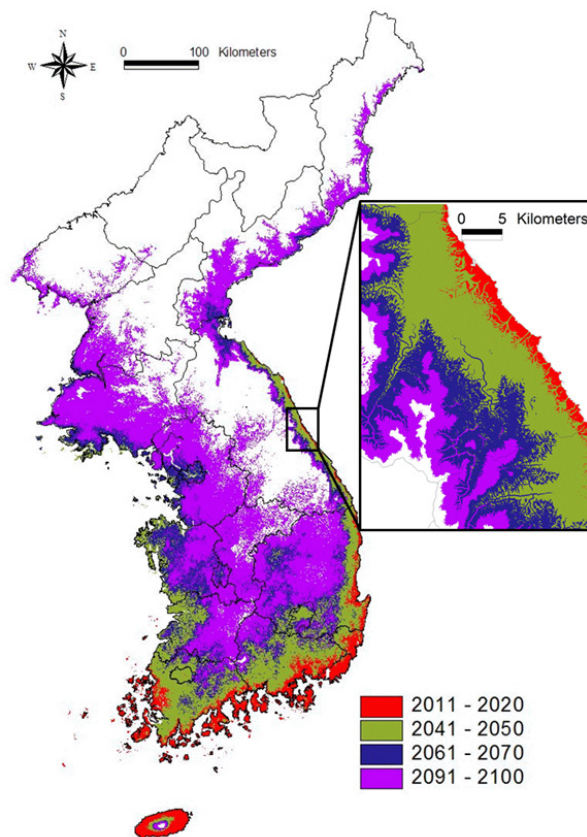


Fig. 2. Geographical migration of the subtropical climate type (Cf) in Korea under the RCP8.5 projected climatic condition.

강한 겉보리의 경우에도 한반도 북부와 중부에서는 해안을 중심으로 한 좁은 지대만 재배가 가능한 것으로 나타난다. 하지만 온난화에 의해 2011-2020 기간에는 겉보리의 경우 안전재배 한계선에 해당하는 지역이 한반도 대부분의 해안으로 확장된다. 또한 쌀보리의 안전재배 한계선은 경기도 남부 - 충청도 - 경북내륙으로, 맥주보리의 안전재배 한계선은 전라남도 - 경상남도 내륙지방으로 확장되었다.

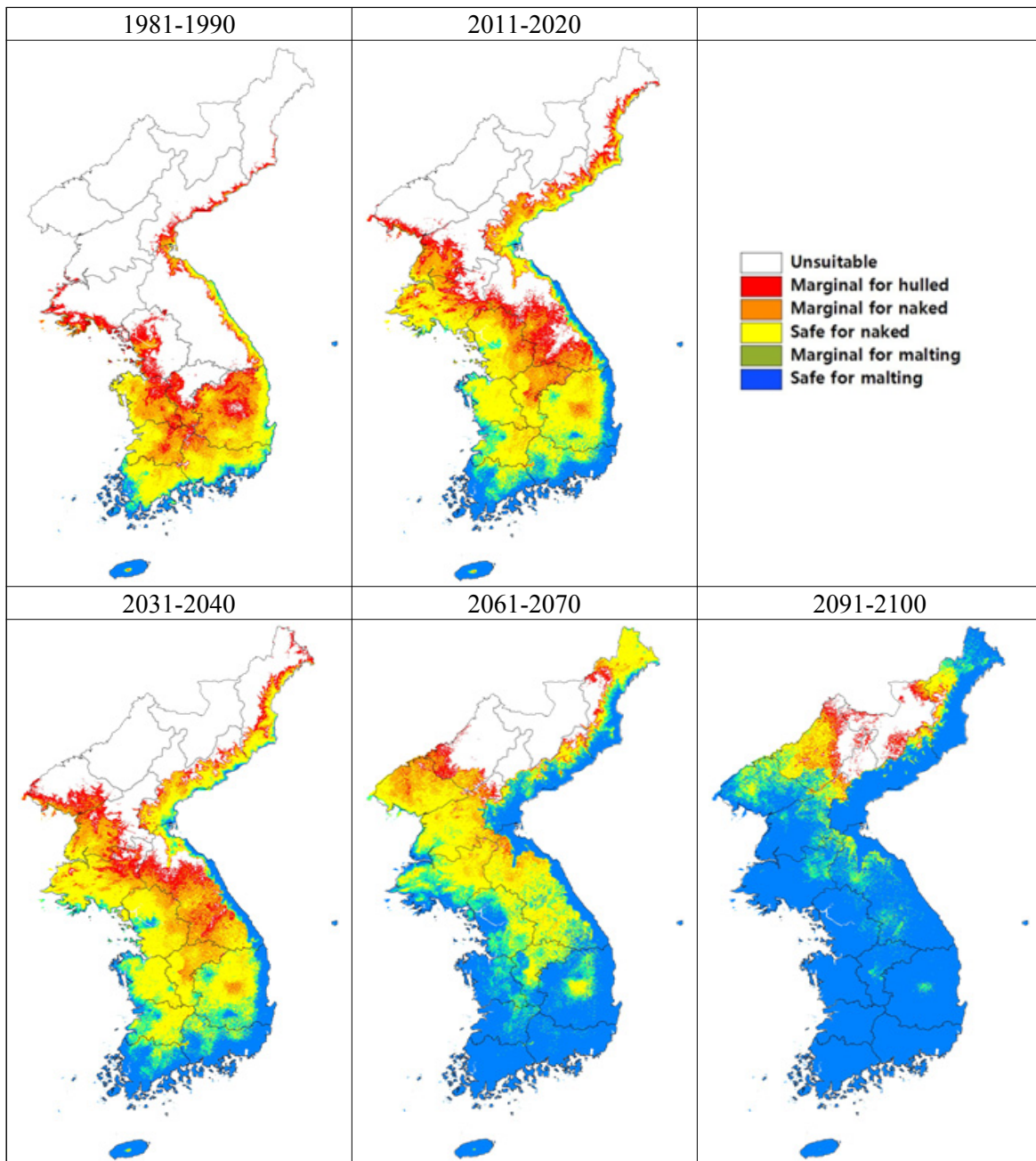


Fig. 3. Safe cultivation zones for growing 3 winter barley cultivar groups in the past, present and future decades under the RCP8.5 projected climate conditions.

지금으로부터 20년 후(2031-2050)에는 강원도 남부 지역이 쌀보리 재배의 안전지대로 포함되기 시작하며, 맥주보리의 경우 전라남도과 경상남도 대부분의 지역에서 재배가 가능해지게 될 것으로 예상된다. 80년 후(2091-2100)에는 남한 전역이 모든 품종군에 대해 안전재배지대가 될 것이며, 북한에서도 개마고원과 만주접경 내륙을 제외한 모든 지역에서 안전하게 보리를 재배할 수 있을 것이다.

본 연구결과에 따르면 현재(1991-2000) 한반도 전역에서 보리재배가 불가능한 지역의 면적비율은 53 %에 해당한다(Fig. 4). 하지만 미래로 갈수록 그 비율은 점차 감소하여 2090년대에는 10 %미만으로 줄어들 것이다. 실질적으로 한반도 내 모든 농경지에서 겨울 보리의 안전재배가 가능할 것으로 추정할 수 있다. 내한성이 가장 약한 맥주보리의 경우에도 안전재배지역의 면적비율이 현재 6 %에 불과하지만 점차 증가하여 72 %까지 높아질 것으로 전망된다.

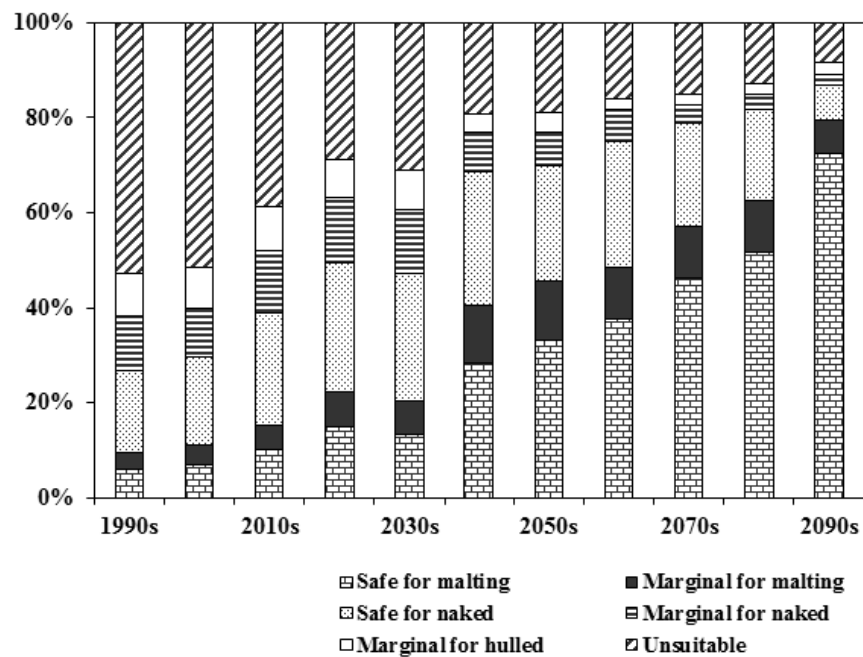


Fig. 4. Changes in arable land area available for growing winter barley cultivars in the Korean Peninsula under the RCP8.5 projected climate condition

작물모형을 이용한 수량 추정연구에 따르면, 남한의 경우 논과 밭을 더한 식량작물 재배가능면적이 240만 ha인데 만약 이 면적에 모두 보리를 재배한다면 현재의 잠재생산량 1,000만 톤이 미래에는 1,700만 톤으로 크게 증가하여 1,500만 톤에서 1,200만 톤으로 줄어드는 쌀 생산량을 추월하게 된다(Kim et al., 2012).

현재 우리 정부에서 파악하고 있는 북한의 경지면적(논, 밭)은 160만 ha이다 (<http://www.krei.re.kr>). 만약 이들 논 전체에 대해 벼 수확 후 쌀보리를 심고, 모든 밭에는 옥수수과 감자 후작으로 겉보리를 재배한다면 ha 당 2.5톤의 보수적인 전망치를 적용하더라도 연간 400만 톤의 식량을 추가로 확보할 수 있다. 이 결과를 토대로 향후 신뢰성 있는 생육모의기술을 개발하고 폭 넓은 검증실험을 통해 구체적이고 현실성을 갖춘 예측이 이루어진다면 정책결정과정에서 귀중한 의사지원정보가 제공될 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동 연구사업(과제번호:PJ008972)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌

- Kim, D. J., S. O. Kim, K. H. Moon, and J. I. Yun, 2012: An outlook on cereal grains production in South Korea based on crop growth simulation under the RCP8.5 climate condition. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**(3), 132-141 (in Korean with English abstract) DOI:10.5532/KJAFM.2012.14.3.132
- Kim, J. H., and J. I. Yun, 2011a: Zoning hydrologic units for geospatial climatology in North Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **13**(1), 20-27 (in Korean with English abstract). DOI:10.5532/KJAFM.2011.13.1.020
- Kim, S. O., and J. I. Yun, 2011b: Mapping monthly temperature normals across North Korea at a landscape scale. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **13**(1), 28-34 (in Korean with English abstract). DOI:10.5532/KJAFM.2011.13.1.028
- Trewartha, G. T., and L. Horn, 1980: An Introduction to Climate, 5th(eds.), McGraw-Hill, NewYork.
- NIMR, 2011: IPCC 5차 평가보고서 대응을 위한 기후변화 시나리오 보고서 2011. 79-110pp
- 하용웅, 2000: 보리, 농촌진흥청 작물시험장, 거목문화사., 81-82pp, 213pp.