

지구온난화에 따른 북한의 두벌농사 특성 평가

강양순*[†] · 이종훈* · 이병열**

*농업사회발전연구원, 서울 관악구 신림본동 1638-32

**국가농림기상센터, 서울 관악구 신림동 관악로 599

Global Warming on Double Cropping in North Korea

Yang-Soon Kang*[†], Jong-Hoon Lee*, and Byong-Lyol Lee**

*Agriculture & Rural Society Research Institute, Seoul 151-730, Korea

**National Center for Agrometeorology, Seoul 151-921, Korea

ABSTRACT In order to evaluate the benefits of global warming on the double cropping with staple crops in North-Korea, four aspects such as the increasing rate of air temperature, the wintering temperatures for winter crops, the causing temperature of cool injury to rice and the securing of accumulated temperature for the double cropping in the different agricultural climate zones were analyzed by comparing the differences between the past 22 years from 1973 to 1994 and the recent 5 years from 2002 to 2006. The warming rate in recent daily mean air temperature of 8.96°C in North Korea was higher by 0.64°C than that in the past with large regional variations ranging from 1.06°C in Samjiyeon of northern inland semi-alpine zone to 12.26°C in Jangjeon of east central coastal zone. With the accumulated temperatures of more than 3,150°C and 2,650°C, it was possible to apply the double cropping patterns with winter wheat and for cropping patterns with spring potato, respectively, to the whole region except for the northern inland semi-alpine zone. However, the wintering temperature higher than -15°C of average daily minimum air temperature of January, cropping patterns were impossible to northern inland semi-alpine zone and most regions of the northern mountainous zone. The days passed by below 17°C in daily mean air temperature, causing the spikelet sterility at meiotic stage of rice in July, were a lot recorded from 21 to 29 days in northern inland semi-alpine zone and from 2 to 10 days in east-northern coastal zone, respectively. Therefore, a reasonable utilization of heat / temperature resources would relieve the limiting factors in double cropping for stable production of staple crops in North-Korea.

Keywords : climate, temperature, agricultural zone, double cropping, North-Korea

북한 지역은 해안 평야지에서 산간지 및 내륙 고산한냉지에 걸친 다양한 농업기후생산지대로 형성되어 온도가 낮고 산지가 많아 농경지와 생산성이 제한되고 있는 농업입지조건이므로 김정일 정권 출범이후 당의 농업정책 변화 핵심을 두벌농사(이후 이모작으로 표시)의 철저한 관철에 두고 기상기후학적, 토양학적, 작물학적 지표들과 이모작지역화에 관한 연구들이 이루어졌다(Kwon & Kim, 2001, Kim & Kim, 2002, Hue & Hong, 2003, Ban & Lee, 2003, Ban, 2004, Baek & Kim, 2005, Song & Bang, 2005, Yun & Kim, 2005, Choi & Kang, 2006, Song, 2007).

농경지면적은 1,910천 ha로서 남한보다 7.2% 더 많은데 면적비율은 농경지면적의 31.9%에 불과하고 8개 농업기후생산지대 중 온도가 비교적 높고 평야가 많은 서해안평야지대와 서부중간지 및 동해안중부지대가 주요 벼 재배지대로서 북한 논 면적의 89.2%를 점한다.

이모작 적지면적은 470,184 ha(농경지면적의 30.6%)로서 논에서 82.8%를, 밭에서는 52.8%를 점하고 있다. 동북해안북부지대, 동북해안남부지대, 중부산간지대, 북부산간지대 및 북부내륙고원지대에서는 농경지면적은 넓지만 비교적 낮은 온도경과로 작물생장기간이 짧은 밭작물재배가 주종을 이루므로 식량작물 생산을 위한 이모작의 중요성이 제기된다.

본 연구에서는 지구온난화에 따른 북한의 이모작 조건을 가능하게 하는 온열지표들의 변화를 농업기후생산지대별로 과거 22년간의 평년치(1973-1994년)와 최근 5개년간의 평년치(2002-2006년) 및 당년치(2009년)로 비교분석하여 평가하였다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-2-884-3781
(E-mail) kysbaoro@naver.com <Received June 8, 2010>

재료 및 방법

이모작 재배가능성을 평가하기 위해서 온열지표로서 북한의 농업지대별 기온상승, 겨울작물의 월동온도, 여름작물의 냉해유발온도, 이모작 적산온도의 확보 등을 설정하였다.

온열자원은 연간 총 기온과 작물을 파종할 수 있는 시기인 5°C 이상의 온도(Ahn & Cho, 2004)를 적산하여 농업기후생산지대별(Ryu, 1996)로 나타내었고 이모작 재배가능성 평가는 기온상승에 의한 온난화 정도와 온난화효과 등으로 표현하였다.

벼-맥류 이모작 가능조건은 겨울작물 안전 월동온도로 1월의 평균최저기온이 가을밀에서 -15°C 이상, 가을보리에 -13°C 이상 지역으로 설정하였고(Kim, 2001, Ban & Lee, 2003), 여름작물의 주작물인 벼의 감수분열기 장해형

냉해 유발온도는 17°C를 기준하였다(Satake, 1971). 이모작 작부양식별 소요적산온도는 앞그루 작물 생육적산온도에 뒷그루 작물 생육적산온도를 더한 후 인공으로 보충된 적산온도를 빼 값으로 적용하였다(Choi & Kang, 2006).

기상자료는 국가농림기상센터와 공동으로 북한의 표고, 위도, 경도, 농업기후대를 고려하여 전국 도별로 3지역씩 설치되어 있는 27개소 기상관측지점의 과거 22년(1973-1994)간의 평년값과 최근 5년(2002-2006)간의 평년값 그리고 당년값(2009)을 일별기후값으로 전산 분석하였다.

결 과

최근 북한 기상의 특성

최근 북한의 기후변동은 지구온난화로 기온상승과 과우

Table 1. The changes of the yearly total air temperature and it's regional variation during 28 years from 1973 to 2009 in North Korea.

Agricultural zone (County / City)	Air temperature (°C)		
	Past 22 years (1973 ~ 1994)	Recent 5 years (2002 ~ 2006)	2009
Northern inland semi-alpine zone (Samjiyeon, Jangjin, Pungsan, Hesun)	806 Samjiyeon (188) ~ Hesun (1,362)	1,072 Samjiyeon (381) ~ Hesun (1,569)	950 Samjiyeon (292) ~ Hesun (1,468)
Northern mountainous zone (Junggang, Ganggeo, Hicheon)	2,548 Junggang (1,989) ~ Hichen (3,088)	2,680 Junggang (2,024) ~ Hichen (3,304)	2,663 Junggang (1,986) ~ Hichen (3,246)
East-Northern coastal northern zone (Seonbong, Cheongjin)	2,772 Seonbong (2,586) ~ Cheongjin (2,957)	2,947 Seonbong (2,734) ~ Cheongjin (3,160)	2,906 Seonbong (2,692) ~ Cheongjin (3,119)
Central mountainous zone (Yangdeok)	2,952	3,309	3,234
East-Northern coastal southern zone (Kimchaek, Sinpo)	3,387 Kimchaek (3,245) ~ Sinpo (3,528)	3,668 Kimchaek (3,531) ~ Sinpo (3,805)	3,544 Kimchaek (3,418) ~ Sinpo (3,669)
Western central mountainous zone (Pyeonggang, Gusung, Supoong, Anju, Singeo)	3,424 Pyeonggang (3,195) ~ Singeo (3,687)	3,673 Pyeonggang (3,450) ~ Singeo (3,948)	3,589 Pyeonggang (3,289) ~ Singeo (3,943)
Western coastal plain zone (Sineuiju, Yong-yeon, Sariwon, Nampo, Gaesung, Haeju)	3,845 Sineuiju (3,477) ~ Haeju (4,043)	4,030 Sineuiju (3,675) ~ Haeju (4,330)	4,066 Sineuiju (3,625) ~ Haeju (4,420)
Pyeongyang suburbs	3,903	4,013	4,099
East central coastal zone (Hamhung, Weonsan, Jangjin)	3,966 Hamhung (3,616) ~ Jangjin (4,282)	4,245 Hamhung (3,969) ~ Jangjin (4,479)	4,186 Hamhung (3,930) ~ Jangjin (4,4432)
Yearly regional variation	3,038 Samjiyeon (188) ~ Jangjeon (4,282)	3,271 Samjiyeon (381) ~ Jangjeon (4,497)	3,219 Samjiyeon (292) ~ Jangjeon (4,432)
Daily regional variation	8.32 Samjiyeon (0.50) ~ Jangjeon (11.70)	8.96 Samjiyeon (1.06) ~ Jangjeon (12.26)	8.82 Samjiyeon (0.8) ~ Haeju (12.11)

*Numerals with ranges within parenthesis refer to the regional variation.

상태로 경과되었다(Song, 2007).

표 1에서와 같이 북한의 전국 27개 지역의 연간 평균적산 온도는 과거 22개년 평년값 3,038℃에서 최근 5개년 3,271℃로 233℃나 상승되었고 올해는 과거보다 181℃ 상승하였다. 일평균기온은 최근 5개년 8.96℃로 과거보다 0.64℃ 상승되어 지구기후의 평균온난화속도 0.6℃보다 높은 지역에 속하였다(Song, 2007).

최근 5개년의 지역적 연간 기온분포는 북부내륙고산지대(806℃), 북부산간지대(2,548℃), 동북해안북부지대(2,772℃), 중부산간지대(2,952℃), 동북해안남부지대(3,387℃), 서부중간지대(3,427℃), 서해안평야지대(3,845℃), 동해안중부지대(3,966℃) 순으로 지대별 큰 변이를 보였다. 일평균기온분포는 북부산간지대의 삼지연 지역이 1.06℃로 가장 낮은 아한대에서 동해안중부지대의 장전 지역이 12.26℃로 가장 높은 온대에 걸쳐 지역간 큰 변이를 보였고 기온증가의 속도는 중강진(0.03℃)과 평양(0.3℃)에서 낮았고 함흥과 양덕(1.0℃)에서 가장 높아 지역간 큰 차이를 보였으나 지대간, 지역간 공통성은 없었다.

겨울작물의 월동가능지역 확대

겨울작물과 여름작물을 결합한 이모작 작부체계에서 1월 중 평균 최저기온은 겨울동안의 온열자원을 최대로 활용할 수 있는 겨울작물의 월동온도 평가기준이 되므로 가을밀+벼의 작목결합은 -15℃ 이상 되는 지역에서 가능하고, 가을 밀보다는 내한성이 다소 약한 가을보리+벼와의 작목결합은 -13℃ 이상 되는 지역에서 가능하다(Kim, 2001).

표 2에서와 같이 과거 22개년 평년값(1973-1994)에서는 북한지역에서 비교적 온난한 서해안과 동해안 및 일부 서부중간지대의 신계 지역에서만 가을보리+벼 이모작 작부체계가 가능한 지역으로 볼 수 있었으나, 최근 5개년 평년값(2002-2006)과 당년값(2009)에서는 기온상승으로 서부중간지대 전역까지 가능하게 되었다. 그리고 가을보리보다 월동성이 다소 높은 가을밀+벼 이모작은 과거 서해안, 동해안 및 서부중간지대의 전역에서 최근과 당년(2009)에는 중부산간지대는 물론 일부 북부산간지대의 희천지역까지 북상 확대 되었으나 겨울작물의 안전월동을 위해서는 온열자원의 확보가 더 요구되었다.

Table 2. The yearly regional distributions of changes in the double cropping based on regions with more than minus 13℃ for winter barley and more than minus 15℃ for winter wheat by average of minimum air temperature of January in the different agricultural zones of North Korea.

Agricultural zone (County/ City)	Average of minimum air temperature (℃)		
	Past 22 years (1973~1994)	Recent 5 years (2002~2006)	2009
Northern inland semi-alpine zone (Samjiyeon, Jangjin, Pungsan, Hesun)	-21.9 ~ -23.3	-21.4 ~ -22.2	-20.6 ~ -22.4
Northern mountainous zone (Junggang, Ganggeo, Hicheon)	-15.8 ~ -22.8	-13.7 ~ -21.1 Hicheon (-13.7)	-14.2 ~ -21.1 Hicheon (-14.2)
Central mountainous zone (Yangdeok)	-15.3	-14.1	-13.7
Western central mountainous zone (Pyeonggang, Gusung, Supoong, Anju, Singeo)	-11.9 ~ -14.0 Singeo (-11.9)	- 9.2 ~ -12.1	-10.5 ~ -13.1
East-Northern coastal northern zone (Seonbong, Cheongjin)	- 9.5 ~ -11.7	- 8.2 ~ -11.1	- 8.0 ~ -10.0
East-Northern coastal southern zone (Kimchaek, Sinpo)	- 7.9 ~ - 8.0	- 6.8 ~ - 7.0	- 7.0 ~ - 7.5
East central coastal zone (Hamhung, Weonsan, Jangjin)	- 4.7 ~ - 9.7	- 3.9 ~ - 8.6	- 5.8 ~ - 8.7
Western coastal plain zone (Sineoiju, Yongyeon, Sariwon, Nampo, Gaesung, Haeju)	- 7.9 ~ -12.9	- 6.4 ~ -11.0	- 5.8 ~ - 9.7
Pyeongyang suburbs	-10.9	- 9.2	- 8.9
Double cropping with winter barley + rice (more than minus 13℃)		Double cropping with winter wheat + rice (more than minus 15℃)	

Table 3. Number of days passed below 17°C by daily mean air temperature in July causing the sterility of spikelets at meiotic stage of rice plant in the different agricultural zones of North Korea.

Agricultural zone	Average temperature(°C)	Days passed below 17°C on July, 2009		
		Early	Medium	Late
Northern inland semi-alpine zone (Samjiyeon, Jangjin, Pungsan, Hesán)	14.9-16.2 Hesán (19.0)	8-10 2	5-8 0	8-11 1
East-Northern coastal northern zone (Seonbong, Cheongjin)	18.1 18.5	5 5	3 2	2 1
East-Northern coastal southern zone (Kimchaek, Sinpo)	19.0 20.2	5 2	0	0
Northern mountainous zone (Junggang, Ganggeo, Hicheon)	Junggang (21.0) 21.6-22.4	1 0	0 0	0 0
Western central mountainous zone (Pyeonggang, Gusung, Supoong, Anju, Singeo)	Pyeonggang (21.1) 22.2-22.9	1 0	0	0
Central mountainous zone (Yangdeok)	21.4	0	0	0
East central coastal zone (Hamhung, Weonsan, Jangjeon)	21.4-21.8	0	0	0
Western coastal plain zone (Sinuiju, Pyeongyang, Yongyeon, Sariwon, Nampo, Gaesung, Haeju)	22.8-23.1	0	0	0
Pyeongyang suburbs	23.4	0	0	0

여름작물 냉해유발 지역 분포

주요 여름작물인 벼에서는 냉해에 가장 민감한 생육시기인 감수분열기에 해당되는 7월중 일평균기온이 17°C 이하로 경과되면 벼 이삭의 영화가 불임이 발생하는 장해형냉해유발조건이 된다(Satake, 1971).

표 3에서와 같이 2009년도 북한 전 지역의 농업기후생산지대별로 냉해유발온도의 경과일수를 보면 북부내륙고원지대에서 21~29일, 동북해안북부지대에서 8~10일, 동북해안 남부지대에서 2~5일, 북부산간지대의 중강지역과 서부중간지대의 평강지역에서 각각 1일간 나타났다. 그리고 이러한 지역들은 7월중 월평균기온으로는 21.1°C 이하에 해당되는 지역들이었다. 특히 평야지 논의 분포가 비교적 많은 동북해안지대는 겨울작물 월동조건(표 2)은 안전한 편인 반면에 7월중 벼 냉해유발위험성이 큰 편으로 벼와 결합되는 이모작에는 다소 제한을 받는 지역으로서 합리적인 작목 결합과 품종 배치 등이 요구되고 온열자원의 확보가 더 요구됨을 알 수 있었다.

이모작 작부양식별 소요적산온도 확보의 지역적 분포

북한의 알곡생산을 위한 이모작 가능 온열지표로서 일평균기온이 5°C 이상 되는 적산온도의 확보기준으로 보면 (Choi & Kang, 2006) 겨울밀 재배가 가능한 3,150°C(가을

밀+벼) 이상 되는 지역에서 가을밀+콩(3,200°C)과 가을밀+옥수수(3,500°C) 등의 작부체계가 가능하고, 겨울밀 재배가 제한되는 지역에서는 여름작물로서 다소 저온성인 봄감자와 결합하면 2,650°C(봄감자+벼) 이상 되는 지역까지는 봄감자+콩(2,700°C), 봄감자+옥수수(3,000°C) 등의 작부체계가 가능하다.

표 4에서와 같이 농업기후생산지대별 최근 5개년 평년값으로 5°C 이상 평균적산온도의 확보는 동해안중부지대(4,261°C) >서해안평야지대(4,230°C) >서부중간지대(3,744°C) >중부산간지대(3,742°C) >동북해안남부지대(3,711°C) >북부산간지대(3,607°C) >동북해안북부지대(3,273°C) >북부내륙고원지대(2,472°C) 순으로 높았다. 과거보다 적산온도 증가속도는 동해안중부지대(304°C) >중부산간지대(258°C) >서해안평야지대(239°C) >북부산간지대(232°C) >북부내륙고원지대(229°C) >동북해안남부지대(208°C) >서부중간지대(206°C) >동북해안북부지대(129°C) > 순으로 높았다. 적산온도 확보가 큰 지역일수록 온난화속도가 대체로 빠른 경향이였으나 북한에서 한냉지로서 가장 추운지대인 북부내륙고원지대에서는 예외적으로 낮은 적산온도에서도 온난화 속도가 비교적 빨랐으나 식량작물 이모작 도입에는 온열자원이 더 요구되었다.

이모작 작부양식별로 소요적산온도의 지역적 분포는 가

Table 4. Estimated accumulated temperatures of more than 5°C by daily mean air temperature for each double cropping patterns excluding artificial temperature for yearly regional changes in double cropping in North Korea.

Agricultural zone	Accumulated temperature (°C)				
	Av. 22 years (1973 ~ 1994)	Av. 5 years (2002 ~ 2006)	2009		
Northern inland semi-alpine zone (Samjiyeon, Jangjin, Pungsan, Hesan)	2,243 (1,742-2,808) Hesan (2,808)	2,472 (2,053-2,957) Hesan (2,957)	2,374 (2,040-2,867) Hesan (2,867)		
East-Northern coastal northern zone (Seonbong, Cheongjin)	3,144 (3,040-3,247) Cheogjin (3,247)	3,273 (3,130-3,416) Cheogjin (3,416)	3,232 (3,095-3,368) Cheogjin (3,368)		
Northern mountainous zone (Junggang, Ganggeo, Hicheon)	3,375 Junggang (3,170) Ganggeo (3,317) Hicheon(3,637)	3,607 Junggang (3,342) (3,342-3,850)	3,545 Junggang (3,284) (3,285-3,784)		
East-Northern coastal southern zone (Kimchaek, Sinpo)	3,503 (3,395-3,611) Sinpo(3,611)	3,711 (3,598-3,823)	3,775 (3,605-3,945)		
Central mountainous zone (Yangdeok)	3,484	3,742	3,690		
Western central mountainous zone (Pyeonggang, Gusung, Supoong, Anju, Singeo)	3,794 (3,600-3,985)	4,000 (3,744-4,187)	3,971 (3,817-4,150)		
East central coastal zone (Hamhung, Weonsan, Jangjeon)	3,957 (3,767-4,173)	4,261 (4,063-4,428)	4,032 (3,945-4,141)		
Western coastal plain zone (Sinuiju, Pyongyang, Yongyeon, Sariwon, Nampo, Gaesung, Haeju)	3,991 (3842-4130)	4,230 (4042-4393)	4,206 (3,993-4,386)		
Winter wheat + Maize (3,500°C)	Winter wheat + Soybean (3,200°C)	Winter wheat + Rice (3,150°C)	Potato + Maize (3,000°C)	Potato + Soybean (2,700°C)	Potato + Rice (2,650°C)

*Numerals with ranges within parenthesis refer to the regional variation.

장 높은 적산온도를 요구하는 가을밀+옥수수 이모작(3,500°C 이상)은 과거 22년간 평년값에서 서해안평야지대, 서부중간지대, 동해안중부지대, 일부 동북해안남부지대의 신계지역(3,611°C) 및 북부산간지대의 희천지역(3,637°C) 이외에는 생산제한지역이 많았다. 온난화로 최근 5개년과 당년에는 과거 가능지역 외에도 동북해안남부지대 전역과 북부산간지대의 강계까지 북상되어 벼 다음으로 재배면적이 많은 작물로서 온난화 효과가 크게 기대되었다.

반면 가을밀+콩(3,200°C), 가을밀+벼 등 월동작물과 결합된 이모작은 동북해안남부지대의 청진지역 이남에서만 가능하였고, 겨울작물의 월동온도 면에서는 온난화의 효과가 뚜렷하였으나 적산온도확보 면에서나 여름작물 냉해 면에서는 아직도 온난화의 효과를 더 요구하는 작목결합들이었다.

또한 여름작물만으로 결합된 이모작에서 봄감자+옥수수는 동북해안북부지대까지, 봄감자+콩, 봄감자+벼 등은 일부 북부내륙고산지대의 해산지역까지 가능하였으나 온도상승이 더 요구되는 작목결합들이었다.

고 찰

북한의 최근 5개년(2002-2006년)의 기온상승은 식량작물 생산을 위한 다양한 이모작 작부양식의 합리적인 작목결합과 지역적 배치에서 최와 강(2006)이 산정한 소요적산온도의 확보 면으로는 가장 추운 아한대 북부내륙고산지대를 제외한 북한 전역에서 3,150°C를 확보하여 겨울밀과 결합한 모든 작부양식의 도입이 가능한 온열효과로 나타났다.

그러나 겨울작물의 월동가능온도를 고려하면 북부내륙고산지대와 희천지역을 제외한 북부산간지대까지 겨울작물 월동가능온도에 미달되어 1월중 온열자원의 확보가 더 요구되었고 여름작물인 벼 장해형 냉해 면에서도 벼농사가 많이 이루어지는 동북해안지대에서의 7월중 온열자원도 더 요구되었다.

따라서 북한의 식량생산을 위한 앞그루와 뒷그루 작물생육에 요구되는 총 적산온도 확보 면에서 자연적인 온열자원의 증가는 물론 보온육묘기술 등의 인공보충온도의 확보나

단기저온성 품종 선택 및 효율적인 작목결합 등으로 재배기간 단축에 따른 소요적산온도를 낮출 수 있는 재배기술이 요구되는 것으로 평가되었다.

적 요

지구온난화에 따른 북한지역의 식량작물 생산을 주축으로 하는 이모작의 특성을 평가하기 위해서 온난화의 지역적 특성, 겨울작물의 월동온도, 여름작물의 냉해유발온도 및 이모작 작부양식별 소요적산온도 확보 등 온열지표의 변화를 농업기후지대별로 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 온난화의 지역적 특성

북한의 온난화는 과거(1973-1994)보다 최근(2002-2006) 들어 연간 평균기온은 3,271°C로 233°C나 상승되었고 일평균기온은 8.96°C로 0.64°C 증가되었다. 일평균기온의 지역간 변이는 아한대인 북부내륙고산지대의 삼지연에서 1.06°C, 온대인 동해안중부지대의 장전에서 12.26°C로 큰 변이를 보였다.

2. 겨울작물의 월동가능지역 확대

겨울작물의 월동온도를 기준으로 가을보리+벼 이모작(-13°C 이상 지역) 가능지역의 분포는 과거 서해안과 동해안 및 서부중간지대의 일부에서 최근 들어 서부중간지대의 전역으로 확대되었고, 가을밀+벼 이모작(-15°C) 가능지역은 과거 서해안과 동해안 및 서부중간지 전역에서 최근 중부산간지대의 전역과 북부산간 일부지역까지 확대되었다.

3. 여름작물의 냉해우려지역 분포

7월중 일평균기온 17°C 이하의 장해형냉해 유발온도의 경과일수를 기준으로 냉해우려지역의 분포는 북부내륙고산지대에서 21-29일, 동북해안북부지대에서 8-10일, 동북해안남부지대에서 2-5일로 나타났다.

4. 이모작 적산온도 확보의 지역적 분포

월동작물 가을밀과 결합된 여름작물(벼, 옥수수 및 콩) 이모작을 가능케 하는 적산온도 3,150°C 이상 확보지역의 분포는 북부내륙고산지대를 제외한 북한 전역으로 확대되었고, 여름작물 봄감자와 결합된 벼, 옥수수

및 콩 등 이모작을 가능케 하는 적산온도 2,650°C 이상 확보지역의 분포는 일부 북부내륙고산지대 해산지역까지 가능하였다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 현장협력기술개발사업(RIMS 번호 015) 연구비 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

인용문헌

- 권창환, 김현숙. 2001. 논에서 두벌농사 가능지대 구분(1). 기상과 수문 3 : 36-37.
- 김영철. 2001. 대동강유역에서 기후조건에 의한 두벌농사 가능지대 선택. 기상과 수문 6 : 27-28.
- 김정팔, 김현숙. 2000. 서해안 정주이남지역에서 두벌농사 가능지역 구분을 위한 지리학적연구. 지질 및 지리과학 200 : 36-37.
- 류인수, 최돈향, 윤성호. 1996. 북한의 수도작 농업기후지대 구분. 한국국제농업개발학회지 8(3) : 206-215.
- 반영옥, 리원호. 2003. 농작물의 겨울나기 조건 평가. 기상과 수문 6 : 26-27.
- 반영옥. 2004. 온열자원 변화와 두벌농사조건. 기상과 수문 1 : 29-30.
- 백현성, 김현일. 2005. 알곡대 알곡 2모작 적지평가를 위한 기후지표들의 무게결정방법. 기상과 수문 3 : 10-10.
- 송경란. 2007. 최근 5년간 우리나라 기후특성. 기상과 수문 1 : 24-26.
- 송철영, 방신철. 2005. 콩 품종들의 소요온열조건과 생육일수, 소출과의 관계. 기상과 수문 1 : 39-40.
- 안영국, 조홍준. 2004. 두벌농사에서 5°C 적산온도의 리용. 기상과 수문 6 : 26-28.
- 윤희일, 김형섭. 2005. 적산온도에 의한 논앞그루 감자소출형성과정의 모형화. 기상과 수문 5 : 28-30.
- 최학봉, 강응룡. 2006. 우리나라의 두벌농사지역화에 대한 연구. 김일성종합대학학보 52 : 167-169.
- 허영복, 홍철만. 2003. 2모작 강냉이의 물질생산과 유효적산온도와와의 관계. 기상과 수문 5 : 25-26.
- Satake, J., 1971. Male sterility of rice plants in cool weather injury. Agric. Hort. 46 : 1534-1538.