

## 축산부문에 미치는 기후변화의 영향 및 대응방안 연구

지은숙 · 박규현\*

강원대학교 동물자원과학부

## Study on the Impacts and Countermeasures of Climate Change on Livestock Agriculture

Eun-Sook Ji, Kyu-Hyun Park\*

Kangwon National University

### ABSTRACT

Climate change has directly impacted environmentally dependent first industry. The changes of amount and frequency of precipitation have caused unstable drinking water supply for grassland and feed crop, and have changed the variety of grassland and feed crop. Rising temperature has caused heat stress on livestock, which has impacted feed intake and livestock products, and also has threatened to the health of livestock by widening the range of sources of diseases. In order for livestock industry to confront climate change, new technology development for climate change adaptation and measures of greenhouse gas mitigation are essential. Agroforestry is the one of alternative measures to mitigate greenhouse gases and to adapt to climate change. Agroforestry is the way rearing livestock and cultivating plants in forest, which is suitable to Korea where mountain area is over 68%. Feedstock such as maize, soybean, rice, and grass grown by agroforestry would decrease feed cost. Agroforestry will decrease heat stress of livestock during hot weather and will be possible to pasture, which increases livestock welfare.

**(Key words :** Climate change, Livestock agriculture, Agroforestry, Livestock welfare)

### 서 론

세계 곳곳에서 기후변화에 따른 심각한 피해가 동시다발적으로 발생함에 따라 기후변화에 대한 관심이 날로 높아지고 있다. 오세아니아에 있는 몰디브와 투발루는 기후변화로 인한 해수면 상승으로 바다 속에 잠길 위험에 놓여있다. 기상청 홈페이지의 내용을

살펴보면 기후변화는 다양한 원인에 의해 현재의 기후체계가 점차 변화하는 것을 말하는데, 그 원인은 자연적 요인과 인위적 요인으로 나눌 수 있다. 자연적 요인은 대기가 다른 기후시스템과의 상호작용에 의해 변화하는 내적 요인과 화산 분화에 의한 성층권의 에어로졸 증가, 태양 활동의 변화, 태양과 지구의 천문학적 상대위치 관계 등의 외적 요

\*Corresponding author : Park, Kyu-Hyun, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea. Tel: 033-250-8621, Fax: 033-259-5573, E-mail: kpark74@kangwon.ac.kr

2015년 4월 9일 투고, 2015년 5월 14일 심사완료, 2015년 5월 19일 게재확정

인으로 구분된다. 인위적 요인은 강화된 온실효과, 산업화에 의한 에어로졸의 효과, 토지 피복의 변화, 삼림 파괴 등이 있다.

IPCC 4차 평가보고서에 의하면 지구 평균 온도가 1.5~2.5℃ 상승하면 동물 및 식물종의 약 20~30%가 멸종할 위기에 직면하고 생물 다양성의 25%가 멸종할 것으로 예상하였다 (Lee, 2013; IPCC, 2007). 우리나라도 이러한 기후변화의 영향에서 예외가 아니며 오히려 지구 평균보다 더 큰 영향을 받고 있다 (KMA, 2010). 1906년부터 2005년 사이의 지구 평균 온도는 0.74℃ 상승한 반면(IPCC, 2007), 1912년부터 2008년 사이의 국내 평균 온도는 지구 평균의 2배 이상인 1.7℃ 상승하였다 (Kwon, 2005). 평균 기온의 상승은 지구온난화를 발생시키고 이에 따라 남극 빙산이 해빙되어 결국 해수면의 상승을 초래하고 있다. 1999년부터 2008년까지의 최근 10년간 제주 부근의 평균 해수면 상승률은 연평균 약 7.2 mm으로 (KHOA, 2009) 이는 1993년부터 2003년까지의 전세계 연평균 해수면 상승률인 3.1 mm의 2배가 넘었다 (IPCC, 2007). 강수량의 변화는 증가 추세를 보이며 그 빈도와 발생강도가 이전과 비교했을 때 극심하게 변하는 경향을 지닌다. 1971년부터 2007년까지 국내 주요 도시의 평균 강수량은 연평균 105 mm에서 121 mm로 약 15% 증가했다(AU, 2007).

기후변화는 특히 환경의존도가 높은 1차 산업에 직접적인 영향을 미친다(Gu, 2009). 영국의 경우 기후변화만 고려된 연구에서 작물 대부분의 수량이 감소하였고 이산화탄소가 대기 중에 증가했을 때에는 작물 모두의 수량이 증가하였다 (Downing et al., 2003). 캐나다의 경우 이산화탄소 농도가 배가 될 때 알버타 지역에서 옥수수과 소맥의 생산량이 21~124% 증가할 것이고 (McGinn et al., 1999) 퀘벡 지역에서 옥수수와 사탕수수 생산량은 20% 증가하며 콩과 소맥 생산량은 20~30%

감소할 것으로 연구되었다 (Singh et al., 1998). 호주의 경우 2002년 3월부터 10월까지 8개월간 호주대륙의 약 70% 지역의 강수량이 1900년 동일 시기의 강수량의 최저 10%에 달하는 대가뭄을 경험하였고 2002년 겨울과 봄에 호주 전역 평균 최대 기온이 가장 높았다. 이 시기 (2002년 3월)에 호주 4대 작물인 소맥, 보리, 카놀라, 루핀의 생산량은 14.8백만 ton으로 2001년 3월의 생산량인 34.1백만 ton에서 57% 감소하였다 (Passey, 2003). 따라서 향후 기후변화가 더욱 가속화되면서 국가의 기반이 되는 농업, 수산업, 임업 등 1차 산업의 취약점을 파악하고 그 영향을 최소화하여 피해를 줄일 수 있는 방안이 필요하다.

1950년부터 1993년 사이 밤 평균 온도는 10년당 0.2℃ 상승하였는데 이는 낮 평균 온도보다 2배 많은 상승률로써 (IPCC, 2001), 이는 일교차가 점차 줄어들고 있으며 여름에 열대야의 발생가능성이 높다는 것을 시사하고 있다. 따라서 축산부문에서는 축사 환경 조절을 위한 에너지 사용량이 증가될 수 있다. ‘교토 의정서 이행에 따른 농업부문 대응 전략’ 보고서 (Kim et al., 2007)에 따르면, 온실가스 감축을 위해 탄소세를 부과할 경우 우리나라는 화석에너지 의존도가 높은 시설원예와 축산업의 경영비가 크게 상승할 것이라고 분석하였고 특히 축산부문은 비육돈 6.7%, 산란계 6.4%, 번식우 6.2%, 젖소 4.0%, 비육우 3.2%의 경영비 상승이 나타날 것이라고 예상하였다.

FAO (2008)의 식품안전분야영향보고서에 따르면 혹한, 가뭄, 다습, 고온 등의 환경 스트레스에 따라 동물의 질병감수성도 증가한다. 기후변화는 매개체와 보균체의 범위, 개체수를 증가시켜 가축 건강에 위협이 된다.

이에 본 연구는 기후변화가 축산, 특히 가축에 미치는 영향을 사료, 생산성, 건강, 생물다양성 네 가지 부분으로 나눠 조사하고

그에 따른 대응 방안에 대해 조사해 보려 한다. 에너지는 가축 사육 시설에서 사용하고 온실가스는 가축이 환경에 배출하는 것이기 때문에 연구 범위에서 제외하였다.

### 기후변화와 사료

기후변화에 따른 강수량 변화는 사료작물 및 목초 생산에 영향을 주어 궁극적으로 가축의 사료 생산에 영향을 미친다 (Hisas, 2011). Fig. 1과 같이 2010년 하반기 이후 국제 곡물 시장은 전 세계적인 이상기후로 인하여 곡물생산량이 감소하고 중국과 인도의 경제 성장에 따른 식량 및 사료 수요 증가로 국제 곡물 수급 불균형이 빈번하게 발생하고 있으며 이는 국제 곡물 가격 상승에 반영되며 (Seung and Han, 2011; Sung, 2012) 이는 국내 배합 사료 가격 인상으로 연결된다.

국제유가의 상승과 대체 에너지의 수요 증가는 바이오 수요를 증가시키고 있다. 2011년 세계 바이오 에탄올 소비량은 1,009억 리터로 전년보다 8.5% 증가하고 바이오 디젤 소비량은 228억 리터로 전년보다 12.0% 증가할 것으로 예상되었다 (Van Dijk et al., 2010). 이는 세계 곡물 수요를 증가시키고 그 가격 또한 상승시킬 것으로 예상된다. 이와 같이 점차 증가하는 바이오 에너지 소비량은 바이오 에너지 생산용 작물 요구량을 증가시키고

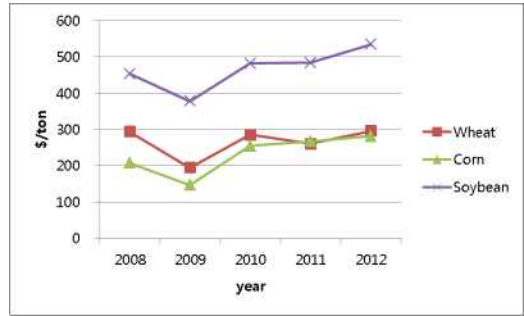


Fig. 1. Price trends of international grain (adapted from Seung and Han (2011) and Sung (2013)).

이에 따라 가축의 사료원료와 경쟁 관계를 형성하고 있다. 또한 기후변화에 따라 생태계의 변화가 생기고 사료의 종류에 변화를 가져오게 된다. 이에 따른 영향은 기업규모의 농장보다는 소규모 농장에서 더 큰 영향을 받게 된다. 서리가 끼거나 기후가 건조화 되는 지역에서는 옥수수보다 저항력이 더 큰 혼합 작물 시스템으로 바뀌게 된다 (Sietz et al., 2012). 따라서 사료작물 이용을 변화시켜야 할 필요가 있다.

### 기후변화와 축산 생산성

Kim (2013)의 조사에 따르면, 2013년 3월 호주의 우유 생산량은 661,870만 리터로 전년 동월 대비 7.1% 감소하였는데 그 이유로 여름의 고온 건조한 기후 정도가 증가하여

Table 1. The impacts of temperature and humidity on feed intake and milk production (adapted from Chase, 2006)

No.	Day temperature (°C)	Night temperature (°C)	Humidity (%)	Maintenance energy (Mcal)	DMI (kg)	ME milk (kg)	MP milk (kg)
1	15.5	10	50	16.38	48.8	38.7	37.1
2	32.2	15.5	50	18.27	47.2	35.3	35.8
3	32.2	15.5	70	19.95	46.6	33.2	35.3
4	32.2	23.9	70	19.95	39.8	26.2	29.7

DMI : Dry Matter Intakes.

ME : Milk production calculated from metabolic energy.

MP : Milk production calculated from metabolic protein.

젖소가 받는 스트레스가 예년보다 많고 방목 환경의 악화를 들었다. 뉴질랜드의 연간 원유 생산량은 2012년과 2013년을 비교했을 때 기후 변화에 따라 약 2% 감소하였다. 2013년 1월 원유생산량은 전년 대비 증가세를 유지했으나 50여년 만에 최악으로 기록된 가뭄이 2012년 말부터 2013년 초까지 발생하여 2012년 12월 북부지역을 시작으로 2013년 2, 3월 남부지역에 이르기까지 원유 생산에 영향을 미쳤다고 분석하였다.

Chase (2006)은 온도 및 습도 변화에 따른 사료섭취량과 우유 생산량에 대한 영향을 635 kg 젖소를 대상으로 Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)를 통해 평가하였다. 실험 3, 4를 비교할 때 밤 온도 상승은 다른 요인들의 상관관계보다 사료 섭취량과 우유 생산량 감소에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

### 기후변화와 가축의 건강

온도 상승으로 인하여 질병 원인 곤충의 서식처가 고산 지역, 고위도 지역으로 퍼져감에 따라 말라리아, 진드기에 의한 질병 등이 그 지역에서 발생하며 발생 기간 또한 길어지고 수면병, 청설병 등 지역적 매개체 전파질병이 범 지구적으로 퍼질 가능성도 있다 (Woolhouse, 2011; Thornton and Gerber, 2010). 영국에서는 온도 상승으로 기생충병의 계절적, 지역적 발생이 증가한다고 보고되었다 (Van Dijk et al., 2010). 호주에서는 기후변화의 영향으로 지구온난화가 일어나면 소 진드기의 월동이 빨라져 진드기 매개질병이 증가하여 육우 산업에 영향을 줄 것이라고 연구되었다 (White et al., 2003). 강수량 및 강수강도 변화 역시 습도에 영향을 주기 때문에 질병의 발생에 큰 영향을 미치고 질병 발생 장소와 기간에도 영향을 준다. 기생충 감염의 경우 온도와 습도에 의한 영향이 크기 때

문에 오랜 시간 그 지역의 기후 조건에 알맞게 적응한 가축에 새로운 감염원이 나타날 수 있다.

기후변화와 관련된 동물전염병은 매개체 전염병, 수인성 전염병, 식품 매개 전염병, 기타 전염병 등의 4가지로 나눌 수 있다 (Lee, 2010). 매개체 전염병 (Vector borne diseases)은 모기 매개에 의한 말라리아, 뎅기열, 일본뇌염, 웨스트나일 등과 진드기 매개에 의한 라임병, 아나플라스마, 에를리키아, 타일레리아, 바베시아, 야토병, 리슈만편모충, 쯤쯤가무시, 큐열 등이 있다. 온도 상승으로 인하여 모기와 진드기의 발생이 증가하고 이에 따라 매개체 전염병도 발병율이 늘고 있다. 수인성 전염병 (Water borne diseases)은 콜레라, 이질 등이 있는데, 온도 상승과 강수량 증가에 따라 식품의 보관상에 문제가 생길 가능성이 많고 집단급식을 주로 하는 학교와 관공서 등에서 주로 발병한다. 식품 매개 전염병 (Food borne diseases)은 살모넬라, 장출혈성대장균 O157, 캄피로박터, 황색포도상구균 등이 있으며 기타 전염병은 설치류 매개에 의한 렙토스피라병, 페스트, 바토넬라, 신증후군출혈열 등과 철새 및 야생동물에 의한 조류 인플루엔자, 광견병 등, 그리고 토양(홍수)에 의한 탄저, 보툴리눔 등이 있다. 농림축산식품부의 자료에 따르면, 국내 가축전염병으로 인한 경제적 피해사항은 2003년부터 2007년까지 9,900억 원이 지출된 것으로 나타났다.

온도상승은 가축의 사망률을 상승시킬 것으로 예상된다 (Thornton and Gerber, 2010). Chae (2010)의 보고서에 의하면 2008년 7월 폭염에 의하여 경북 21,300여 마리, 강원 4,700여 마리, 충북 5,100여 마리의 닭이 폐사한 것으로 비공식 집계됐는데 폭염에 의한 가축 폐사의 경우 보상기준이 없어 농가에서 신고하지 않는 경우가 많고 지자체의 관리 감독을 받지 않는다고 한다.

Table 2. Effects of heat stress of dairy cows (adapted from Van Dijk et al., 2010).

THI	Stress level	Impacts
<72	None	
72-79	Mild	Dairy cows will adjust by seeking shade, increasing respiration rate and dilation of the blood vessels. The effect on milk production will be minimal.
80-89	Moderate	Both saliva production and respiration rate will increase. Feed intake may be depressed and water consumption will increase. There will be an increase in body temperature. Milk production and reproduction will be decreased.
90-98	Severe	Cows will become very uncomfortable due to high body temperature, rapid respiration (panting) and excessive saliva production. Milk production and reproduction will be markedly decreased.
>98	Danger	Potential cow deaths can occur

Van Dijk et al. (2010)는 열 스트레스가 젖소에 미치는 영향을 연구하였다 (Table 2). 가축이 열 발산을 통해 체온을 유지할 수 없을 경우 열 스트레스를 받게 되는데 열 스트레스는 온도, 습도, 복사에너지 등에 영향을 받는다. 열 스트레스는 THI를 사용하여 정량화할 수 있다. 열 스트레스는 THI 지수가 72를 넘어가면서부터 발생하고 THI 지수가 점점 올라감에 따라 젖소는 호흡이 가빠지고 우유 생산과 번식 활동이 급격히 감소함을 알 수 있다.

기후변화, 생물다양성, 사육방법의 변화

기후변화는 생물 종 및 자연 환경을 변화시킬 가능성이 매우 높고 이에 따라 생물다양성 분야에도 영향을 미친다. 여러 지역에서 세계화로 인하여 농업의 유전적, 문화적 다양성이 크게 손실되고 있으며 (Ehrenfeld, 2005), 산업혁명 이후 지구 평균온도가 2.5℃ 증가할 경우 식물 종과 동물 종의 20~30%가 멸종할 위험에 처하게 된다 (IPCC, 2007). 즉 생태계와 종은 기후변화에 취약성을 갖고 있으며 (Thornton et al., 2007) 희귀 품종은 기후변

Table 3. Direct and indirect impacts of climate change on livestock production systems in the tropics (adapted from Thornton and Gerber, 2010)

Category	Grazing systems	Non-grazing systems
Direct impacts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water availability</li> <li>- Extreme weather events</li> <li>- Drought and floods</li> <li>- Productivity changes due to temperature increases and rainfall shifts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water availability</li> <li>- Extreme weather events</li> </ul>
Indirect impacts	Agro-ecological changes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fodder quality and quantity</li> <li>- Host-pathogen interactions</li> <li>- Disease epidemics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Increased resource price (e.g. feed and energy)</li> <li>- Disease epidemics</li> <li>- Increased cost of animal housing (e.g. cooling systems)</li> </ul>

화와 전염병에 의해 멸종할 위험이 크다. 따라서 축산 부문에서는 사료작물과 가축 종의 변화를 가져 올 가능성이 크다. 이에 대응하기 위해서는 축산 부문에서의 생물다양성을 높이고 기후변화에 강한 종을 육성할 수 있어야 한다. 또한 다양한 사료작물과 목초를 재배하여 예측 불가능한 기후변화에 대비하고 가축 품종의 다양성을 확보하여 식량 수급 불안정을 준비할 필요가 있다.

Thornton and Gerber (2010)은 개발 도상국에서 축산에 미치는 기후변화의 직·간접적인 영향을 요약하였다 (Table 3). 비 방목 시스템에서 사육 환경을 제어하고 가축을 축사 시설 내에 사육하는 방법을 통해 기후변화의 직접적인 영향을 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다. 비록 물 가용성의 감소가 예상되지만 농장관리를 통해 피해를 줄일 수 있으므로 방목 시스템에 비해 기후변화에 의한 영향은 적을 수 있다.

## 결 론

기후변화에 의한 영향은 기후변화에 노출되는 횟수와 시간, 기후변화에 대한 민감성, 기후변화에 적응할 수 있는 능력, 기후변화를 완화시킬 수 있는 기술 등에 따라 달라진다. 따라서 기후변화에 얼마나 잘 준비하는가에 따라 그 피해는 달라질 수 있다. 기후변화는 장점 혹은 단점만 갖고 있는 것이 아니라 두 가지를 동시에 발생시킨다. 기후변화의 많은 영향은 피할 수 있거나 감소시킬 수 있으며 늦출 수 있지만 적응방법이나 완화방법 등 그 어떤 것도 기후변화의 모든 영향에서 벗어날 수는 없다. 이에 축산부문에 미치는 기후변화의 피해를 줄이는 방안으로 적응과 완화 방법을 아래와 같이 제안할 수 있다.

다양한 기후변화는 적응기술의 개발에 비해 더 빠른 속도로 일어나고 있고 이러한 격

차는 적응기술 개발 지체로 인하여 위험이 더욱 증가할 수 있으며 지금도 겪고 있는 가난, 자연재해, 기근, 질병의 급작스런 발생을 더욱 촉진할 수 있다. 따라서 기후변화에 적응하는 기술 개발은 시급한 과제이다. 초지 관리에 있어 품종의 다양성을 확보, 가축 사육의 집중화, 통합적 곡물 생산, 토지 사용법과 관개 방법의 변화, 자연 및 생태계 보존 등의 방법을 이용한다. 많은 지역적 품종·축종은 그 지역에 특화되어 있으므로 그 지역에 현존하는 여러 스트레스 요인들에 견디는 능력을 향상시키며 이중교배를 통해 다른 스트레스에 강한 인자들을 획득하도록 한다. 지역 내에서의 교역을 활발하게 하고 보조금 지급 혹은 폐지를 통한 정책적 수단과 가축 조기경보시스템(Livestock Early Warning Systems)을 만들어 이용한다. 또한 기후변화에 대한 축산인의 인식을 향상시켜 능동적 대응을 할 수 있도록 하며 예상되는 기후변화에 적합한 축산기술 및 시설의 보급을 촉진한다.

축산부문에서 온실가스는 다양한 사료생산 시스템, 가축분뇨 관리 및 처리방법, 가축사양방법 등에 따라 다르게 발생한다. 따라서 경제적이며 효율적인 온실가스 저감법의 사용을 통해 기후변화를 완화시킬 수 있는데 그 방법은 다음과 같다. 조기성장 품종의 선택은 사료에너지를 생산물로 효율적으로 전환할 수 있다. 또한 소화율이 높은 사료를 사용하여 사료효율을 높이고 가축분뇨의 발생을 줄여 온실가스 저감은 물론 가축분뇨 처리비용의 절감을 실현시킬 수 있다. 사료 조성에 따라 장내발효 과정의 메탄 발생량 변화가 생긴다. 사료에서 곡물 사용량이 증가함에 따라 메탄 발생량이 감소한다. 가축분뇨에서 발생하는 온실가스 양은 온도와 가축분뇨의 저장 시간에 밀접한 관계를 갖는다. 따라서 낮은 온도와 짧은 저장 시간을 이용하여 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있다.

위의 적응과 완화 방법을 아우를 수 있는

방법으로 혼농임업 (Agroforestry)이 있다. 혼농임업은 산림에서 작물과 가축을 동시에 기르는 방법으로써 산지가 68% 이상인 우리나라의 구릉형 산림지역에 적용할 수 있다. 그리고 세 가지의 농업부문을 같은 땅에서 시행함으로써 토지를 효율적으로 활용할 수 있기 때문에 나무와 작물, 가축간의 생태적이고 경제적인 상호작용이 이뤄질 수 있다. 또한 옥수수, 대두, 쌀, 목초 등의 사료작물을 재배하여 사료비용을 절감할 수 있다. 혹서기에는 가축의 열 스트레스를 감소시킬 수 있으며 가축의 방목 사육도 가능하여 동물복지에도 기여할 수 있다. 산림에서 가축 사육이 이뤄지기 때문에 일반인 주거지로부터의 거리를 충분히 확보함으로써 민원으로부터 자유로울 수 있고 또한 질병 전파를 고려한 방역문제에 있어서도 큰 장점이 있다. 기후변화는 하나의 기술 개발로 대응할 수 있는 위협이 아니고 복합적 기술과 협력이 필요한 위협이다. 따라서 혼농임업과 같이 축산에 필요한 과정을 반영할 수 있는 대응책을 연구하는 것이 더욱 필요할 것이다.

## 사 사

이 연구는 농촌진흥청 연구과제 (과제번호 PJ0101462015)에 의해 수행되었음.

## 인 용 문 헌

1. AU. 2007. The development of climate change impact monitoring system and adaptation strategies for human health. Ministry for Health, Welfare and Family Affairs.
2. Chae, J.S., 2010. The current situation of agricultural & fishery sectors and their measures for the global climate change - Status and countermeasures of the veterinary and livestock sector on climate change. The Korean Academy of Science and Technology.
3. Chase, L.E., 2006. Climate change impacts on dairy cattle. Climate change and agriculture: promoting practical and profitable responses. <<http://dbccc.onep.go.th/Climate/attachments/article/105/Climate%20Change%20Impacts%20on%20Dairy%20Cattle.pdf>> (retrieved 2015. 06.01).
4. Downing, T.E., Butterfield, R.E., Edmonds, B., Knox, J.W., Moss, S., Piper, B.S., Weatherhead, E.K. With the CCDeW project team. 2003. Climate change and demand for water. Research Report (Stockholm Environment Institute Oxford Office, Oxford.).
5. Ehrenfeld, D., 2005. The environmental limits to globalization. *Conserv. Biol.* 19 (2), 318-326.
6. FAO. 2008. 2008 The state of food and agriculture. Electronic Publishing Policy and Support Branch Communication Division FAO.
7. Gu, H.S., 2009. The impacts of climate change on livestock: Research trends in foreign countries livestock. *J. Clim. Res.* 4(2), 110-117.
8. Hisas, L., 2011. The impacts of climate change on food production: a 2020 perspective. Universal Ecological Fund.
9. IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by Houghton, J.T. et al., 881 pp., Cambridge Univ. Press, New York.
10. IPCC. 2007. Climate change 2007: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al.,

- Cambridge Univ. Press, New York.
11. KHOA. 2009. Study on sea level changes by global warming. Korea Hydrographic and Oceanographic Administration (KHOA).
  12. Kim, C.G., Kim, B.S., Kim, T.Y., Kim, M.K., Anderson, J., 2007. Countermeasures of agriculture for Kyoto Protocol fulfillment. Korea Rural Economic Institute.
  13. Kim, J.N., 2013. Dairy industrial trend of Australia and New Zealand. World Agri. 154, 1-46.
  14. KMA. 2010. 2010 Special report on abnormal climate. Korea Meteorological Administration (KMA).
  15. Kwon, W.T., 2005. Current status and perspectives of climate change sciences. ASIA-PAC. J. Atmos. Sci. 41, 325-336.
  16. Lee, E.K., 2013. Considering on relation between agriculture and environmental law. Environ. Law Res. 35(2):329-356.
  17. Lee, M.H., 2010. The current situation of agricultural & fishery sectors and their measures for the global climate change. The Korean Academy of Science and Technology.
  18. McGinn, S.M., Toure, A., Akinremi, O.O., Major, D.J., Barr, A.G., 1999. Agroclimate and crop response to climate change in Alberta, Canada. Outlook. Agric. 28(1), 19-28.
  19. Passey, R., 2003. Uncertain harvest: The predicted impacts of global warming on Australia agriculture. Australia Wind Energy Association and Climate Action Network Australia.
  20. Seung, J.H., Han, S.H., 2011. Trend and prospect of world crop supply and demand, in: Agricultural Prospect 2011: Agriculture, rural area, and agri-food industries: New market and opportunity. pp511-532.
  21. Sietz, D., Choque, S.E.M., Lüdeke, M.K.B., 2012. Typical patterns of smallholder vulnerability to weather extremes with regard to food security in the Peruvian Altiplano. Reg. Environ. Change. 12, 489-505.
  22. Singh, B., El Maayar, M., André P., Christopher, R.B., Thouez, J.P., 1998. Impacts of a GHG-Induced Climate Change on Crop Yields: Effects of Acceleration in Maturation, Moisture Stress and Optimal Temperature. Climatic change 38(1), pp. 51-86.
  23. Sung, M.H., 2012. World crop price trend. World Agri. 137, 1-7.
  24. Thornton, P., Herrero, M., Freeman, A., Mwai, O., Rege, E., Jones, O., McDermott, J., 2007. Vulnerability, climate change and livestock - Research Opportunities and Challenges for Poverty Alleviation. J. SAT. Agri. Res. 4(1), 1-23.
  25. Thornton, P.K., Gerber, P.J., 2010. Climate change and the growth of the livestock sector in developing countries. Mitigation Adapt. Strateg. Glob. Chang. 15, 169-184.
  26. Van Dijk, J., Sargison, N.D., Kenyon, F., Skuce, P.J., 2010. Climate change and infectious disease: helminthological challenges to farmed ruminants in temperate regions. Animal 4, 377-392.
  27. White, N., Sutherst, R.W., Hall, N., Wish-Wilson, P., 2003. The vulnerability of the Australia beef industry to impacts of the cattle tick (*Boophilus Microplus*) under climate change. Climate Change 61, 157-190.
  28. Woolhouse, M., 2011. How to make predictions about future infectious disease risks. Phil. Trans. R. Soc. B. 366, 2045-2054.