

Study Note

콘크리트 수로 탈출로 경사각에 따른 한국산개구리 행동 분석

이태호 · 김종권 · 서지혜 · 장문정 · 최태영 · 장민호

국립생태원 생태평가연구실

Analysis of *Rana coreana* Behavior According to the Slope Angle Degree of Escape Ramp

Taeho Lee · Jungkwon Kim · Jihye Seo · Moonjeong Jang · Taeyoung Choi · Minho Chang

Division of Ecological Assessment, National Institute of Ecology

요약: 본 연구의 목적은 콘크리트 U형 벤치 플룸관 수로에 설치되는 수로 탈출 경사로의 경사각에 따른 개구리 행동 특성을 분석하여 탈출 경사로 기준 각도를 제언하는 것이다. 실험 장치는 현장에서 적용되는 콘크리트 수로 탈출장치와 형태 및 재질을 유사하게 제작하였다. 경사로 실험을 위해 논 습지에서 서식하는 한국산개구리를 선정하였다. 경사로에서 보여지는 개구리의 주요 행동은 '뛰기', '걸기', '미끄러짐'이었으며, 경사각에 따른 행동 결과를 기록한 후 통계 분석하였다. 경사각은 20°-60° 범위에서 10° 간격으로 5개의 경사각을 설정하여 비교·분석하였다. 연관성 검증은 카이제곱 검증 방법을 사용하였다. 분석결과 30°와 40°는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 '생태통로 설치 및 관리지침'의 30° 이하의 설치 기준에 있어, 현장에서 이를 40°까지 일부 허용해 줄 수 있는 근거로 활용될 수 있는 결과이다. 하지만 수로 탈출 경사로가 한국산개구리뿐 아니라 다양한 소형 야생동물을 대상으로 하고 있다는 점에서 추가 연구가 필요할 것이다.

주요어: 콘크리트 인공수로, 탈출 장치, 양서류

Abstract: The purpose of this study is to propose the angle-limit of the escape ramp by analyzing the frog behavior characteristics according to the inclination angle of the waterway escape ramp installed in the concrete U-bench plume pipe channel. For the experiment, an escape test device was manufactured with the same shape and number of materials applied in the field. And *Rana coreana* living in paddy wetlands were selected. The main behaviors of frogs on the slope were 'jumping', 'crawling' and 'slipping', and after recording the behavioral results according to the inclination angle, statistical analysis was conducted using the chi-square test method. As a result of the analysis, there was no statistically significant difference between 30° and 40°. This result is an evidence for

First Author: Taeho Lee, Tel: +82-41-950-5465, E-mail: utome@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-4598-0896

Corresponding Author: Minho Chang, Tel:+82-41-950-5437, E-mail: mhchang@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-6000-9299

Co-Authors: Jungkwon Kim, Tel: +82-41-950-5441, E-mail: jungkwonk@nie.re.kr, ORCID: 0000-0003-0010-1146

Jihye Seo, Tel: +82-41-950-5444, E-mail: jihyeseo@nie.re.kr, ORCID: 0000-0003-1545-6302

Moonjeong Jang, Tel: +82-41-950-5469, E-mail: jmoon95@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-5392-6523

Taeyoung Choi, Tel: +82-41-950-5439, E-mail: ty_choi2016@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-3543-1439

Received: 23 November, 2021 Revised: 22 December, 2021. Accepted: 10 January, 2022.

expanding the standard of inclination angle 30° suggested in the 'Guidelines for Installation and Management of Ecological Pathways' to a maximum of 40° . However, further research is required in that the escape ramp targets not only Korean frogs but also various small wild animals. However, considering that various wild animals are affected by artificial canals, additional studies using various target wild animals are needed.

Keywords : concrete-product canal, escape ramp, amphibian

I. 서론

양서류는 전 세계적으로 다른 종에 비해 종수가 급격하게 감소하고 있으며(Simon et al, 2005), 습도가 유지되는 곳에서 활동하며 이동성이 작고, 고유한 생태적, 생리적 특성으로 인해 서식지 단절과 변형에 의한 생태적 영향을 크게 받는다(Pough et al, 2004). 양서류는 습지에 서식하는 대표적인 분류군으로 먹이사슬의 중간자 역할을 하여 습지 내 생물다양성 유지에 큰 역할을 하고 있다(Hirai and Matsui 1999; Katayama et al, 2013). 우리나라에 서식하고 있는 개구리류는 현재 14종이며(The Korean society of herpetologist 2021), 모든 종이 다양한 형태의 습지를 이용하고 있다(Lee et al, 2011; Yoo et al, 2019).

농업용 수로는 논 경작지의 생산활동에 중요한 역할을 하는 구조물로 대부분 콘크리트로 구성되어 있다(Joe et al, 1999). 논 경작지 등에 설치된 여러 종류의 개방형 U형 플룸관 수로는 논 경작지에 서식하는 양서류에게 다양한 형태로 생태적 악영향을 끼친다. 논 경작지 주변에 서식하는 개구리, 뱀, 설치류와 같은 소형동물의 서식지 내 이동을 방해하여 서식지를 파편화시키고, 수로에 유입된 소형 야생동물이 탈출하지 못하고 고립되어 죽기도 한다. 특히 논 경작지에 설치된 콘크리트 수로에서 수많은 양서류가 빠져 죽어 사회적 문제가 되고 있으며, 우리와 유사한 형태의 논 경작지를 이용하고 있는 일본에서도 논과 산림 사이에 설치된 콘크리트 수로로 인해 개구리가 탈출하지 못해 죽는 사례가 발생하고 있다(Matsuzawa et al, 2008; Watabe et al, 2016).

콘크리트 수로는 농경지뿐만 아니라 다양한 개발 사업에서 이수 및 치수를 위해 설치되고 있다. 현재

콘크리트 수로가 소형 야생동물에게 끼치는 생태적 영향에 대한 저감 방안으로 수로 구조물 내벽에 탈출 경사로를 설치하고 있다. 국내에서 이뤄지고 있는 수로 탈출 장치의 적용은 주로 개발 사업시 생태분야 저감 방안으로 환경영향평가 협의 과정에서 이뤄진다. 공사 현장에서는 평가서에서 제시된 근거를 토대로 수로에 반영한다. 수로 탈출 장치의 형태와 규격은 2010년 발간된 환경부 '생태통로 설치 및 관리지침'을 따르고 있다. 따라서 관련 지침에서는 경사로의 기울기, 요철 적용, 방법, 경사로 폭, 설치 간격 등을 수치로 제시하고 있다(Ministry of Environment 2010). 그러나 국내 여건을 현장 상황을 고려한 연구가 부족한 상황이며, 관련 설치 기준의 과학적 근거와 이를 개선할 수 있는 객관적 자료가 부족하다. Yon (2018)은 수로 탈출시설에 개선 방안을 특히 사례를 중심으로 적용성 등을 분석하고 개선 방안을 제시하였다. 수로 탈출 경사로의 실증적 검증 연구는 Min(2018)를 통해 이뤄졌으며, 무당개구리, 참개구리, 청개구리를 대상으로, 요철, 경사로 각도, 추락방지막 등의 변수와 탈출시간과의 관계를 중심으로 실험을 수행하였다. Okochi(2001)은 일본 두꺼비(*Bufo japonicus*)를 이용하여 수로 탈출 경사각을 실험한 결과 30° 미만의 경사를 가진 V형 수로를 제안하였다. Hou(2010)은 대만의 대표적인 양서류 7종을 대상으로 행동 실험을 수행하여 각 종의 도약 능력이 다르며 이에 탈출 경사로 경사각과 바닥재질의 차별적 적용의 필요성을 강조하였다. Yoshiharu(2011)는 경사로 바닥의 재질 변화에 따른 뛰기와 기어오름에 대한 행동특성을 분석하였고 그 차이점을 검증하였다.

탈출 장치를 통해 수로의 생태적 영향을 최소화하기 위해서는 국내 수로 환경 및 대상종에 맞는 포괄적

이고 다양한 측면에서의 접근과 연구가 필요하다. 그러나 현재까지 국내 적용되는 탈출 장치의 효율성과 적용성에 대한 체계적인 검증 및 개선 연구가 부족한 상황이며, 수로 탈출 장치에 대한 형태 부문에 있어 아이디어 수준에서 논의가 이뤄지고 있다는 한계가 있다. 국내 농 경작지나 개발사업의 인공 수로는 대부분 콘크리트로 제작되고 있기 때문에 국내 현장에 적용하기 위해선 탈출 경사로의 다양한 재질보다는 개구리가 탈출할 수 있는 경사 각도가 중요하다. 경사 각도에 따라 탈출 시설이 차지하는 면적과 설치 비용이 결정되기 때문이다. 현재 2010년 발간된 환경부 ‘생태통로 설치 및 관리지침’에서 제시하고 있는 탈출 경사로 각도 30°를 탈출 경사로 각도로 제한하고 있지만, 30°로 제시한 과학적인 근거는 제시되지 않았고 요철을 설치한다면 제한 각도를 높여도 문제없다는 의견이 계속해서 제기되고 있다.

따라서 본 연구는 2010년 발간된 환경부 ‘생태통로 설치 및 관리지침’에서 제시하고 있는 탈출 경사로 각도 30°를 기준으로 다양한 각도에서 개구리의 탈출 행동을 분석하여 탈출 경사로에 대한 기준 각도를 제안하고자 한다. 콘크리트 수로에 설치되는 탈출 시설에 설치되는 경사로에 대한 기초 근거 자료를 제공하여 우리나라에 적합한 탈출 시설 개발 및 생태계 보전에 기여하고자 한다.

II. 연구방법

1. 대상종

본 연구에서는 산개구리류(brown frog) 중 산림보다는 저지대 습지, 논 경작지, 임연부에 주로 서식하여 인공수로에 빠져 죽을 확률이 높은 한국산개구리(*Rana coreana*)를 실험 대상으로 선정하였다. 산림지와 인접한 논, 습지, 계곡, 경작지 주변에 서식하며, 번식지는 산림지대 주변에 있는 논 물웅덩이, 도랑 등이며 고인 물을 선호한다. 몸길이는 3.5~5cm로 우리나라에 서식하는 산개구리류 중 몸집이 가장 작고, 10월이면 논, 농수로, 물웅덩이, 습지의 물속 진흙을 파고들어 동면한다(Lee & Park 2016). 총 25개체를 대상으로 행동 연구를 수행하였고, 몸무게는 $4.55 \pm 1.42\text{g}(\text{Mean} \pm \text{SE})$ 이었고, 몸길이는 $3.9 \pm 5.39\text{mm}$ 이었다. 본 연구에서는 암수를 구별은 별도 진행하지 않았으며, 실험 개체는 실험 이후 포획한 장소에 다시 방사하였다.

2. 탈출실험 장치

실험장치는 현장에 설치된 탈출 시설과의 유사성, 반복 실험의 용이성을 고려하여 경사각 조절이 가능하도록 제작하였다(Figure 1). 실험 과정에서 빈번하게 발생하는 개구리의 경사로 이탈 문제를 방지하고, 주변 간섭을 배제한 상황에서 관찰이 가능하도록 5mm 두께의 이탈 방지용 투명 아크릴을 경사로 주



Figure 1. Experimental apparatus for frog behavior on concrete-product slope.

변을 막았다. 경사로 실험 장치의 재질, 규격 등은 관련된 지침에서 제시하고 있는 규격을 준수하였고, 경사로 폭은 지침에서 제시한 기준 폭의 최솟값인 20cm로 제작하였다. 실험 경사로는 경사로 하단부를 출발부, 중간 이동지점을 관찰부, 상단 부분을 종료부로 구분하였다. 출발부 지점에는 실험 개체를 투입할 수 있는 작은 구멍으로 된 투입부를 설치하였고, 개폐 가능한 차단벽을 설치하여 개구리가 모여진 상태에서 차단벽을 제거할 경우 일시적으로 상단부로 이동할 수 있도록 하였다. 경사로 경사각은 20°에서 60°까지 10° 단위로 설정하였고, 행동 관찰을 위해 고해상도 영상 촬영 장치 FDR-AX40 (Sony co, Jpn)를 이용하고, 촬영이 종료된 이후 기록된 영상을 시청하여 유효한 값을 기록하였다.

3. 경사에 따른 행동분석

영상을 통해 우선 경사로에서 발생하는 개구리 행동 및 특이 현상을 관찰하였으며, 그 가운데 대표성을 띠는 행동을 확인한 후 일정 시간 발생하는 빈도수를 기록하였다. 경사로 각도에 따른 행동의 발생 빈도의 통계적 차이가 발생하는지를 검증하기 위해 카이제곱 검증(chi-square test method)을 사용하였다.

III. 결과

1. 경사로에서의 행동 유형

개구리가 콘크리트 경사로에서 보여준 주요 행동은 뛰기, 걷기, 머무름, 방향전환이었고, 구조물과의 상호작용으로 나타나는 현상은 미끄러짐이었다. 미끄러짐 발생은 뛰기와 같이 움직임이 시작하는 단계와 끝나는 단계에서 발생하였다. 그러나 경사각이 높을 경우에는 특별한 움직임 없이도 스스로 미끄러지는 모습이 관찰되었다. 움직임의 진행 방향은 상부, 하단부, 측면부로 구분할 수 있다. 측면부의 경우에는 투명 아크릴로 되어 있어 아크릴을 향해 뛰는 개구리도 확인할 수 있었다. 경사로에서 한국산개구리가 나타내는 의미있는 행동을 뛰기, 걷기, 미끄러짐 3개로 선정하여, 경사각에 따른 한국산개구리 행동에 대한 빈도를 측정하였다(Table 1).

Table 1. *Rana coreana* of behavior pattern at each slope

Slope	Behavior pattern			Total
	crawl	jump	slip	
20°	24	46	2	69
	33.3%	63.9%	2.8%	
30°	38	25	9	72
	52.8%	34.7%	12.5%	
40°	34	23	17	74
	45.9%	31.1%	23.0%	
50°	49	10	13	72
	68.1%	13.9%	18.1%	
60°	34	1	35	70
	48.6%	1.4%	50.0%	

2. 경사로에서의 행동 특성

1) 20°와 30°

가장 낮은 경사각인 20°와 환경부 '생태통로 설치 및 관리지침' 기준인 30°와의 연관성 분석을 위해 144개의 관측 자료를 교차 분석하였다(Table 2). 교차 분석 결과 두 경사각 사이에는 경사각에 따른 행동 특성은 유의한 차이가 있었다($\chi^2=13.827$, $df=2$, $p=0.001$). 20° 경사로의 걷기, 뛰기, 미끄러짐 관측빈도는 각각 24회, 46회, 2회로 나타났으며, 30°는 각 38회, 25회, 9회로 분석되었다. 이 결과를 볼 때 상대적으로 낮은 각도에서 뛰기의 빈도수가 높은 것으로 확인되었다.

2) 30°와 40°

경사각 30°와 40°의 분석에서는 146개의 관측 자료를 사용되었다. 교차 분석 결과 두 경사각에 따른 행동 특성은 유의한 차이가 없었다($\chi^2=2.740$, $df=2$, $p>0.05$).

3) 40°와 50°

경사각 40°와 50°의 분석에서는 146개의 관측 자료를 사용되었다. 교차 분석 결과 두 경사각 사이에는 경사각에 따른 행동 특성은 유의한 차이가 있었다($\chi^2=8.340$, $df=2$, $p=0.015$). 40°와 50°에서도 20°와 30°도 비교와 마찬가지로 행동 및 미끄러짐 발생 빈도 차이가 경사각에 따라 발생하는 것으로 확인되었다. 관찰된 행동 및 미끄러짐 발생의 빈도를 확인

해 보면, 40°에서의 걷기가 34회로 나타났고, 뛰기는 23으로 나타났다. 이는 상대적으로 낮은 각도에 비해 걷기의 비중이 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 미끄러짐의 관측빈도는 40°에서 13회로 나타났고, 50°에서 17회로 나타나 미끄러짐 발생에 큰 차이를 보이지는 않았다.

4) 50°와 60°

경사각 50°와 60°의 분석에서는 142개의 관측 자료를 사용되었다. 교차 분석 결과 두 경사각 사이에는 경사각에 따른 행동 특성은 유의한 차이가 있었다 ($\chi^2=20.134$, $df=2$, $p=0.000$). 관측 빈도를 통해 60° 경사각에서는 걷기와 미끄러짐의 빈도가 각각 34회, 35회로 유사하게 나타났다. 이는 대부분의 행동 과정에서 미끄러짐이 발생하는 것을 의미한다. 50°에서 보여준 걷기 49, 미끄러짐 13과 비교해 볼 때 차이가 크게 나타났다.

IV. 논의

수로 탈출 경사로의 경사각은 소형 야생 동물의 탈출 확률과 장치의 현장 시공에 비용에 있어 중요한 영향을 미친다. 현장에서 주로 시공하는 형태의 수로 탈출 실험장치를 제작하여 경사각에 따른 개구리 행동 특성을 분석한 결과 경사각에 따라 한국산개구리의 행동 빈도가 유의미하게 차이가 있었다는 것을 확인하였다. 경사각이 높고 낮음에 따른 주요 행동과 현

상을 보면 경사각이 낮을수록 뛰는 횟수가 높은 것으로 나타났으며, 반대로 경사가 급할 경우에는 뛰는 횟수가 현저히 줄어드는 것을 확인하였다. 그러나 경사로를 오를 때 뛰는 것과 걷는 것에 대한 빈도 차이가 탈출 영향에 어떠한 영향을 주는지에 대해서는 확인할 수 없었다. 이는 한국산개구리가 등반 가능한 경사라도 경사도에 진입하여 탈출까지 연속적 행동을 보이지 않고 되돌아 가거나 경사로를 이탈할 수 있기 때문이다. 예를 들어 20°와 같이 낮은 각도에서는 평지에서와 같이 개구리가 경사로 아래쪽으로 뛰는 등 다양한 방향으로 이동하는 경향을 보여주었다(Figure 2). 10° 간격으로 진행된 실험에서는 30°와 40°만 행동 및 미끄러짐 현상의 발생 빈도가 서로 차이가 없었다. 이는 여러 가지 형태로 해석될 수 있으며 특히 30° 이하의 설치 기준에 있어, 현장에서 이를 40°까지 일부 허용해 줄 수 있는 근거로 활용될 수 있는 결과이다. 40°로 설치 기준이 변경되면 경사로 길이가 상대적으로 줄어들어 설치 시공에 있어 비용적 절감을 예상할 수 있다. 하지만 수로 탈출 경사도가 한국산개구리뿐 아니라 다양한 소형 야생동물을 대상으로 하고 있다는 점에서 추가 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

콘크리트 인공 수로는 논 습지의 생태적 기능과 주변 생태계와의 연결성에 악영향을 미친다. 이러한 영향을 일부 감소시키기 위해 수로 설치 시 소형 야생동물 수로 탈출 장치를 설치하도록 하고 있다. 본 연구는 이 장치가 논 습지의 대표적인 생물종인 개구리와 어떻게 상호작용하지를 과학적으로 검증하고자 하였으며, 관련 행동들에 대한 정량적 관측과 통계적 검증을 통해 의미 있는 결과를 도출했다는 의의가 있다. 개발 현장에서 적용되는 탈출 경사로 관련 기준에 대한 과학적 근거와 이해의 부족은 현장 여건을 고려하지 못한 획일적 장치를 적용하는 문제점을 발생시켰으며, 때로는 장치 시공자와 환경 관리자 간의 갈등 문제를 발생시키기도 한다. 이는 궁극적으로 탈출 장치를 통해 단절된 생태계의 악영향을 저감시키고 이를 개선하는 것에 부정적 요인으로 작용하고 있었다.



Figure 2. Frog experiment at a 20 degree slope angle (an example of a frog moving down a ramp).

국내에서 수로 탈출용 장치에 대한 다양한 방안들이 특허 등을 통해 제시되고 있으나, 이에 대한 현장 적용성 및 과학적 검증 과정이 이뤄지지 않아 실제 적용해 있어 한계점을 가지고 있다. 비록 본 연구에서는 제한적 실험을 수행하였지만, 국내 대상종 선정, 실제 현장에 적용되는 장치 활용 등이 국내 특성에 맞게 연구를 실행한 것에 그 의의가 있으며, 관련 후속 연구들과 연계되어 인공 수로의 생태적 악영향을 저감하는 방향을 제시하는데 있어 근거 자료로 활용될 수 있을 것으로 본다.

향후 후속 연구에서는 우선적으로 양서류 종의 확대가 필요하며, 파충류, 소형 포유류에 대한 추가적인 실험이 필요할 것이다. 또한 수로 내부 환경에서의 행동 양상 파악, 탈출로 유도 방안 등 탈출 확률을 높이고 악영향을 저감할 수 있는 종합적인 연구가 이뤄져야 할 것으로 판단된다.

사사

본 논문은 환경부의 재원으로 국립생태원(NIE-기반연구-2019-04) 및 한국환경산업 기술원의 ICT기반 환경영향평가 의사결정 지원 기술개발사업(No. 2020002990009)의 지원을 받아 연구되었습니다.

References

- Hirai T, Matsui M. 1999. Feeding habits of the pond frog, *Rana nigromaculata*, inhabiting rice fields in Kyoto, Japan. *Copeia* 1999: 940-947.
- Hou WS, Chang YH, Wang HW, Tan YC. 2010. Using the behavior of seven amphibian species for the design of banks of irrigation and drainage systems in Taiwan. *Irrigation and Drang* 59(5): 493-505.
- Joe SH, Kim JM, Kim KD, Ko MG, Kim JO. 1999. Deterioration factors of agricultural hydraulic structures. *Proceedings of the Korea Concrete Institute Conference* 11(2): 647-650. [Korean Literature]
- Katayama N, Goto T, Narushima F, Amano T, Kobori H, Miyashita T. 2013. Indirect positive effects of agricultural modernization on the abundance of Japanese tree frog tadpoles in rice fields through the release from predators. *Aquatic Ecology* 47(2): 225-234.
- Lee JH, Jang HJ, Suh JH. 2011. *Ecological Guide Book of Herpetofauna in Korea*. NIER, Incheon. [Korean Literature]
- Lee JH, Park D. 2016. *the encyclopedia of Korean amphibians. Nature and Ecology*, Seoul. [Korean Literature]
- Matsuzawa S, Matsuzaki M, Mizutani M, Yoshida D. 2008. Verification of population density and distribution of frogs inhabiting ecologically sound land consolidated field. *Drainage and Rural Engineering*, 704-705. [Japanese Literature]
- Min BH. 2018. A study on the eco-corridor development by analysis of ecological habits in amphibians. Andong National University. A doctoral thesis.
- MOE. 2010. *Guidelines for Design and Management of Wildlife Crossing Structures in Korea*. [Korean Literature]
- Okochi I, Okawabata O, Kurashina N. 2001. Prevention of Amphibian Mortality in Roadside Ditch. *Journal of the Japanese Forestry Society* 83: 125-129.
- Park CJ, Ahn HK, Gye MC, Lee TH. 2015. Effects of Concrete Materials for the Stream Restoration on *Bombina orientalis* Embryos. *Ecology and Resilient Infrastructure* 2(2): 147-153.
- Pough FH, Andrews RM, Cadle JE, Crump ML, Savitzky AH, Well KD. 2004. *Herpetology*,

- 3rd ed. Saddle River NJ: Prentice Hall.
- Simon S, Janice C, Neil C, Bruce YAR, Debra F, Rober W. 2005. Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. *Science* 306(5702): 1783-1786.
- The Korean Society of Herpetologist [Internet]. List of amphibian in Korea; [cited 2021 Nov 22] <http://www.krsh.co.kr/html/sub0101.html>
- Watabe K, Mori A, Koizumi N, Takemura T, Park MS. 2012. Experiment for development of simple escape countermeasures for frogs falling into concrete canals. *Transactions of The Japanese Society of Irrigation* 79(3): 215-221.
- Yon JH. 2018. A study on improvement for the Eco-way(escaping facility on waterway) helping wild animals' migration. Korea National University of Transportation. Railroad specialized school Master's thesis.
- Yoo N, Do MS, Nam HK, Choi G, Son SJ, Yoo JC. 2019. Habitat Characteristics of Anuran Species Inhabiting Rice Fields of Western Mid-South Korea –In the Case of Daeho Reclamation Agricultural Land by Farming Practices. *Korean Journal of Ecology and Environment* 52(4): 366-377. [Korean Literature]
- Yoshiharu H. 2011. An Ecological concrete-product study based on frog and snake behavior on various surfaces with slants of small drainage canals in paddy field. 7th International Symposium on Cement Based Materials for a Sustainable Agriculture, 89.