
지구 온난화에 따른 국내 과수작물 재배지 변화에 대한 GIS 예측 모형 연구

-여섯 가지 열대 및 아열대 과수를 중심으로-

**A Study of GIS Prediction Model of Domestic Fruit Cultivation
Location Changes by the Global Warming**

-Six Tropical and Sub-tropical Fruits-

곽태식* / Tae-sik Kwak, 기정훈** / Jung-hoon Ki, 김영은*** / Young-eun Kim,
전해민**** / Hae-Min Jeon, 김시진***** / Shi-Jin Kim

요약

농업은 기상 의존도가 매우 높은 산업분야로서 지구온난화는 농업의 생산성, 생산여건, 그리고 품질 및 재배적지 등에 미칠 영향이 매우 클 것이 예상된다. 따라서 본 연구에서는 지리정보시스템을 도입하여 지구 온난화에 따른 국내 과수작물 재배지의 입지분석을 기후변화에 따라 우리나라에 확대도입이 가능한 레몬, 무화과, 키위, 오렌지, 석류, 한라봉을 중심으로 시행하였다. 지리정보시스템의 기술적 측면에서 기온에 대한 Interpolate 기능과 경사도에 대한 surface analysis 기능, 그리고 raster calculator를 이용하였다. 기온의 상승에 따라 각 과수들은 재배지역이 현재는 제주도와 남부지역에 집중되어 있으나, 평균기온이나 최저기온이 3도, 4.5도 상승함에 따라 두 가지의 형태 즉, 중부지역으로 확산되거나 띠모양으로 변화하는 모습을 보이고 있다. 이러한 연구결과를 통해서 우리는 지구온난화라는 위기를 기회로 활용하고 더 나아가 농촌의 농가 소득향상과 국민에게 다양한 먹을거리를 제공하는 차원에서 기후 자원을 활용할 수 있는 정부의 정책적 노력과 농민들의 합리적인 대응이 시급하게 필요함을 주장하지 않을 수 없다..

Abstract

For agriculture is very highly dependent on climate and weather condistions, global warming seems to have a great impact on it, including its productivity, cultivation condition, product quality, and optimum cultivation location.

■ 접수일 : 2008.6.20 ■ 수정일 : 2008.8.13 ■ 심사완료일 : 2008.8.18

* 한동대학교 GLS학부 조교수(tskwak@handong.edu)

** 교신저자 명지대학교 행정학과 조교수(johnki@mju.ac.kr)

*** 한동대학교 공간시스템공학부 연구원(liliiope@hanmail.net)

**** 한동대학교 공간시스템공학부 연구원 (wjsgoals3@hanmail.net)

***** 한동대학교 공간시스템공학부 연구원 (junnura5360@hanmail.net)

In this study, we adopted geographical information system (GIS) in order to investigate the changes of Korea's cultivation area which are caused by global warming, especially with the examples of such tropical and sub-tropical fruits as lemon, fig, kiwi, orange, pomegranate, and mandarin. In terms of GIS techniques, we utilized the interpolate function for temperature changes, surface analysis function for slope, and raster calculator. Currently, these fruits's cultivation areas are in Jeju island and southern part of Korea. But these areas will be expanded according as our GIS model assumes 3°C and 4.5°C increases of average and lowest temperature by the global warming in Korea. Optimum cultivation areas of these six fruits have 'two patterns; one is expansion and the other is belt shape shift. From the results of the study, we call for an urgent need of Korea government's policy and farmers' reasonable responses about global warming, which will be able to give more opportunities and better foods to Korea society in general.

주요어 : 지구온난화, 과수작물, 재배지, 지리정보시스템(GIS), 예측모형

Keyword : global warming, fruit crop, cultivation area, geographical information system, prediction model

1. 도입

지구온난화는 산업혁명 이후의 산업발전과 인구 증가에 따른 화석연료 사용의 증가로 인해 대기 중에 이산화탄소(CO₂)와 같은 온실가스의 증가에 의해서 그 정도가 점점 심해지고 있는 실정이다. 지구온난화로 20세기에 지구 평균기온은 0.6 °C가량이 상승하였고, 이로 인하여 극지방과 고산지대의 빙하가 감소하고, 겨울철이 짧아지는 경향을 보이고 있다. 식물의 생육기간은 늘어났고 집중호우와 같은 극한 기상현상이 자주 발생하는 것 역시 지구온난화의 효과라고 여겨지고 있다. 우리나라도 1912년 이래로 지구온난화와 도시화 효과로 평균기온이 1.5 °C정도가 상승한 것으로 보고된 바 있다. 기후 전문가들의 예측하는 대로 앞으로 지구온난화의 경향이 더 심해진다면 현재의 환경에 적응해서 살고 있는 다양한 생물종들이 기후변화에 적응하지 못해서 궁극적으로 종 분포의 변화가 나타날 수 밖에는 없을 것이다. 따라서 지구온난화와 같은 기후변화에 대한 육상생태계의 변화와 반응, 그리고 사회경제적, 그리고 지리적인 영향에 대한 관심이 높아지고 있다 [1, 2]. 농업은 기상 의존도

가 매우 높은 산업분야로서 지구온난화는 농업의 생산성, 생산여건, 그리고 품질 및 재배적지 등에 미칠 영향이 매우 클 것이 예상된다 [3]. 따라서 농업 분야에서도 기후변화에 따른 다양한 작물과 수목에 대한 복합적인 반응이나 그 대책을 예측하고 대응하기 위한 연구와 노력이 나타나고 있다 [2, 3, 4].

그럼에도 불구하고 지구온난화에 대한 인식의 부족이나 관련된 전문 연구 인력의 부족 등으로 인해 발생 가능한 다양한 문제점들에 대해서 깊이 있는 연구들이 부족한 편이라고 할 수 있다. 특별히 지리정보시스템(Geographic Information System)을 응용한 연구들은 그리 많지 않은데 이는 지리정보시스템 전문 연구자들은 농업 분야에 대한 연구에 많이 관여하지 않는 경향이 있고 동시에 농업분야에서는 지리정보시스템 분야에 대한 관심이 다른 분야에 비해서 상대적으로 적었다는데 기인한다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 지리정보시스템의 기술적인 기법을 도입하여 지구 온난화의 영향을 받은 기온 및 강수량 변화에 따른 국내 과수작물 재배지의 입지분석을 실시하고자 한다. 본 연구에서는 기후변화에 따라 우리나라에 확대도입이 가능

한 무화과, 레몬, 키위, 오렌지, 석류, 한라봉을 중심으로 분석하고자 한다. 지구 온난화에 따른 기온 변화로 인해 국내의 재배 가능한 지역을 분석하여 앞으로 변화될 과수 산업에 대비하고, 전 국민이 안심하고 먹을 수 있는 국내산 무화과, 레몬, 키위, 오렌지, 석류, 한라봉의 생산적지를 제시하는데 그 연구목적을 두고 있다. 본 연구에서는 기온 이외에도 강수량, 경사도 등을 고려하여 분석할 것이며 이러한 분석과정에서 지리정보시스템의 다양한 기법들이 응용될 것이다.

본 연구의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 2장의 본문에서는 지구온난화에 따른 국내 기온 및 재배 환경의 변화와 국내 과수작물 재배지의 현재 및 장래 분포 양상을 살펴본 후 기존 연구에 대한 고찰을 통해서 본 연구의 차별성을 나타낸다. 3장의 분석과정 및 연구결과에서는 GIS 분석기법의 적용과 예측모형을 정립 한 후에 국내 과수작물 재배지의 GIS 예측모형을 통해서 여섯가지 과수의 재배지에 대한 변화를 예측한다. 마지막 4장의 결론 및 정책적 시사점에서는 2장과 3장의 연구를 바탕으로 해서 결론을 도출하고 이에 따른 정책적 시사점을 논하고자 한다.

2. 본문

(1) 문제제기

1900년대 초반에서부터 1990년대까지의 우리나라의 연평균기온을 보면 약 1°C 정도 상승했으며, 서울의 경우는 1.5°C 정도가 올라간 반면에 울릉도나 추풍령의 경우는 온도의 변화가 없었다 [5, 6]. 특별히 서울을 비롯한 대도시지역의 최고기온 상승은 뚜렷하게 나타나고 있다 [7]. 이러한 현상의 직접적인 원인이 지구온난화인지 아니면 도시열섬효과인지를 구분하기는 어렵지만 지구온난화와 관련된 기온의 상승은 분명한 사실이라고 할 수 있다. 앞으로 이산화탄소와 같은 온실가스의 배출량이 2배정도 늘어난다면 우리나라는 연평균기온이 약 2.0~2.5°C가 올라갈 것이며, 10년마다 0.15~0.45°C씩 올라

갈 것이 예측되고 있다 [8]. 만일 우리나라의 연평균기온이 2°C가 올라간다고 가정하면 중부지역의 평야지대는 현재 대구와 주변의 영남분지대와 같은 기후지대가 되어 연평균기온이 13°C에 이르게 될 것이며, 영남분지대는 15°C가 되어 현재 제주도와 같은 기온이 될 것이다. 남부해안지대는 연평균기온이 16°C정도가 되어 현재의 서귀포보다 더 따뜻한 날씨가 될 것이 예상된다. 제주도와 서귀포의 경우 가장 추운 달의 평균기온이 6.1°C 이상이 되어 아열대기후로 들어가게 된다 [9]. 이러한 예상은 농작물의 생육 가능기간이 늘어난다는 장점을 보이는 것이 사실이지만 이는 단순히 연평균기온을 기준으로 한 기계적인 계산 일 뿐이지 실제로 일어날 수 있는 기상이변 등은 오히려 더 심해질 것이다. 여기에서 더 나아가 우리나라의 연평균기온이 2°C가 아닌 3~4°C 상승한다는 것을 가정한다면 중부지방은 온대, 남부지방은 아열대, 그리고 제주도는 열대지방과 같은 기후로 변화하게 될 것이다 [10]. 이 경우, 농업 생태계 전반이 현재와는 판이하게 달라질 것이다. 작물재배기간이 현재보다 30~60일 가량 늘어나 다모작체계가 가능해질 것이며 경지이용도 훨씬 쉬워질 것이 예상된다. 이와 함께 여름작물들의 재배가 불가능한 고랭지나 북부지방에서도 여름작물 재배가 가능해지므로 경지가능면적이 확대될 것으로 예상된다. 현재 생산되고 있는 작물의 재배적지 이동이 일어나고, 변화된 기후에 맞지 않는 품종은 생산이 어렵고, 아열대 및 열대작물의 도입이 이루어져 앞으로 재배작물의 지리적 위치와 재배시기에 큰 변화가 있을 것이 예상된다 [10].

그렇지만, 기후변화에 적응하는 과정에서 생태계의 천이과정에서의 혼란과 이에 따른 잡초발생 및 병해충의 다양화라든지 지온 상승에 따른 토양유기물의 분해속도 증가와 지력소모의 가속화에 의한 토양비옥도 저하 등은 작물생산에 부정적인 영향을 줄 수도 있을 것이다. 평균기온 상승에 의한 수분증발의 증가에 대한 적절한 관개 없었을 때에는 상승적인 가뭄피해가 아울러 예상된다. 지구온난화가 농업 및 재배환경에 미치는 영향은 장점과 단점이 모두 내포되어 있으므로 미리 대비한다면 장점을

더욱 크게 살리고 반면에 단점은 완화하거나 최소화 할 수 있을 것이다. 따라서, 기후변화에 따른 농업생태계의 변화를 예측할 수 있는 기초연구와 응용기술 개발을 연구하여 중장기적인 대책을 수립할 필요성이 있다.

본 연구는 지구온난화가 농업에 미칠 영향 중 중요한 부분인 재배지 변화에 대한 예측과 그에 대한 전략적 대책을 세우기 위한 기초연구로서 계획되었다. 평균기온, 최저기온의 변화에 따른 열대와 아열대 과수의 도입이나 확대가 어느 정도 이루어질 수 있는가를 예측하고자 한다.

(2) 기온 및 재배환경 변화에 따른 국내 과수 작물 재배지 분포의 변화 양상

지구온난화에 따라 국내 과수작물 재배지 분포에 변화가 나타나고 있으며, 이러한 변화는 그 정도가 점차 심해질 것으로 예상되고 있다. 예를 들어 '사과'하면 대구지역, '한라봉'하면 제주도를, 그리고 '단감'하면 전라남도 장성지역을 그 주요 재배지라고 생각했지만 그러한 등식이 더 이상은 성립하지 않는 경우가 발생하기 시작했다[11]. 이로 인해 오랫동안 어떤 지역에서 생산되었던 과수작물들이 온난화의 영향으로 재배지역이 북상하고 있으며, 반면에 과거에 볼 수 없었던 과수작물이 새롭게 등장하는 경우도 상당히 많이 발생하고 있다. 사과, 복숭아, 감, 포도, 파인애플, 키위 등의 예로써 이러한 재배지 분포의 변화 양상을 설명하고자 한다.

사과의 경우는 현재 온도보다 약 2°C만 높아진다고 해도 주산지 중 일부지역에서는 생산을 멈추어야 한다. 우리나라의 경우 사과는 연평균기온이 13.5°C이하인 지역에서 재배되며 14°C 이상이 되면 재배할 수 없게 된다. 사과의 주산지인 대구나 칠곡의 경우, 연평균기온이 2°C가 높아지게 되면 사과 재배에 적합하지 않은 지역이 되어 버린다. 우리나라 과수 중 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 사과의 재배지역은 점차 북상하고 있으며, 이러한 변화의 근본적인 원인은 사과의 기온요구도 등 기후조건에 의해 품질이 저하되고 재배가 불리한 지

역은 밀려나고 반면에 재배에 적합한 지역은 활성화가 되면서 생겨난 현상이다. 사과의 재배적지는 대구 근교 남부권에서 북상을 시작해서 봉화, 영주, 청송 등을 지나 충청도와 강원도 일부 지역까지 올라갔다. 최근 사과 재배 적지로 떠오르고 있는 강원도 영월의 경우는 10년 내에 전국 최대 사과 생산단지로 성장할 계획을 세우고 있다 [12]. 다음으로 복숭아의 경우도 재배지역이 전국으로 확산되고 있다. 최근 복숭아의 수익성이 증대되고 지구온난화에 따른 동해(凍害)의 피해위험이나 빈도가 줄어들자 재배 면적의 양적 증대와 함께 재배지역도 경기북부, 충청북도 북부, 그리고 강원도 일대까지 확장되었다 [13]. 감나무의 경우 추위에 견디는 내동성이 약해서 주로 전라남도 순천, 담양, 장성 등에서 주로 재배된다. 그러나, 지구온난화의 영향에 따른 이상 고온 현상은 감나무 재배를 경기도 파주에서도 가능하게 만들었다. 감나무는 기온이 영하 20°C 이하로 내려가면 얼어 죽기 때문에 겨울철 최저기온이 영하 25°C인 파주에서는 감나무 재배가 불가능했으나 2007년의 경우 최저기온이 영하 10°C밖에 되지 않아 감나무가 얼어죽는 일이 발생하지 않았다. 포도의 경우를 살펴보면, 충청남북도의 북부지역이나 경기도 남부에서 재배되던 것이 현재는 강원도 일부지역과 경기도 북부지역까지 그 재배범위를 넓혔다. 한라봉은 제주도의 대표적인 과일이며 일본품종을 도입하여 특화시킨 과일로서 따뜻한 지역에서만 재배되던 것이 4-5년 전부터는 지구온난화의 영향으로 일조량이 풍부해진 전남지역에서도 생산되고 있다. 2007년 현재 전남지역 11개 시와 군의 100여개의 농가에서 한라봉을 재배하고 있는 것으로 나타났다 [12]. 또한 서귀포를 중심으로 한 제주도 일부 지역에서만 재배되던 감귤 역시 많은 생산량은 아니지만 전남 완도, 고흥, 진도 등에서 생산되고 있다. 그리고 그동안 아열대 작물로서 우리나라에서 재배되지 않았던 파인애플, 키위 등의 생산과 수확도 점차 증가될 것이 예상되고 있다. 무화과나 키위는 2000년대 들어서면서 그 생산량이 꾸준히 증가하고 있다.

(3) 기존 문헌 고찰

현재 우리나라에서 지구온난화에 따른 농업생산에 미치는 영향에 관련된 연구는 미진한 편이며 '기후변화 학술대회' 등을 통해 사회, 경제, 산업분야에 미치는 영향을 포괄적으로 평가하기 위해 환경부, 기상청, 관련학회 등이 주관된 종합적 토론회가 2003년부터 시작했다[14, 15, 16]. 더구나 농업과 관련해서는 벼, 수목 재배에 일부논문이 있고 과수분야는 극히 제한적으로 언급된 정도이다. 따라서 현재까지 진행된 관련연구를 살펴보기로 한다.

우선 기후변화가 과수재배에 미치는 영향에 관한 연구에 대해서 살펴본다. 서형호(2003)는 지구온난화가 농업의 생산성과 생산여건 그리고 품질 등에 상당히 큰 영향을 미칠 것이라고 예상하고 있다[3]. 특별히 지구온난화는 과수산업에도 많은 변화를 줄 것으로 예상하면서 과수생산에 영향을 미치는 환경요인으로 기온, 일사, 토양 등 여러 가지가 있지만 과수가 기온의 영향을 받기 쉬운 것으로 언급하고 있다. 과수재배에서 가장 중요시하는 것은 고품질 과실을 생산하는 것인데 여러 품질 요소-과실비대, 성숙, 착색, 과형, 당도, 산도가 온난화의 영향을 강하게 받을 수 있다고 기록하고 있다. 또한 재배면적의 변동이 일어날 가능성이 높으므로 이것의 규모를 파악하여 향후 과수산업의 전략을 세우도록 주장하고 있다. 한반도의 기후변화로 인해 일부 과종은 유익한 조건으로 작용하기도 하고, 시설 재배를 하는 과종은 연료비가 절감되는 등 기후에 영향을 적게 받을 수도 있지만 대부분의 과수는 기후변화에 상당히 취약하여 기후조건을 고려하여 적지를 선정하고, 과종의 선택과 품종의 선택에 신중을 기하고 좀더 나아가 우리나라의 복잡한 지형이 가져다 줄 수 있는 다양한 기후자원을 적절히 활용하도록 권유하고 있다

둘째, 지구온난화가 농업생산에 미치는 영향과 대응책에 대한 연구가 있다. 윤성탁(2005)은 '지구온난화가 농업생산에 미치는 영향과 대응책'이라는 연구를 통해서 바다와 육지를 포함하는 지구

의 온도가 20세기 동안에 0.6℃가 상승되었고, 21세기 말에 이산화탄소 농도가 540~970 ppm까지 증가되면 지금보다 1.4~5.8℃가 상승할 것이라고 전망하고 있다 [17]. 이는 임정남(1991)과 과학기술처(1995)의 예측과도 일치한다고 할 수 있다 [8, 10]. 지구온난화로 인해 CO₂ 농도증가와 기온상승은 농업에 유리한 면, 즉 이산화탄소 양이 늘어나면 탄소의 공급이 늘어나 식물이 더 빨리, 왕성하게 성장 할 것이라고 기대할 수 있지만 반대로 식물생장을 위축시킨다는 연구결과도 있어서 지구온난화가 농업생산에 어떻게, 얼마나 영향을 줄지 철저한 조사 및 연구를 요구하고 있다.

2001년에 기상청에서 발간한 한국의 기후표(1971-2000)(Korea Meteorological Administration, 2001)와 이전 기후표를 비교하면 연평균기온은 전국적으로 0.1-0.5℃가 상승하였고 이는 세계 평균 기온 상승과 비교하여 우리나라의 기온상승폭이 상당히 높음을 알려준다고 언급했다. 지구온난화가 농업생산에 미치는 영향으로는 현재 각 지역에서 재배되고 있는 작물과 품종은 저온에 의한 생육제한이 상당히 완화되고 작물의 발육속도가 빨라져 생육기간이 단축될 것으로 예상하면서 재배적지와 작물의 성격에 따라 과종기의 조절을 요구하고 있다. 특별히 기온의 상승은 과수의 성장과 발육에 영향을 주어 생육단계를 전반적으로 빠르게 하여 수확물의 품질과 저장력을 변화시킬 수 있으며 수종에 따라 재배지역이 확대되고 재배적지가 복잡할 것으로 예측한다.

셋째, "GIS 기반 AHP 기법을 이용한 작물재배 적지분석"의 연구가 있다. 김태준과 이근상(2006)은 GIS기반 공간의사결정지원시스템에서 기존의 단순중첩에 의한 부울 논리로 나온 결과는 정보의 손실과 요소간 가중치를 반영하지 못하는 문제가 있어서 이를 효과적으로 개선하기 위해 분석계층처리(AHP, Analytical Hierarchy Process)와 같은 전문가 시스템이 필요하다고 한다[18]. 이 연구의 분석계층처리(AHP) 전문가 시스템은 농업경영 전문가들의 설문조사를 통해 지형, 배수등급, 토성 그리고 경사에 대한 AHP 가중치를 평가하고 요소별

가중치를 기반으로 GIS공간분석을 활용하여 복분자 재배 적지분석을 수행하였다. AHP기법의 효용성을 평가하기 위해, 대상지역 일대의 복분자 재배지를 도면으로 구축한 후 기존의 부울 논리에 의한 적지선정결과와 비교해보니 AHP기법에 의한 적지선정결과가 현장을 더 잘 반영하고 있는 것으로 주장하고 있는데, 이는 실증적 분석을 통해 아래의 표를 도출해 냈고 이를 현실과 비교했을 때에 AHP기법이 현실에 더 가깝게 나타난다는 것이다. 이는 기법 자체의 우월성이라기 보다는 단순한 현실반영의 가능성에 대한 것이라고 할 수 있다.

<표1> 부울논리와 AHP에 의한 재배지 적지 비교

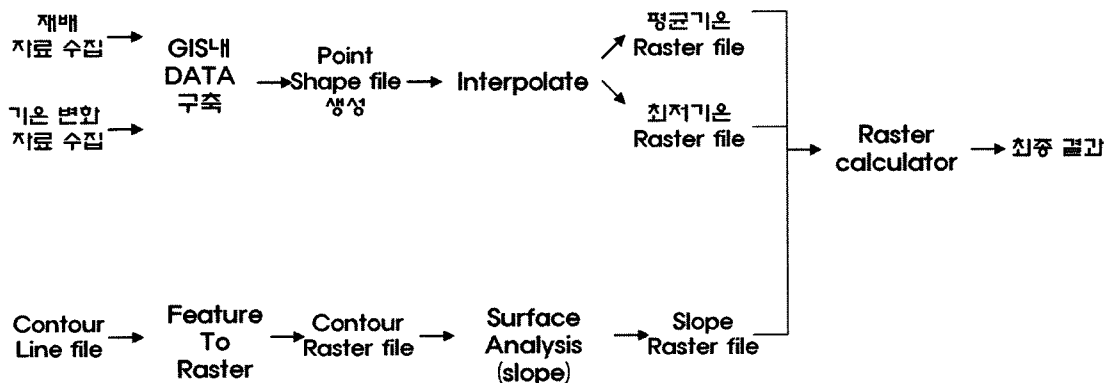
	적지	가능지	부적지
부울(Km ²)	2.27 (11.67%)	1.57 (8.07%)	15.61 (80.36%)
AHP(Km ²)	5.80 (29.82%)	6.51 (33.47%)	7.14 (36.71%)

참고문헌: [18], 701 page

3. 분석과정 및 연구결과

(1) GIS 공간분석기법의 적용 및 예측모형 정립

본 연구에서는 아래의 그림 1과 같은 과정을 통해서 GIS 공간분석기법의 적용 및 예측모형 정립을 하고자 한다. 본 연구과정은 과수재배에 결정적인 영향을 주는 자연현상인 평균기온, 최저기온, 강수량과 함께 물리적 조건으로서의 경사도를 기초자료로 하여 Raster calculator를 이용하여 최종적인 분석결과를 보이고자 한다. 평균기온과 최저기온이 각각 3도 상승한 경우와 4.5도 상승한 경우를 상정한다. 마지막으로 경사도의 경우는 현재의 재배적지를 찾는데 사용되며 이는 온도상승에 영향을 받지 않으므로 변화가 없는 것으로 가정하여 계산하였다. 온도자료의 경우는 전국 70여 지역의 기후관측지점의 값을 중심으로 하여 산정하였다.



<그림 1> 연구과정 다이어그램

<표 2> 국내 열대 및 아열대 과수작물의 재배조건

	무화과	레몬	키위	오렌지	석류	한라봉
평균기온	연평균기온이 14.5도 이상 지역	15~16도	15도	15-16도	13-15도	16.5도 이상
최저기온	-7도 이상	-3도 이상	-10도 이상	-7도 이상	-17도 이상	-3도 이상
강수량	400~600mm	1350mm 이하 (다우지 제외)	1,300~1,600mm	400~600mm	125~150mm	1,500mm 정도
경사도	관계없음, 단 배수와 토심은 중요함	30도 이하	7~15도	관계없음	관계없음	관계없음
해안선으로부터 거리	관계없음	1km이상	관계없음	관계없음	관계없음	관계없음
풍속	관계없음	평균풍속 2.5m/s 이하	평균풍속 3.0m/s 이하	관계없음	관계없음	관계없음
토양 ph	7.2~7.5	5.5~6.5	6.0~7.0	5.5-6.5	5.5-7.0	5.5-6.2
기타	키위와 유자, 밀감의 재배되는 지역이 안정지대이다.	없음	없음	없음	없음	표고 200m 이하

(2) 국내 과수작물 재배지의 GIS 입지분석

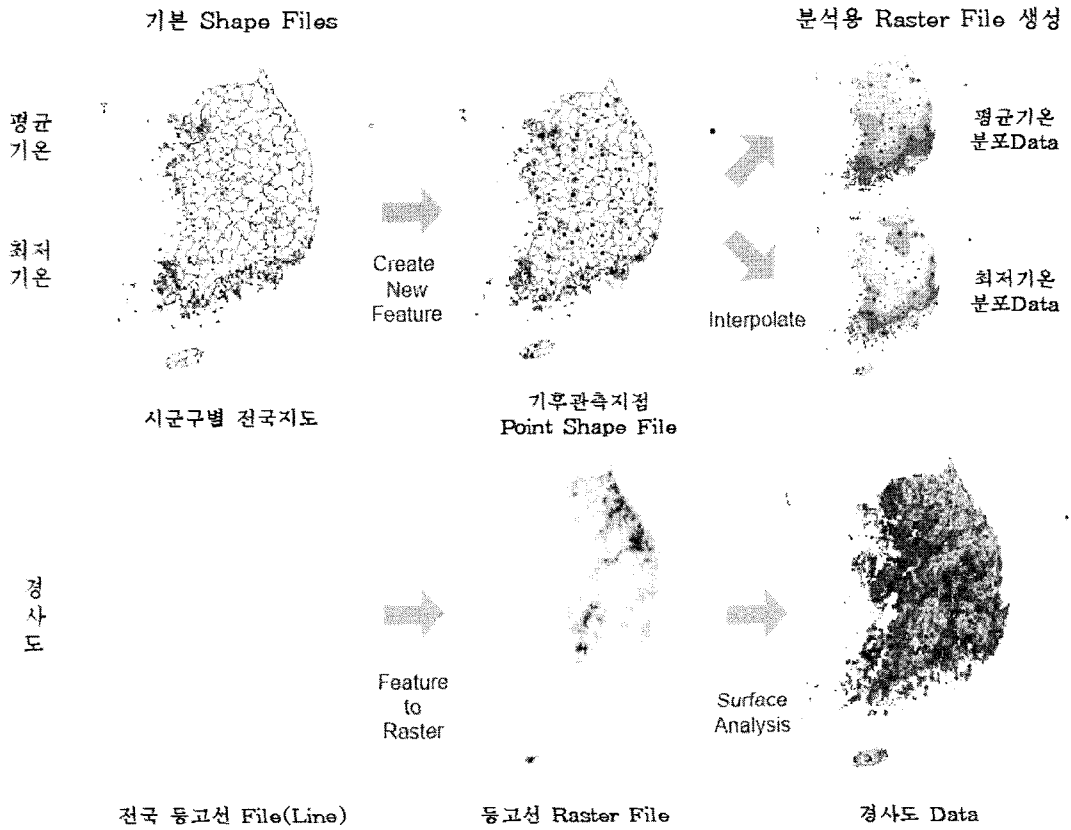
우선 선정된 과수작물의 대체적인 재배조건은 다음의 표 2와 같으며 이들 중에서 앞에서 설명한 바와 같이 평균기온과 최저기온, 그리고 경사도의 자료가 이용되었다. 위의 자료를 바탕으로 GIS분석을 현재 기온과 기온의 상승이 현재와 같은 추세로 갈 때를 가정으로 3도 상승 시, 그리고 기온의 상승 추세가 현재보다 빠를 경우를 가정한 4.5도 상승 시로 나누어 분석하였다.

(3) GIS 분석 세부 과정

GIS 분석을 위한 기본적인 데이터로서 전국지도 Shape File과 전국 범위의 등고선 수치가 포함된 DEM File이 사용되었다. 전국의 기온 정보가 포함되어 있는 Raster 데이터를 얻기 위해 Shape File에 70여개의 기후관측지점에 포인트를 찍어 평균기온, 최저기온의 정보를 입력한 후 Interpolation 도구를 사용하여 기온자료가 입력된 Raster 데이터를 완성하였다. Interpolation 도구는 주변부의 이

미 관측된 값으로부터 관측되지 않은 점에 대한 속성값을 예측하거나 표본 추출 영역내의 특징 지점 값을 추정하는 기법이다. 또한 Raster File로 변환하는 이유는 기존의 Vector File은 분석이 불가능하기 때문이다. 경사도 분석을 위해서는 전국단위의 등고선 수치정보가 포함된 DEM파일을 기초로 하였다. DEM 파일을 Raster File로 변환하여 공간분석 도구인 Surface분석의 Slope 도구를 사용하여 Degree를 단위로 하는 경사도 Raster File을 생성하였다. 아래의 그림 2에서 GIS 데이터 생성과정을 간략하게 보여주고 있다.

분석의 결과 도출과정은 아래의 그림 3에서 보여주고 있다. 이를 보면, 무화과와 같이 기온의 상승에 따라서 전국적으로 그 재배적지가 퍼져가는 것이 있고 반면에 그 외의 대부분의 과수들의 재배적지는 더 모양이 복잡하는 것으로 나타나고 있다. 본 연구에서 분석하였던 여섯 가지 과수의 대부분이 기온이 3도 상승 시 남부지방으로 재배적지가 확산되고 있으며, 4.5도 상승 시에는 경기도와 강원도를 포함한 중부지방까지 나타나고 있다.

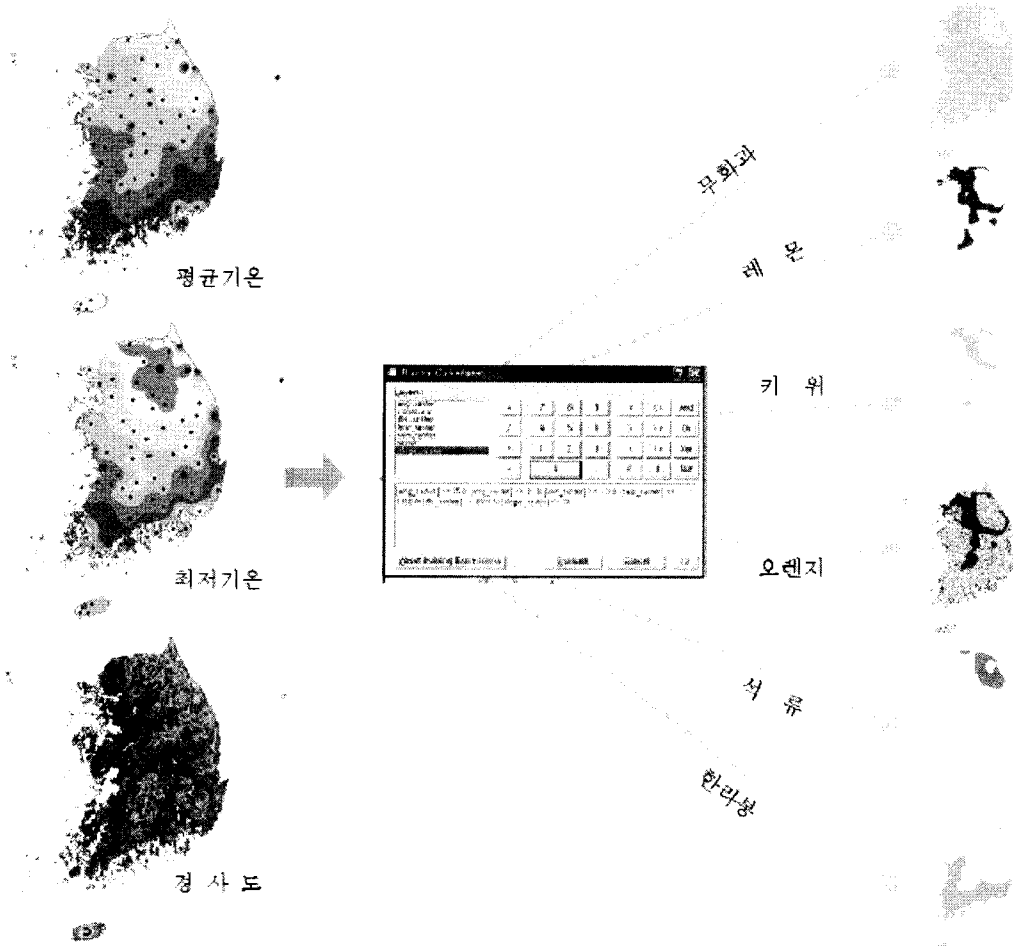


<그림 2> GIS Data 생성

분석용 Raster File

Raster Calculator

분석 결과



<그림 3> Raster Calculator를 이용한 분석*

***Raster Calculator 수식**

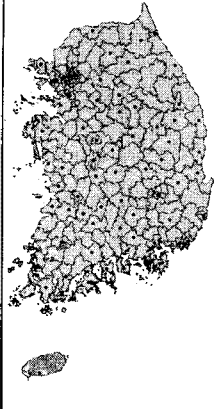


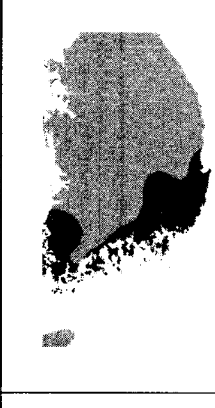

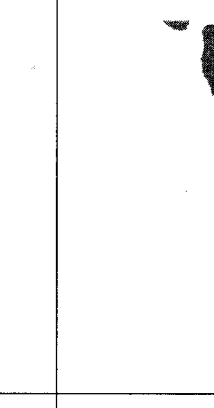
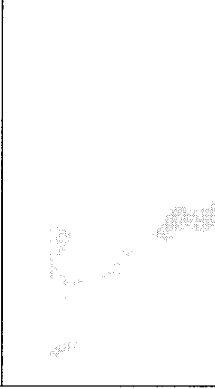
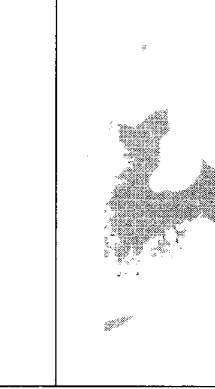
- 무화과 : $14.5 \leq \text{평균기온}$ and $-7 \leq \text{최저기온}$
- 레몬 : $15 \leq \text{평균기온} \leq 16$ and $-3 \leq \text{최저기온}$ and $30 \leq \text{경사도}$
- 키위 : $15 \leq \text{평균기온}$ and $-10 \leq \text{최저기온}$ and $7 \leq \text{경사도} \leq 15$
- 오렌지 : $15 \leq \text{평균기온} \leq 16$ and $-7 \leq \text{최저기온}$
- 석류 : $13 \leq \text{평균기온} \leq 15$ and $-17 \leq \text{최저기온}$
- 한라봉 : $16.5 \leq \text{평균기온}$ and $-3 \leq \text{최저기온}$

아래의 그림 4와 그림 5에서는 연구의 결과들을 보여주고 있다. 즉 여섯 가지의 아열대 및 열대 과수 재배지가 현재기온에서와 3도 상승 시, 그리고

4.5도 상승 시에 어떻게 변화해 가는가를 지도상에서 나타내 주고 있다.

	현재기온	3도 상승 시	4.5도 상승 시
무화과			
레몬			
키위			

<그림4> 연구결과 및 결과해석

	현재기온	3도 상승 시	4.5도 상승 시
오렌지			
석류			
한라봉	자료 없음		

<그림5> 연구결과 (계속)

연구의 결과를 설명한다면 다음과 같다. 무화과의 경우는 현재 남부 일부지역과 제주도에서만 재배되는 것이 3도 상승 시 대부분의 남부지역과 충청남

도 그리고 경기도 일부지역까지 재배지역이 확대되고 4.5도 상승 시에는 강원도 일부지역을 제외한 전국으로 재배지역이 확대될 것이 예상된다. 레몬

의 경우는 띠모양을 가지고 재배지역이 변화되어 가는데 현재는 제주도에서만 재배되던 것이 3도 상승 시 남부지역으로 그리고 4.5도 상승 시 경기도를 중심으로 한 중부지역으로 이동하게 된다. 키위의 경우 현재 제주도와 경상남도 일부지역에만 재배되고 있는데 기온상승에 따라 3도 상승 시 충청남도 지역을 중심으로 그리고 4.5도 상승 시 강원도를 중심으로 재배지역이 분포하게 된다. 현재는 제주도를 중심으로 재배되고 있는 오렌지의 경우도 3도 상승 시 남부지역을 중심으로 띠모양의 재배지역이 형성되고 4.5도 상승 시 중부지역을 그 재배지가 변화하게 된다. 석류의 경우 현재 경상남도과 전라남도를 중심으로 재배지가 형성되어 있는데, 3도 상승 시 강원도를 제외한 대부분의 중부지역에 그리고 4.5도 상승 시 강원도를 중심으로 한 지역으로 재배지의 변화가 일어날 것이 예상된다. 한라봉 역시 기온 상승에 따라서 재배지역이 점차 확산되는 것으로 나타나고 있다.

4. 결론 및 정책적 시사점

본 연구에서는 지리정보시스템의 기술적인 기법을 도입하여 지구 온난화의 영향을 받은 기후변화에 따른 국내 과수작물 재배지의 입지분석을 기후변화에 따라 우리나라에 확대도입이 가능한 레몬, 무화과, 키위, 오렌지, 석류, 한라봉을 중심으로 시행하였다.

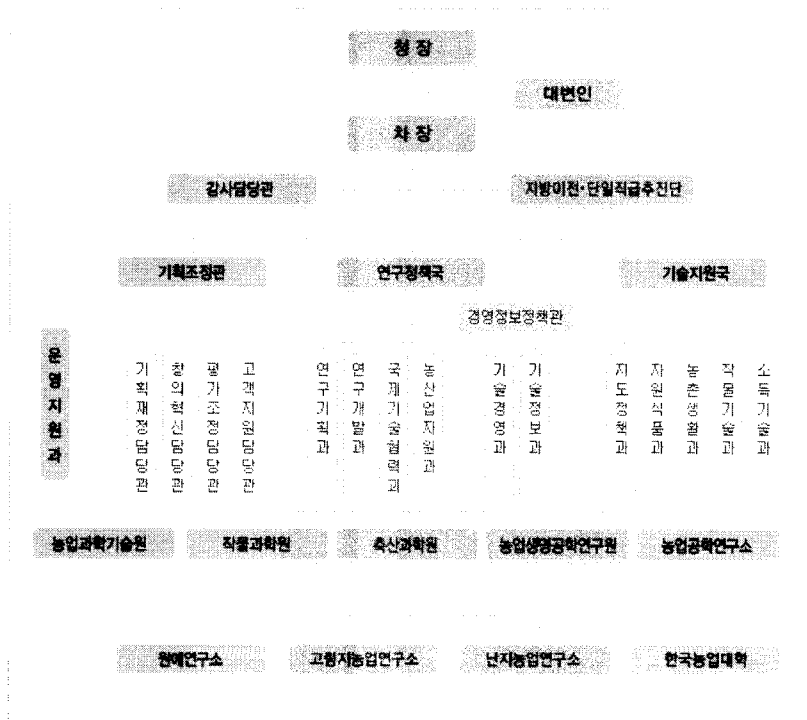
지구 온난화로 인해 국내 과수작물의 재배지가 바뀌고 있다. 과수작물은 한번 나무를 심으면 오랜 기간 동안 재배되어야 하므로 기후의 변화는 과종과 품종의 선택, 재배의 방법에 모두 영향을 주게 되므로 기후변화에 따른 여러 요소를 정량화하고 그 변화의 추세를 면밀히 살펴서 과수재배의 적지를 선정하고, 과종의 선택과 품종의 선택에 신중을 기하고 우리나라의 지형으로 인해 나타날 수 있는 다양한 기후 환경을 적절히 활용할 필요성이 있다고 생각된다.

기후의 변화가 주로 부정적인 것으로만 인식되었지만 인식의 변화를 추구할 필요가 있다고 생각되

고, 긍정적인 면을 추구하여 지금까지는 과수의 생산지역이 아니었지만 기후조건에 따라 농촌지역에 고소득 과수작물을 재배적으로 선정하여 위기를 기회로 활용하고 더 나아가 농촌의 농가 소득향상과 국민에게 다양한 먹거리를 제공하는 차원에서 기후 자원을 활용해야겠다.

본 연구의 결과를 바탕으로 하여 다음과 같은 정책적 시사점을 도출할 수 있다. 첫째, 기후변화로 인해 농가의 품종선택, 재배시기, 물 관리 등 관계기관의 연구와 농가교육에 지원이 절실하다고 하겠다. 지역적으로 보다 자세한 연구들을 통해서 실제적인 필요들에 대한 연구가 활성화될 필요가 있다. 둘째, 시험재배를 도입하여 적절한 선택이있는지를 피드백하고 이를 활용하도록 하여야겠다. 이러한 지리정보시스템에 대한 농업분야로의 적용과 실험들과 관계된 것이다. 셋째, 현재의 기상변화를 측정하는 시스템을 보강하여 장기적으로 모니터링 조사를 하고 분석하여 이를 활용할 수 있는 시스템 구축과 연구가 필요하다고 판단된다[19]. 넷째, 물 부족 등의 위험요소를 관계로 해결할 수 있도록 정책적 지원이 아울러 요구 된다.

이러한 정책적 시사점을 배경으로 하여 구체적이고 실천 가능한 국가 농업전략이 필요하다고 할 수 있다. 본 연구에서 제시해 줄 수 있는 전략은 다음과 같다. 첫째, 농작물 생산 환경 변화에 따른 품종 개량 등 기후변화에 대비한 대책에 재정적인 지원을 해야 한다[20]. 농촌진흥청 내에 지구온난화 대책에 대한 상설 기구를 마련하고 이에 대한 장기적인 지원과 인력확충을 하는 것도 실천 가능한 전략이라고 할 수 있다. 현재에는 아래의 그림 6에서 보는 바와 같이 농촌진흥청의 지구로서는 지구온난화와 기후변화에 대응하기 위한 가시적인 기구가 존재하고 있지는 않고 여러 부처에 기능이 나뉘어 있다. 둘째, 지구온난화와 기후변화가 우리나라만의 문제가 아닌 만큼 국제사회가 함께 이 문제를 풀어나갈 수 있도록 네트워크 사업도 적극 추진해나가야 한다. 특별히 중국, 일본, 북한, 러시아 등 주변 국가들과의 네트워크가 매우 중요한 것으로 예상된다. 셋째, 지방자치단체들이 지구온난화에 대비하여



<그림6> 농촌진흥청 조직도

농업을 보호하기 위한 전략이 필요하다. 온난화에 대비한 지역별, 자치단체별 농산물 브랜드를 개발하는 동시에 각 기초지방자치단체들이 연차별로 작목 전환을 위한 사전 계획을 수립할 수 있도록 홍보하고 지원해주어야 한다. 또 기상이변에 대처하기 위한 내병성 품종을 개발하고, 작목 전환에 따른 폐작목 보상비를 지원하는 방안도 마련하는 것이 중요하다. 지자체는 온도 상승에 따른 새로운 농업 기술 개발 및 보급할 수 있는 전략을 아울러 세워야 한다.

본 연구는 다음과 같은 몇 가지 한계점을 갖는다. 우선 지구온난화에 대한 여러 가지 조건들을 모두 고려하지는 못했다는 점이다. 지구온난화에 따른 영향력은 단지 기온뿐 만 아니라 다양하게 나타날 수 있음에도 불구하고 주요 영향 요소인 기온에 대한 부분만을 조사했다는 점이다. 두 번째, 보다 미시적인 차원의 분석이 이루어지지 못했다는 점도 극복할 필요가 있는 한계점이라고 할 수 있다. 세

번째, 경상도의 경우도 개발 등으로 인해서 변화의 가능성이 있음에도 불구하고 고정 요소로 고려한 점도 한계점이라고 할 수 있다.

참고문헌

1. 한화진, 기후변화 영향 평가 및 적응시스템 구축, 한국환경정책 평가연구원, 2005.
2. 서희철, 김성기, 이영수, 김영철, “경기북부지역 콩 생산에 미치는 지구온난화의 영향,” 한국농림기상학회지, 제8권 제4호, 2006, pp.242-249.
3. 서형호, 기후변화가 과수 재배에 미치는 영향, 농촌진흥청 원예연구소, 2003.
4. 김정언, 길봉선, “지구온난화에 따른 한반도의 순1차생산력과 잠재자연식생의 변화 추정,” Korean Journal of Ecology, 제19권 제1호, 1996, pp.1-7.
5. 조하만, “지구온난화와 한반도 부근의 기후변화,”

생태계 위기와 한국의 환경문제, pp.103-123, 도서출판 뜨남, 1992.

6. 권원태, 최영은, 오재호, 민승기, 우리나라 기후 변화의 과거와 미래, 기상청 기상연구소, 2004.
7. 최병철, 김지영, 이대근, 기후변화에 따른 한반도의 지역별 온난화 경향, 2007년 환경공동학술대회, 2007.
8. 과학기술처, 기후변화가 한반도에 미치는 영향과 지구 환경관련 대책 연구(III), 제2차년도 최종보고서, 한국과학기술연구원, 1995.
9. 윤성호, 기후변화에 따른 농업생태계 변동과 대책, 경상대학교 개교 50주년 기념 한국작물학회와 한국육종학회 공동주관 심포지움, 1998.
10. 임정남, 지구온난화와 우리나라의 농업생태계 및 작물생산, 한국응용곤충학회 추계학술발표회, 1991.
11. 주간조선, 한류성 대표어종 명태 사라지고 아열대 과일 생산 늘어난다, 주간조선, 2007년 5월29일.
12. 무등일보, 더워지는 한반도 기상재앙 대비하자. 이상기후가 과일산지 등식 꺾다, 무등일보, 2007년 5월7일.
13. 서형호, 기후변화가 원예작물의 생장과 품질에 미치는 영향 (과수를 중심으로), 농촌진흥청 원예연구소, 2002.
14. 이승호, 허인혜, 권원태, 식생분포에 영향을 미치는 기온변화 -대나무와 마늘을 중심으로-, 기상연구소, 2003.
15. 이양수, 농업 부문에 관련된 기후변화의 영향과 전망 및 대책, 농촌진흥청 농업과학기술원, 2003.
16. 이정택, 심교문, 이양수, 김건엽, 기후변화가 농작물 생육환경과 작물 생산에 미치는 영향, 농촌진흥청 농업과학기술원, 2003.
17. 윤성탁, “지구온난화가 농업생산에 미치는 영향과 대응책,” 한국국제농업개발학회지, 제17권 제3호, 2005, pp.199-207.
18. 김대준, 이준상, “GIS기반 AHP기법을 이용한 작물재배 적지분석,” 대한토목학회논문집,

제26권, 제4D호, 2006, pp.695-702.

19. 신임철, 임재규, 기후변화협약 제3차 국가보고서 작성을 위한 기반구축연구 (제1차년도) - 기후변화 취약성 및 영향 평가와 적응체계 구축을 위한 기반분석-, 에너지경제 연구원, 2004.
20. 윤성호, 임정남, 이정택, 심교문, “기후변화와 농업생산의 전망과 대책,” 한국농림기상학회지, 제3권 제4호, 2001, pp.220-237.

곽태식

1984년 인하대학교 기계공학과(공학사)
 1990년 NJIT(Newark, NJ) CIS (MS)
 1992년~1995년 Joint Communication Technology Inc., Software Engineer
 2005년 인하대학교 지리정보공학과(공학박사)
 1997년~현재 한동대학교 GLS학부 조교수
 관심분야 : GIS감리, 표준화 등

기정훈

1993년 서울대학교 원예학과(농학사)
 2007년 서울대학교 환경대학원 환경계획학과(도시계획학석사)
 2002년 University of Southern California, 정책, 계획 및 개발학부(계획학박사)
 2002년~2005년 Milken Institute, Research Analyst
 2005년~2006년 한동대학교 공간환경시스템공학부 객원교수
 2006년~현재 명지대학교 행정학과 조교수
 관심분야 : 도시계획 및 산업입지, 환경정책, 지리정보시스템, 공간통계학

김영은

한동대학교 공간시스템공학부 연구원

전해민

한동대학교 공간시스템공학부 연구원

김시진

한동대학교 공간시스템공학부 연구원