

농업환경 분야의 미래유망기술 및 전략기술에 관한 우선순위 재설정

조근태¹⁾ · 주진호²⁾ · 옥용식²⁾ · 신봉철³⁾ · 김지용⁴⁾ · 이종인^{4)*}

¹⁾성균관대학교 시스템경영공학과, ²⁾강원대학교 자원생물환경학과, ³⁾농림기술관리센터, ⁴⁾강원대학교 농업자원경제학과
(2008년 9월 22일 접수, 2008년 10월 15일 수리)

Priority Re-setting for Future Core & Strategic Technologies in Agricultural and Environmental Science

Keun-Tae Cho¹⁾, Jinho Joo²⁾, Yong Sik Ok²⁾, Bong-Chul Shin³⁾, Jeeyong Kim⁴⁾, and Jong-In Lee^{4)*} (¹⁾Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea, ²⁾Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea, ³⁾Agricultural R&D Promotion Center, Seoul 134-010, Korea, ⁴⁾Department of Agricultural & Resource Economics, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

ABSTRACT: The objective of this study was to set priority for future core technologies in agricultural and environmental science using analytic hierarchy process(AHP). Forty-six technologies were derived by specialist meetings. Evaluation criteria, for setting the priority were decided as 'technology', 'marketability', and 'public'. Eighteen specialists in agricultural and environmental science answered to the questionnaire for AHP. As the results, 'technology' was decided as the most important evaluation criterion. The 'Feasibility' in 'technology' criterion, 'Market Growth' in 'marketability' criterion, and 'Impact to other industry' in 'public' criterion were decided as sub-criteria in each criterion. The most important technology was 'Risk assessment of toxic heavy metals and establishment of accreditation criteria for environmentally friendly agricultural products.'

Key Words: Analytic Hierarchy Process(AHP), Future Core & Strategic Technology, Agricultural and Environmental Science

서 론

농림부는 '94년부터 WTO 출범에 따른 무한경쟁체제하에서 농림업을 유지·발전시키고 국제경쟁력을 제고하기 위한 정책의 일환으로 국책연구개발사업인 농림기술개발사업을 시작하였다.¹⁾ 농림기술개발사업은 농어촌부가가치특별세를 재원으로 1994년부터 2004년까지 4,150억원을 투자하여 농림자원을 효율적으로 개발·이용하고 농림업의 생산성을 향상시켜 궁극적으로는 농업인의 복지를 증진시키고 동시에 소비자의 삶의 질을 증대시키는데 기본적인 목표를 두고 1단계 사업을 추진한 바 있으며, 2004년부터는 농림과학기술중장기기본계획을 수립하여 2005년부터 2014년까지 농업을 고부가가치 종합생물산업으로 전환하는데 목표를 세우고 2단계 사업

을 추진하고 있다. 2단계 사업은 대표 생물산업으로 BT가 중요시 되고 있다.

OECD²⁾에 의하면 BT의 보전, 신약에 대한 활용은 기대보다 매우 느리게 진행될 것이나, BT의 농업, 기능성 식품 등에의 활용은 매우 신속하게 진행되어 오히려 경제적 효과가 더 클 것으로 전망하고 있다. BT의 농업에의 활용은 직접적인 경제 효과 이외에 농약 사용 절감 등 환경오염의 감소를 통해 지속 가능한 농업을 가능하게 할 수도 있다.

이러한 대내외 환경 변화에 가장 효과적이며 미래지향적 대응책의 하나는 기술을 근간으로 하는 농업으로 전환하는 것이다.³⁾ 따라서 21세기 농업경쟁력의 핵심은 과학기술 혁신역량의 확보라고 할 수 있으며, 향후 우리나라의 경우도 21세기 선진 농업의 실현을 위해서는 기존 접근법의 한계를 벗어나, 첨단기술과의 접목 등 기술혁신 주도에 의한 새로운 성장 모델로의 전환이 불가피하다. 따라서, 농정 전 분야를 기술혁신이 가능한 영역과 어려운 영역으로 분류하되, 농정 전반에 걸쳐 기술혁신 마인드를 도입하고 이를 실현하도록 기

*연락처:
Tel: +82-33-250-8668 Fax: +82-33-244-2586
E-mail: leejongin@kangwon.ac.kr

술혁신 역량이 강화되어야 한다.⁴⁾

이러한 2단계 사업을 기획하면서 농림부와 농림기술개발사업 연구관리전문기관인 농림기술관리센터에서는 국가농정 목표에 부합하고 미래 유망 핵심기술에 대한 투자를 강화하고자 2003년에 미래유망 농림기술을 예측하고 농림기술 로드맵을 작성한 바 있다. 기술로드맵 작성은 국가연구개발사업 연구기획 차원에서 이루어지고 있는 보편적인 흐름으로, 다른 부처와 마찬가지로 농림부 또한 농림기술개발사업의 중장기 계획을 수립하면서 사전적 기획체제를 도입함으로써 불확실한 미래에 대한 투자방향을 설정하고 불요불급한 예산 낭비를 방지함은 물론 선택과 집중의 원리를 적용하여 보다 효율적이고 일관성이 있는 정책 추진을 가능하게 하였다.

농림기술관리센터에서는 미래 농림기술 로드맵 작성을 위해 2002년 7월부터 2004년 1월까지 「미래 농업기술예측로드맵 작성 및 효율적 투자기술개발」 연구를 수행하면서, 각 분야별로 4차에 걸쳐 우리나라 농림부문 11개 분야의 전문가 170명을 동원하여 설문조사를 실시하고, 그 결과를 기초로 델파이 기술예측 방법⁵⁾ 및 계층분석적 의사결정방법(Analytic Hierarchy Process: AHP)⁶⁾을 이용하여 과제의 투자우선순위를 설정함으로써 미래유망 농림기술을 예측하고 기술로드맵을 작성하였으며, 이를 중장기 기본계획 및 세부실천계획에 반영하였다.

그러나 로드맵에서 작성된 기술은 각각 기술군에 해당하는 일정한 기술영역 수준으로 구성되어 있고 너무나 광범위하여 핵심전략과제 지정을 위한 과제로는 적합하지 못하여, 이들 로드맵의 기술영역들을 농림부문 전문위원회에서 추천된 전문가를 통해 세분화된 미래유망기술 과제화 작업이 필요하게 되었고, 이들 과제의 우선순위를 설정할 필요가 있게 되었다. 또한, 기 작성된 기술로드맵의 유효성을 검토하고 구체화함은 물론 세분화하는 작업이 절실한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 미래 농림기술 로드맵의 추진현황을 점검하고 1차에서 사용되었던 의사결정방법인 계층분석적 의사결정방법을 이용하여 3단계에 걸쳐 환경분야 18명의 전문가를 통해 도출된 46개 과제의 우선순위설정과 이를 효과적으로 지원할 미래유망과제를 발굴함으로써 2단계 농림기술개발사업의 추진에 필요한 자료로 활용토록 하고자 한다.

연구 방법

AHP 모형

T. Saaty^{6,7)}에 의하여 개발된 「계층분석과정(Analytic Hierarchy Process : AHP)」이라고 하는 의사결정모형은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교(pairwise comparison)에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 의사결정을 지원하는 하나의 새로운 방법론이다. AHP는 그 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 간편성 및 범용성이라는 특징으로 말미암아 여러

의사결정분야에서 널리 응용되어왔으며, 이론구조 자체에 관해서도 활발한 연구가 진행되고 있다.^{8,9)}

실제로 의사결정과 관련된 문제를 해결하기 위하여 AHP를 사용하는 경우, 일반적으로 다음과 같은 네 단계의 작업이 수행된다.

<단계 1> 의사결정문제를 상호 관련된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층(decision hierarchy)을 설정한다.

AHP의 적용에서 가장 중요한 단계라 할 수 있는 첫 번째 단계에서 의사결정분석자는 상호 관련되어 있는 여러 의사결정 사항들을 계층화한다. 계층의 최상층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 놓여지며, 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 다양한 속성들로 구성된다. 이들 속성들은 낮은 계층에 있는 것일수록 구체적인 것이 된다. 여기에서 한 계층 내의 각 요소(항목)들은 서로 비교 가능한 것이어야 한다. 계층의 최하층은 선택의 대상이 되는 여러 의사결정 대안들로 구성된다.

이와 같은 의사결정체계는 Fig. 1과 같은 표준적인 형태로 도식화할 수 있다.

<단계 2> 의사결정 요소들 간의 쌍대비교(pairwise comparison)로 판단자료를 수집한다.

이 단계에서는 상위계층에 있는 목표를 달성하는데 기여하는 직계 하위계층에 있는 요인들을 쌍대비교하여 행렬을 작성한다. 쌍대비교를 통하여 상위항목에 기여하는 정도를 Table 1과 같이 9점 척도로 중요도를 부여하는데, 직계 하위계층이 n개의 요인으로 구성되어 있다면 모두 n(n-1)/2회의 비교를 필요로 한다.

작성된 쌍대비교행렬은 다음과 같이 행렬의 대각을 중심으로 역수의 형태를 취하게 된다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

여기서, $\alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}$, $\alpha_{ii} = 1, \forall i$

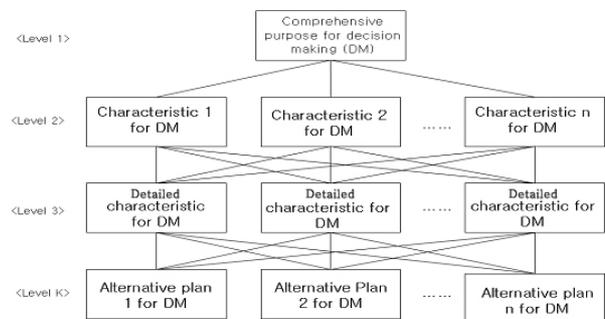


Fig. 1. Standard level elements of AHP.

Table 1. Scale for the Pair-wise Comparison

Scale of Relative Importance	
Scale	Definition
1	equality
3	slightly more important
5	important
7	very important
9	absolutely important
2, 4, 6, 8	middle of near the two scales
reciprocal for the above scale	when the comparison object is more important

<단계 3> 「고유치방법(eigenvalue method)」을 사용하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치를 추정한다.

한 계층 내에서 비교 대상이 되는 n개 요인의 상대적인 중요도를 w_i ($i = 1, \dots, n$) 라 하면, 전술한 쌍대비교행렬에서의 a_{ij} 는 w_i/w_j ($i, j = 1, \dots, n$)로 추정할 수 있으며, a_{ij} 와 w_i 사이에는 다음 식이 성립한다(식 1).

$$a_{ij} = w_i / w_j \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (1)$$

여기서, 행렬의 모든 요소를 나타내면 다음 식과 같다.(식 2)

$$\sum_j^n a_{ij} \cdot w_j \cdot \frac{1}{w_i} = n \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (2)$$

이는 곧 다음 식과 같이 나타낼 수 있고(식 3)

$$\sum_j^n a_{ij} \cdot w_j = n \cdot w_i \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

위 식은 선형대수이론에서의 고유치 문제와 같다.

즉, 요소 a_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$) 로 구성되는 행렬 A를 다음과 같이 나타낼 때,

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

고유치방법에 의하여,

$$A \cdot w = n \cdot w \quad (4)$$

여기에서, $w = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_n]$: 행렬 A의 우측 고유벡터
 n : 행렬 A의 고유치

에서 w 를 구할 수 있는 것이다(식 4).

그런데, AHP에서는 평가자가 정확한 w 를 모르며, 쌍대비교에 의하여 정확한 평가를 할 수 없는 것으로 가정하기 때문에 실제적으로는 다음과 같은 식에서 w 를 추정한다. 쌍대비교행렬 A의 각 요소에 대한 가중치 w 를 모른다고 했을 때, 이 행렬을 A'라 하고 이 행렬의 가중치의 추정치 w' 는 다음 식(식 5)을 이용하여 근사적으로 구한다.

$$A' \cdot w' = \lambda_{\max} \cdot w' \quad (5)$$

여기에서, λ_{\max} : 행렬 A'의 가장 큰 고유치

그런데, λ_{\max} 는 항상 n보다 크거나 같기 때문에 계산된 λ_{\max} 가 n에 근접하는 값일수록 쌍대비교행렬 A의 수치들이 일관성을 가진다고 말할 수 있다. 이러한 일관성의 정도는 다음과 같이 '일관성지수(consistency index : CI)'와 '일관성 비율(consistency ratio: CR)'을 통하여 구할 수 있다.(식 6, 7)

$$\text{일관성 지수 (CI)} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (6)$$

$$\text{일관성 비율 (CR)} = (CI / RI) * 100 \quad (7)$$

여기서, '난수지수(random index: RI)'는 1에서 9까지의 수치를 임의로 설정하여 역수행렬을 작성하고 이 행렬의 평균 일관성지수를 산출한 값으로 일관성의 허용 한도를 나타내며, n이 1에서 10까지 변화할 때의 난수지수는 Table 2와 같다. 경험법칙에 의하여 위 식에서 구한 일관성비율이 10% 이내에 들 경우, 해당 쌍대비교행렬은 일관성이 있다고 규정한다.

<단계 4> 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 사항들의 상대적인 가중치를 종합(aggregation)한다.

이 단계에서는 계층의 최상위에 있는 목표를 달성하기 위하여 최하위에 있는 대안들의 우선순위를 결정하는 복합중요도벡터를 산출하는데, 이는 전 단계에서 구한 각 계층에서의

Table 2. Random index (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Average Random Index	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

가중치를 종합함으로써 가능하다. 구체적으로, 최상위 계층에 대하여 k번째 하위계층에 있는 대안들의 복합중요도는 다음 식을 통하여 구할 수 있다(식 8).

$$C[1, k] = \prod_{i=2}^k B_i \tag{8}$$

여기서, $C[1, k]$: 첫 번째 계층에 대한 k번째 계층항목의 복합가중치

B_i : 추정된 w 벡터를 구성하는 행을 포함하는

$n_{i-1} \cdot n_i$ 행렬

n_i : i번째 계층의 항목 수

만약, 전체 계층이 3계층으로 구성되었다면, 최상위 계층에 대하여 최하위 계층에 있는 대안들의 복합중요도는 $C[1,3]$ 으로 표시하고, 이는 두 번째 계층을 기준으로 한 세 번째 계층의 항목 간 가중치행렬 B_3 와 첫 번째 계층을 기준으로 한 두

번째 계층의 항목 간 가중치행렬 B_2 를 곱하여 구한다. 이렇게 구한 복합중요도는 궁극적으로 평가대상이 되는 대안들의 점수를 나타내며, 이를 통하여 대안의 우선순위를 결정하게 된다.

미래유망기술 AHP 분석대상과제

농림부문 미래유망기술에 관한 AHP 설문대상과제는 이미 발표된 미래 농업기술예측·로드맵 작성 및 효율적인 투자 기술 개발¹⁰⁾에서 기술우선순위설정에서 도출된 69개의 기술 과제 중 우선순위가 높은 순으로 그룹 I(중요도는 높으나 국내기술 수준이 모두 높은 과제군)과 II그룹(중요도는 높으나 국내기술 수준은 낮은 과제군)에서 미래유망기술로 발굴된 기술과제를 세부과제로 분류하되, 각 분야별로 전문위원회를 통해서 2006년 현시점에서 개발 중이거나 개발 완료된 기술과제를 제외하고, 세부과제를 재구성, 통합·조정하여 미래유망기술에 관한 AHP 분석을 의뢰할 최종 연구과제로 46개의 과제 (Master List)를 확정하였다(Table 3).

Table 3. Technology list for future core & strategic technologies in agricultural and environmental science

No	Technology
P1	Effect of wettable powder solution for preventing of disease and pest using natural material
P2	Management of pest and disease control by soil microorganisms
P3	Enhancement of indigenous microorganisms on crop disease and pest management
P4	Biological control of crop disease and pest by indigenous microorganisms
P5	Development of biotic pesticide for prevention of disease and pest in crop production
P6	Use of eco-friendly pesticide for reducing of pesticide consumption in paddy and fruit field
P7	Development of biopesticide for prevention of water bloom with eutrophication in agricultural reservoir
P8	Role of wastewater treatment system in biological control in rural area
P9	Development of restoration technology in soil salinity, soil borne disease and contaminant waste using cleaning crop
P10	Possibility of fertilizer application in different crop and soil: Establishment of special kit for detection of essential elements consumption
P11	Method for suppression of physiological disorder occurrence by salt accumulation from overuse of chemical fertilizer
P12	Development of environmentally friendly system for improvement of water quality in rural watersheds
P13	Soil analysis in different contaminated soil for source analysis
P14	Development of restoration technology in different contaminated soil
P15	Development of rapid bioassay techniques in insecticide and fungicide by enzyme or immunization
P16	Risk assessment of major heavy metal and model development of certification criterion of environmentally friendly agricultural products
P17	Development of circulation system between wastewater and cropland in agricultural region
P18	Development of material circulation system between rural and urban district
P19	Natural substance: A alternative use of chemical fertilizer
P20	Effect of biopesticide for alternative and reduction of phosphate fertilizer
P21	Development of biopesticide for alternative and reduction of nitrogen fertilizer
P22	Improvement of survival rate and efficient of microorganism in biocontrol agent
P23	Development of microbial consortia on various types of soil

(continued)

No	Technology
P24	Development of novel techniques in the preparation of biocontrol agent with organic farming
P25	Preparation of slow release nitrogen fertilizer using environment friendly substance
P26	Development of density analysis of plant pathogenic fungi in soil
P27	Technology development of decomposition enhancement of organic waste
P28	Methods for combined antiviral agent and cultural practice for the control of virus infection
P29	Use of natural enemy for biological control of insect pests in greenhouse crop
P30	Effect of combining use of natural enemy and biological control
P31	Risk assessment of hazardous substance monitoring in agricultural production and meat
P32	Control of chemical and biological pollution in agricultural water for water security of water sources
P33	Development of environmental safety assessment techniques for genetically modified organism (GMO) crops
P34	Behaviors of pesticide in environment and animal or plant and development of risk assessment system
P35	Development of production and postharvest management system for safety-food supply
P36	Fate of hazardous substance in environment
P37	Development of environmentally friendly material and processing technology for a restoration of contaminated soil
P38	Preparation of environmentally friendly material and processing technology for a restoration of polluted underground water
P39	Development of application technology of using microorganism for hazardous substance composition as trace organic pollutant
P40	Development of application technology of using microorganism for hazardous substance composition as pesticide
P41	Methods for prevention of stream pollution in cropland contaminated with pesticide and chemical fertilizer
P42	Establishment of the bioremediation techniques
P43	Development of screening and community ratio analysis of the effective micro-organism resource in agriculture
P44	Method of soil fertility on effective of microflora change in agriculture
P45	Development of global management system for major insect pest control
P46	Long term population dynamics of insect pest and development of prediction technology of crop damage

평가항목의 설정

평가항목의 설정작업을 행함에 있어 가장 중요한 일은 「상호 배타성(Exclusiveness)」, 「완전결합성(Completeness)」, 「처리성(Optimum size)」이라는 평가항목선정의 기본원리에 따라 충실히 이행되어야 한다는 점이다.⁹⁾ 이는 첫째, 항목 간에 독립성이 유지되고, 둘째, 상위항목에 대한 하위요인의 종속성이 확보되고, 셋째, 처리 가능한 항목의 수를 유지해야 하는 원리가 충족되어야 한다는 것을 의미하는 것이다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 원리에 입각하여 환경분야의 미래유망기술의 우선순위 선정을 위한 평가대항목은 기술성, 시장성, 공공성으로 설정하였다. 각 평가대항목의 세부항목으로 기술성에는 기술독창성, 기술파급성, 기술실현성의 세 가지 항목으로, 시장성에는 시장규모성, 시장성장성, 투자수익성의 세 가지 항목으로, 마지막으로 공공성에는 산업적파급성, 사회적 영향성, 국가전략과의 부합성의 세 가지 항목으로 잡았다. 각 평가소항목의 내용은 Table 4와 같다.

AHP에서는 평가대안의 수가 너무 많으면 쌍대비교의 횟수가 기하급수적으로 증가하기 때문에 상대측정이 불가능하여 실질적으로 AHP를 적용하기가 어렵다. 따라서, 쌍대비교 평가가 곤란하다고 알려져 있는 10개 이상의 대안의 수인 경우에는 평가기준에 따라 절대비교를 통한 절대측정방법을 취하는 것이 바람직하다.⁸⁾ 본 연구에서도 대안의 수가 10개 이상이므로 절대측정방법을 취한다. 이러한 방법을 적용하기 위해서 각 기준에 대해 등급척도(rating scale)를 5점 척도로 구성한다. 등급척도는 아래의 Table 5와 같다.

위와 같이 평가대안과 항목을 계층구조로 나타내면 Fig. 2와 같다.

쌍대비교평가

AHP에 의한 평가는 평가자들의 토의를 통하여 각 쌍대비교항목에 대한 합의를 도출한 후에 이를 이용하는 방법과 개별평가자들이 각자 평가를 실시한 후에 그 결과를 기하평

Table 4. Evaluation Criteria

Major Criterion	Minor Criterion	Meaning
Technology	Uniqueness	It means measure of technological originality for the technology. The technology is expected that its contribution for further study will be great.
	Impact to other technology	It means that research results of the technology impacts to other technology.
	Feasibility	It means possibility that a technology will be realized when current technology is considered.
Market-ability	Market size	It means market size of a certain technology or product.
	Market growth	It means potential growth possibility of a certain technology or product.
	Profitability	It means returns ratio of a certain technology or product.
public	Impact to other industry	It means effects of a certain technology or product to other industries.
	Impact to society	It means effects of a certain technology or product to society, or people's concern and economic benefit of the technology or product.
	Relatedness to government policy	It means if a certain technology or product is related with government policy.

Table 5. Rating scale for absolute measurement

Rate	Meaning	Relative weight
A	Very high	0.333
B	high	0.267
C	normal	0.200
D	low	0.133
E	very low	0.067

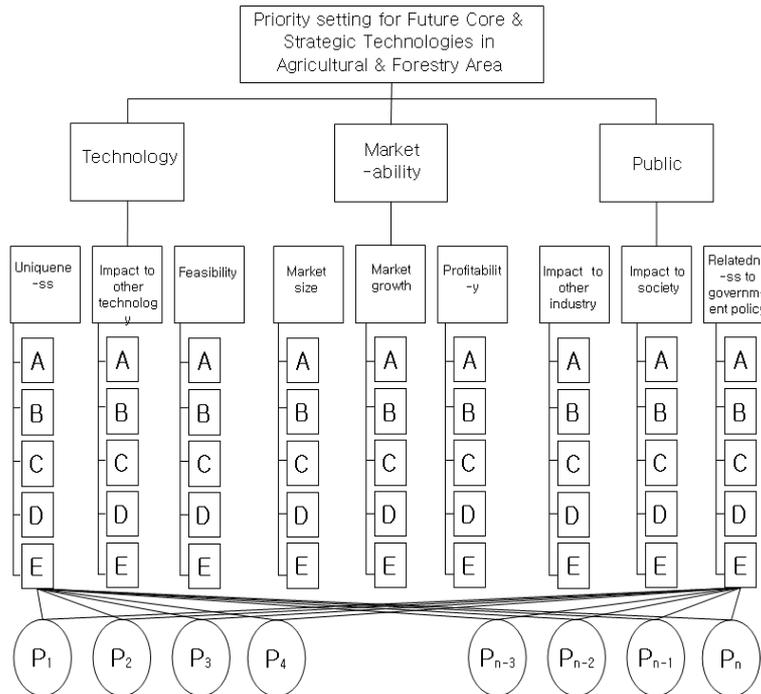


Fig. 2. Hierarchy system of priority setting for future core & strategic technologies in agricultural and environment science.

균을 이용하여 종합하는 두 가지 방법이 있다.⁶⁾ 본 연구에서는 설문지를 이용하여 평가를 한 후에 이를 다시 종합하는 후자의 방법을 택하였다.

각 평가항목 및 대안에 대한 상대적인 중요도의 판단은 기술과제선정에 절대적 영향을 미치므로, 대상기술과제의 전반적인 특성에 대한 지식을 갖고 있는 농림분야의 대표적인 전문가들로 구성하였다. 이 AHP 조사는 전문가를 대상으로 하는 설문조사로 샘플사이즈를 크게 요하지 않는 조사방법이다.^{11,12,13)}

판단자료의 일관성 검증은 전문가 판단을 모형에 적용하기 위해서 점검해야 할 필수적인 사항이다. 대부분의 AHP모형에서 나타나는 단점은 쌍대비교행렬을 구성함에 있어서 불일치한 응답이 존재할 가능성이 있다는 것이다. Saaty⁶⁾는 의사결정자의 상대적 중요도를 측정함에 있어서 비일관성(inconsistency ratio)이 10% 이내이면 타당한 것으로 보았다. 본 연구에서는 전체전문가 중에서 일관성비율 10% 이상인 전문가는 평가대상에서 제외하였다. 수집된 설문자료는 AHP의 분석 소프트웨어인 EC2000으로 처리하였다.

AHP 전문가 그룹 및 AHP 설문조사 과정

AHP 전문가 그룹을 선정하기 위하여 먼저 11개 분야의 간사위원회가 개최되었다. 이 회의에서는 AHP 전문가 그룹이 각 분야의 중분류 중 어느 한 분야에 집중되는 것을 막기 위하여 각 간사위원으로부터 중분류별 전문가 2~3인을 추천받아 각 분야의 AHP 전문가 그룹을 구성하였다. 이렇게 하여 환경분야에서는 43명의 AHP 전문가 그룹이 구성이 되고, 이 그룹을 대상으로 AHP 설문조사가 실시되었다. 설문조사는 이메일을 이용하였다.

이 설문조사결과 환경분야에서는 18명이 응답을 하여 이 설문지를 토대로 미래유망기술 및 전략기술의 우선순위 설정에 대한 분석이 이루어졌다. 위에서도 언급되었듯이 AHP 조사는 각 분야의 전문가를 대상으로 하는 설문조사로 샘플사이즈를 크게 요하지 않는 조사방법이다. 즉, 전문가의 전문성이 크게 강조되는 조사이므로 18명의 응답만으로도 본 분석

은 충분한 샘플사이즈를 갖고 있다고 할 수 있다.

분석결과

평가항목의 중요도

전문가들의 설문을 통하여 평가항목들 간의 중요도를 도출한 결과, Table 6과 같이 전문가들은 평가대상목 중에서 기술성이 0.467로 가장 중요하게 나타났다. 그다음으로는 공공성이 0.273이며, 시장성은 0.260로 상대적으로 중요도가 낮은 것으로 나타났다.

각 평가소항목의 중요도를 세부적으로 살펴보면, 우선 기술성 측면에서는 기술실현성, 기술독창성, 기술과급성 순으로 나타났다. 또한 공공성 측면에서는 산업적과급성, 국가전략과의 부합성, 사회적영향성 순으로 나타났으며, 시장성 측면에서는 시장성장성, 투자수익성, 시장규모성 순으로 중요하게 나타났다.

한편, 1차 우선순위 설정에서는 시장성이 0.434로 중요도가 가장 높게 나타났으며, 이어서 기술성(0.349), 그리고 공공성(0.217) 순으로 나타났다.¹⁴⁾

평가항목의 우선순위

최종적으로 평가대안의 분석결과, 우선 Table 7에서 보는 바와 같이 환경분야의 기술과제들 중에서는 ‘주요 중금속의 위해도 평가 및 친환경농산물 인증기준 설정’이 가중치 0.772로 가장 시급하게 개발해야할 과제로 나타났다. 이어서 ‘유기농업에 적합한 미생물 비료 제조기술 개발’이 가중치 0.753, ‘토양미생물 등을 이용한 작물 병충해 제제 개발’이 가중치 0.749로 나타났다.

그 외에 우선순위가 높게 나타난 기술로는 ‘천연물질을 이용한 화학비료 대체기술 개발’, ‘병충해 방제용 미생물농약 수용 수화제형개발’, ‘인산 화학비료 대체 및 경감을 위한 미생물 제제 개발’, ‘효소 또는 면역법을 이용한 살충제 및 살균제의 속성검사법 개발’, ‘친환경 성분을 이용한 지(원)효성 질소비료의 개발’, ‘질소 화학비료 대체 및 경감을 위한 미생

Table 6. Result of importance for the Evaluation Criteria

Major Criterion		Minor Criterion	
Standard	Weight	Standard	Weight
Technology	0.467	Uniqueness	0.240
		Impact to other technology	0.154
		Feasibility	0.607
Marketability	0.260	Market size	0.141
		Market growth	0.581
		Profitability	0.278
Public	0.273	Impact to other industry	0.346
		Impact to society	0.310
		Relatedness to government policy	0.334

Table 7. Priority Setting for the Technologies in Agricultural Environment Science

Priority	No	Technology	Importance
1	P16	Risk assessment of major heavy metal and model development of certification criterion of environmentally friendly agricultural products	0.772
2	P24	Development of novel techniques in the preparation of biocontrol agent with organic farming	0.753
3	P2	Management of pest and disease control by soil microorganisms	0.749
4	P19	Natural substance: A alternative use of chemical fertilizer	0.749
5	P5	Development of biotic pesticide for prevention of disease and pest in crop production	0.739
6	P20	Effect of biopesticide for alternative and reduction of phosphate fertilizer	0.737
7	P15	Development of rapid bioassay techniques in insecticide and fungicide by enzyme or immunization	0.731
8	P25	Preparation of slow release nitrogen fertilizer using environment friendly substance	0.727
9	P21	Development of biopesticide for alternative and reduction of nitrogen fertilizer	0.723
10	P4	Biological control of crop disease and pest by indigenous microorganisms	0.720
11	P3	Enhancement of indigenous microorganisms on crop disease and pest management	0.718
12	P27	Technology development of decomposition enhancement of organic waste	0.717
13	P30	Effect of combining use of natural enemy and biological control	0.707
14	P23	Development of microbial consortia on various types of soil	0.706
15	P1	Effect of wettable powder solution for preventing of disease and pest using natural material	0.705
16	P29	Use of natural enemy for biological control of insect pests in greenhouse crop	0.703
17	P35	Development of production and postharvest management system for safety-food supply	0.702
18	P33	Development of environmental safety assessment techniques for genetically modified organism (GMO) crops	0.695
19	P39	Development of application technology of using microorganism for hazardous substance composition as trace organic pollutant	0.695
20	P22	Improvement of survival rate and efficient of microorganism in biocontrol agent	0.694
21	P8	Role of wastewater treatment system in biological control in rural area	0.690
22	P40	Development of application technology of using microorganism for hazardous substance composition as pesticide	0.685
23	P12	Development of environmentally friendly system for improvement of water quality in rural watersheds	0.684
24	P37	Development of environmentally friendly material and processing technology for a restoration of contaminated soil	0.680
25	P14	Development of restoration technology in different contaminated soil	0.678
26	P6	Use of eco-friendly pesticide for reducing of pesticide consumption in paddy and fruit field	0.675
27	P10	Possibility of fertilizer application in different crop and soil: Establishment of special kit for detection of essential elements consumption	0.667
28	P43	Development of screening and community ratio analysis of the effective micro-organism resource in agriculture	0.665
29	P7	Development of biopesticide for prevention of water bloom with eutrophication in agricultural reservoir	0.662
30	P38	Preparation of environmentally friendly material and processing technology for a restoration of polluted underground water	0.659

(continued)

Priority	No	Technology	Importance
31	P41	Methods for prevention of stream pollution in cropland contaminated with pesticide and chemical fertilizer	0.652
32	P42	Establishment of the bioremediation techniques	0.642
33	P32	Control of chemical and biological pollution in agricultural water for water security of water sources	0.641
34	P34	Behaviors of pesticide in environment and animal or plant and development of risk assessment system	0.637
35	P18	Development of material circulation system between rural and urban district	0.636
36	P31	Risk assessment of hazardous substance monitoring in agricultural production and meat	0.635
37	P13	Soil analysis in different contaminated soil for source analysis	0.630
38	P28	Methods for combined antiviral agent and cultural practice for the control of virus infection	0.630
39	P9	Development of restoration technology in soil salinity, soil borne disease and contaminant waste using cleaning crop	0.628
40	P26	Development of density analysis of plant pathogenic fungi in soil	0.621
41	P17	Development of circulation system between wastewater and cropland in agricultural region	0.620
42	P11	Method for suppression of physiological disorder occurrence by salt accumulation from overuse of chemical fertilizer	0.619
43	P46	Long term population dynamics of insect pest and development of prediction technology of crop damage	0.619
44	P44	Method of soil fertility on effective of microflora change in agriculture	0.616
45	P45	Development of global management system for major insect pest control	0.612
46	P36	Fate of hazardous substance in environment	0.597

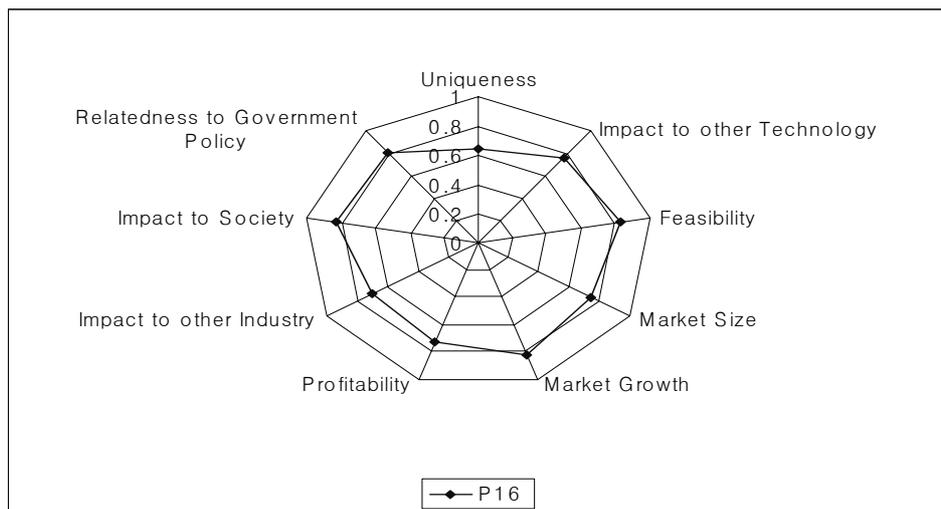


Fig. 3. Radial comparison of weighted average value for the most important technology in agricultural and environmental science.

물 제제 개발' 등인 것으로 나타났다. 한편, 우선순위가 가장 낮은 과제는 '위해성 화학물질의 환경 중 동태규명(경상연구 성격)'로 가중치가 0.597인 것으로 나타났다.

위에서의 개개 기술은 평가소항목별로 그 가중치를 나타

낼 수 있다. Fig. 3은 각 기술 중 '주요 중금속의 위해도 평가 및 친환경농산물 인증기준 설정' 기술에 대한 평가소항목별 가중치를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보면, 기술성 측면에서는 기술실현성 기준이 다른 기준보다 높은 점수를 받은 것으

로 나타났고, 시장성 측면에서는 시장성장성 기준이 다른 기준보다 높은 점수를 받은 것으로 나타났다. 공공성 측면에서는 사회적 영향성이 다른 기준보다 높은 것으로 나타났다. '주요 중금속의 위해도 평가 및 친환경농산물 인증기준 설정' 기술의 경우 시장성과 공공성이 기술성보다 가중치가 높은 것으로 나타났다.

한편, 1차 우선순위 설정에서는 연구개발수준도 높고 중요도도 높은 I 군에서는 "친환경적으로 작물보호를 할 수 있는 생물농약(생화학 농약 등)이 개발된다"가 가장 우선순위가 높은 기술로 선정되었다. 그리고 연구개발수준은 낮으나 중요도는 높은 II군에서는 "안전 농산물 생산 및 수확 후 관리 시스템이 개발된다"가 가장 우선순위가 높은 기술로 선정되었다.¹⁴⁾

결 론

계층분석적 의사결정방법을 통해 투자우선순위가 높은 환경분야의 미래유망기술을 도출하는 연구가 환경분야의 로드맵 작성에 관한 연구의 일환으로 2002년부터 2004년에 걸쳐 수행된 바 있다. 미래유망기술의 도출은 일정한 주기로 반복되어 이루어지고 있다. 이러한 반복을 통하여 이미 이루어진 기술은 삭제되고 새롭게 나타나는 유망기술은 추가되어, 각 미래유망기술의 중요도 및 실현시기 등을 예측하는 자료로 활용이 된다.

본 연구는 2002년~2004년 연구의 후속 연구로 계층분석적 의사결정방법을 이용하여 환경분야의 미래유망기술을 도출하고자 하였다. 본 연구에서는 3단계에 걸쳐 18명의 전문가를 통해 도출된 46개 미래유망기술의 우선순위를 설정하였다. 이 미래유망기술은 2단계 농림기술개발사업의 추진에서 중점적으로 지원될 미래유망과제로 활용될 수 있다.

계층분석적 의사결정을 위한 설문조사에는 환경분야의 전문가 18명이 응답을 하였다. 이 설문을 통한 평가항목들간의 중요도를 도출한 결과 평가대상목 중 기술성이 0.467로 가장 중요한 것으로 나타났다. 그 다음으로는 공공성이 0.273으로, 그리고 시장성은 0.260으로 상대적으로 중요도가 낮은 것으로 나타났다.

각 평가소항목의 중요도에서 기술성 측면에서는 기술실현성, 기술독창성, 그리고 기술과급성의 순으로, 시장성 측면에서는 시장성장성, 투자수익성, 그리고 시장규모성의 순으로, 그리고 공공성 측면에서는 산업적과급성, 국가전략과의 부합성, 사회적영향성의 순으로 중요한 것으로 나타났다. 평가대안의 분석결과에서는 '주요 중금속의 위해도 평가 및 친환경농산물 인증기준 설정'이 가중치 0.772로 가장 시급하게 개발해야할 과제로 나타났다. 이어서 '유기농업에 적합한 미생물 비료 제조기술 개발'이 가중치 0.753, '토양미생물 등을 이용한 작물 병충해 제제 개발'이 가중치 0.749로 나타났다.

그 외에 우선순위가 높게 나타난 기술로는 '천연물질을

이용한 화학비료 대체기술 개발', '병충해 방제용 미생물농약 수용 수화제형개발', '인산 화학비료 대체 및 경감을 위한 미생물 제제 개발', '효소 또는 면역법을 이용한 살충제 및 살균제의 속성검사법 개발', '친환경 성분을 이용한 지(완)효성 질소비료의 개발', '질소 화학비료 대체 및 경감을 위한 미생물 제제 개발' 등인 것으로 나타났다. 한편, 우선순위가 가장 낮은 과제는 '위해성 화학물질의 환경 중 동태규명(경상연구성격)'로 가중치가 0.597인 것으로 나타났다. 따라서, 환경분야의 연구개발정책수립을 하는데 있어서는 위의 기술 중 가중치가 높게 나타난 기술을 우선적으로 고려해야 할 것으로 판단이 된다.

미래유망기술의 예측은 단순한 예측으로 그쳐서는 안 된다. 미래유망기술로 도출된 기술을 실현시키기 위해서는 정부(또는 연구비지원기관)와 연구관리기관의 꾸준한 투자와 관리가 반드시 필요하다. 이러한 관리를 통해 실현된 기술은 우리나라 농업 환경분야의 기술수준을 한 단계 더 높일 수 있으며, 이러한 기술은 궁극적으로 농가의 소득증대로 이어질 수 있을 것이다.

감사의 글

이 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것으로 지원에 감사를 드립니다. 아울러, 이 연구를 위한 기술수요조사, AHP 설문조사, 그리고 전문위원회에 참여하여 주신 환경분야의 전문가께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Special commission on agriculture, fisheries and rural policies of Korea. (1994) Development plans on rural and fishing communities and promotion plans on agricultural policies reform.
2. OECD. (2004) The economic impacts of biotechnology. DSTI/STP/NESTI 6, Paris.
3. Ministry of agriculture and forestry. (1998) Extended plans on agricultural technology development.
4. Korean rural economic institute. (2007) Innovation for agricultural rechnology in Korea : success and strategies.
5. Hwang, J-K., Lee, J-I., Lee, J-M., Cho, K-T. and Cho, Y-G. (2004) Survey for technology forecasting using delphi in horticultural science. *Kor. J. Hort. Sci. Technol* 82, 242-250.
6. Saaty, T. (1980) The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York.
7. Saaty, T. (1983) Priority setting in complex problem.

-
- IEEE Transactions on Engineering Management. 30, p.140-155.
8. Zahedi, F. (1986) The analytic hierarchy process-a survey of the method and its applications. *Interfaces* 16, 161-167.
 9. Cho, K-T., Cho, Y-G. and Kang, H-S. (2003) Decision making by AHP. Dong Hyun Publishing Company, p.33-39.
 10. Lee, K-C. et al. (2004) Forecasting future technology. Drawing Road Maps, and Developing Effective Investment Techniques in the Agricultural Sector, Ministry of Agriculture & Forest.
 11. Lee, J-I., Cho, K-T. and Chae, J-C. (2004) Priority setting for future core technologies in crops using the AHP. *Korean J. Crop Sci.* 49, 546-551.
 12. Kwon, C-S. and Cho, K-T. (2001) An applied study of the AHP on the selection of nonmemory semiconductor chip. *KORMS* 18, 5-9.
 13. Cho, K-T., Ha, S-D., Kim, S-M., and Yeom, Y-K. (2000) Selection of medical appliance development program for small and medium enterprise using AHP. *Study of Technology Innovation*, 8, p.12.
 14. Lee, J-I., Cho, K-T., Chang, S-D., Shin, B-C. (2006) Priority setting for future core technologies in agricultural environmental science using the AHP. *Management science study* 32, 101-112.
-