

## 델파이 설문조사를 통한 토마토 재배시설 평가지표 개발

유인호\* · 조명환 · 이응호 · 류희룡 · 김영철  
국립원예특작과학원 시설원예시험장

### Development of Evaluation Indicators of Greenhouse for Tomato Cultivation Using Delphi Survey Method

In Ho Yu\*, Myeong Whan Cho, Eung Ho Lee, Hee Ryong Ryu, and Young Chul Kim  
Protected Horticulture Research Station, NIHHS, RDA, Busan 618-800, Korea

**Abstract.** This study aimed to develop the comprehensive indicators which can be used for evaluating greenhouse for tomato cultivation. To achieve this aim, the study developed the evaluation indicators composed of evaluation items, grades and criteria by extracting preliminary evaluation items through analyzing the related papers and preceding studies, and conducting Delphi survey on an expert group. During the three surveys, the questions of closed-ended type were given to a panel of 100 experts - professors related to tomato cultivation and facilities, researchers and farmers (practical users). As a result, the finally established evaluation indicators consist of 4 categories and 39 specific evaluation items. The 4 categories are the structural factor of greenhouse, equipment factor of greenhouse, cultivation factor, and infrastructure factor. These factors consist of specific evaluation items of 9, 15, 7 and 8, respectively. In addition, on 39 specific evaluation items, weighted values were calculated and grades and criteria were established by collecting opinions of the experts. The newly developed evaluation indicators through this study will play an important role in developing new greenhouse models, considering things that should be complemented preferentially regarding in-use facilities, and improving the efficiency of projects supported by the government.

**Key words :** Delphi method, evaluation indicators, greenhouse, tomato

## 서 론

우리나라 토마토 재배는 1980년대 중반까지는 대부분 노지재배 중심이었으나, 1980년대 중반 이후에는 시설재배면적이 늘어나면서 시설재배 형태로 급속하게 전환되었다(Jun, 2011). 우리나라 토마토 시설면적은 2001년 3,218ha에서 2011년 현재 5,850ha로서 약 82% 정도로 증가하였지만, 10a당 토마토의 생산량은 2001년 6,222kg, 2011년 6,294kg으로 거의 정체상태에 있다(MIFAFF, 2012). 온실의 구조 및 환경관리 기술의 낙후로 인하여 온실의 최적 환경관리가 제대로 이루어지지 못하고 있기 때문에 생산성이 선진국에 비하여 낮다(Nam 등, 2009).

농림수산식품부에서는 2007년부터 자동화, 단동 플라스틱하우스 등 원예시설 모델을 고시하여 농가에 보급하고 있다. 그러나 기후 조건이나 자연 환경 및 사회적 요인 등의 차이로 인해 지역 또는 농가별로 다양한 형태의 재배시설이 운용되고 있는 실정이다. 토마토 생산량은 시설 구조, 설비 여건, 토양 및 기상조건, 재배기술 등에 많은 영향을 받는다. 토마토 생산량 및 품질을 향상시키기 위해서는 노후시설은 교체하거나 재배환경을 개선하기 위한 설비를 적극적으로 도입할 필요가 있다. 그러나 농가마다 생산 환경과 노동력 수준, 경제성 등이 다르기 때문에 이를 고려한 최적조건을 만족시키기 위해서 농가에서는 시설의 규격, 형식을 어떻게 개선하여야 하는지 또는 각종 설비들을 도입하고자 할 때 어떤 기준에 의하여 도입 우선순위를 결정할 것인지 등은 매우 중요한 의사결정 요소가 된다. 토마토의 생산성을 높이기 위해서는 재배시설의 평가

\*Corresponding author: ihyu2003@korea.kr  
Received November 9, 2012; Revised November 23, 2012;  
Accepted November 26, 2012

## 텔레파이 설문조사를 통한 토마토 재배시설 평가지표 개발

를 통하여 체계적인 시설 개선방안을 마련할 필요가 있으며, 이를 위해서는 생산성을 중심으로 한 재배시설의 시설구조·장치의 효율성 및 안전성을 엄밀하게 평가할 수 있는 평가지표가 개발되어야 한다.

평가지표 개발에 관해서는 정책 평가 분야(Lee 등, 2008; Hwang, 2007)와 농촌 어메니티 자원 평가 분야(Jung, 2005; Kim 등, 2007; Kim 등, 2004; Ban 등, 2008; Ko, 2007; Kim 등, 2007) 등에서 많은 연구가 진행되어 왔다. 토목 및 건축분야(Lee, 2007; Choi 등, 2009), 보건 분야(Chae 등, 2010; Park, 2008) 등 다양한 분야에서 연구가 계속되고 있다. 시설원에 관련해서는 시설원에 입지 현황 및 특성 분석(Hwang 등, 1998), 시설원에 입지적성 평가모델 개발(Hwang 등, 1999), 시설농업을 위한 기반정비 설계 지침(Seo 등, 2009) 등 시설원에 기반 조성 관련 연구와 토마토 재배온실의 구조와 환경조절 설비 실태 분석(Nam 등, 2009) 등의 연구가 진행되었다. 그러나 재배시설 자체를 종합적으로 평가하는 지표에 관한 연구는 국내는 물론 전 세계적으로도 진행된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 토마토 재배 및 시설 관련 전문가, 농업인을 중심으로 텔레파이 설문조사를 실시하

여 토마토 재배시설을 종합적으로 평가할 수 있는 항목 선정, 각 항목별 가중치 산정 및 평가 등급기준을 설정하여 토마토 재배시설을 평가하는 지표를 개발하고자 하였다.

## 자료 및 방법

본 연구에서는 관련 문헌 및 선행 연구들을 분석하여 5개 대분류 영역과 37개 세부 평가항목을 추출하고, 이를 예비 평가항목으로 사용하였다(Table 1). 또한 전문가 집단을 대상으로 3차에 걸쳐 텔레파이 설문조사를 실시하여 평가항목, 등급 및 기준으로 구성된 평가지표를 개발하였다.

텔레파이방법은 대상 주제에 대한 전문적인 지식이나 자질을 가진 전문가를 선정하고 선정된 전문가들을 대상으로 설문서를 보내 그들의 의견이나 판단을 자유롭게 개진하게 하고 이를 다른 전문가들에 피드백(feedback)하는 과정을 반복함으로써 객관적으로 의견의 합의를 이끌어내는 방법으로 1950년대 미국 공군의 의뢰를 받은 Rand사에 의해 개발되어 Helmer와 Dalkey라는 2명의 연구자에 의해 제안되었다. 텔레파이

**Table 1.** Preliminary evaluation items of greenhouse for tomato cultivation.

Category	Specific evaluation item	
Structural factor of greenhouse	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Roof shape</li> <li>· Greenhouse width</li> <li>· No. of span</li> <li>· Type of covering material</li> <li>· Structural safety</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Greenhouse height</li> <li>· Greenhouse area</li> <li>· Greenhouse azimuth</li> <li>· No. of covering layer</li> </ul>
Equipment factor of greenhouse	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Type of ventilator</li> <li>· Heater capacity</li> <li>· Alternative energy</li> <li>· No. of thermal screen layer</li> <li>· Irrigation method</li> <li>· Device for labor saving</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Heating method</li> <li>· Type of fuel</li> <li>· Thermal screen material</li> <li>· Cooling system</li> <li>· Environmental control method</li> <li>· Distribution facilities</li> </ul>
Cultivation factor	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Cropping system</li> <li>· No. of flower cluster</li> <li>· Nutrients management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Cropping pattern</li> <li>· Planting density</li> <li>· Pest management</li> </ul>
Natural and locational factor	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Air temperature</li> <li>· Duration of sunshine</li> <li>· Soil texture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Amount of insolation</li> <li>· Frequency of disaster</li> </ul>
Infrastructure factor	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Accessibility</li> <li>· Water capacity</li> <li>· Drainage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Available worker</li> <li>· Water quality</li> </ul>

방법에 있어 가장 중요한 사항은 전문가 패널의 구성 임에 따라, 토마토 재배 및 시설에 관련된 전반적인 이해와 평가에 관한 지식을 가진 전문가를 선정하였다. 선정된 델파이 패널은 토마토 재배 및 시설 관련 교수, 연구원, 농업인(현장 사용자)의 세 집단으로 구성되었다. 델파이 패널의 수는 최종적으로 최소한 10명 이상의 패널로 구성되어야 하며(Murry와 Hammons, 1995), Dalky(1969)는 델파이 집단 크기가 13보다 클 때 신뢰성이 0.80 이상이었다고 하여 본 연구의 패널 수는 총 100명을 대상으로 설문을 진행하였다.

1차 델파이 조사는 평가항목 수정 및 추가 사항에 대한 의견을 수렴하기 위하여 실시하였으며, 2010년 9월 26일부터 10월 6일까지 진행하였다. 패널로 선정된 100명(교수 32, 연구원 27, 농업인 41)에게 설문지를 발송함에 있어 신속성과 정확한 회신을 위해 반송봉투와 함께 Fax, E-mail을 사용하여 회신을 받았다. 1차 설문은 완전개방형 질문으로 구성하는 것이 원칙이지만 응답자의 심리적 부담이 크고 혼란을 야기할 수 있으므로, 본 연구에서는 관련 문헌 및 선행 연구들을 분석하여 추출한 예비 평가항목을 제시하였다. 예비 평가항목은 5개 대분류 영역, 37개 세부 평가항목으로 이루어졌다. 대분류 영역은 시설 구조적 요소, 시설 설비적 요소, 재배적 요소, 자연입지적 요소, 생산기반적 요소이며, 요소별로 각각 9개, 12개, 6개, 5개, 5개씩 세부 평가항목으로 구성되었다. 패널에게 제시한 평가항목 중 평가에 필요하다고 생각하는 항목을 복수 선택하도록 하였으며, 의미가 겹치거나 단어의 수정이 필요한 항목들은 수정하고 추가하여 할 항목들은 빈칸에 의견을 기술하도록 하였다. 또한 대분류 영역의 중요도를 백분율로 표시하도록 하였다.

2차 델파이 조사는 토마토 재배시설의 평가항목을 확정하고 각 평가항목별 가중치를 결정하기 위하여 2010년 11월 2일부터 11월 12일까지 진행하였다. 2차 델파이 조사의 패널은 1차 델파이 조사 패널 100명 중 설문에 응답을 하지 않은 36명을 제외한 64명(교수 23, 연구원 28, 농업인 13)으로 구성하여 우편, Fax 및 E-mail을 사용하여 회신을 받았다. 1차 설문 결과를 바탕으로 불필요한 항목은 삭제시키고 필요한 항목은 추가 또는 수정하여 4개 대분류 영역, 39개 세부 평가항목을 제시하였다. 대분류 영역은 시설 구조적 요소, 시설 설비적 요소, 재배적 요소, 생산기반적 요소이며, 요소별로 각각 9개, 15개, 7개, 8개씩 세부 평가항목으로 구성되었다. 각 평가항목의 중요도를 평가하기 위하여 패널에게 Likert 5점 척도(1의 '매우 낮음'부터 2의 '낮음', 3의 '보통', 4의 '높음', 5의 '매우 높음')에 대해 평정하도록 하였다. 또한 대분류 영역의 중요도 역시 Likert 5점 척도에 대해 평정하도록 하였다.

3차 델파이 조사는 평가항목별 평가등급 및 기준을 설정하기 위하여 2011년 10월 30일부터 11월 9일까지 진행하였다. 3차 델파이 조사의 패널은 2차 델파이 조사 패널 64명 중 설문에 응답을 하지 않은 28명을 제외한 36명(교수 14, 연구원 19, 농업인 3)으로 구성하여 E-mail을 사용하여 회신을 받았다. 2차 델파이 조사를 통해 결정된 각 평가항목별 가중치 산정 결과를 패널에게 제공하였다. 이와 함께 관련 문헌 및 선행 연구들을 분석하여 작성한 평가지표안(평가 등급 및 기준)을 제시하고 이에 대한 패널의 의견을 기술하도록 하였다. 본 연구의 구체적인 전문가 집단 구성과 3차례 설문조사에서 패널의 응답률은 Table 2와 같다.

Table 2. The composition of panel and response percentage of panel.

		Professor	Researcher	Farmer	Total
First Delphi survey	No. of panel surveyed	31	28	41	100
	No. of respondents	23	28	13	64
	Response percentage	74	100	32	64
Second Delphi survey	No. of panel surveyed	23	28	13	64
	No. of respondents	14	19	3	36
	Response percentage	61	68	23	56
Third Delphi survey	No. of panel surveyed	14	19	3	36
	No. of respondents	12	19	2	33
	Response percentage	86	100	67	92

델파이 설문조사를 통한 토마토 재배시설 평가지표 개발

델파이 조사를 통해 수집된 데이터는 SAS 프로그램을 사용하여 평균, 표준편차, 백분율 등의 기술통계를 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 1차 델파이 조사**

1차 델파이 조사에서 대부분류 영역별로 세부 평가항목에 대한 패널의 선택 비율을 분석한 결과, 시설 구조적 요소에서는 온실높이를 선택한 비율이 87.5%로 가장 높았으며, 그 다음으로 피복자재 종류(84.4%)가

높게 나타났다. 교수 그룹과 연구원 그룹은 온실높이를 가장 중요한 항목으로 꼽았지만 농업인 그룹은 피복자재 종류를 가장 중요하게 생각하는 것으로 나타났다 (Table 3). 시설 설비적 요소에서는 관수방식을 선택한 비율이 78.1%로 가장 높았으며, 그 다음으로 환경제어방식(75.0%)이 높게 나타났다. 교수 그룹은 관수방식과 난방방식을 선택한 비율이 가장 높았으며, 연구원 그룹은 환경제어방식을, 농업인 그룹은 난방기 용량을 선택한 비율이 가장 높게 나타났다(Table 4). 재배적 요소에서는 양분관리(90.6%)를 선택한 비율이 가장 높았으며, 모든 세부 평가항목에서 선택 비율이 65% 이

**Table 3.** Frequency of selection by specific evaluation item in structural factor.

Item	Professor (%)	Researcher (%)	Farmer (%)	Total (%)
Greenhouse height	95.7	89.3	69.2	87.5
Type of covering material	87.0	82.1	84.6	84.4
Greenhouse azimuth	82.6	67.9	69.2	73.4
No. of covering layer	69.6	67.9	30.8	60.9
Greenhouse area	43.5	57.1	61.5	53.1
Greenhouse width	60.9	46.4	46.2	51.6
No. of span	43.5	42.9	46.2	43.8
Roof shape	47.8	39.3	38.5	42.2
Structural safety	43.5	42.9	30.8	40.6

**Table 4.** Frequency of selection by specific evaluation item in equipment factor.

Item	Professor (%)	Researcher (%)	Farmer (%)	Total (%)
Irrigation method	87.0	75.0	69.2	78.1
Environmental control method	78.3	85.7	46.2	75.0
Type of ventilator	65.2	78.6	61.5	70.3
Thermal screen material	69.6	71.4	61.5	68.8
Heater capacity	73.9	57.1	76.9	67.2
Heating method	87.0	50.0	61.5	65.6
Cooling system	82.6	57.1	46.2	64.1
No. of thermal screen layer	73.9	57.1	38.5	59.4
Device for labor saving	34.8	60.7	23.1	43.8
Alternative energy	26.1	32.1	61.5	35.9
Distribution facilities	21.7	35.7	38.5	31.3
Type of fuel	13.0	21.4	46.2	23.4

**Table 5.** Frequency of selection by specific evaluation item in cultivation factor.

Item	Professor (%)	Researcher (%)	Farmer (%)	Total (%)
Nutrients management	95.7	96.4	69.2	90.6
Pest management	95.7	85.7	76.9	87.5
Cropping pattern	82.6	85.7	84.6	84.4
Planting density	87.0	82.1	69.2	81.3
Cropping system	73.9	82.1	61.5	75.0
No. of flower cluster	65.2	71.4	69.2	68.8

**Table 6.** Frequency of selection by specific evaluation item in natural and locational factor.

Item	Professor (%)	Researcher (%)	Farmer (%)	Total (%)
Amount of insolation	95.7	89.3	92.3	92.2
Air temperature	95.7	89.3	76.9	89.1
Duration of sunshine	87.0	85.7	53.8	79.7
Soil texture	73.9	57.1	46.2	60.9
Frequency of disaster	47.8	35.7	53.8	43.8

**Table 7.** Frequency of selection by specific evaluation item in infrastructure factor.

Item	Professor (%)	Researcher (%)	Farmer (%)	Total (%)
Available worker	56.5	85.7	100.0	78.1
Water quality	87.0	75.0	61.5	76.6
Water capacity	87.0	64.3	61.5	71.9
Drainage	69.6	67.9	69.2	68.8
Accessibility	52.2	46.4	61.5	51.6

**Table 8.** Importance by category.

Category	Professor (%)	Researcher (%)	Farmer (%)	Total (%)
Structural factor	22.0 a <sup>2</sup>	22.9 a	19.1 a	21.9
Equipment factor	25.0 a	23.0 a	21.8 a	23.5
Cultivation factor	26.1 a	24.1 a	25.5 a	25.1
Natural and locational factor	15.2 a	17.9 a	15.9 a	16.5
Infrastructure factor	11.7 b	12.1 b	17.7 a	13.0

<sup>2</sup>Mean separation by Duncan's multiple range test,  $P = 0.05$ .

상의 값을 나타냈다. 교수 그룹과 연구원 그룹은 양분 관리를, 농업인 그룹은 재배방식을 선택한 비율이 가장 높았다(Table 5). 자연입지적 요소에서는 일사량(92.2%)을 선택한 비율이 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 기온(89.1%)이 높게 나타났다. 모든 전문가 그룹에서 일사량을 가장 중요하게 생각하는 것으로 나타났다(Table 6). 생산기반적 요소에서는 노동력 수급을 선택한 비율이 각각 78.1%로 가장 높게 나타났다. 교수 그룹은 수질과 용수량을, 연구원 그룹과 농업인 그룹은 노동력 수급을 선택한 비율이 가장 높았다. 특히 농업인 그룹은 노동력 수급을 100% 선택한 것을 봤을 때 농업인들이 노동력 수급에 얼마나 어려움을 겪고 있는지를 짐작할 수 있다(Table 7).

대분류 영역의 중요도를 분석한 결과, 전체 의견은 재배적 요소(25.1%)를 가장 중요하게 생각하는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 시설 설비적 요소, 시설 구조적 요소, 자연입지적 요소, 생산기반적 요소 순으로 나타났다. 대분류 영역별 중요도 순서에 대한 교수 그룹과 연구원 그룹의 의견은 전체 의견과 일치하였으며,

농업인 그룹은 자연입지적 요소보다 생산기반적 요소를 더 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 대분류 영역별로 전문가 그룹간 중요도 차이를 검증한 결과 생산기반적 요소에서는 그룹간 통계적인 유의차가 있었지만 나머지 대분류 영역에서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 8).

1차 델파이 조사를 통해 수집된 데이터 분석 결과에 따라 시설 설비적 요소의 세부 평가항목 중 대체에너지, 유통설비, 난방연료 종류는 평가항목에서 제외하기로 하였다. 이는 빈도가 비교적 낮은 것이라면 계산된 통계치를 일반화시키는 것은 무리가 있다는(Kelinger, 1989) 판단 하에 패널 64명 중에서 40% 이상의 응답 비율을 기준(Kim 등, 2007)으로 한 것이다. 전문가의 의견을 반영하여 시설 설비적 요소에 방제장치, 차광시설, 근권난방, 제습장치, 공기유동팬, 탄산시비, 재배적 요소에 토양비옥도 등의 세부 평가항목을 추가하였다. 또한 재배적 요소의 양분관리를 양수분관리로, 자연입지적 요소의 일사량과 일사량을 합해서 외부 일사량으로 용어를 변경하였다. 전문가의 의견과 연구자

델파이 설문조사를 통한 토마토 재배시설 평가지표 개발

의 판단에 의해 자연입지적 요소와 생산기반적 요소를 생산기반적 요소 하나로 통합하였다. 따라서 1차 델파이 조사를 통해 4개 대분류 영역, 39개 세부 평가항목을 선정하였다.

2. 2차 델파이 조사

1차 델파이 조사를 통해 수집된 데이터 분석 결과에 따라 4개 대분류 영역, 39개 세부 평가항목으로 2차 델파이 설문지를 구성하고 각 영역별 및 항목별로 중요도를 조사하였다.

2차 델파이 조사에서 대분류 영역별로 세부 평가항목에 대한 중요도 점수를 분석한 결과, 시설 구조적 요소에서는 중요도가 4.0(중요함) 이상인 항목은 2개

항목, 나머지 7개 항목은 3.0(보통) 이상이였다. 온실 높이가 4.42로 가장 높았으며, 그 다음으로 피복자재 종류(4.19)가 높게 나타났다(Table 9). 시설 설비적 요소에서는 중요도가 4.0(중요함) 이상인 항목은 3개 항목, 나머지 12개 항목은 3.0(보통) 이상이였다. 환경제어방식이 4.36으로 가장 높았으며, 그 다음으로 관수 방식(4.03)이 높게 나타났다(Table 10). 재배적 요소에서는 중요도가 4.0(중요함) 이상인 항목은 4개 항목, 나머지 3개 항목은 3.0(보통) 이상이였다. 양수분 관리(4.81)가 가장 높았으며, 그 다음으로 병해충관리(4.42)가 높게 나타났다(Table 11). 생산기반적 요소에서는 중요도가 4.0(중요함) 이상인 항목은 2개 항목, 나머지 6개 항목은 3.0(보통) 이상이였다. 외부 일사량이 4.64로 가장 높았으며, 그 다음으로 외기온(4.14)이 높게 나타났다(Table 12). 중요도 3.0(보통) 이상인 세부 평가항목은 시설 구조적 요소에서 9개, 시설 설비적 요소에서 15개, 재배적 요소에서 7개, 생산기반적 요소에서 8개로 조사되어 최종 평가항목은 4개 대분류 영역, 39개 세부 평가항목으로 구성하였다(Table 13).

Table 9. Importance by specific evaluation item in structural factor.

Item	Mean	Std. deviation
Greenhouse height	4.42	0.69
Type of covering material	4.19	0.75
Greenhouse azimuth	3.92	0.97
No. of covering layer	3.75	0.81
Greenhouse area	3.39	0.90
Greenhouse width	3.08	0.84
No. of span	3.03	0.94
Roof shape	3.03	0.94
Structural safety	3.06	1.15
Total	4.03	0.88

Table 10. Importance by specific evaluation item in equipment factor.

Item	Mean	Std. deviation
Irrigation method	4.03	0.74
Environmental control method	4.36	0.83
Type of ventilator	3.75	0.87
Thermal screen material	3.67	0.96
Heater capacity	3.69	0.86
Heating method	3.78	0.72
Cooling system	3.58	0.85
No. of thermal screen layer	3.58	0.91
Device for labor saving	3.58	0.94
Device for agrochemical spray	3.58	0.84
Shading equipment	3.61	0.73
Heating for root zone	3.39	0.87
Dehumidifier	3.42	0.81
Air circulation fan	3.72	0.66
Carbon dioxide enrichment	4.08	0.81
Total	4.17	0.74

Table 11. Importance by specific evaluation item in cultivation factor.

Item	Mean	Std. deviation
Nutrient and water management	4.81	0.52
Pest management	4.42	0.73
Cropping pattern	4.19	0.62
Planting density	3.83	0.74
Cropping system	3.83	0.85
No. of flower cluster	3.97	0.84
Soil fertility	4.22	0.72
Total	4.36	0.87

Table 12. Importance by specific evaluation item in infrastructure factor.

Item	Mean	Std. deviation
Amount of outside insolation	4.64	0.83
Outside air temperature	4.14	0.76
Frequency of disaster	3.58	0.84
Available worker	3.56	1.00
Water quality	3.94	0.67
Water capacity	3.53	0.70
Drainage	3.94	0.75
Accessibility	3.17	0.77
Total	3.56	1.05

**Table 13.** The final evaluation items of greenhouse for tomato cultivation.

Category	Specific evaluation item	
Structural factor of greenhouse	· Greenhouse height	· Type of covering material
	· Greenhouse azimuth	· No. of covering layer
	· Greenhouse area	· Greenhouse width
	· No. of span	· Roof shape
	· Structural safety	
Equipment factor of greenhouse	· Irrigation method	· Environmental control method
	· Type of ventilator	· Thermal screen material
	· Heater capacity	· Heating method
	· Cooling system	· No. of thermal screen layer
	· Device for labor saving	· Device for agrochemical spray
	· Shading equipment	· Heating for root zone
	· Dehumidifier	· Air circulation fan
	· Carbon dioxide enrichment	
Cultivation factor	· Nutrient and water management	· Pest management
	· Cropping pattern	· Planting density
	· Cropping system	· No. of flower cluster
	· Soil fertility	
Infrastructure factor	· Amount of outside insolation	· Outside air temperature
	· Frequency of disaster	· Available worker
	· Water quality	· Water capacity
	· Drainage	· Accessibility

대분류 영역의 중요도를 분석한 결과, 재배적 요소가 4.36으로 가장 높았으며, 그 다음으로 시설 설비적 요소(4.17), 시설 구조적 요소(4.03), 생산기반적 요소(3.56) 순으로 나타났다.

2차 델파이 조사에서 얻어진 중요도를 토대로 세부 평가항목별 가중치를 산정하였는데, Kim(2006)이 평가항목의 중요도를 산정한 방법을 이용하였다. 가중치 산정방법은 첫째, 각 대분류 영역의 가중치, 상대적인 중요도를 구하였다. 각 대분류의 영역의 중요도 점수를 대분류의 영역의 중요도 점수의 합으로 나누어 계산하였다. 둘째, 대분류 영역별 상대적인 중요도를 산정하였다. 4개 대분류 영역의 중요도 점수 중에서 가장 높은 점수에 대한 대분류 영역별 점수를 상대적 점수로 변환하였다. 즉, 가장 점수가 높은 재배적 요소 4.36을 1점으로 환산하여 다른 대분류 영역의 점수를 비율화하여 계산하였다. 셋째, 대분류 영역별 세부 평가항목 수의 상대적 비율을 계산하였다. 대분류 영역별로 세부 평가항목의 수가 다르므로 평가의 객관성을 유지하기 위하여 세부 평가항목수가 가장 많은 시설 설비적 요소 15개를 기준으로 각 대분류 영역별 항목수를 비율화하여 계산하였다. 넷째, 세부 평가항목별 중요도

점수를 계산하였다. 세부 평가항목별 중요도 점수에 대분류 영역별 상대적인 중요도를 곱하고, 여기에 다시 세부 평가항목 수의 상대적 비율을 곱하여 계산하였다. 다섯째, 각 대분류 영역별로 세부 평가항목별 가중치를 계산하였다. 각 대분류 영역별로 세부 평가항목 중요도 점수를 세부 평가항목 중요도 점수의 합으로 나누어 계산하였다. 마지막으로, 세부 평가항목의 종합 가중치를 계산하였다. 세부 평가항목별 가중치에 각 대분류 영역의 가중치를 곱하여 계산하였다. 이상의 과정을 통해 산정한 세부 평가항목별 종합 가중치는 Table 14와 같다.

### 3. 3차 델파이 조사

3차 델파이 조사는 평가항목별 평가등급 및 기준을 설정하기 위하여 실시하였다. 2차 델파이 조사를 통해 결정된 각 세부 평가항목별 가중치를 패널에게 제공하고, 이와 함께 관련 문헌 및 선행 연구들을 분석하여 작성한 평가지표안(평가 등급 및 기준)을 제시하였다. 각 세부 평가항목별 최고 점수는 세부 평가항목별 종합 가중치에 1,000을 곱한 값으로 하였다. 제시한 평가지표안에 대한 패널의 의견을 자유롭게 개진하도록

델파이 설문조사를 통한 토마토 재배시설 평가지표 개발

**Table 14.** Weighted value by specific evaluation item.

Category		Specific evaluation item		Total weighted value
Item	Weighted value	Item	Weighted value	
Structural factor of greenhouse	0.250	Greenhouse height	0.139	0.035
		Type of covering material	0.131	0.033
		Greenhouse azimuth	0.123	0.031
		No. of covering layer	0.118	0.029
		Greenhouse area	0.106	0.027
		Greenhouse width	0.097	0.024
		No. of span	0.095	0.024
		Roof shape	0.095	0.024
		Structural safety	0.096	0.024
Equipment factor of greenhouse	0.259	Irrigation method	0.072	0.019
		Environmental control method	0.078	0.020
		Type of ventilator	0.067	0.017
		Thermal screen material	0.066	0.017
		Heater capacity	0.066	0.017
		Heating method	0.068	0.018
		Cooling system	0.064	0.017
		No. of thermal screen layer	0.064	0.017
		Device for labor saving	0.064	0.017
		Device for agrochemical spray	0.064	0.017
		Shading equipment	0.065	0.017
		Heating for root zone	0.061	0.016
		Dehumidifier	0.061	0.016
		Air circulation fan	0.067	0.017
Carbon dioxide enrichment	0.073	0.019		
Cultivation factor	0.270	Nutrient and water management	0.164	0.044
		Pest management	0.151	0.041
		Cropping pattern	0.143	0.039
		Planting density	0.131	0.035
		Cropping system	0.131	0.035
		No. of flower cluster	0.136	0.037
		Soil fertility	0.144	0.039
Infrastructure factor	0.221	Amount of outside insolation	0.152	0.034
		Outside air temperature	0.136	0.030
		Frequency of disaster	0.117	0.026
		Available worker	0.117	0.026
		Water quality	0.129	0.029
		Water capacity	0.116	0.026
		Drainage	0.129	0.029
Accessibility	0.104	0.023		

하였다. 전문가 패널의 의견을 수렴하여 피복자재 종류, 온실방위, 지붕형상, 구조 안전성, 보온커튼 재질, 난방기 용량, 난방방식, 냉방장치, 제습장치, 탄산시비, 양수분 관리, 병해충 관리, 재배작형, 재해 빈도, 수질, 배수 등의 세부 평가항목에 대해 등급기준 또는 점수를 수정하였다. 최종 확정된 평가지표는 Table 15와 같다.

**적 요**

이 연구의 목적은 토마토 재배시설을 종합적으로 평가할 수 있는 지표를 개발하는데 있다. 이를 달성하기 위해 관련 문헌 및 선행 연구들을 분석하여 예비 평가항목을 추출하고, 전문가 집단을 대상으로 델파이 설문조사를 실시하여 평가 항목, 등급 및 기준으로 구성



**Table 15.** The final evaluation indicators of greenhouse for tomato cultivation.

Item (Max. score)	Classification	Criteria	Score
Greenhouse height (35)	A	Eaves height $4 \text{ m} < X$	35
	B	Eaves height $3 < X \leq 4 \text{ m}$	30
	C	Eaves height $2 < X \leq 3 \text{ m}$	25
	D	Eaves height $X \leq 2 \text{ m}$	20
Type of covering material (33)	A	Glass	33
	B	PO film	30
	C	PE film renewal every year	25
	D	PE film renewal every two years	20
	E	PE film renewal every three years	15
Greenhouse azimuth (31)	A	E to W	31
	B	ESE to WNW	29
	C	SSE to NNW	27
	D	S to N	25
No. of covering layer (29)	A	$X = 1$	29
	B	$X = 2$	24
	C	$X \geq 3$	19
Greenhouse area (27)	A	$10,000 \text{ m}^2 < X$	27
	B	$6,600 < X \leq 10,000 \text{ m}^2$	25
	C	$3,300 < X \leq 6,600 \text{ m}^2$	23
	D	$2,000 < X \leq 3,300 \text{ m}^2$	21
	E	$X \leq 2,000 \text{ m}^2$	19
Greenhouse width (24)	A	$8 \text{ m} < X$	24
	B	$7 < X \leq 8 \text{ m}$	22
	C	$6 < X \leq 7 \text{ m}$	20
	D	$X \leq 6 \text{ m}$	18
No. of span (24)	A	$7 < X$	24
	B	$5 < X \leq 7$	22
	C	$3 < X \leq 5$	20
	D	$1 < X \leq 3$	18
	E	$X = 1$	16
Roof shape (24)	A	Venlo type	24
	B	Even-span type	22
	C	Arch type	20
	D	Half-span type	18
Structural safety (24)	A	Design standard in regions $100\% \leq X$	24
	B	Design standard in regions $80\% \leq X < 100\%$	20
	C	Design standard in regions $65\% \leq X < 80\%$	16
	D	Design standard in regions $50\% \leq X < 65\%$	12
	E	Design standard in regions $X < 50\%$	8
Irrigation method (19)	A	Automatic irrigation by sensor	19
	B	Semi-automatic irrigation by considering crop growth	15
	C	Fixed quantity irrigation by growth stage	11
	D	Fixed quantity irrigation periodically	7
Environmental control method (20)	A	Multi-variable controller	20
	B	Automatic control by sensor or timer	16
	C	Semi-automatic control	12
	D	Manual control	8

델파이 설문조사를 통한 토마토 재배시설 평가지표 개발

Table 15. Continued.

Item (Max. score)	Classification	Criteria	Score
Type of ventilator (17)	A	Roof + side + forced ventilation	17
	B	Roof + side ventilation	14
	C	Side ventilation	11
	D	Hole at roof or side	8
	E	None	5
Thermal screen material (17)	A	Aluminum curtain	17
	B	Multi-layered thermal curtain	15
	C	Non-woven fabric	13
	D	Vinyl	11
Heater capacity (17)	A	Optimum capacity $100\% \leq X$	17
	B	Optimum capacity $90 \leq X < 100\%$	15
	C	Optimum capacity $80 \leq X < 90\%$	13
	D	Optimum capacity $70 \leq X < 80\%$	11
	E	Optimum capacity $X < 70\%$	9
Heating method (18)	A	Hot water heating	18
	B	Fan coil unit	16
	C	Warm air heating	14
	D	Electricity heating	12
Cooling system (17)	A	Yes	17
	B	No	5
No. of thermal screen layer (17)	A	$X \geq 3$	17
	B	$X = 2$	14
	C	$X = 1$	11
Device for labor saving (17)	A	Yes	17
	B	None	10
Device for agrochemical spray (17)	A	Yes	17
	B	No	10
Shading equipment (17)	A	Yes	17
	B	No	8
Heating for root zone (16)	A	Yes	16
	B	No	8
Dehumidifier (16)	A	Yes	16
	B	No	10
Air circulation fan (17)	A	Yes	17
	B	No	10
Carbon dioxide enrichment (19)	A	Yes	19
	B	No	5
Nutrient and water management (44)	A	Optimum application by soil testing	44
	B	Application by considering crop growth without soil testing	34
	C	Fixed quantity application periodically	24
Pest management (41)	A	Application of natural enemy or bio-pesticide	41
	B	Watching pest, preventive application of agrochemical	35
	C	Application of agrochemical after occurrence of pest	29
Cropping pattern (39)	A	Hydroponics	39
	B	Soil culture	35

Table 15. Continued.

Item (Max. score)	Classification	Criteria	Score
Planting density (35)	A	Less than optimum planting density by cropping system	35
	B	Over optimum planting density by cropping system	30
Cropping system (35)	A	Forcing culture	35
	B	Semi-forcing culture	30
	C	Retarding culture	25
	D	Early maturation culture	20
No. of flower cluster (37)	A	$8 \leq X$	37
	B	$5 \leq X < 8$	32
	C	$X < 5$	27
Soil fertility (39)	A	Uplands suitability classification 1grade	39
	B	Uplands suitability classification 2grade	31
	C	Uplands suitability classification 3grade	23
	D	Uplands suitability classification 4grade	15
	E	Others	7
Amount of outside insolation (34)	A	Normal insolation $24 \text{ MJ/m}^2 < X$	34
	B	Normal insolation $20 < X \leq 24 \text{ MJ/m}^2$	30
	C	Normal insolation $16 < X \leq 20 \text{ MJ/m}^2$	26
	D	Normal insolation $12 < X \leq 16 \text{ MJ/m}^2$	22
	E	Normal insolation $X \leq 12 \text{ MJ/m}^2$	18
Outside air temperature (30)	A	Normal air temperature $14^\circ\text{C} < X$	30
	B	Normal air temperature $13 < X \leq 14^\circ\text{C}$	27
	C	Normal air temperature $12 < X \leq 13^\circ\text{C}$	24
	D	Normal air temperature $11 < X \leq 12^\circ\text{C}$	21
	E	Normal air temperature $X \leq 11^\circ\text{C}$	18
Frequency of disaster (No. for 10 year) (26)	A	$X \leq 2$	26
	B	$2 < X \leq 4$	22
	C	$4 < X \leq 6$	18
	D	$6 < X \leq 8$	14
	E	$X > 8$	10
Available worker (26)	A	Distance from city $X \leq 10 \text{ km}$	26
	B	Distance from city $10 < X \leq 15 \text{ km}$	24
	C	Distance from city $15 < X \leq 20 \text{ km}$	22
	D	Distance from city $X > 20 \text{ km}$	20
Water quality (29)	A	$\text{HCO}_3^-$ $X \leq 30 \text{ ppm}$	29
	B	$\text{HCO}_3^-$ $30 < X \leq 50 \text{ ppm}$	26
	C	$\text{HCO}_3^-$ $50 < X \leq 100 \text{ ppm}$	23
	D	$\text{HCO}_3^-$ $100 < X \leq 150 \text{ ppm}$	20
	E	$\text{HCO}_3^-$ $X > 150 \text{ ppm}$	17
Water capacity (26)	A	Good	26
	B	Normal	21
	C	Bad	16
Drainage (29)	A	Good	29
	B	Normal	22
	C	Bad	15
Accessibility (23)	A	Distance from highway IC $X \leq 20 \text{ km}$	23
	B	Distance from highway IC $20 < X \leq 25 \text{ km}$	21
	C	Distance from highway IC $25 < X \leq 30 \text{ km}$	19
	D	Distance from highway IC $30 < X \leq 35 \text{ km}$	17
	E	Distance from highway IC $X > 35 \leq 40 \text{ km}$	15

된 평가지표를 개발하였다. 토마토 재배 및 시설 관련 교수, 연구원, 농업인(현장 사용자) 등으로 구분하여 100명의 전문가 패널을 선정하였으며, 1차부터 3차까지 폐쇄형 질문 방식의 설문조사를 진행하였다. 그 결과 최종적으로 확정된 평가 항목은 4개 대분류 영역과 39개 세부 평가항목으로 이루어졌다. 대분류 영역은 시설 구조적 요소, 시설 설비적 요소, 재배적 요소, 생산 기반적 요소이며, 요소별로 각각 9개, 15개, 7개, 8개씩 세부 평가항목으로 구성되었다. 또한 전문가 의견을 수렴하여 39개 평가항목별로 가중치를 산정하고, 등급 및 기준을 설정하였다. 이 연구에서 개발된 평가지표는 새로운 시설 모델 개발, 사용 중인 시설에서 우선적으로 보완해야 될 사항을 판단하거나 정부 지원사업의 효율성을 높이는데 중요한 역할을 할 것이다.

**주제어** : 델파이방법, 온실, 토마토, 평가지표

## 인 용 문 헌

- Ban, Y.U., J.I. Baek, M.A. Kim, and J.O. Yoon. 2008. Classifying rural landscape types and developing rural landscape evaluation indicators using expert Delphi survey method. *J. Kor. Soc. Rural Planning* 14(3):53-61 (in Korean).
- Chae, Y.M., S.C Roh, and S.C. Jung. 2010. Development of quality assessment domain and its priority in Korea's occupational health services. *Kor. J. Occup. Environ. Med.* 22(3):210-220 (in Korean).
- Choi, M.A., J.M Ro, and J.H. Koo. 2009. A study on the selection of the evaluation criteria and their weights of nightscape plannings. *J. of Urban Design* 10(3):107-122 (in Korean).
- Dalky, N.C. 1969. The Delphi method: An experimental study of group opinion. The RAND Corporation, RM-5888-PR.
- Hwang, H.C. 2007. The selection of evaluation items and the estimation of its weight for rural development program. *J. Kor. Soc. Rural Planning* 13(2):17-26 (in Korean).
- Hwang, H.C., N.H. Lee, J.W. Jeong, S.W. Nam, and S.G Hong. 1998. Assessment of spatial characteristics of protected cultivation facilities. *J. Kor. Soc. Rural Planning* 4(1):86-97 (in Korean).
- Hwang, H.C., N.H. Lee, J.W. Jeong, S.W. Nam, S.G Hong, and J.S. Kim. 1999. Development of the evaluation model of location suitability for protected horticulture. *J. Kor. Soc. Rural Planning* 5(2):30-37 (in Korean).
- Jun, J.H. 2011. A study on the competitiveness of sweet pepper and tomato industries of Korea and the Netherlands. Ph.D. thesis. Chonnam Nat'l Univ. (in Korean).
- Jung, N.S. 2005. Development of surveying tables and items for rural amenity resources assesment. *J. Kor. Soc. Rural Planning* 11(4):9-15 (in Korean).
- Kelinger, F.N. 1989. Foundations of behavioral research. Univ. of Oregon.
- Kim, D.S and H.S. Choi. 2007. Development of green-tourism potential evaluation method for rural villages considering amenity and human resources. *J. Kor. Soc. Rural Planning* 13(2):7-16 (in Korean).
- Kim, E.J. and Y.H. Lee. 2007. A study on development of evaluation criterion for rural amenity. *J. of Agricultural Education and Human Resource Development* 39(3):125-154 (in Korean).
- Ko, S.B. 2007. Development of landscape resource assessment systems of Jeju island's fencing farming land for the introduction of direct payment system of the landscape preservation and its application. *J. Kor. Soc. Rural Planning* 13(3):123-133 (in Korean).
- Kim, S.B, S.Y. Rhee, N.S. Jung, J.M, Lee, S.J. Cho, and J.J. Lee. 2004. Standardized surveying method of rural amenity resources with database normalization technique. *J. Kor. Soc. Rural Planning* 10(4):1-7 (in Korean).
- Kim, S.Y. 2006. A study on the development of the rural amenity resource evaluation items. Master. thesis. Chonbuk Nat'l Univ. (in Korean).
- Lee, H.S. 2007. A Development of integrated evaluation criteria for level of service on urban roadways. Ph.D. thesis. Hanyang Nat'l Univ. (in Korean).
- Lee, S.W. and S.D. Yun. 2008. Quantitative approaches for agricultural and rural policy evaluation. *J. Kor. Soc. Rural Planning* 14(4):97-108 (in Korean).
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(MIFAFF). 2012. The status of the greenhouse and production records for vegetable crops in 2011. p. 98 (in Korean).
- Murry, Jr. J.W., and J.O. Hammons. 1995. Delphi: A versatile methodology for conducting qualitative research. *The Review of Higher Education.* 18(4):423-436.
- Nam, S.W. and Y.S. Kim. 2009. Actual state of structures and environmental control facilities for tomato greenhouses in Chungnam region. *J. Agri. Sci. Chungnam Nat'l Univ.* 36(1):73-85 (in Korean).
- Park, K.Y. 2008. Multidimensional sanitary evaluation standards for the sanitary management of the restaurant kitchens. Ph.D. thesis. Kyonggi Univ. (in Korean).
- Seo, D.W., et al. 2009. Design guide on construction of infrastructure for controlled agriculture. Korea Rural Community Corporation. (in Korean).