한국환경과학회지 제20권(제9호), 1183~1190, 2011 http://dx.doi.org/10.5322/JES.2011.20.9.1183
Journal of the Environmental Sciences

GM 고추의 환경위해성 평가 프로토콜 작성을 위한 농업적 형질 분석

조동욱 · 정규환*
중앙대학교 자연과학대 생명자원공학부
(2011년 7월 27일 접수; 2011년 8월 18일 수정; 2011년 9월 2일 채택)

Analysis of Agricultural Characters to Establish the Evaluating Protocol and Standard Assessment for Genetically Modified Peppers

Dong Wook Cho, Kyu Hwan Chung*
School of Bioresource and Bioscience, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea
(Manuscript received 27 July, 2011; revised 18 August, 2011; accepted 2 September, 2011)

Abstract

This study was aimed to establish the evaluating protocol and standard assessment for genetically modified (GM) hot pepper and to find out a proper statistic method to analyze for equality of agricultural characters between GM and non-GM pepper lines. GM and non-GM hot pepper lines were cultivated in two GMO fields in the middle region of Korea and total of 52 agricultural characters were collected during the plant growing season for 4 years, 2007 to 2010. Levene's test was conducted to confirm the homogeneity of raw data before statistic analysis. Two-way ANOVA in the multivariate tests and t-test were conducted to analyze 52 agricultural characters in order to find out the equality between H15 and P2377. From the statistical analysis through two-way ANOVA, 16 out of 16 plant growth traits, 9 out of 18 green fruit traits and 7 out of 18 red fruit traits among 4 years and 9 out of 16 plant growth traits, 4 out of 18 green fruit traits and 3 out of 18 red fruit traits between H15 and P2377 have shown the statistic differences. With the same raw data of 52 agricultural characters, t-test was also conducted. Based on the result from t-test, only 1 out of 16 plant growth traits, 2 out of 18 green fruit traits and 1 out of 18 red fruit traits have shown the differences between H15 and P2377, so that it was concluded that there is no statistic difference between H15 and P2377 in terms of agricultural characters. Also, the t-test is a proper statistic method to analyze each trait between GM and its control lines in order to evaluate agricultural characters.

Key Words : Homogeneity, Two-way ANOVA, T-test, Plant growth traits, Green fruit traits, Red fruit traits

1. 서 론

유엔인구기금(UNFPA)의 2010 세계인구현황보고서에 의하면 세계 총인구는 69억 870만 명으로 2009년의 68억 2,940만 명에 비해 7,930만 명이 늘어 지속적으로 증가하고 있으며(유엔 인구 기금, 2010), 인구의 증가에 비례하여 세계의 식량 수요도 지속적으로 증가해 왔다. 식량 수요를 충족시키기 위해 경지 면적의 확대, 제한된 경작면적 내에서 지구환경부담을 최소화하여 식량증산을 꾀할 수 있는 신품종의 개발, 전

*Corresponding author : Kyu Hwan Chung, School of Bioresource and Bioscience, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea
Phone:+82-31-670-3038
E-mail: khchung@cau.ac.kr

통적인 육종방법을 통한 농작물의 생산 증산 및 분자생물학의 응용기술을 이용한 다수확, 고부가가치를 지닌 많은 종류의 품종들이 개발되었고 이들 신 농작물들이 경작지에서 대량으로 재배되고 유통, 소비되는 단계로까지 발전하게 되었다. 세계 인구의 증가와 그에 따른 식량 수요의 증가 및 화학비료와 농약 등의 사용에 따른 문제점을 해결하고자 하는 연구들이 지속되면서(Kim 과 Kim, 2003), 그 결과로 유전자변형생물체(Living Modified Organisms, LMO)의 개발에 대한 중요성이 대두되었다. 1994년 최초로 미국 Calgene사에 의해 저장성이 개선된 유전자변형(genetically modified, GM) 토마토가 개발되어 상품화 되었고, 그 이후 LMO가 가지는 잠재적인 고부가가치 창출 가능성과 인체, 환경에 있어서의 이익 때문에 신품종의 유전자변형생물체의 개발이 가속화되고, 유전자변형작물의 재배가 확산되었다(방과 박, 2004). ISAAA(International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Application)의 발표에 의하면, 2003년 현재 전 세계적으로 67.7 백만 헥타르에서 유전자재조합작물이 재배되고 있으며, 이는 2002년과 비교하였을 때 15%가 증가한 것으로 2001년 대비 2002년의 증가율 12%와 비교하였을 때, 재배면적이 점차 확대되는 속도가 가속화되는 것으로 판단된다(James, 2004). 이처럼 유전자변형생물체의 개발 및 재배의 가속화와 더불어 LMO의 인체 및 환경에 대한 위해성 논란도 끊임없이 제기되어 이를 해결하기 위한 국제적인 논의가 이루어져 왔다(박, 2002). 현대 생명공학 기술로부터 창출된 LMO의 안전한 이동, 취급 및 사용분야에 있어 생물다양성의 보전 및 지속 가능한 이용에 부정적 영향을 미칠 가능성과 인체 건강에 대한 위해성을 고려하고, 특히 국가간 이동(transboundary movements)에 초점을 두어 적절한 보호 수준을 보장하는데 기여하는 것을 주된 목적으로 하는 '생명공학 안전성 의정서' 또는 '바이오안전성 의정서'(Cartagena Protocol on Biosafety: 카르타헤나 의정서)가 2000년 1월 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity: CBD)기구에 의해 채택되었다(최, 2007). 우리나라의 경우, 유전자변형생물체의 개발, 생산, 수입, 수출, 유통 등에 관한 안전성의 확보를 위하여 필요한 사항을 정함으로써 유전자변형생물체로 인한 국민의 건강과 생물다양성 보전 및 지속적인 이용에 따른 피해를 사전에 방지하고 국민생활의 향상 및 국제협력을 증진하고자 하는 목적 하에, 동 의정서에 대한 범 정부차원의 국내 이행체제 구축방안에 따라 "유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률"이 제정, 공포(2008년 1월 1일)되어 바이오안전성 확보를 위한 체계를 정립하고 있다(김 등, 2008).

위 법령에서는 유전자 변형 식물의 개발 목적, 개발의 유용성, 외래 DNA 공여 생물체의 정보, 도입유전자의 기능 및 특성, 유전자 변형 식물들의 환경위해성 여부 등을 포함한 다양한 사항에 대하여 자료를 수집하고 평가하도록 되어있으며 이와 동시에 유전자 변형 식물의 농업적 특성 또한 평가하도록 되어있다. 또한 위 법령에서는 GM 작물에 대한 환경유해성평가항목으로는 우선적으로 유전자 변형 후 획득된 형질을 제외한 식물체의 다른 생육 형질들이 모본식물과 동일한지를 3곳의 GMO포장에서 각각 재배하여 조사분석 되어야 하며, GM 작물과 다른 재배종 또는 근연종들과의 교잡가능성 및 다른 자원식물로의 유전자 이동성, 또한 토양미생물로의 유전자 이동성 등을 조사분석하여야 하며, GM 작물의 잡초화 가능성 및 도입유전자에 의한 인체 유해성, 즉 도입유전자의 독성 및 인체 알레르겐 검사 등을 통하여 인체에 유해하지 않다는 근거자료를 제출하여 평가를 받아 통과되어야 허가 받을 수 있다. 이렇듯 GM 작물들의 실용화 절차는 매우 복잡하며 많은 시간이 소요된다. 현재 우리나라 농촌진흥청 GMO 심사실로부터 국내에서 개발된 GM작물이벤트 중 지금까지 심사를 통과한 작물은 아직 전무한 상태며 차세대 바이오그린과제와 2011년도 환경위해성평가기관 기술보고과제 등을 통하여 몇 종의 개발된 GM작물들을 대상으로 환경위해성 평가를 위한 프로토콜작성을 위한 과제들이 수행 중에 있다.

본 논문은 GM 작물의 안정성 확보를 위한 평가의 일환으로 동일지역에서 GM 작물과 모본을 재배하여 외래 유전자의 도입에 의해 변화가 발생할 수 있는 특정 형질을 제외한 일반적인 농업적 형질들에 대한 비교분석에서 통계적으로 큰 차이를 보이지 않아야 한다는 판단 하에 4년 동안 중부지역 두 곳의 GMO 격리포장에서 CMV-CP 저항성 GM 고추와 모본을 재

배하여 농업적 형질들을 조사하여 이들 형질들을 비교분석하기 위한 적합한 통계적 방법을 알아보고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시 재료 및 재배

본 연구에 사용된 고추 식물체는 CMV(Cucumber mosaic virus)-CP(coat protein) 유전자가 *Agrobacterium* 매개 형질전환법에 의해 도입되어 CMV에 대한 저항성을 나타내는 계통(H15)과 그 모본 식물체(P2377)을 사용하였다. 고추 식물체는 형질전환 3세대(2007년)와 제 4세대(2008년~2010년)를 이용하여 총 4년에 걸쳐 재배하였다. 고추 식물체의 환경 방출 시험 포장은 2007년에는 충청남도 농업기술원 내의 GMO 격리포장(36°44’11.10”N, 126°49’09.12”E)을 이용하였으며 2008년에는 경기도 안성시 소재의 중앙대학교 자연과학대학 농장 내에 위치한 GMO 격리포장(37°01’36.15”N, 127°16’01.78”E)을 이용하였다. 식물체 재배는 시험구 당 80개체로 하여 2007년과 2008년에는 각 3반복씩 재배하였고 2009년 및 2010년에는 각 6반복을 난괴법에 따라 배치하여 재배하였다. 각 시험구의 식물체간 이격 거리는 40cm X 100cm로 배치하여 재배하였다.

2.2. 식물체의 농업적 특성 조사

고추 식물체 및 과실의 특성은 농촌진흥청에서 발간된 “농업과학기술 연구조사분석기준 (2003.11.)”에 의거하여 실시하였다. 식물체의 특성 조사는 영양생장기에 실시하였으며, 식물체 지상부의 초장, 초폭, 주경의 길이와 직경, 주경의 색, 경연모, 엽장, 엽폭, 엽의 요철 정도, 엽의 크기, 엽의 형태, 3분지점에서 4분지점까지의 길이(절간장), 분지 수, 측지경, 측지 수 및 측지세력의 16가지 특성에 대하여 조사하였다. 고추 과실은 전 생육기간 중 수확된 미숙과(청고추) 및 홍고추를 대상으로 수확 시기 별로 무작위로 선별하여 특성을 조사하였다. 미숙과 및 홍고추의 조사 특성으로는 과실의 길이, 과실의 직경, 과실 하나의 생중량 및 건중량, 과실 꼭지 길이, 과탁형 및 과탁 함몰 정도, 과탁과 과실의 분리정도(탈립성), 과실의 끝모양, 과면의 요철, 굴곡 및 실금의 형성 정도, 과육의 두께, 과실의 심실 수, 과실의 색, 과실 하나 당 건중량 및 건중량과 생중량의 비율(백분율), 과실당 종자 수 및 종자 천립중의 총 18개 특성을 조사하였다.

2.3. 통계처리

조사된 특성들에 대한 수치들을 SPSS (Statistical Package for the Social Science, ver. 12.0)를 이용하여 재배 년도와 계통 간의 다변량분산분석(two-way ANOVA; multivariate tests)을 실시하였으며, 다변량 분산분석을 실시하기 전 조사된 수치들에 대하여 Levene’s test를 통하여 동질성(homogeneity)을 확인하였다. GM 계통과 non-GM 계통 간의 처리 평균의 유의성은 t-검정을 통하여 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 고추 식물체의 생장 특성 비교

고추 식물체는 2007년도에는 충청남도 예산의 충남농업기술원 GMO 격리포장, 2008년부터 2010년까지는 경기도 안성시의 중앙대학교 GMO 격리포장에서 총 4회 재배된 GM 계통 H15와 non-GM 계통 P2377 식물체의 생육 형질 특성 조사는 매년 정식 후에 뿌리가 활착하여 생육이 가장 왕성한 상태에서 16가지에 대하여 실시하였으며, 조사된 생육 자료들에 대하여 년도(2007~2010)와 계통(GM과 non-GM)을 변량으로 하여 다변량분산분석 중 two-way ANOVA를 통하여 분석하였다(Table 1). 다변량분산분석을 실시하기 전 조사된 생육 형질에 대한 수치의 동질성을 Levene’s test로 분석한 결과 모든 형질에서 P값이 0.05보다 크게 나타나 동질성이 확보되었음을 확인하였다. Table 1에 의하면 연도 별로 조사된 식물체의 생육 형질 16가지에 대한 F-value는 5.556부터 787858.6로 매우 변화가 심했으며, 4년간 조사된 생육 형질은 16가지 모두 재배 년도 별로 상당한 차이가 있음을 확인하였다. 다변량분산분석 결과, 계통간에는 초폭, 절간장 그리고 엽크기의 3가지 형질에서 H15와 P2377 계통간에 통계적 유의차가 크게 나타났으나, 나머지 13개 형질에서는 두 계통간에 유의차를 보이지 않았다. 하지만 t-검정을 통해 4년간 조사된 식물체의 생육

Table 1. Comparison of plant traits between GM and non-GM pepper lines analyzed by two-way ANOVA

Plant Traits	Year[Z]		Line		Year * Line	
	F-value	P-value	F-value	P-value	F-value	P-value
Plant height(cm)	48.406	0.000***	0.221	0.641n.s	1.117	0.355n.s
Plant width(cm)	10.128	0.000***	27.696	0.000***	4.704	0.007**
Main stem length(cm)	71.710	0.000***	0.181	0.673n.s	4.755	0.007**
Stem diameter(mm)	12.892	0.000***	2.623	0.114n.s	0.433	0.731n.s
Leaf length(mm)	25.760	0.000***	0.355	0.555n.s	1.060	0.378n.s
Leaf width(mm)	15.021	0.000***	0.112	0.740n.s	0.962	0.422n.s
Internode length(mm)	93.849	0.000***	3.051	0.089n.s	3.261	0.033*
No. of branch(ea)	46.167	0.000***	10.269	0.003**	26.561	0.000***
Stem color	5.556	0.003**	0.773	0.385n.s	0.669	0.577n.s
Leaf color	787858.6	0.000***	3.657	0.064n.s	3.164	0.036*
Leaf wrinkles	3010.776	0.000***	0.901	0.349n.s	0.780	0.513n.s
Leaf size	891.775	0.000***	18.451	0.000***	15.966	0.000***
Leaf shape	55.907	0.000***	1.969	0.169n.s	1.704	0.184n.s
No. of laterial branch(ea)	56.495	0.000***	0.852	0.362n.s	0.542	0.657n.s
Lateral branch strength	9.475	0.000***	2.994	0.092n.s	5.619	0.003**
Lateral branch diameter(mm)	56.076	0.000***	0.016	0.899n.s	0.139	0.936n.s

[Z]Year: cultivation period of 2007 to 2010; Line : parental pepper line, P2377; GM pepper lines, H15.
* p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, n.s.: Non significant.

Table 2. Comparison of plant traits between GM and non-GM pepper lines analyzed by t-test

Plant Traits	H15 and P2377	
	F-value	P-value
Plant height(cm)	1.084	0.863n.s
Plant width(cm)	7.645	0.000*
Main stem length(cm)	2.684	0.537n.s
Stem diameter(mm)	0.042	0.331n.s
Leaf length(mm)	0.026	0.572n.s
Leaf width(mm)	0.251	0.938n.s
Internode length(mm)	0.512	0.869n.s
No. of branch(ea)	4.977	0.296n.s
Stem color	1.557	0.558n.s
Leaf color	0.000	0.995n.s
Leaf wrinkles	0.040	0.961n.s
Leaf size	2.181	0.690n.s
Leaf shape	1.219	0.634n.s
No. of laterial branch(ea)	0.302	0.866n.s
Lateral branch strength	1.547	0.215n.s
Lateral branch diameter(mm)	0.014	0.989n.s

*p<0.05. n.s.: Non significant.

형질 16가지에 대하여 유의차를 검정한 결과, 초폭을 제외한 15가지 형질에서 두 계통간에 통계적 유의차가 없었다(Table 2). 또한 조사된 형질에 대한 F-value는 0.000부터 7.645로 조사되었다.

이상의 결과를 종합하면 2007년부터 2010년까지 중부지역 두 GMO 격리포장에서 재배된 GM과 non-

GM 계통간 16가지 농업적 형질에 대한 연도별 및 계통간 분석을 two-way ANOVA를 통하여 실시한 결과, 재배 년도 간에는 모든 항목에서, 계통간에는 3항목에서 통계적 유의차를 보였으나, t-검정을 통해 4년간 조사된 식물체의 생육형질들에 대한 유의차를 분석한 결과, 초폭을 제외한 15가지 형질에서 두 계통간에 통계적 유의차가 나타나지 않았다.

3.2. 고추 미숙과의 특성 비교

충남농업기술원과 중앙대 자연과학대학 부속농장 GMO 격리포장에서 재배된 H15 및 P2377 계통의 식물체로부터 2007년부터 2010년까지 미숙과 과실을 매년 1회 수확하여 18가지 과실 특성에 대하여 조사하여 분석하였다(Table 3, 4). 고추 미숙과의 특성 18가지 중 미숙과의 색, 과실의 끝모양, 과면의 요철, 굴곡 및 실금의 형성 정도, 과탁형, 과탁의 함몰정도, 과탁과 과실의 분리 정도 등 8가지 특성들은 GM과 non-GM간의 전반적으로 차이를 보이지 않거나, 유·무 또는 등급으 로 판별하게 되어있는 조사항목들로서 통계분석에서는 제외하였다. H15와 P2377 식물체의 나머지 미숙과 특성 10가지에 대한 조사자료들을 Levene's test를 통하여 동질성을 확인한 후, two-way ANOVA를 실시하였다. Table 3에서 나타났듯 심실수를 제외한 9가지 형질에서는 재배 년도에 따라 상당한 차이를 보이는 것으로 조사되었으며, F-value는 2.907에서 69.231로 조사되었다. H15와 P2377계통

Table 3. Comparison of green fruit traits between GM and non-GM pepper lines analyzed by two-way ANOVA

Green Fruit Traits	Year[Z]		Line		Year * Line	
	F-value	P-value	F-value	P-value	F-value	P-value
Fruit length (mm)	61.801	0.000***	5.096	0.032*	3.926	0.019*
Fruit diameter (mm)	12.697	0.000***	18.214	0.000***	5.648	0.004**
Fruit fresh weight (g)	49.056	0.000***	15.569	0.000***	8.318	0.000***
Fruit dry weight (g)	3.738	0.022*	2.548	0.122n.s	2.972	0.049*
Ratio ((D.W/F.W)*100)	53.809	0.000***	0.437	0.514n.s	0.429	0.734n.s
Stalk length (mm)	69.231	0.000***	1.090	0.305n.s	0.539	0.659n.s
Flesh thickness (mm)	35.467	0.000***	6.160	0.019n.s	0.945	0.432n.s
Locule number (ea)	2.907	0.052n.s	4.786	0.037*	0.840	0.483n.s
Thousand seeds weight(g)	7.122	0.001***	9.832	0.004**	3.724	0.023*
Seeds number (ea)	34.296	0.000***	0.773	0.387n.s	1.913	0.150n.s

[Z]Year: cultivation period of 2007 to 2010; Line : Parental pepper line P2377; GM pepper lines = H15.
* p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, n.s.: Non significant.

Table 4. Comparison of green fruit traits between GM and non-GM pepper lines analyzed by t-test

Green Fruit Traits	H15 and P2377	
	F-value	P-value
Fruit length (mm)	0.959	0.467n.s
Fruit diameter (mm)	1.865	0.001*
Fruit fresh weight (g)	0.307	0.053n.s
Fruit dry weight (g)	4.123	0.153n.s
Ratio ((D.W/F.W)*100)	0.020	0.706n.s
Stalk length (mm)	0.370	0.766n.s
Flesh thickness (mm)	2.466	0.121n.s
Locule number (ea)	1.376	0.050n.s
Thousand seeds weight(g)	7.479	0.014*
Seeds number (ea)	4.876	0.591n.s

*p<0.05. n.s.: Non significant.

간에는 과장, 과경, 건과중, 과육 두께, 심실수 및 종자 천립중 등 6가지 형질에서는 유의차를 보이지 않았으나 건과중, 생과중에 대한 건과중의 백분율, 꼭지길이 및 과실당 종자수 등 4가지 형질에서는 두 계통간에 통계적 유의차를 보였다. 하지만 t-검정을 통해 두 계통간에 미숙과 특성 10가지를 비교, 분석한 결과에서는 과경과 종자 천립중 등 2가지 형질을 제외한 8가지 형질에서는 계통간에 통계적 유의차가 없는 것으로 확인되어 H15와 P2377 계통 미숙과의 형질은 통계적 유의차가 없는 것으로 판단하였다(Table 4).

3.3. 고추 숙과의 특성 비교

P2377 및 H15 계통의 숙과 과실을 두 곳의 GMO 격리포장에서 수확하여 18가지 과실 특성을 조사, 분석하였다(Table 5, 6). GMO 격리포장에서 수확한 P2377 및 H15 계통의 숙과 과실의 특성 18가지 중 8개의 항목은 미숙과 특성분석과 동일한 이유로 통계분석에서 제외하였다. 2007년부터 2010년 까지 총 4년간 홍고추 과실을 수확하여 10가지 숙과의 특성에 대하여 two-way ANOVA를 통하여 통계분석을 실시한 결과 재배 년도에 따라서는 10가지 생육 특성 중에서 생과중, 생과중에 대한 건과중의 백분율 및 꼭지길이 등 3가지 특성에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 과장, 과경, 건과중, 과육 두께, 심실수, 종자 천립중 및 과실당 종자수 등 총 7가지 특성에서는 큰 차이를 나타내었다(Table 5). F-value는 0.920에서 38.26로 조사되었다. two-way ANOVA 통계분석결과 H15와 P2377 계통간에 생과중에 대한 건과중의 백분율, 꼭

Table 5. Comparison of red fruit traits between GM and non-GM pepper lines analyzed by two-way ANOVA

Red Fruit Traits	Year[Z]		Line		Year * Line	
	F-value	P-value	F-value	P-value	F-value	P-value
Fruit length (mm)	11.062	0.000***	5.625	0.025*	1.577	0.216n.s
Fruit diameter (mm)	13.079	0.000***	8.496	0.007**	0.252	0.859n.s
Fruit fresh weight (g)	1.937	0.146n.s	5.005	0.033*	0.899	0.454n.s
Fruit dry weight (g)	3.611	0.025*	3.240	0.082n.s	0.370	0.775n.s
Ratio ((D.W/F.W)*100)	0.920	0.444n.s	0.085	0.773n.s	0.226	0.878n.s
Stalk length (mm)	1.260	0.306n.s	0.445	0.510n.s	4.417	0.011*
Flesh thickness (mm)	38.260	0.000***	1.027	0.319n.s	0.071	0.975n.s
Locule number (ea)	4.126	0.015*	3.781	0.062n.s	3.416	0.030*
Thousand seeds weight(g)	11.614	0.000***	3.536	0.070n.s	0.784	0.512n.s
Seeds number (ea)	10.745	0.000***	0.036	0.851n.s	0.324	0.808n.s

[Z]Year: cultivation period of 2007 to 2010; Line: Parental pepper line P2377; GM pepper lines = H15.
* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$, n.s.: Non significant.

Table 6. Comparison of red fruit traits between GM and non-GM pepper lines analyzed by t-test

Red Fruit Traits	H15 and P2377	
	F-value	P-value
Fruit length (mm)	0.519	0.100n.s
Fruit diameter (mm)	0.355	0.073n.s
Fruit fresh weight (g)	4.498	0.040*
Fruit dry weight (g)	0.011	0.124n.s
Ratio ((D.W/F.W)*100)	1.488	0.827n.s
Stalk length (mm)	3.623	0.473n.s
Flesh thickness (mm)	0.019	0.711n.s
Locule number (ea)	3.174	0.248n.s
Thousand seeds weight(g)	0.868	0.093n.s
Seeds number (ea)	0.027	0.932n.s

*$p<0.05$. n.s.: Non significant.

지길이, 건과중, 과육 두께, 심실수, 종자 천립중 및 과실당 종자수 등 7가지 과실의 특성에서는 차이가 없었으나 과장, 과경 및 생과중 등 3가지 생육 형질에서는 큰 차이를 보였다. H15와 P2377 계통 홍고추 과실의 생육 형질 10가지에 대하여 t-검정을 통하여 분석하여 본 결과 건과중 에서만 두 계통간에 통계적 유의차를 보였으나 나머지 9가지 특성에서는 계통간 유의차가 없는 것으로 조사되었다(Table 6). 이와같이 t-검정결과 고추의 숙과 특성 비교분석에서도 두 계통간에 유의차는 없는 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 GM 고추의 환경위해성 평가항목 중 GM 작물의 농업적 형질 또는 생육 형질에 대한 동질성 평가를 위하여 적합한 프로토콜을 작성하는 목적으로 실시되었다. 포장의 규격, 재배 방법, 시비량 등 많은 항목들이 프로토콜에 포함되어야 하지만, 본 논문에서는 GM 고추의 생육기간 동안에 조사한 52가지 식물체, 미숙과 및 숙과 형질들에 대하여 어떠한 통계분석방법을 이용하면 GM 고추와 모본계통간에 동질성에 대하여 신속하고 신뢰성 있는 비교분석결과를 도출할 수 있는지에 초점을 두었다. CMV에 대한 저항성을 나타내는 GM 계통(H15)과 그 모본 식물체(P2377)를 두 곳의 GMO 격리포장에서 재배하여 매년 고추의 생육형질 52가지를 총 4년 동안 조사하였다. 우선 두 계통간에 생육형질들에 대한 동질성을 비교 분석하기 위하여 다변량분산분석 중 two-way ANOVA를 실시한 결과 재배 년도간에는 고추의 생육형질 대부분에서 통계적 유의차를 보여 재배 년도간 형질비교분석은 의미가 없을 것으로 판단되었다. 특히 각 형질에 대한 연도별 비교분석은 매년 나타나는 기상조건에 의하여 변이가 발생할 수 있기 때문에 의미가 없지만, 동일 재배 년도에 동일한 기상조건하에서 재배된 두 계통(GM과 non-GM)간 농업적 형질에 대한 분석은 필요한 상태다. 또한 two-way ANOVA를 실시하여 계통간 각 형질에 대하여 분석한 결과 몇몇 항목에서 계통간에 유의차를 나타내어 이는 두 개의 변수를 동시에 분석하는 과정에서 나타나는 변이라 판단되었다. 그래서 두 계통간 고추의 생육형질 52가지를 t-검정을 통하여 다시 분석한 결과 식물체의 생장 특성 16 항목 중 1개 항목과 미숙과 특성 18개 항목 중 2개 항목 그리고 숙과 특성 18개 항목 중 1개 항목에서만 유의차를 보여 총 52개 항목 중 4항목을 제외 하곤 차이를 보이지 않아 두 계통간에는 동질성이 있다고 판단하였으며, 두 계통간 통계분석방법은 t-검정이 적합한 통계 분석 방법이라고 판단하였다. 앞에서 언급했듯이 GM 작물의 환경위해성평가는 최소한 3곳의 GMO 격리포장에서 재배하여 분석하여야 한다는 조건을 농촌진흥청 GMO 심사실에서 제시하고 있다. 이러한 이유로 본 저자는 재배지역을 달리하여 지역간에 형질을 비교분석한 보고서에서 재배 지역에 따라 많은 항목에서 두 계통간에 유의차가 매우 크게 나타난다고 보고한 바 있다(Cho 등, 2009). 이런 결과로 미루어 보아 재배 지역에 따른 식물체 또는 과실 형질을 비교하는 것은 GM과 모본의 동질성을 확인하기 위한 비교로는 의미가 없을 것으로 판단된다. 결론을 말하자면 환경위해성평가를 위한 식물체의 농업적 형질들에 대한 분석은 각 GMO 격리포장에서 생육 중 수집된 기본 조사자료에 대한 동질성이 확보된 상태에서 농업적 형질들에 대하여 t-검정을 통해 각 형질들에 대한 통계분석을 통하여 검정하여야 할 것으로 판단되며, 본 연구에서 GM 계통(H15)과 그 모본 식물체(P2377)간에 농업적 형질들에 대한 t-검정을 통한 분석결과 유의차가 없는 것으로 확인되었다.

4. 결 론

본 논문에서는 GM 고추의 환경위해성 평가항목 중 GM 작물의 농업적 형질 또는 생육 형질에 대한 동질성 평가를 위하여 프로토콜을 작성하는 목적으로 실시되었으며, GM 고추의 생육기간 동안에 조사한 52가지 식물체, 미숙과 및 숙과 형질들에 대하여 어떤 통계분석방법을 이용하여 GM 고추와 모본계통간에 동질성에 대하여 신속하고 신뢰성 있는 비교분석결과를 도출할 수 있는지에 초점을 두었다. 2007년부터 2010년까지 CMV에 대한 저항성을 나타내는 GM 계통(H15)과 그 모본 식물체(P2377)를 두 곳의 GMO 격리포장에서 재배하여 매년 고추의 생육 형질 52가지에 대하여 총 4년 동안 조사하였다. 우선 두 계통간에 생육형질들에 대한 동질성을 비교 분석하기 위하여 다변량분산분석 중 two-way ANOVA와 t-검정을 실시하였다. H15와 P2377 두 계통의 농업적 형질에

대한 연도별 비교분석을 two-way ANOVA를 통하여 분석한 결과, 고추의 생육형질 총52가지 중 16가지의 식물체 생육 형질 모두에서, 고추 미숙과의 특성 18가지 중 9개의 형질에서 그리고 숙과의 경우 18가지 중 7개의 형질에서 연도별 유의차가 나타났다. 동일한 방법으로 H15와 P2377 계통간 52가지 생육 형질에 대한 분석을 실시한 결과, 식물체의 생육 형질 3가지, 미숙과 형질 4가지 그리고 숙과 형질 3가지에서 두 계통간에 유의차를 보였다. 동일한 자료를 t-검정을 통하여 통계분석을 실시한 결과, 고추의 생육형질 총52가지 중 식물체의 생장 특성 16 항목 중 1개 항목과 미숙과 특성 18개 항목 중 2개 항목 그리고 숙과 특성 18개 항목 중 1개 항목에서만 유의차를 보여 총 52개 항목 중 4항목을 제외 하곤 차이를 보이지 않아 두 계통간에는 동질성이 있다고 판단하였으며, 두 계통간 통계분석방법은 t-검정이 적합한 통계 분석 방법이라고 판단하였다. 환경위해성평가를 위한 식물체의 농업적 형질들에 대한 분석은 각 GMO 격리포장에서 생육 중 수집된 기본 조사자료에 대한 동질성이 확보된 상태에서 농업적 형질들에 대하여 t-검정을 통해 각 형질들에 대한 통계분석을 통하여 검정되어야 할 것으로 판단되며, 본 연구에서는 t-검정 분석결과 GM 계통(H15)과 그 모본 식물체(P2377)간에 농업적 형질들에 대한 통계적 유의차는 없는 것으로 확인되었다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

김창기, 이범규, 박기웅, 최경화, 김환묵, 2008, 국내 유전자변형작물의 환경위해성 평가에 관한 최근 연구 동향, 한국잡초학회지, 28(4), 321-333.

박용하, 2002, 국내개발 GMO의 효율적인 안전관리체계 구축방안, 6.

방상원, 박은정, 2004, 주요 OECD 국가의 유전자변형작물 안전관리 현황, 대외경제정책연구원 전문가 회의 자료(No.2004-43), http://www.kiep.go.kr/skin.jsp?page=1&num=170931&mode=viewjoin&field=&text=&grp=koipe& bid=Pool0204&ses=USERSESSION&psize=10&grp=koipe.

유엔 인구 기금, 2010, 2010 세계인구현황, 분쟁과 위기에서 새로운 미래로: 변화의 세대, 108.

최승환, 2007, 바이오안전성의정서의 주요내용과 의미, Biosafety, 8(4), 7-17.

Cho, D. W., Oh, J. P., Park, K. W., Chung, K. H., 2009, Analysis of Agricultural Characteristics for the Virus Resistant GM Pepper Plants Grown in Three Different Regions in Korea, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 27(4), 521-529.

James, C., 2004, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: ISAAA Briefs No32, ISAAA, Ithaca, NY.

Kim, H. C., Kim, H. M., 2003, Risk Assessment of Genetically Modified Organisms, J. Toxicol. Pub. Health, 19(1), 1-12.