

식물생명공학과 미국 옥수수 산업

곽 효 선 / 경인지방식품의약품안전청 시험분석실

1. 옥수수의 산업적 이용 가치

미국의 옥수수 생산은 미국 중서부 지역에 위치한 주요 농업지역인 corn belt에서 주로 이루어진다. 북쪽의 중앙 평원에 위치하며 Iowa와 Illinois가 중심을 이루고 Minnesota, South Dakota, Nebraska, Kansas, Missouri, Indiana와 Ohio로 펼쳐지는 광범위한 지역이다. 요즘에는 이 지역을 'Feed Grains and Livestock Belt'라고도 부르기도 한다. 이 지역들은 옥수수가 주요 농작물이지만, 콩과 winter wheat 및 알파파도 이 지역에서 생산되는 중요한 농산물이다.

옥수수는 식품 및 사료로 사용될 뿐만 아니라 산업용으로도 다양하게 사용되고 있는 주요한 농산물 중 하나이다. 2001-2002년 미국에서 생산된 옥수수는 수출용(20%), 식품 및 관련산업용(21%), 사료 및 기타(59%)의 용도로 사용되었다. 사료로는 소(30%), 돼지(24%), 가금류(29%), 젓소(15%), 기타(2%)에 사용되었으며, 산업용으로는 에탄올(35%), 고과당(27%), 전분(12%), 감미료(11%), 알코올 음료(6%), 식품(9%)의 제조 등에 이용되었다 (Table 1).

Table 1. 2002년 미국에서 생산된 옥수수의 용도 및 사용량

사용용도	사용량(million bushels)	비율(%)
사료/잔여량	5,600	57.8
수출용	1,850	19.1
에탄올	900	9.3
고과당	545	5.6
전 분	감미료	곡물/기타
알코올	131	1.3
종 자	20	0.2
총 산업용	2,245	23.1
총 사용량	9,695	100.0

〈Source: USDA, ERS, Feed Outlook, Jan 2003〉

2. 옥수수 생산

2001-2002년 전세계의 옥수수 생산량은 23,511백만 bushels로서 미국 9,507백만(40%), 중국 4,492백만(19%), EU 1,528백만(7%), 브라질 1,398백만(6%), 멕시코 803백만(3%), 아르헨티나 567백만(2%), 인도 532백만(2%), 남아프리카 358백만(2%), 캐나다 323백만(1%), 헝가리 299백만(1%), 루마니아 276백만(1%), 기타 3,429백만(15%)으로 보고되고 있다(Fig 1).

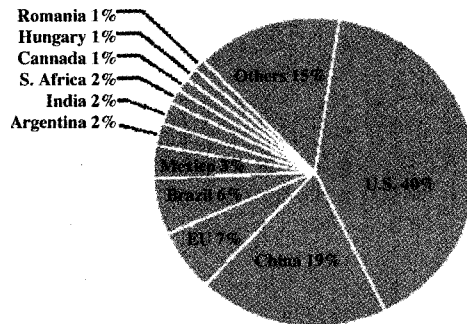


Fig. 1. 세계 옥수수 생산량(2001-2002년).

〈Source: USDA/Foreign Agriculture Science, Grain: world Markets and Trade, Jan 14, 2003〉

2002년 미국에서 생산된 농산물은 콩 24%, 옥수수(grain) 23%, 건초 21%, 밀 15%, 면화 4%, 옥수수(silage) 2%, Sorghum(grain) 2%, 보리 1%, 쌀 1%, 해바라기 1%, 귀리 1%, 건조식용 강낭콩 1%, 기타 농산물 3%이었다.

이중 옥수수는 79.1백만 에이커가 심어졌고, 69.3백만 에이커에서 수확되었다. 생산량은 90억 bushels로 평균 수확량은 에이커 당 130 bushels 이었으며, 옥수수 가격은 \$ 212억, 평균 가격은 bushel 당 \$2.35이었다.

2003년에는 79백만 에이커의 옥수수가 재배되고 있는데, 이는 2001년에 비하여 4% 증가된 추세이나 2002년과는 유사한 경향이다. 2002년 가장 많은 옥수수가 재배된 Iowa, Illinois 와 Nebraska를 비롯하여 Ohio, South Dakota, Kansas, Minnesota 등 미국 48개 주에서 재배되었는데, 2003년에도 같은 경향을 보이고 있다.

3. 세계 GM 농산물 생산

2002년 GM 농산물의 세계재배면적은 58.7백만 헥타 (145백만 에이커)로 보고되고 있다. 550만 내지 6백만명의 농부에 의해 16개국에서 재배되고 있고, 전세계 재배면적은 1996년 (1.7백만 헥타)에 비하여 2002년(58.7백만 헥타)에는 35배가 증가되었다.

2002년 GM 농산물은 미국(세계 생산량의 66%), 아르헨티나(23%), 캐나다(6%) 및 중국(4%)에서 99%가 생산되었으며, 그외 남아프리카, 호주, 인도, 루마니아, 스페인, 우루과이, 멕시코, 불가리아, 인도네시아, 콜롬비아, 혼두라스, 독일에서 일부 생산되었다(Table 2).

2002년 세계적으로 재배된 GM 농산물은 콩(36.5백만 헥타, 62%), 옥수수(12.4백만 헥타, 21%), 면화(6.8백만 헥타, 12%), 카놀라(3백만 헥타, 5%), 스쿼시(<0.1백만 헥타) 및 파파야 (<0.1백만 헥타)로 GM 콩에 이어 GM 옥수수가 가장 많이 재배되었다.

제초제 내성 콩이 전체 GM 농산물 재배지역의 62%를 차지하는데, 이는 미국, 아르헨티나, 캐나다, 멕시코, 루마니아, 우루과이, 남아프리카에서 주로 재배되고 있다. 해충 저항성 옥수수는 7.7백만 헥타로 두번째로 많이 재배되었는데 미국, 캐나다, 아르헨티나, 남아프리카, 스페인, 혼두라스, 독일에서 각각 재배하였다. 그외 GM 농산물은 제초제 내성 카놀라, 제초제 내성 옥수수, 제초제 내성 면화, 해충/제초제 저항성 면화, 해충 저항성 면화, 해충/제초제 저항성 옥수수 등으로 5% 정도를 차지하고 있다(Table 3). 세계적으로 GM 농산물 재배가 증가되는 이유는 GM 농산물이 효과적으로 해충의 피해로부터 농산물을 보호할 수 있는 실질적인 해결책을 제공하므로 개발도상국가인 콜롬비아, 혼두라스 등에서 2002년부터 재배되었기 때문인 것으로 추정된다.

Table 2. 국가별 GM 농산물 재배면적

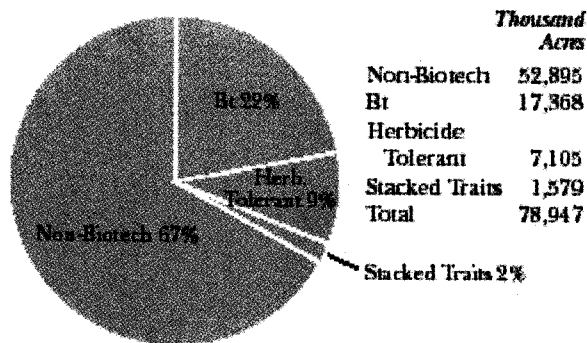
국 가	2001(million hectares)	2002(million hectares)
미 국	35.7	39
아르헨티나	11.8	13.5
캐나다	3.2	3.5
중 국	1.5	2.1
남아프리카	0.2	0.3
호 주	0.2	0.1
인 도	-	<0.1
루마니아	<0.1	<0.1
스페인	<0.1	<0.1
우루과이	<0.1	<0.1
멕시코	<0.1	<0.1
불가리아	<0.1	<0.1
인도네시아	<0.1	<0.1
콜롬비아	-	<0.1
혼두라스	-	<0.1
독 일	0.1	<0.1
총 계	52.6	58.7

Table 3. 주요 GM 농산물의 특성별 세계 재배면적

농산물	재배면적(million Hectares)
제초제 내성 콩	36.5
Bt 옥수수	7.7
제초제 내성 카놀라	3
제초제 내성 옥수수	2.5
제초제 내성 면화	2.4
Bt/제초제 내성 면화	2.2
Bt 면화	2.2
Bt/제초제 내성 옥수수	2.2
총 계	58.7

4. 미국의 GM 옥수수 생산

2002년 미국의 옥수수 경작지는 78.9백만 에이커로서 이중 생명공학 기법을 이용한 옥수수는 34%인 26.8백만 에이커를 차지하고 있다. USDA, NASS의 Acreage Report (June 30, 2002)에 의하면 Non-biotech 옥수수가 67%, Bt 옥수수 22%, 제초제 내성 옥수수 9%, Stacked Trait 옥수수 2% 정도를 차지하고 있다(Fig. 2).



Source: USDA, NASS, Acreage Report June 30, 2002

Fig. 2. 2002년 미국에서 재배된 옥수수 품종

2003년 미국에서 유통 가능한 GM 옥수수는 해충내성의 특성을 갖는 옥수수 품종인 ECB 및 CEW 제어 Bt(YieldGard), ECB 및 BCW 제어 Bt(Herculex), Rootworm 및 CRW 제어 Bt(YieldGard), 제초제 저항성인 Roundup Ready, Liberty link, 잡초와 해충을 제어하는 특성을 동시에 갖는 옥수수 품종 등으로 추정되고 있다. 미국의 농민들은 병충해 발생 빈도가 낮고 작업량 및 농약 사용량이 적어 GM 옥수수 재배를 선호하고 있다. ISAAA 연구결과 GM 농산물 재배로 인하여 살충제의 사용이 감소되었는데, 2001년 미국에서 6종류의 GM 농산물을 재배함으로써 23,000톤의 살충제 사용을 감소시켰다고 보고된바 있다.

2003년에는 옥수수 재배량의 38%가 GM을 사용하여 개발된 품종으로, 이는 2002년보다 4% 증가된 추세이다. 이중 26%가 Bt를 포함하는 품종으로 2002년에 비하여 4% 증가되었으며, 9%는 제초제 내성을 갖는 품종으로서 2002년과 유사한 경향을 보인다. 두가지 특성을 갖는 stacked gene 품종은 3% 정도 재배될 것으로 추정되고 있는데 지난해에 비하여 1% 증가된 추세이다(Fig 3, Table 4).

Table 4. 미국 각주에서 재배되고 있는 GM 옥수수 품종별 비율

(단위: %)

주	해충 내성(Bt)				제초제 저항성				Stacked Gene				모든 Biotech 품종			
	'00	'01	'02	'03	'00	'01	'02	'03	'00	'01	'02	'03	'00	'01	'02	'03
IL	13	12	18	24	3	3	3	4	1	1	1	1	17	16	22	29
IN	7	6	7	7	4	6	6	5	-	-	-	1	11	12	13	13
IA	23	25	31	38	5	6	7	5	2	1	3	4	30	32	41	47
KS	25	26	25	25	7	11	15	17	1	1	2	2	33	38	43	44
MI	8	8	12	13	4	7	8	9	-	2	2	1	12	17	22	23
MN	28	25	29	35	7	7	11	10	2	4	4	6	37	36	44	51
MO	20	23	27	29	6	8	6	8	2	1	2	3	28	32	34	40
NE	24	24	34	40	8	8	9	11	2	2	4	4	34	34	46	55
OH	6	7	6	7	3	4	3	3	-	-	-	<0.5	9	11	9	10
SD	35	30	33	35	11	14	23	23	2	3	10	14	48	47	66	72
WI	13	11	15	21	4	6	9	9	1	1	2	2	18	18	26	32
Oth Sts	10	11	14	16	6	8	12	13	1	1	2	2	17	20	27	31
US	18	18	22	26	6	7	9	9	1	1	2	3	25	26	34	38

<Source: NASS, USDA, Prospective plantings 2003,3,31>

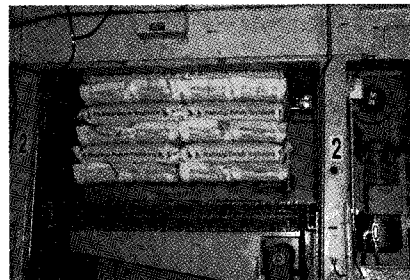


Fig. 3. GM 옥수수 종자 생산 공장에서 GM 종자의 포장 과정

5. 미국에서 생산되는 옥수수 수출 동향

USDA의 보고에 의하면 전세계에서 생산된 옥수수의 수출량 비율은 미국 63%, 중국 12%, 아르헨티나 12%, 헝가리 4%, 남아프리카 2%, 기타 7%로 보고되었다. 옥수수의 주요 수입국은 Table 5에서 보는바와 같이 일본에 이어 우리나라가 두 번째로 높다.

Table 5. 세계 생산 옥수수의 주요 수입국 (2001-2002).

국 가	2001(million hectares)	2002(million hectares)
일 본	645.6	22
한 국	338.6	12
이집트	196.8	7
대 만	181.1	6
캐나다	157.5	5
멕시코	157.5	5
EU	118.1	4
말레시아	94.5	3
콜롬비아	74.8	3
알제리	55.1	2
사우디아라비아	51.2	2
기 타	897.6	31

(Source: USDA/Foreign Agriculture Science, grain: world Markets and Trade, Jan 14, 2003)

미국에서 생산된 옥수수의 2001년부터 2002년 사이 수출국 동향을 보면 일본, 대만, 이집트, 멕시코, 캐나다, 콜롬비아, 아르헨티나, 알제리아, 한국, 동공화국 등으로 수출된 것을 알 수 있다(Table 6), 또한, 미국에서 생산된 옥수수의 전체 수출량은 1993년 33.7백만 metric tons에서 2001년 56.6백만metric tons으로 68%로 증가된 것으로 보고되었다(Table 7).

Table 6. 미국 옥수수 수출 시장

(단위: million bushels)

국 가	1999-2000	2000-2001	2001-2002
일본	596.4	573.1	597.3
멕시코	190.2	226.8	187.1
대만	198.3	203.0	196.8
이집트	149.2	176.4	186.1
캐나다	38.7	47.8	103.3
콜롬비아	70.2	62.7	68.7
알제리아	41.0	50.5	59.1
한국	123.4	126.5	56.3
사우디아라비아	45.8	41.5	30.8
도미니크공화국	39.5	38.5	42.4
이스라엘	26.9	29.3	30.7
기타	400.0	303.0	331.3

(Source: USDA, ERS, U.S. Export Sales, Marketing Year Summary)

Table 7. 미국의 옥수수 수출량

(단위: million metric tons)

연 도	'93-'94	'94-'95	'95-'96	'96-'97	'97-'98	'98-'99	'99-'00	'00-'01	'01-'02
수출량	33.7	55.3	56.6	45.6	38.2	50.3	49.1	56.4	56.6

우리나라의 경우 대부분의 옥수수를 수입에 의존하고 있는데, wet milling의 경우 전분, corn syrup, glucose, HFCS 등에 사용되며, dry milling product는 hominy, grits, flour에 이용된다. 옥수수 전분은 접착제, 제지산업, 식품가공용, 맥주/양조장 및 의약품 등에 사용되고 있다. Table 7에서 보는바와 같이 미국으로부터의 옥수수 수입량이 1999-2000, 2000-2001년에는 유사한 경향을 보이거나 2001-2002년에는 급속히 감소된 것을 알 수 있다. 이는 유전자 재조합식품의 표시제가 2001년 7월부터 시행됨에 따라 non-GM 옥수수를 선호하는 경향으로 인하여 미국으로부터의 옥수수 수입은 감소된 반면 GM 옥수수를 재배하지 않는 중국이나 브라질 등의 국가로부터 옥수수를 수입한 결과로 해석할 수 있다.

우리나라는 GM 콩과 옥수수에 대하여 2001년 7월부터 3% 허용한계치를 두고 있으며, 일본은 5%, EU는 1%로 각각 GM 허용 한계치를 규정하고 있다. 또한, 대만은 2005년에 표시제 시행을 예정하고 있으며 이스라엘, 모로코 등 일부 국가에서 GM 농산물에 대한 표시제 시행을 검토 중에 있다. 이러한 각국의 GM 허용 한계치 설정은 미국의 GM 농산물 수출에 앞으로도 지대한 영향을 미칠 것으로 예측된다.

6. 미국으로부터 제외국으로 옥수수 수출을 위한 농산물의 수송과정

미국에서 생산된 농산물은 수출을 위해 5대 수출지대인 The Gulf Coast (Mississippi River/Center Gulf), Texas 또는 West Gulf, The U.S. Atlantic Coast, Pacific Northwest, The Great Lakes를 통해 수송되고 있다.

이중 모든 corn belt state로 접근할 수 있는 Mississippi 강 유역은 Mississippi, Missouri, Ohio, Illinois, Arkansas, Tennessee, Alabama, Minnesota와 통하고 있다. 이 system을 통해 미국에서 생산되는 옥수수의 80%, sorghum 33%, barley 15% 정도가 운반되고 있다. 농장에서는 농산물의 단거리 운반을 위하여 트럭을 이용하여 농산물을 운반하며, country collection은 트럭이나 선로를 이용하게 된다. Elevator에 농산물을 저장한 후 장거리 이동은 바지선이나 선로를 이용하게 되는데, 서부지역에서는 운반수단으로 96%를, great lake에서는 68%를 선로로 이용하고 있다.

Iowa 주에는 Mississippi River Terminals이 21개, Missouri River Terminals이 5개, 11개의 Corn Processors 및 4개의 Processing Plants가 있다. Iowa 동부에서 대부분의 수출용 농산물은 트럭에 의해 미시시피강으로 이동되고 나서 바지선에 선적된 후 New Orleans로 이동된다. Iowa의 중부와 서부지역에서는 선로를 이용하여 수출용 농산물을 운송하는데, 미시시피강으로 농산물 선적은 전형적으로 75량 cycle train에 선적하고 있다. 농산물은 바로 Elevator로부터 수출항으로 100량 shuttle trains에 의해 운반된다(기차 당 350,000-400,000 bushel).

Nebraska는 Pacific과 Atlantic Coast, 멕시코와 캐나다로 Missouri River에 있는 항구로부터 멕시코의 Gulf로 농산물 운송을 위한 주요 고속도로와 열차를 제공한다. Nebraska의 Railroad System은 멕시코와 캐나다로, Atlantic과 Pacific Coast에 위치한 항구로, 멕시코의 Gulf와 St. Lawrence Seaway 등으로 이동로를 제공하고 있다.

Nebraska의 동쪽에 위치한 Missouri River는 Mississippi River를 거쳐 Mexico의 Gulf 지역으로 수송로를 제공하는데, 6개의 Nebraska Ports, Missouri River에 있는 19개의 terminals(대부분 기차와 연결)이 있어 바지선으로 선적이 가능하다.

수출을 위한 곡물의 수송 과정을 간단히 요약하면, 농장에서 수확 → 사일로 저장 → 트

력/선로 운반 → River Terminal (local elevator) → 선로/바지선 운반 → Port Elevator → Shipping 단계로 설명할 수 있다.

GM 재배 농장에서 옥수수 수확 및 사일로 저장 과정(Fig. 4) 중 구분 유통을 시행할 경우 트랙터, 트럭 및 사일로 등 농기계를 청소하는 관리에 추가적인 비용이 소요된다. 예를 들어 트랙터 청소에는 1인이 실시할 경우 2일이 소요되고 있다.

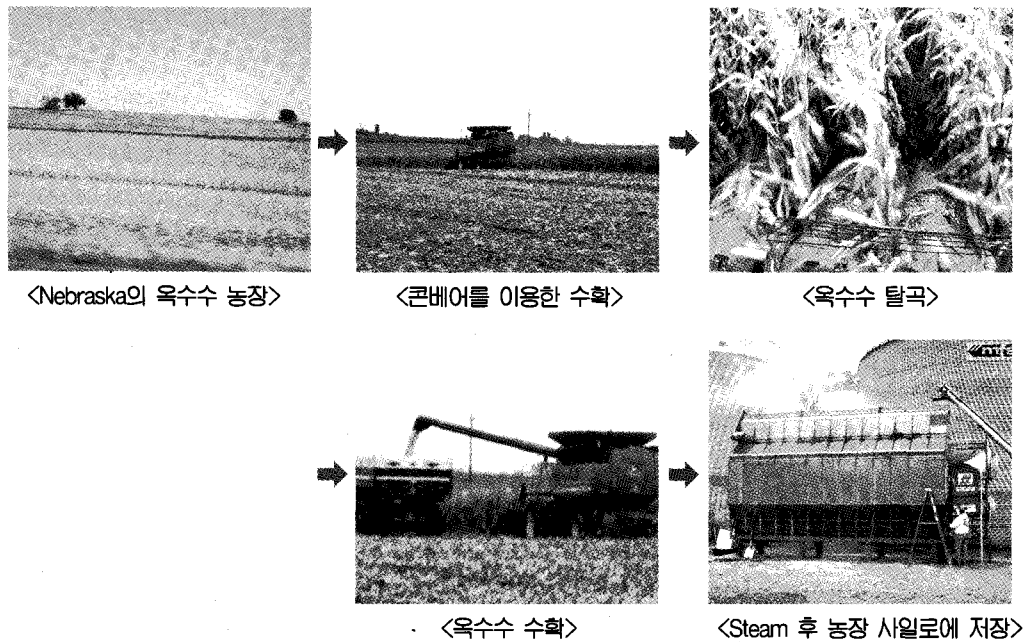


Fig. 4. GM 재배 농장에서 옥수수 수확 및 농장의 사일로에 저장 과정

농장의 사일로에 저장되어 있는 농산물은 기차나 트럭을 이용하여 지역에 있는 local elevator로 이동된다(Fig. 5). 이 단계에서 생산자의 곡물이 반입됨으로서 검사를 실시하여 등급을 결정한다. 구분 보관시에는 보관 효율이 떨어지고 청소 등에 필요한 노력, 시간 및 비용이 추가 발생하게 된다.

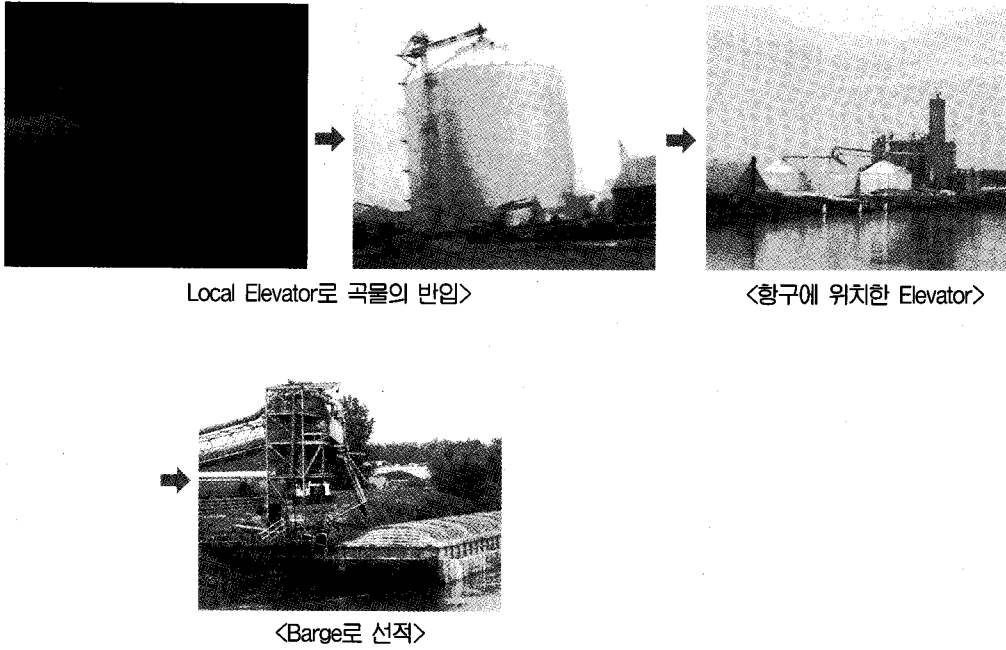


Fig. 5. Missouri River에 위치한 Local Elevator에서 barge로 옥수수의 운반 과정

중서부에서 생산된 곡물의 대부분은 미시시피강 등을 이용하여 뉴올리언즈항으로 이동된 후 수출된다. 비용이 저렴하여 수출 물량의 95%가 바지선으로 운송되는데 약 2주가 소요된다(Fig. 6).

미시시피강가에 9개 시설을 가지고 있는데 elevator 이용료는 톤당 1-2불이다. 구분유통증명서 요구시 추가 비용이 드는데 평균 트럭 한 대당 40불 정도 소요된다.



Fig. 6 바지선으로부터 수출항에 위치한 elevator로 선적 과정

New Orleans에 있는 elevator에 저장하는 단계에서 USDA GIPSA-FGIS (Grain Inspection Packers and Stockyards Administration- Food Grain Inspection Service)에서 농산물의 안전성 검사를 실시하고 있는데, 검사 결과 적합하다고 판정된 농산물의 경우 수출이 허용된다. 이 과정에서 농산물은 컴퓨터 시스템에 의하여 전 과정을 검색하는데, 분석을 위한 시료도 자동 시스템에 의하여 수집된다.(Fig. 7).

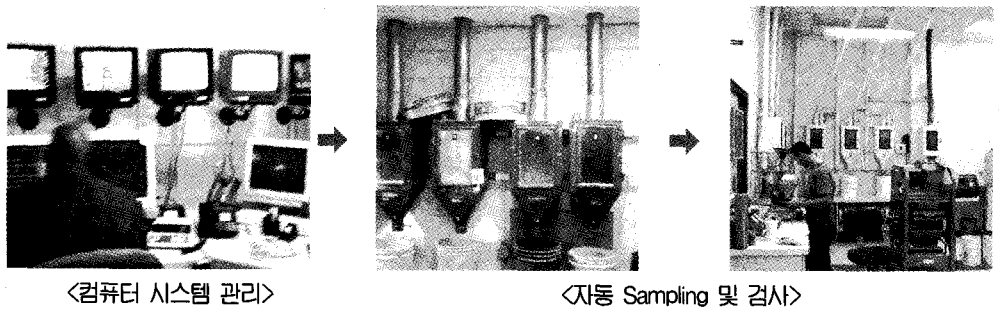


Fig. 7. USDA GIPSA-FGIS에서의 자동 관리 시스템 및 시료 수집

USDA GIPSA-FGIS에서는 수출 농산물과 관련하여 미국의 'United States Grain Standards Act'에 따라 의무적으로 규제하고 있다. 대부분의 농산물은 무게측정, 검사업무, Aflatoxin 검사, 적제소의 검사 등을 수행하고 있다. 미국의 국내 유통 농산물에 대하여는 GIPSA의 New Orleans Field Office에서 수행하는데, 시료채취, 무게측정, 검사, 재검사 및 적제소 검사 등을 실시하고 있다. 또한 추가적으로 Aflatoxin에 대한 정성 및 정량시험, Vomitoxin(DON)의 정성 및 정량시험, Starlink 검사, Falling Numbers Wheat, Wheat protein, 콩 단백질과 기름, 옥수수의 Stress Cracking등을 검사하여 농산물의 안전성을 확인하고 있다. 검사가 끝난 후 수출배에 선적되어 전세계로 수출되고 있다.

7. 결 언

유전자재조합기술은 영양가치의 개선, 환경적인 이익, 농작물의 질 향상, 질병 저항성 및 저장성 등을 향상시키는 목적으로 세계 여러 국가에서 이용되고 있다. 또한, 식품의 품미 및 품질 향상, 과일 및 채소의 숙성 지연, 과육함량 증진 등 품질 향상에 기여하고 있으며, 영양 면에서는 식물성 유지 및 포화지방산 함량 감소, 비타민 A 강화 쌀 등 영양가치 증진 및 질병 예방백신형 식품도 개발되고 있다. 경제적 효과로는 대량 생산이 가능하여 경작효

을 증진과 경작비용 감소가 기대되고 있으며, 병충해 또는 환경에 강한 식물을 개발함으로써 농약 사용량을 감소시켜 환경오염을 줄이는 환경보호의 긍정적인 측면이 있다. 결과적으로 농업 생산성의 증대를 통하여 인류의 기아문제와 식량문제 해결에 기여할 것을 기대되고 있다.

이상에서 살펴 보았듯이 농산물 수출국인 미국을 중심으로 앞으로 GM 농산물의 생산은 전세계적으로 지속적인 증가 추세를 유지할 것으로 예상된다. 이에 식품의약품안전청에서는 소비자의 알권리를 보장하기 위하여 2001년 7월부터 GM 농산물에 대한 표시제를 실시하고 있으며, 안전한 농산물이 수입·유통되도록 하기 위하여 2003년 4월 식품위생법을 개정하여 유전자재조합식품 안전성평가 심사 의무화를 2004년 2월부터 시행할 계획이다. 즉, 철저한 안전성평가를 통하여 안전성이 확인된 유전자재조합식품 및 식품첨가물에 한하여 국내 수입 및 유통이 가능하도록 하여 소비자들에게 안심하고 섭취할 수 있는 안전한 식품을 보급하는데 만전을 기하고자 한다.