

생강 저장굴에서 발생한 건강 피해의 원인 조사

임현술 · 배근량

동국대학교 의과대학 예방의학교실

Investigation of Health Hazards in the Underground Storage Facilities of Ginger Roots

Hyun-Sul Lim, Geun-Ryang Bae

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dongguk University

Objectives : To evaluate the health hazards in the underground storage facilities of ginger roots.

Methods : The authors reviewed the emergency rescue records from the Seosan fire department over the period Jan 1, 1996 to Aug 31, 1999. The atmospheres in 3 different underground storage locations were analyzed for O₂, CO₂, CO, H₂S and NH₄.

Results : From the emergency records, we were able to identify 20 individuals that had been exposed to occupational hazards in the underground storage facilities. Among these 20 cases, 13 were due to asphyxiation (resulting in 7 deaths) and 7 were due to falls. In the first atmospheric tests, performed on Feb 25, 1998, the O₂ level inside the underground storage facility, located about 5~6 meters below the surface, was 20.6% and the CO₂ level was about 1,000 ppm. CO, H₂S and NH₄ were not detected. In the second tests on Jul 6, 1999, measurements of the O₂ level at 3

meters below the surface in two different storage locations were 15.3 and 15.1%. And the O₂ levels inside the storage facilities were 12.2 and 12.1%. The CO₂ level was above 5,000 ppm (beyond upper limits of measurement). CO, H₂S and NH₄ were not detected.

Conclusions : We conclude that asphyxiation in the underground storage facilities for ginger roots was not due to the presence of toxic gases such as CO, H₂S and NH₄, but rather the exclusion of oxygen by carbon dioxide was responsible for causing casualties. For the development of a hazard free working environment, safety education as well as improvements in storage methods are needed.

Korean J Prev Med 2002;35(1):72-75

Key Words: Rural health, Ginger, Asphyxia, Accidental falls

서 론

생강은 생강과에 속하는 여러해살이 식물로 주산지는 충남 서산 및 전북 완주 지역이다. 생강은 4월 하순에서 5월 초순 경 파종을 하고 10월 중순에서 11월 초순 경 수확하는데 다음해 파종과 출하 시기 조절을 위하여 저장이 필요하다. 생강은 15℃ 이하에서는 생육이 정지되고, 18℃ 이상이면 싹이 트고, 20℃ 이상에서는 부패되며 10℃ 이하에서는 생리적 동해로 부패된다 [1]. 생강을 저장하기 위해서 일정한 온도와 습도를 유지하기 위하여 농민들은 황토로 이루어진 땅에 수직으로 5-7 m 깊이의 굴을 파고 생강을 저장하고 있다.

생강 저장굴은 출입 및 생강 입·출고

가 어려울 뿐만 아니라 서산지역에서 생강재배가 본격적으로 시작된 1970년대 중반부터 해마다 2~3명의 농민들이 목숨을 잃는 등 서산지역에서만 100여 명이 사망하였고 그 원인을 생강가스 중독이라고 보도하고 있다 [2, 3].

본 조사는 Lim 등 [4]의 1차 조사에 이은 생강부패 시점의 2차 조사로 생강 저장굴에서 해마다 발생하고 있는 질식사고 및 추락사고의 현황을 파악하고 생강 저장굴 내의 환경을 측정하여 사고의 원인을 밝혀 향후 사고 예방을 위한 대책 수립에 활용하고자 실시하였다.

대상 및 방법

1. 생강 저장굴 관련 사고현황 조사

생강 주산지인 충남 서산시, 당진군 및 태안군을 관할하고 있는 서산시 소방서 119 구급대에서 1996년 1월 1일부터 1999년 8월 31일까지 응급구조를 한 구급일지를 검토하였다. 구급일지에 기록된 사례 중에서 생강 저장굴과 관련된 사고를 조사하였다.

2. 생강 저장굴 형태 조사 및 환경 측정

생강 저장굴 형태 조사 및 환경 측정은 생강저장 초기인 1998년 2월 25일 서산시 소재 생강 저장굴 1개소와 부패가 진행되고 있는 시점인 1999년 6월 6일 서산시 소재 생강 저장굴 2개소 등 총 3개소의 생강 저장굴에서 실시하였다.

1차 조사에서는 서산시 소재 생강 저장굴 1개소의 형태를 관찰하고, 미국 Industrial Scientific사에서 제작한 Gas Monitor인 TMX 412 (Industrial

Scientific사 제, 미국)를 이용하여 외기의 산소농도 21.1%로 보정한 뒤 직접 생강 저장굴 내로 들어가서 산소농도를 측정하였고, 가스검지기(Kitagawa사 제, 일본)로 이산화탄소, 일산화탄소, 암모니아 그리고 이산화황 농도를 측정하였다.

2차 조사에서는 서산시 소재 생강 저장굴 2개소에서 TMX 412를 이용하여 외기의 산소농도를 21.1%로 보정한 뒤 저장굴 밖에서 지하 3 m 지점의 산소농도를 측정하여 저장굴 내부의 대략적인 산소농도를 확인한 후 산소마스크를 착용하고 저장굴 내로 직접 들어가서 산소 농

도를 측정하였고, 가스검지기로 이산화탄소, 일산화탄소, 암모니아 및 이산화황 농도를 측정하였다.

결 과

1. 생강 저장굴 관련 사고 현황

1996년 1월 1일부터 1999년 8월 31일까지 서산시 소방서 119 구급대를 이용한 사례 중에서 생강 저장굴과 관련된 사례는 총 20례가 있었다. 그 중에서 질식사고는 13례, 추락사고는 7례가 있었고 사망사고는 질식사고의 경우에만 7례가

있었으며, 질식사고의 6례는 서울로 후송되어 사망 여부를 정확히 파악할 수 없었다 (Table 1).

성별 분포를 사고 종류별로 살펴보면 질식사고에서는 남자 10명, 여자 3명이었고, 추락사고에서는 남자 3명, 여자 4명이었다. 연령별로는 질식사고에서는 30대 이하 3명, 40대 3명, 50대 3명, 60대 4명이었으나 추락사고에서는 40대 1명, 50대 1명, 60대 5명이었다 (Table 2).

사고 종류별 발생월 분포는 Figure 1과 같이 질식사고는 저장기 7~10개월이 지난 시점인 6~9월에 발생하고 있고, 추락사고는 수확 및 파종 시점에 주로 발생하는 양상을 보였다.

2. 생강 저장굴 형태 및 환경측정 결과

생강 저장굴의 일반적인 형태는 Figure 2와 같이 직경 1 m 넓이로 지하 5~7 m 정도로 파내려 간 후 수평굴을 생강 저장량에 따라 여러 방향으로 파고 생강을 넣은 후 흙으로 덮어두고 있었다. 생강 저장굴 출입은 사다리 또는 벽면에 발을 걸 수 있는 흠을 이용하고, 평소에는 온도와 습도 유지를 위하여 나무판, 함석, 벚짚 등으로 입구를 막아두고 있었다.

저장 초기인 2월(저장 5개월)에 실시한 1차 조사에서는 저장굴 내의 산소 농도가 20.7%이었으나, 부패가 시작되는 시점인 6월(저장 9개월)에 실시한 2차 조사에서는 지하 3 m 지점의 산소 농도가 약 15%이었고 저장굴 내부에서는 산소 농도는 약 12%에 불과하였다. 이산화탄소는 외기에서는 검출되지 않았으나 1차 조사에서는 약 1,000 ppm, 2차 조사에서는 검출한계인 5,000 ppm을 초과하였다. 일산화탄소, 황화수소, 암모니아는 1, 2차 조사 모두에서 검출되지 않았다 (Table 3).

고 찰

밀폐된 공간에서 발생하고 있는 사고의 종류는 대기의 조성 변화에 의한 사고와 신체적 사고로 구분할 수 있다. 대기 조성 변화에 의한 사고는 산소결핍, 단순

Table 1. Number of victims by year and type of accidents, 1996-1999

Year	Asphyxiation	Falls	Total
1996	4 (1)	0 (0)	4 (1)
1997	1 (0)	3 (0)	4 (0)
1998	5 (4)	4 (0)	9 (4)
1999*	3 (2)	0 (0)	3 (2)
Total	13 (7)	7 (0)	20 (7)

(): Number of death
*: Up to Aug 31, 1999

Table 2. Distribution of age and gender by type of accidents

	Asphyxiation	Falls	Total
Gender			
Male	10	3	13
Female	3	4	7
Age (yrs)			
20-29	1	0	1
30-39	2	0	2
40-49	3	1	4
50-59	3	1	4
60-	4	5	9
Total	13	7	20

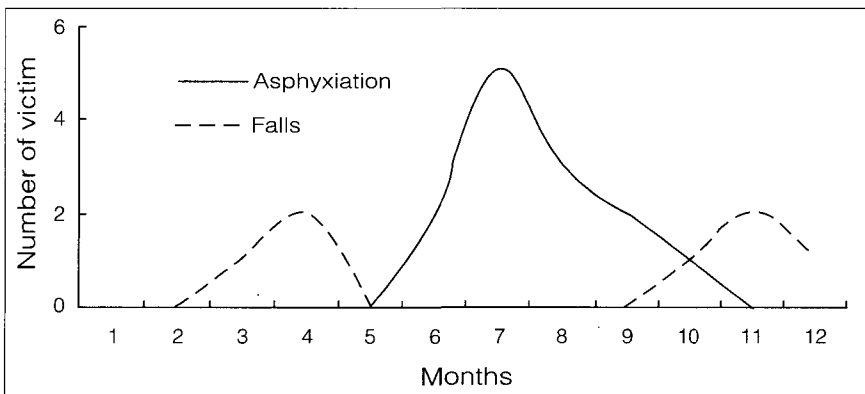


Figure 1. Number of victim by month and type of accidents.

Table 3. Atmospheric test in the underground storage of ginger roots

Gas	Open air	2nd test [†]	
		1st test* Inside the storage	3 m below surface Inside the storage
Oxygen	21.1%	20.6%	15.3/15.1%
Carbon Monoxide	ND [‡]	ND	-
Carbon Dioxide	ND	1,000 ppm	-
Hydrogen Sulfide	ND	ND	-
Ammonia	ND	ND	-

*: performed on Feb 25, 1998 †: performed on Jul 6, 1999 ‡: not detected

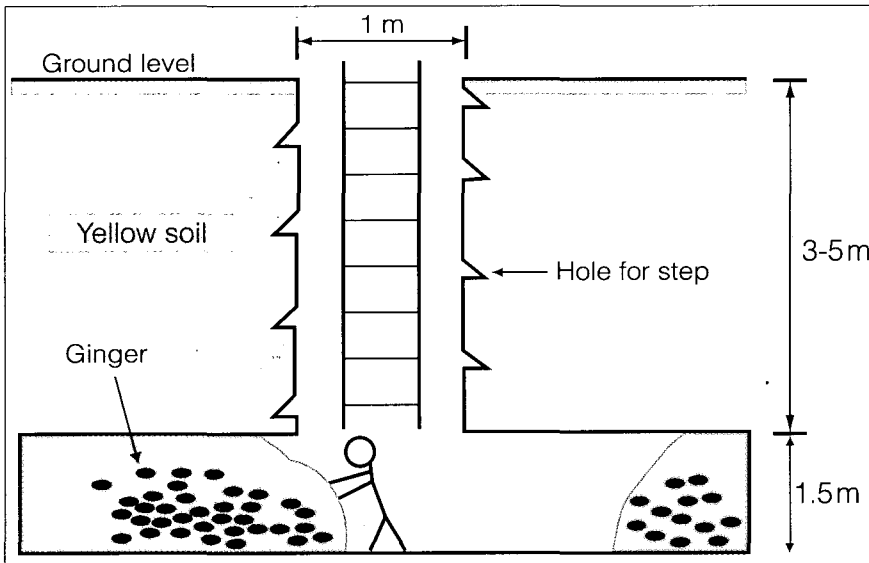


Figure 2. Illustration of underground storage of ginger roots.

질식제에 의한 산소 대치, 가연성 가스에 의한 폭발, 독성 가스에 의한 중독, 유기 용제에 의한 급성중독 등이 있으며, 신체적 사고로는 추락, 전기 또는 기계에 의한 부상, 밀폐공간의 고온 또는 저온에 의한 장애, 소음 등에 의한 장애를 들 수 있다 [5]. 생강 저장굴도 밀폐된 공간에 해당이 되며, 이곳에서 발생하고 있는 건강 피해 또한 대기 조성 변화에 의한 사고와 신체적 사고로 나눌 수 있는데 대기 조성 변화에 의한 사고로는 질식사고가 있고 신체적 사고로는 추락사고가 있다.

서산시 소방서 119 구급대 구급일지를 조사한 결과 1996년부터 1999년 8월 31일까지 생강 저장굴에서 사고가 발생하여 119 구급대를 이용한 경우가 서산지역에서만 해마다 3-9명이 있었고 그 중에서 사망자는 총 7명이 있었다. 사망자는 모두 질식사고에만 해당되었고, 추락사고

에서 사망자는 없었다. 연령별로 추락사고는 주로 노령층에서 발생하고 있었으나 질식사고는 젊은 연령에서도 발생하였다. 사고 종류별로 발생월을 조사한 결과 질식사고는 주로 6~10월에 발생하고 있었고, 추락사고는 10월부터 다음해 4월까지 발생하는 양상이었는데 계절에 따른 생강 저장굴의 온도 변화를 고려하면 질식사고는 생강저장굴에서 부패가 진행되는 시점이며, 추락사고는 생강의 부패가 없는 겨울부터 다음해 봄까지 발생하고 있다.

생강저장굴에서 발생하는 질식사고의 원인은 생강이 부패되면서 발생하는 일산화탄소 등유해가스로 보도되고 있다 [2, 3, 6]. 본 조사결과 1998년 2월에 조사하였을 때 생강저장굴 내의 산소 농도는 20.6%로 거의 감소하지 않았고, 이산화탄소 농도만 약 1,000 ppm 정도로 증

가한 상태이었다. 그러나 부패 시작 시점인 1999년 6월에 산소마스크를 착용하고 2개소의 생강 저장굴에 들어가서 조사하였을 때는 2개소 모두 산소 농도가 약 12%로 감소하였고, 이산화탄소 농도는 검출한계인 5,000 ppm을 초과하였다. 또한 부패하면서 발생할 수 있을 것으로 추정된 일산화탄소, 황화수소, 암모니아 등은 검출되지 않아 생강저장굴에서 발생하는 질식사고의 원인은 알려진 바와 같이 유해가스에 의한 것이 아니라, 생강저장굴 내의 온도가 상승하여 부패가 진행되면서 산소 소모 및 이산화탄소 발생으로 인한 산소분압 감소가 원인인 것으로 판단하였다.

이산화탄소는 단순 질식제에 해당하는 것으로 그 자체로는 독성이 없다. 그러나 산소를 소비하고 이산화탄소를 생성하는 부패 또는 발효 과정에서는 급격히 산소와 대체되어 산소분압이 감소된다. 산소 결핍은 공기 중의 산소 농도가 18% 미만인 상태를 말하는 것으로 최초 증상은 호흡 속도와 깊이가 증가하고, 산소 농도가 16% 이하로 낮아지면 호흡 및 맥박이 증가하고 구토, 두통의 증상과 더불어 활동 능력과 인지능력이 저하된다. 산소농도가 10% 이하가 되면 즉시 의식을 잃고 사망하게 된다 [7].

생강 저장굴에서 산소 농도가 감소하는 기전은 다음과 같다. 첫째, 밀폐된 공간내에 저장된 식물은 산소를 방출하지 않고 오히려 산소를 소비하여 이산화탄소를 방출하는 호흡작용을 한다. 둘째, 저장 중인 생강이 부패가 시작되면 부패 미생물에 의한 산소 소모가 진행되어 급격한 산소농도 감소를 야기한다. 셋째, 폐쇄성 공간에 작업자가 들어가게 되면 작업자 자신의 호흡에 의하여 산소가 소모되어 산소 결핍상태로 전환될 가능성도 있다 [8].

밀폐된 공간 내에서 발생하는 질식사고로 우리나라에서 1992년부터 1998년까지 통계를 살펴보면 장소별로 맨홀 내부에서 23명, 배관 및 탱크 내부에서 11명, 실내에서 9명, 정화조, 저수조 내부에서 7명이 질식으로 사망하였다 [8]. 본 사

례와 유사한 외국 사례로는 1986년 미국 몬타나와 인디애나에서 각각 발효 탱크와 사일로에 보호장구 없이 들어가다가 질식사한 경우가 있었다. 이 사고는 발효가 진행되면서 산소가 소비되고 이산화탄소로 대체된 동일한 기전이었으며, 사고 후 발효 탱크와 사일로 내의 가스를 분석한 결과 각각 산소농도는 6%, 10%, 이산화탄소 농도는 48%, 25%로 측정되었다 [9].

생강굴에서 발생하는 질식사 사고의 기전도 이와 동일한 것으로 판단되므로 생강굴에 출입하는 산소 농도를 확인하고 작업을 실시하는 것이 가장 안전하다. 그러나 농민들이 작업전 생강굴 내 산소 농도를 측정하는 것은 현실적으로 어려운 측면이 있으므로 환기를 충분히 하는 것이 필요하다.

생강 저장굴에서 발생하는 추락사고는 10~11월에 수확된 생강을 저장하는 시기와 4~5월경 파종시기에 주로 발생하며, 또한 중간 출하 시 발생하고 있다. 생강 저장굴은 구조상 수직벽을 이용하여 출입할 수밖에 없는데 특히 사다리 없이 수직벽 벽에 몸을 파고 발을 걸어서 오르내리는 경우 수직벽에 있는 홈이 무너지거나 헛디디면서 사고가 발생할 수 있으므로 사다리를 설치하여 출입하는 것이 필요하다.

본 조사는 생강저장굴 관련 사고의 분류상의 문제점과 단면연구로서의 제한점이 있다. 첫째, 사고 분류상의 문제점은 119 구급대의 생강저장굴 관련 구급일지를 근거로 구조당시 의식여부에 따라 의

식이 없는 경우는 질식사사고로, 의식이 명료하고 외상이 있는 경우는 추락사고로 단순 분류하였으므로 오분류의 가능성이 있다는 점이다. 둘째, 본 조사는 사고가 있었던 생강저장굴에서 사고 당시에 측정된 결과가 아니라 일반적인 저장 초기와 부패가 일어나는 시점에 사고가 없었던 생강저장굴 3개소에서 측정된 것으로 일반화하는데 문제점이 있다. 그러나 생강저장굴은 형태에 있어서 크기나 깊이의 차이는 있을 수 있으나 땅을 파고 흙으로 덮어두고 생강을 저장한다는 공통점이 있으므로 부패에 의하여 산소가 소모되고 이산화탄소 농도가 증가하는 기전은 동일할 것이라고 판단된다.

결론

2차에 걸친 생강 저장굴 환경조사 결과, 생강 저장굴에서 발생하는 사고 중에서 질식사 사고의 원인은 일산화탄소, 암모니아 및 이산화황과 같은 독성 물질에 의하지 않고 산소 농도 감소에 의한 저산소증으로 판단된다. 질식사 사고를 예방하기 위하여 지상 저온 저장고에 생강을 보관을 하는 것이 근본적인 대책이지만 영세한 농민들이 소규모로 생산하여 저장해야 하는 실정으로 현실적으로 어려운 실정이다. 그러므로 간이 가스배출기를 이용하여 충분히 환기를 시킨 후 작업을 하는 것이 필요하며, 응급상황이 발생하였을 경우 즉각적인 산소공급을 하면서 후송할 수 있도록 저산소증에 대한 응급처치 교육이 절실히 필요하다.

감사의 말씀

본 연구를 수행하는데 도움을 주신 서산시 소방서 119 구급대원 여러분과 생강저장굴에서 측정을 할 수 있도록 허락해 주신 농민 여러분께 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 서산시 농촌지도소. 식량·원예작물재배 기술. 서산; 1997, (59-77쪽).
2. 문형상. 생강굴 전용 가스배출기 시급. 대전매일 2000년 6월 8일
3. 안서순. 개량식 생강굴 농민 기피 보급부진. 동양일보 2001년 2월 8일
4. Lim HS, Kim H, Bae GR, Kim D. Health hazards occurred in the underground storing places of ginger roots. *Korean J Rural Med* 1998; 23(2): 251-258 (Korean)
5. Pettit TA, Braddee R. Overview of confined-space hazards. In: NIOSH. *Worker Deaths in Confined Spaces*. US Department of Health and Human Services; 1994, p. 5-10.
6. 이인호. 생강굴 사고반발 - 현대식 저장시설 시급. 중도일보 2000년 5월 3일
7. Niland J. *Industrial Hygiene*. In; Zenz C, Dickerson OB, Horvath EP, editors. *Occupational Medicine*. 3rd ed. Chicago; Mosby-Year Book Inc.; 1994, p. 1,012-1,060.
8. 황병문. 폐쇄성 공간 출입시 산소결핍사고에 대비해야. 안전보건 1999; 11: 16-23
9. NIOSH. *Fatality Assessment and Control Evaluation (FACE) Summary Reports*. In; NIOSH. *Worker Deaths in Confined Spaces*. US Department of Health and Human Services; 1994, p. 58-59, 88-90.