

수 신 각 언론사

발 신 환경운동연합 생태보전국 (담당:안숙희 환경운동연합 활동가(010-2732-7844), 정수근 대구환경운동연합 국장(010-2802-0776), 임희자 낙동강네트워크 공동집행위원장(010-8267-6601), 김종술 오마이뉴스 시민기자(010-3372-6893), 이철재 환경연합 생명의강 특위 부위원장(010-3237-1650)

제 목 [보도자료] '녹조라떼'로 키운 채소에서 발암물질 남세균 독소 검출

날 짜 2021.10.19

보 도 자 료

(2021년 10월 19일 오전 10시부터 보도해 주십시오)

‘녹조라떼’로 키운 채소에서 발암물질 남세균 독소 검출

- 상추 실험에서 ‘잠재적 발암물질’인 마이크로시스틴 kg 당 67.9 μ g 검출, 국내 첫 사례
- 몸무게 30kg 초등학생이 실험 상춧잎 3장 먹으면 WHO 기준 초과
- 다른 농산물도 축적 가능, 녹조 지역만이 아닌 국민 전체 건강 위협

- 낙동강 녹조 물로 키운 상추 가식 부위(상춧잎)에서 남세균(Cyanobacteria) 독소인 마이크로시스틴(Microcystin)이 67.9 마이크로그램(μ g/kg bw/day) 검출됐다. 이번 분석은 미국 등에서 사용하는 토탈 마이크로시스틴(MCs)을 기준으로 분석했다. 해외에서 마이크로시스틴의 농작물 축적 사례는 다수 보고됐으나, 국내 검출은 이번이 처음이다. 4대강사업 이후 낙동강 등에서는 ‘녹조라떼’라는 말이 회자할 정도로 대규모 녹조 창궐이 일상화됐다. 그에 따라 녹조 우심 지역 부근 농산물 안전성 우려가 컸지만, 그동안 환경부 등 정부는 ‘녹조 독소의 식물 흡수 기작이 발견되지 않았다.’라며 안전성 검증을 외면해왔다.
- 이번 조사는 더불어민주당 양이원영 의원, 더불어민주당 이수진 의원(비례), 대구환경운동연합, <오마이뉴스>, <뉴스타파>, (사)세상과 함께, 환경운동연합이 주관했다. 수채와 상추 내 마이크로시스틴 분석은 국립 부경대 이승준 교수, 이상길 교수 연구팀이 진행했다.
- 세계보건기구(WHO)는 농작물 내 마이크로시스틴 가이드 라인을 사람 몸무게 1kg 당 하루 0.04 μ g으로 규정하고 있다. 이번 낙동강 녹조로 키운 상추에서 검출된 kg 당 67.9 μ g을 산술적으로 단순 계산하면 상품으로 유통되는 6g 상춧잎 한 장에 대략 0.4074 μ g(1g에 0.0679 μ g)이 축적된 꼴이다. 이는 몸무게 30kg 초등학생이 하루 상춧잎 3장만 먹어도 WHO 가이드 라인(1.2 μ g)을 초과한다는 말이다. 60kg 성인의 경우 6장이면 가이드 라인(2.4 μ g)을 초과한다. 마이크로시스틴은 청산가리 100배 이상의 독성을 지녔으며 국제암연구소(IARC)에서 잠재적 발암물질로 지정한 독소라는 게 전문가들의 지적이다. 또 남세균 독소는 간 독성, 신경독뿐만 아니라 알츠하이머 등 뇌 질환을 일으키는 것으로 연구되고 있다. 전문가들은 독성 가이드 라인이 대부분 성인 위주로 선정되기 때문에, 체중이 적게 나가는 어린이 등 노약자의 경우 독성에 더 민감하게 반응할 수 있다고 지적하고

있다.

- 낙동강 채수, 상추 재배, 분석 방법은 다음과 같다. 2021년 8월 13일 낙동강 이노정 부근에서 채수한 녹조 물을 가로 60cm, 세로 120cm, 높이 20cm(물 높이 10cm)의 비닐 시설(일종의 간이 수경 재배)에 넣고 여기에 ‘상추 재배 세트(첨부 1 사진 참조)’를 담가 8월 17일까지 5일간 재배했다. 낙동강 이노정 부근의 토탈 마이크로시스틴은 국립 부경대 이승준 교수 연구팀이 미국 EPA가 공인한 Method 546 실험방법을 이용해 분석했고, 여기서 리터(L) 당 600ppb의 토탈 마이크로시스틴을 검출했다. 상추 내 토탈 마이크로시스틴 추적 분석은 국립 부경대 이상길 교수 연구팀이 UPLC MS/MS 방법을 사용했다(※ 자세한 분석 방법은 첨부 2 참조).
- 이번 조사는 실험을 위해 낙동강에서 채수한 녹조 물에서 상추를 재배했다는 점에서 일반 농경지 재배 작물과 차이가 있을 수 있다. 그러나 우리나라에서도 마이크로시스틴과 같은 남세균 독소가 농작물에 축적될 수 있다는 걸 보여준다는 점에서 중요한 의미를 지닌다. 이는 벼와 같이 우리 국민이 주식으로 삼는 다른 농작물에서도 남세균 독소가 축적될 수 있다는 걸 의미한다. 국민 안전에 중대한 위협 요인이지만, 앞서 밝혔듯이 4대강사업 이후 정부는 그간 관련 조사를 사실상 회피해왔다. 또 이번 조사는 남세균 독소가 음용수 외에도 농작물 등 다양한 경로로 인체에 유입될 수 있다는 해외 연구 결과와 궤를 같이하는 분석이다. 중국 원난성 텐츠호(Dian Lake)의 경우 마이크로시스틴(MCs) 함유량($\mu\text{g/L}$, ppb)이 각각 120 / 600 / 3,000일 때 벼 모종(Seedling)에 2.94 / 5.12 / 5.40의 MCs 축적된 사례가 있다. 다른 나라에선 뿌리채소, 잎채소 등에서도 마이크로시스틴 축적이 확인된 사례가 있고, 상추의 경우 잎사귀 표면 기공에서 남세균이 발견되기도 했다(첨부 1 사진 참조).
- 불행히도 우리나라 정부는 그동안 수많은 해외 연구 사례와 다르게 작물 내 녹조 독소 축적을 부정해왔다. 환경부는 물환경정보시스템 ‘녹조 Q&A1’에서 ‘Q : 녹조가 생긴 물을 농작물에 줘도 되나요?’라는 질문에 “가능합니다. 과일과 채소의 독소 흡수 기작은 발견되지 않았습니다.”라고 밝혔다. 또 2016년 「녹조, 녹조현상은 무엇인가?」라는 소책자에서 환경부는 “유해남조류가 대량으로 발생한 물을 농업용수로 사용하는 경우 농작물에 영향을 줄 수도 있다. 그러나 용수의 이송과 저류 과정에서 독성 물질이 분해될 가능성이 매우 높고, 식물에 흡수되기도 어려워 농작물에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 보인다.”라고 밝히기도 했다.
- 2016년 농림축산식품부와 한국농어촌공사는 「유해남조류(녹조)가 포함된 농업용수의 안전성 평가」라는 보고서를 통해 농수로 등에서 남세균 독성이 감소해 벼에서는 검출되지 않았다고 밝힌 바 있다. 그러나 보고서 연구 배경과 목적에서 “녹조 발생 농업용수의 안전성에 대한 과학적 입증자료 확보로 국민적 우려 해소”라고 적시하는 등 실질적인 남세균 독성 축적의 위해성보다 회피성 분석이라는 지적이 나오고 있다. 전문가들은 마이크로시스틴과 같은 남세균 독성은 햇볕과 물이 공급되는 논이나 밭 토양은 물론 농수로에서도 잘 자랄 수 있다고 지적했다. 실제 2018년, 2021년 낙동강과 금강 하굿둑 주변 농수로에서는 녹조로 가득한 상태를 확인할 수 있었다(첨부 1 사진 참조). 또 전문가들은 남세균 독소가 지하수로 유입되면 독성이 분해되지 않고 상당히 오랫동안 지속될 가능성도 지적했다.
- 지난 8월 낙동강과 금강 하굿둑 주변에서 리터(L) 당 최대 7,000ppb라는 기록적인 토탈 마이크로시스틴이 검출된 바 있다. 농경지로 직접 물을 공급하는 금강 서포양수장과 용두양수장은 각각

1) <http://water.nier.go.kr/front/algaeInfo/algaeInfo01.jsp> (최근 검색일 2021.08.23.)

5,000과 1,500ppb가 검출됐다. 부경대 이승준 교수는 “해외 사례를 보면 작물에 따라서는 농업용수에 포함된 남세균 독소 중 최대 40%, 적게는 5~10%가 축적되는 경우가 있다.”라면서 “(금강 서포양수장의 경우) 10%만 잡아도 500ppb가 축적된다는 말인데, 굉장히 위험할 수 있다.”라고 경고했다. 부경대 이상길 교수는 “마이크로시스틴은 상당히 안정된 물질이라서 300°C 이상에서도 분해되지 않는다. 만약 벼에서 독소를 배출하는 시스템 없이 축적만 된다면 밥을 지어도 (독소가) 분해되지 않을 수 있다.”라고 지적했다.

- 농작물 내 남세균 독소 축적은 국민건강 문제로 직결된다. 중요한 것은 이러한 농산물 안전 문제가 녹조가 심각한 낙동강, 금강 하굿둑 등 일부 지역만의 문제가 아니라는 점이다. 농산물은 해당 지역만이 아니라 수도권 등 전국적으로 유통되기 때문이다. 실제 2020년 서울 가락시장 품목별 출하 지역 통계자료에 따르면, 깻잎 44.7%, 당근 19.5%, 부추 20%, 수박 11.2%, 양상추 34.6% 등이 낙동강 권역인 경남지역에서 출하됐다. 이 중 어느 정도가 낙동강 분류 물을 사용하는지에 대한 통계자료 찾기가 쉽지 않을 만큼 체계적이지도 않다. 거듭 강조하지만, 녹조 창궐에 따른 농산물 안전 문제는 우리 국민 모두의 건강 문제와 직결된다. 따라서 이에 대한 종합적인 조사와 대책이 시급하다.
- 지난 10월 11일 <서울경제> 보도에 따르면, 최근 환경부는 내년 4월까지 7개월간 ‘녹조 관리 선전화 방안 연구’ 용역을 통해 유해 남조류 독성의 농산물 안전성 영향을 분석한다고 한다. 물리적 4대강사업 완공 이후 만 10년 동안 녹조 독성의 환경 위해성 문제를 외면하던 환경부가 뒤늦게 조사에 나선 것이다. 이에 대해 대구환경운동연합 곽상수 운영위원장은 “국가기관의 공식적인 조사는 그나마 다행스러운 일”이라면서도 “그렇다고 해서 녹조 위해성 문제에 있어서 그간 ‘과소보호 금지 원칙’이라는 헌법상 국민 권리를 외면했던 환경부 등 정부 책임이 사라지는 것은 아니다.”라고 꼬집었다. 임희자 낙동강네트워크 공동집행위원장은 “환경부가 이번 농산물 조사를 국가기관과 비교해 자원동원 능력이 현저히 부족한 민간단체가 낙동강 등에서 남세균 독소를 분석하자 이에 대응하려는 의도로 추진한다면 환경부에 대한 비난은 더욱 거세질 수밖에 없을 것”이라고 밝혔다.
- 환경부의 농산물 안전성 영향 조사에 있어서 민간단체가 참여할 수 있도록 해야 한다는 목소리도 높다. 그래야 데이터의 신뢰를 확보할 수 있기 때문이다. 녹조에 대한 종합적인 위해성 평가 시스템을 구축할 수 있도록 민관 공동 논의 단위를 구성해야 한다는 것이 시민사회의 주장이다. 정수근 대구환경운동연합 국장은 “4대강사업 이후 만연한 녹조는 이제 ‘독조’ 상태가 됐다.”면서 “독조에 가장 확실한 백신과 치료제는 막혀 있는 강을 흐르게 하는 것”이라 지적했다. 환경운동연합 등은 “정부는 낙동강, 한강 보 처리 방안을 조속히 마련해야 하고, 국회는 낙동강, 한강 취·양수장 개선 예산을 증액해 편성해야 한다.”라고 촉구했다. 이어 “이번 조사를 주관한 국회의원실과 민간단체 등은 향후에도 남세균 독소 문제 해결을 위한 분석 활동을 계속할 예정”이라고 밝혔다.

더불어민주당 양의원영 의원·이수진 의원(비례)

대구환경운동연합·<오마이뉴스>·<뉴스타파>·(사)세상과 함께·환경운동연합

- 첨부 1. 참고 사진
- 첨부 2. 조사 방법

첨부 1. 참고 사진



사진 1. 2021.08.13. 낙동강 이노정 채수



사진 2. 2021년 08.13. 상추 재배 세트

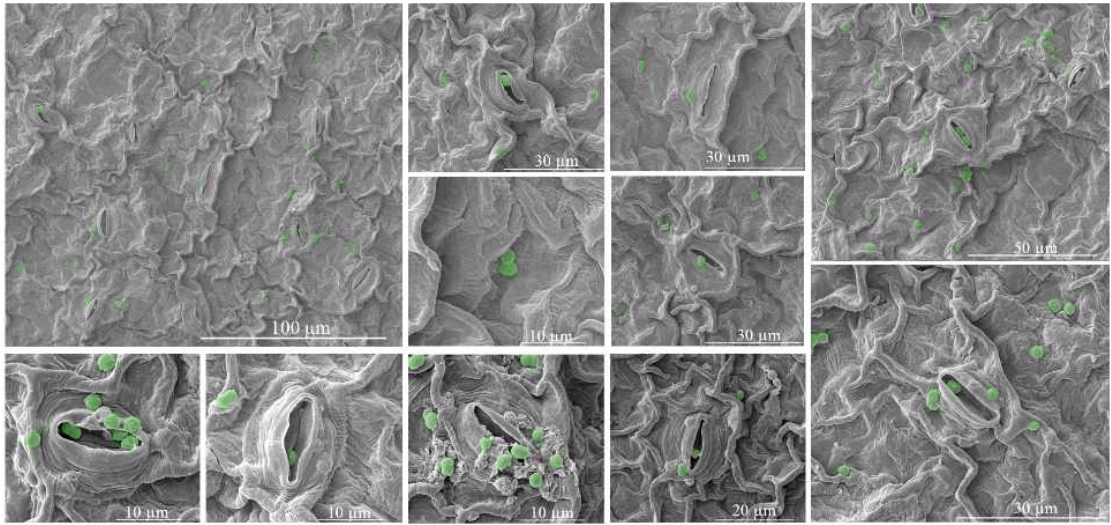


사진 3. 상추 표면 기공 등 다양한 곳에 존재하는 시아노박테리아(초록색)²⁾

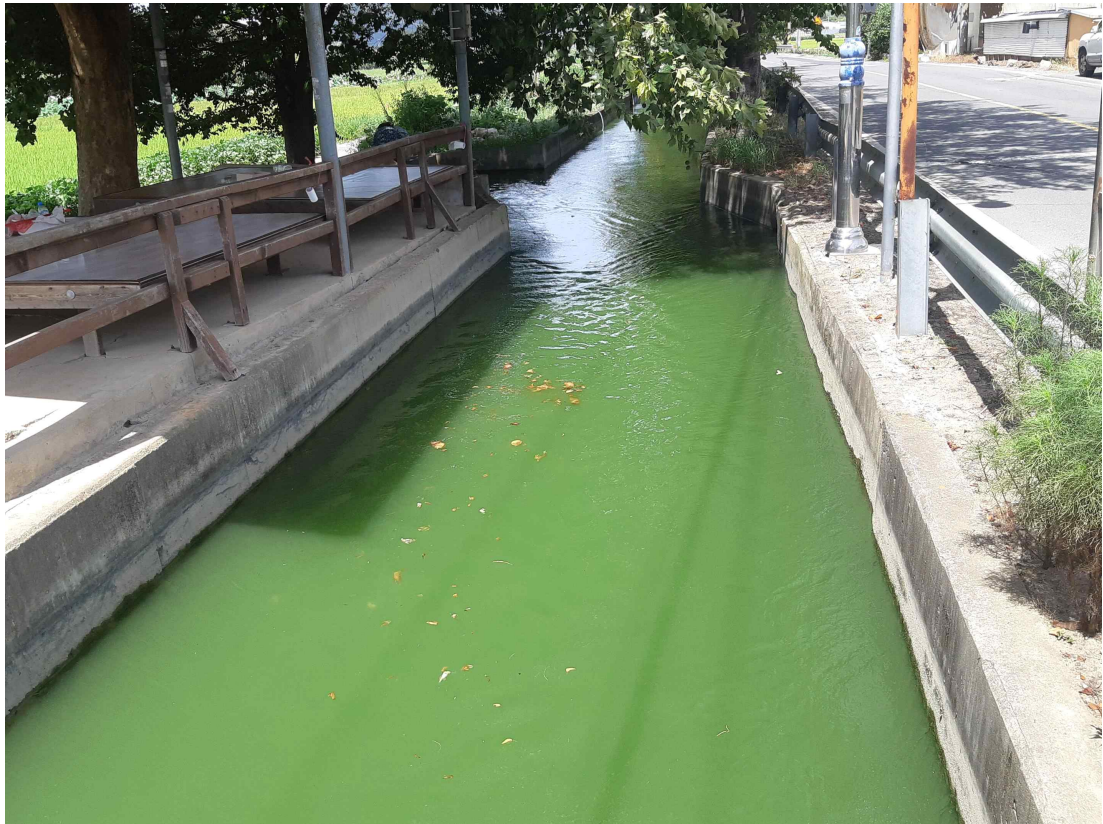


사진 4. 2018.08.22 낙동강 본포양수장 부근 농수로

2) 출처 : 이승준. 2021. “남세균 대발생(녹조)이 환경 및 건강에 미치는 영향”



사진 5. 2018.08.22. 낙동강 본포양수장 부근 농수로에서 논에 유입된 녹조



사진 6. 2021.08.17. 금강 서포양수장에서 이어지는 농수로 녹조(군산 나포뜰)

첨부 2. 조사 방법

1. 낙동강·금강 Microcystin 및 Cyanobacteria 조사

1.1. 물 샘플

- 2021년 8월 13일 낙동강 이노정에서 채수
- 마이크로시스틴(Microcystin)이 플라스틱에 흡착하는 것을 방지하기 위해 살균 소독된 유리병을 이용해 채수함.
 - 채수는 다른 미생물과 달리 광합성을 하는 cyanobacteria의 특성상 표층에서 자라기 때문에 표층수(0~15cm)에서 실시함.
 - 모든 물 샘플은 아이스박스에 아이스팩과 함께 보관하여 부경대로 당일 운반함(냉장된 온도는 부경대 도착 시 측정함, 4~6°C).
 - 모든 물 샘플은 분석을 위해 당일 전처리과정을 진행함. 1) Microbial community 분석을 위해서 0.21 ul membrane filter를 이용하여 물을 필터하고 -20°C 보관함. 물 필터 양을 그날 녹조 상태에 따라 50 mL 또는 100 mL로 duplication함. 2) 독성분석(microcystin)을 위해서 물 샘플의 일부인 20 mL을 차광유리병으로 옮겨 -20°C 냉동보관함.

1.2. Microcystin 측정

- 미국 EPA에서 공식적으로 승인한 Method 546 실험방법을 이용하였음.
 - 주요 목적은 ELISA(enzyme-linked immunosorbent assay)방법을 이용하여 물 시료에서 total microcystins을 측정하기 위해서임.
 - 미국에서 녹조 발생 시 녹조 발생의 지표가 되는 cyanobacteria의 수는 참고 자료일 뿐 total microcystins을 측정하고 가이드 라인으로 사용함.
 - 물 샘플은 cyanobacteria lysis 과정을 위해 총 3회 얼렸다 녹이는 작업을 반복함.
 - 이 과정을 통해 cyanobacteria 세포 내부에 있는 microcystin까지 추출함. glass-fiber syringe filter을 이용하여 필터 후 ELISA kit를 이용하여 microcystin을 측정함.
 - 희석배수는 최초 microcystin 측정 농도를 참고하여 결정함(5배, 10배, 100배, 200배, 500배, 또는 1,000배).
 - Microcystin 특성상 플라스틱 재질에 흡착되는 성질을 고려하여 전체 실험과정에서 파이펫 팁(tip)을 제외하고 유리 제품을 사용함. 세부적인 실험내용은 각주 링크³⁾를 참조할 것.

3)

<https://www.epa.gov/dwanalyticalmethods/method-546-determination-total-microcystins-and-nodularins-drinking-water-and>

2. 상추의 Microcystin 분석 방법

1. 농작물 추출

상추는 600ppb에서 수경재배를 통하여 얻은 상추의 가식부위

2. <실험방법>

- ① 무게측정: 상추 10 g에 10 ppm의 nodularin 50 uL 리표지물질로 넣고, 50% MeOH의 50 ml로 추출을 실시
- ② 균질화작업: 600RPM에서 2분간 균질화 한 후, 초음파 (ultrasonic) 추출법으로 추가 20분 추출
- ③ 원심분리: 추출 후 원심분리를 통해 추출된 용매 (상층 부분)를 취함
- ④ 필터링: 추출된 상층액 부분을 필터링해 불순물을 거름
- ⑤ 1차 감압농축: SPE 추출을 위해 감압회전농축기기를 이용하여 80°C에서 추출 용매를 제거하며 시료를 농축함
- ⑥ 농축물 회수: 샘플을 1 mL까지 농축하여 glass tube에 옮김
- ⑦ SPE (Solid-Phase Extraction): HLB 카트리지를 이용하여 필요하지 않은 물질을 제거하여 샘플 내 마이크로시스틴의 농도 및 순도를 높임.
- SPE의 구체적인 방법은 다음과 같음. 프리컨디셔닝을 위해 20 mL의 100% MeOH, 20 mL의 DIW를 1 mL/min으로 흘려주고, 샘플을 주입한다. 다음 찌꺼기를 washing 해주기 위해서 20 mL의 10% MeOH을 흘려준 뒤, 20 mL의 80% MeOH로 용출한다.
- ⑧ 질소농축: 질소 분사 농축을 통해 용매를 제거함.
질소농축의 구체적인 방법은 다음과 같음. (질소농축기에 DIW로 채워준 뒤, 질소농축기 on, 질소가스의 상밸브 열고(10mpa), 질소압력1, 온도 80°C, 시간 55분 설정)
- ⑨ 원심분리 및 필터링: 질소농축물을 1ml의 물에 녹인 후 원심분리를 통해 불순물을 제거하고 상층액을 취하여 기기 분석을 위해 필터링을 실시함.
- ⑩ 액체크로마토그래피 텐덤 질량분석기 (Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometer (TQ/MS))를 이용하여 상추의 마이크로시스틴을 분석함.

- 질량분석기 규격

1. MASS RANGE : 2 ~ 2,048 amu
2. SCAN RATE : 20,000 amu/sec
3. Mode(ESI and APCI) switching time : 20 ms
4. Mass Stability(over a 24 hours) : 0.1 Da



- ⑪ **결과: 대리지표물질을 이용 회수율을 계산하여 마이크로시스틴 67.9 ug/ 상추 1kg의 분석 결과를 얻음**