(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0053439
(43) 공개일자 2015년05월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 1/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0135378
(22) 출원일자 2013년11월08일
심사청구일자 2013년11월08일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
정덕영
대전 유성구 송정길64번길 145-13, (송정동)
이동성
세종 부강면 부강금호로 189,
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 1 항

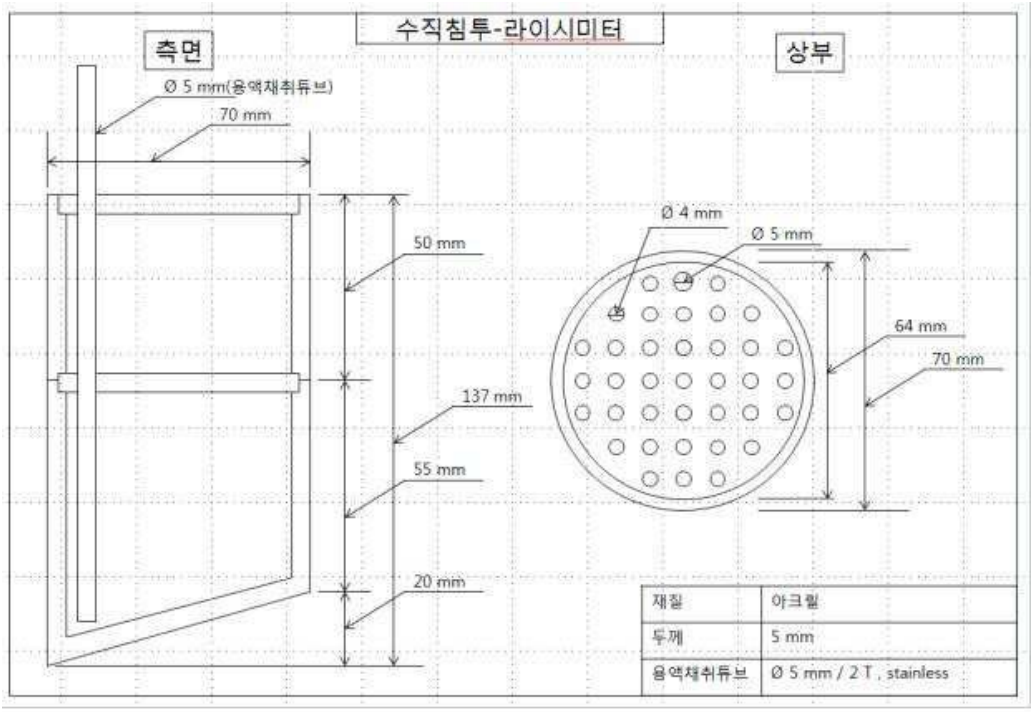
(54) 발명의 명칭 **현장용 토양환경 모니터링 수직침투-라이시미터**

(57) 요 약

본 발명의 (1) 기술분야는 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)에 관한 것으로 실시간 토양내에서 토양공극을 따라 이동하는 토양수, 토양 교질물과 용존물질을 채취하는 기능을 수행하고 투수 특성을 모니터링하는 장치인 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)에 관한 것이다. (2) 해결하려는 과제는 기존

(뒷면에 계속)

대 표 도



토양모니터링 방법과 장치들은 토양이 포화 시 공기와의 접촉을 최소화하며 토양 모니터링 장치로 사용할 수 있으나 포장용수량 이하의 토양수분상태에서는 공극수의 부피가 제한되어 분석 등에 필요한 충분한 양의 토양수분이나 토양교질물을 획득하기 어렵다. 따라서 토양환경과 시간 제약 없이 토양수, 교질물 및 용존물질을 동시에 채취하고 동시에 조사 대상 토양의 투수특성을 모니터링하는 장치 개발이 필요하다.(3) 과제 해결 수단은 포화 또는 불포화상태에서 토양내 수분 상태에 따른 총수분포텐셜 차이에 의한 이동 이론을 적용하여 다단(최소 2단) 모니터링 장치를 이용하여 이동하는 토양수를 포집하고 장치 내 단 분리 공극판(porous plate) 이용하여 고형물과 수분으로 분리 채취한다. (4) 효과는 토양 중에 깊이별로 용출수와 토양교질을 채취하여 역학적 또는 시간별 물질이동을 수평-수직적으로 수분과 물질 이동 변화를 조사할 수 있다. 한편 본 장치는 설치 위치에 따라 표준 토양 Auger를 사용하여 원하는 위치에 쉽게 설치하고 재활용한다. 사용분야는 비점오염 방지 정밀농업 토양관리, 광산 및 산업지역 토양오염 모니터링, 토양측정망 표준 모니터링 장치나 4대강 보내 퇴적물 모니터링 등이다.

(72) 발명자

송승근

충남 계룡시 장안1길 9, 102동 702호 (금암동, 신성미소지움1차아파트)

전대성

대전 서구 둔산로 155, 117동 108호 (둔산동, 크로바아파트)

신지수

전남 광양시 광양읍 호북길 9-3, 601호 (삼보그린맨션)

강항원

경기도 수원시 권선구 수인로 125

류진희

경기도 수원시 권선구 수인로 125

김민태

경기도 수원시 권선구 수인로 125

박기도

경기도 수원시 권선구 수인로 125

최종서

경기도 수원시 권선구 수인로 125

임유진

전라북도 익산시 무왕로 22길 27

명 세 서

청구범위

청구항 1

수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter) 구조

상기 수직침투-라이시미터의 다단구조

상기 수직침투-라이시미터의 단 사이 다공판

상기 수직침투-라이시미터의 다공판 부착 여과스크린 소재와 메쉬 크기

상기 수직침투-라이시미터의 설치된 용출수 채취 관로와 관로 소재

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)에 관한 것으로 실시간 토양내에서 토양공극을 따라 이동하는 토양수, 토양 교질물과 용존물질을 채취하는 기능을 수행하고 투수 특성을 모니터링하는 장치인 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 우리나라의 토양 모니터링은 주로 국립환경연구원 또는 농업과학원 등 국가 기관에서 정밀농업 또는 비점오염물질 모니터링, 토양환경보존법에 근거한 토양오염물질 조사를 위하여 실시하고 있다. 농업과학기술원은 1970년대부터 일반농경지와 취약농경지를 구분하여 대상지 현장에서 토양 시료를 직접 채취하여 중금속 오염을 모니터링하고 있으며 최근에는 비점오염원인 농경지로부터 발생하는 수질오염원인 질소와 인 발생저감 기술개발과 정밀농업을 위한 시비기술 개발에 적용하고 있다. 환경부는 1996년 이후 토양환경보전법 제 5조의 법적근거로 지역망과 전국망으로 구분하여 영농, 수질, 대기, 폐기물 및 기타생활로 토양측정망을 구분하여 토양을 모니터링하고 있다.

[0003] 현재 토양수 채취 등 토양모나터링에 많이 사용하고 있는 텐시오미터의 경우 토양이 포장용수량 이하의 불포화 상태로 되면 주어진 조건에서는 토양의 총수분포텐셜이 텐시오미터의 총수분포텐셜 보다 낮아 텐시오미터 포러스컵(Porous cup)의 수분이 토양으로 이동한다. 따라서 안정적인 토양수를 채취하는데 문제점이 있다.

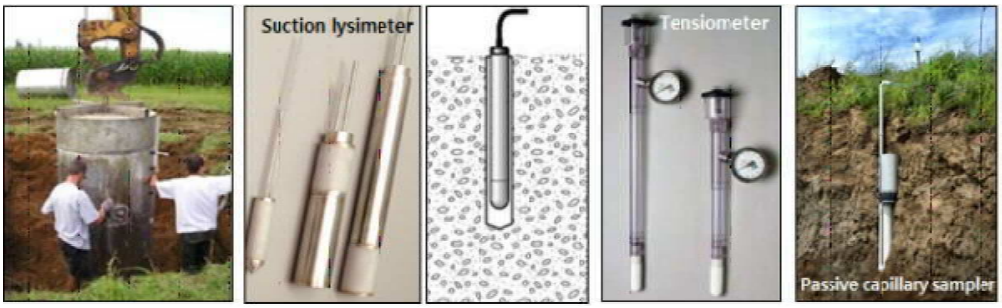
[0004] 물-암석반응에 의한 지하수와 물-토양 반응에 의한 토양공극수의 지구화학적 조성변화는 식물의 영양물질 흡수나 미량금속원소와 오염물질의 확산과 순환과정을 이해하는데 중요한 해석 자료가 된다 (Wolt, 1994). 그러므로 토양내 물질의 이동 경로와 변화과정을 감지하기 위한 모니터링이 반드시 필요하다. 토양 오염도를 측정하기 위해서는 심도별 토양이 구비되어야 하는데, 심도별 토양을 동시에 채취하기에는 어려움이 있다. 따라서 최근 토양오염이 심각한 상황에서 오염의 확산을 모니터링하기 위한 방법 및 토양을 복원하기 위한 방법들이 연구 개발되고 있다.

[0005] 발명의 배경이 되는 기술로는 도 1과 같이 각 단별로 분리된 수직침투-라이 시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)의 공극판(porous plate) 여과체를 이용하여 토양교질물과 같은 고형물질과 수용액으로 구분하여 시료를 채취하며 또한 수동으로 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)의 추출관에 주사기나 자동베일러(Bailer)를 연결하여 포집된 시료를 바로 추출하여 분석에 사용하여야 한다. 한편 토양과 토양수 채취 장치간 두 지점간 총수분포텐셜 차이에 의한 토양수분이동 이론을 적용하여 기존의 흡수 또는 압축을 통한 수분채취 방법이 아닌 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)를 이용하여 시료를 채취한다.

선행기술문헌

특허문헌

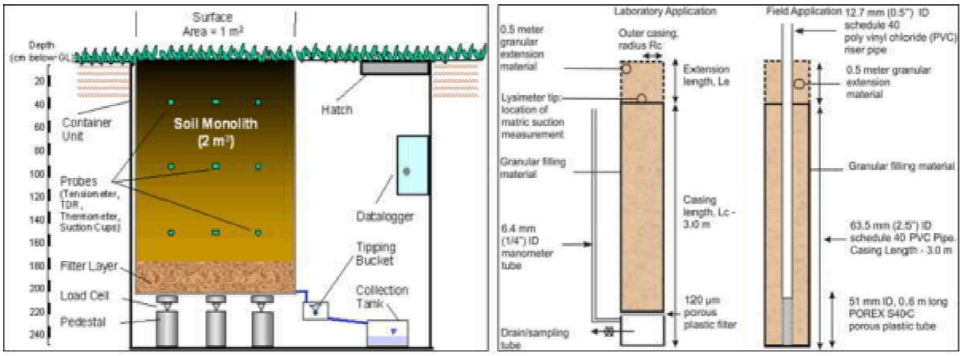
[0006] (특허문헌 0001) 토양공극수 또는 토양내에서 이동하는 물을 포집하는 방법은 토양에 외부의 기체압력을 가하여 공극수를 짜내는 방법과 토양을 원심분리 하여 공극수를 분리 해내는 직접적인 방법과 토양수분함량과 용해도의 상관관계를 도출하는 간접적인 방법이 있다(Daniel, 1998). 직접적인 추출방법은 흡입컵 (Suction cup), 텐시오미터 (Combined solution sampling-tensiometer), 흡입 라이시미터 (Suction lysimeter), 수동모세관 시료채취기 (Passive capillary sampler), 모세흡수장치 (Capillary absorber) 등이 있다. 간접적인 방법은 TDR(Time domain reflectometry), 전기저항법 (Electrical resistivity method), 전자기유도법 (Electromagnetic induction), 섬유광센서 (Fiber optic sensor) 등이 있다.



(특허문헌 0003)

(특허문헌 0004) 그림 1. 기존 토양모니터링 장치 및 측정 장비 사진

(특허문헌 0006) 토양오염이 심각한 상황에서 오염의 확산을 모니터링하기 위한 방법들이 연구 개발되고 있다. 토양 오염도를 측정하기 위해서는 심도별 토양이 구비되어야 하는데, 심도별 토양을 동시에 채취하기에는 어려움이 있다. 또한,토양만으로는 오염도를 측정할 수 없으므로 각각의 토양 심도 별 공극수의 화학적 및 생물학적 변화에 대한 해석이 필요하다. 라이시미터는 금속 또는 콘크리이트 등의 용기에 토양을 충진하고 다양한 환경 시뮬레이션을 측정하는 실험 장치다. 식물을 생식시키는 등 환경 조건을 설정하고 무게 변화를 측정하여 증발분산을 측정하며, 실증 실험으로 토양을 충전하고, 인공 강우에 의한 유출 물질의 분석 등 연구에 사용할 수 있다. 작은 것은 표면적 1~2m2, 큰 것은 100~200m2까지 측정이 가능하다. 침투한 물의 양이나 토양 중에 있는 염류의 용탈특성(leaching)을 조사할 수 있는 토양 물리화학성 변화를 조사하기 위한 측정시설(또는 장치)를 의미한다.

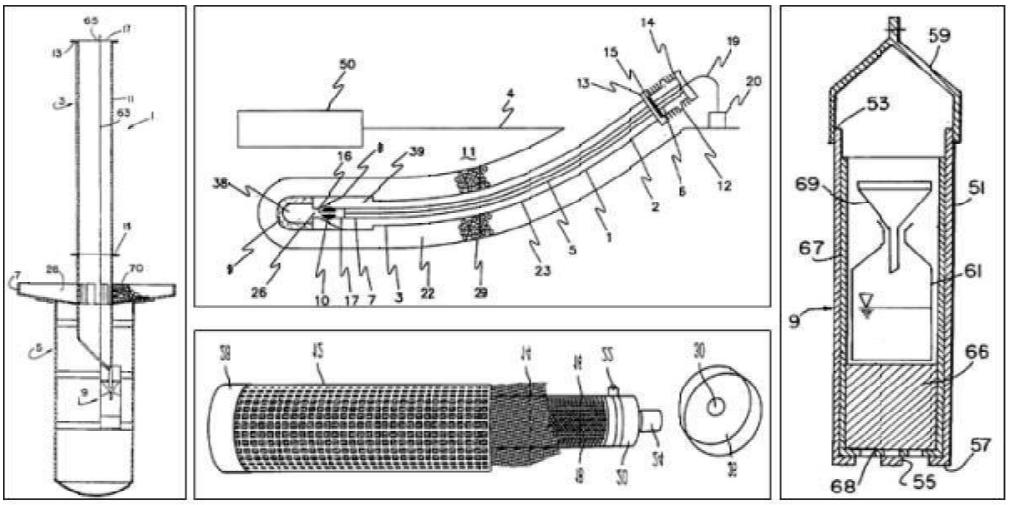


(특허문헌 0008)

(특허문헌 0009) 그림 2. 기존 현장 설치 Lysimeter의 예 (미국)

(특허문헌 0011) 그러나 직접 또는 간접 방법은 관정 설치 및 운영 관리의 어려움이 있으며 불포화층에서 토양공극수 채취에 대한 필요성 때문에 심도별 토양수분포텐셜 차이를 고려한 모니터링 장치 개발에 많은 연구가 실시되고 있다.

(특허문헌 0013) Lysimeter와 관련한 특허는 미국의 경우 2012년 12월 31일 기준하여 흡입컵(Suction cup), 텐시오미터(Combined solution sampling-tensiometer), 흡입 라이시미터(Suction lysimeter) 등 12개가 등록되어 있다.



(특허문헌 0015)

(특허문헌 0016) 그림 3. Lysimeter와 관련한 특허 사례(미국)

(특허문헌 0018) 그러나 국내의 경우 토양 또는 지하수를 모니터링 하는 특허는 4개 정도로 조사되었다. 특히 토양내에서 수분과 함께 동반하는 교질크기의 점토입자를 포집하는 장치나 방법에 관한 선행 결과는 없는 것으로 조사되었다.

(특허문헌 0020) Flow through in situ reactors with suction lysimeter sampling capability and methods of using

(특허문헌 0021) Pore water sampler for long-term monitoring of ground water

(특허문헌 0022) Sampling device and method for measuring fluid flow and solute mass transport

(특허문헌 0023) Lysimeter methods and apparatus

(특허문헌 0024) Portable suction lysimeter

(특허문헌 0025) Horizontal advanced tensiometer

(특허문헌 0026) 심도별 토양공극수를 추출하기 위한 추출장치(10-2007-0080439)

비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) 국내의 경우 라이시미터를 이용한 토양오염 확산.거동 예측을 위한 토양공극수 채취와 분석, 라이시미터를 활용하여 지하수위에 따른 벼, 보리, 밀, 조의 수분이용효율과 증발산 특성 연구, 그리고 라이시미터 환경에서 벼 재배 시 비료 종류에 따른 질소 수지 등의 연구가 있다. 그러나 사용된 라이시미터는 흡입, 텐시오미터, 지하 고정 라이시미터 등이 사용되었다. 미국의 Schrader (2013) 등이 라이시미터를 이용하여 강수량과 실질 증발산을 조사하였으며 평형 텐쇼라이시미터를 이용하여 토양매트릭포텐셜을 조사하였다. 이와 같은 연구 또는 조사에 사용한 라이시미터는 흡입 또는 텐시오미터가 사용되었다.

(비특허문헌 0002) Masarik, K.C. 1, J.M. Norman1, K.R. Brye2, and J.M. Baker3. Automated Equilibrium Tension Lysimeters. Dept. of Soil Science, University of Wisconsin.

(비특허문헌 0003) Brye, K.R., J.M. Norman, L.G. Bundy, and S.T. Gower. 1999. An equilibrium tension lysimeter for measuring drainage through the soil. Soil Sci. Soc. Am J. 63:536-543.

(비특허문헌 0004) Lysimeter Research Group: http://www.lysimeter.at/en/ (verified March 10th, 2013).

(비특허문헌 0005) Ramier, D, Berthier E, Andrieu, H. An urban lysimeter to assess runoff losses on asphalt concrete plates. Phys Chem Earth 2004;29:839-847.

(비특허문헌 0006) Vaughan PJ, Ayars JE. Noise reduction methods for weighing lysimeters. J Irrig Drain Eng 2009;135:235-240.

(비특허문헌 0007) Brye, K.R., J.M. Norman, L.G. Bundy, and S.T. Gower. 2000. Water-budget evaluation of prairie and maize ecosystems. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:715-724.

(비특허문헌 0008) 고일원 외. 2007. 토양라이시미터를 이용한 토양오염확산.거동 예측을 위한 토양공극수 채취와 분석. 자원환경지질. 40.5. pp.551-561

(비특허문헌 0009) 김범기, 공효영, 심재식, 홍순달. 2010. 라이시미터에서 지하수위에 따른 보리, 밀, 조의 수분이용효율 특성. 한국토양비료학회지. 43.3. 253-259

(비특허문헌 0010) 채제천, 김성원. 2001. 라이시미터 조건에서 토성이 벼의 생육 및 논토양의 지하삼투수량에 미치는 영향. 한국작물학회지 46.3. 236-240

(비특허문헌 0011) Wolt, Jeffrey D. 1994. Soil solution chemistry: Applications to environmental science and agriculture. Wiley. 345 p.

(비특허문헌 0012) Frederik Schrader et al. 2013. Estimating precipitation and actual evapotranspiration from precision lysimeter measurements. Procedia Environmental Sciences 19. p 543-552

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 다양한 형태의 직접 또는 간접 토양모니터링 방법과 장치들은 토양이 포화되었을 때에는 공기와의 접촉을 최소화하며 토양오염 모니터링 방법과 장치로 사용할 수 있으나 포장용수량 이하의 토양수분상태에서는 분석 등에 필요한 충분한 양의 토양수분을 획득하기 위하여 토양내 매트릭수분포텐셜 이상의 압력을 가하여야만 하므로 추출하여 얻을 수 있는 공극수의 부피가 제한된다. 기체압력추출법은 토양 내 공극에 있는 공극수를 질소기체 압력으로 밀어 냄으로써 토양으로부터 공극수를 분리하는 방법으로,공극수를 추출하는 용기가 클 때는 공극수를 원하는 양만큼 추출할 수 있으나, 이 장치나 실험방법은 원심 분리법에 비해 복잡하다. 또한 토양에 설치한 장치 및 운영 관리의 어려움이 있다. 또한 라이시미터나 텐시오미터는 토양 중의 수분을 포집할 수 있으나 토양수분과 함께 이동하는 토양 교질입자를 채취하기는 불가능하다. 그러므로 토양 중에서 토양입자나 유기물 표면에 흡착되어 이동하는 불용화 상태의 오염물질을 파악하기가 어렵다. 따라서 토양 중에서 수분과 이동하는 토양교질시료를 동시에 채취할 뿐만 아니라 불포화층의 토양공극수의 채취에 대한 필요성 때문에 설치와 운영, 시간과 심도 변화에 따른 변화를 고려한 모니터링 장치 개발이 필요하다.

과제의 해결 수단

[0009] 토양내에서 수분이동은 포화상태에서는 중력수가 그리고 불포화상태에서의 수분이동은 대공극이 아니라 모세관 공극이나 토양입자 표면에 흡착된 수분층을 따라 일어난다. 또한 불포화상태에서도 토양 중에서는 수분함량이 평형을 유지할 수 있도록 항상 수분포텐셜이 높은 곳으로부터 수분포텐셜이 낮은 곳으로 물의 이동이 지속적으로 일어난다. 따라서 이러한 토양 중에서 수분 이동특성을 고려하여 중력에 영향을 받아 수직으로 이동하는 수분과 수분 중에 포함돼 있는 토양교질을 1) 다단(용도에 따라 단 조절, 최소 2단)으로 분리된 모니터링 장치를 이용하여 이동하는 중력수를 포집하고 단 사이에 세라믹 공극판(Ceramic porous plate)를 이용하여 고형물과 수분을 분리한다. 그리고 2)각 단에 포집된 시료는 각 단별로 연결된 추출관에 베일러(Bailer)를 이용하여 지상부 시료병으로 이동시켜 분석을 실시한다. 그러므로 아크릴 재질로 만든 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)는 동시에 토양교질과 용출 토양수로 구분하여 시료를 채취할 수 있다, 그리고 정해진 시간 범위에서 시료 채취가 가능하므로 시료의 kinetic 변화를 추정할 수도 있다. 또한 기존의 금속제품 대신에 아크릴을 사용하여 토양내에서 부식 등에 의한 장치 결함 문제를 제거하였다.

발명의 효과

[0010] 토양 중에 깊이별로 토양 중에서 수분함량과 토성별 수리전도도를 추정하여 일정 기간 용출수와 토양교질을 채취할 수 있는 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter) 설치하여 강우 사상별 지표면으로부터 토양 중으로 침투되는 침투수를 채취하고 시료간 채취 시간을 측정하여 이를 기준한 역학적 또는 시간별 오염물질 이동 사항을 측정할 수 있다. 한편 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)의 설치 위치에 따라 수평 수직적 수분과 물질 이동 변화를 조사할 수 있다. 또한 표준 토양 Auger를 사용하여 원하는 위치에 쉽게 설치할 수 있으며 조사가 끝난 후 장치를 회수하여 재활용 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명인 수직침투-라이시미터를 도시한 사진이다.

도 2는 본 발명인 수직침투-라이시미터를 도시한 전체도

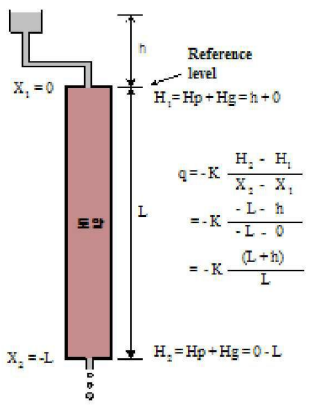
도 3는 본 수직침투-라이시미터의 분해도

도 4는 본 수직침투-라이시미터를 도시한 상단부 도면

도 5는 본 발명인 수직침투-라이시미터의 다공판 도면

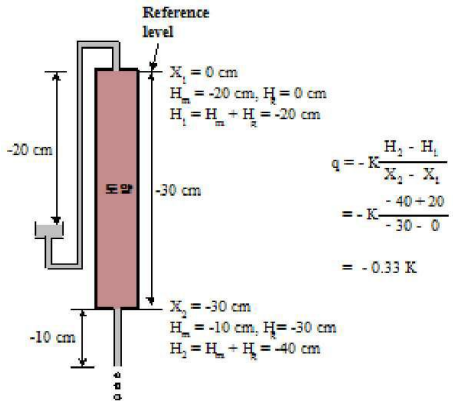
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 토양 중으로 유입된 수분은 포화상태에서는 주로 중력수가 하향 수직 이동을 하며 일부 수분포텐셜 차이에 의한 수평방향의 이동도 일어난다. 불포화상태에서의 수분 이동은 대공극이 아니라 모세관 공극이나 토양입자 표면에 흡착된 수분층을 따라 수분포텐셜 차이에 의해 일어난다. 따라서 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter) 내와 상층부 수분포텐셜 차이에 의한 수분포텐셜을 이용하여 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter) 다단공간으로 용출수를 수집한다. 그림 5는 h 높이만큼의 수두가 토양 상단에 작용하고 있으며 하단은 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)에 노출된 상태이다. 따라서 상단의 압력포텐셜 H_p는 h가 되며 하단의 압력포텐셜 H_p는 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)와 평형상태이므로 0이다. 기준수면을 상단에 설정 시 중력포텐셜 H_g는 각각 상단에서 0이며 하단에서 -L이 된다. 따라서 상단의 총수분포텐셜 H_1은 h가 되며 하단의 총수분포텐셜 H_2는 -L이 된다. 결국 상단의 총수분포텐셜이 높아 물은 하향이동하며, 그림 6에서 계산한 것과 같이 유속(flux)인 q도 - 값을 가진다.



[0013]

그림 6. 포화상태



[0014]

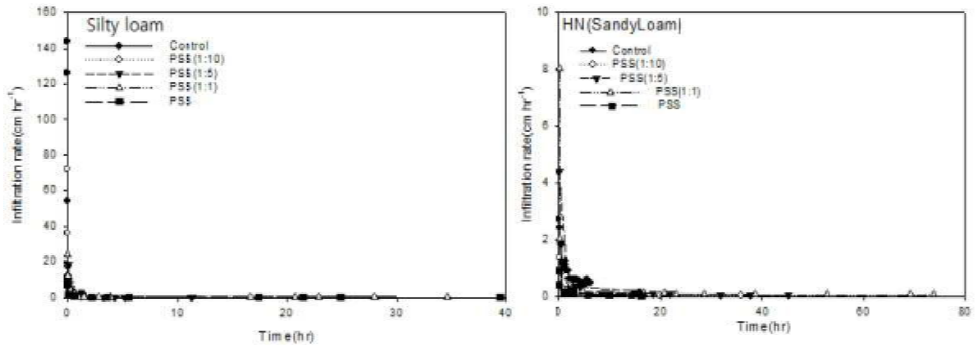
그림 7. 불포화상태

[0015] 그림 6은 불포화상태에서 물의 수평 및 수직이동에 작용하는 수분포텐셜과 Flux를 계산하는 예를 들었다. 수직

이동의 경우 -20 cm의 수두가 토양 상단에 작용하고 있으며 하단에는 -10 cm의 수두가 작용하고 있다. 따라서 토양 상단과 하단에 작용하는 매트릭포텐셜은 각각 -20 cm와 -10 cm이다. 기준수면을 토양 상단에 설정하였으므로 중력포텐셜은 상단에서 0 cm이며 하단에서 -30 cm이다. 상단의 총수분포텐셜 H_1은 -20 cm이며 하단의 총수분포텐셜 H_2는 -40 cm이다. 결국 물은 수분포텐셜이 높은 위쪽에서 아래쪽으로 이동한다. 그림에서 계산한 것과 같이 flux인 q는 -0.33K로 - 값을 가진다.

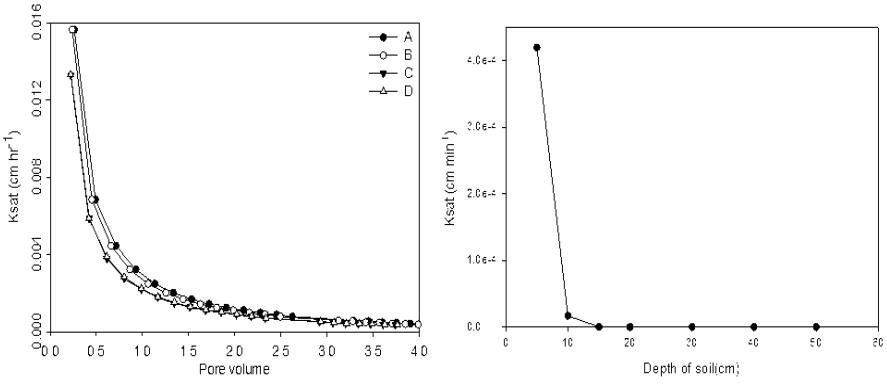
[0016] 실시 예 1-1부터 1-3의 결과에서 보는 바와 같이 토양침투율(Infiltration rate)은 초기 수분 침투 후 2.8 시간 이내에 안정화되어 포화상태에서의 수리전도도의 값과 같아지는 것을 알 수 있다. 따라서 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter) 포집 용량을 산정할 수 있으며 또한 용기 내 포집되는 수분함량은 포화수리도에 따흔 유속에 지속 시간을 곱한 값으로 산정할 수 있다.

실 시 예 1



[0017]

[0018] **실시예 1-1. 퇴비 처리비율별 미사질양토와 사질양토의 수분 침투 속도**



[0019]

[0020] **실시예 1-2. 퇴비 처리비율별 미사질양토와 사질양토의 포화수리전도도(좌)**

[0021] **실시예 1-3. 토양 깊이별 미사질양토의 포화수리전도도 변화(우)**

[0022] 텐시오미터를 활용하여 흡입방법을 적용하여 토양수분을 채취하는 사례가 많이 있다. 따라서 국내외에서 사용되고 있는 텐시오미터와 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)를 동일한 토양 조건에서 깊이별로 포집되는 수분함량을 비교하였다. Bear(1972)와 Zaradny(1993)가 제시한 포화와 불포화 영역이 공존하는 토양에서 수분이동[공식 1]과 유효수리전도도 계수[공식 2]와 같다.

[0023]
$$q(t)=(C(h)+C_sS)\frac{\partial h}{\partial t}=\nabla\cdot(K(h)\nabla(h+x_3)) \qquad \text{[공식 1]}$$

[0024] $$K_{ii}^{eff} = K_1 + f_2(K_2 - K_1)[1 + f_1 p_i (K_2 - K_1)(K_1)^{-1}]^{-1} \quad [공식\ 2]$$

실 시 예 2

[0025] 수직침투-라이시미터를 이용한 용출이동 공식과 실측 수량 측정치를 비교하여 보면 실측 측정치의 용출된 수분 함량이 공식 1과 2를 이용하여 환산한 양보다 비교된 시간 모두에서 낮으며 한편 실측치간 시간별 용출수량은 용출시간이 증가함에 따라 지속적으로 감소하는 것으로 조사되었다.

표 2

[0026]

구분	토주길이 ()	(cm sec^{-1})	용출량([C(h) + C_sS],q(t))						
			0	15min	30min	60min	90min	120min	240min
계산치	0	5.00E-04	0	8.8	17.7	35.3	53.0	70.7	141.3
	10	1.50E-04	0	2.6	5.3	10.6	15.9	21.2	42.4
	20	2.50E-05	0	0.4	0.9	1.8	2.6	3.5	7.1
	30	8.50E-06	0	0.2	0.3	0.6	0.9	1.2	2.4
	50	9.00E-07	0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3

표 3

[0027]

측정치	0	5.00E-04	0	9.2	12.4	26.1	31.4	46.9	64.3
	10	1.50E-04	0	2.9	4.6	6.5	7.1	9.8	18.6
	20	2.50E-05	0	0.5	0.7	0.8	1.1	1.7	3.8
	30	8.50E-06	0	0.2	0.1	0.3	0.4	0.5	0.8
	50	9.00E-07	0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1

[0028] 표 3은 세종특별시 부강면 금호리 하천변 농경지 유거 특성 조사 시험포장에 본 발명품인 수직침투-라이시미터와 기존의 토양 중 용출수 채취 장비인 텐시오미터를 이용한 토양 중 용출수 채취량 시험 결과다. 표 3에서 보는 바와 같이 수직침투-라이시미터를 이용한 토양 깊이별 용출수량 포집량(표 2 실측치)이 텐시오미터에 의한 용출수 채취량보다 많음을 알 수 있다. 특히 수직침투-라이시미터는 동일 깊이에서 시간이 지남에 따라 채취량이 증가하는 반면 텐시오미터는 포러스컵치 위치한 지점에서 포러스컵 내외부간의 수분포텐셜 차이에 의한 확산 이동이기 때문에 상대적 채취량 증가는 매우 미미한 것으로 조사되었다.

표 4

[0029]

구분	사료채취 깊이 ()	용출량 채취 량(㎜)						
		0	15min	30min	60min	90min	120min	240min
본 발명 장치	0	0	9.2	12.4	26.1	31.4	46.9	64.3
	10	0	2.9	4.6	6.5	7.1	9.8	18.6
	20	0	0.5	0.7	0.8	1.1	1.7	3.8
	30	0	0.2	0.1	0.3	0.4	0.5	0.8
	50	0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
기존 장치	0	0	2.3	2.8	3.2	3.9	4.6	5.9
	10	0	0.7	1.2	1.6	1.8	2.5	4.7
	20	0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	1.0
	30	0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
	50	0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1

[0030] 한편 포화 후 토양으로부터 중력수를 자연 제거됨에 따라 토양은 불포화 상태로 전환되면 총수분포테넬이 낮아

져 텐시오미터 포러스컵 내의 물이 토양으로 이동되는 현상이 발생한다. 따라서 텐시오미터의 총수분포텐셜을 토양보다 낮은 상태로 유지하지 않으면 모니터링에 필요한 수분을 획득하기 어렵다.

[0031] 실외 토양현장에서 Double ring infiltromter를 설치한 위치에 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)와 텐시오미터간 설치한 후 시간별 용출수 포집시험을 실시한 결과 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter) 설치한 토양에서는 토양 깊이별 포화수리전도도를 고려한 용출량보다는 작지만 지속적인 용출수를 포집할 수 있었으나 텐시오미터 설치 위치에서는 토양이 완전히 포화될 때까지 용출수를 채취할 수가 없었다. 그리고 포화 후에도 실제 용출수 채취는 감압 생태에서만 가능하였다.

실 시 예 3



[0032]

[0033] **실시 예 3-1. 세종특별시 부강면 금호리 하천변 농경지의 물관리와 양분관리를 위한 모형 개발 시 사용된 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)와 비교 텐시오미터(좌) 장치 설치 장면**



[0034]

[0035] **실시 예 3-2. 세종특별시 부강면 금호리 하천변 농경지의 물관리와 양분관리 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter) 적용 현장 시험 사진**

산업상 이용가능성

[0036] 본 수직침투-라이시미터(Vertical Infiltro Lysimeter)는 토양으로 유입된 토양수분의 분배와 수지(balance)를 조사할 뿐만 아니라 포집된 시간별 용출수량을 환산하여 토양내 수분과 물질 이동 특성도 조사할 수 있다. 그러므로 수직침투-라이시미터는 1) 농경지에서 물관리와 양분관리를 위한 모형 개발 시 현장에 설치하여 실시간 또는 인공 강우 시험을 실시하여 정밀농업을 위한 물관리와 시비처방 방안을 개발하는데 사용한다. 2) 환경 측면에서는 비점오염으로부터 수계로 유입되는 물질 수지를 조사하여 비점오염 방지 방안을 수립하는데 사용한다. 3) 오염토양 정화나 모니터링 시 작업 현장에 직접 설치하여 사용한다. 이 외 4) 지하수. 4대강 보 퇴적물 및 녹조 또는 적조 발생 시 경시별 현장에서 직접 원하는 깊이에서 수질 시료를 채취하고 모니터링에 하는데 사용한다.

[0037] 한편 기존에 현장에서 사용하고 있는 텐시오미터의 경우 토양 중의 수분을 채취하기 위해서는 텐시오미터 내부를 진공상태로 유지하거나 또는 감압 조건 상태에서 텐시오미터 포러스컵(Porous Cup) 내로 유입된 토양수를 채

취하여 한다. 또한 토양 중의 수분함량이 중력수 이동 또는 증발산에 의해 감소할 경우 텐시오미터 포러스컵(Porous Cup) 내로 유입된 토양수가 토양 중으로 이동한다. 따라서 이러한 토양 중의 수분함량 변화에 따른 총 수분포텐셜 변화에 영향을 받지 않는 수직침투-라이시미터를 이용한 토양모니터링이 실시되어야 한다.

부호의 설명

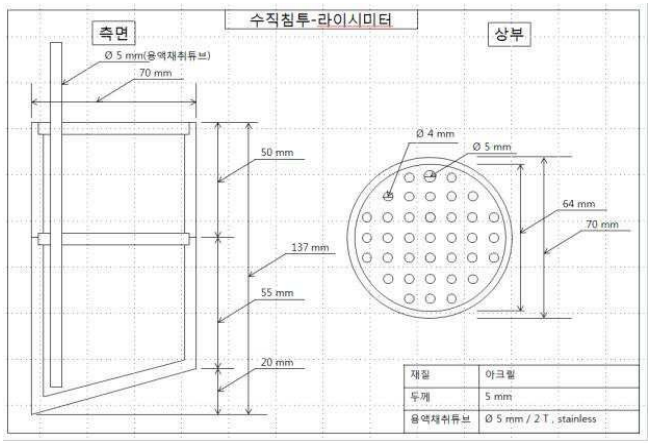
[0038] H_i : 토양수분 포텐셜 (여기서 i, p, g는 각각의 측정지점, 압력포텐셜(Pressure potential), 중력포텐셜(gravitational potential)을 의미한다. X_i과 L : 각각의 조사지점과 토주의 길이(Length of soil column)을 의미한다. K와 q : 포화수리전도도 ($L\ T^{-1}$)와 유속(Flux, $L\ T^{-1}$)을 의미한다. C(h)는 비수분용량(the specific moisture capacity), Cs는 비저장계수(the specific storage coefficient), S는 액상 포화(saturation of the water phase), K(h)는 수리전도텐서(the hydraulic conductivity tensor), h는 불포화층 수두(the waterpressure head), 그리고 x3는 수직축(the vertical coordinate)을 의미한다.

도면

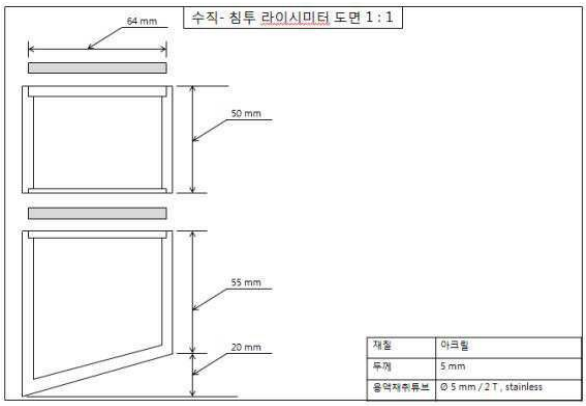
도면1



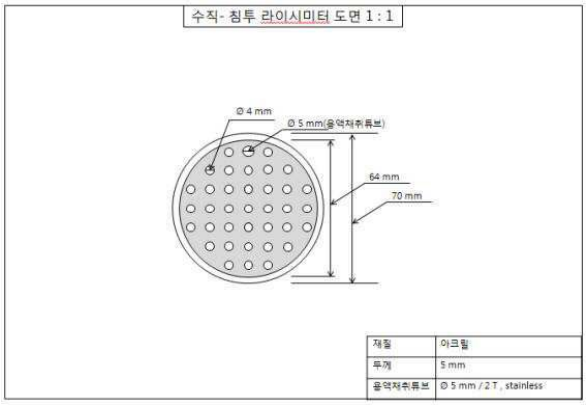
도면2



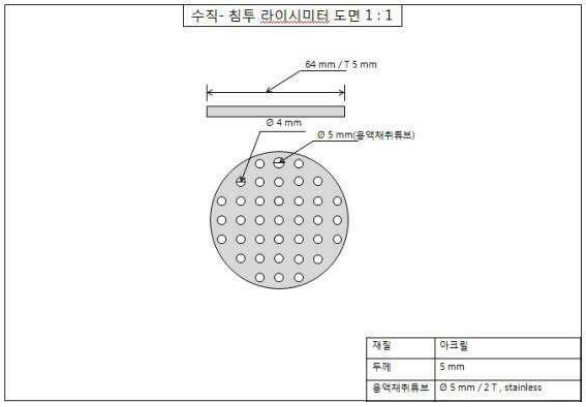
도면3


수직- 침투 라이시미터 도면 1 : 1
64 mm
50 mm
55 mm
20 mm
재질 아크릴
두께 5 mm
용액채취튜브 Ø 5 mm / 2 T , stainless

도면4


수직- 침투 라이시미터 도면 1 : 1
Ø 4 mm
Ø 5 mm(용액채취튜브)
64 mm
70 mm
재질 아크릴
두께 5 mm
용액채취튜브 Ø 5 mm / 2 T , stainless

도면5


수직- 침투 라이시미터 도면 1 : 1
64 mm / T 5 mm
Ø 4 mm
Ø 5 mm(용액채취튜브)
재질 아크릴
두께 5 mm
용액채취튜브 Ø 5 mm / 2 T , stainless