

土壤改良에 미치는 土壤動物의 役割



이원규
전 입업연구원 중부입업시험장장

최근에 이르러 유기농법으로 생산된 채소나 과일이 미국과 일본 등 선진국에서 큰 인기를 끌고있으며, 일반채소에 비하여 그 값이 20~30% 비싼데도 불구하고 시장 점유율이 높아만 가고 있어 이를 취급하는 상점 또한 늘고 있다는 뉴스를 들었다. 유기 농법이란 화학 비료와 농약을 전혀 쓰지 않고 유기질 비료만으로 재배하는 방법이다. 이와 같이 농업은 산업발전 이전의 농경사회에서의 영농 방식으로 뒷걸음질치고 있다. 이 좁 해서 임목에 비료를 주지 않고 어떻게 하면 양분순환계를 건전하게 유지할 것인가 하는 문제에 대하여 한번쯤 검토하여 볼 시점이 아닌가 하는 생각이 든다.

세상은 하루가 다르게 급변하고 있으며, 급변하는 시대의 조류에 따르려면 우리들의 발상의 개념을 바꾸지 않으면, 우리들 스스로가 변화하지 않으면 살아 남기 힘들지 않겠는가. 시대의 흐름에 따라 변화하여야 한다. 한 국가가 부를 이루기 위하여는 각계 각 분야에 종사하는 사람들이 자기의 맡은바 직무에 미치지 않으면, 그 분야는 발전할 수 없다는 것이 나의 지론이다. 물론 미친다는 말은 하나만을 위하여 혼신의 힘을 쏟아 붓는다는 선의의 미침을 말한다. 마침 일본에서 학위를 하고 돌아온 입업연구원의 김 경희 박사가 준 "지렁이의 댄스가 대지를 운택하게 하다"(ミミズのダンスが大 地を潤す)라는 책을 접하게되어 그 내용을 중심으로 조경지의 토양개량에 미치는 토양동물의 역할에 관한 내용을 검토하였다. 흔히 우리들은 멋있게 꾸미고, 정

성스럽게 다듬은 인간에 의하여 만들어진 공간이나, 붉게 물들은 산을 바라보며 그 아름다움에 매료되어 감탄사를 토하기도 한다. 우리들의 몸과 마음을 즐겁게 하여 주고있는 아름다운 경관이 잘 유지되고 있는 데에는 우리들 육안으로는 볼 수 없는 토양동물의 역할이 그 한 몫을 담당하고 있음을 아는 사람은 극히 드물다.

1. 토양동물의 낙엽 섭식량

토양동물 특히 지렁이의 활동으로서 지금까지 여러 가지의 사례가 알려져 있다. 그간 밝혀진 사례들을 정리하여보면 첫째로 지렁이 등 토양동물이 지표면에 떨어진 낙엽·낙지나 땅속에 남아있는 썩은 뿌리 등을 먹어서 가루로 만든 다는 것, 둘째로 흙을 먹으며 또는 흙 속에 길게 지하도(tunnel)를 만들어 먹든 낙엽이나 뿌리 등 유기물을 땅속 깊은 곳까지 운반하여 썩게 함으로서 전층시비의 효과를 갖게 하고, 한편 땅속 깊은 곳의 광물질토양을 지표면으로 운반한다는 것, 즉 토양이나 유기물을 수직·수평방향으로 교반(攪拌)·혼합하는 것이다. 낙엽이나 낙지, 고사한 뿌리 등의 분해와 그것을 흙과 혼합함에 따라 토양의 이화학적성질이 변화한다.

예를 들어 단립(團粒)구조가 생성되어 토양내의 공극이 증대되어 통기·통수(排水)성이 좋게 된다. 토양동물에 있어서는 이와 같은 토양환경의 변화에 따라 더욱 땅속 깊은 곳까지 생식(生息)공간이 증가하여 토양동물의 수량 그 자체가 증가하며 또 미생물의 활성이 높아진다. 이들 상호작용·상승효과에 의하여 그곳의 환경에 생육하는 식물, 혹은 심어진 작물의 생육이 촉진되어 수량의 증가에까지 연결되기 때문이다. 토양동물 중에서도 지렁이는 퇴비나 쓰레기 속에 있는 것만으로도 분명하듯이 이들은 썩은 낙엽이나 땅속에 남아있는 뿌리 등을 확실히 먹고 있다. 지렁이의 사낭(砂囊, gizzard ; 저작위의 일종으로 두터운 근벽(筋壁)과 굳은 chitin층을 가지며 모래알과 함께 삼켜버린 먹이를

파쇄 한다)에는 작은 모래알 등이 들어 있어 먹은 낙엽이나 뿌리 등을 여기서 갈아서 잘게 부수는 것으로 생각하고 있다. 그러나 먹은 것 전부가 소화되는 것은 아니다. 일반적으로 하등동물에는 동화율, 즉 소화 흡수되는 비율은 먹은 양의 20% 정도로 되어 있다. 나머지의 80%는 소화되지 않은 채 배출 물 즉 분(糞)으로서 체외로 배출되는 것이다. 흙을 먹는 지렁이의 경우 흙의 소화는 더욱 어렵고 중량 적으로는 거의 줄어들지 않은 채 배출되고 있음이 틀림없다고 한다. 그렇지만 소화관을 통과하는 사이에 낙엽이나 뿌리는 가늘게 분쇄된다. 배출된 분에는 그 크기가 2mm를 넘는 큰 것은 없다고 하며 가늘게 부수어 놓은 것을 더욱이 작은 토양동물이 먹게 된다. 소나무의 고엽(枯葉) 1본의 표면적은 1.8㎡로, 실로 일만 배로 된다고 하며 이 표면적의 확대는 곰팡이 박테리아 등 미생물에 의하여 넓은 활동공간을 제공하여 낙엽은 보다 빠르게 분해되어지게 되는 것이다.

지렁이는 낙엽을 먹는다하여도 썩은 것이나 물에 젖은 것으로, 사육에 의한 지렁이의 섭식(攝食)량을 조사한 결과 하루에 체중 1g당 100~120mg의 흙을 먹고 낙엽만을 먹을 때에는 느릅나무의 잎은 27mg, 개암나무 낙엽은 20.4mg를 먹는다는 보고가 있으며 흙이나 가축의 분을 주었을 경우에 비하여 섭식량은 적은 것이었다 한다. 오스트렐리아에서 지렁이의 섭식량을 조사한 결과로는 하루에 자체 체중의 2~3할의 토양을 먹고 있으며 그 흙은 약 20시간에 걸쳐 소화관을 통과하여 배출한다고 한다. 또 지렁이가 1㎡당 80g가 있는 목초지에서 지렁이의 활동기간을 1년에 150일로 계산하면 여기서 1년간에 약 120g의 가축의 분을 지렁이에 의하여 분해되어지고 있어, 가축의 분의 분해에 지렁이가 크게 공헌하고 있음이 강조되고 있다. 일본 국에서도 구실잣밤나무림에서 1㎡당 10.7g의 지렁이가 있음을 확인하고, 그 호흡량을 위주로 섭식량을 추정하여 본 결과 8월 한달 동안에 13.8g의 구실잣밤나무의 잎을 먹었다고 하고 있다.

2 토양 입자의 파쇄

토양동물은 낙엽이나 땅 속에 있는 식물의 뿌리뿐만 아니고 흙의 알갱이 자체도 부수고 있다. 배출된 지렁

이의 분괴(糞塊)와 주변에 있는 흙의 입자조성을 비교하여 보면 분괴 중에는 큰 모래의 입자가 없는 것으로 보아 이는 지렁이가 토양입자를 잘게 부수는 역할을 하고 있기 때문이다. 또 지렁이가 많은 토양 표층의 입자조성을 조사하여 보면 가느다란 것이 많고 토양 속으로 깊게 들어가는데 따라서 거칠은 것, 큰 모래알이 나온다고 한다. 이것은 지렁이가 토양의 입자를 더욱 잘게 부수고 그것을 분(糞)으로서 지표로 배출하므로 지표에는 가는 입자만으로 구성하게 된다.

실제로 여러 가지 크기의 화강암토양의 모래에서 지렁이를 사육하여 조사하여 본 결과 가는 입자가 늘어나고 있다는 보고도 있다. 이에 대하여는 먹은 흙의 크기나 입자가 낙엽이나 뿌리와 같이 그 낭(囊)이나 사낭 속에서 보다 단단한 입자와 분질러져, 가는 입자로 파쇄 되어진 것으로 설명된다.

3 토양 개량

가. 부식 형성의 차이

지렁이를 비롯한 토양동물이 낙엽을 섭식·분쇄하므로 이들이 없다면, 즉, 그 활동이 적어지면 가 없다고 가정하면 낙엽은 썩이기만 한다. 반대로 활동이 커지면 지표에는 낙엽은 조금씩밖에 퇴적되지 않는다. 더욱이 지렁이의 존재에 따라서 미생물의 활성이 높아져 보다 분해가 촉진되게된다. 지렁이가 있는가 없는가에 따라 지표의 부식 퇴적량이나 그 구조가 달라지기 때문이다.

이 대목에서 조경지를 관리하는 우리들의 착상의 주안점이 될 수 있는 것은 어떻게 하면 조경지에 많은 수의 지렁이를 비롯한 토양동물들이 번식할 수 있게 토양환경을 조성하여 줄 것인가 하는 문제이다. 조경지에서 고가수종 등이 영양상태의 불량이나 외관상 건전하지 못한 경우를 제외하고는 수목에 비료를 주면서 관리한다는 것은 여러 가지 사정상 어려운 것이 현실인데, 만약 영양상태만으로 인하여 수목이 부실한 경우는 그 자체의 환경의 범주에서 양분순환이 자연스럽게 이루어 질 수 있도록 환경을 조성함은 물론이거니와 유기질의 공급은 못 하더라도 최소한 낙엽만은 끊어내지 않는 것이 중요하리라 본다.

나. 토양의 중화(中和)

지렁이의 분은 토양보다도 산성의 도(度)가 높다 한

다. 그러나 오랜 시간 중에는 토양의 중화에 역할을 하게 된다고 한다. 그러나 중화능력을 가지고 있음에도 불구하고, 지렁이는 토양의 산성도에 민감하게 반응하여 산성도(pH) 5.4 에서는 생식에 영향을 주게되어 그 수가 적어진다고 한다.

다. 단립(團粒)구조의 형성

토양이 단립 상태로 유지하려면 흙의 통기성·투수성을 좋게 하여 토양의 유실을 방지하게 되고, 이의 구조가 발달한 토양일수록 작물·식물의 생육이 좋아진다고 하는 사실은 우리가 너무나 잘 알고 있다. 이러한 단립구조의 형성에 지렁이가 크게 관여하고 있다는 것이다. 즉 단립은 지렁이의 분(糞) 그 자체이고, 또 지렁이를 비롯한 다양한 종류의 토양 동물의 분과 그 주변의 토양 입자나 유기물이 결합하게 됨으로서 토양의 단립구조에 기여하고 있다. 특히 지렁이가 생식하는 토양에는 직경 1~2mm 크기의 단립이 많아서 식물의 생장에 크게 도움을 주게 된다. 단립구조란 몇몇의 흙의 입자가 모여서 하나의 단립을 만들고 그 단립이 거칠거나 치밀하게 늘어서 있으므로 예를 들어 설명하면 “주먹 밥”을 겹쳐 쌓아 올린 것 같은 형상을 하고 있다. 흙 속의 공극은 만약 토양입자가 같은 크기로 있다고 가정하면 계산상으로는 단립(單粒)구조의 경우에는 최소 26%(치밀한 토양), 최대 48%(성근 토양)인데 비하여 단립(團粒)구조에는 41~73%가 되어 후자가 공극이 훨씬 많다. 수목이 생육하는 데에는 물과 공기가 잘 통하며, 더욱이 물이 충분하게 있어야 한다. 이에는 단립구조가 아니면 이 조건은 만족시킬 수 없는데 이의 단립구조의 형성에 지렁이가 관여하고 있음을 다시 한번 적어 둔다.

라. 토양입자 조성의 변화

일반적으로 토양은 층상구조를 하고 있어 각 층마다 깊이마다 입자의 조성은 틀리게 된다. 목초지에서의 표층토양은 미사토·점토가 많고 모래가 적다고 하고 있다. 이것은 지렁이가 먹은 토양입자가 소화관을 통과할 때에 입자들 서로간의 마찰에 의하여 파쇄되어진 상태로 지표에 배출되어지므로 지표에는 보다 가는 입자가 쌓이고 있음을 설명하고 있는 것이다. 그런데 지렁이, 흰개미 혹은 개미 등은 깊은 곳의 흙을 지표에 옮겨내는 등 토양을 수직방향으로도 교반하고 있다.

그러한 활동이 커지게 되면 지표에서 땅속의 깊은 곳까지 토양의 입자조성을 균일화하게 되는 것이다. 이러한 토양동물의 활동으로 층상구조가 없어지게 되는 것이다.

마. 공극(孔隙)의 조성

지렁이를 비롯하여 풍뎠이, 매미 등의 유충이 땅속에서 움직이며 돌아다닌 후에 남게되는 지하도(tunnel)는 쉽게 찌그러지지 않고 의외로 오래 동안 유지되어지는 것으로 생각하고 있다. 실제 보통의 토양에도 기상(氣相) 즉 공기가 차지하는 비율은 높아, 표층에서는 적어도 35%, 많으면 75%에 달한다. 다이모(Dimo, N. A.)는 초지에서 지렁이의 지하도가 1㎡당 1,400본, 핀크(Finck, A.)는 목초지에서 100~300본 있다고 보고하였다. 지렁이가 많은 곳에는 이러한 지하도가 토양 속에서 총횡으로 달리고 있음이 틀림없다. 사첼(Satchell, J. W.)는 전 공극에 차지하는 지렁이의 지하도의 비율은 그 2/3에 달한다고 하고 있으며, 스톡크리(Stockli, A.)는 1㎡당 지렁이가 240개체가 있는 곳에는 그 지하도는 전 공극량의 9~67%에 도달한다는 보고가 말하여 주듯이 토양의 공극의 조성 유지에는 지렁이의 역할이 크다. 언뜻 보아 딱딱하고 틈 사이가 없어 보이는 토양도 그 내용을 들여다 보면 카스테라와 같이 구멍 투성이인 것을 관찰할 수 있는데 그것 자체가 지렁이의 존재에 의한 것이다.

바. 통기(通氣) 및 보수(保水)와 배수

위에서와 같이 지렁이에 의하여 조성·유지되는 공극으로 통기성이 좋게되고 지렁이를 비롯한 여타의 토양동물의 생식공간을 증가시키며 미생물의 활성화를 진척시킨다. 더욱이 식물 뿌리에 산소를 직접 공급하게 되어 뿌리의 신장을 도와주게 된다. 한편으로 토양 중에 만들어진 공극에는 물이 저장된다. 또, 단립구조의 속이나 분과 중에 가두어졌던 수분도 증발이 억제되어 토양수분·함수율을 높게 보존한다. 보수·함수율의 증가는 교질물(colloid; 토양입자의 크기가 2μm(1/1000mm) 이하의 것을 말하며 점토 전체를 함유하므로 교질 점토라고도 한다. 가장 중요한 성질은 용액 중에서 부(-)의 정전기를 띄는 것으로 이의 강함에 따라 영양 물질인 양이온을 흡착하는 힘도 강하게 된다.)의 증가와 관련하고, 이것은 토양과 유기물의 혼합이 증가함을 말하

는 것으로 지렁이의 분괴(糞塊)는 특히 보수력이 높은 교질물로 전환되고 있다고 한다.

사. 양분으로서의 축적

지렁이의 몸 그 자체는 단백질·질소의 집적체이다. 특히 지렁이의 단백질 함유량은 높아서 54~72%에 달하며 죽은 후에는 1개체 당 10mg의 초산태질소를 생기게 한다고 한다. 분괴도 같은 모양으로 높은 질소 함유율을 나타낸다. 지렁이가 1㎡당 375g 있는 목초지에서 약 2~7kg의 초산태질소를 생산 한다는 가, 서양물푸레나무와 떡갈나무의 삼림에는 지렁이의 성장량을 ha당 264kg로 계산하면 이것에 의하여 흙으로 환원되는 질소량은 약 60~70kg로 추정되며, 여기에다 분으로서 배출된 질소량을 합하면은 적어도 100kg이 되어 농업에서 필요로 하는 질소량의 2배, 수목의 흡수량의 수배에 필적하는 질소량이라는 보고도 있다.

발레이(Barley, K. P.)등에 의하면 지렁이는 섭취한 질소량 중 약 6%를 식물에 이용 가능한 가급태질소로서 배출한다고 말하고 있어, 지렁이가 많을수록 혹은 토양동물이 많을수록 토양 중에 많은 양분이 비축되고 있음이 된다. 또한 이들이 죽으면 그것이 질소원(源)으로서 미생물의 활성을 높여 양분으로서 식물에도 이용된다고 한다.

아. 동물·미생물과의 영향

지렁이를 비롯한 토양동물이 낙엽이나 썩은 뿌리 등을 먹으며 씹어 부수는 것, 즉 보다 가늘게 한다는 것은 비교할 수 없을 정도로 그 표면적을 증가시키는 것이 되어, 곰팡이 박테리아 등 다양한 미생물에 새로운 배지를 제공하는 것이 된다. 또 이들은 미생물이 붙어 있는 유기물이나 토양을 새로운 곳으로 옮기게되어 그 활동범위를 넓힌다. 즉, 미생물의 활성을 높여 유기물의 분해를 촉진하는 것이다. 미생물이 증가하면은 이것을 먹는 선충·진드기 등이 늘어나는 등 동물·미생물 상호관계는 가일층 복잡한 것으로 되어 균형적인 토양 환경으로 발전하게 된다.

토양 중에는 두더쥐, 쥐, 거미, 진드기, 지렁이, 선충 등 중소동물과 함께 미생물이 일종의 동적 평형을 유지하면서 생활하고 있다. 이 중에서 미생물은 그 양도 많으며 또 기능에서 가장 중요하다. 식물체, 동물체를 구성하는 복잡한 유기화합물은 전부가 토양 중에서 미

생물에 의하여 분해된다고 생각하여도 좋으며, 미생물은 유기물의 분해를 행하는 것뿐만 아니고 생합성(biosynthesis : 생체에 의하여 행하여지는 동화적 반응의 총칭)에 따라 복잡한 유기화합물을 합성하고있는 것으로도 알려져 있다.

토양환경에 대하여 수목이 충분히 성장하고 번식하기 위하여 필요로 하는 요구사항은 ① 유효 토층이 깊고(교목의 경우 100cm이상, 관목이라도 50cm 이상이어야 함) 뿌리가 충분히 길게 뻗어날 수 있는 범위가 넓어야 하며, ② 토양의 물리적 상태가 좋고 통기·통수성이 양호하여 뿌리의 호흡에 필요한 산소를 충분히 취할 수 있어야 하고 ③ 토양내의 보수성과 양분 보지력이 클 것 등이다. 이들 수목생장 상 토양환경에 요구하는 조건 중 어느 것 하나 토양동물과 미생물에 관련되지 않는 것은 없다. 따라서 건전한 수목생장을 위한 장소로서의 토양환경을 지렁이 등 토양동물이 가끔 많은 서식을 할 수 있도록 관리하는 기술 개발에, 토양동물의 역할을 활용하는 방법도 생각하여 보는 계기가 마련되었으면 한다. **조정수**

