

강원도 고랭지 밭의 탁수저감대책



최 중 대 ▶▶▶

강원대학교 지역건설공학과 교수
jdchoi@kangwon.ac.kr



고 익 환 ▶▶▶

한국수자원공사 수자원연구원 연구위원
ihko@kwater.or.kr

1. 서론

탁수를 저감하기 위한 저감대책을 개발하고 시행하려면 탁수의 발생원인과 운반과정을 이해할 수 있어야 하나 대부분의 농업생산성의 향상이나 영농의 편리성에 중심을 두는 영농정책의 상당부분은 탁수를 조장할 가능성이 매우 높다. 고랭지 농경지의 객토비용 지원, 비닐멀칭 농법의 장려, 지형과 토양의 특성을 고려하지 않는 획일적인 콘크리트 배수로의 설치 등의 정책은 충분한 지역적인 특성을 고려한 후 시행할 필요가 있다. 발농업 직불제와 같이 아무런 조건없이 농민을 지원하는 제도도 탁수를 저감시키기 위한 최적관리방법의 도입에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 직불제에서는 아무런 노력없이도 정부지원금을 받을 수 있는데 탁수를 저감하기 위한 최적관리방법은 기존의 영농방법에 비하여 편리성보다는 시간과 노동력이 많이 소요됨에도 불구하고 정부의 지원을 받을 수 없기 때문이다. 이와 같이 농경지에서 발생하는 탁수를 저감하기 위한 기술과 정책은 수질환경관리기술과 영농관리기

술뿐만 아니라 농민을 지원하기 위한 인센티브제도까지 복합적으로 연계되어 있다. 이 글에서는 농경지의 탁수저감대책을 강원도 지역 고랭지 밭의 사례를 중심으로 제시한다.

2. 고랭지 농경지의 탁수저감 전략

탁수는 물(유출수)과 흙(유실된 토양)의 혼합물이다. 따라서 탁수를 저감하기 위해서는 유출수의 양을 줄이거나 토양유실량을 줄일 수 있어야 한다. 그러나 현재 정부에서 추진하고 있는 탁수저감대책에 유출수와 토양유실을 저감하기 위하여 투자되는 대책은 많지 않다. 탁수가 발생하는 발생원(밭)에서 유출수, 토양유실 혹은 유출수와 토양유실을 동시에 저감시킬 수 없는 탁수저감대책은 실질적으로 탁수를 저감시키기 매우 어렵다. 산사태가 발생할 가능성이 있는 계곡의 출구에 사방댐을 설치한다고 탁수가 저감되지는 않는다. 탁수를 발생시키는 토양입자는 매우 작기 때문에 사방댐에 저류되기 않기 때문이다. 홍수량이 많아 제방이 유실되어 발생하는 탁수는 제방을 보강하여 제방(토양)유실을 방지해 주어야 탁수의 농도를 낮출 수 있다. 그러나 탁수의 양은 줄어들지 않는다. 탁수의 양을 줄이기 위해서는 강우시 지표유출량을 줄일 수 있어야 한다.

고랭지 밭의 탁수는 밭에서 발생하는 유출량, 토양유실량 혹은 둘 다 줄일 수 있을 때 저감시킬 수 있다. 강원도의 고랭지 밭과 같이 경사가 급하고, 사질토로 토양유실량이 많으며, 호우시 집중적으로 발생하는 탁수는 초생대와 초생수로 등으로 저감시키기는 매우 어렵다. 일정 규모 이상의 침사지(저류지)를 설치하면 탁

수의 농도를 상당히 낮출 수 있다. 그러나 침사지를 만들 수 있는 지형조건을 갖춘 고령지 밭 지역은 거의 없다. 또한 침사지는 주로 굽은 토양입자를 침전시키기 때문에 부유성이 강한 작은 토양입자는 여전히 저감시키기 매우 어렵다. 밭(발생원)을 벗어난 탁수를 초생대, 초생수로, 침사지 혹은 기타 방법으로 저감시키는 것은 매우 어렵다는 점을 반드시 숙지할 필요가 있다. 따라서 고령지 밭의 탁수를 저감시키기 위한 가장 합리적이고 효과적인 전략은 밭(발생원)에서 발생하는 유출수와 토양유실량을 근본적으로 줄일 수 있는 저감기술을 도입하는 것이다. 즉, 탁수의 발생원(밭) 관리기술에 최고의 우선순위를 두어야 한다. 그 다음에 발생원(밭)에서 발생한 탁수의 농도를 저감시킬 수 있는 기술을 도입하는 전략이 필요하다.

3. 탁수저감대책 개발시 고려사항

어느 한 종류의 탁수저감기술을 개발하거나 설계하기 위해서는 그 기술의 잠재적인 탁수저감 가능성, 기술적용의 한계, 농업생산성에 미치는 영향, 농민의 수용성과 호응도, 지역의 특이성(site-specific)과 연관성, 탁수 외 다른 수질지표(지하수 및 지표수)에 미칠 수 있는 영향, 기타 자연환경에 미칠 수 있는 영향 등을 종합적으로 분석하고 평가할 수 있어야 한다.

미국의 농무성은 자연자원을 흙(토양), 물, 공기, 식물, 동물 등 5가지로 정의하였다. 또한 자연자원을 보호하기 위한 새로운 정책이나 기술을 도입할 때 평가해야 할 고려사항 71분야를 이들 5가지의 항목별로 구분하여 정리하였다 (SCS, 1990, 1992). 탁수저감대책도 자연자원을 보호하기 위한 대책의 일종이다. 따라서 탁수저감대책을 도입할 때는 도입될 저감대책이 탁수뿐만 아니라 환경과 농업생산성에 미칠 영향도 종합적으로 고려한 후 도입할 필요가 있다. 미국 농림부에서 각 자연자원별로 고려해야 할 점검항목은 다음과 같다. 흙(토양)은 토양유실, 토양의 상태 및 유사퇴적으로 구분하였다. 토양유실은 면상 및 세류침식, 풍식,

작은 걸리, 걸리, 제방유실, 관개에 의한 유실, 산사태, 도로사면과 건설현장의 유실, 기타 등 9 항목을 평가한다. 토양의 상태는 경운, 다짐, 화학물질, 가축분뇨, 비료, 농약, 기타 등 7 항목을 평가한다. 그리고 유사퇴적은 토양의 질 저하, 도로, 철도 및 교량의 안전성, 기타 등 3 항목을 평가한다. 따라서 토양유실면에서는 29 항목을 평가하도록 추천하고 있다. 물은 수량과 수질로 구분하였다. 수량에서는 침출수, 유출량, 중간유출, 유출구의 적정성, 관개수 관리, 비관개수 관리, 배수로의 통수량 감소, 호수와 하천의 저수량과 통수량의 감소, 기타 등 9 항목을 평가한다. 수질에서는 농약, 영양염류와 유기물, 염분, 중금속, 병원균, 기타 오염물질이 각각 지하수와 지표수에 미치는 영향, 부유물질과 탁도, 용존산소, 온도 등이 지표수에 미치는 영향, 그리고 수중동식물 서식처 안정성 등 15 항목을 평가한다. 따라서 물에서는 24 항목을 평가하도록 추천하고 있다.

4. 강원도 고령지 밭(발생원)의 탁수저감

소양강댐과 도암댐 유역은 비점오염원(탁수)특별관리지역으로 고시되어 탁수저감대책이 도입되고 있다. 이들 지역의 밭 토양은 화강암풍화토가 많이 포함된 사질토로 강우시 토양유실량을 줄이기 매우 어려운 토성을 가지고 있다. 따라서 이들 지역에서 탁수를 저감시키기 위해서는 유출수량을 줄일 수 있는 기술이 가장 우선적으로 도입되어야 한다. 농경지의 유출수량을 줄이기 위해서는 토양침투량을 증가시켜야 한다. 토양 침투량이 증가하면 유출수가 줄고 토양유실량도 획기적으로 감소하게 된다. 표 1은 지표가 피복된 시험포와 나지시험포의 지표유출량, 지하유출량, 토양저류량 실험결과이다. 실내인공강우실험으로 시험포가 작기 때문에 실제의 영농현장과는 다소 다를 수 있지만 논리적으로 사질토 농경지의 지표를 피복하면 유출량과 토양유실량을 획기적으로 저감하여 탁수를 줄일 수 있음을 보여주고 있다. 그러나 임하댐 유역과 같이 점토성

표 1. 사질토 시험포에서 투수성 부직포 지표피복이 유출량 저감에 미치는 효과

시험포(실험처리)		부직포 피복시험포		나지 시험포	
		1	2	1	2
강우모의량(mm)	전반 30분	30	25.5	30	30
	후반 30분	30	25.5	30	30
	계	60	51.0	60	60
물 수지 분석(%)	강우량	100	100	100	100
	지표유출률	0	0	72.7	71.0
	지하유출률	67.5	56.5	17.5	15.0
	토양저류율	32.5	43.5	9.8	14.0

분이 많아 침투능이 크지 않은 토성에서는 지표피복의 효과가 사질토 토양에 비하여 제한적일 수밖에 없다.

표에서 나타난 바와 같이 1시간에 60mm의 강우는 매우 높은 강우강도이다. 그러나 지표가 완벽하게 피복된 시험포에서 유출은 발생하지 않았다. 유출이 없으면 토양유실도 없으며 탁수도 발생하지 않는다. 또한 지표피복 시험포의 지하배출률(중간유출)과 토양저류율은 나지시험포에 비하여 월등히 높았다. 이는 지표피복으로 인하여 토양표면의 공극이 막히지 않고 표면막힘현상(Surface sealing 혹은 crust)이 발생하지 않아 침투능이 유지될 수 있기 때문이다.

사질토의 침투능은 매우 높지만 강우시에는 빗방울의 타격력에 의해 유실된 작은 토양입자가 공극을 막아 침투능을 저하시키기 때문에 지표유출량이 많아진다. 이와 같은 이유로 사질토 토양이지만 나지시험포의 유출률이 71% 이상으로 매우 높게 나타났다. 지표를 피복하면 빗방울의 타격력을 완화하여 토양유실이 발생하지 않고 따라서 공극이 막히지 않기 때문에 침투능은 유지되며 유출량은 획기적으로 감소한다. 매우 평범한 이론이지만 실제 영농현장에서는 지표를 피복하고 작물을 재배하기 어렵기 때문에 활용이 어렵다고 인식하고 있다. 밭에서 발생하는 탁수를 반드시 줄여야 한다면 이와 같은 인식을 바꿀 수 있는 대책과 농민 지원방법이 동시에 도입되어야 한다.

비닐로 멀칭하고 농사를 지으면 편하고 또한 소득을 증가시킬 수 있음이 입증되면서 많은 농민이 비닐 멀칭 농업을 따르고 있다. 인공의 부직포는 자연에서

분해되지 않아 밭에 피복재료로 사용할 수 없다. 그러나 공사현장에서 많이 활용되고 있는 벚짚거적은 매우 훌륭한 지표피복재료이다. 벚짚거적의 토양유실저감 효과는 공사현장의 사면보호에서 이미 입증되었다. 공사현장보다 경사도가 완만한 밭을 벚짚거적으로 피복하면 유출수량과 토양유실량을 획기적으로 줄일 수 있다는 인식은 수문기술자라면 누구나 쉽게 이해할 수 있다. 다만 부피가 크며 다루기가 성가신 벚짚거적 등 자연에서 분해될 수 있는 재료로 넓은 농지를 피복하고 농사를 지을 때 나타나는 번거로움, 재료비와 인건비의 부담이 문제가 된다. 정부가 환경개선부담금 등으로 벚짚거적 피복비용을 농민에게 지원할 수 있다면 지표를 피복하고 농사를 짓는 밭의 면적이 늘어날 수 있을 것이다. 지표를 피복하고 탁수의 발생원(밭)에서 유출량을 줄이고 따라서 토양유실량을 줄일 수 있다면 탁수의 발생량은 현저히 감소될 수 있다.

탁수저감이 시대의 소명이라면 상당한 예산지출은 감내해서라도 탁수를 저감해야 한다. 이의 가장 효과적인 방법이 지표피복이다. 미국과 같이 조방농업을 하는 농업지대에서는 지표유출량과 토양유실량을 줄이기 위해 무경운 농업을 실시하고 있다. 무경운 농법은 지표를 갈아엎지 않기 때문에 농업잔재물(residue)로 지표가 피복된다. 무경운 농법을 채택하는 가장 큰 이유는 지표피복으로 유출량을 줄여 토양유실과 기타 비점오염물질의 유출을 줄이기 위해서이다. 따라서 탁수저감의 제1원리는 발생원(밭)에서 유출과 토양유실을 줄일 수 있는 지표피복이 되어야 한다. 이를 위해서

는 농민을 지원할 수 있는 인센티브제도를 함께 정립해야 한다.

지표피복과 같이 발생원(밭)의 관리를 효과적으로 수행해도 강수량의 크기와 강우강도에 따라 상당량의 유출이 발생하고 따라서 탁수도 발생하게 된다. 따라서 탁수저감대책은 발생원 관리뿐만 아니라 하천과 발생원(밭) 사이에 존재하는 중간지의 탁수저감대책이 필요하다. 강원도의 고랭지의 중간지 관리에서 활용할 수 있는 탁수저감기술은 배수로, 초생대, 초생수로, 침사지, 침사구, 인공습지 등이 있다.

배수로는 가능한 평지(경사도 3~5%)에 가깝게 설치하여 유속을 줄이고 유출수에 포함되어 있는 토립자를 침전하게 만들 필요가 있다. 필요하다면 배수로 중간에 다수의 침사구를 설치하여 토립자의 침전효율을 높일 필요가 있다. 기존의 배수로 설계원리는 토사의 퇴적을 막아 통수능력을 확보하는 것이다. 그러나 탁수가 많이 발생하는 고랭지 밭 지역의 배수로는 그 반대 이론이 적용되어야 한다. 배수로에 퇴적된 토사는 인근의 농민이 주기적 혹은 강우시마다 제거하도록 인센티브를 제공해야 한다.

침사지와 인공습지는 탁수의 농도를 낮추는 데 매우 유용한 수단이 될 수 있다. 고랭지 밭 지역에 침사지를 설치할 수 있는 지형적인 조건은 매우 어렵고 사유지를 수용하여 침사지로 만들기도 어려우나 고랭지 밭 하류부에 논을 만들면 인공습지의 역할을 매우 훌륭하게 할 수 있다. 논은 가장 이상적인 인공습지의 표본일 수 있으므로 상류의 밭에서 유출되는 고농도의 탁수는 논에서 정화된 후 하천으로 방류할 수 있다. 그러나 모든 고랭지 지역에서 논을 만들 수는 없고 논을 만들 수 있는 조건을 가진 지역에서만 가능하다. 다만 논과 밭 농업 사이의 소득격차는 정부에서 인센티브로 제공하면 농민의 입장에서 밭 농업을 고집할 필요가 없다. 따라서 논과 밭을 조합할 수 있는 고랭지 밭 지역에서는 일정 면적의 논을 조성하여 밭에서 발생하는 탁수를 처리한 후 하천으로 방류하는 기술을 개발할 필요가 있다.

초생대와 초생수로, 그리고 수변구역의 설치도 탁

수를 저감하는 데 일부 기여를 할 수 있다. 그러나 필자의 경험으로 미루어볼 때 이들 시설의 탁수저감효과는 매우 작다. 이들 시설보다는 고랭지 밭 지역에 배수로와 논을 설치하는 방법이 예산은 많이 소요되겠지만 탁수를 저감할 수 있는 매우 효과적인 방법이다. 발생원(밭)에서 탁수의 양과 농도를 저감하고, 배수로와 논을 조합을 잘 활용하여 추가적으로 탁수의 농도를 저감하는 방법이 가장 효과적인 탁수저감대책으로 판단된다. 혹자는 낙차공도 탁수저감대책의 하나로 간주하고 있는데 이는 이론적으로 전혀 맞지 않다. 낙차공은 배수로의 기울기를 조정하기 위한 수리구조물일 뿐이지 탁수를 저감시키는 기능이 없기 때문이다.

탁수에 관한 전문지식이나 실험경험이 없는 환경전문가나 수문학자들이 자신들의 연구경험을 바탕으로 탁수저감대책을 개발하고 제안할 때 나타나는 가장 큰 문제점 중의 하나는 탁수를 저감하는 데 필요한 핵심적인 저감기술보다는 외국에서 활용되고 있는 일반적인 기술을 소개하는 데 그친다는 점이다. 이는 탁수저감기술을 분석하고 평가할 수 있는 능력과 경험이 부족하기 때문에 외국에서 검증된 기술을 소개할 수밖에 없기 때문이다. 그러나 우리나라는 우리나라의 지형, 토양, 그리고 작부체계에 적합한 탁수저감기술을 개발해야 안정적이고 지속적으로 활용될 수 있다.

5. 결론

강원도 고랭지 밭 농업지대에서 발생하는 탁수를 저감하기 위한 저감원리, 고려사항, 저감대책 등을 간단히 기술하였다. 탁수를 저감하기 위한 이론은 매우 간단하지만 이 간단한 이론의 현장적용은 완전히 다를 수 있다. 고랭지 밭에서 탁수를 저감할 수 있는 기술이 있어도 이를 수용하게 할 수 있는 인센티브제도, 행정 지원정책, 농민의 의식변화 등의 조건이 만족되지 않는다면 그 기술은 효과를 발휘할 수 없다. 고랭지 밭의 탁수저감을 위하여 상당한 예산이 투입되었다. 그러나 이들 예산은 발생원(밭)관리에 투입되지 않고 중간지

관리에 중점적으로 투입되었기 때문에 고랭지 밭 지역의 탁수저감노력이 효과를 볼 수 없었던 가장 큰 이유 중의 하나이다. 발생원(밭)관리를 중심으로 배수로와 인공습지를 조합한 탁수저감대책을 제안한다.

참고문헌

1. Dawson, L. J. (1993). Resource Management Systems. Proceedings of the International Symposium on Integrated Resource Management and Landscape Modification for Environmental Protection. 1993. 12. Chicago, IL. ASAE Publication 13-93.
2. Soil Conservation Service, USDA. (1990). A Guide for Using Conservation Practice Physical Effects in Formulating Conservation Management Systems. Portland, OR.
3. Soil Conservation Service, USDA. (1992). General Manual, 450 TCH, Amendment-5 (Part 401).
4. Dawson, Reckendorf, Herndon and Bluhm. (1993). Conservation Management Systems Physical Effects. USDA, SCS, Western National Technical Center, Portland, OR. 📖