

# 시설농업단지 물 부족해결을 위한 지하수인공함양 사업의 동향



서 상 기  
한국농어촌공사  
경남지역본부 / 부장  
skseo@ekr.or.kr



오 세 봉  
한국농어촌공사  
경남지역본부 / 과장  
sebong@ekr.or.kr

## 1. 머리말

‘농업환경변화에 따른 지하수 및 지질재해관련 사업의 동향’ 시리즈의 그 두 번째 이야기 시설농업단지 물 부족 해결을 위한 지하수인공함양사업의 동향에 대해 이야기하고자 한다.

1996년 이후 지하수법에 의한 “지하수의 개발·이용 및 보전·관리”와 수자원 장기종합계획의 기본이념인 “2020 녹색국토를 위한 물 강국 실현”을 위해 지하수관리 기본계획(2012~2021)이 운용되고 있다. 지하수 함양관리는 지하수의 활용가치 극대화를 위해 미래비전으로 제시되었다.

우리나라의 농업은 1990년 이후 UR·FTA 등 국제시장의 개방으로 벼농사 위주의 논농업에서 시설농업 위주의 밭농업으로 전환되었다. 밭의 비중은 1990년 36.2%에서 2013년 43.7%로 높아졌으며 밭작물 중 주요 생산물도 딸기, 수박, 토마토 등 시설농업에 의존하는 작물로 변화되었다.

우리나라 시설원예는 1920년경 대전과 광주의 Paper Tunnel과 Paper House로 시작된 태동기, 1950년대 폴리에틸렌 필름의 국내 생산과 더불어 도약기, 1980년대 철재하우스 및 자동화장치 보급으로 근대화기를 거치며 발전해 왔다. 시설농업 면적은 2013년말 기준으로 53,820ha이며, 시설채소 재배가 대부분을 차지하고 있다.

시설농업단지의 물이용은 작물생육에 필요한 생육용수와 적정온도 유지를 위한 난방용수 두가지로 나뉘며, 난방용수는 수막용수를 의미한다. 시설하우스 내 적정온도 유지를 위해 부직포류, 다겹 보온재, 보온덮개, 화석연료, 목재펠릿 및 전기에 의한 난방시설, 지열난방 설비, 지하수를 이용한 수막 등 여러 방법이 적용되고 있으나 비용 대비 효율이 가장 높고 설비가 간단하여 농가에서 수막을 가장 많이 이용하고 있다.

시설하우스는 용수가 풍부했던 하천인근에 집단화되었고(그림 1), 동절기 수막재배로 지하수 이용도 집중되었다.



〈그림 1〉 시설농업단지 전경

특정 시기에 집중된 지하수의 과다이용은 하천의 건천화와 맞물려 지하수위가 저하되기도 했다. 2015년 시설농업단지 실태조사를 실시한 결과 68%정도 물부족이 확인되었고, 물 부족현상은 농업경영비 부담으로 이어졌다(그림 2, 출처 : 한국농어촌공사).

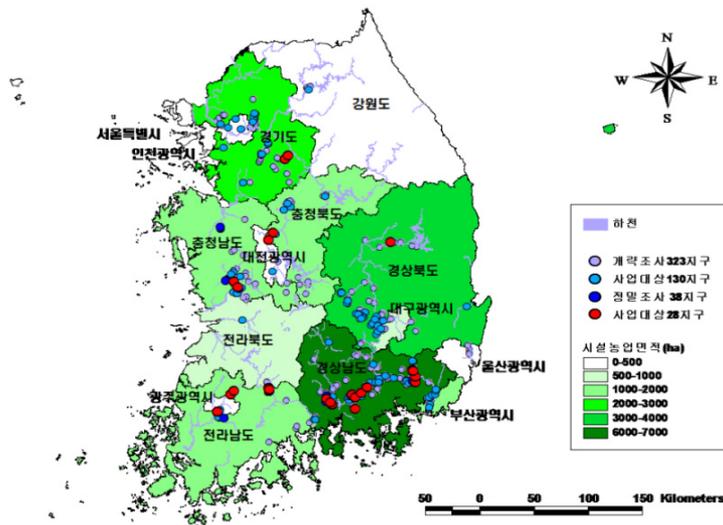
농업경영비 중 40%가 난방비로 알려져 있고 시설농업의 농업경쟁력 확보를 위해 난방비 절감방안 요구로 지하수인공함양의 현장적용이 필요한 것으로 판단되어 꾸준히 산·학·연에서 연구 되어 오고 있다.

## 2. 지하수인공함양 사업의 동향

### 2.1 지하수인공함양

‘지하수인공함양’이라 함은 강수, 지하수, 강변여과수, 빗물 및 하수처리수 등의 원수를 수직 정호, 함양분지, 습지, 수로, 지하댐 및 우수 침투시설 등 인위적인 시설 또는 지표층을 통하여 침투시켜 수자원을 확보하는 것을 말한다.

과거 100여년이 넘도록 “인공함양(Artificial Recharge)”이란 용어로 불려왔고, 수자원의 저장, 수질개선, 지하수위 회복, 하천유지 용수공급, 상수도 공급, 지표 저류시설 대체하기 위해 이용되기도 했다. 계획적으로 대수층에 물을 저장하고 이용하는 기술로써 Dillon(2005)이 제안한 “대수층 함양관리(MAR; Management of Aquifer Recharge)”로 접근개념이 바뀌는 추세이다.

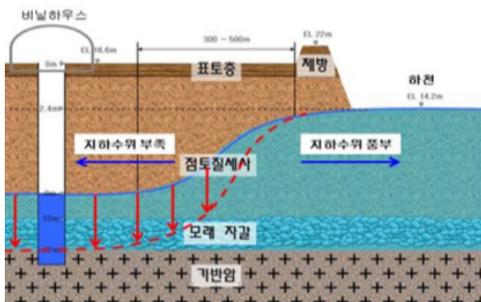


〈그림 2〉 시설농업단지 실태조사 지구·면적별 분포현황도

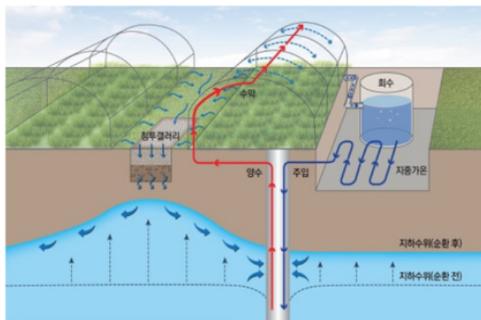
## 2.2 국내·외 적용 동향

국내의 경우, 1990년대 후반부터 빗물수확, 강변여과 등의 실증연구가 시작되었고, 10여 년 전부터 한국농어촌공사는 지하체와 더불어 진주시 단목지구, 곡성군 대평지구, 이천시 모전지구 등 시설농업단지 농업용수 부족문제 해결을 위해 인공함양 시범사업을 추진해 왔다. 시설농업단지는 그림과 같이 하천으로부터 멀리 떨어진 내륙쪽에 수위가 많이 떨어지고 지하수부족으로 어려움을 많이 겪게 된다(그림 3, 출처 : 한국농어촌공사).

위의 시범사업을 통해 지하매질에 따른 함양 방식 적용시험과 원수확보가 어려운 지역은 수막용수 재이용을 통한 효과분석이 이루어졌다.



〈그림 3〉 시설하우스 수위저하 모식도



〈그림 4〉 대수층순환식 수막재배 시스템

한국지질자원연구원은 “대수층 순환식 수막 재배 시스템”을 연구·개발하여 비순환식 대비 순환식의 효율은 2.2배로 농업경영비 절감효과를 거양하고 있으며(그림 4, 출처 : 한국지질자원연구원, 굿모닝충청), 하천에 유출이 발생했을 때 유출수 일부를 저류지로 유도하여 불포화대 함양정을 통해 땅속으로 주입함으로써 버려지는 수자원을 이용 가능한 지하수자원으로 전환시키는 제주친화형 지하수 인공함양기술(J-ART)도 연구되었다(그림 5, 출처 : 진주단목지구 지하수함양사업 전문가초청 워크숍 자료집).

기후변화 전망보고서에 따르면 한반도를 포함한 동아시아의 해수면상승도 예측된다. 해수면 상승은 직접적인 농작물의 피해와 가용량 감소를 초래한다. 시설농업지역은 국가 주요하천을 끼고 있으며, 해안지역에 인접한 경우 해수침투에 노출되기도 한다. 최근 원인규명이 진행 중인 사례지만 광양 청암뜰의 경우, 해수침투로 농작물 피해가 있어 연일 언론을 달구기도 했다.

기후변화에 따른 도서·해안지역 시설농업단지의 해수침투에 의한 농작물 피해를 예방하고자 1998년부터 한국농어촌공사 농어촌연구원에서는 관측망을 운영하고 있다(그림 6, 출처 :



〈그림 5〉 제주친화형 지하수 인공함양시설

2015 해수침투조사 보고서). 2015년 기준 지하수 자원관리관측망은 364개소가 운영 중이며, 2021년까지 1,444개소로 확대될 계획이다. 관측자료에 의하면 지속적인 지하수 수위강하가 확인되고, 도서·해안지역의 경우 작물생육이 불가능한 곳(38개소)도 확인된다.

이러한 결과는 도서·해안지역에 위치한 시설농업단지의 안정적 용수공급을 위해 해수침투를 방지할 수 있는 대책마련 필요성을 반증하며, 국외 사례와 같이 해수침투 방지를 위해 지하댐 등과 같은 구조물설치와 함께 지하수인공함양 도입이 절실한 것으로 해석할 수 있다.

또한, 강변여과수가 안정적 취수원으로 떠오르며 하천변에 취수원이 집중될 경우 수리조건 변화로 하류부 및 배후 농경지의 복류수 유입 저감으로 물 분쟁이 초래되고 이를 해결하기 위해 지하수인공함양이 대안으로 검토되기도 했다.

지하수의 과다사용, 해수침투, 인위적 개발에 의한 수리조건의 변화 등 다양한 부문에서 물

부족해결을 위해 지하수인공함양 기술이 요구되고 있다.

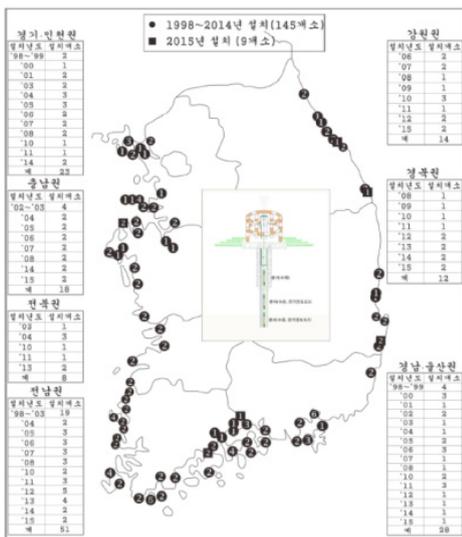
국외의 경우, 염수침입방지를 위해 중국·인도·미국·콜롬비아·이스라엘 등의 국가에서, 상수원 확보를 위해 미국·네덜란드·독일·프랑스 등의 국가에서 연구 및 현장적용 하였다. 후자의 경우 호우유출수와 하수처리수를 회석하여 생활용수와 관개용수 공급을 위해 지하수인공함양이 활용되었고 아랍에미리트에서는 해수담수화시설 공급초과분저장을 위해 적용되고 있다. 특히, 인도의 경우 우기 시 대수층에 함양하여 건기 시 농업용수로 활용하는 등 ASR-Wells을 활용한 대수층 함양관리(MAR ; Managed Aquifer Recharge) 연구도 진행되었다.

### 3. 물 부족 해결을 위한 제언

시설농업단지 물 부족해결을 위해 몇몇 생각으로 제언을 하고자 한다.

첫째, 시설농업단지 물 부족은 수막 후 버려지는 물이 재활용되지 못하기 때문에 가속화되는 것으로 보인다. 선행된 연구·개발에서 난방을 위한 수막용수 재활용으로 농업경영비 절감효과를 거두는 것은 큰 성과이다. 하지만 시설농업단지 입지조건이 너무나 다양하기 때문에 일률적 적용은 쉽지 않고 지역특성에 맞는 다양한 방법이 연구·개발되어야 할 것으로 보인다.

필자가 수행 중인 사업지구의 경우, 강변에 위치한 곳은 다소 수량이 풍부하여 수막과 생육용수 공급이 원활하고, 내륙에 위치한 곳은 생육용수 조차 확보되지 못한다. 동절기 수막재배에 의해 버려지는 물의 양은 수 만(톤/일)에 이르며 배출온도는 10°C 내외 이다. 이러한 용수를 지



〈그림 6〉 해수침투 관측망 현황

하에 함양하거나 함양조건이 맞지 않은 경우 시설하우스 지중에 저장탱크를 설치하여 저장한다면 수량과 수온을 확보하여 동절기 하천수를 끌어다 가열하는 비용을 줄여 농업경영비 절감효과를 얻을 것으로 판단된다.

둘째, 함양효과를 높이기 위한 방법으로 농경지 지하에 분포된 구(舊)하천의 복원도 작성을 제안한다. 고(古)지도의 분석, 지역주민의 청문, 위성지도의 분석 등으로 경지정리 이전의 실개천과 직선화되기 전의 하천을 조사하여 함양정 또는 침투시설을 설치한다면 함양효과 상승과 물 부족문제 해결에 자그마한 도움이 되지 않을까 한다.

셋째, 지하수인공함양사업의 성공적 추진을 위해서는 반드시 선행연구 성과활용과 경험자 자문을 통한 함양모델 선정을 제안한다. 시설농업단지의 물 사용이 극에 달하여 지하수위가 요동치던 2015년 2월 진주단목지구 지하수인공함양사업의 성공적 추진을 위한 전문가초청 워크숍을 개최하였다. 그 결과 지표수-지하수가 연계된 물이용 계획 및 물수지(함양량, 이용량)가 충분히 검토되어야 하고, 원수확보와 기존 농업용수 활용에 따른 수질관리 방안, 대수층 막힘현상 저감방안, 강변여과수 취수에 따른 제방 안정성 확보와 관측, 철저한 기본조사에 의한 설계오류 저감대책 마련, IT기술을 접목한 유지관리 및 효과검증 방안마련 등 아낌없는 염원을 담아냈다.

#### 4. 결 언

‘농업환경변화’, ‘물-에너지-식량 Nexus’, ‘기후변화 전망’에 따르면 잦은 가뭄과 극한 홍수 등으로 지속가능하고 이용가능한 지하수자원 확보를 위한 노력이 필요한 시점이다. 유한자원인

지하수의 안정적 활용을 위해서는 효율적인 관리가 요구된다. 농민이 일선 농업현장에서 팍팍으로 농업용수를 필요로 할 때, 산·학·연의 끊임 없는 노력이야말로 농업인과 농업발전을 위한 최선의 길이라 생각하며 글을 마친다.

#### 참고문헌

1. 농어촌연구원, 2005, 해수침투확산방지기법 및 지하수인공함양에 관한 연구, p.3-55.
2. 김용철 외, 2010, 대수층 함양관리 기술의 세계적인 동향, 지질학회지, 46(5), p.521-533.
3. 서정아 외, 2011, 지리정보시스템을 이용한 우리나라 인공함양 개발 유망지역 분석, 지하수토양환경, 16(6), p.67.
4. 국토해양부, 2012, 지하수관리기본계획, p.3-33.
5. 기상청, 2012, 한반도 기후변화 전망보고서, p.70-95.
6. 한국개발연구원, 2012, 낙동강 경변여과수 사업 타당성 재조사 보고서, p.10-11.
7. 농진청, 2013, 원예산업신문
8. 농촌경제연구원, 2015, 시설농업단지 지하수함양 사업타당성 분석, p.1-9.
9. 한국농어촌공사, 2015, 시설농업단지 실태조사 보고서, p.1-10.
10. 농림축산식품부, 2015, 해수침투조사보고서, p.75-86.
11. 한국농어촌공사, 2015, 진주단목지구 지하수함양사업 전문가초청 워크숍 자료집
12. 국토교통부, 2016, 지질자원연구 대수층 순환식수막재배 시스템 구축
13. H.M. Holländer et al., 2009, A concept for managed aquifer recharge using ASR-wells for sustainable use of groundwater resources in an alluvial coastal aquifer in Eastern India, Physics and Chemistry of the Earth 34, p. 270-278.