

농업가뭄의 집수역 내 공간변이 감시

김대준^{1*}, 문경환², 윤진일¹

¹경희대학교 식물환경신소재공학과, ²국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터

Monitoring Spatial Variation of Agricultural Drought within a Catchment

Dae-jun Kim^{1*}, Kyung-hwan Moon², Jin I. Yun¹

¹Agricultural Climatology Lab, College of Life Sciences, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

²National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Jeju 690-150, Korea

I. 서언

고대로부터 농업부문의 가뭄대책은 매우 다양하게 발달해 왔지만, 효과적인 가뭄대책을 위한 선결조건은 가뭄 진행상황을 미리 파악하여 피해를 입기 전에 충분한 시간을 두고 경보를 전달하여 의사결정과정에 활용하는 소위 ‘가뭄조기경보체계 (drought early warning system)’의 구축이다. 가뭄의 정도를 계량화 한 가뭄지수(drought index)는, 이용목적에 따라 여러 종류가 개발되어 왔는데, 이들 가뭄지수들은 대체로 장기간 자료에 근거하여 계산되므로 일별 등 단기간 실태모의가 불가능하며, 농업적 가뭄을 감시하는 데는 한계가 있다. 특히 규모가 작고 작목이 다양하며 작부체계의 변동성이 큰 우리나라 영농환경에 적용하기 위해서는 보다 정교하고 신뢰성 높은 가뭄지수의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 강수량은 물론 지면유출, 경지 증발산 등을 종합적으로 고려함으로써 토양 중 식물가용수분을 추정하는 방식의 새로운 가뭄지수를 제시하고, 상세 전자기후도와의 결합을 통해 농업가뭄의 진행상황을 필지단위로 파악할 수 있는지 검토하였다.

II. 재료 및 방법

농업가뭄지수는 토양의 물수지를 기반으로 설계되었는데, 물의 공급은 2개월 전 강수량부터 가중치를 적용하여 누적시킨 유효강수량에 의해 계산되며, 이 유효강수량에서 물의 수요에 해당되는 증발산량과 지면유출량을 빼주면 이론상 토양 잔류수분량을 얻을 수 있다. 일 기상자료를 이용하여 Allen *et al.*, (1998)의 방법에 따라 기준증발산량을 계산한 다음 작물계수(K_c)를 적용하여 실제증발산량을 추정하였으며, 지면유출량은 미국 토양 보존국(SCS, U. S. Soil Conservation Service) 에서 개발한 유출곡선지수(Runoff Curve Number)를 사용하였다. 잔류수분량의 주 단위 분포는 왼쪽으로 치우쳐진 Gamma 분포와 비슷한데, 이를 종 모양의 정규분포로 변환하기 위해서는 자연대수를 취해 기후학적 평년의 평균(avg)과 표준편차(sd)를 계산하였다. 기

* Correspondence to: djcoming@hanmail.net

후학적 평년의 52개 주에 대해 각각 잔류수분지수를 계산하여 표준편차로 나누면 평균이 0, 표준편차가 1인 표준정규분포에 근접한다. 임의연도 임의 주차의 잔류수분지수를 계산하여 평년 평균과의 편차를 얻고 이를 표준화시키면 평년 정규분포 상에서 상대적인 위치(Z, 발생확률)를 알 수 있다. 이것은 기후학적 평년 대비 해당 주의 토양수분 과부족을 판단하는 지표로 쓸 수 있다.

농업가뭄지수의 필지단위 적용을 위하여 경상남도 하동군 악양면(단일 집수역)을 대상지역으로 하고, 2013년 9월 마지막 주(39주차)부터 10월 셋째 주(42주차)까지 ADI의 공간분포를 필지별 구분이 가능한 사방 270m 격자 단위로 제작하였다. 평년 기준값(정규분포)은 인근 진주와 순천기상대 기후자료(1971-2000)를 토대로 공간내삽에 의해 사방 270m 격자 해상도의 주별 평균 및 편차를 얻었다. 평년 평균과 비교하기 위한 실험기간의 필지별 상세 기상자료는 30m ~ 270m 해상도의 전자기후도를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 농업가뭄지수(ADI)의 성능

기상청에서 사용하고 있는 대표적인 가뭄지수 중 하나인 SPI (Standardized Precipitation Index)와 본 연구에서 제작한 농업가뭄지수(Agricultural Drought Index, ADI)를 실제 측정된 토양수분함량(%)에 회귀시켜 결정계수를 비교해 본 결과 SPI(누적 강수량)보다는 ADI(잔류수분지수)가 토양수분함량과 더 높은 상관을 보였다(Fig. 1). 토성에 따른 가뭄지수의 해석에 추가적인 연구가 필요하겠지만, 농업적 가뭄과 직접 관련이 있는 토양수분의 경우 단순히 강수량 값을 이용하는 표준강수지수에 비해 증발산과 유출량을 고려한 농업가뭄지수와 더 밀접한 관계가 있음이 확인된 셈이다.

또한 실험기간 동안의 SPI와 ADI를 계산하여 비교하였을 때 두 가뭄지수 모두 시간경과에 따른 가뭄의 추이를 표현하는 양상은 유사하였지만 가뭄의 심각성을 나타내는 데는 상당한 차이를 보였는데, ADI의 경우 실험기간 동안 ‘심한 가뭄’을 나타내었던 주차가 일정기간 존재한 반면, SPI의 경우 실험기간 동안 ‘심한 가뭄’으로 표현된 주차는 한 차례도 없었다. 이 시기에 실제로 악양지역 여러 농가에서 가뭄으로 인한 어려움이 보고되었고(‘햇차원’, ‘배달농원’, ‘상명농장’을 포함한 다수의 현지농가 면담), 2012년 제주도는 5, 6월 강수량이 32년만에 가장 적었고, 2013년에는 90년만의 가뭄으로 인해 노지감골, 콩, 수박 등의 작물피해로 약 2,000억원의 피해액이 보고된 바 있다. 경기지역에서 2013년에 평년의 10% 미만의 강수량만이 관측되는 등 실험기간 내 전국적으로 기록적인 가뭄이 보고되었다(기상청, 2013). 이러한 간접적인 증거만으로도 SPI에 비해 ADI가 2012년과 2013년의 가뭄 정도를 더 잘 반영하였다고 판단된다.

3.2 필지단위 농업가뭄 감시

연구대상지역의 상세한 기상 및 공간자료를 이용하여 상세화 된 ADI의 공간분포를 제작하였다(Fig. 3).

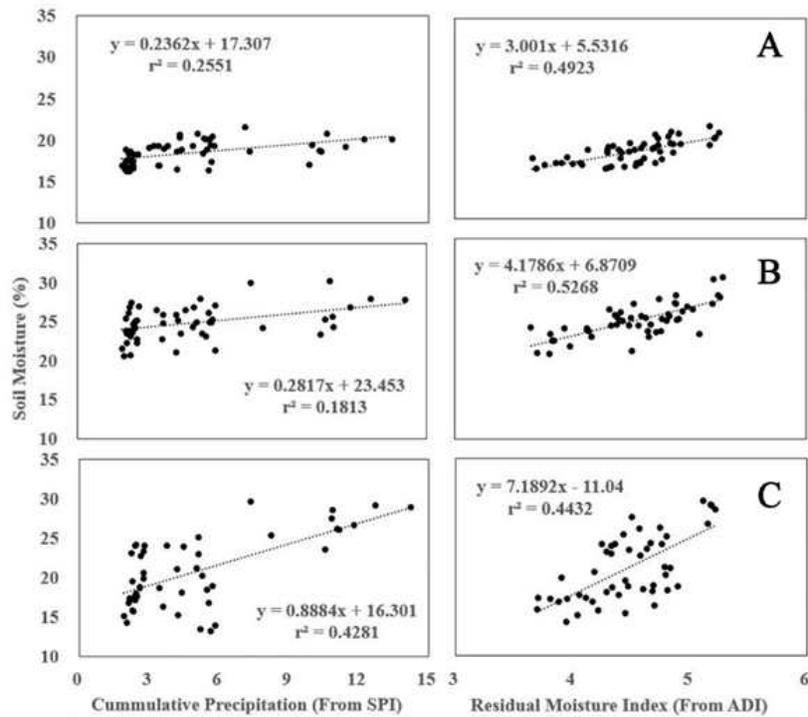


Fig. 1. Relationship between the drought index at the three experimental sites and the measured soil moisture content. Left panels are based on the 3 month cumulative precipitation from SPI, and right panels are based on the residual moisture index from ADI.

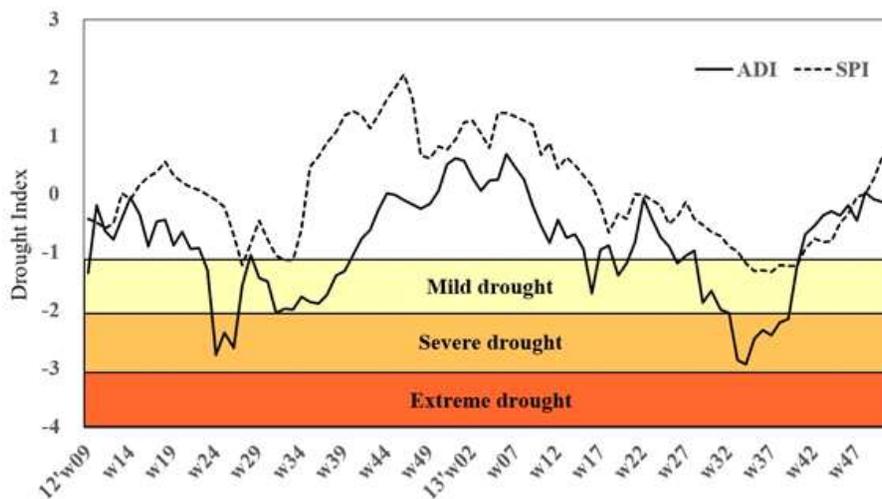


Fig. 2. Comparison of two drought indices (SPI and ADI) with respect to time course change in the progression of drought during the study period (2012 ~ 2013) at site A (in Fig. 1).

전반적인 가뭄분포양상은 작물이 재배되고 있는 논밭에 비해 산림지역의 가뭄이 덜한 것으로 표현되며, 같은 산림지역이라도 하천을 중심으로 동향사면이 많은 서쪽 산록에 비해 서향사면이 많은 동쪽 산록에서 가뭄이 심하다. 이는 서향사면의 경우 동향사면에 비해 낮시간대 기온

이 높기 때문에 증발산량이 많았기 때문으로 추정된다.

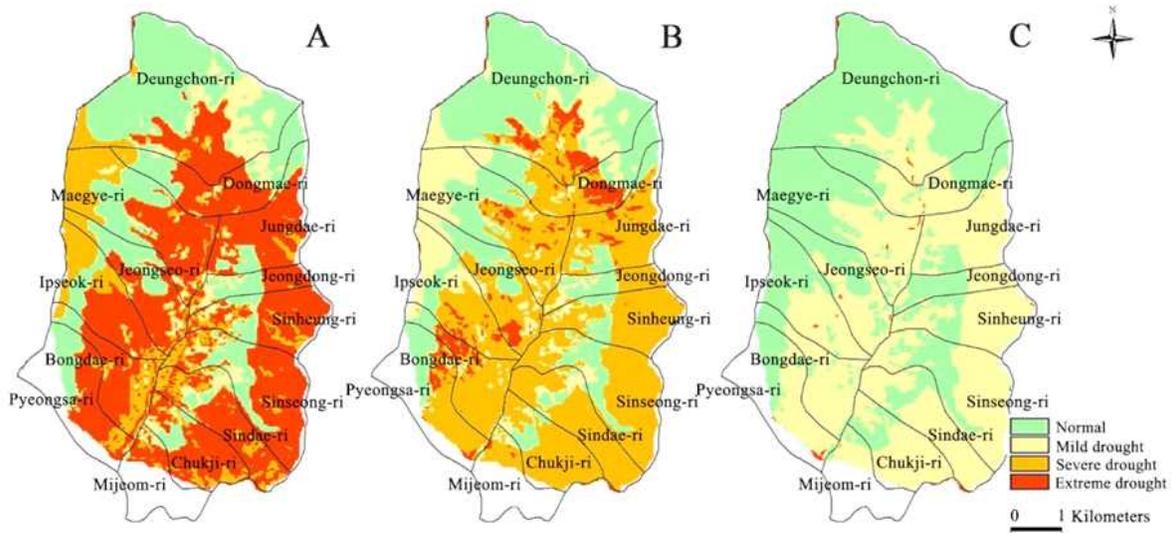


Fig. 3. Spatio-temporal variation of the agricultural drought index (ADI) over the experimental watershed projected from the climatic and spatial data in 2013 (A: 39th week, B: 40th week, C: 42nd week).

3.3. 고찰

현재 가뭄진행상황을 감시, 평가하여 일별가뭄진단정보를 제공하는 시스템이 한국수자원공사, 기상청 등에 구축되어 있기는 하지만, 그 적용 범위가 매우 조방적이어서 국지적인 가뭄상황을 제대로 반영하지 못한다. 본 연구에서 개발한 가뭄지수는 집수역 별로 쉽게 제작할 수 있는 전자기후도와 결합하여 필지단위의 고해상도 감시가 가능하다. 하지만 현재 기술수준에서 농업가뭄지수의 효용은 과거의 기상자료를 이용하여 현재의 가뭄정도를 파악하는 정도, 즉 감시기능에 국한된다. 앞으로 기상청의 강수예보기술이 발전함에 따라 농업가뭄의 감시는 물론 해갈 또는 가뭄의 심화를 예측하는데도 활용될 수 있길 기대한다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ010007)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌

Allen, R. G., L. S. Peretira, D. Raes, and M. Smith, 1998: *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO irrigation and drainage paper 56, UN-FAO, Rome, Italy.