

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
기후변화 적응 및 온실가스 저감 친환경 생산기술 개발		농업환경	'16~'18	농업기술원 환경농업연구과	주옥정
기후변화에 따른 경기지역 농경지 한발 위험성 예측 연구		농업환경	'16~'18	농업기술원 환경농업연구과	주옥정
색인용어	기후변화 시나리오, 한발, 지구온난화, 발작물, 토양수분함량				

ABSTRACT

As the global warming has brought in more frequent floods and droughts to the East Asian region than the past, Korea also has observed the growing events of disasters such as spring flood. Drought refers to a natural disaster occurring when the water resource is not supplied where it is needed, due to the lack of rainfall, and is classified into 4 categories of climatological, meteorological, agricultural, and hydrological drought. As it is hard to define the beginning and the end of the gradually-occurring drought caused by the prolonged water deficiency, the disaster is not easily recognized until the real damage happens. Recently, besides deciding the severity of drought by the duration of non-rainy days, the drought intensity is determined by the amount and the duration of water deficiency and the extent of affected area, or by calculating water balance based on precipitation, evapotranspiration, up and down water movement in soil, and runoff. In case of agricultural drought, the time period of damage over crops is not clear in the short term and different depending on soil condition and crop types. Therefore, this study aims at estimating the drought risk of agricultural fields according to the climate change scenarios of RCP8.5 identified by its approximate total radiative forcing in year 2100 relative to 1750 to 8.5 W m^{-2} . The assessment program for Korean Agricultural Environment (APKAE v0.5) used for evaluating the drought risk of Gyeonggi province as predicting of soil moisture change on agricultural land.

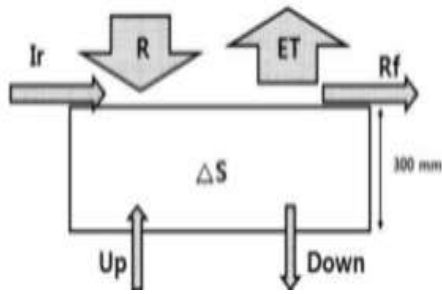
Key words : RCP scenario, soil water, climate change, drought

1. 연구목표

지구 온난화에 따른 동아시아지역은 빈번한 가뭄과 홍수가 발생하고, 우리나라도 과거에 비하여 봄 가뭄 등 재난 발생이 증가하고 있다(이응구, 2015). 우리나라 과거 가뭄의 경우 삼국시대부터 조선말기까지 약 2,000년간에 걸쳐 가뭄에 의한 피해가 304회 발생하였으며, 극심했던 경우가 23회, 대기근 82회, 기근 199회로 평균 6년마다 가뭄 피해가 있었고, 20년에 한번 정도로 대기근이 발생하였다(국가기록원, <http://theme.archives.go.kr/next/koreaOfRecord/drought.do>). 가뭄은 강수량의 부족으로 수자원을 필요로 하는 곳에 원활하게 공급되지 않을 때 발생하는 자연재해를 의미하며, 기후학적 가뭄, 기상학적 가뭄, 농업적 가뭄, 수문학적 가뭄 등 총 4가지로 구분 가능하다(표 1). 물 부족이 장기화 되면서 서서히 진행되는 가뭄은 시작과 끝을 정의하기 어렵고, 피해가 발생하기 전까지는 쉽게 인식하지 못하는 특징이 있다(이기영 외, 2015). 최근에는 가뭄의 강도를 비가 계속 오지 않는 날의 길고 짧음으로 판정하는 것 외에 물 부족량의 정도와 지속기간 및 가뭄의 영향을 받고 있는 지역의 넓이 등에 따라 판정하며 강수량과 증발산량, 토양 삼투량과 유출량 등을 토대로 물균형을 계산하여 판정하기도 한다. 특히 농업적 가뭄의 경우 농경지에서 재배되고 있는 작물의 피해시점이 태풍, 폭우, 냉해 등과 같이 단기적으로 명확하지 않고 토양조건, 작물 등에 따라 편차도 많다. 특히 물을 담수하여 재배하는 벼와는 달리 콩, 옥수수, 고추 등 밭작물의 경우 토양내 수분조건에 따라 생육반응이 민감하게 반응하여 적절한 토양수분 관리가 안정적 생산에 중요하다. 따라서 본 연구는 기온, 강수량 등의 일별 기상자료를 활용한 농경지 물수지 및 토양수분 변화량 예측 모델(그림 1)을 활용하여 기후변화시나리오(RCP8.5)에 따른 경기지역 농경지 가뭄 위험성을 평가하고 농업용수 수요 예측 및 안정적 농업공급 방안을 제시하여 경기도 지역의 안정적 농산물 생산에 기여하고자 하였다.

표 1. 가뭄의 구분, 내용 및 관련지표

구 분	내 용	지 표
기후학적 가뭄	강수량이 기후학적 평균에 미달하는 것	EDI (Effective Drought Index), SPI(Standardized Precipitation Index)
기상학적 가뭄	강수량 외에 증발량, 증산량 등을 고려	PDSI(Palmer Drought Severity Index)
농업적 가뭄	농작물 성장에 필요한 토양수분이 확보되지 못하는 것	SMDI(Soil Moisture Drought Index)
수문학적 가뭄 (=사회 경제적 가뭄)	댐이나, 저수지 그리고 하천에 물이 고갈되어 물 부족의 피해가 예상되는 것. 물 수요의 절대 값에 의존하여 결정	



$$\Delta S = (R + Ir + Up) - (ET + Rf + Down) \quad (1)$$

- ΔS : The amount of change of soil moisture content
- R : The amount of precipitation
- Ir : The amount of irrigation
- Up : The amount of soil moisture moved upward
- ET : The amount of evapo-transpiration
- Rf : The amount of run-off
- Down : The amount of soil moisture moved downward

그림 1. 토양수분함량평가모델(APKAE v.0.5) 모식도(Seo et al., 2012)

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 IPCC 5차 평가보고서(2014)의 대표농도경로(RCP; Representative concentration Pathways) 시나리오에서 기후변화를 완화하기 위한 노력 없이 현재 추세대로 온실가스를 계속 배출하여 2100년에 이산화탄소 농도가 940ppm에 도달한다고 전망한 자료(RCP8.5)를 사용하여 경기 지역 미래 가뭄 위험성 및 농업용수 수요량을 예측하였다. 지역기후모델을 통해 생산된 1 km x 1 km 고해상도 기후변화 시나리오 자료는 기상청에서 제공 받았으며, 본 연구에서 사용한 자료는 경기지역 31개 시군별 일별 평균최고·최저기온, 강수량, 일사량, 평균풍속 등이다. 경기지역의 가뭄 위험성 평가를 위해 사용한 토양수분 변화량 예측 모델(APKAE0.5; Assessment Program for Korean Agricultural Environment v. 0.5)은 300mm 깊이 토양의 수분이동 및 저장 대상으로 설정하여 토양 수분포텐셜의 차이에 따라 토양수분 이동방향과 속도가 결정된다. 토양수분함량 변화는 강우량, 관개량, 수분 상승량의 합에 증발산량, 표면유출량, 수분 투수량을 뺀 값으로 산정하였다(그림 1, Seo et al., 2012). 기후변화에 따른 경기지역 한발 위험성 예측은 기후변화 시나리오 RCP8.5 기상자료를 활용하여 2031년부터 2060년까지 미래 30년 경기지역 31개 시군별 토양수분함량을 평가하여 발작물 재배에 따른 농업용수 수요를 예측하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 경기도 과거 가뭄 발생년도 기상특성 분석

경기도 농경지 한발 위험성 평가에 앞서 경기도에서 발생한 과거 가뭄 발생년도 기상특성 분석을 위하여 1981년부터 측정된 평균·최고·최저기온, 평균풍속, 일조시간 및 강수량 등의 과거 기상 자료를 분석하였다. 과거 기상자료 분석 결과 경기도 가뭄 발생년도의 특성은 봄철 가뭄 발생빈도가 높았으며, 평년 대비 최고기온이 높고 일교차가 크며 일조시간이 많았던 특징이 있는 것으로 나타났다(표 2).

표 2. 경기도 과거 가뭄 발생해 기상특성

가뭄발생 해당연도 (월)	강수량 (mm, 평년대비)		해당 월 기온(°C, 평년대비)				평균풍속 (m/s, 평년대비)	일조합 (hr, 평년대비)
	해당 월	해당 연	평균	최고	최저	일교차		
1982 (4)	14.2 (21%)	1054.1 (75%)	11.1 (-0.6)	18.5 (-0.3)	4.0 (-1.2)	14.5 (107%)	1.4 (74%)	250.5 (120%)
1984 (5)	25.9 (27%)	1287.6 (92%)	17.5 (+0.3)	24.8 (+1.0)	11.2 (+0.1)	13.5 (107%)	1.2 (75%)	274.4 (124%)
1988 (5,6)	62.2 (26%)	841.7 (60%)	17.1 (-0.1)	24.3 (+0.5)	10.6 (-0.7)	13.7 (109%)	1.3 (81%)	260.3 (118%)
1994 (4,7)	169.8 (37%)	1070.7 (76%)	14.2 (+2.5)	22.1 (+3.3)	6.4 (+1.2)	15.7 (115%)	1.5 (79%)	208.8 (100%)
1996 (5)	29.4 (30%)	1155.9 (82%)	17.4 (+0.2)	24.6 (+0.8)	10.7 (-0.6)	13.9 (110%)	1.4 (88%)	238.6 (108%)
2001 (3,4,5)	38.5 (18%)	1101.7 (78%)	12.2 (+0.5)	19.7 (+0.9)	4.8 (-0.4)	12.0 (98%)	2.1 (117%)	203.7 (104%)
2012 (5)	28.0 (29%)	1436.1 (102%)	18.6 (+1.4)	25.6 (+1.8)	12.3 (+1.0)	13.3 (106%)	1.4 (88%)	243.4 (110%)
2014 (3~7)	411.9 (56%)	870.2 (62%)	7.0 (+2.1)	13.8 (+2.4)	0.9 (+1.7)	12.9 (106%)	1.9 (106%)	215.2 (110%)
2015 (3,5,6)	119.2 (42%)	797.7 (57%)	5.4 (+0.5)	13.0 (+1.6)	-1.5 (-0.7)	14.5 (119%)	2.0 (111%)	263.0 (134%)

2) 경기지역 농업용수 수요예측을 위한 주요 작목 공간정보 분석

경기도 31개 시군별 물수지 분석을 위한 논, 밭 경지면적 및 토양특성은 표 3, 4와 같다. 화성, 평택의 논, 밭 경지면적이 경기도 전체 경지면적의 약 24%를 차지하였고, 논과 밭의 비율에서 평택, 김포, 파주의 경지면적이 밭보다 논의 면적이 2배 이상 넓은 것으로 나타났다. 밭이 논보다 2배 이상 많은 재배면적을 차지하고 있는 지역은 남양주, 구리, 동두천, 광주, 하남, 의왕, 과천, 안양, 성남 등으로 나타났다. 도내 31개 시군별 토성에 따른 토양수분함량 평가를 위한 주요 토양 특성은 표 4와 같으며, 도내 밭토양 주요 표토특성은 양토이며, 예산 토양통이 43,866 ha로 가장 큰 면적을 차지하였다.

표 3. 도내 31개 시군별 경지면적(2015년, 경기통계)

시군	경지면적		논		밭		비율
	ha	도내전체 대비%	ha	도내전체 대비%	ha	도내전체 대비%	논/밭
수원	1,121	0.6	566	0.6	556	0.7	1.0
성남	481	0.3	54	0.1	427	0.5	0.1
안양	75	0.0	-	-	75	0.1	0.0
부천	600	0.3	286	0.3	314	0.4	0.9
광명	457	0.3	137	0.1	320	0.4	0.4
평택	19,684	11.2	13,948	14.6	5,736	7.2	2.4
안산	2,120	1.2	746	0.8	1,374	1.7	0.5
과천	278	0.2	15	0.0	263	0.3	0.1
오산	570	0.3	354	0.4	216	0.3	1.6
시흥	2,614	1.5	1,062	1.1	1,552	1.9	0.7
군포	213	0.1	92	0.1	121	0.2	0.8
의왕	586	0.3	130	0.1	456	0.6	0.3
하남	426	0.2	20	0.0	405	0.5	0.0
용인	7,651	4.4	4,523	4.7	3,128	3.9	1.4
이천	17,303	9.9	9,317	9.7	7,985	10.0	1.2
안성	15,753	9.0	8,448	8.8	7,304	9.2	1.2
김포	7,701	4.4	5,488	5.7	2,213	2.8	2.5
화성	22,471	12.8	14,796	15.5	7,675	9.6	1.9
광주	3,191	1.8	986	1.0	2,205	2.8	0.4
여주	15,743	9.0	8,623	9.0	7,120	8.9	1.2
양평	8,975	5.1	4,705	4.9	4,271	5.4	1.1
의정부	476	0.3	151	0.2	324	0.4	0.5
동두천	427	0.2	86	0.1	341	0.4	0.3
고양	4,192	2.4	1,603	1.7	2,588	3.2	0.6
구리	316	0.2	1	0.0	315	0.4	0.0
남양주	3,243	1.8	311	0.3	2,931	3.7	0.1
파주	11,334	6.5	7,715	8.1	3,619	4.5	2.1
양주	4,331	2.5	1,833	1.9	2,498	3.1	0.7
포천	10,449	6.0	4,016	4.2	6,433	8.1	0.6
연천	8,938	5.1	4,346	4.5	4,592	5.8	0.9
가평	3,698	2.1	1,319	1.4	2,379	3.0	0.6
합계	175,417	100.0	95,680	100.0	79,737	100.0	26.3

표 4. 도내 31개 시군별 주요 밭토양 주요 토양통 및 토양부

시 군	토양통	토양부호	면적(ha)	전체 대비(%)	sand (%)	silt (%)	clay (%)	표토특성
수원	예산	YaC2	3,602	33	49.6	35.1	15.3	양토
성남	덕천	Dq	2,843	29	67.5	26.3	6.2	사양토
안양	중동	Jd	718	21	68.7	27.0	4.3	세사양토
부천	전남	JnC2	1,053	16	20.0	54.3	25.7	미사질 사양토
광명	중동	Jd	339	14	68.7	27.0	4.3	세사양토
평택	송정	SoC2	11,599	33	54.6	27.3	18.1	양토
안산	아산	AsC2	675	11	39.0	33.7	27.3	양토
과천	과천	KcB	213	10	74.4	19.0	6.6	사양토
오산	예산	YaC2	768	23	49.6	35.1	15.3	양토
시흥	원곡	WdC	994	15	48.7	38.4	12.9	사양토
군포	지곡	JoC	361	16	53.6	27.8	18.6	사양토
의왕	지곡	JoC	480	17	53.6	27.8	18.6	사양토
하남	중동	Jd	1,437	20	68.7	27.0	4.3	세사양토
용인	지곡	JoC	4,555	19	53.6	27.8	18.6	사양토
이천	예산	YaC2	16,290	43	49.6	35.1	15.3	양토
안성	예산	YaC2	7,611	27	49.6	35.1	15.3	양토
김포	오산	OnC2	5,184	25	55.8	24.7	19.5	양토
화성	예산	YaC2	7,713	22	49.6	35.1	15.3	양토
광주	수암	SqC	2,390	18	74.8	19.7	5.5	사양토
여주	예산	YaC2	7,882	24	49.6	35.1	15.3	양토
양평	지곡	JoC	3,820	20	53.6	27.8	18.6	사양토
의정부	중동	Jd	1,955	30	68.7	27.0	4.3	세사양토
동두천	덕천	Dq	1,174	22	67.5	26.3	6.2	사양토
고양	오산	OnC2	3,114	15	55.8	24.7	19.5	양토
구리	중동	Jd	1,040	28	68.7	27.0	4.3	세사양토
남양주	지곡	JoC	2,167	12	53.6	27.8	18.6	사양토
파주	황룡	Hr	1,369	14	81.2	13.4	5.4	사양토
양주	상주	SuB	2,784	13	71.5	20.7	7.8	사양토
포천	지곡	JoC	3,469	10	53.6	27.8	18.6	사양토
연천	장파	JvB	1,127	19	4.6	55.9	39.5	미사질양토
가평	수암	SqC	4,032	31	74.8	19.7	5.5	사양토

3) 한발 위험성 평가를 위한 경지면적 및 수리시설 등 지역적 인프라 분석

도내 논, 밭을 합한 시군별 경지면적은 표 5와 같으며, 화성시가 도내 전체 경지면적 대비 12.8%로 가장 크게 나타났고, 농업용수 공급을 위한 수리시설은 저수지, 양수장, 집수암거, 취입보 등이었다. 전체적으로 양평, 용인, 이천, 가평, 안성 등에서 수리시설이 많았으나 경지면적 대비 수혜면적 비율에서는 김포, 고양, 평택 등이 높게 나타났다. 한국농어촌공사에서 제공하는 도내 시군별 저수지 개소, 유역, 만수, 관개, 인가면적 및 유효저수량은 표 6과 같으며, 안성에서 가장 많은

저수지를 보유하고 있으며, 관개면적 및 유효저수량도 가장 크게 나타났다. 한국농어촌공사에서 제공하는 도내 시군별 양(배)수장 개소, 최대양수량, 수혜 및 유역면적과 시설크기는 표 7과 같으며, 평택에서 가장 많은 양(배)수장을 보유하고 있으며, 수혜면적도 가장 크게 나타났고 시설크기는 파주에서 가장 컸다. 도내 31개 시군의 관정 개소 및 지하수 이용량은 표 8과 같으며, 관정이 가장 많고 지하수 이용량이 가장 많은 지역은 안성이었으며, 화성이 경지면적 대비 지하수 이용량이 가장 적은 것으로 나타났다.

표 5. 도내 시군별 농경지 경지면적, 수혜면적 및 수리시설 개소(2015년, 경기통계)

시 군	경지면적, ha (전체대비%)	수혜면적, ha (경지면적대비%)	저수지	양수장	집수암거	취입보	계
수원시	1,121(0.6)		3	8	-	8	19
화성시	22,471(12.8)	8,265.3(35)	42	75	14	32	163
성남시	481(0.3)	-	4	-	-	2	6
안양시	75(0.0)	-	-	-	-	-	-
광명시	457(0.3)	-	1	1	-	3	5
평택시	19,684(11.2)	14,219.1(72)	21	104	4	6	135
안산시	2,120(1.2)	-	4	1	-	3	8
과천시	278(0.2)	-	2	-	-	-	2
오산시	570(0.3)	-	7	3	2	-	12
시흥시	2,614(1.5)	-	7	5	-	-	12
군포시	213(0.1)	-	2	1	-	-	3
의왕시	586(0.3)	-	3	-	-	-	3
하남시	426(0.2)	-	1	3	-	-	4
용인시	7,651(4.4)	-	54	8	39	157	258
안성시	15,753(9.0)	6,715.4(43)	65	48	19	39	171
부천시	600(0.3)	8,079.6 ¹⁾ (97)	-	1	-	-	1
김포시	7,701(4.4)		7	37	-	-	44
이천시	17,303(9.9)	4,252.3(13)	18	29	89	58	194
여주시	15,743(9.0)		13	31	39	58	141
광주시	3,191(1.8)	2,154.8(18)	9	12	3	48	72
양평군	8,975(5.1)		25	48	14	261	348
의정부시	476(0.3)	-	1	-	-	-	1
동두천시	427(0.2)	-	-	1	-	5	6
고양시	4,192(2.4)	3,698.8(88)	-	9	-	4	13
구리시	316(0.2)	-	-	-	-	4	4
남양주시	3,243(1.8)	-	8	3	2	69	82
파주시	11,334(6.5)	6,547.8(58)	7	72	14	41	134
양주시	4,331(2.5)	-	14	8	3	60	85
포천시	10,449(6.0)	4,170.5(22)	31	16	-	108	155
연천군	8,938(5.1)		3	35	-	31	69
가평군	3,698(2.1)	-	2	-	37	147	186
합계	175,417(100)	58,103.6(33)	354	559	279	1,144	2,336

¹⁾ 인천 일부, 서울 일부 포함

표 6. 도내 시군별 저수지, 유효저수량, 농촌용수 공급량 및 수요량(한국농어촌공사)

시 군	저수지, 개소	유역면적 ¹⁾ ha	만수면적 ²⁾ ha	관개면적 ha	인가면적 ha	유효저수량 (천m ³)
수 원 시	1	277	18	126	130	299
성 남 시	2	2,700	37	12	-	1,345
구 리 시	-	-	-	-	-	-
광 명 시	-	-	-	-	-	-
과 천 시	1	790	22	9	133	1,093
의정부시	-	-	-	-	-	-
하 남 시	-	-	-	-	-	-
의 왕 시	2	2,575	114	7	-	3,456
남양주시	1	1,552	23	71	600	2,435
시 흥 시	5	2,200	93	820	-	2,715
안 양 시	-	-	-	-	-	-
부 천 시	-	-	-	-	-	-
평 택 시	5	732	17	125	-	467
안 산 시	-	-	-	-	-	-
오 산 시	1	410	15	-	140	483
군 포 시	1	1,220	37	-	388	1,166
용 인 시	6	17,575	638	705	-	36,133
이 천 시	4	1,488	67	618	-	1,864
안 성 시	18	18,577	660	3,327	-	46,786
김 포 시	1	87	3	21	16	74
화 성 시	8	6,159	316	2,027	-	9,968
광 주 시	2	1,690	29	332	-	1,183
여 주 시	5	1,651	47	437	-	4,474
양 평 군	6	3,429	52	489	-	2,273
동두천시	-	-	-	-	-	-
연 천 군	2	1,072	45	137	-	1,748
고 양 시	-	-	-	-	-	-
파 주 시	6	7,206	145	1,141	-	8,268
양 주 시	7	1,996	107	904	-	6,425
포 천 시	12	6,016	154	1,500	-	8,171
가 평 군	-	-	-	-	-	-
합 계	96	79,402	2,638	12,807	1,407	140,825

¹⁾ 유역면적: 하천 또는 수로의 임의지점에서, 또는 호소, 저수지 등이 강수로 인한 지표유출을 받는 면적

²⁾ 만수면적: 만수 시 저수지의 수면면적

표 7. 도내 시군별 양(배)수장, 최대양수량, 수혜면적, 유역면적 및 시설크기(한국농어촌공사)

시 군	양(배)수장, 개소	최대양수량 cm/s	수혜면적 ¹⁾ ha	유역면적 ²⁾ ha	시설크기 m ³
수 원 시	5	1.138	672	9,995	14,868
성 남 시	-	-	-	-	-
구 리 시	-	-	-	-	-
광 명 시	1	0.094	10	110	420
과 천 시	-	-	-	-	-
의정부시	-	-	-	-	-
하 남 시	3	6.685	397	2,389,000	8,928
의 왕 시	-	-	-	-	-
남양주시	1	0.604	125	-	29,848
시 흥 시	4	0.667	142	2,829	2,021
안 양 시	-	-	-	-	-
부 천 시	1	0.280	146	-	1,128
평 택 시	97	58.694	25,178	169,184	652,330
안 산 시	1	0.075	60	504	204
오 산 시	-	-	-	-	-
군 포 시	-	-	-	-	-
용 인 시	2	0.268	61	-	2,076
이 천 시	27	5.358	1,506	25,772	55,205
안 성 시	29	7.813	2,602	1,548	130,190
김 포 시	26	34.197	9,814	6,456	238,907
화 성 시	40	16.863	8,171	307,965	200,324
광 주 시	6	0.894	237	6,456	5,315
여 주 시	20	14.186	4,048	625	225,699
양 평 군	10	1.375	380	4,730,000	31,768
동두천시	-	-	-	-	-
연 천 군	24	16.396	3,055	5,298,412	316,913
고 양 시	9	17.304	4,646	-	126,707
파 주 시	63	33.793	20,387	23,088	850,424
양 주 시	4	0.365	89	-	636
포 천 시	7	2.077	499	535	32,624
가 평 군	-	-	-	-	-
합 계	380	219.026	82,207	12,972,479	2,926,535

¹⁾ 수혜면적: 배수사업이나 관개사업이 이루어지는 지역에서 이러한 사업에 의해 혜택을 받는 면적

²⁾ 유역면적: 하천 또는 수로의 임의지점에서, 또는 호소, 저수지 등이 강수로 인한 지표유출을 받는 면적

표 8. 도내 시군별 경지면적, 농업용 지하수(관정) 이용현황(2015년, 국가수자원관리)

시 군	경지면적		개소		이용량		비율 경지면적% /지하수이용량%
	ha	도내전체 대비%	공	도내전체 대비%	m ³ /년	도내전체 대비%	
수원시	1,121	0.6	991	1.2	1,221,152	0.6	1.07
성남시	481	0.3	542	0.6	2,108,655	1.0	0.27
안양시	75	0.0	84	0.1	107,884	0.1	0.81
부천시	600	0.3	215	0.3	427,518	0.2	1.64
광명시	457	0.3	1,455	1.7	1,840,640	0.9	0.29
평택시	19,684	11.2	3,216	3.8	12,822,664	6.2	1.80
안산시	2,120	1.2	1,287	1.5	2,046,506	1.0	1.21
과천시	278	0.2	1,101	1.3	813,453	0.4	0.40
오산시	570	0.3	261	0.3	561,525	0.3	1.19
시흥시	2,614	1.5	2,079	2.5	4,991,372	2.4	0.61
군포시	213	0.1	331	0.4	450,204	0.2	0.55
의왕시	586	0.3	702	0.8	496,583	0.2	1.38
하남시	426	0.2	975	1.2	1,930,308	0.9	0.26
용인시	7,651	4.4	1,670	2.0	4,228,002	2.1	2.12
이천시	17,303	9.9	7,531	8.9	22,184,599	10.8	0.91
안성시	15,753	9.0	12,141	14.4	51,270,634	25.0	0.36
김포시	7,701	4.4	2,542	3.0	3,435,298	1.7	2.62
화성시	22,471	12.8	3,612	4.3	5,064,836	2.5	5.19
광주시	3,191	1.8	1,364	1.6	1,764,290	0.9	2.12
여주시	15,743	9.0	7,176	8.5	14,304,591	7.0	1.29
양평군	8,975	5.1	10,428	12.4	22,720,660	11.1	0.46
의정부시	476	0.3	471	0.6	770,290	0.4	0.72
동두천시	427	0.2	463	0.5	745,595	0.4	0.67
고양시	4,192	2.4	7,107	8.4	11,212,037	5.5	0.44
구리시	316	0.2	211	0.3	529,769	0.3	0.70
남양주시	3,243	1.8	2,008	2.4	3,514,329	1.7	1.08
파주시	11,334	6.5	3,257	3.9	12,704,695	6.2	1.04
양주시	4,331	2.5	5,524	6.5	8,711,749	4.2	0.58
포천시	10,449	6.0	2,039	2.4	6,584,563	3.2	1.86
연천군	8,938	5.1	2,203	2.6	3,258,095	1.6	3.21
가평군	3,698	2.1	1,375	1.6	2,489,844	1.2	1.74
합계	175,417	100	84,361	100	205,312,340	100	38.6

1 수혜면적: 배수사업이나 관개사업이 이루어지는 지역에서 이러한 사업에 의해 혜택을 받는 면적

2 유역면적: 하천 또는 수로의 임의지점에서, 또는 호소, 저수지 등이 강수로 인한 지표유출을 받는 면적

4) 도내 수리시설에 따른 안정적 농업용수 공급방안 분석

도내 31개 시군별 수리시설(저수지, 양(배)수장) 수혜면적에 따른 안정적 농업용수 공급이 가능한 시군은 고양, 군포, 김포, 파주, 평택 등 5개 지역(도내 전체 경지면적의 24.6%)이며, 도내 경지

면적이 가장 넓은 화성(도내 전체 경지면적의 12.8%)의 경우는 수혜면적 대비 경지면적 비율이 약 45.4%로 안정적 농업용수 공급에 어려움이 있을 것으로 평가되었다(표 9). 도내 31개 시군별 수리시설(저수지, 양(배)수장, 관정)에 따른 공급량과 수요량 비교결과, 안정적 농업용수 공급량이 가능한 시군은 도내 전체 경지면적의 2.2%를 차지하는 과천, 구리, 성남, 안산, 안양, 의왕, 하남시 등 7개 시군으로 나타나 도내 전체 경지면적의 97.8% 지역은 공급량 대비 수요량이 큰 것으로 나타났다(표 9, 표 10).

표 9. 도내 시군별 경지 및 농업용 수리시설 수혜면적(ha)

시 군	경지면적		수리시설 개소 및 수혜면적 [↓]			비율 수혜면적/경지면적(%)
	ha	전체대비%	개소	ha	전체대비%	
수원시	1,121	0.6	6	798	0.8	71.2
가평군	3,698	2.1	2	77	0.1	2.1
고양시	4,192	2.4	9	4646	4.8	110.8
과천시	278	0.2	1	9.1	0.0	3.3
광명시	457	0.3	1	10	0.0	2.2
광주시	3,191	1.8	8	568.6	0.6	17.8
구리시	316	0.2	0	0	0.0	0
군포시	213	0.1	1	1,220 [↓]	1.3	572.8
김포시	7,701	4.4	27	9,834	10.2	127.7
남양주시	3,243	1.8	2	196	0.2	6
동두천시	427	0.2	0	0	0.0	0
부천시	600	0.3	1	146	0.2	24.4
성남시	481	0.3	2	12	0.0	2.5
시흥시	2,614	1.5	9	962	1.0	36.8
안산시	2,120	1.2	1	60	0.1	2.8
안성시	15,753	9	47	5,929	6.1	37.6
안양시	75	0	0	0	0.0	0
양주시	4,331	2.5	11	993	1.0	22.9
양평군	8,975	5.1	16	869	0.9	9.7
여주시	15,743	9	25	4,485	4.6	28.5
연천군	8,938	5.1	26	3,192	3.3	35.7
오산시	570	0.3	1	410 [↓]	0.4	71.9
용인시	7,651	4.4	8	766	0.8	10
의왕시	586	0.3	2	7	0.0	1.2
의정부시	476	0.3	0	0	0.0	0
이천시	17,303	9.9	31	2,124	2.2	12.3
파주시	11,334	6.5	69	21,528	22.3	189.9
평택시	19,684	11.2	102	25,303	26.2	128.5
포천시	10,449	6	19	1,999	2.1	19.1
하남시	426	0.2	3	397	0.4	93.2
화성시	22,471	12.8	48	10,198	10.5	45.4
합계	175,417	100	478	96,739	100	1,686

[↓] 수리시설 수혜면적: 저수지와 양수장의 수혜면적 자료가 없는 곳으로 유역면적 사용

표 10. 도내 시군별 농업용수 수요량 및 농업용 수리시설 공급량(천톤)

시	군	밭 농업용수 수요량(평년)		논 농업용수 수요량(평년)		수리시설 공급량		비율 공급량/수요량%
		천톤	전체대비 %	천톤	전체대비 %	천톤	도내전체 대비%	
수원시		776	1.8	15,545	1.3	1,535	0.2	9
가평군		1,494	3.4	21,526	1.8	2,109	0	9
고양시		1,637	3.7	30,542	2.5	235	0.1	1
과천시		113	0.3	1,233	0.1	1,520	0.8	113
광명시		1,201	2.7	3,622	0.3	1,841	0	38
광주시		1,362	3.1	13,629	1.1	14,011	0.8	93
구리시		296	0.7	373	0.0	2,047	0	306
군포시		1,184	2.7	2,242	0.2	1,979	0.8	58
김포시		2,196	5	89,969	7.4	874	0.2	1
남양주시		3,489	7.9	13,494	1.1	7,456	1.7	44
동두천시		919	2.1	2,104	0.2	450	0	15
부천시		1,493	3.4	5,879	0.5	498	0	7
성남시		138	0.3	2,131	0.2	3,275	0.9	144
시흥시		1,114	2.5	20,290	1.7	6,945	1.9	32
안산시		956	2.2	10,676	0.9	22,185	0	191
안성시		1,893	4.3	111,803	9.2	98,186	32.6	86
안양시		551	1.3	277	0.0	3,435	0	415
양주시		1,687	3.8	28,382	2.3	11,490	4.5	38
양평군		2,010	4.6	54,501	4.5	4,069	1.6	7
여주시		2,439	5.5	96,977	8.0	19,004	3.3	19
연천군		1,879	4.3	54,020	4.4	24,786	1.4	44
오산시		286	0.6	7,335	0.6	1,253	0.3	16
용인시		1,305	3	64,008	5.2	36,880	25.1	56
의왕시		1,245	2.8	1,795	0.1	14,668	2.4	483
의정부시		167	0.4	4,712	0.4	530	0	11
이천시		2,922	6.6	97,637	8.0	5,434	1.3	5
파주시		1,229	2.8	99,343	8.1	21,823	6.3	22
평택시		3,297	7.5	157,418	12.9	9,831	0.8	6
포천시		3,109	7.1	58,215	4.8	14,788	5.7	24
하남시		114	0.3	2,858	0.2	3,267	0	110
화성시		1,576	3.6	146,871	12.0	12,659	7.1	9
합계		44,077	100	1,219,407	100	349,062	100	28

5) 기후변화 시나리오에 따른 농경지 한발 위험성 예측 및 농업용수 수요량 산정

토양수분예측모형(APKAE0.5) 및 RCP8.5 시나리오에 의한 미래 2030년대(2031~2040년) 및 2040년대(2041~2050년)의 경기도 31개 시군별 한발위험성 평가 결과, 밭작물 재배에 따른 경기도 평균 토양건조빈도는 54.5회로 나타났으며, 10년 마다 평균 3.1회 이상의 한발이 예측되었고, 한발 빈도는 도내 남서지역으로 크게 나타났으며, 한발 발생에 따른 필요한 농업용수량은 2015년 도내 밭 경지면적 기준으로 54,706천톤(2040년대)으로 예측되었다(그림 2, 표 11).

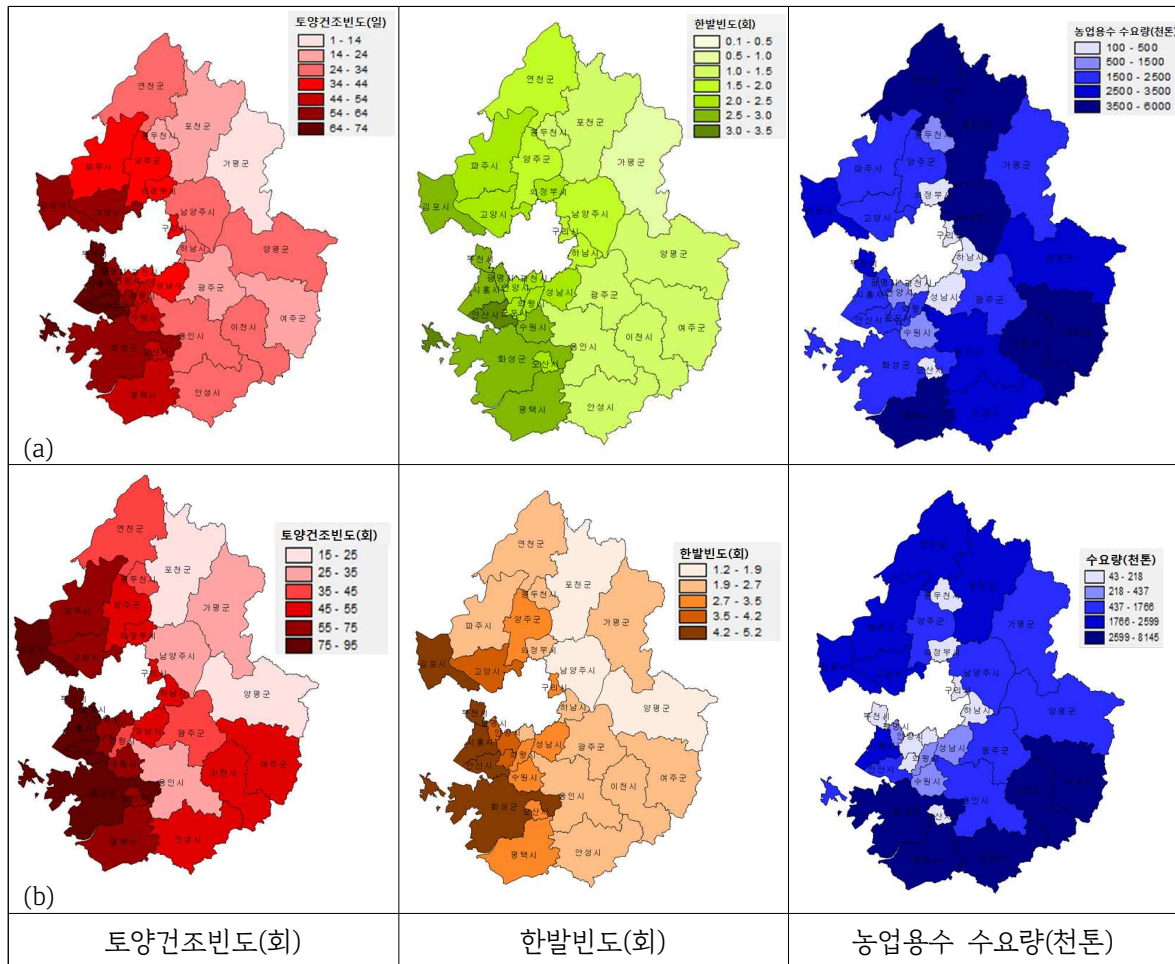


그림 2. 도내 밭작물 재배시 토양건조일수, 한발빈도, 농업용수 수요량 (a) 2030년대, (b) 2040년대

표 11. 도내 밭작물 재배에 따른 토양건조, 한발빈도 및 필요한 농업용수(2040년대)

시 군	밭 경지 면적 (ha)	토양건조빈도 (일)	한발빈도 (회)	농업용수 수요량 (천톤)
가 평	2,379	29.0	2.6	1,026
고 양	2,588	72.7	4.2	2,406
과 천	263	59.0	2.6	152
광 명	320	78.4	3.9	294
광 주	2,205	39.6	2.3	1,041
구 리	315	53.8	3.0	204
군 포	121	56.3	3.8	99
김 포	2,213	85.5	5.2	2,562
남양주	2,931	26.5	1.9	1,614
동두천	341	35.4	2.2	160
부 천	314	80.4	4.5	368
성 남	427	53.6	3.1	1,176
수 원	556	64.3	3.4	435
시 흥	1,552	91.1	4.8	1,935
안 산	1,374	90.0	5.0	1,675
안 성	7,304	48.9	2.7	4,336
안 양	75	69.8	3.9	66
양 주	2,498	52.6	3.1	1,553
양 평	4,271	15.9	1.2	1,755
여 주	7,120	45.9	2.6	4,098
연 천	4,592	37.2	2.3	2,599
오 산	216	61.4	3.5	163
용 인	3,128	29.2	2.3	1,873
의 왕	456	44.5	3.3	348
의정부	324	48.2	2.4	183
이 천	7,985	49.1	2.6	4,879
파 주	3,619	56.1	2.3	1,953
평 택	5,736	57.7	3.1	4,609
포 천	6,433	22.8	1.9	2,784
하 남	405	52.1	2.7	250
화 성	7,675	81.9	5.2	8,112
합 계	79,737	54.5	3.1	54,706

4. 적 요

경기도내 기후변화에 따른 안정적 농산물 생산을 위해 농경지 한발 위험성 평가를 토양수분 변화량 예측 모델(APKAE0.5; Assessment Program for Korean Agricultural Environment v. 0.5)을 활용하였으며, 기후변화에 따른 경기지역 한발 위험성 예측은 기후변화 시나리오 RCP8.5 기상자료를

통하여 2031년부터 2060년까지 미래 30년 경기지역 31개 시군별 토양수분함량을 평가하고 발작물 재배에 따른 농업용수 수요를 예측하여 안정적인 농업용수 공급방안을 위한 분석을 수행하였다.

- 가. 도내 수리시설 현황은 양평, 용인, 이천, 가평, 안성 등에서 수리시설이 많았으나 경지면적 대비 수혜면적 비율은 김포, 고양, 평택 등이 높게 나타났다.
- 나. 평택, 김포, 파주는 논 면적이 밭보다 2배 이상으로 큰 반면에 남양주, 구리, 동두천, 광주, 하남, 의왕, 과천, 안양, 성남 등은 밭이 논보다 2배 이상 많았다.
- 다. 도내 저수지, 관정 및 지하수 이용량은 안성이 가장 많았고, 평택은 가장 많은 양(배)수장을 보유하고 있으며, 수혜면적도 가장 크게 나타났다.
- 라. 도내 31개 시군별 수리시설(저수지, 양(배)수장) 수혜면적에 따른 안정적 농업용수 공급이 가능한 시군은 고양, 군포, 김포, 파주, 평택 등 5개 지역(도내 전체 경지면적의 24.6%)이며, 경지면적이 가장 넓은 화성시의 경우는 수혜면적 대비 경지면적 비율이 약 45.4%로 안정적 농업용수 공급에 어려움이 있을 것으로 평가되었다.
- 마. 도내 31개 시군별 수리시설에 따른 공급량과 토양수분함량 평가에 따른 수요량 비교 결과, 안정적 농업용수 공급이 가능한 시군은 과천, 구리, 성남, 안산, 안양, 의왕, 하남시 등 7개 시군(도내 전체 경지면적의 2.2%)으로 나타나 도내 전체 경지면적의 97.8% 지역은 공급량 대비 수요량이 큰 것으로 나타났으며, 유효저수량으로 산정한 농촌용수 공급량에서 저수지 공급비율은 약 40%로 나타났다.
- 바. 도내 수리시설 현황에 따른 수혜면적 및 공급량 평가에 의하면 도내 전체 경지면적의 73.2%는 공급량 대비 수요량이 크게 나타나 안정적 농업용수 공급이 어려울 것으로 예측되었다.
- 사. RCP8.5 시나리오에 의한 미래 2030년대(2031~2040년), 2040년대(2041~2050년)의 경기도 31개 시군별 토양수분함량 평가 결과, 도내 남서지역으로 한발빈도가 크게 나타났으며, 한발 발생에 따른 필요한 농업용수 수요량은 67,051천톤(2030년대), 54,706천톤(2040년대)으로 예측되어 2000년대(2001~2010년) 수요량 44,077천톤 대비 각각 52%, 24% 증가되었다.

5. 인용문헌

- 이기영, 한송희, 김성준. 2015. ICT기술 기반 물 재난 관리체계 도입 방안, 경기연구원.
- 이응구. 2015. 농업수자원 현황 및 가뭄대처 사례, 물과 미래. 48(7), 62-71.
- Seo M.C., S.O.Hur, Y.K. Sonn, H.S. Cho, W.T. Jeon, M. K, Kim, M.T. Kim. 2012, The development of estimation model(AFKAE0.5) for Water Balance and Soil Water Content Using Daily Weather Data, Korean J. Soil Sci. Fert. 45(6) 1203-1210.

6. 연구결과 활용제목

- 경기도 봄철 가뭄 시 농업용수 수요량 예측정보 제공(정책제안)
(2017년도 경기농업 경쟁력 제고를 위한 농업과학기술개발사업 주요성과)
- 경기도 가뭄 대비 농업용수 수요 장기 예측(영농활용)
(2018년도 경기농업 경쟁력 제고를 위한 농업과학기술개발사업 주요성과)

7. 연구원편성

세부과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도
기후변화에 따른 경기도 농경지 한발 위험성 예측 연구	책임자	환경농업연구과	농업연구사	주옥정	과제수행 총괄	'16~'18
	공동연구자	"	농업연구관	박중수	시험성적 검토	'17~'18
	"	"	농업연구사	노안성	데이터 수집	'17~'18
	"	"	"	신민우	데이터 정리	'18
	"	"	농업연구관	강창성	시험추진 지도	'16~'18