

# 이탈리안라이그라스 생산량과 기후요소 취약성 영향 분석1)

전혁, 이원철, 이상효, 신문선, 문상호\*, 정종성\*\*  
건국대학교 ICT융합공학부 컴퓨터공학과  
\*건국대학교 동물과학응용화학과  
\*\*국립축산과학원 초지사료과  
e-mail:msshin@kku.ac.kr

## Analysis of Italian Ryegrass Production and Vulnerability Effects of Climate Factors

Hyuk Jeon, Won-Cheol Lee, Sang-Hyo Lee, Moon-Sun Shin, Sang-Ho Moon\*, Jong-Sung Jung\*\*  
Dept. of Computer Science, Konkuk University  
\*Dept. of Animal Science & Applied Chemistry, Konkuk University  
\*\*Dept. of National Institute of Animal Science

### 요약

본 논문에서는 기후요소에 따라 사료작물인 이탈리안 라이그라스 생산량이 어떻게 변화하는지를 분석한다. 국립축산과학원에서 사료작물 생산성 실태조사를 통해 확보한 이탈리안 라이그라스 생산량에 대한 데이터와 기상자료 개방 포털의 종관기상관측(ASOS) 데이터를 전처리과정과 가공을 거쳐서 기초 데이터셋을 구축하였다. 구축된 데이터셋에 대해 종속변수인 건물수량과 독립변수인 기후데이터요소들에 대해서 상관관계 분석, 다중공선성 검정, 선형 회귀분석 등의 빅데이터 분석을 수행하였으며 생산량에 영향을 미치는 기후요소들을 추출하여 예측모형을 개발한다. 연구결과는 향후 기후조건 및 재배환경에 따른 사료작물 재배적지 변동 기초자료로 활용될 수 있다.

### 1. 연구배경

지구온난화가 가속화되면서 이상기후 출현 및 기후변화로 인한 사료작물 생산량 감소, 곡물 품질 저하 등 농업생태에 영향을 미치고 있다. 따라서 작물생산에 있어 치명적인 영향을 미치는 기후요소들을 찾아 농작물의 피해를 최소화하고 안정성을 확보하기 위한 연구가 다양한 작물들에 대해서 이루어지고 있다. 정부에서는 환경친화적 축산물을 생산하는 산지생태축산 활성화를 추진하고 있으며 간척지, 산지초지 등 생산기반 다양화 및 조사료의 생산성 향상에 많은 지원을 하고 있으나 고온, 가뭄, 건조 등 이상기상으로 인하여 사료작물의 기상재해 피해가 증가될 것으로 전망되어 기후변화에 따른 사료작물의 적지 및 생산성 변화에 대한 연구가 다양하게 이루어져 축산농가에 영농정보로 제공하는 등 사료작물 수급에 전사적인 대응이 요구된다. 특히 다른 작물들과 같이 사료작물에 대한 생산량 및 재배환경 변화 실태조사와 더불어 영향·취약성 평가등의 연구가 필요하다.

본 논문에서는 기후조건 및 재배환경에 따른 재배적지 변동 영향 취약성 평가를 위한 생산성 예측모형을 개발하기 위해 기후데이터와 사료작물 생산량을 활용하여 데이터셋 구축하고 구축된 데이터셋에 대해 종속변수인 건물수량과 독립변수인 기후데이터 요소들에 대해서 상관관계 분석, 다중공선성 검정, 선형 회귀분석 등의 빅데이터 분석을 수행하였으며 생산량에 영향을 미치는 기후요소들을 추출하여 영향 취약성 예측 모형을 개발한다.

### 2. 데이터셋 구축

기초 데이터셋은 사료작물 생산성 실태조사를 통해 확보한 이탈리안 라이그라스 생산량(건물 수량, kg/ha)과 기상자료 개방 포털의 종관기상관측(ASOS) 데이터를 활용하였고, 이를 건물 수량에 따라 연도별, 지역별로 구분하여 구축하였다. 기상자료 개방 포털의 종관기상관측(ASOS)에서 지역별 연단위로 평균기온, 최저기온, 최고기온, 폭염 일수, 최장 폭염 지속 일수, 강수량, 평균 상대습도, 합계 일조시간, 일조율, 평균풍속, 8월 최고기온, 8월 평균기온, 1월 최저기온, 1월 평균기온을 활용하였다. 추가로 국립축산과학원에서 제공한 자료 중 초장, 12월 강수, 12월 일조시간, 12월 평균기온,

1) 1) 본 연구는 농촌진흥청 신농업기후변화대응체계구축(R&D)사업(과제번호 PJ015079032021)의 지원으로 수행되었음.

Growing days, GDD, 초종, 10월 강수, 강수합, 월동 전 강수합, 12월 최저 평균기온, 1월 최저 평균기온 요소들을 데이터셋에 추가하였다.

이탈리안 라이그라스(IRG)가 동계 사료작물임을 고려하여 기후요소 중 하계 기후요소와 관련된 최고기온, 폭염 일수, 최장 폭염 지속 일수, 8월 최고기온, 8월 평균기온은 데이터셋에서 제외하였다. 범주형 설명변수인 초종은 2가지 종류로 이루어져 있어 값을 1과 2로 설정하여 연속형 변수로 처리하였고 강수량과 관련된 변수들에 약간의 결측값이 존재하여 이는 제거하고 진행하였다. [그림 1]이 전처리 작업후 구축된 기초데이터셋 DB이다.

	P	O	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1 초장(cm)	12월 강수	12월 일조	12월 평균기온	Growing	D	GDD	1월부 초종	10월 강수	강수합	월동 전 강수합	12월 최저기온	1월 최저기온
2	79	11	161	-4.6	222	288	1	27	308	74	-11.4	-5.3
3	94	79	58	14.2	188	460.65	1	9	440	101	-11.1	3.5
4	100	9	217	-6.2	241	481.5	1	15	362	106	-12.3	-8.2
5	92	30	133	-1.6	197	534.95	1	0	253	20	-6	-2.5
6	100	17	145	-0.5	219	304.75	1	22	305	78	-5.1	-7.1
7	102	62	71	9	183	541.65	1	18	458	102	6.6	5
8	87	7	164	-1.4	230	342.5	1	33	211	55	-6.7	-8.9
9	105	36	148	3.1	196	318.35	1	39	351	91	-1.1	-2.4
10	106	44	108	1.4	225	422.5	1	43	561	412	-2.7	-6.2
11	105	93	26	9.6	193	536.4	1	168	614	170	7.5	4.5
12	98	9	144	-0.9	228	384.75	1	31	401	280	-5.6	-9.6
13	82	35	99	3.4	207	490.35	1	33	205	42	-3.4	-5.2
14	94	23	106	1.6	214	680.75	1	31	174	45	-2.7	-6.5
15	94	16	159	1.1	229	554.25	1	30	266	47	-3.6	-8.7
16	103	28	98	8.4	210	736.1	1	20	443	94	5.3	3
17	87	31	163	-1	240	599.3	1	24	407	43	-6.3	-10.6
18	99	16	138	3.1	213	606.8	1	32	224	48	-1.7	-5.1
19	106	28	143	2.3	225	532.1	1	34	365	69	-2.5	-6.7
20	100	41	124	-0.9	223	343.35	1	61	371	101	-13.7	-19.9
21	89	29	64	7.3	189	489.95	1	1	633	117	4.8	2.9

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	연조율	평균 상대습도	최고기온	최저기온	교온일수	연속교온	강수량	평균 상대습도(연계)	평균 일조율(%)	평균 일조율(연계)	평균 일조율(%)	평균 일조율(연계)	평균 일조율(%)	평균 일조율(연계)	평균 일조율(%)
2	10088	11.5	-15.6	33.5	6	3	1043.3	67.6	2010.9	45.15	1.8	33.5	25	-13.6	-0.9
3	18966	16.2	-1.8	34	7	2	1527.4	64.3	1704.7	38.32	3.2	34	27.9	0.1	7.3
4	8000	11.2	-17.5	34.8	8	3	1201.1	66.6	1922.1	44.27	1.6	34.8	25.5	-16.4	-2.4
5	6193	14.1	-13.1	36.4	26	19	1187.5	68.9	1920.3	43.14	2	36.4	27.7	-9.2	1.9
6	16038	12.5	-13.6	34.9	3	2	1562.4	69.2	1934.1	43.43	1.7	34.9	25.8	-13.6	-1.9
7	29022	16.5	-0.6	34	6	2	2139.3	61.8	1671.6	39.07	3.3	34	28.1	2	7.3
8	12666	11.5	-13.8	34.3	1	1	1286.3	67.3	1856.5	41.68	1.6	34.8	24.8	-13.8	-2.3
9	14543	14	-7.2	34.8	16	5	1471.7	69.9	1895	42.58	1.9	34.8	27.2	-7.2	1.1
10	17800	12.3	-13.4	34.2	7	3	871.1	68.8	2107.4	47.22	2	34.2	24.6	-13.9	-3
11	28717	16	-0.5	34.8	4	2	1368.8	63.9	1687	37.94	3.4	34	26.7	0.2	6.4
12	11361	11.7	-15.2	35.2	8	6	1518.2	66.1	2137.1	47.89	1.6	35.2	24.5	-15.2	-3.2
13	7480	13.9	-10.8	35.3	19	5	1000	65.2	1992.7	44.67	1.8	35.3	25.8	-10.8	0.8
14	13040	12	-13.1	33.5	2	1	969.6	74.3	2095.5	46.96	2.5	33.5	24.4	-13.1	-2.5
15	11198	12.3	-18.2	33.3	1	1	969.9	68.8	2151.8	48.32	2	33.3	24.8	-18.2	-3
16	15489	16	-2.5	33.6	6	2	1334.8	61.8	1784.7	39.67	3.5	33.6	25.6	-2.5	5.4
17	5087	11.7	-15	34.1	4	3	1527.8	66.9	2087.1	46.86	1.7	34.1	24.4	-15	-3.9
18	12700	13.6	-12.9	34.4	9	2	1163.9	63.9	2037.4	45.78	1.9	34.1	25.7	-12.9	-0.4
19	8545	12.3	-13.9	32.5	0	0	1074.3	72.4	2174.5	48.89	2.7	32.5	24.6	-13.9	-1.4
20	8884	12.2	-19.5	34.9	14	5	1378.3	70.4	1970.9	44.26	2	34.9	26.9	-19.5	-3.9
21	16231	15.6	-2.8	35.8	13	5	1244.2	66.5	1821.8	39.07	3.3	35.8	28.8	-2.8	5.3

[그림 1] 이탈리안 라이그라스 데이터셋

### 3. 빅데이터 분석

#### 3.1 다중공선성 검증

회귀분석에서 일부 예측 변수가 다른 예측 변수와 상관성이 높아 부정적인 영향을 미치는 경우 다중공선성이 존재한다고 정의한다. 독립변수 간의 상관성 여부를 검증하는 방법으로 독립변수 간의 상관관계 절댓값이 0.9 이상일 경우 다중공선성이 존재한다고 판단한다.

독립변수 간의 상관관계 절댓값을 확인한 결과, [그림 2]와 같이 몇몇 독립변수 간에 강한 상관성이 보여 분산팽창인자(VIF, Variance Inflation Factor) 값을 확인해서 다중공선성 여부를 검증하였다.

VIF 수치가 10 이상이거나 VIF 제공근 값이 2 미만일 경우 다중공선성이 존재한다고 판단하였고 VIF 값이 가장 큰 독립변수부터 하나씩 제외하면서 모든 독립변수의 VIF 수치가 10 미만이 될 때까지 제외하였다.

	AAT	LT	AP	ARH	TST	SR	AWS	Ja_LT	Ja_AT	CM	PreDec	D5Dec
AAT	1.00	0.92	0.36	0.15	-0.64	-0.63	0.74	0.89	0.94	0.38	0.61	-0.80
LT	0.92	1.00	0.34	0.24	-0.67	-0.68	0.78	0.98	0.95	0.33	0.55	-0.78
AP	0.36	0.34	1.00	-0.03	-0.52	-0.53	0.54	0.35	0.30	0.12	0.21	-0.59
ARH	0.15	0.24	-0.03	1.00	0.06	0.06	0.16	0.20	0.19	0.05	0.19	-0.08
TST	-0.64	-0.67	-0.52	0.06	1.00	1.00	-0.71	-0.69	-0.67	-0.21	-0.34	0.82
SR	-0.63	-0.66	-0.53	0.06	1.00	1.00	-0.71	-0.68	-0.67	-0.20	-0.34	0.82
AWS	0.74	0.77	0.54	0.16	-0.71	-0.71	1.00	0.78	0.77	0.35	0.51	-0.87
Ja_LT	0.89	0.98	0.35	0.20	-0.69	-0.68	0.78	1.00	0.96	0.29	0.51	-0.78
Ja_AT	0.94	0.95	0.30	0.19	-0.67	-0.67	0.77	0.96	1.00	0.36	0.40	-0.80
CM	0.38	0.33	0.12	0.05	-0.21	-0.20	0.35	0.29	0.36	1.00	0.40	-0.37
PreDec	0.61	0.55	0.21	0.19	-0.34	-0.34	0.51	0.51	0.55	0.40	1.00	-0.60
D5Dec	-0.80	-0.78	-0.59	-0.08	0.82	0.82	-0.87	-0.78	-0.80	0.37	-0.60	1.00
TempDec	0.90	0.89	0.38	0.22	-0.68	-0.68	0.82	0.87	0.89	0.36	0.60	-0.86
GD	-0.75	-0.68	-0.25	-0.35	0.49	0.49	-0.56	-0.66	-0.71	-0.11	-0.45	0.66
GDDJAN	0.47	0.36	0.19	-0.05	-0.13	-0.13	0.23	0.35	0.40	0.36	0.23	-0.24
Cultivar	0.02	0.02	0.03	0.03	0.16	0.16	-0.01	0.03	0.01	-0.10	-0.07	0.05
PreOct	0.30	0.40	0.17	0.00	-0.16	-0.16	0.26	0.39	0.34	0.31	0.50	-0.27
PreSu	0.55	0.51	0.49	0.08	-0.46	-0.46	0.60	0.49	0.53	0.38	0.59	-0.59
BeoVWIN	0.27	0.39	0.17	0.00	-0.30	-0.29	0.30	0.42	0.37	0.26	0.44	-0.35
MinTempJan	0.91	0.90	0.40	0.24	-0.67	-0.66	0.82	0.88	0.90	0.36	0.60	-0.85
MinTempJan	0.93	0.92	0.33	0.23	-0.67	-0.66	0.80	0.92	0.96	0.37	0.58	-0.81
TempDec	0.90	-0.75	0.47	0.02	0.30	0.55	0.27	0.91	0.93	0.90	0.92	0.92
LT	0.89	-0.68	0.36	0.02	0.40	0.51	0.39	0.90	0.90	0.90	0.90	0.92
AP	0.38	-0.25	0.19	0.03	0.17	0.49	0.17	0.40	0.40	0.40	0.40	0.33
ARH	0.22	-0.35	-0.05	0.03	0.00	0.08	0.00	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23
TST	-0.68	-0.49	-0.13	0.16	-0.16	-0.16	-0.46	-0.30	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
SR	-0.68	-0.49	-0.13	0.16	-0.16	-0.16	-0.46	-0.29	-0.66	-0.66	-0.66	-0.66
AWS	0.82	-0.56	0.23	-0.01	0.26	0.60	0.30	0.82	0.80	0.80	0.82	0.80
Ja_LT	0.87	-0.66	0.35	0.03	0.39	0.49	0.42	0.88	0.92	0.92	0.92	0.92
Ja_AT	0.89	-0.71	0.40	0.01	0.34	0.53	0.37	0.90	0.90	0.90	0.90	0.96
CM	0.36	-0.11	0.36	-0.10	0.31	0.38	0.26	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37
PreDec	0.60	-0.45	0.23	-0.07	0.50	0.53	0.44	0.60	0.58	0.58	0.58	0.58
D5Dec	-0.86	0.66	-0.24	0.05	-0.27	-0.59	-0.35	-0.86	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81
TempDec	1.00	-0.72	0.37	-0.01	0.30	0.56	0.32	0.99	0.90	0.90	0.90	0.90
GD	-0.72	1.00	-0.01	-0.04	-0.01	-0.22	-0.02	-0.73	-0.74	-0.74	-0.74	-0.74
GDDJAN	0.37	-0.01	1.00	-0.02	0.21	0.37	0.05	0.38	0.41	0.41	0.41	0.41
Cultivar	-0.01	-0.01	-0.01	1.00	-0.04	-0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
PreOct	0.30	-0.01	0.21	0.06	1.00	0.48	0.80	0.30	0.28	0.28	0.28	0.28
PreSu	0.56	-0.22	0.37	-0.04	0.48	1.00	0.63	0.59	0.56	0.56	0.56	0.56
BeoVWIN	0.32	-0.02	0.05									

는 다음 [표 2]와 같다.

[표 2] IRG 건물수량과 기후요소 데이터 간의 상관분석 계수 값

독립변수	상관계수 값
강수량	0.10
평균 상대습도	0.10
일조율	-0.45
평균풍속	0.53
초장	0.58
12월 강수	0.56
Growing days	-0.33
GDD(1월부터)	0.34
초종	-0.11
10월 강수	0.40
강수합	0.46

### 3.3 선형 회귀분석

독립변수와 종속변수의 관계를 설명하거나 예측하는 통계 방법인 선형회귀 분석은 독립변수의 개수에 따라 단순선형 회귀분석과 다중선형 회귀분석으로 나타내는데, 생산량 데이터를 종속변수로 설정하고, 기후요소 데이터를 독립변수로 설정하여 종속변수인 생산량 데이터를 독립변수별로 각각 단순선형 회귀분석을 수행한 결과, 강수량과 평균 상대습도, 초종을 제외하고 p-value값이 0.05보다 작게 나와 통계적으로 유의하다고 볼 수 있으나, 대부분 변수의 adjusted R-squared 값이 낮게 측정되어 다음으로 다중선형 회귀분석을 수행하였다.

다중회귀 모형에 있어서 독립변수가 많을수록 결정계수 값이 증가하는 특징이 있어서 영향력이 낮은 독립변수들을 제외하고 가능한 적은 수의 독립변수를 사용하여 최종 모델을 도출하고자 하였다. 사료작물 생산량 데이터를 종속변수로 설정하고 앞서 선정된 11개의 기후요소 데이터를 독립변수로 하여 단계적 선택법으로 다중회귀분석을 진행하였다.

변수가 포함되지 않은 null model에서 시작하여 유의하다고 판단되는 변수를 하나씩 회귀모형에 추가하고 새로 변수가 추가될 때마다 추가된 변수가 기존의 회귀모형에 포함되어있는 변수들과 유의한지를 검정한다.

유의하지 않다고 판단되는 변수가 있는 경우 해당 변수를 제거하고 다시 유의하다고 판단되는 변수를 추가하는 과정을 반복한다. 결과적으로 11개의 기후요소 데이터 중 초장, 12월 강수, 일조율, 강수량, 평균풍속, GDD(1월부터), 10월 강수 총 7개 변수에서 유의한 결과가 나왔으나 앞서 진행한 상관관계 분석에서 종속변수와 상관성이 적었던 GDD(1월부터)와 단순선형 회귀분석에서 p-value가 높은 수치를 보였던 강수량을 제외하고 일조율, 평균풍속, 초장, 12월 강수, 10월 강수 총 5개의 변수로 최종 모형을 도출하였다.

### 3.4 최종 모형

최종 모형의 회귀식은 '건물 수량 =  $-0.191 \times \text{일조율} + 0.12 \times \text{평균풍속} + 0.377 \times \text{초장} + 0.106 \times \text{10월 강수} + 0.229 \times \text{12월 강수}$ '이다. 독립변수의 수와 데이터의 수를 고려한 결정계수인 수정된 결정계수 값이 0.531로 해당 모형은 약 53%의 설명력을 가지고 있고, F-통계량의 p-value (유의확률) 값이 유의수준(0.05)보다 낮아 95%의 신뢰구간에 있지 않음으로 귀무가설은 기각하고, 대립가설을 검정하므로 추정된 회귀식은 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

## 4. 결론 및 향후 연구계획

본 논문에서는 기후요소에 따른 이탈리아 라이그라스 생산량을 분석하기 위해 사료작물 생산성 실태조사를 통해 확보된 이탈리아 라이그라스 생산량과 기상자료 개방 포털의 종관 기상관측(ASOS) 데이터를 전처리하여 기초데이터셋 DB를 구축하였다. 빅데이터 분석을 위해 R을 활용하였으며 다중공선성 검정, 상관관계 분석, 단순선형 회귀분석, 다중선형 회귀분석을 수행하여 생산량 예측모형을 도출하였다. 동계작물인 이탈리아 라이그라스는 일조율과 평균풍속, 초장(cm), 10월 강수, 12월 강수의 영향을 많이 받는 것으로 분석되었다. 그러나 사료작물의 특성상 기후요소 데이터만으로 생산량이 결정된다고 할 수는 없으므로 향후 추가적인 기후요소뿐만 아니라 재배환경 요소 등에 대한 데이터를 추가 수집하여 연구를 계속 수행할 계획이며 향후 예측모형의 정확도를 높일 수 있을 것으로 기대하고 있다.

### 참고문헌

- [1] 박성민, 이성원, 정에란, 신문선, 문상호, "기후변화에 따른 사료작물 생산성변화 빅데이터 분석"- 한국산학기술학회 춘계 학술발표논문집, 2021년 6월.
- [2] 김현애, 현신우, 김광수, "공간분포모형을 활용한 사료작물 이탈리아 라이그라스(Lolium multiflorum L.)의 재배적지 변동예측연구"- 한국농림기상학회지 제16권 제2호, 2014년
- [3] 성민규, 김찬수, 서명석, "다중 지역기후모델로부터 모의된 월 기온자료를 이용한 다중선형회귀모형들의 예측 성능 비교"- 한국기상학회 대기 제25권 4호, 2015년
- [4] 김현애, "Lolium multiflorum의 기후변화 영향평가를 위한 재배적지 예측모델의 활용"- 서울대학교 대학원, 2016년
- [5] 김신곤, "빅데이터 분석을 활용한 마늘 생산에 미치는 날씨 요인에 관한 영향 조사 모형 개발"- 한국산학기술학회논문지 제19권 제5호, 2018년

- [6] 기후변화에 따른 사료작물의 적지·생산성 변화 실태조사 및 영향·취약성 평가 - 국립축산과학원
- [7] 이윤선, 이승호, “기후변화가 벼의 생산량에 미치는 영향”- 국토지리학회지 제42권 제3호, 2008년
- [8] 이승호, 허인혜, 이경미, 김선영, 이윤선, 권원태, “기후변화가 농업생태에 미치는 영향”- 대한지리학회지 제43권 제1호, 2008년