

Research Article

## 혼파초지에서 지역별 건물수량과 하고일수 간 관계

오승민<sup>1</sup>, 김문주<sup>2</sup>, 팽경륜<sup>2</sup>, 이배훈<sup>1</sup>, 김지용<sup>1</sup>, 베페카두<sup>1</sup>, 김시철<sup>1</sup>, 김경대<sup>3</sup>, 김병완<sup>1</sup>, 조무환<sup>4</sup>, 성경일<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 동물생명과학대학, 춘천, 24341

<sup>2</sup>강원대학교 동물자원공동연구소, 춘천, 24341

<sup>3</sup>강원도농업기술원, 춘천, 25300

<sup>4</sup>농어촌청소년육성재단, 서울, 06242

## The Relationships between Dry Matter Yield and Days of Summer Depression in different Regions with Mixed Pasture

Seung Min Oh<sup>1</sup>, Moonju Kim<sup>2</sup>, Jinglun Peng<sup>2</sup>, Bae Hun Lee<sup>1</sup>, Ji Yung Kim<sup>1</sup>, Befekadu Chemere<sup>1</sup>,  
Si Chul Kim<sup>1</sup>, Kyeong Dae Kim<sup>3</sup>, Byong Wan Kim<sup>1</sup>, Mu Hwan Jo<sup>4</sup>, Kyung Il Sung<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon, 24341, Republic of Korea

<sup>2</sup>Institute of Animal Resources, Kangwon National University, Chuncheon, 24341, Republic of Korea

<sup>3</sup>Gangwondo Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 25300, Republic of Korea

<sup>4</sup>Foundation for Rural Youth, Seoul, 06242, Republic of Korea

### ABSTRACT

Yield prediction model for mixed pasture was developed with a shortage that the relationship between dry matter yield (DMY) and days of summer depression (DSD) was not properly reflected in the model in the previous research. Therefore, this study was designed to eliminate the data of the regions with distinctly different climatic conditions and then investigate their relationships DMY and DSD using the data in each region separately of regions with distinct climatic characteristics and classify the data based on regions for further analysis based on the previous mixed pasture prediction model. The data set used in the research kept 582 data points from 11 regions and 41 mixed pasture types. The relationship between DMY and DSD in each region were analyzed through scatter plot, correlation analysis and multiple regression analysis in each region separately. In the statistical analysis, DMY was taken as the response variable and 5 climatic variables including DSD were taken as explanatory variables. The results of scatter plot showed that negative correlations between DMY and DSD were observed in 7 out of 9 regions. Therefore, it was confirmed that analyzing the relationship between DMY and DSD based on each region is necessary and 5 regions were selected (Hwaseong, Suwon, Daejeon, Siheung and Gwangju) since the data size in these regions is large enough to perform the further statistical analysis based on large sample approximation theory. Correlation analysis showed that negative correlations were found between DMY and DSD in 3 (Hwaseong, Suwon and Siheung) out of the 5 regions, meanwhile the negative relationship in Hwaseong was confirmed through multiple regression analysis. Therefore, it was concluded that the interpretability of the yield prediction model for mixed pasture could be improved based on constructing the models using the data from each region separately instead of using the pooled data from different regions.

(Key words : Mixed pasture, Days of Summer Depression, Region, Prediction model)

### I. 서론

Sung(2010)은 기후, 토양 및 풀사료(목초 및 사료작물)의 big data를 기반으로 재배적지를 제시하고, Sung(2015)은 수량을 예측하는 KNU-FoPPIS(Kangwon National University - Forage Productivity Prediction Information System)를 구축하고 있다. Oh et al.(2017)은 혼파초지에 대해 기후, 시비, 파종

및 조성연차 요인을 단계적으로 적용하여 6가지(Model I~VI)의 수량예측식을 구축하였다. 이 중 해석력(모형적합도, R<sup>2</sup>) 및 풀사료 생산 이론 측면에서 가장 우수했던 수량예측식은 기후, 시비, 파종 및 조성연차 요인을 고려한 Model VI였다. Model VI는 조성연차의 특성이 뚜렷하여 Group 1(1~3년)과 Group 2(4~7년)로 나누어 제시하였다. Group 1은 건물수량 =

\* Corresponding author : Kyung Il Sung, Department of Animal Life Science, Kangwon National University, 24341, Chuncheon, Republic of Korea.  
Tel: +82-33-250-8625, Fax: +82-33-242-4540, E-mail: kisung@kangwon.ac.kr

82.4×강수일수 0 + 37.0×생육일수 0 + 33.1×하고일수 + 15.5×인산 시비량 + 9.1×질소 시비량 - 200.6×과중량 - 11.2×칼리 시비량 - 1.0×적산강수량 0 - 4,160.9( $R^2=48.5\%$ )였으며, Group 2는 건물수량 = 128.7×강수일수 0 + 24.7×인산 시비량 - 8,679.2( $R^2=65.6\%$ )로서 평균 해석력은 53.8%였다. 그러나 Oh et al.(2017)의 수량예측식인 Model VI은 건물수량에 대한 하고일수(25°C 이상의 평균기온을 기록한 일의 합)의 효과가 정(+)으로 나타나 부(-)로 알려진 일반적인 풀사료 생산 이론(La, 2010)의 하고현상과 일치하지 않았다. 건물수량에 대한 효과가 정(+)으로 나타난 하고일수의 문제점이 발생한 것은 기존 Oh et al.(2017)에서 혼파조합이 51가지로 다양하여 초종 및 혼파조합을 구분하지 못한 것에 영향을 받았을 가능성이 있다. 즉, 혼파초지에서 초종 및 혼파조합의 선발은 지역의 특성(기온, 강수량 및 토양)에 기반하므로 지역 특성에 따라 건물수량에 대한 하고일수의 효과는 다르게 나타날 수 있다. 강원도 평창의 대관령지역은 일최고 및 일최저기온이 전국의 평균과 비교하여 각각 5.4 및 1.5°C가 낮은 것은(Ko et al., 2006) 높은 고도가 영향을 준 것으로 사료된다(Lee et al., 2006). 이는 고도가 높은 대관령지역은 다른 지역에 비해 하고일수가 적게 나타날 수 있음을 시사한다. 또한 Peng et al.(2016)이 이탈리아 라이그라스의 수량예측모형 연구에서 우리나라 내륙과 제주도 지역 간 건물수량 및 기후요인에서 모두 유의적인 차이가 있으며, Kim et al.(2006)도 제주도 지역의 연평균기온 및 연강수량이 우리나라 내륙 지역에 비해 높다고 보고하였다. 제주도는 지형적 특성인 섬에 의한 해양성 기후와 산악지형에 의한 특성에 영향을 받아 기온 및 강수

량 등에서 내륙과는 다르게 나타나므로(Hyun and Lee, 1990) 하고일수가 많게 나타날 수 있다. 따라서 하고일수는 평창과 제주도처럼 지역 특성에 따라 차이가 발생할 수 있다.

Ko et al.(2006)은 한반도의 기온 특성을 근거로 지역을 크게 다섯 가지(서해 중북부, 서해 외 해안, 북부 내륙, 남부 내륙 및 산지 지역)로 구분하였다. 또한 Ko et al.(2005)은 한반도의 우기 때 강수 특성을 근거로 지역을 크게 여섯 가지(영동, 중부의 북부, 중부의 남부, 남부의 동부, 남부의 서부 및 남부의 해안)로 구분하고 있다. 이것은 우리나라가 국토가 좁음에도 기온과 강수 특성이 지역에 따라 다양한 것을 의미한다. 이상에서 건물수량에 영향을 주는 하고일수는 지역에 따라 다양하게 나타날 수 있어 건물수량과 하고일수와의 관계 검토 시에는 지역을 구분할 필요가 있음을 시사한다.

이상에서 본 연구는 혼파초지 수량예측식의 정밀도 향상을 목적으로 Oh et al.(2017)에서 혼파초지가 건물수량과 하고일수 간 정(+)의 상관관계로 나타난 풀사료 생산이론과 상반된 결과를 구명하고자 지역별 관점에서 검토하였다. 이를 위하여 우선 혼파초지의 건물수량 자료 중 기후특성이 뚜렷하다고 판단한 평창과 제주도의 자료를 제외하되 지역별로 구분하지 않은 건물수량과 하고일수 간 상관관계를 검토하였으며, 그 다음은 혼파초지 자료를 지역별로 구분하여 건물수량과 하고일수 간 상관관계를 검토하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 분석자료

본 연구에 이용된 혼파초지 자료의 가공절차는 Fig .1과 같

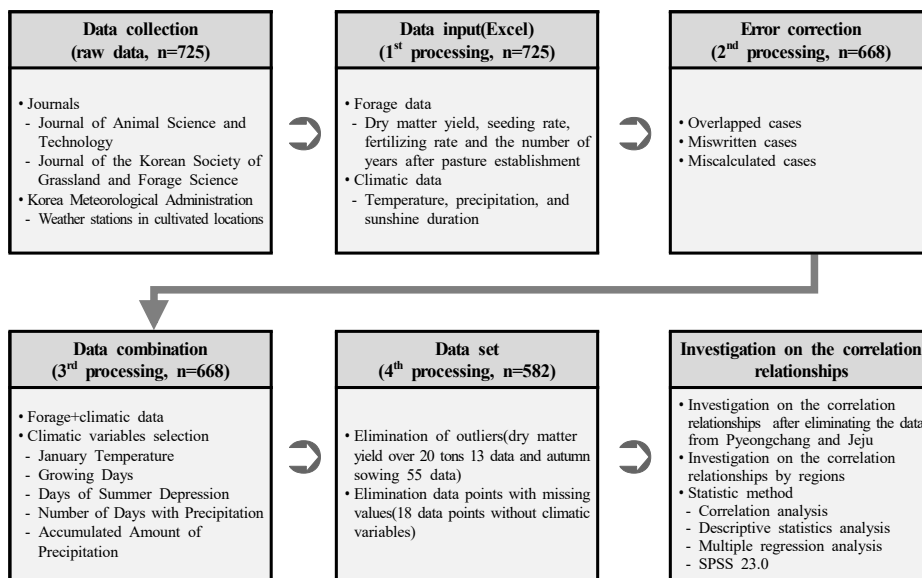


Fig. 1. Flowchart of mixed pasture data processing.

았다. 자료수집(Data collection)부터 4차 가공의 데이터세트(Data set)까지는 Oh et al.(2017)과 같다(Fig. 1). 원자료는 16개 지역 51가지의 혼파조합으로서 총 725점이었다. 가공절차 과정은 혼파초지자료 및 기후자료를 각각 엑셀에 입력하는 1차 가공(16개 지역, 51가지 혼파조합, n=725), 오류자료(중복자료, 오기자료 및 계산자료)를 수정하는 2차 가공(13개 지역, 45가지 혼파조합, n=668), 혼파초지자료와 기후자료를 병합하는 3차 가공(13개 지역, 45가지 혼파조합, n=668) 및 결측치(Missing value)와 풀사료 전문가의 회의를 통해 이상점(Outliers)을 제거한 4차 가공(11개 지역, 41가지 혼파조합, n=582)이었다. Fig. 2는 혼파초지 데이터세트의 지역별 분포와 표본크기를 나타냈다. 혼파조합의 초종은 오차드그라스, 라디노클로버, 페레니얼라이그라스, 톨페스큐, 티모시, 켄터키블루그라스, 이탈리아안라이그라스, 알팔파, 레드클로버 등 북방형 목초로서 최소 2종에서 최대 7종으로 구성되어 있었으며 혼파조합별로 분류하지 않았다(Table 1). 건물수량과 하고일수 간 상관관계는 1) 평창 및 제주 지역을 제외하고 나머

지 지역을 분류하지 않은 경우(9개 지역, 30가지 혼파조합, n=529) 및 2) 평창 및 제주 지역을 포함하여 지역별로 분류한 경우(11개 지역, 41가지 혼파조합, n=582)로 나누어 검토하였다.

## 2. 변수설명

Table 2는 반응변수인 건물수량(Dry Matter Yield; DMY, kg/ha)과 설명변수인 기후요인의 기상변수를 나타내었다. 기후요인에서 기상변수는 최한월(1월) 일평균기온의 평균인 최한월평균기온(Mean Temperature of January; MTJ, °C), 0~25°C의 평균기온을 기록한 일의 합인 생육일수 0(Growing Days 0; GD 0, day), 25°C 이상의 평균기온을 기록한 일의 합인 하고일수(Days of Summer Depression; DSD, day), 평균기온이 0°C 이상인 일 중 0mm 이상의 강수량을 기록한 일의 합인 강수일수 0(Number of Days with Precipitation 0; NDP 0, day), 평균기온이 0°C 이상인 일 중 0mm 이상의 강수량을 기록한 일의 강수량의 합인 적산강수량 0(Accumulated Amount of Precipitation 0; AAP 0, mm)의 5개였다.

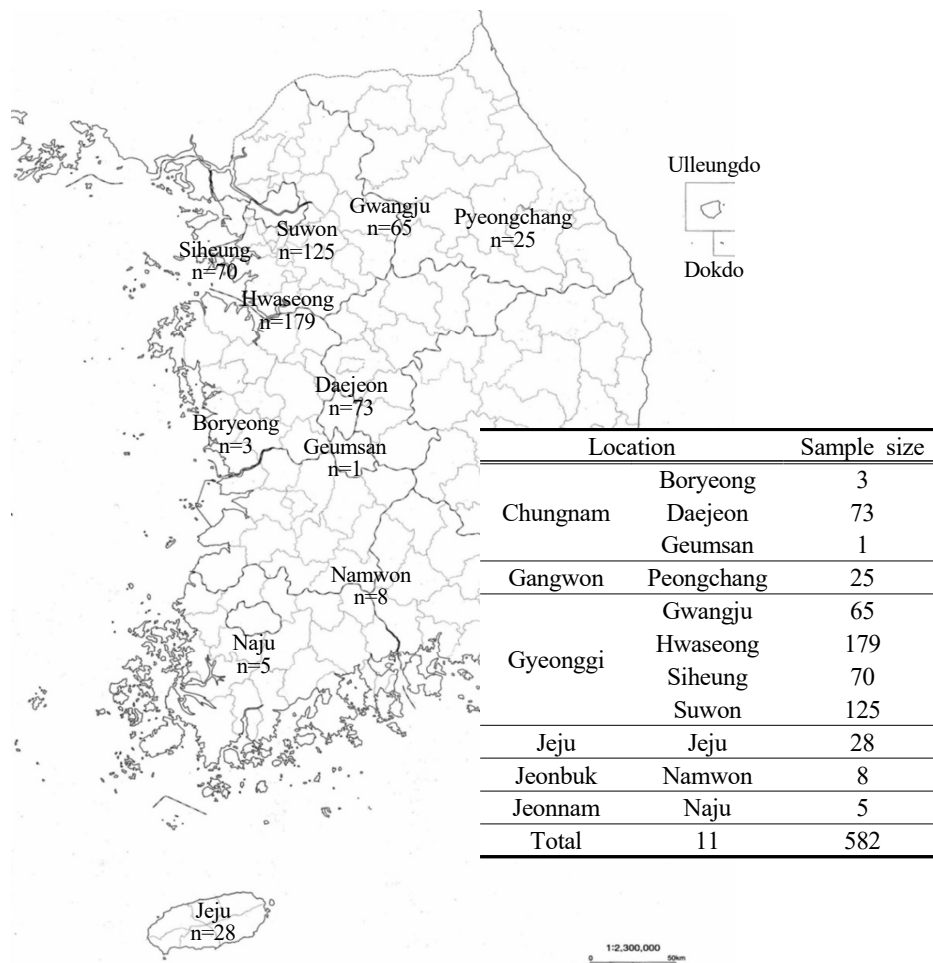


Fig. 2. Map with sample size of the cultivated locations in the mixed pasture dataset.

Table 1. Species composition in the mixed pastures system

| Forage  | Common name(Scientific name)   |
|---------|--|
| Grasses | Orchardgrass( <i>Dactylis glomerata</i> L.), Perennial ryegrass( <i>Lolium perenne</i> L.), Tall fescue( <i>Festuca arundinacea</i> Schr.), Timothy( <i>Phleum pratense</i> L.), Kentucky bluegrass( <i>Poa pratensis</i> L.), Italian ryegrass( <i>Lolium multiflorum</i> Lam.) |
| Legumes | Ladino clover( <i>Trifolium repens</i> L.), Alfalfa( <i>Medicago sativa</i> L.), Red clover( <i>Trifolium pratense</i> L.)   |

Table 2. Variables used in yield prediction modeling for mixed pasture system

| Factor  | Variable name                                 | Unit  |
|---------|---|-------|
| Yield   | Dry Matter Yield (DMY)                        | kg/ha |
| Climate | Mean Temperature in January (MTJ)             | °C    |
|         | Growing Days 0 (GD 0)                         | day   |
|         | Days of Summer Depression (DSD)               | day   |
|         | Number of Days with Precipitation 0 (NDP 0)   | day   |
|         | Accumulated Amount of Precipitation 0 (AAP 0) | mm    |

### 3. 통계처리방법

통계처리방법의 순서는 1) 건물수량과 하고일수 간 상관관계를 확인하기 위한 산점도 확인, 2) 변수의 분포를 확인하기 위한 기술통계량 분석, 3) 반응변수인 건물수량과 설명변수인 기상변수 간 풀사료 생산 이론의 일치 여부를 확인하기 위해 상관분석을 이용하였으며 모든 변수가 양적변수(Quantitative variable)이므로 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 사용, 4) 반응변수와 모든 설명변수 간 효과를 확인하기 위해 다중회귀분석을 이용하였으며 추정방법은 최대우도방법(Maximum likelihood estimation)을 이용하였다. 또한 모든 설명변수의 효과를 파악하기 위해 변수선택방법은 이용하지 않았다. 설명변수 간의 다중공선성(Multicollinearity)을 확인하기 위해 분산확대인자(Variance inflation factor; VIF)를 사용하였으며, 모형식은 다음과 같다.

$$Y_{(n \times 1)} = X_{(n \times p)}\beta_{(p \times 1)} + \epsilon_{(n \times 1)}, \epsilon \sim i.i.d.N(0, \sigma^2)$$

여기서  $Y$ 는 반응변수로서 건물수량이고,  $X$ 는 설명변수이다.  $\beta$ 는 추정되는 회귀계수벡터이고,  $\epsilon$ 는 잔차(Residual)이다. 여기서 모형은  $\epsilon \sim i.i.d.N(0, \sigma^2)$ 인 정규성(Normality), 선형성(Linearity), 등분산성(Homoscedasticity), 독립성(Independency) 가정을 만족시켜야 한다. 본 연구에서 통계분석을 위해 사용한 프로그램은 SPSS 23.0(IBM corp.)이었다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 평창 및 제주 지역을 제외한 건물수량과 하고일수 간 상관관계 검토

#### 1.1. 산점도 확인

본 연구에서는 기후특성이 뚜렷한 2개 지역(평창 및 제주도)의 건물수량자료를 제거하면 혼파초지의 건물수량과 하고일수 간에 부(-)의 상관관계가 나타날 것으로 추측(가정)하였다. 이를 확인하기 위하여 평창 및 제주도의 건물수량자료를 제외한 후 나머지 지역에 대해서는 지역별로 구분하지 않고 건물수량과 하고일수 간의 상관관계를 산점도로 제시하였다(Fig. 3). 기후특성이 뚜렷하다고 판단한 평창과 제주를 제외하여도 혼파초지의 건물수량과 하고일수 간에는 정(+)의 상관관계로 나타나 풀사료 생산 이론과 불일치하는 문제점을 해결하지 못하였다. 이유로는 평창 및 제주도의 표본크기가 각각 25 및 28개로 전체 582점의 자료에서 차지하는 비율이 9.1%(평창 4.3 및 제주도 4.8%)에 불과하여 거의 영향을 주지 않은 것으로 생각된다. 그러므로 2개 지역을 제외한 본 결과의 경우 다음 단계인 기초통계량, 상관분석 및 다중회귀분석 과정을 검토하는 것이 의미가 없어 더 이상 진행하지 않았다. 따라서 이하에서는 평창과 제주를 포함한 건물수량자료를 지역별로 구분하여 건물수량과 하고일수 간 상관관계에 대해서 검토하였다.

### 2. 지역별 건물수량과 하고일수 간 상관관계 검토

#### 2.1. 산점도 확인

산점도 분포를 통한 11개지역에서 건물수량과 하고일수 간 상관관계는 Fig. 4와 같다. 7개 지역(시흥, 화성, 수원, 대전, 나주, 남원 및 제주)은 풀사료 생산 이론과 일치하는 부(-)의 상관관계가 나타났다. 한편 2개 지역(평창 및 광주)은 정

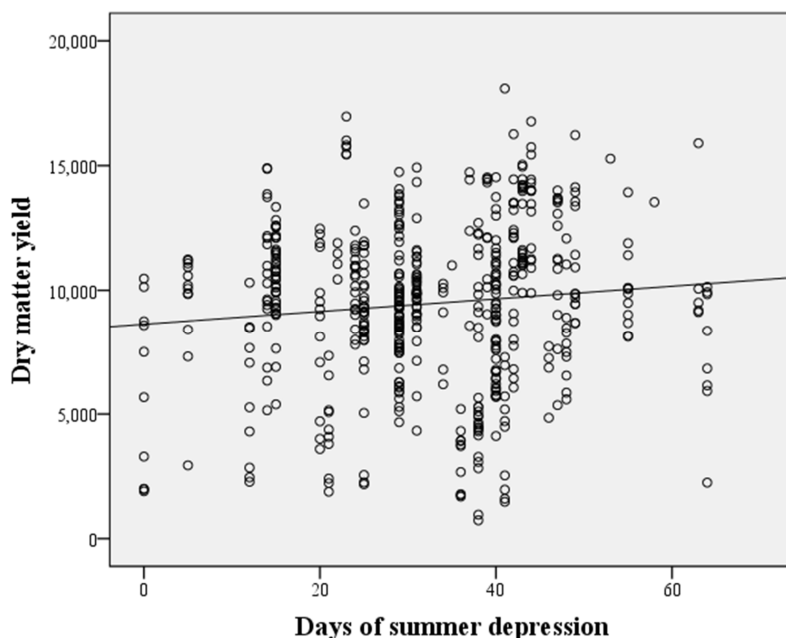


Fig. 3. Scatter plot of days of summer depression and dry matter yield in the mixed pasture dataset (except of Pyeongchang and Jeju data).

(+)의 상관관계가 나타났다. 평창의 경우 타 지역에 비해 상대적으로 낮은 기온으로 하고일수가 적어 건물수량에 대한 하고일수의 영향이 상대적으로 미미하게 나타난 것으로 생각된다. 광주에서 혼파초지의 건물수량과 하고일수 간 정(+)의 상관관계가 나타난 이유에 대해서는 분명하지 않다. 나머지 2개 지역 보령 및 금산에서 하고일수가 각각 14일인 표본이 1개 및 41일인 표본이 3개로 한가지 경우만 존재하여 상관관계를 확인할 수 없었다. 이상에서 11개 지역 중 7개 지역에서 건물수량과 하고일수 간 부(-)의 상관관계가 나타나 지역별로 구분할 때 풀사료 생산 이론과 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 건물수량과 하고일수와 상관관계를 혼파조합별로 분류하지 않고 검토함으로써 발생할 수 있는 혼파조합 간 상대적인 건물수량의 차이를 고려하지 못하고 있다. 따라서 보다 많은 혼파조합별 자료를 축적하여 건물수량과 하고일수의 상관관계에 대한 검토가 요구된다.

본 연구에서 건물수량과 하고일수 간의 부(-)의 상관관계를 산점도를 통해서 확인했지만 혼파초지의 수량에 영향을 미치는 Table 2의 기상변수들을 고려했을 때 이 상관관계가 풀사료 생산 이론과 일치하는지를 확인할 필요가 있다. 이를 확인하는 방법은 다중회귀분석으로 대표본 근사이론(Large sample approximation theory)의 적용이 가능하여야 하므로 표본크기가 30개 이상인 지역을 선정할 필요가 있었다. 이에 따라 대표본 근사이론을 적용할 수 있었던 화성(n=179),

수원(n=125), 대전(n=73), 시흥(n=70) 및 광주(경기)(n=65)의 5개 지역이 선정되었다. 따라서 이하에서는 선정된 5개 지역에 대한 기술통계량, 상관분석 및 회귀분석을 진행하였다.

## 2.2. 기술통계량 분석

5개 지역에서 반응변수 및 설명변수의 기술통계량은 Table 3과 같다. 건물수량인 DMY는 화성, 수원 및 광주에서 차이가 없었으며, 대전에서 높고 시흥에서 낮은 결과가 나타났다( $p < 0.05$ ). 대전에서 DMY가 높았던 것은 비록 하고일수인 DSD가 광주와 함께 유의적으로( $p < 0.05$ ) 높았으나 다른 지역에 비해 최한월평균기온인 MTJ가  $-0.9^{\circ}\text{C}$ 로서 다른 지역에 비해 유의적으로( $p < 0.05$ ) 높은 것에서 겨울이 상대적으로 따뜻했던 것에 기인했을 것이며 Kim et al.(2011)이 수원 지역에서 겨울철 평균기온이 높을수록 C3 목초의 생산량이 높아진다고 보고한 것과 같은 경향이였다. 또한 강수량인 AAP 0을 확인하였을 때 1,468.6mm로서 Kim(1969)이 보고한 오차드그라스, 티모시, 라디노클로버 및 레드클로버 혼파초지에서 수량에 많다고 보고한 900~1,300mm의 강수량보다 다소 높았으나, 생육에 문제가 발생되지 않는 선에서 강수량이 충분했던 것으로 생각된다.

시흥에서 DMY가 낮았던 것은 DSD가 유의적으로( $p < 0.05$ ) 낮아 하고의 피해는 적었으나 화성과 함께 MTJ가 유의적으로( $p < 0.05$ ) 낮아 겨울이 상대적으로 월동에 불리한 환경이었던

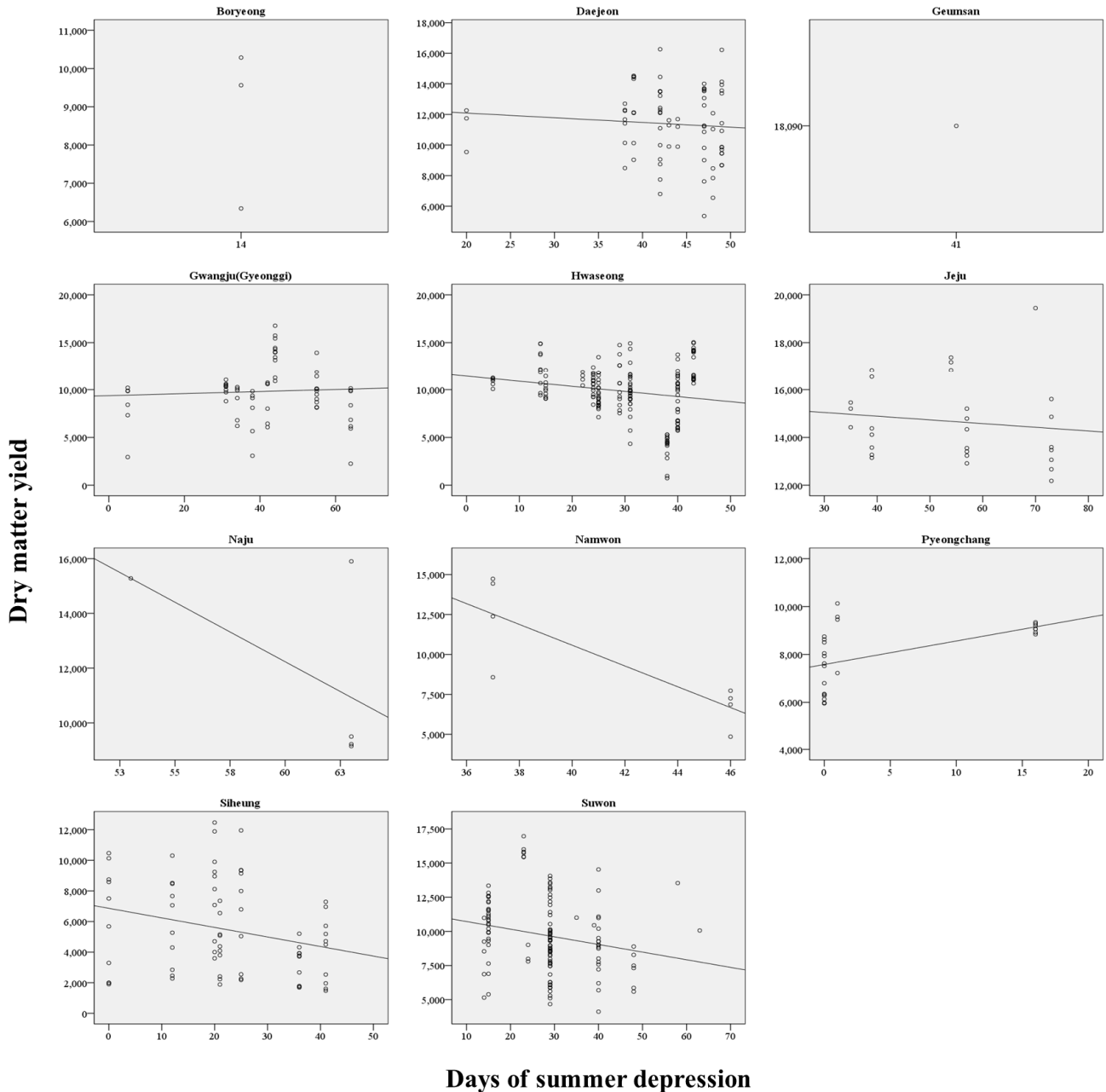


Fig. 4. Scatter plots of days of summer depression and dry matter yield in different cultivated regions in the mixed pasture dataset.

것으로 생각된다. 또한 AAP 0을 확인하였을 때 1,032.3mm로서 Kim(1969)이 보고한 혼파초지가 생육하는데 적합한 900~1,300mm의 범위이나 상대적으로 다른 지역에 비해 강수량이 적었던 것으로 생각된다.

### 2.3. 상관분석

건물수량과의 상관분석 결과는 Table 4와 같다. 그 결과 건물수량에 대한 하고일수의 효과가 유의적으로 나타난 모든

지역에서 풀사료 생산 이론과 일치하는 부(-)의 상관관계가 나타났다. 또한 건물수량에 대하여 하고일수를 제외한 나머지 변수의 효과를 확인하였을 때, 유의적으로 나타난 변수에서 모두 풀사료 생산 이론과 일치하는 경향이 나타났다. 그러나 화성 및 시흥에서 4가지 변수가 유의적으로 나타난 것에 비해 수원에서는 2가지, 대전 및 광주에서는 1가지 변수가 유의적으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 따라서 변수의 효과가 지역에 따라 다소 차이가 있었다.

Table 3. Descriptive statistics of dry matter yield and climatic variables of each regions in the mixed pasture system

| Variable            | Daejeon(n=73)         |                  | Gwangju(n=65)        |         | Hwaseong(n=179)      |         | Siheung(n=70)        |         | Suwon(n=125)         |         |
|---------------------|-----------------------|------------------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|
|                     | Mean                  | SD <sup>1)</sup> | Mean                 | SD      | Mean                 | SD      | Mean                 | SD      | Mean                 | SD      |
| DMY <sup>2)</sup>   | 11,378.1 <sup>a</sup> | 2,299.2          | 9,814.2 <sup>b</sup> | 2,920.8 | 9,817.8 <sup>b</sup> | 2,792.5 | 5,481.6 <sup>c</sup> | 3,021.3 | 9,696.2 <sup>b</sup> | 2,711.2 |
| MTJ <sup>3)</sup>   | -0.9 <sup>a</sup>     | 1.2              | -1.5 <sup>b</sup>    | 0.9     | -3.3 <sup>c</sup>    | 2.0     | -3.3 <sup>c</sup>    | 2.4     | -2.0 <sup>b</sup>    | 2.0     |
| GD 0 <sup>4)</sup>  | 277.3 <sup>b</sup>    | 12.7             | 278.5 <sup>b</sup>   | 13.6    | 275.8 <sup>b</sup>   | 17.9    | 284.3 <sup>a</sup>   | 19.2    | 280.6 <sup>ab</sup>  | 15.6    |
| DSD <sup>5)</sup>   | 43.2 <sup>a</sup>     | 6.2              | 41.4 <sup>a</sup>    | 15.7    | 29.9 <sup>b</sup>    | 9.9     | 22.1 <sup>c</sup>    | 12.9    | 28.3 <sup>b</sup>    | 10.3    |
| NDP 0 <sup>6)</sup> | 104.2 <sup>b</sup>    | 10.4             | 100.7 <sup>bc</sup>  | 10.6    | 107.9 <sup>a</sup>   | 14.7    | 86.7 <sup>d</sup>    | 9.4     | 100.2 <sup>c</sup>   | 12.1    |
| AAP 0 <sup>7)</sup> | 1,468.6 <sup>b</sup>  | 368.9            | 1,622.2 <sup>a</sup> | 491.8   | 1,344.9 <sup>c</sup> | 330.9   | 1,032.3 <sup>d</sup> | 110.8   | 1,277.5 <sup>c</sup> | 332.2   |

<sup>a-d</sup> Means in a row with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>1)</sup>SD: Standard Deviation, <sup>2)</sup>DMY: Dry Matter Yield, <sup>3)</sup>MTJ: Mean Temperature in January, <sup>4)</sup>GD 0: Growing Days 0, <sup>5)</sup>DSD: Days of Summer Depression, <sup>6)</sup>NDP 0: Number of Days with Precipitation 0, <sup>7)</sup>AAP 0: Accumulated Amount of Precipitation 0

Table 4. Correlation analysis between dry matter yield and climatic variables of each regions in the mixed pasture dataset

| Region   | Sample size | MTJ <sup>1)</sup> | GD 0 <sup>2)</sup> | DSD <sup>3)</sup> | NDP 0 <sup>4)</sup> | AAP 0 <sup>5)</sup> |
|----------|-------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| Daejeon  | 73          | .240*             | 0.125              | -0.082            | 0.142               | -0.082              |
| Gwangju  | 65          | -0.003            | 0.133              | 0.058             | 0.244               | .544**              |
| Hwaseong | 179         | .270**            | .159*              | -.190*            | .357**              | 0.02                |
| Siheung  | 70          | 0.142             | .296*              | -.267*            | .348**              | .369**              |
| Suwon    | 125         | -0.075            | .226*              | -.212*            | -0.082              | 0.054               |

<sup>1)</sup>MTJ: Mean Temperature in January, <sup>2)</sup>GD 0: Growing Days 0, <sup>3)</sup>DSD: Days of Summer Depression, <sup>4)</sup>NDP 0: Number of Days with Precipitation 0, <sup>5)</sup>AAP 0: Accumulated Amount of Precipitation 0

이상에서 건물수량에 대한 하고일수의 효과가 3개 지역에서 풀사료 생산 이론과 일치하는 부(-)의 상관관계가 나타나 수량예측에서 지역을 구분할 필요가 있었음을 확인하였다.

#### 2.4. 다중회귀분석

지역별 하고일수가 포함된 기상변수를 이용한 다중회귀분석 결과는 Table 5와 같다. MTJ는 모든 지역에서 유의적이지 않았으며( $p > 0.05$ ) GD 0은 수원에서만 유의적으로 나타났다

( $p < 0.05$ ). 또한 DSD는 화성에서만 유의적으로( $p < 0.05$ ) 나타났다, NDP 0 및 AAP 0은 화성 및 광주에서만 유의적으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 따라서 화성, 수원 및 시흥의 경우 유의적으로 나타난 모든 변수가 풀사료 생산 이론과 일치하는 경향이 나타났다. 그러나 대전의 경우 모든 기상변수가 유의적이지 않은 것으로 나타났으며, 광주의 경우 유의적으로 나타난 변수인 NDP 0이 부(-)의 상관관계로서 풀사료 생산 이론과 일치하지 않는 경향이 나타났다. 이것은 앞선 산점도 분포에

Table 5. Coefficient of multiple regression analysis of each regions in the mixed pasture dataset

| Variable            | Daejeon(n=73) |         |                   | Gwangju(n=65) |         |        | Hwaseong(n=179) |         |       | Siheung(n=70) |         |       | Suwon(n=125) |         |        |
|---------------------|---------------|---------|-------------------|---------------|---------|--------|-----------------|---------|-------|---------------|---------|-------|--------------|---------|--------|
|                     | Estimate      | P-Value | VIF <sup>1)</sup> | Estimate      | P-Value | VIF    | Estimate        | P-Value | VIF   | Estimate      | P-Value | VIF   | Estimate     | P-Value | VIF    |
| Constant            | 8,772.8       | 0.575   | -                 | -24,322.3     | 0.316   | -      | 2,156.0         | 0.807   | -     | -19,461.2     | 0.173   | -     | -22,622.4    | 0.123   | -      |
| MTJ <sup>2)</sup>   | 388.3         | 0.178   | 1.629             | -378.4        | 0.382   | 1.979  | 123.9           | 0.354   | 2.474 | 298.7         | 0.177   | 2.659 | -494.3       | 0.062   | 5.190  |
| GD 0 <sup>3)</sup>  | 2.5           | 0.953   | 3.914             | 149.2         | 0.058   | 15.086 | -1.0            | 0.968   | 7.189 | 8.2           | 0.833   | 5.188 | 126.2        | 0.012   | 10.850 |
| DSD <sup>4)</sup>   | 12.2          | 0.889   | 3.990             | 93.2          | 0.211   | 18.202 | -123.8          | 0.003   | 5.742 | 73.0          | 0.277   | 6.934 | 111.5        | 0.1     | 8.784  |
| NDP 0 <sup>5)</sup> | 33.6          | 0.425   | 2.622             | -216.8        | 0       | 3.865  | 138.5           | 0       | 2.799 | 45.9          | 0.327   | 1.764 | -64.2        | 0.07    | 3.318  |
| AAP 0 <sup>6)</sup> | -1.2          | 0.175   | 1.411             | 6.2           | 0       | 4.877  | -2.1            | 0.017   | 3.002 | 17.4          | 0.004   | 3.987 | -0.6         | 0.728   | 6.302  |
| R <sup>2</sup>      | 0.085         |         |                   | 0.494         |         |        | 0.362           |         |       | 0.251         |         |       | 0.122        |         |        |

<sup>1)</sup>VIF: Variance inflation factor, <sup>2)</sup>MTJ: Mean Temperature in January, <sup>3)</sup>GD 0: Growing Days 0, <sup>4)</sup>DSD: Days of Summer Depression, <sup>5)</sup>NDP 0: Number of Days with Precipitation 0, <sup>6)</sup>AAP 0: Accumulated Amount of Precipitation 0

서 확인한 것과 마찬가지로 혼파조합을 고려하지 않았던 것에 기인하는 것으로 생각된다.

이상에서 혼파초지의 건물수량에 대한 하고일수의 상관관계는 지역을 구분하였을 때 풀사료 생산 이론과 일치하였다. 모든 기상변수를 고려한 건물수량과 하고일수 간의 상관관계에서도 화성은 다중공선성에서 다소 교란의 의심은 있으나 강한 부(-)의 상관관계( $p < 0.003$ )로 나타나 풀사료 생산 이론과 일치하였다. 나머지 4개 지역은 건물수량과 하고일수 간 유의성이 없거나( $p > 0.05$ ) 다중공선성이 높아 명확한 상관관계를 확인할 수 없었다. 따라서 4개 지역의 건물수량과 하고일수 간 상관관계에 대해서는 혼파조합별로 분류하여 검토한다면 화성과 같이 부(-)의 상관이 나타날 것으로 생각된다.

#### IV. 요약

본 연구는 혼파초지 수량예측모형에서 기후특성이 뚜렷한 지역의 자료 제거 및 지역별 구분을 통해 건물수량과 하고일수 간 상관관계를 검토하였다. 데이터세트는 총 582점으로 11개 지역으로 분류되며 혼파조합은 총 41가지였다. 변수에서 반응변수는 건물수량이었으며 설명변수는 하고일수를 포함한 5가지의 기상변수를 이용하였다. 통계방법은 산점도, 기술통계량 및 상관분석을 거쳐 다중회귀분석을 통해 건물수량과 하고일수 간 상관관계를 확인하였다. 산점도 분석 결과 데이터세트를 지역별로 구분하였을 때 9개 지역 중 7개에서 건물수량과 하고일수 간 부(-)의 상관관계가 나타나 지역을 구분할 필요가 있었으며 대표본 근사이론을 적용할 수 있었던 5개 지역(화성, 수원, 대전, 시흥 및 광주)을 선정하였다. 5개 지역의 상관분석 결과 3개 지역(화성, 수원 및 시흥)에서, 다중회귀분석결과 화성에서 건물수량에 대한 하고일수의 효과가 부(-)로 나타났다. 따라서 혼파초지의 건물수량에 대한 하고일수의 상관관계는 지역별로 구분하였을 때 풀사료 생산 이론과 일치하여 수량예측모형의 정밀도를 높일 수 있을 것으로 판단하였다.

#### V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 과제번호: PJ01243201의 지원에 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

#### VI. REFERENCES

- Hyun, J.H. and Lee, D.K. 1990. Simulation of sea-land breeze over Jeju Island on a three-dimensional mesoscale model. *Journal of the Korean Meteorological Society*. 26(2): 121-136.
- Kim, S.S., Jang, S.M., Back, H.J., Choi, H.Y. and Kwon, W.T. 2006. Climatological variability of temperature and precipitation in Jeju. *Journal of Korean Earth Science Society*. 27(2): 188-197.
- Ko, J.W., Baek, H.J., Kwon, W.T. and Park, J.Y. 2006. The characteristics of spatial distribution of temperature and regionalization in Korea. *Journal of climate research* 1(1): 3-14.
- Ko, J.W., Baek, H.J. and Kwon, W.T. 2005. The characteristics of precipitation and regionalization during rainy season in Korea. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* 41(1): 101-114.
- Kim, M.H., Kim, M.J., Lee, S.R. and Lee, S.H. 2011. The Relationship between climate and major forage crop productivity in Daegwallyeong and Suwon sites. *Journal of the Association of Korean Geographers*. 45(1): 137-147.
- Kim, D.A. 1969. Establishment and management technologies of grassland. Munundang Press. Seoul.
- La, S.Y. 2010. Livestock and barn management technologies during high temperature period to overcome heat wave. RDA. National Institute of Animal Science. Suwon. pp. 72-73.
- Lee, H.R., Hwang, S.U., Kim, Y.W. and Park, M.S. 2006. Local climate characteristics of Pyeongchang · Daegwallyeong areas. *Proceeding of the Autumn Meeting of KMS*. pp. 186-187.
- Oh, S.M. 2017. A Research on yield prediction of mixed pasture in Korea via model construction in stages. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 37(1): 80-91.
- Peng, J.L., Kim, M.J., Kim, B.W. and Sung, K.I. 2016. Models for estimating yield of Italian ryegrass in south areas of Korean peninsula and Jeju Island. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 36(3): 223-236.
- Sung, K.I. 2010. Research report on development of mapping system for production of high quality forage, RDA.
- Sung, K.I. 2015. Research report on improving the precision of soil and climate factors across the nation for establishing the forage production-digital map for Hanwoo in Korea. RDA.
- SPSS. 2012. IBM SPSS statistics 23.0. IBM Corp., Somers, New York. U.S.A.
- (Received : February 9, 2018 | Revised : March 8, 2018 | Accepted : March 12, 2018)