

Research Article

혼파초지에서 모형의 단계적 적용을 통한 수량예측 연구

오승민¹ · 김문주² · 팽경륜¹ · 이배훈¹ · 김지용¹ · 김병완¹ · 조무환³ · 성경일^{1*}

¹강원대학교 동물생명과학대학, 춘천, 24341

²강원대학교 동물자원공동연구소, 춘천, 24341

³농어촌청소년육성재단, 서울, 06242

A Research on Yield Prediction of Mixed Pastures in Korea via Model Construction in Stages

Seung Min Oh¹, Moon Ju Kim², Jinglun Peng¹, Bae Hun Lee¹, Ji Yung Kim¹,
Byong Wan Kim¹, Mu Hwan Jo³ and Kyung Il Sung^{1*}

¹Department of Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon, 24341, Korea

²Institute of Animal Resources, Kangwon National University, Chuncheon, 24341, Korea

³Foundation for the Rural Youth, Seoul, 06242, Korea

ABSTRACT

The objective of this study was to select a model showing high-levels of interpretability which is high in R-squared value in terms of predicting the yield in the mixed pasture using the factors of fertilization, seeding rate and years after pasture establishment in steps, as well as the climate as a basic factor. The processes of constructing the yield prediction model for the mixed pasture were performed in the sequence of data collection (forage and climatic data), preparation, analysis, and model construction. Through this process, six models were constructed after considering climatic variables, fertilization management, seeding rates, and periods after pasture establishment years in steps, thereafter the optimum model was selected through considering the coincidence of the models to the forage production theories. As a result, Model VI (R squared = 53.8%) including climatic variables, fertilization amount, seeding rates, and periods after pasture establishment was considered as the optimum yield prediction model for mixed pastures in South Korea. The interpretability of independent variables in the model were decreased in the sequence of climatic variables(24.5%), fertilization amount(17.8%), seeding rates(10.7%), and periods after pasture establishment(0.8%). However, it is necessary to investigate the reasons of positive correlation between dry matter yield and days of summer depression (DSD) by considering cultivated locations and using other cumulative temperature related variables instead of DSD. Meanwhile the another research about the optimum levels of fertilization amounts and seeding rates is required using the quadratic term due to the certain value-centered distribution of these two variables.

(Key words : Mixed pasture, Yield prediction model, Application in stages)

I. 서 론

Sung(2010)은 기후, 토양 및 풀사료(목초 및 사료작물)의 Big Data를 기반으로 재배적지를 제시하고, 수량을 예측하는 K-FoPPIS(Korean Forage Productivity Prediction Information System)을 구축하고 있다(Sung, 2015). 풀사료 중 사료작물에 관한 재배적지 연구에서는 강원도에서 기후요인과 토양 요인을 고려하여 이탈리아 라이그라스(Italian Ryegrass: IRG), 청

보리(Whole Crop Barley: WCB) 및 호밀(Forage Rye: FR)의 재배적지를 분석하고 지도에 표현하였다(Kim et al., 2012; Kim et al., 2013; Sung et al., 2014a). 사료작물의 수량예측을 위한 기초 연구에서 Peng et al.(2015)은 사일리지용 옥수수(Whole Crop Maize: WCM)의 건물수량에 영향을 미치는 주요한 기후요인으로 파종에서 수확까지 적산온도, 일조시간 및 강수량의 합이라고 보고하였다. 또한 WCM의 건물수량에 영향을 주는 이 세가지 변수의 기여도(해석력, R²)확인 및 수

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

량예측모형 구축의 필요성을 제시하고 있다(Peng et al., 2015).

사료작물의 수량예측에 대한 연구로는 기후요인을 이용하여 FR(Peng et al., 2016a)과 IRG(Sung et al., 2014b)가, 기후 및 토양요인(지역으로 구분하는 dummy 변수)을 고려한 IRG(Kim et al., 2014)가 있다. 또한 Peng et al.(2016b)은 IRG의 수량예측 시 우리나라의 내륙지역과 제주도를 비교하였을 때 건물수량 및 기상변수가 두 지역간에 유의적인 차이가 있어 이를 구분하여 제시하였다. 이상에서와 같이 우리나라에서 풀사료의 재배적지와 수량예측에 대한 연구는 대부분 단년생 사료작물 위주로 수행하고 있다.

한편 최근 안정적 식량생산(Lee, 1994; Sung et al., 2013) 및 공익적 기능의 개선과 지속 가능한 국토의 효율적 이용(Sung et al., 2014c; Oh et al., 2015)의 측면으로 초지에서 방목을 기반으로 한 산지생태축산에 대한 연구(Kim, 2014a; Kim, 2014b; Sung, 2014)가 활발히 진행되고 있어 다년생 목초류에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 다년생 목초류에 대한 수량예측은 최적의 생산량을 위해서 지역의 기후 및 토양에 적합한 시비 및 파종 등의 효율적인 재배기술을 제시할 수 있다. 또한 이러한 적지적작의 기반이 될 수 있는 수량예측은 농업인의 재배기술(파잉시비에 따른 토양오염, 수량의 불안정성 등의 다양한 문제)에 따른 시행착오를 줄이는데 도

움을 줄 수 있을 것이다. 우리나라에서 초지는 화분과 목초와 두과 목초를 혼파하는 혼파초지(Mixed pasture)로 재배하는 것이 일반적이므로 이에 대한 수량예측 연구가 필요하다. 그러나 혼파초지에 대한 수량예측 연구는 Sung(2015)에서 기후요인을 이용한 기초적인 결과 이외는 전무한 실정이다. 동시에 혼파초지의 수량예측을 향상시키기 위해서는 기후요인은 물론 토양이나 재배기술(시비 및 파종 등) 및 조성연차 등의 요인을 고려해야 하며, 이를 통하여 혼파초지에서 수량예측 모형의 해석력을 높이는 것이 중요하다.

본 연구는 기후요인을 이용한 혼파초지의 수량예측모형을 기초로 하여 시비, 파종 및 조성연차 요인을 단계적으로 적용하여 해석력이 높은 모형을 선정하는데 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 분석자료

혼파초지 수량예측 연구의 흐름도는 Fig. 1와 같이 6단계로 구분할 수 있다. 혼파초지 자료는 1968년부터 2009년까지

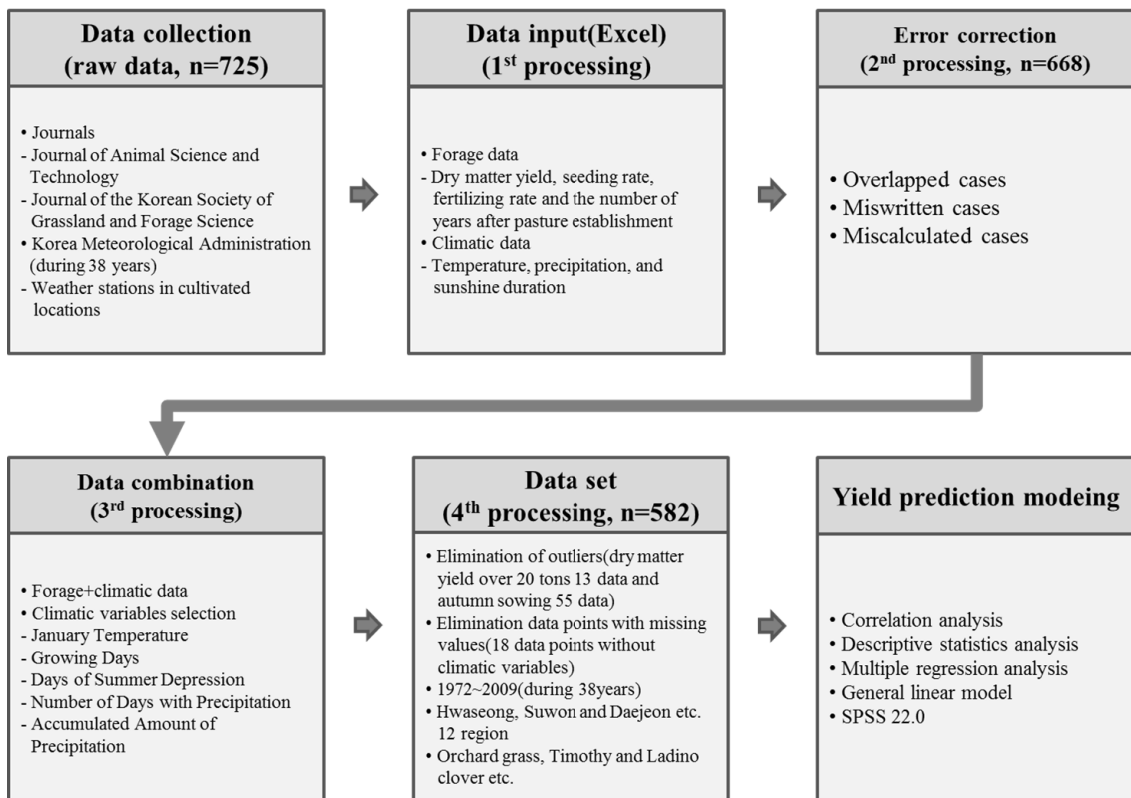


Fig. 1. Research flowchart of yield prediction modeling for mixed pasture

한국초지조사료학회지 및 한국동물자원과학회지로부터 총 725점의 원자료를 수집하였다. 혼파초지자료의 항목은 실험 지역, 파종연도, 조성연차, 혼파조합, 파종량, 시비량, 수확일 및 건물수량이었다. 기후자료는 혼파초지자료에서 실험지역에 기상대가 있는 경우 실험지역의 기상대의 자료를, 실험지역에 기상대가 없는 경우 실험지역에 가장 가까운 기상대의 자료를 수집하였다. 기후자료의 항목은 평균기온, 최저기온, 최고기온, 강수량, 평균풍속, 상대습도 및 일조시간이었다. 데이터를 입력하는 1차 가공에서는 혼파초지자료 및 기후자료를 엑셀에 각각 입력하였다. 오류자료를 수정하는 2차 가공에서는 중복자료(연도, 품종, 파종일 및 수확일 등의 조건이 같은 자료)를 제거하였으며 오기자료(오타 및 품종명이 통일되지 않은 자료) 및 계산자료(생초수량, 건물수량 및 건물물을 비교하였을 때 계산이 잘못된 자료)를 수정하였다. 2차 가공 결과 혼파초지자료는 57점이 제거되어 668점이었다. 자료를 병합하는 3차 가공에서는 혼파초지자료와 기후자료의 원자료인 온도 및 강수량 등을 최한월온도, 생육일수, 하고일수, 강수일수 및 적산강수량의 기상변수로 선정하여 입력하였다. 수량예측에 이용되는 최종 데이터세트를 구성하는 4차 가공에서는 결측치(Missing value) 및 풀사료 전문가의 회의를 통

해 이상점(Outliers)을 제거하였다. 결측치는 기상청에서 기후자료를 수집하지 않은 시기의 기상변수 자료 18점이었으며 이상점은 혼파초지에서 20ton/ha이상의 건물수량이 나온 자료 13점 및 가을파종 당해년도 자료 55점이었다. 따라서 혼파초지의 수량예측에 사용한 최종 데이터세트는 총 86점을 제거한 582점이었다.

최종 데이터세트인 582점의 혼파초지 자료는 1972년부터 2009년까지 38년간 12개 지역(경기 화성 179, 경기 수원 125, 경기 시흥 70, 경기 광주 65, 충남 대전 73, 충남 대천 3, 충남 금산 1, 전남 나주 5, 전북 남원 8, 강원 평창 21, 강원 대관령 4 및 제주 제주 28점)에 분포하였다(Fig. 2). 혼파조합의 초종은 오차드그라스, 라디노클로버, 페레니얼라이그라스, 톨페스큐, 티모시, 켄터키블루그라스, 이탈리아라이그라스, 알팔파, 레드클로버 등이었으며 최소 2종에서 최대 7종의 초종으로 구성되어 있었다(Table 1). 혼파초지 수량예측모형은 최종 데이터세트를 이용하여 상관분석, 기술통계량, 다중회귀모형 및 일반선형모형 등의 통계방법을 이용하여 구축하였다.

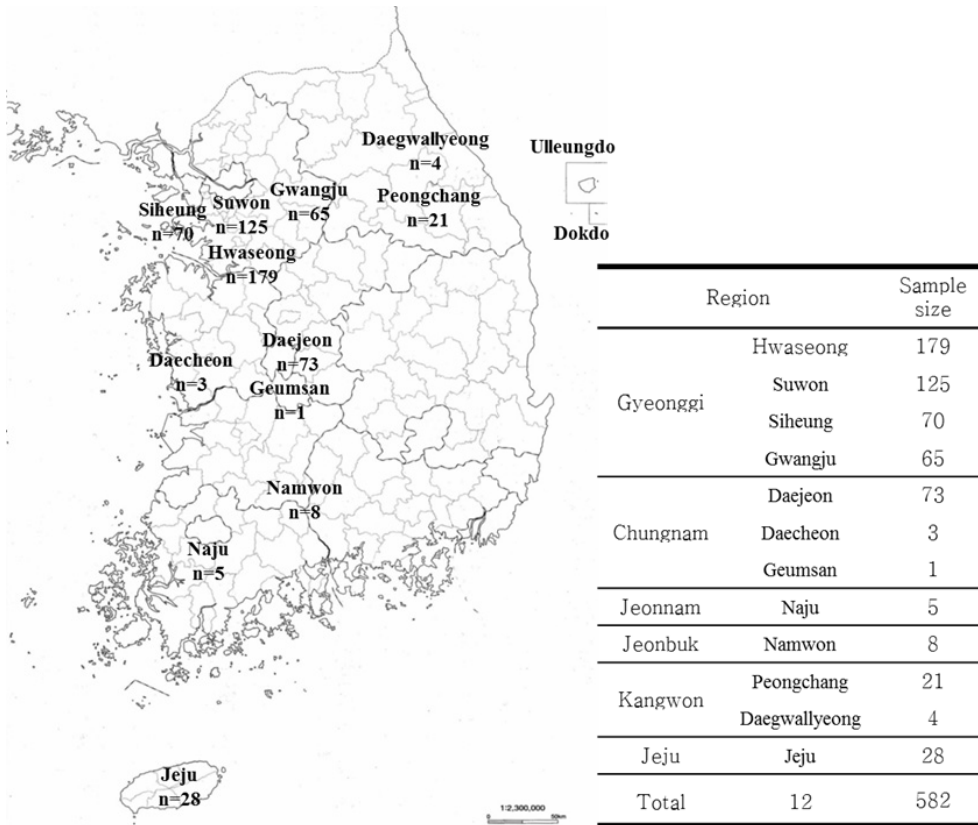


Fig. 2. Map with sample size of the cultivated locations in the mixed pasture data set

Table 1. Composition of species in mixed pastures

Forage	Common name(Scientific name)
Grasses	Orchardgrass(<i>Dactylis glomerate</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.)

2. 변수설명

Table 2에는 반응변수인 건물수량(Dry Matter Yield: DMY, kg/ha)과 설명변수인 기후, 시비, 파종 및 조성연차 요인의 변수를 나타내었다. 기후요인에서 기상변수는 최한월(1월) 일평균기온의 평균인 최한월평균기온(Mean Temperature of January: MTJ, °C), 최한월 일최저기온의 평균인 최한월최저기온(Lowest Temperature of January: LTJ, °C), 0~25°C의 평균기온을 기록한 일의 합인 생육일수 0(Growing Days 0°C: GD 0, day), 5~25°C의 평균기온을 기록한 일의 합인 생육일수 5(Growing Days 5°C: GD 5, day), 25°C 이상의 평균기온을 기록한 일의 합인 하교일수(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 0mm: NDP 0, day), 평균기온이 0°C 이상인 일 중 5mm 이상의 강수량을 기록한 일의 합인 강수일수 5(Number of Days with Precipitation 5mm: NDP 5, day), 평균

기온이 0°C 이상인 일 중 0mm이상의 강수량을 기록한 일의 강수량의 합인 적산강수량 0(Accumulated Amount of Precipitation 0mm: AAP 0, mm) 및 평균기온이 0°C 이상인 일 중 5mm이상의 강수량을 기록한 일의 강수량의 합인 적산강수량 5(Accumulated Amount of Precipitation 5mm: AAP 5, mm)의 9개였다.

시비요인에서 시비량변수는 ha 당 질소의 시비량인 질소 시비량(Amount of Applied Fertilizer N: AAF N, kg/ha), ha 당 인산의 시비량인 인산 시비량(Amount of Applied Fertilizer P: AAF P, kg/ha) 및 ha 당 칼리의 시비량인 칼리 시비량(Amount of Applied Fertilizer K: AAF K, kg/ha)의 3개였다.

파종요인의 파종량변수는 ha 당 파종량의 합인 파종량(Seeding Rates: SR, kg/ha)의 1개였다.

조성연차요인의 조성연차변수는 초지조성 후 경과된 연수로 가을파종은 이듬해가 1년차, 봄파종은 파종 당해년도가 1년차로 하여 7년까지 구성된 조성연차(Periods after Pasture Establishment: PPE, year)의 1개였다.

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

Factor	Variable name	Unit	
Yield	Dry Matter Yield (DMY)	kg/ha	
	Mean Temperature in January (MTJ)	°C	
	Lowest Temperature in January (LTJ)	°C	
	Growing Days 0 (GD 0)	day	
	Growing Days 5 (GD 5)	day	
	Climate	Days of Summer Depression (DSD)	day
		Number of Days with Precipitation 0 (NDP 0)	day
		Number of Days with Precipitation 5 (NDP 5)	day
		Accumulated Amount of Precipitation 0 (AAP 0)	mm
	Fertilization	Accumulated Amount of Precipitation 5 (AAP 5)	mm
Amount of Applied Fertilizer N (AAF N)		kg/ha	
Amount of Applied Fertilizer P (AAF P)		kg/ha	
Seeding	Amount of Applied Fertilizer K (AAF K)	kg/ha	
	Seeding Rates (SR)	kg/ha	
Years	Periods after Pasture Establishment (PPE)	year	

3. 수량예측모형 구축을 위한 통계방법

수량예측에 이용할 기상변수는 상관분석을 통해 MTJ와 LTJ, GD 0과 GD 5, NDP 0과 NDP 5 및 AAP 0과 AAP 5 중에서 각각 DMY와 상관계수가 높은 1개를 선택하였다. 여기서 기상변수는 모두 수치로 표현되는 양적변수(Quantitative variable) 중에서 소수점까지 나타내는 연속변수(Continuous variables)이므로 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 사용하였다. 기술통계량 및 히스토그램은 반응변수인 건물수량의 정규분포와 설명변수의 분포를 확인하기 이용하였다. 혼파초지 수량예측에 사용된 방법에서 15개 변수(반응변수 및 설명변수)가 모두 양적변수일 때는 다중회귀모형(Multiple regression analysis)을 이용하였다. 반면 15개 변수 중에서 단 1가지라도 수치로 나타낼 수 없는 질적변수(Qualitative variables)를 포함할 때는 일반선형모형(General Linear Model)을 이용하였다. 다중회귀모형은 다중회귀분석을 이용하였으며 모형식은 다음과 같다.

$$Y_{(n \times 1)} = X_{(n \times p)}\beta_{(p \times 1)} + \epsilon_{(n \times 1)}, n = 1, \dots, 582$$

여기서, Y 은 반응변수로서 건물수량이고, X 는 설명변수($p = 6$)이다. β 은 추정되는 회귀계수벡터이고, ϵ 은 잔차(Residual)이다. 여기서 모형은 $\epsilon \sim \text{iidN}(0, \sigma^2)$ 인 정규성(Normality), 선형성(Linearity), 등분산성(Homoscedasticity), 독립성(Independency) 가정을 만족시켜야 한다. 한편 본 연구에선 해석력이 높고 다중공선성(Multicollinearity, 多重共線性)이 낮은 모형을 구축하기 위해 단계적 선택법(Stepwise)을 사용하였다. 본 연구에서 고려한 기상 및 시비량 변수 등은 DMY에 독립적으로 영향을 미치지 않기 때문에 다중공선성이 나타날 가능성이 크다. 여기서 다중공선성이란 유사한 역할을 하는 변수 사이에 교란효과(Confound effect)가 발생하는 것을 의미한다(Park, 1998). 따라서 회귀계수에 심각한 왜곡(Distortion)을 발생시키는 다중공선성은 다중회귀모형에서 반드시 주의를 기울여야 한다. 이를 확인하기 위해

분산확대인자(Variance Inflation Factor: VIF)를 확인하여 변수를 선택하였다. 여기서 VIF는 확인하고 하는 변수와 그 외 변수의 관련성을 측정한 통계량으로 4보다 크면 의심수준, 10보다 크면 제거수준이다.

일반선형모형은 변수 중에서 질적변수를 포함하여 이를 더미변수(Dummy variables)로서 추가하는 경우 일반선형모형을 이용하여 수량예측모형을 구축하였으며 모형식은 다음과 같다.

$$Y_{(n \times 1)} = X_{(n \times p)}\beta_{(p \times 1)} + Z_{(n \times q)}\gamma_{(q \times 1)} + \epsilon_{(n \times 1)}$$

여기서 Y, X, β 및 ϵ 은 다중회귀모형과 같으며, Z 는 0 또는 1로 입력된 더미변수의 행렬($q=4$), 은 더미변수에 대한 계수이다. 더미변수란 0 또는 1을 이용하여 질적(Qualitative) 변수의 각 범주의 효과를 나타내는 변수이다(Suits, 1957). 더미변수의 추가에 의해 각 변수의 해석력은 R^2 대신 부분에타제곱(Partial eta squared)을 사용하였다. 본 연구에 사용된 통계 분석 프로그램은 SPSS 22.0이었다.

4. 모형의 단계적 적용 방법

본 연구에서는 6가지의 수량예측모형을 단계적으로 고려하였다(Table 3). Model I은 기후요인만 고려한 경우이다. 일반적으로 작물의 생장에 가장 중요한 요인으로 기후가 꼽히기 때문이다. Model II는 기후요인에 추가로 시비요인을, Model III은 기후, 시비 및 파종 요인을, Model IV는 기후, 시비, 파종 및 조성연차 요인을 고려하였다. 여기서 조성연차 변수는 기상변수처럼 연속된 시간의 개념으로 연차별 건물수량의 단조로운 추세(일정한 방향으로 나아감)를 가정하기 위해 양적변수로 설정하였다. 그러나 조성연차는 연단위로 입력하였기 때문에 엄밀히 연속형 변수가 아니다. 따라서 Model V는 연차별 추이(시간의 경과에 따른 경향)를 가정하기 위하여 조성연차를 더미변수로 설정하였다. 초지의 수량은 조성 후 1~2년까지 증가하다가 3~6년 사이에 최저에 이른다고 보고하고 있어(Kim, 1987), Model VI은 특정 연차를 기

Table 3. Variables used in the models constructed in each stage

Model	Variables
I	Climate
II	Climate + Fertilization rate
III	Climate + Fertilization rate + Seeding rates
IV	Climate + Fertilization rate + Seeding rates + Periods after Pasture Establishment (Quantitative variable) ¹⁾
V	Climate + Fertilization rate + Seeding rates + Periods after Pasture Establishment (Qualitative variable) ²⁾
VI	Climate + Fertilization rate + Seeding rates + Periods after Pasture Establishment (Grouping) ³⁾

¹⁾ Setting periods after pasture establishment as quantitative variable in the model

²⁾ Setting periods after pasture establishment as qualitative variable in the model

³⁾ Grouping periods after pasture establishment through Duncan analysis based on the similarity of dry matter yield

준으로 건물수량에 차이가 있는 경우를 가정하기 위해 조성 연차를 그룹화하였다. 따라서 Model VI은 유사한 건물수량의 경향을 나타내는 그룹을 Duncan분석을 통해 분류하여 각 그룹별 수량예측모형을 구축하였다.

본 연구에서는 Model I, II, III, IV 및 VI은 다중회귀모형을 이용하였으며, Model V는 일반선형모형을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 기상변수 선택

Table 4는 혼파초지 수량예측에서 건물수량(DMY)와 기상변수인 최한월(1월)기온(MTJ 및 LTJ), 생육일수(GD 0 및 GD 5), 하고일수(DSD), 강수일수(NDP 0 및 NDP 5) 및 적산강수량(AAP 0 및 AAP 5)의 상관분석 결과이다. 여기서 DSD를 제외한 나머지 기상변수는 2개의 짝으로(Paired) 되어있는데 이 중에서 각각 상관계수가 높은 1개씩을 선택하였다. 그 결과 건물수량과 상관계수가 높은 기상변수는 최한월 기온에서는 MTJ를, 생육일수에서는 GD 0을, 강수일수에서는 NDP 0 및 적산강수량에서는 AAP 0의 4개였다. 따라서 4개의 기상변수와 DSD를 다중회귀모형 및 일반선형모형에 이용하였다.

2. 변수의 분포 확인

다중회귀모형 및 일반선형모형을 사용하기 위해서는 반응변수가 정규분포를 이루어야 하며 설명변수는 고정효과(Fixed effect)이므로 필수적으로 정규분포를 이루지 않아도 된다. Table 5 및 Fig. 3은 기술통계량 및 히스토그램을 통하여 반응변수인 DMY의 정규분포 및 설명변수(기상, 시비량 및 파종량)의 분포를 확인하였다. DMY의 기술통계량은 평균값(Mean) 및 중앙값(Median)이 각각 9,644.8(kg/ha) 및 9,842.0(kg/ha)로 두 값에 차이가 없었다. 또한 평균값과 제1사분위수(First quartile)의 차이 및 평균값과 제3사분위수(Third quartile)의 차이가 각각 1,900.8(kg/ha) 및 2,046.2(kg/ha)로 두 값이 유사

하여 정규분포를 이루는 것으로 판단하였다. DMY의 히스토그램 결과에서도 정규분포를 따르는 것으로 나타나 다중회귀모형 및 일반선형모형을 이용할 수 있을 것으로 판단했다.

설명변수에서 기상변수인 MTJ, GD 0, DSD 및 NDP 0는 기술통계량 및 히스토그램 결과 분포가 기울어지지 않았다. 한편 AAP 0는 분포가 오른쪽으로 기울어졌으며(Skewed to right), 이는 1976~2005년에서 우리나라의 연평균강수량이 약 1,310mm(Hong et al., 2006)로 나타난 것을 감안할 때 2,000mm 이상의 강수량은 드물게 나타나기 때문인 것으로 판단된다.

시비량 변수인 AAF N 및 AAF P는 기술통계량 결과 분포가 오른쪽으로 기울어졌으며 히스토그램을 확인하였을 때 특정값에 분포가 집중되어 있었다. AAF K는 기술통계량 결과 분포가 기울어지지 않은 것으로 나타났으나 히스토그램을 확인하였을 때 AAF N 및 AAF P와 같이 특정값에 분포가 집중되어 있었다. 특정값에 시비량의 분포가 집중된 이유는 연간 관리비료 질소-인산-칼리의 표준시비량을 280-200-240kg/ha(RDA, 1982)으로 제시하고 있기 때문이다.

파종량 변수인 SR은 기술통계량 결과 분포가 기울어지지 않은 것으로 나타났으나 히스토그램을 확인하였을 때 특정값에 분포가 집중되어 있었다. 특정값에 파종량의 분포가 집중된 것은 장소(지역 및 고도 등)와 이용방법(방목 및 채초 등)에 따라 적정 파종량을 제시(Kim, 2001)해주고 있기 때문인 것으로 생각된다. 그러므로 시비량 및 파종량의 경우 최적 기준에 대한 검토가 필요하다.

각 조성연차 별 건물수량의 기술통계량은 Table 6와 같다. 조성연차 1, 2 및 5년은 분포가 기울어지지 않았다. 조성연차 3년은 분포가 오른쪽으로 기울어졌으며 4, 6 및 7년은 왼쪽으로 기울어져 있었다(Skewed to left). 조성연차에 따라 분포가 다양한 이유는 각 조성연차별 n수가 다르고 지역이 다양하기 때문인 것으로 생각된다. 이상에서 반응변수인 DMY가 정규분포를 이루고 있어 다중회귀모형 및 일반선형모형을 사용할 수 있을 것으로 판단했다. 설명변수는 시비량 및 파종량에서 특정값에 분포가 집중되는 경향이 나타났으나 정규분포를 필수적으로 이루지 않아도 다중회귀모형 및 일반선형모형을 사용할 수 있으므로 무방하였다.

Table 4. Correlation analysis among dry matter yield and all the climatic variables in the mixed pasture data set

Variable	DMY ¹⁾	MTJ ²⁾	LTJ ³⁾	GD 0 ⁴⁾	GD 5 ⁵⁾	DSD ⁶⁾	NDP 0 ⁷⁾	NDP 5 ⁸⁾	AAP 0 ⁹⁾	AAP 5 ¹⁰⁾
DMY	1	.381**	.324**	.208**	.199**	.227**	.416**	.363**	.245**	.231**

** : p<0.01

¹⁾ DMY: Dry Matter Yield, ²⁾ MTJ: Mean Temperature in January, ³⁾ LTJ: Lowest Temperature in January, ⁴⁾ GD 0: Growing Days 0, ⁵⁾ GD 5: Growing Days 5, ⁶⁾ DSD: Days of Summer Depression, ⁷⁾ NDP 0: Number of Days with Precipitation 0, ⁸⁾ NDP 5: Number of Days with Precipitation 5, ⁹⁾ AAP 0: Accumulated Amount of Precipitation 0, ¹⁰⁾ AAP 5: Accumulated Amount of Precipitation 5

Table 5. Descriptive statistics of dry matter yield, climatic variables, fertilization rate and seeding rate in the mixed pasture data set

Variable	Mean	Median	Quartile		Standard Error
			1 st	3 rd	
DMY ¹⁾ (kg/ha)	9,644.8	9,842.0	7,744.0 (1,900.8) ²⁾	11,691.0 (2,046.2) ³⁾	138.0
MTJ ⁴⁾ (°C)	-2.2	-2.3	-3.2 (1.0)	-0.7 (1.5)	0.1
GD 0 ⁵⁾ (day)	279.9	282.0	267.0 (12.9)	292.0 (12.1)	0.8
DSD ⁶⁾ (day)	32.0	31.0	24.0 (8.0)	42.0 (10.0)	0.6
NDP 0 ⁷⁾ (day)	103.4	102.0	92.0 (11.4)	111.0 (7.6)	0.6
AAP 0 ⁸⁾ (mm)	1,364.6	1,245.2	1,119.9 (244.7)	1,633.2 (268.6)	16.3
AAF N ⁹⁾ (kg/ha)	222.3	280.0	180.0 (42.3)	280.0 (57.7)	4.0
AAF P ¹⁰⁾ (kg/ha)	165.1	200.0	150.0 (15.1)	200.0 (34.9)	2.8
AAF K ¹¹⁾ (kg/ha)	191.5	200.0	150.0 (41.5)	240.0 (48.5)	2.7
SR ¹²⁾ (kg/ha)	35.4	35.0	30.0 (5.4)	40.0 (4.6)	0.2

¹⁾ DMY: Dry Matter Yield, ²⁾ Mean - 1st, ³⁾ 3rd - Mean, ⁴⁾ MTJ: Mean Temperature in January, ⁵⁾ GD 0: Growing Days 0, ⁶⁾ DSD: Days of Summer Depression, ⁷⁾ NDP 0: Number of Days with Precipitation 0, ⁸⁾ AAP 0: Accumulated Amount of Precipitation 0, ⁹⁾ AAF N: Amount of Applied Fertilizer N, ¹⁰⁾ AAF P: Amount of Applied Fertilizer P, ¹¹⁾ AAF K: Amount of Applied Fertilizer K, ¹²⁾ SR: Seeding Rates

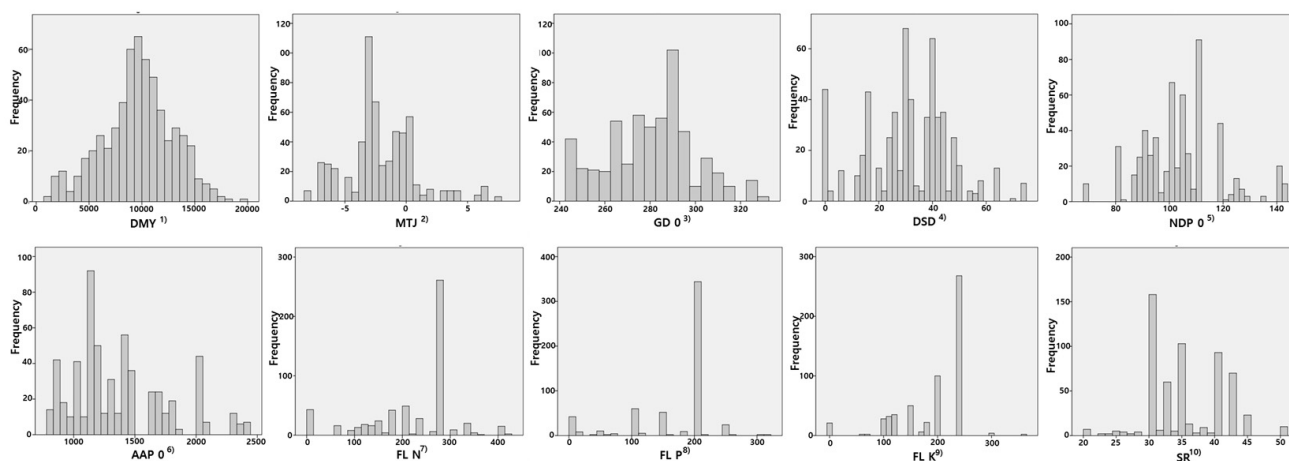


Fig. 3. Histograms of climatic variables, fertilization rate and seeding rate in the mixed pasture data set

¹⁾ DMY: Dry Matter Yield, ²⁾ MTJ: Mean Temperature in January, ³⁾ GD 0: Growing Days 0, ⁴⁾ DSD: Days of Summer Depression, ⁵⁾ NDP 0: Number of Days with Precipitation 0, ⁶⁾ AAP 0: Accumulated Amount of Precipitation 0, ⁷⁾ AAF N: Amount of Applied Fertilizer N, ⁸⁾ AAF P: Amount of Applied Fertilizer P, ⁹⁾ AAF K: Amount of Applied Fertilizer K, ¹⁰⁾ SR: Seeding Rates

Table 6. Descriptive statistics of dry matter yield by periods after pasture establishment in the mixed pasture data set

PPE ¹⁾	Sample size (n)	Mean (kg/ha)	Median (kg/ha)	Quartile(kg/ha)		Standard Error (kg/ha)
				1 st	3 rd	
1 st	229	10,513.4	10,573.0	8,617.0 (1,896.4) ²⁾	12,522.0 (2,008.6) ³⁾	208.6
2 nd	185	9,365.9	9,533.0	7,622.0 (1,743.9)	11,241.0 (1,875.1)	235.3
3 rd	96	9,766.5	9,730.5	8,461.0 (1,305.5)	12,218.0 (2,451.5)	322.7
4 th	36	7,691.9	8,881.5	4,126.0 (3,565.9)	10,241.0 (2,549.1)	578.2
5 th	16	8,224.3	8,541.0	6,143.5 (2,080.8)	10,380.5 (2,156.2)	698.9
6 th	10	6,030.3	6,592.5	1,999.0 (4,031.3)	8,748.0 (2,717.7)	1,105.2
7 th	10	6,663.0	7,395.0	2,551.0 (4,112.0)	9,341.0 (2,678.0)	1,102.8

¹⁾ PPE: Period after Pasture Establishment, ²⁾ Mean - 1st, ³⁾ 3rd - Mean

3. 각 수량예측모형에서 고려된 변수

다중회귀모형(Model I, II, III, IV 및 VI)과 일반선형모형(Model V) 변수의 회귀계수는 Table 7과 같다. Model I은 MTJ 및 NDP 0가 유의하였다($p < 0.01$). Model II는 MTJ, GD 0, NDP 0, AAF N, AAF P 및 AAF K가 유의하였다($p < 0.01$). Model III은 GD 0, DSD, NDP 0, AAP 0, AAF N, AAF P, AAF K 및 SR가 유의하였다($p < 0.01$). Model IV는 변수 PPE

가 유의하지 않아($p > 0.05$) Model III과 같았다. Model V는 Model IV에서 양적변수(연속된 숫자)로서 사용한 PPE를 연 단위로 입력되어 있는 점을 고려하여 질적변수로서 사용하였다. 그 결과 Model V는 GD 0, DSD, NDP 0, AAP 0, AAF N, AAF P, AAF K 및 SR이 유의하였다($p < 0.01$). Model VI은 Duncan분석을 이용하여 다섯 가지의 등급(Class)으로 분류되었다(Table 8). 여기서 혼파초지의 조성연차는 등급 1과 5 사이가 가장 큰 건물수량의 차이를 보였으므로 Group 1(조성연

Table 7. Regression coefficient of multiple regression analysis (Model I, II, III, IV and VI) and general linear model (Model VI)

	Model I		Model II		Model III		Model IV		Model V	Model VI			
	RC ¹⁾	VIF ²⁾	RC	VIF	RC	VIF	RC	VIF	RC	Group 1		Group 2	
										RC	VIF	RC	VIF
Constant	2,810.9	-	-5,423.4	-	-4,679.3	-	-4,679.3	-	-4,085.8	-4,160.9	-	-8,679.1	-
MTJ ³⁾	353.8***	1.101	263.5***	1.552	NS ⁴⁾	-	NS	-	NS	NS	-	NS	-
GD 0 ⁵⁾	NS	-	21.1**	1.424	36.7***	1.256	36.7***	1.256	39.8***	37.0***	1.215	NS	-
DSD ⁶⁾	NS	-	NS	-	27.9***	1.366	27.9***	1.366	36.1***	33.1***	1.365	NS	-
NDP 0 ⁷⁾	73.5***	1.101	63.2***	1.319	85.8***	1.991	85.8***	1.991	79.3***	82.4***	1.833	128.7***	1
AAP 0 ⁸⁾	NS	-	NS	-	-1.1**	1.687	-1.1**	1.687	-1.0**	-1.0**	1.570	NS	-
AAF N ⁹⁾	-	-	9.7***	2.047	9.0***	2.057	9.0***	2.057	9.4***	9.1***	1.740	NS	-
AAF P ¹⁰⁾	-	-	17.5***	1.288	17.3***	1.321	17.3***	1.321	15.9***	15.5***	1.216	24.7***	1
AAF K ¹¹⁾	-	-	-9.6***	1.911	-10.6***	1.985	-10.6***	1.985	-9.2***	-11.2***	1.751	NS	-
SR ¹²⁾	-	-	-	-	-200.6***	1.092	-200.6***	1.092	-202.4***	-200.6***	1.100	NS	-
PPE ¹³⁾	-	-	-	-	-	-	NS	-	Location ¹⁴⁾	-	-	-	-

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$

¹⁾ RC: regression coefficient, ²⁾ VIF: Variance Inflation Factor, ³⁾ MTJ: Mean Temperature in January, ⁴⁾ NS: Non Significant, ⁵⁾ GD 0: Growing Days 0, ⁶⁾ DSD: Days of Summer Depression, ⁷⁾ NDP 0: Number of Days with Precipitation 0, ⁸⁾ AAP 0: Accumulated Amount of Precipitation 0, ⁹⁾ AAF N: Amount of Applied Fertilizer N, ¹⁰⁾ AAF P: Amount of Applied Fertilizer P, ¹¹⁾ AAF K: Amount of Applied Fertilizer K, ¹²⁾ SR: Seeding Rates, ¹³⁾ PPE: Period after Pasture Establishment

¹⁴⁾ Location: 1= -856.7, 2= -1380.5, 3= -1532.1, 4= -2602.8, 5= -674.6, 6= -885.2, 7=0

Table 8. The results of Duncan analysis of dry matter yield by the periods after pasture establishment

PPE ¹⁾	Sample size (n)	Class(kg/ha)				
		1	2	3	4	5
6 th	10	6,030.3				
7 th	10	6,663.0	6,663.0			
4 th	36	7,691.9	7,691.9	7,691.9		
5 th	16		8,224.3	8,224.3	8,224.3	
2 nd	185			9,365.9	9,365.9	9,365.9
3 rd	96				9,766.5	9,766.5
1 st	229					10,513.4
P-Value		0.099	0.122	0.097	0.127	0.258

¹⁾ PPE : Periods after Pasture Establishment

차 1~3년) 및 Group 2(조성연차 4~7년)로 분류하였다. Model VI의 Group 1은 GD 0, DSD, NDP 0, AAP 0, AAF N, AAF P, AAF K 및 SR이 유의하였고($p<0.01$), Group 2는 NDP 0 및 AAF P이 유의하였다($p<0.01$). 이상에서 Model I~VI은 회귀계수가 모두 유의적인($p<0.01$) 변수를 이용하였으며 VIF를 확인하여 다중공선성이 낮았음을 알 수 있었다. 이상에서 Model I~VI의 변수들은 모두 유의적이며($p<0.01$) VIF가 4이하로서 다중공선성이 낮아 해석에 왜곡이 덜했음을 알 수 있었다.

4. 수량예측모형 선택

Model I~VI의 수량예측식은 Table 9이며, 모형을 평가하기

위해 예측값과 실측값의 산점도와 모형의 해석력은 Fig. 4와 같다. 다만 Model VI의 경우는 Group 1과 Group 2의 예측값을 각각 구하여 하나의 산점도를 그린 후 Group 구분이 없는 (Pooled) 전체에 대한 해석력을 계산하였다. 그 결과 Model I, II 및 III의 해석력은 각각 24.5%, 42.3% 및 53.0%로 요인이 추가됨에 따라 해석력이 높아졌다. 조성연차 요인을 고려한 Model IV, V 및 VI(Group 1 및 VI Group 2)의 해석력은 각각 53.0%, 54.9% 및 53.8%(48.5% 및 65.6%)로 Model V의 해석력이 가장 높게 나타났다.

여기서 Model V는 해석력이 Model 중에서 가장 높았으나 각 연차별 건물수량의 추이가 다른 경우를 가정한 것으로 초지의 수량이 1~2년까지 증가하다가 3~6년 사이에 최저에 이

Table 9. Equations of yield prediction models (Model I -VI) for mixed pasture constructed in stages

Model	Group	Equation	R ²
I		$DMY^{1)} = 353.8 \times MTJ^{2)} + 73.5 \times NDP\ 0^{3)} + 2,810.9$	0.245
II		$DMY = 263.5 \times MTJ + 63.2 \times NDP\ 0 + 21.1 \times GD\ 0^{4)} + 17.5 \times AAF\ P^{5)} + 9.7 \times AAF\ N^{6)} - 9.6 \times AAF\ K^{7)} - 5,423.4$	0.423
III		$DMY = 85.8 \times NDP\ 0 + 36.7 \times GD\ 0 + 27.9 \times DSD^{8)} + 17.3 \times AAF\ P + 9.0 \times AAF\ N - 200.6 \times SR^{9)} - 10.6 \times AAF\ K - 1.1 \times AAP\ 0^{10)} - 4,679.3$	0.53
IV		$DMY = 85.8 \times NDP\ 0 + 36.7 \times GD\ 0 + 27.9 \times DSD + 17.3 \times AAF\ P + 9.0 \times AAF\ N - 200.6 \times SR - 10.6 \times AAF\ K - 1.1 \times AAP\ 0 - 4,679.3$	0.53
V		$DMY = 79.3 \times NDP\ 0 + 39.8 \times GD\ 0 + 36.1 \times DSD + 15.9 \times AAF\ P + 9.4 \times AAF\ N - 202.4 \times SR - 9.2 \times AAF\ K - 1.0 \times AAP\ 0 - 4,085.8 + PPE^{11)}$	0.549
VI	1	$DMY = 82.4 \times NDP\ 0 + 37.0 \times GD\ 0 + 33.1 \times DSD + 15.5 \times AAF\ P + 9.1 \times AAF\ N - 200.6 \times SR - 11.2 \times AAF\ K - 1.0 \times AAP\ 0 - 4,160.9$	0.485
	2	$DMY = 128.7 \times NDP\ 0 + 24.7 \times AAF\ P - 8,679.1$	0.656
	Pooled		0.538

¹⁾ DMY: Dry Matter Yield, ²⁾ MTJ: Mean Temperature in January, ³⁾ NDP 0: Number of Days with Precipitation 0, ⁴⁾ GD 0: Growing Days 0, ⁵⁾ AAF P: Amount of Applied Fertilizer P, ⁶⁾ AAF N: Amount of Applied Fertilizer N, ⁷⁾ AAF K: Amount of Applied Fertilizer K, ⁸⁾ DSD: Days of Summer Depression, ⁹⁾ SR: Seeding Rates, ¹⁰⁾ AAP 0: Accumulated Amount of Precipitation 0, ¹¹⁾ PPE: Periods after Pasture Establishment.

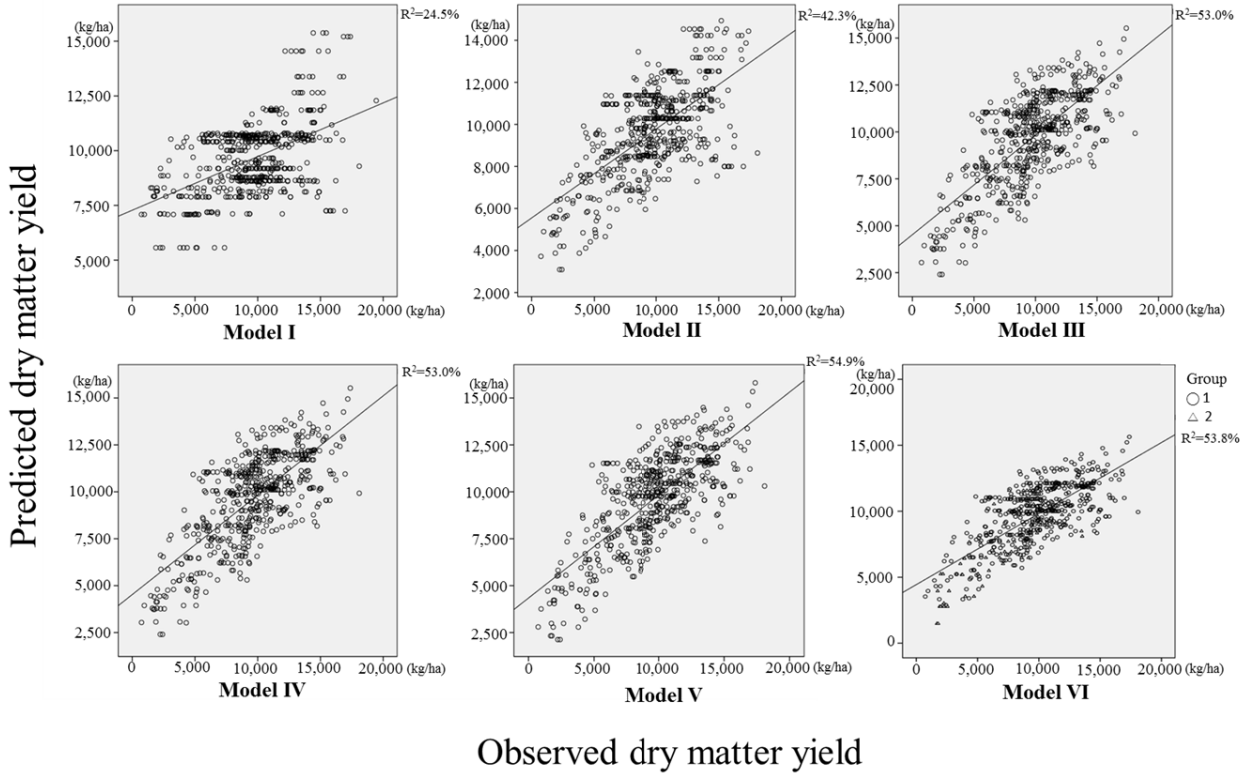


Fig. 4. Scatter plot between observed and predicted dry matter yield in the mixed pasture data

른다는 풀사료 생산 이론(Kim, 1987)과 부합한다고 할 수 없다. 따라서 Model VI이 Model V보다 해석력은 다소 낮으나, 특정 조성연차(2년과 3년 사이)를 기점을 고려한 Model VI이 풀사료 생산 이론을 잘 설명하므로 최적의 혼파초지 수량에 측식으로 선택하였다.

Model VI에서 기후, 시비, 파종 및 조성연차 요인이 건물 수량에 미치는 영향은 각각 24.5%(Model I의 해석력 수치), 17.8%(Model II의 해석력에서 Model I의 해석력을 뺀 수치), 10.7%(Model III의 해석력에서 Model II의 해석력을 뺀 수치) 및 0.8%(Model VI의 해석력에서 Model III의 해석력을 뺀 수치)로 나타났다. 따라서 혼파초지의 수량에 미치는 영향은 기후(24.5%)>시비(17.8%)>파종(10.7%)>조성연차(0.8%) 요인의 순이었다.

한편 Model VI에서 조성연차 요인의 영향은 Group 2가 Group 1보다 17.1%(Model VI의 Group 2에서 Group 1의 해석력을 뺀 수치) 높았다. 그 이유는 Group 1과 Group 2 간 표본크기의 차이가 달라 각 지역의 포함여부 및 개수를 확인하는 자료의 심층적인 검토가 추가적으로 필요할 것이다.

한편 Model II~VI의 AAP 0, DSD 및 AAF K은 풀사료 생산 이론과 일치하지 않았다. 강수량을 적산한 변수인 AAP 0은 기술통계량에서 평균값이 1,364.6mm으로(Table 5), 오차드그라스, 티모시, 라디노클로버 및 레드클로버가 연강우량

900~1,300mm에서 수량이 많다고 보고하고 있는 것(Kim, 1969)을 고려할 때 정(+)의 상관관계가 나타날 것으로 판단하였으나 부(-)의 상관관계로 나타났다. 이것은 강수관련 변수인 AAP 0과 NDP 0이 함께 선택됨으로써 강수의 효과가 과대측정(Overestimation)되는 것을 막기 위하여 서로 상쇄(Offset)되어 생긴 교란 때문인 것으로 판단된다.

DSD는 하고현상(Summer depression)과 관련되어 25°C 이상의 평균기온을 기록한 일을 적산한 변수이다. 목초는 기온이 25°C 이상으로 높아지면 물질의 합성과정의 부진 및 저장양분의 분해량 증가 등으로 생육장애가 일어난다고 보고하고 있어(La, 2010) 부(-)의 상관관계가 나타날 것으로 판단하였으나 정(+)의 상관관계가 나타나 지역이나 적산생육도일 등 적산변수의 관점에서 추가적인 검토가 필요하다.

칼리의 시비량인 AAF K는 목초의 월동을 높이는 역할을 하므로(Kim, 1987) 수량을 증가시켜 정(+)의 상관관계가 나타날 것으로 판단하였으나, 부(-)의 상관관계가 나타났다. 이것은 시비의 경우 시용방법(기비 및 추비), 시용시기, 시용량 및 토양의 성분에 따라서 수량이 변하기 때문에 이와 관련한 검토가 필요하다.

이상의 결과로부터 혼파초지에서 모형의 단계적 적용을 통해 선택된 수량예측모형은 Model VI로 다음과 같다.

Model VI의 Group 1은 조성연차 1~3년에서 이용할 수 있

수량예측모형 VI

$$\text{Group 1: 건물수량} = 82.4 \times \text{강수일수 } 0 + 37.0 \times \text{생육일수 } 0 + 33.1 \times \text{하고일수} + 15.5 \times \text{인산 시비량} + 9.1 \times \text{질소 시비량} - 200.6 \times \text{과중량} - 11.2 \times \text{칼리 시비량} - 1.0 \times \text{적산강수량 } 0 - 4160.9 \quad (R^2=48.5)$$

$$\text{Group 2: 건물수량} = 128.7 \times \text{강수일수 } 0 + 24.7 \times \text{인산 시비량} - 8679.2 \quad (R^2=65.6)$$

는 모형이며 Group 2는 조성연차 4~7년에서 이용할 수 있는 모형이었다. 그러나 Model III, IV, V 및 VI의 경우 건물수량과 하고일수 변수와의 정(+)의 상관관계에 대해서는 추가로 지역별 및 적산변수 등의 관점에서 검토가 필요하다. 또한 시비량 및 과중량은 특정값에 집중적으로 분포하고 있어 이는 이차항(Quadratic term)를 이용하여 적정 시비량 및 과중량을 고려한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

IV. 요약

본 연구는 기후요인을 이용한 혼파초지 수량예측모형을 기초로 하여 시비, 과중 및 조성연차 요인을 단계적으로 적용하여 해석력이 높은 모형을 선정하는데 목적이 있다. 혼파초지 수량예측모형 구축 과정은 자료(풀사료 및 기상자료)수집, 가공, 분석 및 모형 구축의 순이었다. 여기서 수량예측모형은 기후, 시비, 과중 및 조성연차 요인을 고려하여 6가지를 구축하였으며, 해석력 및 풀사료 생산 이론 측면의 검토를 통해 최적의 모형을 선택하였다. 그 결과 기후, 시비 및 과중과 조성연차(조성연차의 그룹화) 요인을 고려한 Model VI이 선택되었다(해석력=53.8%). Model VI의 요인 별 해석력은 기후요인이 가장 크고(24.5%) 시비(17.8%), 과중(10.7%) 및 조성연차(0.8%) 요인의 순이었다. 그러나 건물수량과 하고일수 간에 나타난 정(+)의 상관관계는 지역별 및 적산변수 등의 관점에서 검토가 필요하다. 또한 시비량 및 과중량은 특정값에 집중적으로 분포하고 있어 이차항(Quadratic term)을 이용하여 적정 수준에 관한 연구가 요구된다.

V. 사사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업의 과제번호: PJ01018601의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

VI. REFERENCES

- Hong, K.O., Suh, M.S. and Rha, D.J. 2006. Temporal and spatial variations of precipitation in South Korea for recent 30 years (1976-2005) and geographic environments. *Journal of the Korean Earth Science Society*. 27(4): 433-449.
- Kim, B.W. 2014a. Productive improvement and establishment in silvopastoral systems. RDA.
- Kim, W.H. 2014b. Establishing the basis of livestock farms in mountain grassland. RDA.
- Kim, D.A. 1969. Establishment and management technologies of grassland. Munundang Press. Seoul.
- Kim, D.A. 1987. Introduction of grassland science. Seonjinmunhwa Press. Seoul. pp. 84, 163-168 269.
- Kim, D.A. 2001. Grassland science. Seonjinmunhwa Press. Seoul. pp. 167, 130-131.
- Kim, K.D., Sung, K.I., Joo, J.H., Kim, B.W., Peng, J.L., Lee, B.H., Nejad, J.G., Jo, M.H. and Lim, Y.C. 2013. Suitability classes for Whole Crop Barley (*Hordeum vulgare* var. *hexastichon*(L.) Asch.) using soil and climate digital database in Gangwon Province. *Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences*. 25(3): 26-31.
- Kim, K.D., Sung, K.I., Jung, Y.S., Lee, H.I., Kim, E.J., Nejad, J.G., Jo, M.H. and Lim, Y.C. 2012. Suitability classes for Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) using soil and climate digital database in Gangwon Province. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32(4): 437-446.
- Kim, M.J., Sung, K.I., Kim, B.W., Peng, J.L., Ji, D.H., Lee, B.H., Kim, E.J., Jo, M.H., Lim, Y.C. and Kim, G.D. 2014. Study of dry matter yield prediction of Italian ryegrass(IRG) using climatic factors and soil factors. *Proceedings of 2014 Annual Congress of Korean Society of Animal Sciences and Technology*, 2, 204(in Korean).
- 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, S.K. 1994. The importance of grassland and direction of grassland science education in college. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 14(3): 149-156.
- Oh, W.S., Choi, A.S., Kwon, H.S., Lee, Y.Y., Jung, P.M., Shin, J.S., Jeon, S.H., Bang, E.J., Kim, B.R., Lee, T.H., Kim, J.I., Park, H.J., Song, H.Y., Kim, J.M., Choe, J.H. 2015. National ecosystem

- assessment for the sustainable land management. National Institute of Ecology. pp 48-56.
- Park, S.H. 1998. Regression analysis (Ver. 3). Minyoung Press. Seoul. pp. 1-666.
- Peng, J.L., Kim, M.J., Kim, B.W. and Sung, K.I. 2016a. A yield estimation model of Forage Rye based on climate data by locations in South Korea using general linear model. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 36(3): 205~214.
- Peng, J.L., Kim, M.J., Kim, B.W. and Sung, K.I. 2016b. 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.
- Peng, J.L., Kim, M.J., Kim, Y.J., Jo, M.H., Nejad, J.G., Lee, B.H., Ji, D.H., Kim, J.Y., Oh, S.M., Kim, B.W., Kim, K.D., SO, M.J., Park, H.S and Sung, K.I. 2015. Detecting the climate factors related to dry matter yield of Whole Crop Maize. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. 17(3): 261-269.
- RDA. 1982. Survey and utilization of mountainous pastures. pp. 42.
- SPSS. 2012. IBM SPSS statistics 22.0. IBM Corp., Somers, New York. U.S.A.
- Suits, D. B. (1957). Use of dummy variables in regression equations. Journal of the American Statistical Association, 52(280), 548-551.
- 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.
- Sung, K.I. 2014. Report: Study on profitability and grazing system of Dairy cattle in alpine pasture. RDA.
- Sung, K.I., Kim, K.D., Jo, M.H., Lim, Y.C., Kim, B.W., Nejad, G.J., Lee, B.H., Ji, D.H. and Peng, J.L. 2014a. Suitability Classes for Rye(*Secale cereale* L.) Using soil and climate digital database in Gangwon Province. Proceeding of 2014 Symposium and Congress of Korean Society of Grassland and Forage Science. 164-165.
- Sung, K.I., Nejad, J.G., Kim, B.W., Peng, J.L., Ji, D.H., Lee, B.H., Kim, E.J., Jo, M.H., Lim, Y.C., Kim, G.D. and Kim, M.J. 2014b. Study of dry matter yield prediction of Italian ryegrass(IRG) in relation to climatic factors. Proceedings of 2014 Annual Congress of Korean Society of Animal Sciences and Technology, 2, 204(in Korean).
- Sung, K.I., Kim, B.W., Lee, B.O., Jo, M.H., Lee, S.K., Kim, G.Y. 2014c. Samyang report: the Revival of livestock focusing on land utilization.
- Sung, K.I., Kim, B.W., Lee, B.O., Lee, Y.W. 2013. Report: Survey on current situation and usages of pastures in mountain areas for activating ecological livestock industry in mountainous areas. NACF.

(Received : February 07, 2017 | Revised : March 22, 2017 | Accepted : March 22, 2017)