

탱크모형에 의한 농산물의 출하예측 - 마늘을 중심으로 -

A Shipment Estimation of Agricultural Products Based on Garlic Using Tank Model

서 교* · 이 정 재**
Kyo Suh · Jeong Jae Lee

Abstract

While the need for analyzing and interpreting agricultural logistics are becoming more and more prominent with the rapid changes within the agricultural environment, previously mathematical models have been proved to have its limitations due to the unpredictable traits of agriculture itself and finding the adequate simulation model is not easy. Therefore, in this research, the tank model that has been used to analyze the rainfall-runoff in watersheds, was used to develop a logistics model for estimating shipment by agricultural production. The model was certified by wholesale market data of garlic.

Keywords: Simulation, Shipment, Logistics, Agricultural products, Tank model. Garlic

I. 서 론

농산물은 공산품과 달리 생산의 계절성이나 기상 조건과 같은 자연환경요인에 의한 생산량의 불안정성, 운반과정의 부패나 신선도 저하 등의 많은 특성으로 인하여 일반상품과 같은 생산계획, 운송계획, 출하계획, 재고관리 등의 수립에 많은 어려움이 있다. 그러나 산업공학이나 경영학 분야에서는 일

반 공산품의 생산과 출하의 상관성을 분석하기 위한 연구를 진행해 왔다. 공산품의 경우 농산물과 달리 소비탄력성에 따른 생산계획이나 주문계획의 수립이 용이한 장점이 있음에도 불구하고 공급업자와 구매자의 주문정책에 따른 문제 등이 제시된바 있다.²⁾ 농산물의 경우에는 이보다 훨씬 복잡한 경우로 기존 공산품의 생산 및 출고 관련 식의 경우 농산물에서는 가정하기 어려운 가정을 전제로 하고 있다. 시간에 따른 소비량이 일정하다거나, 물량부족은 발생하지 않는다는 가정 등을 전제로 하고 있어 공산품과 같이 소비에 따른 생산과 공급계획의 수립이 가능한 경우에 한정되어 사용될 수 있다. 또한 기업물류의 독립수요에 대한 재고관리에

* 충북대학교 지역건설공학과

** 서울대학교 농공학과

* Corresponding author. Tel.: +82-43-261-2502

Fax: +82-43-271-5922

E-mail address: skyo@skypoud.snu.ac.kr

사용되는 경제적 주문량(EOQ)의 경우 수요가 일정하고, 가격할인과 재고부족은 없으며, 단일품목에 대해 주문량은 일시에 도착한다는 가정을 기본적으로 하고 있다. 따라서 농산물의 경우 이와 다른 예측모형의 개발이 필요하며, 최근 농산물의 수입개방 등의 급변하는 농업환경은 농산물 물류와 관련된 계획수립과 예측을 위한 모형의 필요성을 증대시키고 있다.

농산물은 다양한 요인에 의해 생산량, 출하량, 저장량, 손실 등이 결정되는데 이러한 과정이 결국 농산물이라는 대상의 흐름으로 설명될 수 있으며 각각의 현상이 단계별로 진행된다는 점에서 저류방정식과 탱크모형을 통해 농산물 출하예측모형의 개발이 가능할 것으로 판단하였다. 유역수문모형은 기후, 기상인자, 지상인자를 고려한 강우유출관계를 분석하여 유역출구에서의 유출량을 추정하는 모형으로 유역의 저수유출량을 추정하는 유출모형인 탱크모형을 많이 사용하고 있다.⁴⁾ Sugawara(1978)에 의해 처음 사용되기 시작한 탱크모형은 유역의 강우 유출관계를 단일 탱크의 선형시스템모형으로 개념화한 모형으로 유역의 지표, 중간 및 기저 유출현상을 각 성분별로 개념화하여 나타내고 있으며, 홍수량 추정, 유역관리, 저수지운영과 관련된 문제에 이용된 바 있다.

본 연구에서는 저류방정식을 이용하여 농산물의 생산과 출하관계를 분석하기 위한 탱크모형을 구성하고 2000년 데이터를 통해 보정하고 2001, 2002, 2003년 데이터를 통해 검정해 보았다. 모형의 적용대상작물로 마늘을 선정하였으며 자료는 2000~2003년 도매시장 반입량자료와 2001~2003년 무안에 위치한 전남서남부채소농협의 입출고자료를 사용하여 데이터를 구축하였다. 개발된 모형을 통하여 마늘의 생산과 이에 따른 출하특성의 추정이 가능하고 저장규모 변화를 반영하는 출하계수 변화가 출하특성에 미치는 영향을 통해 출하조절기능에 대한 평가가 가능하였으며, 향후 시장가격 안정을 위한 적절한 저장시설 규모 예측 등에 이용될 수

있을 것으로 판단된다.

II. 농산물 생산과 출하특성 분석

농산물은 대개 연중 특정시기에 집중적으로 출하가 일어나며 대부분 공산품과 같은 저장성이 없고 소비가 비탄력적인 품목이 많아서 재배면적이나 생산량에 따라 가격폭락이나 파동에 이르기기도 한다. 이러한 농산물의 생산과 출하과정에 관련된 인자는 매우 많으며 개별 인자를 조사하거나 측정하기 어려운 경우도 많이 존재하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 농산물의 생산과 출하가 자연현상인 강우유출사상과 유사함에 착안하여 탱크모형을 생산과 출하의 상관성 분석에 적용해 보고자 하였다. 모형의 구성을 위해서는 기존의 수문현상 분석에 사용된 탱크모형에서 사용된 인자를 통해 농산물 출하특성분석모형의 대상 인자를 선정하고 관련된 자료를 수집하였다.

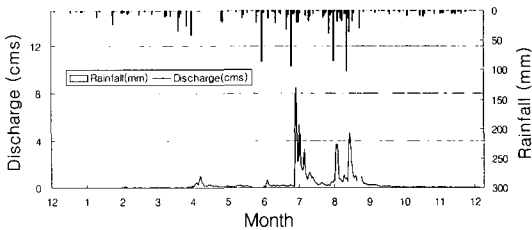
유역의 강우유출사상은 강우와 저류, 증발, 직접 유출, 기저유출 등의 현상들로 구성되고, 농산물 유통은 생산, 저장, 출하, 판매, 손실 등의 현상들로 구성되는데 이러한 현상은 각각의 특징에 따라 유역의 유출현상들과 비슷한 형태로 나타난다. Table 1은 이러한 유역유출현상과 농산물 유통과정의 상

Table 1 Similarities between hydrologic cycle and logistics of agricultural products

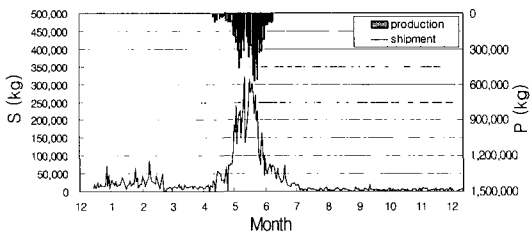
Harvest Shipment	Comparison	Rainfall-runoff
Cultivated region	Locality	Precipitation area
Harvest	Periodical concentration	Rainfall
Storage	Partially keeping	Groundwater (Undercurrent)
Base shipment	Fundamental flow	Base flow
Loss	Reduction in discharge	Evaporation
Flood shipment	Discharge more than demand	Direct runoff

호 유사성을 나타낸 것이다.

또한 강우유출사상과 농산물의 생산출하관계가 모두 지역적 특성에 따라 그 관계가 결정되며, 우리나라의 경우에는 강우도 특정 계절에 집중된다는 점도 매우 유사한 점으로 볼 수 있다. 이러한 여러 특성을 고려하여 유역유출현상과 농산물 유통과정



(a) The relation of rainfall and discharge



(b) The relation of harvest and shipment

Fig. 1 Similarities between rainfall and harvest-shipment

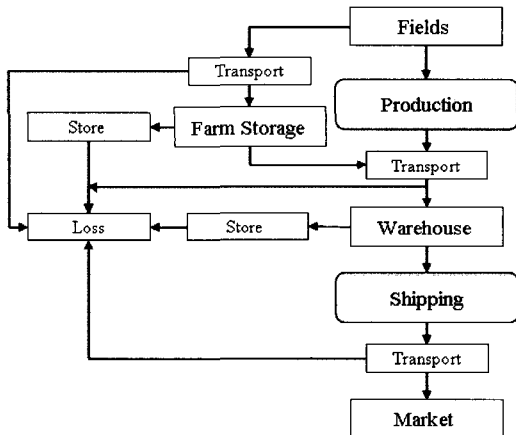


Fig. 2 Components and behaviors of production and shipment

을 그래프를 통하여 비교해 보면 두 과정의 유사성을 쉽게 이해할 수 있다. Fig. 1의 (a)는 2003년 발안지역 7번 Station의 강우유출사상을 그래프로 나타낸 것이며, Fig. 1의 (b)는 2003년 농산물 도매시장 자료와 무안지역의 남부채소농협의 자료를 바탕으로 재현된 마늘의 생산량과 출하량 관계를 그래프로 나타낸 것이다. 시간단위의 차이를 배제한다면 매우 유사한 형태로 나타남을 알 수 있다.

이러한 강우유출사상과의 유사성을 바탕으로 농산물 출하관련 요소와 거동을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다.

생산과 출하 과정에 관련된 요소는 field, farm warehouse, market이며 각각의 거동은 운송과 저장으로 분석할 수 있고, 각각의 요소가 거동하는 과정에서 손실이 발생한다.

III. 농산물 출하특성분석을 위한 탱크모형 개발

1. 저류방정식을 이용한 물류방정식

유출해석에 사용된 탱크모형을 적용하기 위해서는 먼저 각각의 유통과정에 대한 해석이 필요하며 수문현상을 해석하기 위해 사용된 방정식을 응용하여 이용할 수 있다. 본 연구에서는 Table 1과 같은 유출현상과 농산물 출하의 유사성으로부터 저류방정식을 이용하여 농산물 물류를 모사하고자 하였다.³⁾

특정 생산지역의 저장량은 특정지역의 특정 품목의 생산량에서 일별로 나타나는 출하량, 저장과정이나 운반과정에서 발생하는 손실의 차로 나타난다. 저장량은 보통 일정한 지역의 창고저장용량으로 나타나며 저장가능기간이나 냉장시설여부 등이 추가적인 변수가 될 수 있다. 따라서 생산지역의 저장량 변화를 연속방정식으로 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{dS}{dt} = P - Q - LQ \dots\dots\dots (1)$$

여기서, S는 저장량, P는 생산량, Q는 출하량, LQ는 손실량을 나타낸다.

시간 단위를 일 단위로 하여 저장량을 표시하면 다음과 같이 나타낸다.

$$S_t = S_{t-1} + P_t - Q_t - LQ_t \dots\dots\dots (2)$$

여기서, t는 일수를 나타낸다.

손실량을 표현하는 LQ는 다시 운송이나 포장 손실량과 저장에 따른 손실량으로 나눌 수 있으며 이는 기존의 탱크모형에서 증발산량과 배수량으로 각각 표현된 요소이다.

이러한 관계를 통하여 출하모형에서 저장량과 출하량의 관계는 다음과 같은 선형식으로 표현이 가능하다.

$$Q = K(S - S_0) \dots\dots\dots (3)$$

여기서, K는 저장계수를 나타내며, S₀는 한계저장량으로 설명될 수 있다.

2. 농산물 출하특성분석 모형

농산물 출하과정을 개념적 시스템모형으로 구성해 보면 Fig. 3과 같이 구성해 볼 수 있다. 표현된 기호는 탱크모형에서 사용될 parameter나 variable을 대응시켜 나타내었다.

농산물의 경우 수확기에 출하가 집중되므로 수확기 홍수출하는 산지수집상과 농협과 같은 조합을 통해 이루어지며 나머지 물량은 생산자에 의해 저장되거나 농협 등의 저온저장창고를 이용하여 저장되며 이후 지속적으로 출하가 이루어지게 된다. 위의 모델에서는 생산자의 직거래 등은 포함되지 않았으며 다른 출하방법이 추가되는 경우 출하공을 추가하여 모델에 반영이 가능하다.

구현된 개념적 출하시스템을 탱크모형으로 구성하면 Fig. 4과 같이 구성할 수 있다.

구성된 농산물 출하특성분석모형에서의 출하량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_t = q_1 + q_2 + q_3 \dots\dots\dots (4)$$

여기서, Q_t는 t일의 일 출하량, q₁은 1단 탱크의 출하량, q₂는 2단 탱크의 출하량, q₃은 3단 탱크의

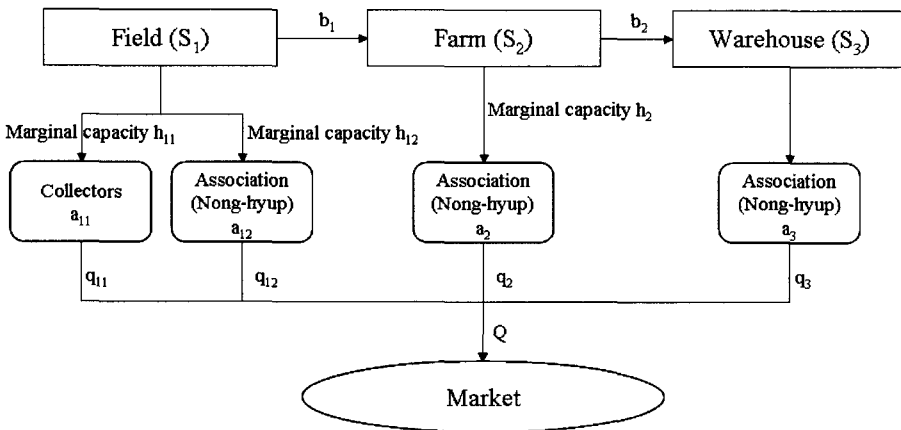


Fig. 3 Conceptual shipping system of agricultural products

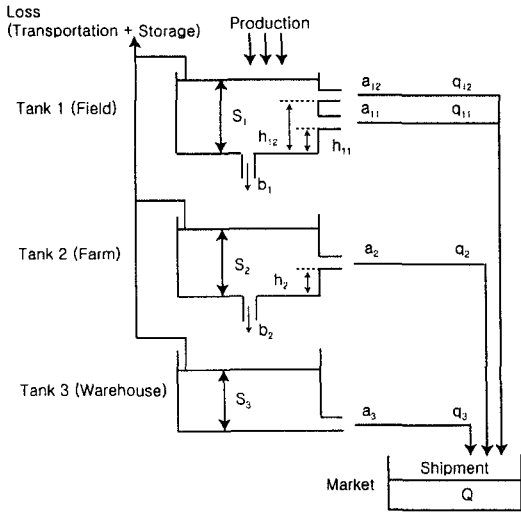


Fig. 4 The structure of the modified tank model for agricultural products

출하량 성분이다. 1단 탱크의 출하량은 생산이 집중되는 시기의 출하량으로 홍수출하를 나타내며 이는 강우에 따라 즉시 발생하는 직접유출 현상과 유사한 특징을 가진다고 볼 수 있다. 또한 2, 3단 탱크의 출하량은 기저출하량 성분으로 저장에 의한 지속적인 출하를 나타내고 있다. 수확시기의 홍수출하를 나타내는 성분 q_1 은 그림에서 1단의 2개 출하공으로 부터의 출하량의 합으로 정의되는데 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q_1 = q_{11} + q_{12} \dots\dots\dots (5)$$

여기서, q_{11} 은 1단 탱크의 상부 출하공으로 부터의 출하량, q_{12} 는 1단 탱크의 하부 출하공으로 부터의 출하량이다.

각 출하공으로 부터의 출하량은 저장량과 출하량의 관계로부터 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q_{11} = a_{11}(S_1 - h_{11}) \quad \text{if } S_1 > h_{11} \dots\dots\dots (6)$$

$$q_{11} = 0 \quad \text{if } S_1 < h_{11} \dots\dots\dots (7)$$

$$q_{12} = a_{12}(S_1 - h_{12}) \quad \text{if } S_1 > h_{12} \dots\dots\dots (8)$$

$$q_{12} = 0 \quad \text{if } S_1 < h_{12} \dots\dots\dots (9)$$

여기서, S_1 은 1단 탱크의 저장량, h_{11} , h_{12} 는 1단 탱크의 한계저장량, a_{11} , a_{12} 는 각 출하공의 출하조절계수를 나타낸다.

농가에서의 개별 출하를 나타내는 q_2 는 그림에서 2, 3단 탱크의 출하공으로 부터의 출하량의 합으로 정의 되는데 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q_2 = a_2(S_2 - h_2) \quad \text{if } S_2 > h_2 \dots\dots\dots (10)$$

$$q_2 = 0 \quad \text{if } S_2 < h_2 \dots\dots\dots (11)$$

$$q_3 = a_3 S_3 \quad \text{if } S_3 > 0 \dots\dots\dots (12)$$

$$q_3 = 0 \quad \text{if } S_3 = 0 \dots\dots\dots (13)$$

여기서, S_2 는 2단 탱크의 저장량, S_3 은 3단 탱크의 저장량, h_2 는 2단 탱크의 한계저장량, a_2 는 2단 탱크 출하조절계수, a_3 은 3단 탱크의 출하조절계수이다.

3. 저장량의 변화 분석

각 탱크의 저장량은 저류방정식에서 유도한 저장방정식으로부터 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_{i,t} = S_{i,t-1} + P_{i,t} - Q_{i,t} - LT_{i,t} - LS_{i,t} \dots\dots (14)$$

여기서, $S_{i,t}$ 는 t일의 i 탱크의 저장량, $S_{i,t-1}$ 는 t-1일의 i 탱크의 저장량, $P_{i,t}$ 는 t일의 i 탱크의 생산량 즉 입하량, $Q_{i,t}$ 는 t일의 i 탱크의 유출량, $LT_{i,t}$ 는 t일의 운송이나 포장 등으로 발생하는 손실량, $LS_{i,t}$ 는 t일에 저장으로 발생하는 손실량을 나타낸다.

운송이나 포장으로 발생하는 손실량이나 저장으로 발생하는 손실량은 탱크에서 발생하는 증발산량

으로 처리하도록 하였다. 증발산량의 경우 팬 증발량 측정자료를 통하여 잠재증발산량을 추정하지만 손실량의 경우 운송이나 저장과정에서 발생하는 손실량을 추정하기 위한 자료나 연구가 미흡하므로 본 모형에서는 일정 비율로 손실률을 가정하여 사용하였다.

4. 매개변수 보정을 위한 최적화 기법

모형에 사용된 최적화 기법은 Nelder와 Mead에 의해 1965년 제안된 Downhill simplex method를 사용하였다.⁵⁾ 이 기법은 강우유출모형의 보정에 널리 이용되는 지역탐색기법으로 농산물 생산 출하 관계에도 적절하게 사용될 수 있을 것으로 판단하였다. n차원의 공간에서 n+1개의 절점과 면으로 상호 연결된 simplex를 사용하며, 반사, 팽창, 축소 과정을 통해 최적해에 수렴하게 된다. 대부분의 과정은 simplex의 절점 중 가장 큰 목적함수를 갖는 절점으로 이동하는 반사과정이며 반사과정 후에는 같은 방향으로 팽창하여 새로운 절점으로 simplex를 형성하면서 최적해를 탐색한다.

목적함수로는 DRMS(Daily Root Mean Square)를 사용하여 매개변수를 보정하였으며, 식 (15)와 같다.

$$\text{Minimize } DRMS(\theta) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{q_i^{sim}(\theta) - q_i^{obs}\}^2}{n}} \quad (15)$$

식에서 q^{sim} 은 모형에서 모의된 출하량이고 q^{obs} 는 실제 데이터 값을 나타내며 이 차이가 가장 작아지도록 θ 를 결정하게 된다.

입력자료는 생산지역, 생산품목과 지역의 일별 입하량, 일별 출하량과 지역별 저장시설 용량을 바탕으로 변수를 추정하게 된다. 모형에 입력되는 데이터는 아래의 Table 2와 같다.

Table 2 Input variables

Item	Variables	Contents
Regional characteristics	Region Item	Production area Production item
Parameters	a_{11}, a_{12}, a_2, a_3 b_1, b_2, b_3 h_{11}, h_{12}, h_2	Shipping control Operation control Marginal capacity
Initial storage	S_1, S_2, S_3	Storage (kg)
Logistics data	Production Shipment	Daily harvest (kg/day) Daily shipment (kg/day)

IV. 모형의 적용 및 고찰

1. 자료의 구성

농산물 출하모형의 적용을 위해 대상 품목으로 마늘을 선정하였다. 마늘은 일년을 주기로 생산과 물류가 이루어지는 대표적인 작물로 저장성이 있고 생산시기에 홍수출하가 뚜렷하기 때문에 모형의 적용성 평가에 효과적일 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 난지형 마늘의 도매시장반입량과 서남부채소농협(무안)의 입출고 자료를 바탕으로 입하량과 출하량 자료를 구성하였다. 창고저장유형은 무안의 입출고자료를 바탕으로 추정하였고 생산량은 생산시기 시장반입량과 생산시기 입고량의 합으로 산정하였다. 생산시기 창고 저장량은 생산이 없는 시기에 출하되는 시장반입량의 합으로 볼 수 있으며, 이러한 관계를 식으로 나타내면 식 (16), (17), (18)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_i = F_i + S_i \dots \dots \dots (16)$$

$$\sum P_i = \sum (F_i + S_i) \dots \dots \dots (17)$$

P_i 는 일별 수확량, F_i 는 수확기의 출하량, S_i 는 수확

기의 저장량을 나타낸다. 따라서, 총 생산량은 수확 기간 동안의 출하량과 저장량의 합으로 나타낼 수 있다. 여기서 수확기의 저장량 S_i 는 비수확기의 출하량 F_j 의 총합과 같다고 가정하였다. 이는 비수확기에도 지속적으로 시장에 반입량이 발생하기 때문이다.

$$\sum S_i = \sum F_j, \dots\dots\dots(18)$$

손실량은 크게 운송과정의 손실과 저장손실이 있는 것으로 분류할 수 있으며, 운송과정의 손실은 생산량에 따라 일정량의 운송손실이 발생한다고 가정하였고, 저장에 따른 손실의 경우는 실질적인 창고저장에 따른 정확한 손실량에 대한 조사자료가 미흡하기 때문에 저장량과 저장기간에 따라 일정한 비율로 발생한다고 가정하였다.

2. 모형의 보정

입력자료는 탱크모형 입력자료인 일별 손실량, 생산량, 창고저장시설계수 자료와 최적화과정의 매개변수 결정을 위한 입력자료개수, 초기값, 최소값, 최대값 등의 자료로 구성된다. 매개변수 최적화를 위해 2000년 도매시장자료와 남부채소농협자료를 통하여 일별 생산량과 출하량 자료를 구성하여 사용하였으며 반복되는 최대 회수는 1,000,000번으로 하였고 오차범위는 1.0×10^{-5} 으로 하였다. 보정된 모형의 매개변수는 Table 3과 같이 결정되었으며, 일별 출하량의 추정치와 실측치를 도식적으로 나타내면 Fig. 5와 같다.

이러한 보정을 통한 모형의 실제 출하량과 보정된 모형의 출하량의 R^2 와 RMSE(Root Mean Square Error)는 Table 4와 같다. R^2 는 0.9998

로 매우 높게 나타났으며, RMSE의 경우 출하가 집중되는 수확기와 비수확기의 출하량의 차이가 너무 크므로 log값을 취한 RMSE로 평가하는 것이 더 타당할 것으로 판단하여 log값을 취해서 RMSE를 계산하여 비교하였으며, 0.4332로 매우 적었다. 또한 모형의 추정결과와 실제 출하량을 전대수지에 도시하여 나타낸 결과가 Fig. 6과 같다.

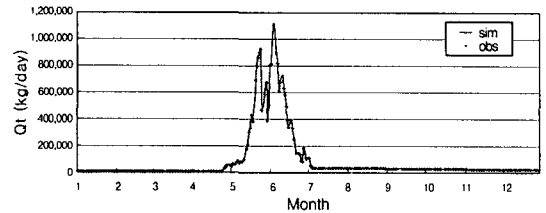


Fig. 5 Observed data and simulated result (2000)

Table 4 Observed and simulated shipment for calibration

Year	Production (kg)	Measure (day)	RMSE (kg)	LRMSE*	R ²
2000	2,988,750	294	281.79	0.4332	0.9998

*LRMSE: log 값으로 변환하여 계산한 RMSE 값

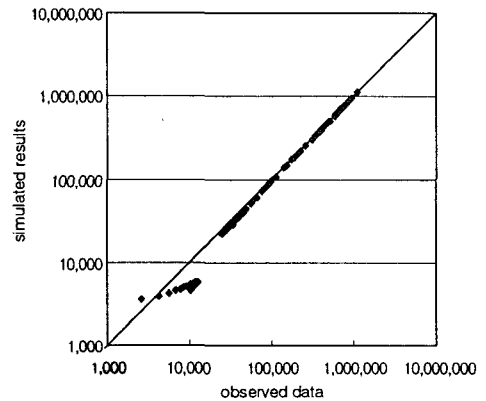


Fig. 6 Scatter diagram for calibration (2000)

Table 3 Parameters and calibrated value

Parameters	a ₁₁	a ₁₂	a ₂	a ₃	b ₁	b ₂	h ₁₁	h ₁₂	h ₂
Calibrated value	0.3938	0.1032	0.0001	0.0034	0.2558	0.1443	5.1885	546.0089	1486.1479

3. 모형의 검증

구성된 모형의 검증을 위하여 2001년, 2002년, 2003년의 도매시장자료와 서남부채소농협 입출고 자료를 이용해 구성된 마늘의 생산량과 출하량을 이용하여 검증하였으며, 시뮬레이션 시행 결과와 실제 출하량을 비교한 결과는 Fig. 7, 8, 9와 같다. 또한, 검증결과의 RMSE와 R^2 는 Table 5와 같으며 이를 도시한 결과는 Fig. 10, 11, 12와 같다.

모형의 시뮬레이션 결과와 실제 출하량이 정확하게 일치하지는 않지만 홍수출하량 추정 등 출하경향을 파악 할 수 있으며 기존의 저장량과 수확시기의 생산량에 따른 출하정점 등의 예측이 가능할 것으로 판단되었다. 여러 기간에 걸쳐 더욱 실제적이

고 충분한 자료를 축적하게 되면 보다 정확한 예측이 가능한 모형이 될 것으로 판단된다. 결과 R^2 가

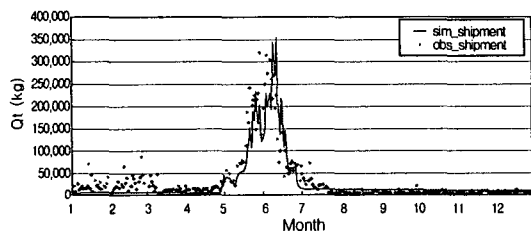


Fig. 7 Observed data and simulated result (2003)

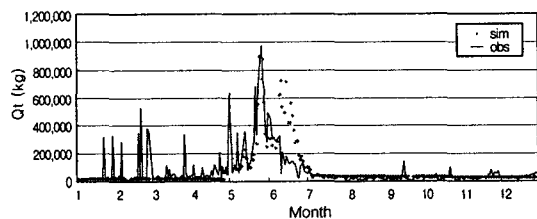


Fig. 8 Observed data and simulated result (2002)

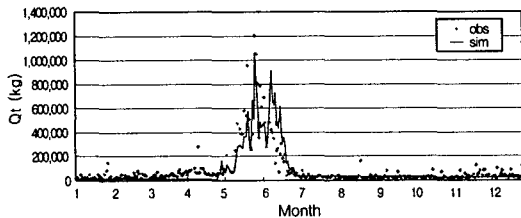


Fig. 9 Observed data and simulated result (2001)

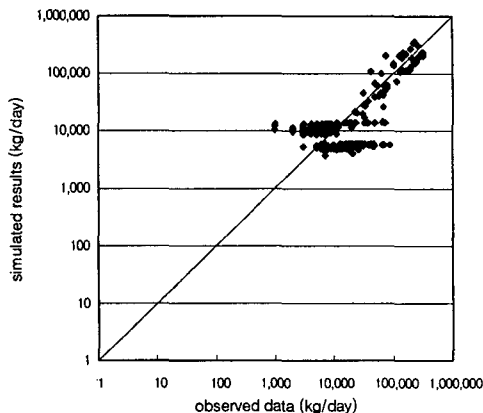


Fig. 10 Scatter diagram for verification (2003)

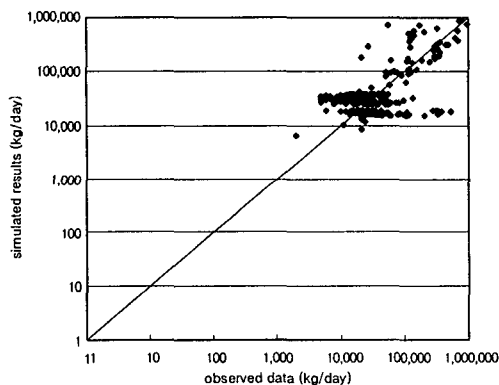


Fig. 11 Scatter diagram for verification (2002)

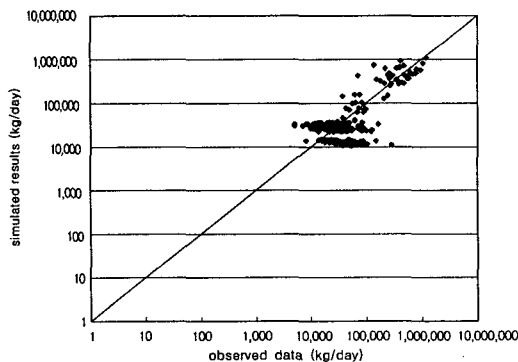


Fig. 12 Scatter diagram for verification (2001)

Table 5 Observed and simulated shipment for verification

Year	Production (kg)	Measure (day)	RMSE (kg)	LRMSE	R ²	Correlation
2001	26,553,000	298	5,134	1.0648	0.7273	0.8528
2002	23,304,998	295	6,162	0.9434	0.5107	0.7146
2003	9,463,000	302	1,564	0.9935	0.8049	0.89719

*LRMSE: log 값으로 변환하여 계산한 RMSE 값

2003년에는 0.8049, 2001년에는 0.7273으로 비교적 높게 나타났으나 2002년에는 0.5107로 상대적으로 적게 나타났다. 결과에서 실제 데이터의 경우 자연현상인 강우유출 사상처럼 유출이 지속적으로 고르게 발생하지 않고 시장가격이나 저장시설의 상황에 따라 출하의 기복이 발생하는 것으로 판단되며 이에 대한 정확한 추정은 좀더 세밀한 데이터와 조사가 필요할 것으로 보인다. 2003년이나 2001년에 비해 2002년의 시뮬레이션 결과의 정확도가 낮은 이유는 이번 자료의 경우 특정 지역에 대한 자료가 아니라 전국 도매시장의 반입량자료를 통해 구성한 것으로 실제 데이터를 사용하지 못했기 때문에 2002년의 경우 출하형태가 달라지는 경우 입출고형태도 달라져야 하지만 본 연구에서는 동일한 입출고 형태를 가정하였기 때문으로 판단된다.

4. 모형의 적용

Fig. 13은 기존의 시뮬레이션 결과와 저장량의 변화를 고려하여 출하량을 변화시켰을 경우의 일별 출하량 변화를 나타낸 그래프이다. 저장시설용량이 늘었다는 가정하에 a₁₁ 출하계수를 0.05 감소시켜 홍수출하시의 출하량을 줄이는 경우 홍수출하시의 정점이 352,793 kg에서 335,910 kg으로 낮아지고 후반기의 출하량이 일정수준(400~600 kg)이상 증가되는 것을 볼 수 있다.

출하계수 a를 조절했을 경우 전체적으로 기존의 시뮬레이션 결과보다 홍수출하시에 출하량이 감소하는 것을 볼 수 있다. 따라서 특정 지역자료를 통

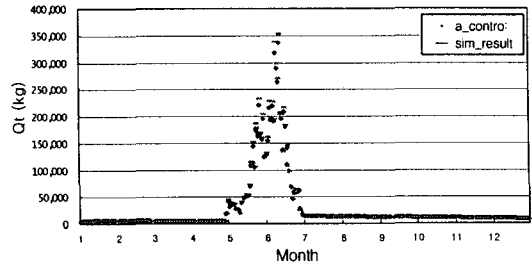


Fig. 13 Effectiveness of warehouse capacity (2003)

한 모형을 개발하는 경우 지역별로 보다 다양한 변수의 조절을 통해 지역의 저장시설변화에 따른 출하량 조절규모를 결정할 수 있을 것으로 보인다.

V. 결 론

본 연구에서는 강우유출모형의 장기유출해석에 많이 사용되는 탱크모형의 개념을 이용하여 농산물의 출하특성분석모형을 개발하였다. 기존에 탱크모형이 많이 이용되는 실제 강우유출사상과 농산물 생산출하과정을 비교해보면 각각의 인자인 강우, 직접유출, 기저유출, 증발 등의 특성과 농산물 출하의 생산, 홍수출하, 출하, 손실 등이 매우 유사함을 알 수 있으며, 이러한 유사성은 탱크모형을 이용한 농산물 출하특성분석모형의 구현에 효과적인 방향을 제시하여 주었다. 농산물 출하특성분석은 자료의 특성에 따라 개별 지역모형의 개발이 가능하게 되는데 이는 강우유출사상을 모사하는 유출모형이 측정 유역에 따라 구현되는 것과 유사하다. 탱크는 3단으로 구성하였으며 각각의 출하조절계수와 저장

시설운영계수, 한계저장량을 Downhill Simplex Method를 통해 보정하였다. 개발된 모형의 적용성 평가를 위해 대상작물을 마늘로 선정하였으며 최대 산지 중의 하나인 무안의 채소농협의 입출고 자료와 도매시장의 반입량을 바탕으로 생산량과 출하량 자료를 구성하였다. 구성된 자료를 모형에 적용한 결과 홍수출하시의 출하형태와 출하량을 매우 유사하게 재현할 수 있었으며, 시설 저장규모 증가를 고려하여 출하계수를 조정할 경우 일별 출하량을 조절할 수 있었다. 이를 통해 지역별 자료를 활용하는 경우 모형을 이용한 개별 지역의 저장시설 규모결정에 활용이 가능할 것임을 알 수 있다.

본 연구에서는 전국단위 도매시장 자료와 특정지역 저장특성을 통해 출하특성분석모형을 평가하였지만 좀 더 정확한 지역별 자료를 바탕으로 지역특성을 반영한 모형으로 개발하면 보다 효과적으로 정확하게 모형의 구현이 가능할 것이다. 또한 여러 거동에서 발생하는 손실을 손실률이나 관계식으로 표현한다면 보다 정확한 값을 얻을 수 있을 것으로 판단되며, 여러 지역에 대한 작물별 출하모형의 개발을 통해 향후 각각의 매개변수를 지역별로 일반화할 수 있는 방안을 마련할 수 있을 것이다. 특히 농산물의 경우 지역별 품목에 따른 경작지 면적, 해당지역의 연 강우량, 관개시설의 규모, 가뭄피해 일 수 등을 통한 생산량의 일반화도 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 농림기술관리센터의 연구과제 (202032-1, 203103-03-2)로 수행된 결과의 일부임

References

1. Anton P. Barten and Chris Vanloot, 1996, Price Dynamics in Agriculture: An Exercise in Historical Economics, *Economic Modelling* 13, pp.315-331.
2. Suresh K. Goyal and Fassil Nebebe, 2000, Determination of economic production-shipment policy for a single-vendor-single-buyer system, *European Journal of Operational Research* 121, pp.175-178.
3. D. S. Kim and J. J. Lee, 1996, Development of the Agricultural Products Marketing Analysis Model using GIS, *Journal of Korean Society of Agricultural Engineering* 38(2), pp.86-96. (in Korean)
4. Lee Y. H. and Singh V. P., 1999, Tank model using Kalman filter, *Journal of Hydrologic Engineering* 4(4), pp.344-349. (in Korean)
5. Nelder J. A. and Mead R., 1965, A simplex method for function minimization, *Computer Journal* 7(4), pp.308-313.
6. Toru Higuchi and Marvin D. Troutt, 2004, Dynamic simulation of the supply chain for a short life cycle product -Lessons from the Tamagotchi case, *Computers and Operations Research* 31, pp.1097-1114.