

# 낙동강 하구 새섬매자기 초기밀도, 생체량과 괴경량의 관계

이용민 · 여운상\* · 성기준<sup>+</sup>

부경대학교 생태공학과

\* 부산발전연구원

## Relationship of Initial Density, Biomass and Tuber Productivity of *Scirpus planiculmis* in the Nakdong River Estuary

Yong Min Yi · Un Sang Yeo\* · Kijune Sung<sup>+</sup>

Department of Ecological Engineering, Pukyong National University

\* Busan Development Institute

### 요 약

낙동강 하구에 우점하는 새섬매자기는 낙동강하구를 찾아오는 조류의 중요한 먹이원으로 알려져 있으며 1년을 주기로 성장과 생산, 분해 과정을 반복하면서 낙동강 하구의 물질순환과 먹이사슬에 있어서 중요한 역할을 담당한다. 따라서 하구 생물이나 조류의 주요 먹이원인 새섬매자기 생체량이나 괴경생산량을 효과적으로 예측할 수 있다면 낙동강 하구관리에 매우 유용한 정보를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 생태계의 교란을 최소화 할 수 있으며 보다 빠르고 측정이 용이한 새섬매자기의 초기발생 밀도와 생체량을 이용하여 조류의 먹이인 괴경 생산량을 예측할 수 있는 회귀식을 구하였다. 상관분석 결과, 각 항목간의 상관계수가 0.6103~0.9950로서 조사시기가 다른 새섬매자기의 밀도, 생체량, 괴경 생산량에 있어 선형 관계가 강한 것으로 나타났다(p<0.0001). 또한 각 항목에 대한 회귀분석 결과 나타난 선형회귀식은 0.3696~0.7145 의 높은 결정계수를 가짐으로써, 얻어진 추정 회귀식을 이용하여 생체량 또는 괴경생산량을 효과적으로 예측 할 수 있을 것으로 나타났다. 본 연구결과를 이용하여 새섬매자기 군락의 교란이나 훼손을 최소화하며 가능한 빠른 시기에 새섬매자기의 생체량이나 괴경생산량을 예측하여 낙동강 하구를 찾아오는 철새들의 먹이원의 관리 등 하구생태계의 관리에 유용하게 활용될 수 있으리라 기대된다.

**핵심용어** : 하구관리, 상관분석, 회귀식, 조류먹이원, 괴경생산량 추정

### Abstract

*Scirpus planiculmis* dominated in Nakdong river estuary is known as food for birds visiting to Nakdong river estuary and plays an important role in material cycle and food web, while repeating growth and production, decomposition process in 1-year interval. Therefore, if it is able to predict effectively biomass or tuber production of *Scirpus planiculmis* which is food source for estuarine organisms or birds, it can provide very useful information on the Nakdong river estuary management. In this study, regression equation that can predict the tuber production, food for birds, was obtained using initial density of *Scirpus planiculmis* that can minimize the disturbance of ecosystem and is faster and easier. The correlation analysis results show that density, biomass and tuber production have liner relationship(p<0.001) with 0.6103~0.9950 of correlation coefficients. In addition, the regression equations have high coefficients of determination of 0.3696~0.7145 and it shows that it is able to predict biomass or tuber production while using the estimated regression equation obtained from relationship among the initial density, biomass and tuber production. The results of this study are expected to utilize effectively the management of estuary ecosystem such as management on food source for migratory birds visiting to Nakdong river estuary

**Keywords** : Estuary management, correlation analysis, regression equation, bird food source, tuber production estimation

<sup>+</sup> To whom correspondence should be addressed.  
ksung@pknu.ac.kr

## 1. 서론

낙동강 하구역에 우점하고 있는 새섬매자기(*Scirpus planiculmis*)는 4월 중순에 괴경으로부터 어린 식물체가 지상부로 성장하기 시작하여(Kim et al., 2005), 7~9월에 최고 성장에 이르며 그 이후 시들기 시작하면서 괴경을 왕성하게 형성하여 10월에 이르면 최대치에 이른다(Yoon, 1991). 이와 같이 1년을 주기로 성장과 생산, 분해 과정을 반복하면서 낙동강 하구의 물질순환과 먹이사슬에 있어서 중요한 역할을 하게 되는데, 4~9월의 성장하는 과정에서 대기로부터 이산화탄소를 흡수하게 되고 토양내의 질소와 인과 같은 영양물질을 흡수하여 자생적인 유기물을 생산한다(An et al., 2006). 9월 이후에는 새섬매자기의 지상부가 분해되기 시작하여 탄소, 질소, 인 등의 물질이 토양내로 재순환하게 되는데 이때 분해된 영양물질은 하구에 유입되어 이를 먹이원으로 하는 저서형 대형무척추 동물군의 분포에 영향을 미친다(Kim et al., 2002). 또한 9월 이후 생산된 새섬매자기의 괴경은 재두루미, 개리, 고니류 등의 주요 먹이원으로써 영양분을 제공한다(Gu, 1986; Yoon, 1991).

육상생태계에 비해 환경의 변화가 큰 하구역에서의 다양한 개발압력과 기후변화 등 최근의 외부 환경변화는 생물의 서식환경의 변화를 초래할 수 있다. 2005~2010년에 이뤄진 새섬매자기의 생체량 조사에서, 조사기간 동안 생체량은 2.7~244.8 g/m<sup>2</sup> 범위로 나타나 해당 연도의 환경요인에 따라 큰 변동 폭을 가지는 것으로 조사되었다(Yi et al., 2011).

낙동강 하구 핵심종인 새섬매자기의 성장 변화는 낙동강 하구역의 물질순환과 먹이사슬에 영향을 줄 수 있을 뿐만 아니라 특히 낙동강 하구를 찾아오는 철새의 개체수를 제한하는 요인이 될 수 있다(Yoo et al., 2010). 새섬매자기의 생산량, 특히 철새의 먹이가 되는 괴경의 생산량이나 분해 후 하구의 저서생물의 분포에 영향을 주는 생체량 등을 예측할 수 있다면 낙동강 하구의 물질순환을 이해하고 향후 철새도래지로서의 낙동강 하구역의 관리에 있어 중요한 정보를 제공할 수 있다고 판단된다.

일반적으로 식물의 생체량은 식물의 수확 후 그 식물의 건조량으로 측정되어진다(Spencer et al., 2006). 하지만 이 방법은 지상부나 지하부를 채취하는 과정에서 하구생태계의 교란과 훼손을 가져 올 수 있으며 밀도를 측정하는 방법에 비해 많은 시간이 소요되고 더 많은 노동력을 필요로 한다(Gouraud et al., 2008). 특히 새섬매자기와 같이 괴경의 조사가 필요한 경우 조사에 필요한 에너지와 이로 인한 생태계의 교란은 더 커질 수 있다. 따라서 측정이 용이하고 조사과정에서의 교란과 훼손을 최소화할 수 있으며 가능한 사전에 예측이 가능한

방법이 효과적일 수 있다. 낙동강 하구의 경우 새섬매자기가 성장하기 시작하는 6월의 초기 발생 밀도를 이용하여 8월의 생산량 또는 10월의 괴경 생산량을 추정할 수 있다면 가급적 이른 시기에 적은 에너지를 이용하여 하구생태계의 훼손을 최소화하며 생산량을 추정할 수 있는 효과적인 방법이 될 수 있다. 특히 서식지 훼손으로 인한 먹이 자원의 부족으로 현재 인위적인 먹이공급이 이루어지고 있는 낙동강 하구의 조류서식지 관리에 이러한 새섬매자기의 변화 추정은 매우 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 개발이나 기후변화와 등 외부 압력에 대한 생태계의 영향예측이나 평가 등에도 효과적으로 이용될 수 있다(Kirwan et al., 2012).

현재 새섬매자기의 생체량 및 괴경의 생산량을 추정하는 연구는 거의 진행된 바 없으며, 다만 낙동강 하구에서 새섬매자기의 성장변화와 새섬매자기 군락의 보전 및 증식방안(Kim et al., 2005; Kim, 2009), 계절변화에 따른 새섬매자기의 생체량 및 탄소, 질소 함량의 변화(An et al., 2006), 새섬매자기의 연간변동과 환경특성(Yi et al., 2011) 등과 새섬매자기의 성장 특성과 관련된 연구가 일부 진행된 바 있다. 생체량을 추정하는 연구로는 주로 목본류에 있어서 목본의 직경, 길이 등의 변수에 대한 회귀식을 이용하여 목본류의 생체량을 추정하는 연구는 진행된 바 있으며(Zeng et al., 2010), 정수식물의 경우 식물을 수확하지 않고 생체량을 추정하기 위하여 줄기의 직경이나 길이를 이용한 연구가 있으나(Daniels et al., 2010) 서로 시기가 다른 초기 밀도를 이용하여 생체량 및 괴경생산량을 추정하고자 한 본 연구와는 차이가 있다.

본 연구에서는 생태계의 교란을 최소화 할 수 있고 보다 빠르고 용이하게 새섬매자기의 생체량과 괴경생산량을 추정하기 위해서 4년간의 낙동강 하구 전역의 새섬매자기의 밀도, 새섬매자기 생체량, 괴경생산량을 이용하여 상관관계를 분석하였으며 회귀분석을 통해서 밀도에 대한 새섬매자기의 생체량과 괴경생산량, 추가적으로 생체량에 따른 괴경생산량을 추정하고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 조사지개황

본 연구의 대상지역은 부산광역시 강서구에 위치한 낙동강 삼각주 남단에 해당하는 지역으로 하중도인 을숙도를 비롯하여 대마등, 장자도, 신자도, 진우도, 백합등, 도요등과 같은 크고 작은 사주가 발달해 있다. 사주 주변으로 수심이 얇은 갯벌이 넓게 형성되어 있으며, 철새의 먹이가 되는 수서곤충, 패류, 어류 등이 다양하게 번식하고 있다(ME, 2009). 철새들이 찾아오는 우리나라의 대표적인 철새 도래지 중의 하나일 뿐만 아니라 지

정확적으로 동아시아의 중앙에 위치하고 있어 철새의 중요한 이동경로로서의 역할을 한다(Post, 1983). 이에 따라 자연환경보전지역, 습지보호지역, 문화재구역, 특별 관리해역 등으로 중복 지정되어 법적인 보호를 받고 있는 생태적 가치와 중요성이 매우 높은 지역이다(BMC, 2011). 하지만, 1987년 건설된 하구둑으로 인해 인위적인 독의 운용에 따라 해역의 염분 변화가 크게 나타나며, 이는 식물군락의 변화 뿐만 아니라 생산성에도 많은 영향을 미친다고 알려져 있다(Yoon et al, 2007; Shin et

al., 2006). Yoon et al.(2008)은 하구둑 방류로 인해 표층 염분이 최소 19.593% 까지 감소한다고 보고하였으며, Yoon(1991)은 하구둑 완공 후 수금류의 식이식물인 새섬매자기와 애기거머리말의 분포지역에 있어 많은 변화를 나타내었다고 보고하였다.

조사지점은 낙동강 하구역에서 새섬매자기 군락이 우점하고 있는 대마등, 맹금머리등, 명지갯벌, 백합등과 을속도 하부로서 Fig. 1에 나타내었다.

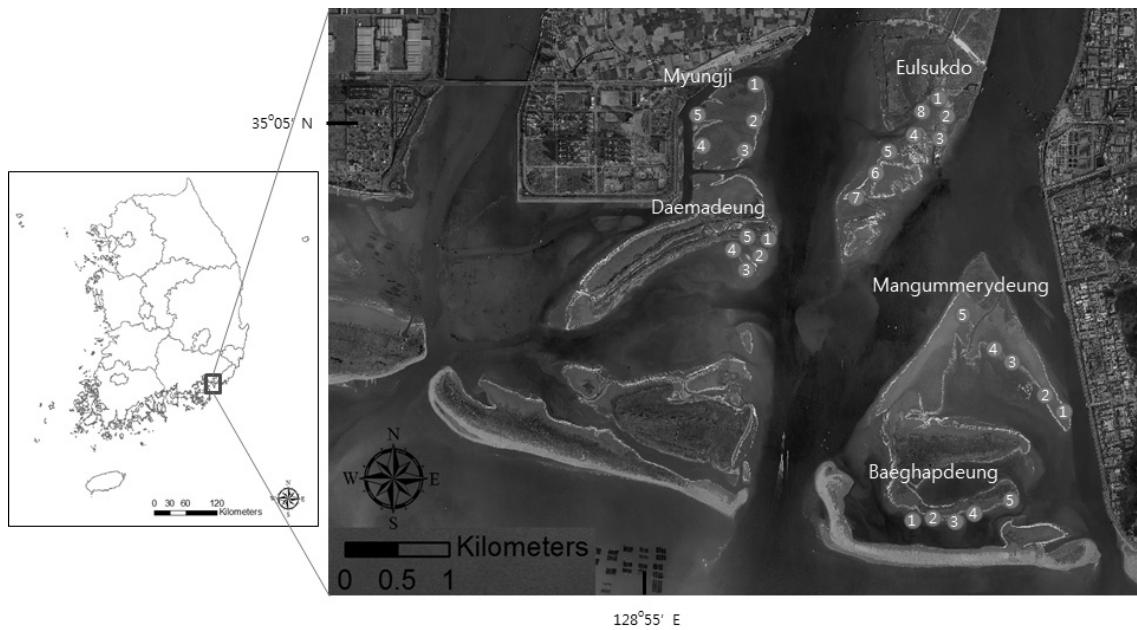


Fig. 1. Map showing the studied area.

## 2.2 새섬매자기 조사

2005년, 2008~2010년 낙동강 하구에서 새섬매자기가 우점하고 있는 대마등, 맹금머리등, 명지갯벌, 백합등의 5지점과 을속도 하부 8지점을 고정조사지점으로 하여 총 28개의 조사지점에 대하여 조사하였다. 새섬매자기의 밀도는 6월에 조사지점 당 1m×1m 크기의 방형구 4개를 설치하여 출현한 새섬매자기의 개체수를 조사하여 나타난 평균값을 단위면적당 개체수로 나타내었다(Yi et al., 2011).

생체량은 8월에 각 조사지점 당 3 곳에 0.3×0.3×0.3m의 코어를 이용하여 식물 전체를 채취한 후 실험실로 운반하여 흐르는 물에 깨끗이 씻은 다음 지상부와 지하부로 구분하여 건중량을 측정하였다. 건중량은 단위면적당 중량 평균값으로 나타내었다. 피경생산량은 2008, 2009, 2010년 10월에 각 지점 당 8 곳에 0.1×0.3×0.3m의 코어를 이용하여 피경을 채취한 후 실험실로 가져와 피경 개수와 건중량을 조사하여 단위부피당 평균개수와

평균중량으로 각각 나타내었다.

## 2.3 자료분석

새섬매자기의 밀도, 생체량(지상부/지하부), 피경(개수, 건중량)간의 상관의 정도를 검정하기 위해서 상관분석을 실시하였다. 상관분석은 3년간의 밀도, 생체량, 피경생산량 자료 중 지하부나 지상부 생체량 측정 과정에서의 훼손으로 인하여 피경이 측정되지 못한 자료를 제외한 총 50개의 자료를 사용하였으며 분석에는 SAS 9.2(SAS Institute Inc. USA) 을 이용하였다. 회귀분석을 위하여 Cabaço et al.(2007)과 같이 자료를 로그 변환 후 사용하였다.

이후 밀도에 따른 생체량과 피경생산량, 생체량에 따른 피경생산량을 추정하기 위해서 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석은 밀도와 생체량의 경우, 4년간의 각 조사 지점의 측정 자료인 총 71개 자료를 이용하였으며 생체량과 피경생산량은 3년간 측정 자료인 50개의 자료를 이용하여 추정한 결과를 선형회귀식으로 나타내었다. 각

조사지점의 자료는 3-8곳에서 측정한 자료의 평균값이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 상관분석

새섬매자기에 대한 조사 항목간의 상관관계는 다음 table 1과 같이 분석되었다. 분석결과 각 항목간의 상관계수가 0.6103~0.9950로서 새섬매자기의 밀도와 생체량, 생체량과 괴경 생산량에 있어 선형 관계가 강한 것으로 나타났다( $p < 0.0001$ ). 새섬매자기의 밀도에 따른 각 항목간의 상관계수는 괴경 발생수, 괴경 건중량, 지상부생체량, 전체생체량, 지하부생산량 순으로 높은 것으로 나타났다. 괴경 발생수와 괴경 건중량은 밀도와의 상관계수가 각각 0.7524와 0.7347로 나타난 것에 비해 전체생체량과는 각각 0.8426과 0.8312로 나타나 상대적으로 발생 밀도보다는 생체량을 통한 괴경 생산량의 추정이 조금

더 높은 정확성을 보일 것으로 판단된다. 이는 조사 시기의 영향으로 판단되는데 초기의 새섬매자기 발생 밀도를 이용하는 것 보다는 성장이 진행되어 괴경 생산시기와 좀 더 근접한 시기의 조사 결과가 괴경생산량과 높은 상관관계를 갖는 것이 당연할 것이다. 하지만 괴경 생산량이 조사시기가 이른 새섬매자기의 발생밀도와도 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타나 새섬매자기의 발생밀도를 이용하여 새섬매자기의 괴경량을 효과적으로 추정할 가능성이 높은 것으로 나타났다. 한편 괴경생산량이 새섬매자기의 생체량 중에서는 지하부보다 지상부에서 상대적으로 높은 정의 상관관계를 보여 지하부를 채취하는 훼손적인 조사방법을 사용하지 않고도 괴경 생산량의 추정이 가능한 것으로 나타났다. 이러한 상관 분석 결과를 종합해 볼 때, 새섬매자기의 초기 발생 밀도를 이용하여 새섬매자기 생체량과 괴경 생산량의 추정 및 지상부생체량만을 이용한 괴경생산량의 추정이 가능하리라 판단된다.

Table 1. Correlation matrix(coeffcient and significance level) among the density, biomass and tuber properties of *Scirpus planiculmis* (n=50)

|         |        | Density  | Biomass  |          |          | Tuber    |        |
|---------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
|         |        |          | Above    | Below    | Total    | Number   | Weight |
| Density |        | 1.0000   |          |          |          |          |        |
| Biomass | Above  | 0.7209** | 1.0000   |          |          |          |        |
|         | Below  | 0.6103** | 0.9579** | 1.0000   |          |          |        |
|         | Total  | 0.7034** | 0.9950** | 0.9741** | 1.0000   |          |        |
| Tuber   | Number | 0.7524** | 0.8390** | 0.8081** | 0.8426** | 1.0000   |        |
|         | Weight | 0.7347** | 0.8233** | 0.8021** | 0.8312** | 0.9830** | 1.0000 |

\*\* correlation are significant at the 0.01 levels

#### 3.2 선형 회귀분석

##### 3.2.1 새섬매자기 발생밀도와 생체량

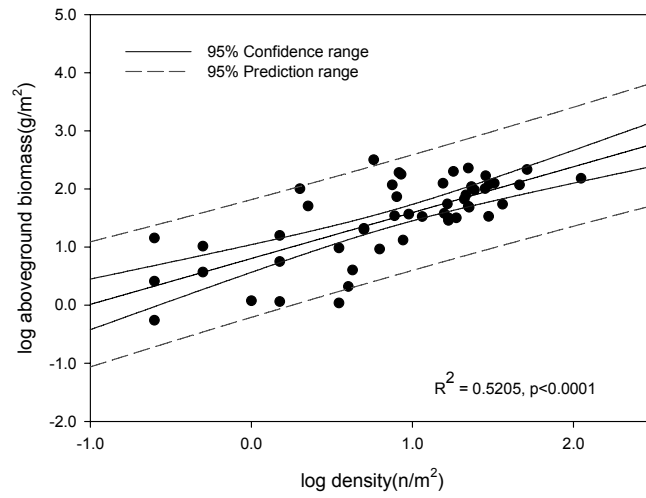
낙동강 하구역에서 새섬매자기의 초기 발생밀도인 6월 측정 자료와 지상부·지하부로 구분한 새섬매자기의 8월 생체량 자료를 이용하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 발생밀도에 따른 새섬매자기의 지상부, 지하부, 전체 생체량에 대한 회귀식은 다음 식(1), (2), (3)과 같으며 모두  $p < 0.0001$  수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났다(Fig.2).

$$\log(\text{ABM}) = 0.7892 \cdot \log(\text{DEN}) + 0.8045 \quad (\text{식 } 1)$$

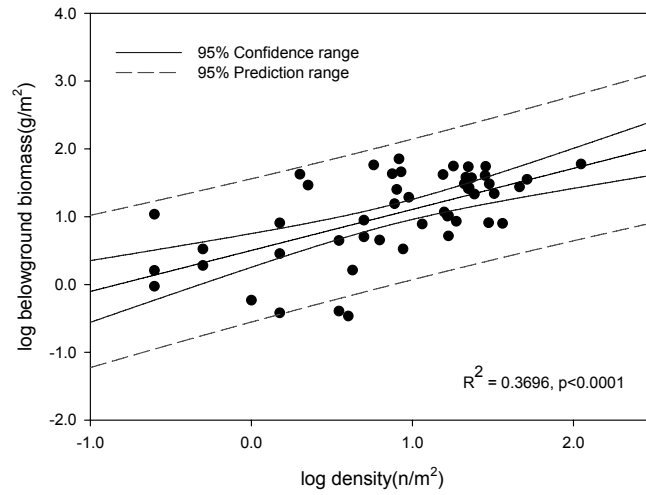
$$\log(\text{BBM}) = 0.6050 \cdot \log(\text{DEN}) + 0.5029 \quad (\text{식 } 2)$$

$$\log(\text{TBM}) = 0.7318 \cdot \log(\text{DEN}) + 0.9922 \quad (\text{식 } 3)$$

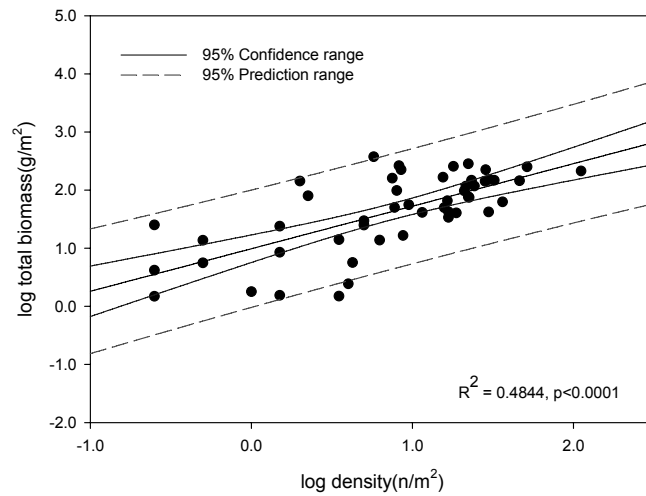
여기서 ABM, BBM, TBM은 각각 새섬매자기의 단위 면적당 지상부, 지하부 및 전체 생체량( $\text{g}/\text{m}^2$ )을 나타내며 DEN은 발생밀도( $\text{no.}/\text{m}^2$ )를 나타낸다. 식 (1),(2),(3)에 대한 결정계수는 각각 0.5205, 0.3696, 0.4844 로 나타나 초기발생밀도에 의한 생체량의 추정은 지하부에 비해 지상부에서 상대적으로 높은 값을 보였으며, 전체생체량에 대해서는 약 48% 이상 설명이 가능한 것으로 나타났다 (Fig.2). 이와 같이 초기에 새섬매자기의 발생 밀도를 파악하면 새섬매자기의 생체량이 최대에 이르는 8월의 생체량을 효과적으로 예측할 수 있으리라 판단된다. 한편 본 연구에서의 결정계수는 동일한 시기에 줄기의 직경과 생체량을 조사한 Daniels et al.(2010)의 결과인 0.79~0.96 보다는 낮은 것으로 나타났는데 이는 성장시기가 다른 식물정보를 가지고 생체량을 예측하는 것이 더욱 어려움을 간접적으로 보여준다.



(a) Density – Aboveground biomass



(b) Density – Belowground biomass



(c) Density – Total biomass

Fig. 2. Relationships between density and biomass of *Scirpus planiculmis* in the Nakdong river estuary

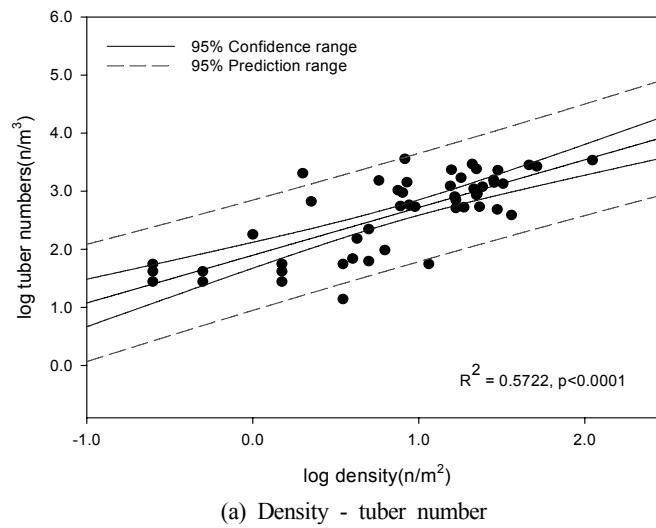
3.2.2 새싹매자기 밀도와 괴경생산량

낙동강 하구역에서 서식하는 새싹매자기의 초기 발생 밀도인 6월 측정 자료와 괴경 생산시기인 10월의 괴경 발생수와 괴경 건중량간의 선형 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 밀도에 따른 괴경발생수와 건중량에 대한 회귀식은 다음 식(4)와 (5)과 같으며 모두  $p < 0.0001$  수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났다(Fig.3).

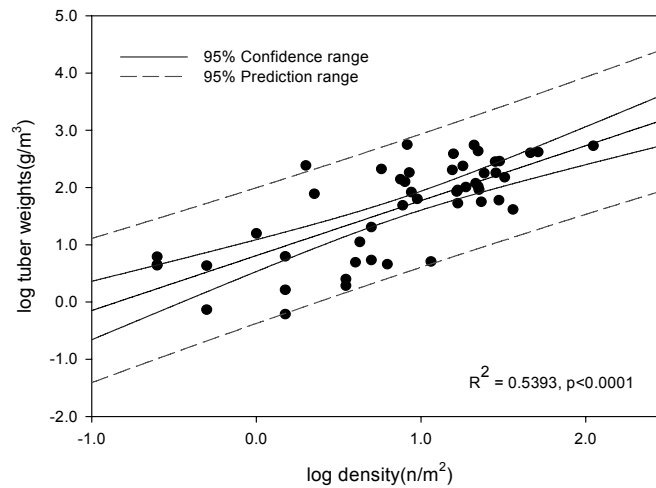
$$\log(\text{TUN}) = 0.8214 \cdot \log(\text{DEN}) + 1.8982 \quad (\text{식 } 4)$$

$$\log(\text{TUW}) = 0.9592 \cdot \log(\text{DEN}) + 0.8111 \quad (\text{식 } 5)$$

여기서 TUN과 TUW는 각각 단위면적당 괴경발생수 ( $\text{no./m}^3$ )와 괴경건중량( $\text{g/m}^3$ )을 나타낸다. 식 (4)와 (5)에서 결정계수는 각각 0.5722와 0.5393 으로 초기 발생밀도와 생체량간의 회귀식보다 높은 값을 보여줘 초기발생밀도가 생체량보다 괴경생산량을 효과적으로 추정할 수 있을 것으로 판단된다. 괴경생산량 중에는 괴경발생수가 괴경건중량과 유사한 수준인 것으로 분석되었다.



(a) Density - tuber number



(b) Density - tuber weight

Fig. 3. Relationships between density and tuber productivity of *Scirpus planiculmis* in the Nakdong river estuary

3.2.3 생체량과 괴경생산량

낙동강 하구역에서 서식하는 새싹매자기의 8월 생체량과 10월의 괴경생산량을 나타내는 괴경발생수와 건중량간의 선형 회귀분석을 실시한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 회귀분석 결과 생체량의 지상부와 지하부에 대한 괴경 개수는 식 (6), (7), (8)과 같이, 생체량의 지상부와

지하부에 대한 괴경건중량의 회귀식은 식 (9), (10), (11)과 같으며 모두  $p < 0.0001$  수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났다(Fig.4).

$$\log(\text{TUN}) = 0.8390 \cdot \log(\text{ABM}) + 1.3632 \quad (\text{식 } 6)$$

$$\log(\text{TUN}) = 0.8876 \cdot \log(\text{BBM}) + 1.7015 \quad (\text{식 } 7)$$

$$\log(\text{TUN}) = 0.8730 \cdot \log(\text{TBM}) + 1.1924 \quad (\text{식 } 8)$$

$$\log(\text{TUW}) = 0.9856 \cdot \log(\text{ABM}) + 0.1774 \quad (\text{식 } 9)$$

$$\log(\text{TUW}) = 1.0528 \cdot \log(\text{BBM}) + 0.5647 \quad (\text{식 } 10)$$

$$\log(\text{TUW}) = 1.0293 \cdot \log(\text{TBM}) + 0.0875 \quad (\text{식 } 11)$$

식 (6)과 (7) 에 대한 결정계수는 각각 0.7143과 0.6618 로 나타나 지하부의 생체량보다는 지상부의 생체량을 이용하여 괴경 발생수를 추정하는 것이 더 효과적일 수 있을 것으로 판단된다. 전체 생체량을 이용하여 괴경의 발생수를 추정했을 경우 결정계수가 0.7145로 지상부 생체량을 이용하여 추정한 결정계수와 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 따라서 상대적으로 데이터를 얻기 쉬운 지상부 조사만으로 효과적으로 10월의 괴경계수를 추정할 수 있을 뿐만 아니라 새싹매자기는 지상부가 손상되어도 재생이 빠르게 진행되는 경향이 있는

것으로 알려져 있어(Choi et al., 2000) 조사로 인한 새싹매자기 군락의 교란 또는 훼손을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 괴경건중량의 경우에도 괴경발생수에 비해 다소 낮은 결정계수를 갖는 것으로 나타났지만 지상부 생체량을 이용하여 생산량을 효과적으로 추정할 수 있는 것으로 나타났다.

원 자료를 로그변환 후 분석한 본 연구 결과는 실제 적용 시 다시 환원하여 해석할 경우도 발생할 수 있다. 이럴 경우 오차가 상대적으로 커질 수 있으므로 적용에 주의하여야 한다. 성장기간 동안에 많은 영향 요인들이 작용할 수 있기 때문에 발생량과 같은 초기의 식물자료를 이용하여 괴경 발생량이나 생체량 등을 정확하게 예측하는 것은 매우 어려운 일이다. 그럼에도 불구하고 합리적으로 이들의 상관관계를 규명한 후 추정할 수 있는 회귀식을 제시한 것에 본 연구의 의의가 있으며 이들 결과가 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

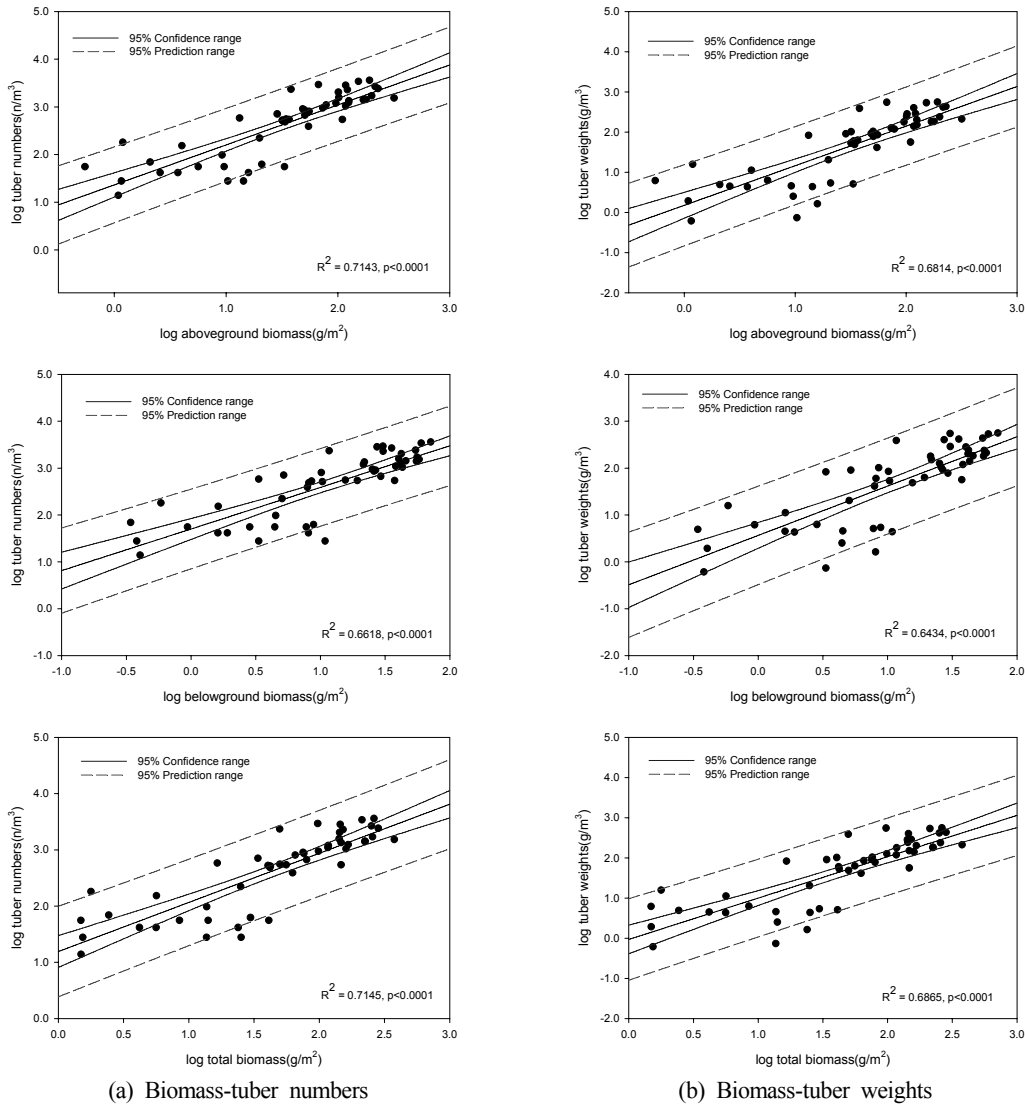


Fig. 4. Relationships between biomass and tuber productivity of *Scirpus planiculmis* in the Nakdong river estuary

#### 4. 결론

본 연구에서는 낙동강 하구역에 우점하고 있는 새섬매자기의 생장특성을 4년간 조사하여 얻은 6월의 발생 밀도, 8월의 생체량, 10월의 괴경생산량 자료를 이용하여 각 항목간의 상관관계를 분석하였다. 또한 조사시기가 다른 발생밀도를 이용하여 생체량과 괴경생산량을 추정하거나 생체량을 이용하여 괴경생산량을 추정할 수 있는 회귀식을 얻었다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 조사시기가 다른 새섬매자기의 발생밀도, 생체량, 괴경 생산량 간의 상관분석 결과 모든 항목들 간에 0.0001 미만의 유의수준을 갖는 선형관계가 있음을 보여주었다.
- 2) 선형 회귀분석 결과 발생밀도, 생체량, 괴경생산량의 관계를 통해 얻어진 회귀식을 이용하여 효과적으로 추정할 수 있을 것으로 판단되었다( $p < 0.0001$ ).
- 3) 초기발생밀도에 의한 생체량의 추정은 지하부에 비해 지상부에서 상대적으로 높은 값을 보였으며 초기에 새섬매자기의 발생 밀도를 파악하면 새섬매자기의 생체량이 최대에 이르는 8월의 생체량을 효과적으로 예측할 수 있으리라 판단된다.
- 4) 새섬매자기의 초기 발생밀도와 괴경생산량의 경우에 발생밀도와 생체량간의 회귀식보다 높은 결정계수 값을 보여줘 초기발생밀도를 이용하여도 조류의 주 먹이원인 괴경생산량을 효과적으로 추정할 수 있을 것으로 나타났다.
- 5) 새섬매자기의 지하부 생체량 보다는 지상부의 생체량만으로 괴경발생수와 괴경생산량을 잘 추정할 수 있는 것으로 나타나 조사로 인한 새섬매자기 군락의 교란 또는 훼손을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.
- 6) 위의 결과를 종합해보면, 본 연구에서 획득한 추정 회귀식을 이용하여 생체량 또는 괴경생산량을 새섬매자기 군락의 교란 또는 훼손을 최소화 하며 효과적으로 예측 할 수 있을 것으로 나타났다. 또한 발생초기에 새섬매자기의 생체량이나 괴경생산량을 예측하여 낙동강하구역을 찾아오는 철새들의 먹이원을 관리하는 목적으로 활용될 수 있으리라 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구의 일부는 부산광역시에서 시행한 낙동강하구 생태계모니터링 연구의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### References

- An, SM, Lee, JY, Jeong, SJ (2006). Seasonal biomass and carbon, nitrogen contents change of *Schoenoplectus Triquetar* in Nakdong river estuary, *J. of Wetlands Research*, 8(3), pp. 39-49. [Korean Literature]
- Busan Metropolitan City. (2011). Monitoring for Nakdong river estuary ecosystem. [Korean Literature]
- Cabaço, S, Machás, R, Santos, R (2007). Biomass-density relationships of the seagrass *Zostera Noltii*: A Tool for monitoring anthropogenic nutrient disturbance, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74, pp. 557-564.
- Choi, SH, Shon, YG, Ju, GS, Choi, JH, Kim, MH, Yu, YM and Lee, JJ (2000). Sprouting and growth characteristics of sea club rush (*Scirpus Planiculmis*), *Korean J. of Weed Science*, 20(4), pp. 276-283. [Korean Literature]
- Daniels, JS, Cade, BS and Sartoris, JJ (2010). Measuring bulrush culm relationships to estimate plant biomass within a Southern California treatment wetland, *Wetlands*, 30, pp. 231-239.
- Goraud, C, Giroux, JF, Mesléard, F and Desnouhes, L (2008). Non-destructive sampling of *Schoenoplectus Maritimus* in southern france, *Wetlands*, 28, pp. 532-537.
- Gu, TH (1986). *Status and Wintering Ecology of *Grus Vipio Advent* in Han River Estuary*, Report for habitat for *Grus Vipio* in the Han river estuary, Kyeonggi province.
- Kim, GY (2009). *Plan of Conservation and Breeding for *Scipus Planiculmis* (*Scipus Maritimus*) Community*, pp. 1-97. [Korean Literature]
- Kim, GY, Joo, GJ, Kim, HW, Shin, GS and Yoon, HS (2002). Leaf litter breakdown of emergent macrophytes by aquatic invertebrates in the lower Nakdong river, *Korean J. of Limnology*, 35(3), pp. 172-180. [Korean Literature]
- Kim, GY, Lee, CW, Yoon, HS and Joo, GJ (2005). Changes of distribution of vascular hydrophytes in the Nakdong river estuary and growth dynamics of *Schenoplectus Triquetar*, Waterfowl food plant, *Korean J. of Ecology*, 28(5), pp. 335-345. [Korean Literature]
- Kirwan, ML, Christian, RR, Blum, LK and Brinson, MM (2012). On the relationship between sea level and *Spartina Alterniflora* production, *Ecosystems*, 15, pp. 140-147.
- ME, UNDP/GEF, KWP. (2009). *Nakdong Estuary Master*



- Plan for Wetlands Conservation & Wise Use*, Dong A University R&DB Foundation. 19p.
- Post, JC (1983). Nakdong estuary barrage and land reclamation-ecological aspects, *Wat. Sci. and Tec.*, 16, pp. 223-231.
- Shin, SK, Baek, KH and Hong, SJ (2006). *Analysis of Effect for Salinity and Operation Improvement Plan due to the Construction of the Nakdong River Estuary Barrage*, Busan Development Institute Report, 12, pp. 54. [Korean Literature]
- Spencer, DF, Liow, PS, Chan, WK, Ksander, GG and Getsinger, KD (2006). Estimating *Arundo Donax* shoot biomass, *Aquatic Botany*, 84, pp. 272- 276.
- Yi, YM, Yeo, US, Oh, DH and Sung, KJ (2011). Annual changes in *Scirpus planiculmis* and environmental characteristics of the Nakdong river estuary, *J. of Wetlands Research*, 13(3), pp. 567-579. [Korean Literature]
- Yoo, SH, Kang, TH, Kim, HJ, Lee, KS, Lee, SM, Lee, HS and Kim, IK (2010). Population decline and distribution change of the swan gees *Anser Cygnoides* and white-naped cranes *Grus Vipio* by habitat loss the *Scirpus Planiculmis* at the Han river estuary, *Korean J. of Ornithology*, 17, pp. 55-66. [Korean Literature]
- Yoon, HS, Yoo, CI, Kang, YK and Ryu, CR (2007). Delta development in the Nakdong river estuary: A literature survey, *J. of Ocean Engineering and Technology*, 21(2), pp. 22-34. [Korean Literature]
- Yoon, HS, Park, S, Lee, IC and Kim, HT (2008). Spatiotemporal variations of seawater quality due to the inflow of discharge from Nakdong river barrage, *J. of the Korean Society for Marine Environmental Engineering*, 11(2), pp. 78-85. [Korean Literature]
- Yoon, HS (1991). A study on vascular hydrophytes of intertidal area in Nakdong estuary, *Korean J. of Ecology*, 14(1), pp. 63-73. [Korean Literature]
- Zeng, HQ, Liu, QJ, Feng, ZW and Ma, ZQ (2009). Biomass Equations for Four Shrub Species in Subtropical China, *J. of Forest Research*, 15, pp. 83-90.

- 논문접수일 : 2012년 07월 04일
- 심사의뢰일 : 2012년 07월 05일
- 심사완료일 : 2013년 01월 14일