

도시하천 제방사면에 식재한 다년생 초본류의 군락 형성 비교[†]

양홍모

전남대학교 조경학과

Community Formation Comparison of Herbaceous Perennials planted on Urban Stream Levee Slope

Yang, Hong-Mo

Dept. of Landscape Architecture, Chonnam National University

ABSTRACT

In order to investigate community formation ability, herbaceous perennials such as *Miscanthus sacchariflorus* Bentham, *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* Rendle, *Imperata cylindrica* Linne, *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. and *Arundinella hirta* Tanaka were planted in April 2009 at the levee slope of Gwangju Stream in South Korea. *Miscanthus sacchariflorus* Bentham, *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* Rendle, *Imperata cylindrica* Linne and *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. which grew in pots for two years and divided rhizomes of *Arundinella hirta* Tanaka gathered from fields were employed. Weeds growing on the experiment sites were removed twice a year until 2011 when the plant species were formed into community. Weeds were not eradicated during 2012 and 2013 to observe community sustainability of the species. *T*-tests on stem numbers and heights in May, July and September were conducted between 2011 and 2012, and between 2012 and 2013. Stem numbers of the five species in 2012 were significantly reduced ($p < 0.001$) compared with those in 2011, which were attributed to weed growth in 2012. Heights of *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* Rendle, *Imperata cylindrica* Linne, *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. and *Arundinella hirta* Tanaka in 2012 were significantly lower than those in 2011 ($p < 0.001$), which resulted from weed invasion. Heights of *Miscanthus sacchariflorus* Bentham in May and July 2012 were significantly decreased compared with those in 2011 ($p < 0.001$), however, heights of *Miscanthus sacchariflorus* Bentham in September 2012 were almost the same as those in 2011 ($p > 0.05$). *Miscanthus sacchariflorus* Bentham was able to compete against weeds in September 2012. Stem numbers and heights of *Miscanthus sacchariflorus* Bentham, *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* Rendle, *Imperata cylindrica* Linne and *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. in 2013 were similar to those in 2012 ($p > 0.05$). However, stem numbers and heights of *Arundinella hirta* Tanaka in 2013 were significantly decreased compared with those in 2012 ($p < 0.001$). After community formation, *Miscanthus sacchariflorus* Bentham, *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* Rendle, *Imperata cylindrica* Linne and *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. were able to maintain its community without weed removal. However, *Arundinella hirta* Tanaka was unable to establish its community due to the weed growth. *Miscanthus sacchariflorus* Bentham, *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* Rendle, *Imperata cylindrica* Linne are more suitable to stream levee slope environment in terms of community formation and

[†]: 본 연구는 환경부 Eco-STAR Project(수생태복원사업단)의 지원으로 수행된 연구결과로 이에 감사드립니다.

Corresponding author: Hong-Mo Yang, Dept. of Landscape Architecture, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea, Tel.: +82-62-530-2101, E-mail: hmy@chonnam.ac.kr

maintenance, stream landscape enhancement and slope erosion control.

Key Words: Plant Community Formation, Stream Levee Slope, Herbaceous Perennials, Weed Invasion

국문초록

도시하천 제방사면의 다년생 초본류 군락 형성 연구를 위해 2009년 4월 중순 물억새, 억새, 띪, 수크령, 새를 식재하였다. 새는 분주를 식재하였고, 나머지 초종은 이년생 포트를 식재하였다. 식재 후 3년간 매년 2회의 잡초 제거를 통해 2011년 군락이 형성되었다. 2012년과 2013년은 잡초를 제거하지 않고 실험초종이 군락을 유지하는지 관찰하였다. 잡초를 제거한 2011년과 잡초를 제거하지 않은 2012년간, 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년간 줄기수와 초장에 차이가 있는지 5월, 7월 9월의 줄기수와 초장을 활용하여 유의수준 0.05에서 t -검정을 하였다.

실험초종 모두 2012년의 줄기수가 2011년보다 적어($p<0.001$) 잡초의 피해를 입었다. 억새, 띪, 수크령, 새의 초장은 2012년이 2011년보다 작아 잡초의 피해가 나타났다. 물억새의 초장은 5월과 7월에 차이를 보여 잡초의 피해를 입었으나($p<0.001$), 9월에는 차이가 없어($p=0.098$) 피해를 입지 않았다. 2012년과 2013년간 t -검정 결과, 새를 제외한 나머지 초종은 줄기수와 초장에 차이가 없었다($p>0.05$). 이들 초종은 군락이 형성된 후 잡초의 피해 없이 군락이 유지되었다. 새는 줄기수와 초장 모두 차이를 보여 잡초의 피해가 컸다. 물억새, 억새, 띪, 수크령은 군락 형성 후 잡초 제거 없이 군락이 유지되었으나, 새는 잡초의 피해가 커 군락 유지가 어려웠다. 군락 형성 및 유지, 하천경관 개선, 제방사면 보호의 관점에서 물억새, 억새, 띪이 적합한 것으로 나타났다.

주제어: 식물군락 형성, 제방사면, 다년생초본, 잡초침입

1. 서론

각종 개발활동으로 인해 훼손된 하천을 복원하는 사업이 1970년대부터 서구 선진국을 중심으로 시작되었으며, 최근에는 하천회랑 복원(riparian corridor restoration)의 개념이 도입되어, 하도, 하안사면, 둔치의 생태적 복원뿐만 아니라, 하천제방의 식생복원과 녹화도 강조하는 추세이다. 국내의 경우, 1990년대 후반부터 도시하천 복원사업이 진행되어 왔으며, 최근에는 지자체의 생태하천복원 사업이 추진되면서 훼손된 하천의 생태적 복원에 관심이 높아지고 있다. 하지만 국내의 하천복원사업은 하도, 하안사면, 둔치의 정비와 생태적 복원에 일차적 목표를 두고 있으며, 하천제방 사면의 식생 녹화에는 상대적으로 낮은 관심을 보이고 있다.

하천제방 사면에 조성된 초본류 군락은 제방사면의 토양을 보호하고, 강우나 홍수 시 제방사면의 토양유실을 방지해 주는 역할을 하며, 홍수 시 흐르는 물의 에너지를 흡수하고, 유속의 흐름을 완화시켜 제방을 보호해 주는 역할을 한다(Abramson *et al.*, 2002; Castelle and Johnson, 2000; Okuda and Sasaki, 1996). 아울러 야생동물에게 서식처를 제공해 주고, 먹이를 공급해 주는 역할을 하며, 군락을 형성한 초본류의 줄기와 잎, 꽃은 시각적 아름다움을 제공해 주어 하천경관을 개선하는 역할을 한다.

국내의 하천 복원사업에서 제방사면을 조성하는 경우, 수위

상승으로 물에 잠기는 부분은 제방 유실을 방지하기 위해 거석, 돌담대, 환경콘크리트 블록 등으로 시공하고 있다. 물에 잠기지 않는 부분은 강우 시 사면 유실을 보호하기 위해 줄때를 시공하고 있으나, 줄때 시공 후 관리를 하지 않아 잡초가 유입되어 줄때는 사라지고, 잡초로 뒤덮이게 된다. 일부 지자체는 도시하천의 제방사면에 무성하게 자라는 잡초가 둔치나 제방 위의 산책로와 자전거길을 이용하는 시민들에게 주는 시각적 불쾌감을 완화하기 위해 1년에 1회 풀깎기를 실시하고 있다.

일본의 타마가와 하천의 제방사면 식물조사에 의하면 제방사면에 나타나는 식물 218종 가운데 초본류가 91.7%, 목본류가 8.3%로 제방의 식생군락은 초본류가 주류를 이루고 있다(Okuda and Sasaki, 1996). 우리나라 하천제방에서 성장하는 식물도 초본류가 대부분이며, 관목류와 교목류가 드물게 발견되고 있다.

하천제방의 초본류 군락 형성에 영향을 미치는 요인으로 식재한 식물종, 연간 잡초 제거 횟수, 연간 풀깎기 횟수, 제방주변의 기존 식물군락, 토양조건, 제방축조 후의 경과연수, 사람의 출입 등을 들 수 있다(Okuda and Sasaki, 1996). 이들 요인 중에서 초본류의 종류와 연간 잡초 제거 횟수 혹은 연간 풀깎기 횟수가 초본류 군락 형성에 가장 큰 영향을 미치게 된다.

하천제방 사면에 초본류 군락 형성을 위해 매년 실시하는 풀깎기는 관리비용이 추가로 필요하며, 초본류의 성장기에 줄기가 잘려 다시 성장하는데 시간이 걸리고, 꽃이 피는 것을 감상

하지 못하는 단점이 있다. 따라서 하천제방 사면에 초본류를 시공한 후 잡초 제거를 통하여 군락이 형성된 이후에 잡초 제거와 풀깎기를 하지 않아도 초본류 군락이 유지되어 하천경관을 개선할 수 있는 방안의 연구가 필요하다.

본 연구는 도시하천 제방사면에 시험 시공한 다년생 초본류의 초종별 5년간의 생장조사와, 잡초를 제거한 해와 잡초를 제거하지 않은 해의 줄기수와 초장의 비교분석을 토대로 군락 형성과 하천 경관개선에 적합한 초종 선정에 기초자료를 제공하는데 연구 목적이 있다.

II. 이론적 고찰

역새군락, 띠군락 등과 같이 특정의 종군으로 이루어진 통합된 집단을 군락이라고 부른다(Moon *et al.*, 2002). 식생을 조사, 분류, 평가하는데 활용되어 왔던 군락의 개념을 최근에는 생태공학과 조경 분야에서 중·소규모의 식물군락을 조성하고, 복원하는데도 활용하고 있다.

생태공학은 자가설계(self-design)를 강조한다(Mitsch and Jorgensen, 2004). 체계(system)가 불안정하고 균일하지 않은 환경조건에서 엔트로피(entropy)를 줄이는 방향으로 스스로 재구성하는 특성인 자가조직(self-organization)의 개념(Kramer and Smit, 1977)을 생태계의 설계와 조성에 적용한 개념이 자가설계이다. 생태계의 구성과 복원에서 인간은 환경조건에 적합한 초기 생물종을 도입하는 과정에 참여하고, 나머지는 가능한 자연에 맡기는 접근방법이다. 에너지 측면에서는 인간이 생태계 구성과 복원에 투여하는 에너지를 가능한 줄이고, 햇빛 등 자연 에너지를 활용하는 설계 방법이다. 자가설계의 개념은 하천 생태복원과 수질정화 인공습지 조성에 응용되어 왔다(Mitsch and Jorgensen, 2004).

이런 자가설계의 개념을 도시의 다양한 녹지공간(green space)을 조성하고 복원하는 근자연 인공식물군락(close-to-nature man-made plant community) 조성에 활용하고 있다(Lu *et al.*, 2012). 근자연 인공식물군락 조성은 지역의 자생종을 활용하여 자연군락과 유사한 군락을 조성하고, 관리비용이 적게 들거나, 관리비용이 들지 않는 녹지공간을 창출하면서 이용자들에게 시각적 경관미를 제공하고, 지속적인 군락 유지가 가능하도록 하는 접근방법이다. 경관미적 측면에서 군락의 통일성, 색채의 조화, 수직적 구조, 계절적 변화를 고려하여 시각적으로 아름다운 장면을 이용자들에게 제공할 수 있는 설계를 강조한다. Lu *et al.*(2012)는 Huaganguanyu 공원의 잔디원에 설계·조성된 식생군락의 교목, 관목, 초본류의 종, 수고(초장), 피도, 흉고직경, 수관폭을 중심으로 생태적 안전성을 분석하고, 경관미적 측면에서 근자연 인공 식물군락 조성 시 고려해야할 사항을 제시하였다.

제방사면에 초본류 군락을 조성하고 관리하는데 영향을 미치는 중요한 요소는 잡초의 유입이라 할 수 있다. 잡초란 인간의 의도와 목적에 위배되는 보기에 좋지 않고 바람직스럽지 못한 식물을 의미한다(Gu *et al.*, 2010; Kim and Sin, 2012). 따라서 하천제방 사면에 역새, 물억새, 띠 등의 군락을 조성할 경우, 이들 군락에 침입하여 생장을 저해하고, 시각적으로 보기 좋지 않은 풀들이 잡초이다. 제방사면에 자라는 일년생잡초와 이년생잡초는 대부분 종자로 번식하며, 호광성으로 햇빛에 노출되는 표토에서 발아한다(Gu *et al.*, 2010). 한 주의 잡초가 생산하는 종자는 수백~수만 개에 달한다. 수많은 잡초 종자가 표토에 묻혀 있다가 휴면에서 깨어난 종자가 햇빛이 표토를 투과하면 햇빛을 받아 발아하게 된다. 잡초 한 주에서 200개의 종자가 표토에 떨어져 절반이 죽고, 절반이 생존하여 다음 해 봄에 10%가 발아하여도 10주로 늘어난다. 90%인 종자 90개는 2년, 3년 후에 발아한다(NAAS, 2007).

조경관리 측면에서는 잡초 제거로 인한 관리비 지출이 증가하게 된다. 잡초 제거를 통하여 초기군락 형성이 가능하고, 군락 형성 후는 잡초와의 경합(competition)을 이기면서 군락을 유지할 수 있는 초종에 대한 연구가 필요하다. 경합이란 공간 획득의 우위성을 나타내는 개념으로, 경합의 정도는 원하는 초종에 주어진 공간이 언제부터 어느 정도 잡초에 탈취 당하는가에 달려 있다. 경합을 경쟁이라고도 한다. 잡초의 피해는 다양하나, 경합하는 초종의 분지수와 분얼수를 제한하고, 햇빛 차단으로 인한 광합성 억제로 경합하는 초종의 초장에 영향을 미치게 된다(Gu *et al.*, 2010). 군락 형성을 위해 식재한 초종과 잡초와의 경합의 정도를 단위면적당 분지수와 초장의 길이로 파악할 수 있다.

사면이라는 측면에서 도로 사면과 하천제방 사면은 유사한 구조이다. 도로공사로 발생하는 절·성토 비탈면의 식생녹화에 대한 연구는 많으나, 하천제방 사면의 식생녹화에 관한 연구는 미진한 실정이다. 도로 비탈면 녹화에는 식재형(잔디피 심기), 종자파종(seed spray), 거적덮기, Coir net 피복, 식생기반 취부 공법 등이 활용되고 있다(Kim *et al.*, 2007). 이중 종자파종 공법이 상대적으로 많이 사용되고 있으며, 종자혼합, 종자접착제, 종자발아율, 피복율에 관한 연구들이 진행되어 왔다. 종래의 종자파종 공법은 1종 혹은 2종의 외래 한지잔디형으로 조성되는 문제점이 있다(MLTM, 2009). 도로 비탈면 녹화연구는 대부분 실험실, 실험포지의 소규모 실험구, 현장의 소규모 실험구에서 단기간 진행되어 연구결과를 실제 현장에 적용하는 데는 한계가 있다. 국내에서 비탈면 종자 파종에 사용하는 종자는 대부분 외래도입종이어서 생태계 교란에 대한 우려가 높다. 따라서 자생종을 활용한 사면녹화 종자파종 공법과 5~6년 장기간에 걸친 군락 형성에 대한 연구가 필요하다.

Kim *et al.*(2006)은 도입초본형, 자생초본형, 한지형잔디를

34cm×48cm 모판에서 실험하였고, Kim *et al.*(2005)는 대학교 실험포지에서 0.6m×1.0m×1.5m 실험구 수개를 만들어 종자혼합, 두께별 초장생육, 피복율을 조사하였다. Kim *et al.* (2004)은 자생 및 도입 야생화 13종을 선정하여 대학내 실험포지에 파종하고, 10~12주 후의 피복율과 뗏장 형성을 연구하였다.

하천제방 사면의 초분류 녹화방법으로 종자파종, 분주식재, 포트식재가 있다(Okuda and Sasaki, 1996). Koh *et al.*(2011)는 하천사면 5,000m² 실험구에 하천 원지반과 유사한 사질토와 연속섬유, 목분류와 초분류의 씨앗을 혼합하여 고압수로 뿌어 붙이는 공법을 연구하였으며, Cho *et al.*(2012)는 하천제방 녹화에 적용할 수 있는 자생 초분류를 선정하여 인큐베이터 내에서 화학적 처리와 층적 처리를 이용한 종자 발아를 연구하였다.

종자파종 방법은 단일종보다는 다수의 종을 혼합하여 사용하고 있으나, 도시하천의 경우 일부 제방구간을 단일종 군락으로 조성하여 하천경관을 개선하는 방안에 대한 연구가 필요하다. 일본 건설성이 관리하는 하천제방은 평때 시공 후 3년간 잔디보호 목적으로 제초를 실시하여 잔디가 군락을 형성해 가는 것을 도와준다. 3년 이후 부터는 풀깎기를 실시하며, 풀깎기 빈도에 따라 몇 가지 유형의 초분군락으로 천이해간다. 연간 1회의 풀깎기는 역세군락으로 변해 가고, 연간 2~3회 풀깎기는 띠군락으로 변해 가며, 연간 3~4회 풀베기를 해야 잔디가 군락을 유지한다(Okuda and Sasaki, 1996).

III. 재료 및 방법

제방사면의 초분류는 봄에는 일년생과 이년생풀이 우점하고, 가을에는 다년생풀이 우점하는 경향을 보인다(Okuda and Sasaki, 1996). 전년도에 제방사면에 자랐던 잡초의 씨앗이 여름과 가을에 떨어져 토양표면에 덮여 있다가 봄철에 발아하기 때문이다. 따라서 제방사면에 시공한 초분류가 이들 잡초와의 경험에서 이겨야 성장이 가능하고 군락을 형성하게 된다.

1. 초종 선정

제방사면의 군락조성에 적합한 실험대상 초분류 종은 문헌 조사와 기존의 하천제방에서 군락을 형성하고 있는 종을 고려하여 선정하였다. 하천제방 사면에 나타나는 초분류 군락은 대부분 띠와 역세류 군락이다(Okuda and Sasaki, 1996). 전라남도 영산강과 담양천, 충청남도 석정천 등의 제방사면 답사 결과, 일부 구간에서 띠, 역새, 물억새, 새 군락이 발견되었으며, 적은 면적이지만 수크령 군락도 발견되었다. 초종 선정기준으로 ① 하천제방의 환경조건에서 성장할 수 있고, ② 하천제방 사면을 보호할 수 있으며, ③ 잡초와의 경쟁에서 살아남을 수 있고, ④ 시각적으로 아름다운 제방경관을 조성할 수 있는 초

종을 고려하였다.

실험 초분류의 종으로 ① 물억새(*Miscanthus sacchariflorus* Benth), ② 역새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* Rendle), ③ 띠(*Imperata cylindrica* Linne), ④ 수크령(*Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng.), ⑤ 새(*Arundinella hirta* Tanaka)를 선정하였다. 선정한 초종은 모두 다년생이다.

높이 1~2.5m로 자라는 물억새와 높이 1~2m로 자라는 역새는 척박한 땅에서도 비교적 잘 자라, 사면 녹화용으로 이용한다(Gu *et al.*, 2009; Kim, 1996).

높이 0.5~1m로 자라는 띠는 전국의 산야과 들에 자생하며 사방용으로 활용한다. 근경이 깊이 10cm 이내에 80%가 분포하여 토양을 응집하는 능력이 있어 사면표층의 유실방지효과가 높다(Okuda and Sasaki, 1996). 키가 30~100cm로 자라는 수크령은 들이나 길가, 산비탈 등지에서 자라며, 관상용으로 활용한다. 높이 40~120cm로 자라는 새는 안고초라고도 부르며, 적박지에서 생육이 좋아 사면 녹화에 이용한다.

2. 실험시공 장소

광주광역시를 흐르는 광주천 증류의 하천제방 사면을 실험 장소로 선정하였다. 광주천은 2009년 하천복원사업이 완료되었으며, 제방사면에 무성하게 자라는 잡초가 주는 시각적 불쾌감을 완화하고, 하천경관을 개선하기 위해 8월에 한번 풀깎기를 실시하고 있다.

실험구간의 광주천은 하도로부터 둔치까지 높이가 약 2m이며, 제방사면은 둔치로부터 제방상단까지 높이가 약 7m이다. 제방사면에 길이 20m의 실험포지(site) 3개를 근접하게 선정하였다. 각 실험포지를 폭 3m, 길이 20m 면적으로 상하로 구획하고, 5개 구획에 1개의 초종을 식재하였다. 홍수 시 둔치가 1년에 2~3회 물에 잠기나, 실험포지는 물에 잠기지 않았다.

2009년 4월 중순, 각 실험포지의 사면에 자라는 잡초를 제거하고, 이년생 포트에서 자란 물억새, 역새, 띠, 수크령을 0.5m×0.5m에 1포트씩 식재하였다. 이들 이년생 포트는 줄기수가 4~6개였으며, 초장은 4~7cm 범위였다. 새는 이년생 포트를 구입할 수 없어 하천제방에서 자라는 새를 채취하여 줄기를 뿌리로부터 약 7cm 높이로 자른 후, 줄기수가 4~6개 정도 되도록 근경을 절단하여 0.5m×0.5m에 1개씩 식재하였다. 식재 후, 강우 시 사면의 토양유실을 방지하기 위해 벚짖발을 덮고, 벚짖발이 바람에 날리지 않도록 끈으로 고정하였다. 시공 직후 식재 초종의 활착을 돕기 위해 살수차로 1회 물을 살포하였다.

3. 조사 및 분석

본 연구에서는 식재한 초종의 성장과 잡초와의 경험을 알아 보기 위해 식재한 초종의 단위면적당 분지수와 초장을 조사·

분석하였다. 식재 후 매년 4월부터 10월까지 매월 중순에 각 초종별 식재구역에서 0.5m×0.5m 28개 조사지점을 선정하여 줄기수와 초장을 측정하였다. 줄기수는 전수를 조사하였고, 초장은 상층부 줄기 10개를 무작위로 선정하여 길이를 측정하고, 평균값으로 나타내었다. 잡초는 조사지점에서 나타나는 종과 해당 종의 줄기수를 조사하여 평균값으로 나타냈다. 줄기수, 초장 간 평균값에 차이가 있는지를 알아보기 위한 t-검정에는 PC용 Excel 프로그램에 운영되는 통계 프로그램인 DDXL(Data Desk/XL)을 사용하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 실험구역 토양분석

제방사면의 토양두께와 토질은 초본류 군락조성에 영향을 미치게 된다. 토양수분이 적어 건조현상이 발생하면 초본류가 고사할 우려가 있으며, 이를 방지하기 위해서는 30~40cm의 토양두께가 필요하다(Okuda and Sasaki, 1996). 시험시공 사면의 토양두께는 30~40cm가 유지되어 초본류의 성장에 지장이 없는 조건이었다.

Table 1은 식재사면의 토양을 분석한 결과이다. 3개 실험포지(sites)에서 각각 3개 토양샘플을 채취한 후 분석하여 3개 실험포지 평균값으로 나타냈다. 토양분석 결과, 3개 실험포지의 토양성분이 유사하며, 식재한 초종이 성장하는데 지장이 없는 토양이다. 실험포지는 다양한 풀들이 양호한 성장을 하고 있던 장소였다.

2. 초기 군락 형성과 잡초의 침해

2009년 4월 중순 시공 후, 실험식재 구역에 다양한 일년생과 이년생 잡초들이 발아하였고, 몇 종류의 다년생 잡초들의 줄기가 나와 식재한 초종들보다 키가 커지면서 잡초를 제거하지 않으면 실험초종의 성장이 어려울 정도였다. 6월과 8월에 한 차례씩 잡초를 제거하여 식재한 초종의 활착을 관리하였다. 2010년에는 다년생 잡초들의 성장이 현저히 줄었으며, 일년생과 이년생 잡초들의 발아가 줄었으나, 여전히 식재한 초종의 성장을

저해하여 6월과 8월에 한 차례씩 잡초를 제거하였다. 식재한 초종들의 줄기수가 증가하면서 식재 지점과 지점 사이의 빈 공간이 상당부분 채워졌다.

2011년 봄에는 새로 나온 줄기와 전년도 겨울에 죽은 줄기가 혼재하면서 식재 지점과 지점 사이의 빈 공간이 채워져 군락을 형성하였으며, 여름에는 새로 나온 줄기들로 군락을 형성하였다. 일년생과 이년생 잡초들이 일부 성장하여 6월과 8월에 한 차례 잡초를 제거하였다. 2012년과 2013년에는 식재한 초종들이 잡초와의 경쟁에서 군락을 유지하는지 관찰하기 위해 잡초를 제거하지 않았다.

Table 2는 실험구역에서 2011, 2012년, 2013년에 6월과 8월 나타난 잡초들의 종과 분지수를 나타낸다. 2011년은 잡초를 제거하기 전에 조사하였다. 새 식재구역이 단위면적당 잡초의 줄기수가 가장 많고, 수크령 식재구역이 다음으로 많았다.

식재시공 후 2011까지 잡초를 제거하면서 군락을 유도한 시기에 실험초종의 성장에 가장 많은 피해를 입힌 식물은 환삼덩굴(*Humulus japonicus* S. et Z.)이었다. 한번 발아하면 덩굴성 줄기가 2~3m로 자라 상대적으로 키가 작은 락, 수크령, 새를 덮을 정도로 성장하고, 햇빛을 가려 실험초종의 성장에 피해를 입혔다. 2011년 제거 후 환삼덩굴은 2012년부터 발아하지 않았다.

덩굴형태로 길이 30~60cm로 자라는 이년생풀 새완두(*Vicia hirsuta* (L.) Gray)와 얼치기완두(*Vicia tetrasperma* (L.) Schreb.)는 봄철에 피해를 입혔으나, 일찍 씨앗을 맺고 고사하여 여름철부터는 피해가 없었다. 이년생풀로 길이 60~150cm로 자라는 살갈퀴(*Vicia angustifolia* var. *segetilis* (Thuill.) Koch)는 줄기가 새완두와 얼치기완두보다 길게 자라 피해를 더 입혔다. 높이 30~50cm로 자라는 일년생 강아지풀(*Setaria viridis* (L.) Beauvois)과 높이 80~100cm로 자라는 돌피(*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)도 피해를 입혔다.

이년생풀로 키가 수직으로 100~150cm로 자라는 망초(*Erigeron canadensis* L.)와 개망초(*Erigeron annuus* (L.) Pers.)도 피해를 입혔다. 이년생풀로 키가 50~90cm로 자라는 달맞이꽃(*Oenothera biennis*)과 다년생풀로 키가 30~100cm로 자라는 소리쟁이(*Rumex crispus* L.)도 피해를 입혔다. 소리쟁이는 2011년 뿌리를 제거한 후 2012년부터 줄기가 나오지 않았다.

Table 1. Analysis of soil samples

Sites		pH (1:5)	Organics (%)	Available P (mg/kg)	K (cmol ⁺ /kg)	Ca (cmol ⁺ /kg)	Mg (cmol ⁺ /kg)	CEC (cmol ⁺ /kg)	TN (%)
A	Mean±S.D.	6.12±0.09	1.43±0.59	46.17±0.73	0.02±0.01	6.54±0.58	1.38±0.01	9.61±0.01	0.05±0.00
B	Mean±S.D.	6.67±0.02	1.03±0.05	42.27±3.16	0.02±0.01	7.01±0.35	1.44±0.16	9.39±0.16	0.08±0.02
C	Mean±S.D.	6.33±0.04	1.98±0.21	42.50±4.14	0.04±0.01	7.43±0.77	1.29±0.16	9.54±0.01	0.06±0.00

S.D.: standard deviation

Table 2. Stem numbers of each weed species per 0.25 square meter appeared on the five experiment sites

Table 2-a

Species	Site A						Site B					
	2011		2012		2013		2011		201		2013	
	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	0.34	0.13	0	0	0	0	0.32	0.15	0	0	0	0
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	0.42	0	0.38	0	0.30	0	0.40	0.00	0.42	0	0.38	0
<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb.	0.40	0	0.43	0	0.34	0	0.42	0.00	0.38	0	0.30	0
<i>Vicia angustifolia</i> var. <i>segetilis</i> (Thuill.) Koch	0.49	0	0.45	0	0.38	0	0.43	0.00	0.40	0	0.36	0
<i>Erigeron canadensis</i> L.	0.38	0.21	0.34	0.25	0.34	0.21	0.47	0.17	0.51	0.25	0.47	0.23
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	0.60	0.40	0.38	0.26	0.28	0.17	0.62	0.28	0.55	0.28	0.49	0.25
<i>Oenothera biennis</i> Jacquin	0.42	0.25	0.36	0.28	0.42	0.21	0.51	0.23	0.40	0.17	0.28	0.21
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauvois	0.45	0.15	0.42	0.21	0.36	0.17	0.36	0.26	0.32	0.09	0.26	0.11
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	0.64	0.43	0.40	0.23	0.28	0.21	0.55	0.25	0.40	0.21	0.43	0.23
<i>Rumex crispus</i> L.	0.40	0.08	0	0	0.00	0	0.38	0.11	0	0	0	0

Table 2-b

Species	Site C						Site D					
	2011		2012		2013		2011		2012		2013	
	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	0.28	0.11	0	0	0	0	0.36	0.11	0	0	0	0
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	0.43	0	0.42	0	0.36	0	0.60	0	0.53	0	0.40	0
<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb.	0.47	0	0.53	0	0.45	0	0.61	0	0.58	0	0.45	0
<i>Vicia angustifolia</i> var. <i>segetilis</i> (Thuill.) Koch	0.53	0	0.45	0	0.23	0	0.58	0	0.64	0	0.42	0
<i>Erigeron canadensis</i> L.	0.36	0.28	0.43	0.36	0.32	0.28	0.64	0.30	0.49	0.36	0.34	0.26
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	0.55	0.26	0.51	0.40	0.34	0.26	0.70	0.32	0.57	0.43	0.45	0.23
<i>Oenothera biennis</i> Jacquin	0.43	0.28	0.36	0.26	0.30	0.23	0.58	0.23	0.26	0.23	0.28	0.21
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauvois	0.49	0.23	0.53	0.40	0.28	0.25	0.49	0.28	0.34	0.28	0.40	0.32
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	0.40	0.28	0.34	0.21	0.36	0.30	0.72	0.40	0.43	0.36	0.42	0.30
<i>Rumex crispus</i> L.	0.32	0.09	0	0	0	0	0.38	0.08	0	0	0	0

Table 2-c

Species	Site E					
	2011		2012		2013	
	J	A	J	A	J	A
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	0.34	0.15	0	0	0	0
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	0.70	0	0.60	0	0.49	0
<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb.	0.72	0	0.64	0	0.55	0
<i>Vicia angustifolia</i> var. <i>segetilis</i> (Thuill.) Koch	0.66	0	0.45	0	0.53	0
<i>Erigeron canadensis</i> L.	0.65	0.58	0.53	0.28	0.38	0.34
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	0.79	0.57	0.70	0.45	0.53	0.40
<i>Oenothera biennis</i> Jacquin	0.64	0.36	0.45	0.40	0.47	0.43
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauvois	0.63	0.32	0.51	0.43	0.45	0.42
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	0.67	0.40	0.58	0.53	0.68	0.64
<i>Rumex crispus</i> L.	0.42	0.09	0	0	0	0

Site A: *Miscanthus sacchariflorus* Bentham; Site B: *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* Rendle; Site C: *Imperata cylindrica* Linne; Site D: *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng; Site E: *Arundinella hirta* Tanaka, J: July; A: August.

3. 성장분석 및 t-검정

Figure 1~10은 2009년부터 2013년까지 5년간 초종별로 28개 지점에서 조사한 평균 줄기수와 평균 초장을 나타낸다. Table 3~7은 잡초를 제거한 2011년과 그 다음해 잡초를 제거하지 않은 2012년의 줄기수, 초장간 차이가 있는지 알아보기 위해 5월, 7월, 9월의 줄기수와 초장을 활용하여 t-검정한 결과와, 잡초를 제거하지 않은 첫 해인 2012년과 잡초를 제거하지 않은 다음해인 2013의 줄기수, 초장간 차이가 있는지 알아보기 위해 5월, 7월, 9월의 줄기수와 초장을 이용하여 t-검정한 결과를 보여준다.

1) 물억새

Figure 1에서 줄기수는 4~10월까지 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 줄기수가 잡초를 제거한 2011년 줄기수보다 적다. 평균 줄기수는 2009년 8.5

개에서, 2010년에는 17.8개로, 2011년에는 25.6개로 증가하다 2012년에 23.4개로 줄었으며, 2013년에는 23.9개로 2012년과 유사하였다.

2011년과 2012년의 5월, 7월, 9월의 줄기수간 t-검정한 결과, 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p<0.0001$), 9월($p=0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 3 참조). 잡초를 제거하지 않은 2012년의 줄기수가 잡초를 제거한 2011년보다 줄어든 것은 잡초의 영향으로 보인다. 2012년과 2013년의 5월, 7월, 9월의 줄기수간 t-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 5월($p=0.2077$), 7월($p=0.0908$), 9월($p=0.1100$) 모두 차이를 보이지 않았다(Table 3 참조). 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 줄기수가 거의 일정하게 유지되었다.

Figure 2에서 초장은 5월과 6월에 현저히 증가한 후, 7~10월에는 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거한 2011년의 초장이 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 초장보다 약간 크게 나타났다. 평균 초장은 2009년에 60.5cm, 2010년

Table 3. Summary of t-test statistics for stem numbers and heights of *Miscanthus sacchariflorus* under weed removal and non-removal conditions. Normality test of the sample data sets showed that their distributions were approximately normal.

Species	Parameter	Month year	Con.	N	Mean±S.D.	t Value	p
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	Stems (No./0.25m ²)	May 2011	R	28	18,296±2,431	4.52	<0,0001
		May 2012	NR	28	15,370±2,323		
		Jul 2011	R	28	25,741±2,982	4.99	<0,0001
		Jul 2012	NR	28	22,000±2,512		
		Sep 2011	R	28	35,519±2,563	4.17	0,0001
		Sep 2012	NR	28	32,667±2,465		
		May 2012	NR	28	15,370±2,323	-1.29	0,2077
		May 2013	NR	28	16,222±2,577		
		Jul 2012	NR	28	22,000±2,512	-1.72	0,0908
		Jul 2013	NR	28	23,185±2,543		
		Sep 2012	NR	28	32,667±2,465	-1.63	0,1100
	Sep 2013	NR	28	33,815±2,718			
	Height (cm)	May 2011	R	28	96,537±5,537	11.61	<0,0001
		May 2012	NR	28	79,211±5,431		
		Jul 2011	R	28	166,093±5,662	5.56	<0,0001
		Jul 2012	NR	28	157,663±5,484		
		Sep 2011	R	28	195,378±6,995	1.70	0,0944
		Sep 2012	NR	28	192,263±6,427		
		May 2012	NR	28	79,211±5,431	-1.8	0,078
		May 2013	NR	28	81,763±4,991		
		Jul 2012	NR	28	157,663±5,484	-1.67	0,1019
		Jul 2013	NR	28	160,067±5,117		
Sep 2012		NR	28	192,263±6,427	-1.64	0,1077	
Sep 2013	NR	28	195,085±6,240				

Con.: conditions, R: weed removal, NR: weed non-removal, N: sample numbers, S.D.: standard deviation, p: p-values obtained by t-tests assuming equal variance.

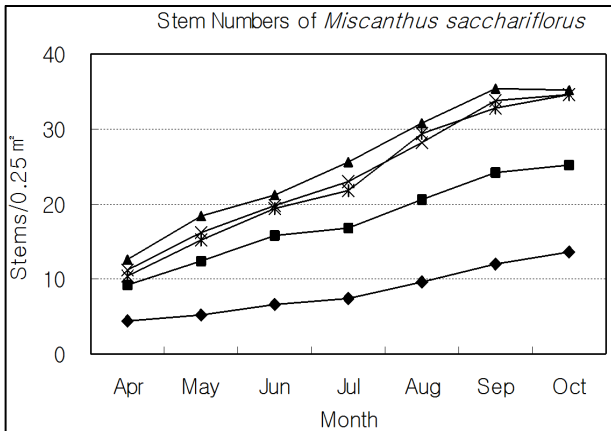


Figure 1. Average stem numbers of *Miscanthus sacchariflorus* per 0.25 square meter
Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 ✕ 2013

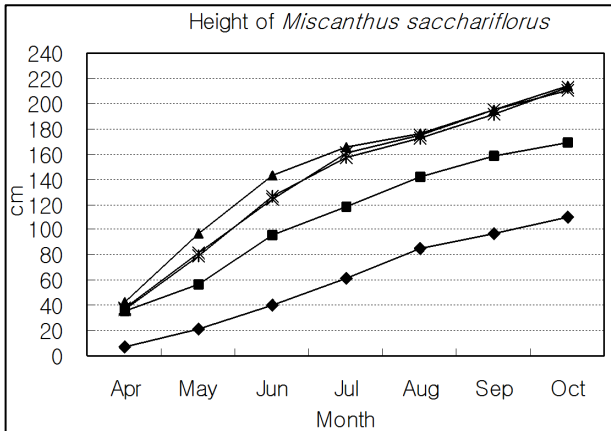


Figure 2. Average stem height of *Miscanthus sacchariflorus*
Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 ✕ 2013

에는 110.8cm로, 2011년에는 147.7cm로 증가를 보인다. 2012년에는 139.7cm로 줄었으며, 2013년에는 140.8cm로 2012년과 유사하였다.

2011년과 2012년의 5월, 7월, 9월의 초장간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 5월($p<0.0001$)과 7월($p<0.0001$)에 차이를 보였으나, 9월($p<0.0944$)에는 차이가 없었다(Table 3 참조). 잡초를 제거하지 않은 2012년 5월과 7월의 초장은 잡초를 제거한 2011년보다 작아져 잡초의 영향을 받았으나, 9월에는 초장에 차이가 없어 잡초의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 2012년과 2013년의 5월, 7월, 9월의 초장간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 5월($p=0.078$), 7월($p=0.1019$), 9월($p=0.1077$) 모두 차이가 없다(Table 3 참조). 군락이 형성된 후 잡초를 제거하지 않아도 초장이 거의 동일하게 유지되었다.

분석결과, 물억새는 군락이 형성된 후에 잡초를 제거하지 않아도 군락을 유지할 수 있다. 물억새는 근경이 옆으로 뻗으며,

줄기가 수직으로 올라와 원통형을 이루면서 초장이 약 2.5m까지 성장하여 잡초와의 경쟁에서 유리하였다. 초장이 비교적 긴 달맞이꽃, 망초, 개망초, 소리쟁이보다 키가 길게 자라, 햇빛을 상대적으로 많이 받을 수 있어 상층부를 점유하였다. 물억새 줄기 사이에 자라는 이들 잡초는 햇빛을 받지 못해 줄기와 잎이 가늘어지고 왜소해지거나 도태되었다.

2) 억제

Figure 3에서 억세의 줄기수는 5월에 급격히 증가한 후 6~10월까지 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거한 2011년의 줄기수가 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 줄기수보다 많다. 평균 줄기수는 2009, 2010, 2011년 각각 11.3, 24.4, 34.2개로 증가한 후 2012년에는 30.5개로 2011년보다 줄었으며, 2013년에는 31.2개로 2012년과 유사하였다.

2011년과 2012년의 줄기수를 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p=0.0001$), 9월($p=0.0002$) 모두

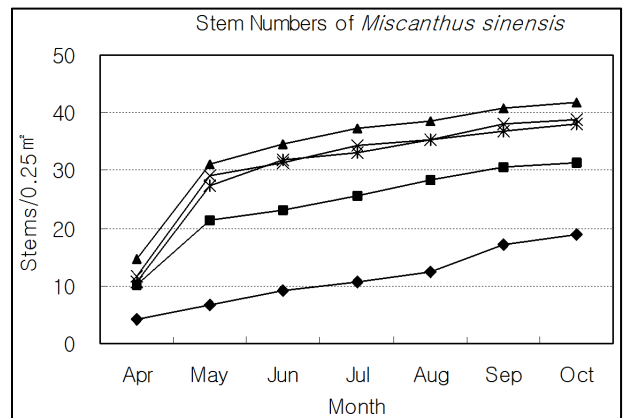


Figure 3. Average stem numbers of *Miscanthus sinensis* per 0.25 square meter
Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 ✕ 2013

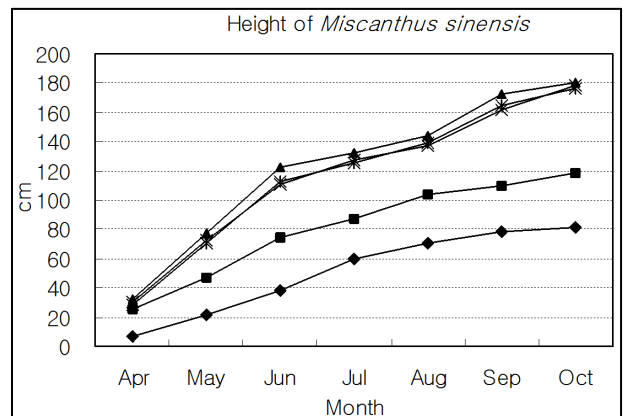


Figure 4. Average stem height of *Miscanthus sinensis*
Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 ✕ 2013

Table 4. Summary of *t*-test statistics for stem numbers and heights of *Miscanthus sinensis* under weed removal and non-removal conditions. Normality test of the sample data sets showed that their distributions were approximately normal.

Species	Parameter	Month year	Con.	N	Mean±S.D.	<i>t</i> Value	<i>p</i>
<i>Miscanthus sinensis</i>	Stems (No./0.25m ²)	May 2011	R	28	31,259±3,437	4.24	<0.0001
		May 2012	NR	28	27,370±3,307		
		Jul 2011	R	28	37,407±3,993	4.18	0.0001
		Jul 2012	NR	28	33,296±3,184		
		Sep 2011	R	28	40,704±3,635	4.0	0.0002
		Sep 2012	NR	28	36,926±3,304		
		May 2012	NR	28	27,370±3,307	-1.91	0.0612
		May 2013	NR	28	29,111±3,378		
		Jul 2012	NR	28	33,296±3,184	-1.43	0.1596
		Jul 2013	NR	28	34,481±2,914		
		Sep 2012	NR	28	36,926±3,304	-1.21	0.2323
		Sep 2013	NR	28	37,963±2,993		
	Height (cm)	May 2011	R	28	77,533±5,440	4.62	<0.0001
		May 2012	NR	28	70,452±5,818		
		Jul 2011	R	28	132,359±8,265	3.38	0.0014
		Jul 2012	NR	28	125,619±6,233		
		Sep 2011	R	28	173,174±8,336	4.31	<0.0001
		Sep 2012	NR	28	164,596±6,133		
		May 2012	NR	28	70,452±5,818	-1.62	0.1106
		May 2013	NR	28	73,148±6,374		
		Jul 2012	NR	28	125,619±6,233	-1.22	0.2277
		Jul 2013	NR	28	127,622±5,821		
Sep 2012		NR	28	164,596± 6,133	1.63	0.12097	
Sep 2013		NR	28	161,667±7,064			

Con.: conditions, R: weed removal, NR: weed non-removal, N: sample numbers, S.D.: standard deviation, *p*: *p*-values obtained by *t*-tests assuming equal variance.

차이를 보였다(Table 4 참조). 잡초를 제거하지 않은 2012년의 줄기수가 잡초를 제거한 2011년보다 적어진 원인은 잡초의 영향으로 보인다. 2012년과 2013년의 줄기수를 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p=0.0612$), 7월($p=0.1596$), 9월($p=0.2323$) 모두 차이를 보이지 않았다(Table 4 참조). 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 줄기수가 거의 같은 수준을 유지하였다.

Figure 4에서 억새의 초장은 5월과 6월에 현저히 증가한 후 7~10월까지 점진적인 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 초장이 잡초를 제거한 2011년 초장보다 작게 나타났다. 평균 초장은 2009, 2010, 2011년 각각 50.9cm, 80.8cm, 123.2cm로 현저한 증가를 보이다, 2012년에는 116.7cm로 줄었으며, 2013년에는 117.9cm로 2012년과 유사하였다.

2011년과 2012년의 초장을 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p=0.0014$), 9월($p<0.0001$) 모두 차이

를 보였다(Table 4 참조). 2011년 억새가 군락을 형성한 후, 잡초를 제거하지 않은 다음해인 2012년에 초장이 줄어든 원인은 잡초의 영향으로 보인다. 2012년과 2013년의 줄기수를 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p=0.1106$), 7월($p=0.2277$), 9월($p=0.12097$) 모두 차이가 없다(Table 4 참조). 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 초장이 거의 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

분석결과, 억새는 군락이 형성된 후에 잡초를 제거하지 않아도 군락을 유지할 수 있다. 억새는 근경이 굵고 땅속으로 깊게 자라며 줄기가 한 곳에서 뭉쳐 나고, 비스듬히 올라와 원뿔형을 이루며, 초장이 약 2m까지 자라 잡초와의 경쟁에서 유리하다.

초장이 비교적 긴 달맞이꽃, 망초, 개망초, 소리쟁이보다 억새의 키가 커서 햇빛을 상대적으로 많이 받아 잡초와의 경쟁에서 이겼다. 억새 줄기 사이에 자라는 이들 잡초는 줄기와 잎이 가늘어지고 왜소해지거나 도태되었다.

3) 띠

Figure 5에서 띠의 줄기수는 5월에 높은 증가를 보이다 6~10월에는 점진적인 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 줄기수가 잡초를 제거한 2011년 줄기수보다 적게 나타났다. 평균 줄기수는 2009, 2010, 2011년 각각 16.2, 23.7, 37.1개로 증가하다 2012년에 32.3개로 줄었으며, 2013년에는 33.1개로 2012년과 유사하였다.

2011년과 2012년의 줄기수를 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p < 0.0001$), 7월($p < 0.0001$), 9월($p < 0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 5 참조). 잡초를 제거하지 않은 2012년의 줄기수가 잡초를 제거한 2011년보다 줄어든 것은 잡초의 영향으로 보인다. 2012년과 2013년의 줄기수를 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p = 0.1473$), 7월($p = 0.1179$), 9월($p = 0.0656$) 모두 차이가 없다(Table 5 참조). 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 줄기수가 거의 동일하게 유지되었다.

Figure 6에서 초장은 4~9월 지속적인 증가를 보이고 있다.

잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 초장이 잡초를 제거한 2011년 초장보다 작다. 평균 초장은 2009, 2010, 2011년에 각각 32.6, 66.6, 88.9cm로 증가하다, 2012년에 82.4cm로 줄었고, 2013년에는 83.2cm로 2012년과 유사하였다.

2011년과 2012년의 초장을 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p < 0.0001$), 7월($p < 0.0001$), 9월($p = 0.0003$) 모두 차이를 보였다(Table 5 참조). 잡초를 제거하지 않은 2012년의 초장이 잡초를 제거한 2011년보다 작다. 2012년 초장이 작은 원인은 잡초의 영향으로 보인다. 2012년과 2013년의 초장을 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p = 0.1066$), 7월($p = 0.0813$), 9월($p = 0.1235$)로 모두 차이가 없다(Table 5 참조). 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 초장이 거의 일정하게 유지되었다.

분석결과, 띠는 군락이 형성된 후에 잡초를 제거하지 않아도 군락을 유지할 수 있다. 띠는 초장이 약 0.5~1m로 자라 키가 큰 잡초와의 경쟁에서 불리하나, 줄기가 밀집되어 성장하고, 뿌

Table 5. Summary of *t*-test statistics for stem numbers and heights of *Imperata cylindrica* under weed removal and non-removal conditions. Normality test of the sample data sets showed that their distributions were approximately normal.

Species	Parameter	Month year	Con.	N	Mean±S.D.	<i>t</i> Value	<i>p</i>
<i>Imperata cylindrica</i>	Stems (No./0.25m ²)	May 2011	R	28	25.185±2.434	6.83	<0.0001
		May 2012	NR	28	20.741±2.347		
		Jul 2011	R	28	31.296±2.431	7.09	<0.0001
		Jul 2012	NR	28	26.667±2.37		
		Sep 2011	R	28	36.296±3.036	4.76	<0.0001
		Sep 2012	NR	28	32.370±3.027		
		May 2012	NR	28	20.741±2.347	-1.47	0.1473
		May 2013	NR	28	21.741±2.64		
		Jul 2012	NR	28	26.667±2.37	-1.59	0.1179
		Jul 2013	NR	28	27.815±2.909		
	Sep 2012	NR	28	32.37±3.027	-1.88	0.0656	
	Sep 2013	NR	28	33.852±2.755			
	Height (cm)	May 2011	R	28	56.404±3.888	4.32	<0.0001
		May 2012	NR	28	51.552±4.350		
		Jul 2011	R	28	91.411±4.254	4.73	<0.0001
		Jul 2012	NR	28	85.681±4.643		
		Sep 2011	R	28	121.767±4.462	3.86	0.0003
		Sep 2012	NR	28	116.60±5.33		
		May 2012	NR	28	51.552±4.350	-1.64	0.1066
		May 2013	NR	28	53.596±4.787		
Jul 2012		NR	28	85.681±4.643	-1.78	0.0813	
Jul 2013		NR	28	87.904±4.543			
Sep 2012	NR	28	116.60±5.33	-1.57	0.1235		
Sep 2013	NR	28	118.893±5.43				

Con.: conditions, R: weed removal, NR: weed non-removal, N: sample numbers, S.D.: standard deviation, *p*: *p*-values obtained by *t*-tests assuming equal variance.

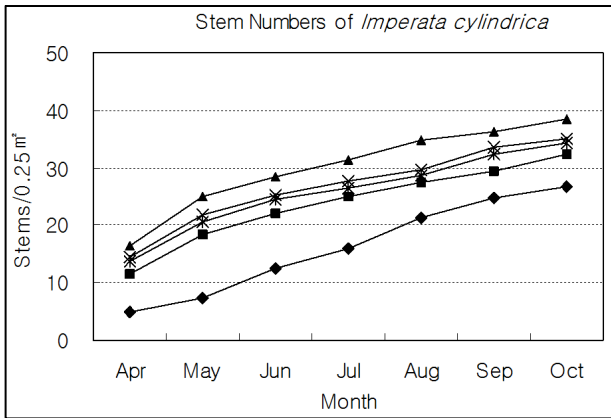


Figure 5. Average stem numbers of *Imperata cylindrica* per 0.25 square meter

Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 × 2013

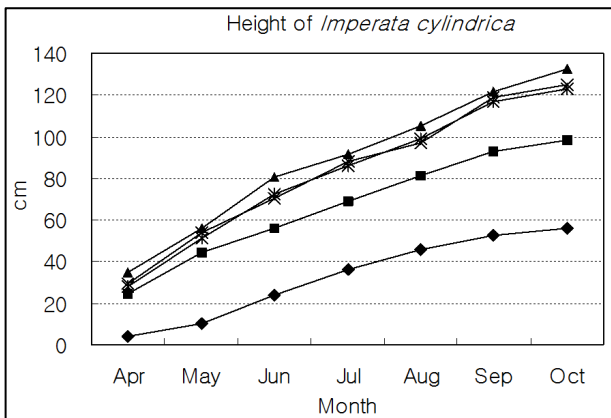


Figure 6. Average stem height of *Imperata cylindrica*

Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 × 2013

리가 토양깊이 10cm 이내에 밀집되어 있어 잡초와의 경쟁에서 유리한 점이 있다.

4) 수크령

Figure 7에서 수크령 줄기수는 5월과 6월에 급격히 증가한 후 7~10월까지 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 줄기수가 잡초를 제거한 2011년 줄기수보다 훨씬 적다. 평균 줄기수는 2009년 11.0개, 2010년에 16.2개, 2011년에 27.8개로 증가한 후 2012년에는 21.2개로 2011년보다 줄어들었다. 2013년의 줄기수는 20.0개로 2012년과 유사하였다.

2011년과 2012년의 줄기수를 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p < 0.0001$), 7월($p < 0.0001$), 9월($p < 0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 6 참조). 잡초를 제거하지 않은 2012년의 줄기수가 잡초를 제거한 2011년보다 현저히 줄어든 것은 잡초의 영향으로 보인다. 2012년과 2013년의 줄기수를 *t*-검정한 결

과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p = 0.0923$), 7월($p = 0.0819$), 9월($p = 0.0973$) 모두 차이를 보이지 않았다(Table 6 참조). 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 줄기수가 거의 동일하게 유지되었다.

Figure 8에서 초장은 5~7월에 현저히 증가한 후 8~10월에는 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 초장이 잡초를 제거한 2011년 초장보다 작게 나타났다. 평균 초장은 2009년 44.6cm, 2010년에 57.6cm로, 2011년에는 87.3cm로 증가하다, 2012년에는 67.0cm로 줄었으며, 2013년에는 65.1cm로 2012년과 유사하였다.

2011년과 2012년의 초장을 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p < 0.0001$), 7월($p < 0.0001$), 9월($p < 0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 6 참조). 잡초를 제거하지 않은 2012년의 초장이 2011년보다 줄어든 것은 잡초의 영향으로 보인다. 2012년과 2013년의 초장을 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p = 0.1142$), 7월($p = 0.1102$), 9월($p = 0.0993$) 모두 차이가 없

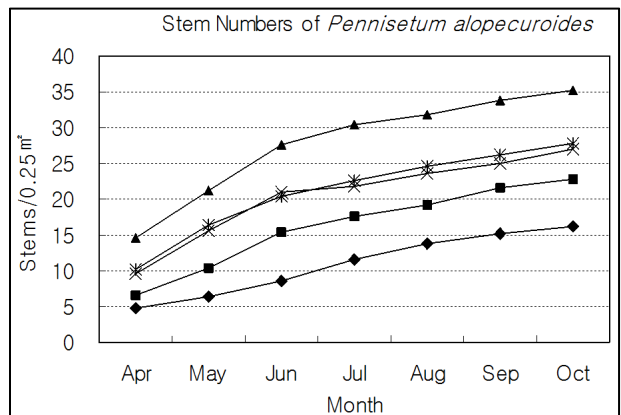


Figure 7. Average stem numbers of *Pennisetum alopecuroides* per 0.25 square meter

Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 × 2013

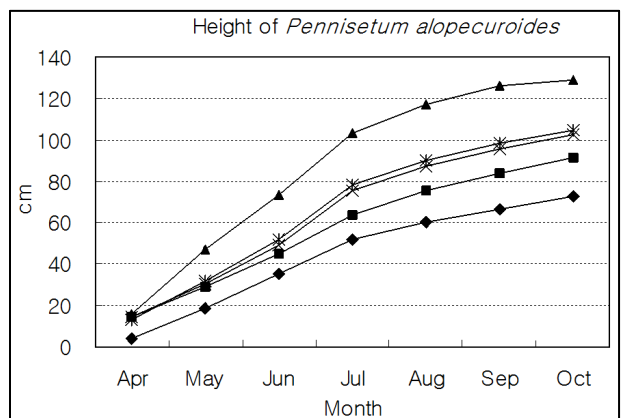


Figure 8. Average stem height of *Pennisetum alopecuroides*

Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 × 2013

Table 6. Summary of *t*-test statistics for stem numbers and heights of *Pennisetum alopecuroides* under weed removal and non-removal conditions. Normality test of the sample data sets showed that their distributions were approximately normal.

Species	Parameter	Month Year	Con.	N	Mean±S.D.	<i>t</i> Value	<i>p</i>
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Stems (No./0.25m ²)	May 2011	R	28	21.222±2.276	8.58	<0.0001
		May 2012	NR	28	16.407±1.824		
		Jul 2011	R	28	30.370±2.467	12.7	<0.0001
		Jul 2012	NR	28	22.667±1.961		
		Sep 2011	R	28	33.815±3.305	9.43	<0.0001
		Sep 2012	NR	28	26.222±2.562		
		May 2012	NR	28	16.407±1.824	1.72	0.0923
		May 2013	NR	28	15.556±1.826		
		Jul 2012	NR	28	22.667±1.961	1.77	0.0819
		Jul 2013	NR	28	21.741±1.873		
		Sep 2012	NR	28	26.222±2.562	1.69	0.0973
		Sep 2013	NR	28	25.148±2.088		
	Height (cm)	May 2011	R	28	46.900±5.827	10.92	<0.0001
		May 2012	NR	28	32.130±3.932		
		Jul 2011	R	28	103.463±6.649	15.03	<0.0001
		Jul 2012	NR	28	78.005±5.728		
		Sep 2011	R	28	126.070±6.729	13.70	<0.0001
		Sep 2012	NR	28	98.519±7.996		
		May 2012	NR	28	32.130±3.932	1.61	0.1142
		May 2013	NR	28	30.485±3.581		
		Jul 2012	NR	28	78.005±5.728	1.63	0.1102
		Jul 2013	NR	28	75.574±5.626		
Sep 2012		NR	28	98.519±7.996	1.68	0.0993	
Sep 2013		NR	28	95.237±6.268			

Con.: conditions, R: weed removal, NR: weed non-removal, N: sample numbers, S.D.: standard deviation, *p*: *p*-values obtained by *t*-tests assuming equal variance.

다(Table 6 참조). 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 초장이 거의 일정하게 유지되었다.

분석결과, 수크령은 군락이 형성된 후에 잡초를 제거하지 않아도 군락을 유지할 수 있다. 수크령은 수염뿌리가 굵고 단단하며, 줄기가 모여서 나면서 큰 포기형태로 자란다. 초장이 약 0.5~1.0m로 키가 작아 달맞이꽃, 망초, 개망초, 소리쟁이 등 초장이 수크령보다 길게 자라는 잡초의 피해를 입는 경우가 국부적으로 발생하였으나, 군락 유지에는 영향을 미치지 않았다. 봄에 새완두, 얼치기완두, 살갈퀴의 피해를 입는 경우가 일부 발생하였으나, 이들이 고사한 후에는 정상적으로 성장하였다.

5) 새

Figure 9에서 새의 줄기수는 5~6월에 상당히 증가한 후 7~10월에는 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 줄기수가 잡초를 제거한 2011년 줄기수보다 월등히 적다. 평균 줄기수는 2009, 2010, 2011년 각각 13.3,

24.3, 32.6개로 증가한 후, 2012년에는 22.6개로 2011년보다 급격히 줄었고, 2013년은 19.2개로 2012년보다 줄었다.

2011년과 2012년의 줄기수를 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p < 0.0001$), 7월($p < 0.0001$), 9월($p < 0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 7 참조). 잡초를 제거하지 않은 2012년의 줄기수가 2011년보다 현저히 줄어든 원인은 잡초의 영향으로 보인다. 2012년과 2013년의 줄기수를 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p = 0.0004$), 7월($p < 0.0001$), 9월($p < 0.0001$) 다른 초종과는 달리 모두 차이를 보였다(Table 7 참조). 2013년의 줄기수가 2012년보다 줄어들어 잡초의 피해가 상당한 수준으로 나타났다.

Figure 10에서 새의 초장은 5~10월까지 꾸준한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 초장이 잡초를 제거한 2011년 초장보다 월등히 작게 나타났다. 평균 초장은 2009, 2010, 2011년 각각 55.1, 78.9, 87.6cm로 증가하다. 2012년에는 63.1cm로 급격히 줄었고, 2013년에는 58.6cm로

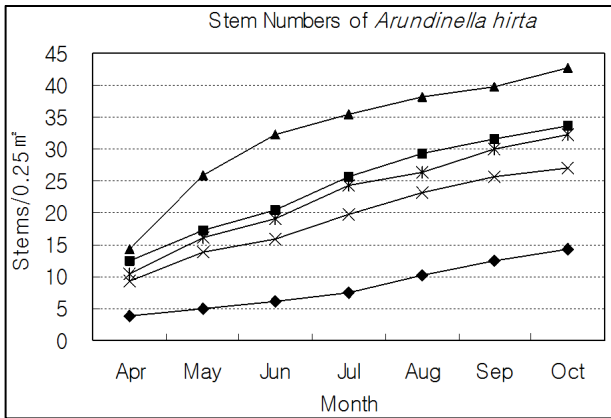


Figure 9. Average stem numbers of *Arundinella hirta* per 0.25 square meter

Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 × 2013

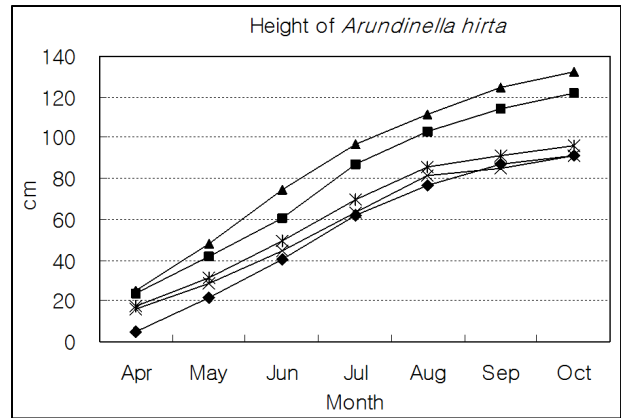


Figure 10. Average stem height of *Arundinella hirta*

Legend: ◆ 2009 ■ 2010 ▲ 2011 * 2012 × 2013

Table 7. Summary of *t*-test statistics for stem numbers and heights of *Arundinella hirta* under weed removal and non-removal conditions. Normality test of the sample data sets showed that their distributions were approximately normal.

Species	Parameter	Month year	Con.	N	Mean±S.D.	<i>t</i> Value	<i>p</i>
<i>Arundinella hirta</i>	Stems (No./0.25m ²)	May 2011	R	28	25,889±3,735	11.07	<0,0001
		May 2012	NR	28	16,111±2,665		
		Jul 2011	R	28	35,222±3,457	13.46	<0,0001
		Jul 2012	NR	28	24,259±2,443		
		Sep 2011	R	28	39,704±3,871	10.31	<0,0001
		Sep 2012	NR	28	29,778±3,166		
		May 2012	NR	28	16,111±2,665	3.82	0,0004
		May 2013	NR	28	13,704±1,898		
		Jul 2012	NR	28	24,259±2,443	7.18	<0,0001
		Jul 2013	NR	28	19,850±2,095		
		Sep 2012	NR	28	29,778±3,166	5.33	<0,0001
	Sep 2013	NR	28	25,630±2,514			
	Height (cm)	May 2011	R	28	48,559±5,486	14.23	<0,0001
		May 2012	NR	28	31,419±3,014		
		Jul 2011	R	28	96,626±5,586	17.97	<0,0001
		Jul 2012	NR	28	69,574±5,473		
		Sep 2011	R	28	124,630±6,577	19.52	<0,0001
		Sep 2012	NR	28	91,237±5,981		
		May 2012	NR	28	31,419±3,014	3.49	0,001
		May 2013	NR	28	28,670±2,774		
		Jul 2012	NR	28	69,574±5,473	4.25	<0,0001
		Jul 2013	NR	28	63,622±4,804		
Sep 2012		NR	28	91,237±5,981	4.36	<0,0001	
Sep 2013	NR	28	84,530±5,298				

Con.: conditions, R: weed removal, NR: weed non-removal, N: sample numbers, S.D.: standard deviation, *p*: *p*-values obtained by *t*-tests assuming equal variance.

2012년보다 줄었다.

2011년과 2012년의 초장을 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 5월($p < 0.0001$), 7월($p < 0.0001$), 9월($p < 0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 7 참조). 잡초를 제거하지 않은 2012년의 초장이 잡초를 제거한 2011년보다 현저히 줄어든 것은 잡초의 영향으로 보인다. 2012년과 2013년의 초장을 *t*-검정한 결과, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 다른 초종과는 달리 5월($p = 0.001$), 7월($p < 0.0001$), 9월($p < 0.0001$) 모두 차이가 있다(Table 7 참조). 군락이 형성된 후에 잡초를 제거하지 않으면 초장이 줄어들어 잡초의 피해가 컸다.

분석결과, 새는 군락이 형성된 후에도 잡초를 제거하지 않으면 군락을 유지할 수 없다. 새는 지하경이 옆으로 뻗으며 줄기가 여러 개 뭉쳐서 나서 상대적으로 줄기의 밀도가 높으나, 줄기가 가늘어 바람에 쉽게 도복되었고, 도복 후 원래의 모습으로 되돌아가지 못하고 누운 상태에서 자라, 잡초의 유입이 용이하고 잡초와 경쟁에서 피해가 컸다.

Figure 11은 2011, 2012, 2013년의 9월 평균 줄기수를 나타낸다. 물억새, 억새, 띠, 수크령, 새 모두 잡초를 제거하지 않은 2012년의 줄기수가 잡초를 제거한 2011년보다 적었으며, 새와 수크령이 상대적으로 더 많이 적어져 잡초의 피해가 있었음을 알 수 있다. 새의 줄기수는 2013년에 2012년보다 상당히 줄었다. 2011년 단위면적당 줄기수가 많은 순서는 억새, 새, 띠, 물억새, 수크령이었으며, 잡초를 제거하지 않은 2013년 단위면적당 줄기수가 많은 순서는 억새, 물억새, 띠, 새, 수크령이었다. 2013년 새의 줄기수가 2011년에 비해 가장 많이 적어져 잡초의

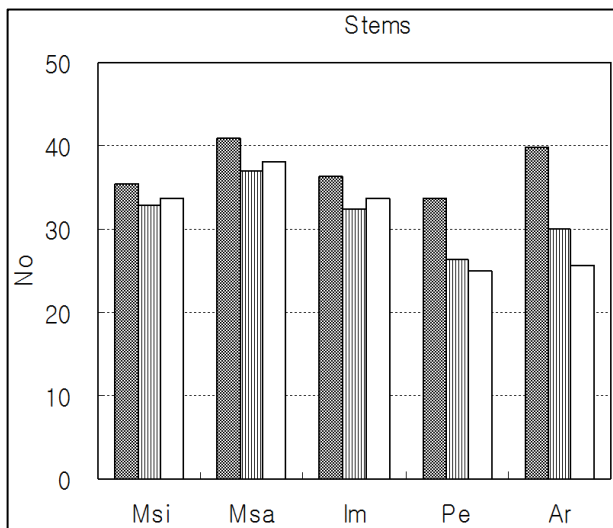


Figure 11. Average stem numbers of herbaceous perennials per 0.25 square meter in September 2011, 2012 and 2013

Msa: *Miscanthus sacchariflorus*, Msi: *Miscanthus sinensis*, Im: *Imperata cylindrica*, Pe: *Pennisetum alopecuroides*, Ar: *Arundinella hirta*; R: weed removal, NR: weed non-removal
 Legend: ■ 2011(R) ▨ 2012(NR) □ 2013(NR)

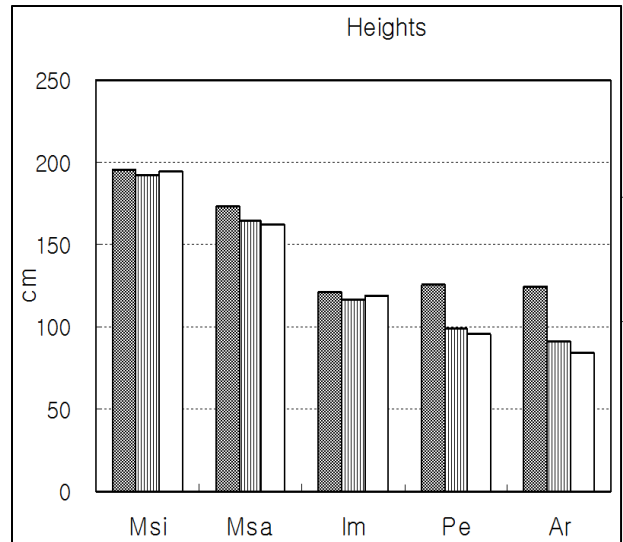


Figure 12. Average stem height of herbaceous perennials in September 2011, 2012 and 2013

Msa: *Miscanthus sacchariflorus*, Msi: *Miscanthus sinensis*, Im: *Imperata cylindrica*, Pe: *Pennisetum alopecuroides*, Ar: *Arundinella hirta*; R: weed removal, NR: weed non-removal

Legend: ■ 2011(R) ▨ 2012(NR) □ 2013(NR)

피해를 가장 많이 입은 것으로 나타났다.

Figure 12는 2011, 2012, 2013년의 9월 평균 초장을 나타낸다. 초장이 큰 순서는 물억새, 억새, 띠, 수크령, 새의 순서이다. 물억새는 잡초를 제거한 2011년이나 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년 거의 변동이 없어 잡초의 피해가 가장 적었다. 잡초를 제거한 2011년의 초장과 잡초를 제거하지 않은 2012년의 초장을 비교하면 억새와 띠는 초장의 차이가 적으나 수크령과 새는 크다. 수크령과 새는 억새와 띠보다 잡초의 피해가 상대적으로 컸다. 잡초를 제거하지 않은 2012년과 2013년의 초장을 비교하면 새는 억새, 띠, 수크령보다 차이가 크다. 새는 다른 초종에 비해 잡초의 피해가 컸다.

4. 하천경관 개선

식물군락의 설계 시 경관미적 측면에서 통일성, 색채의 조화, 수직적 구조, 계절적 변화를 고려하게 된다(Lu *et al.*, 2012).

물억새와 억새는 하천복원 사업에서 둔치의 군락에 가장 많이 활용되고 있으며, 관상용으로도 이용하고 있다. 9월에 군락으로 피는 물억새의 꽃은 은빛 장관을 이루어 하천경관 개선에 큰 도움을 줄 수 있다. 억새에 비해 이삭에 붙어 있는 흰색 털이 많고 길기 때문이다. 억새군락의 꽃은 관광자원으로 활용하기도 한다. 9월에 군락으로 피는 억새의 연한 녹색꽃은 아름다운 경관을 창출하여 하천경관 개선에 기여할 수 있다. 물억새와 억새의 여름철 녹색군락과 늦가을 열은 갈색군락도 하천

경관 개선에 도움을 줄 수 있다. 물억새 줄기는 수직으로 자라 열식된 느낌을 주나, 억새는 줄기가 포기형태로 비스듬히 자라 가을에 줄기 일부가 쓰러져 산만한 느낌을 줄 수 있다.

5월에 피는 띠의 흰 꽃 군락, 여름철 녹색군락, 늦가을 열은 갈색군락도 아름다워 하천경관 개선에 기여할 수 있다. 수크령은 8~10월에 줄기 끝에 흑자색을 띠는 원통형 꽃 이삭이 아름다워 관상용으로 식재하며, 제방사면에 군식으로 식재할 경우 하천경관을 개선할 수 있다.

8~9월 피는 새의 열은 녹색 혹은 자주색 꽃은 아름다우며, 여름철 녹색군락과 늦가을 열은 갈색군락도 아름다운 경관창출에 활용이 가능하다. 줄기가 가늘어 바람에 도복될 경우 시각적으로 아름답지 못한 단점이 있다.

제방사면의 경관은 주로 둔치의 산책로를 따라 감상하게 된다. 제방사면에 상하로 군락을 조성할 경우, 수직적 구조 측면에서 키가 큰 물억새와 억새를 위쪽에 식재하고, 키가 작은 수크령, 띠, 새는 아래쪽에 식재하는 것이 바람직하다.

V. 결론

물억새, 억새, 띠, 수크령은 군락이 형성된 후에 잡초 제거 없이도 군락이 유지되었으나, 새는 잡초의 피해가 커 군락 유지가 어려웠다. 수크령은 봄에 새완두, 얼치기완두, 살갈퀴의 피해가 일부 발생하였으나, 초여름 초장이 길어지면서 군락 유지가 가능하였다.

초장과 단위면적당 줄기수가 잡초와의 경쟁에서 중요한 요인으로 작용하였다. 경험과정에서 단위면적당 줄기수가 많은 초종이 잡초에게 공간을 덜 빼앗기고, 초장이 클수록 잡초보다 햇빛을 많이 받아 생장에 유리하기 때문이다. 물억새와 억새는 키가 약 2m까지 자라 군락을 형성하면 상층부를 점유하여 잡초들이 거의 성장하지 못하였다. 수크령과 띠의 키는 물억새와 억새에 비해 작아 잡초와의 경쟁에서 상대적으로 불리한 조건이었다.

줄기가 자라는 형태도 잡초와의 경합에 영향을 주었다. 근경이 옆으로 퍼지면서 줄기가 수직으로 올라오는 물억새와 띠가, 식재한 지점에서 포기형태로 자라는 억새와 수크령보다 식재 지점 간 빈 공간을 초기에 일찍 채워 잡초와의 경쟁에서 유리하였다. 새는 근경이 옆으로 뻗으며 줄기가 뭉쳐서 나와 단위면적당 줄기수가 억새와 비슷하게 높지만, 줄기가 약해 바람에 쉽게 도복되었고, 도복 후에는 원상으로 복귀하지 못하고 누워 있어 잡초의 유입이 용이하였고, 잡초의 피해가 많아 군락 유지가 어려웠다.

물억새, 억새, 띠, 수크령은 식재한 제방사면에서 양호하게 자랐으며, 군락이 형성된 후는 폭우에도 사면 유실이 거의 없었다. 흰색 물결의 물억새 꽃과 연한 녹색의 억새 꽃은 아름

다운 경관을 연출하였다. 봄철에 흰색으로 피는 띠 꽃과 가을철 수크령의 자주색 원통 이삭도 아름다워 하천 경관 개선에 도움을 주었다. 새는 도복으로 꽃이 원활히 피지 못하는 경우가 발생하였다. 물억새, 억새, 띠는 성장기 녹색군락과 가을철의 열은 갈색군락이 하천경관 개선에 도움을 주었다.

연구결과, 포트식재의 경우, 물억새, 억새, 띠, 수크령은 초기 군락 형성을 유도하기 위해 약 3년간의 잡초 제거가 필요하였으며, 군락 형성 이후에는 잡초를 제거하지 않고 자연에 맡겨도 군락이 유지되어 관리비를 절감할 수 있는 초종이었다. 군락 형성 및 유지, 하천경관 개선, 제방사면 보호, 하천제방에서 원활한 성장의 측면에서 물억새, 억새, 띠가 적합한 초종이며, 이중 물억새가 가장 적합한 것으로 나타났다. 수크령은 군락 유지를 위해 지속적으로 잡초를 제거해야할 가능성이 높다. 식재구역에 나타나는 잡초 중 씨앗으로부터 무더기로 발아하는 환삼덩굴이 군락 형성에 가장 많은 피해를 입혔다. 환삼덩굴은 가급적 열매가 맺히기 전 제거할 필요가 있다.

본 연구는 식재한 초본류가 군락을 형성해 가는 3년간과 군락 형성 후 2년간 분지수와 초장을 조사분석을 하였다. 생체량의 조사분석은 본 연구의 미비점을 보완할 수 있을 것이며, 군락 형성 후 5~6년의 조사분석도 본 연구의 미비점을 보완할 수 있을 것이다. 본 연구는 현장 실험규모(meso scale)에서 수행하였다. 실제 현장규모(full scale)의 하천제방 초본류 군락 연구는 본 연구의 결과를 보완하는데 도움을 줄 것이다.

인용문헌

1. Abramson, L. W., T. S. Lee, S. Sharma and G. M. Boyce(2002) Slope Stability and Stabilization Method, New York: John Wiley & Sons, Inc. pp. 530-545.
2. Castelle, A. J. and A. W. Johnson(2000) Riparian Vegetation Effectiveness, National Council for Air and Stream Improvement, Inc., Technical Bulletin No. 799. pp. 1-26.
3. Cho, Y. H., E. S. Kim, H. K. Kang and Y. M. Cheong(2012) A study on characteristics of seed germination of native plants for revegetation on the slope of river bank, J. Korean Env. Res. Tech. 15(2): 103-115.
4. Gu, J. O., D. J. Lee, I. Y. Kuk and S. W. Cheon(2009) Water and Rural Flora of Korea, Seoul: Center for Academic Information, pp. 680-695.
5. Gu, J. O., J. Y. Byun and J. C. Jeon (2010) Weed Control, Hyangmoonsa: Seoul, pp 31-63.
6. Kim, G. W. and D. H. Sin(2012) Principles of Weed Control, Kyungpook National University Press, pp. 18-43.
7. Kim, J. H., J. S. Yoon and S. R. Shim(2006) Effects of plant mixtures and tackifiers on the slope vegetation, J. Korean Env. Res. Tech. 9(6): 123-132.
8. Kim, J. H., Y. J. Heo, N. C. Kim and Y. M. Cheong(2005) A study on the seeding mixture improvements for the restoration and revegetation of slopes by the thin-layer-soil-media hydroseeding revegetation measure, J. Korean Env. Res. Tech. 8(2): 90-97.
9. Kim, N. C., H. Y. Song, G. S. Park, G. S. Jeon, S. H. Lee and B. J. Lee(2007) An analytical study on the revegetation methods for highway slopes, J. Korean Env. Res. Tech. 10(2): 1-15.

10. Kim, N. C., S. J. Lee, J. J. Jung, J. H. Kim and S. J. Nam(2004) Study on the sod forming effects of the native plants for the erosion control in slopes. *J. Korean Env. Res. Tech.* 7(1): 77-84.
11. Kim, T. J.(1996) *Plant Resources of Korea V.* Seoul: Seoul National University Press. pp. 50-75.
12. Koh, J. H., Y. J. Hur and J. Y. Choi(2011) Application of construction fiber soil reinforcement system in riparian slope. *J. Korean Env. Res. Tech.* 14(3): 169-176.
13. Kramer, J. T. A. and J. Smit(1977) *Systems Thinking: Concepts and Notions.* New York: John Wiley & Sons. pp. 5-15.
14. Lu, S., B. Chen, S. Hu, J. Zhang, J. Jiang and S. Shen(2012) Study on construction of close-to-nature man-made plant landscape based on natural plant communities: The case of west lake scenic area in Hangzhou. *Advanced Materials Research Vols.* 467-471: 2764-2770.
15. Mitsch, W. J. and S. E. Jorgensen(2004) *Ecological Engineering and Ecosystem Restoration.* New York: John Wiley & Sons. pp 35-45.
16. MLTM(Ministry of Land, Transportation and Maritime)(2009) *Guidelines for Design and Construction of Road Slope Planting.* Seoul: MLTM. pp 130-150.
17. Moon, S. G., D. G. Lee., N. C. Kim, K. S. Lee., S. J. Nam, S. W. Yoon, M. S. Gang and K. R. Yeu(2002) *Ecological Engineering.* Bomoondang: Seoul. pp. 45-47.
18. NAAS(National Academy of Agricultural Science)(2007) *Weed Management Guide.* Agriculture and Horticulture: Anyang, Gyeonggi-do. pp. 16-26.
19. Okuda, S. and Y. Sasaki edit(1996) *Stream Environment and Riparian Plants: Conservation and Maintenance of Vegetation.* Tokyo: Soft Science. pp. 142-162.

원 고 접 수 일: 2014년 1월 6일
 심 사 일: 2014년 2월 14일(1차)
 2014년 2월 18일(2차)
 개 재 확 정 일: 2014년 2월 18일
 3 인 의 명 심 사 필