

도시하천 제방사면에 식재한 몇몇 벼과식물의 활착 및 군락유지 특성[†]

양홍모

전남대학교 조경학과

Characteristics of Rooting and Community Maintenance of Some Gramineae planted on Urban Stream Bank Slope

Yang, Hong-Mo

Dept. of Landscape Architecture, Chonnam National University

ABSTRACT

To investigate rooting and community forming ability, sod strips of Gramineae such as *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth., *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*(Andersson) Rendle, *Imperata cylindrica* var. *koenigii*(Retz.) Pilg., and *Arundinella hirta*(Thunb.) Tanaka were planted horizontally at a width of 10~15cm in October 2010 on the bank slope of Kwangju Stream in Korea. Seeds of each species were sown in April 2010 in plastic seedbeds(60cm length × 30cm width × 5cm depth) filled with 4cm of garden soil and grew until October 2010 to form rectangular sod, which then was cut into multiple strips(20cm length × 6cm width × 4cm root depth). Weeds growing on the experiment sites were removed twice a year until those four species had formed a community by 2013. Weeds were not eradicated during 2014 and 2015 to observe whether the community formation can be maintained without weed removal. *t*-tests on stem numbers and heights in May, July, and September were conducted between 2013 and 2014, and between 2014 and 2015. Stem numbers and heights of the four species in 2014 were significantly decreased($p<0.001$) compared with those in 2013 due to weed damage to their growth in 2014. Stem numbers and heights of *Miscanthus sacchariflorus*(Maxim.) Benth., *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*(Andersson) Rendle, *Imperata cylindrica* var. *koenigii*(Retz.) Pilg. in 2015 were similar to those in 2014($p>0.05$). Stem numbers and heights of *Arundinella hirta*(Thunb.) Tanaka in 2015, however, were significantly reduced compared with those in 2014($p<0.001$) due to weed impact on its growth. After three years of weed removal, a community of each species was formed. *Miscanthus sacchariflorus*(Maxim.) Benth., *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*(Andersson) Rendle, *Imperata cylindrica* var. *koenigii*(Retz.) Pilg. were able to establish communities without any further weed removal. *Arundinella hirta*(Thunb.) Tanaka, however, was not able to maintain its community due to considerable damage to its growth caused by weeds even after three years of weed removal. *Miscanthus sacchariflorus*(Maxim.) Benth., *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*(Andersson) Rendle, *Imperata cylindrica* var. *koenigii*(Retz.) Pilg. are more suitable to sod strip plantings on stream bank slopes in terms of the maintenance of community formation without weed eradication. *t*-tests

[†] : 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 61186, Korea, Tel.:+82-62-530-2101, E-mail: hmy@jnu.ac.kr

on stem numbers and heights each September during the five year experiment period between sod strip planting and potted plants of the four species were conducted. Stem numbers of strip sod plantings were significantly higher($p<0.001$) than those of potted one. Heights of strip sod plantings, however, were significantly lower($p<0.05$) than those of the potted samples. Therefore, strip sod planting is more advantageous regarding bank slope erosion protection due to the higher number of stems.

Key Words: Plant Community Formation, Weed Invasion, Strip Sod Planting, Pot Planting

국문초록

도시하천 제방사면의 벼과식물 활착과 군락형성 연구를 위해 2010년 10월 중순 물억새, 억새, 띪, 새를 줄떼식재하였다. 플라스틱 묘상(길이 60cm × 너비 30cm × 깊이 5cm)에 원예용상토를 4cm 깊이로 채우고 실험초종의 씨앗을 2010년 4월 하순 파종한 후 2010년 10월 초까지 형성된 뗏장을 너비 6cm × 길이 15cm × 두께 4cm로 잘라서 제방사면에 수평 폭 약 10~15cm 간격으로 심었다. 줄떼식재 후 군락형성을 유도하기 위해 2011년~2013년까지 3년간 매년 2회 잡초를 제거하였다. 실험초종 모두 2012년에 줄떼 간격의 빈 공간을 줄기가 상당부분 채워 초기군락이 형성되었으며, 2013년에는 줄떼 간격의 빈 공간을 거의 채워 군락이 형성되었다. 군락형성 후 2014년과 2015년은 잡초제거 없이 군락유지가 가능한지 관찰하였다.

2013년과 2014년의 줄기수, 초장간 t -검정과, 2014년과 2015년의 줄기수, 초장간 t -검정을 수행하였다. t -검정에는 5월, 7월, 9월에 조사한 줄기수와 초장을 활용하였다. 실험초종 모두 2014년의 줄기수와 초장이 2013년보다 줄어들어($p<0.001$) 잡초의 피해를 입었다. 물억새, 억새, 띪는 2014년과 2015년의 줄기수와 초장에 차이가 없어($p>0.05$) 군락형성 후 잡초제거 없이 군락이 유지되었으나, 새는 2015년의 줄기수와 초장이 2014년보다 현저히 줄어들어($p<0.001$) 잡초의 피해가 커 군락유지가 어려웠다. 하천제방사면의 초본류 군락 형성과 유지의 관점에서 줄떼식재의 경우 물억새, 억새, 띪가 적합한 초종으로 나타났다.

실험기간 5년 매년 9월에 조사한 물억새, 억새, 띪, 새의 줄떼식재와 포트식재 간 줄기수와 초장의 t -검정에서, 줄기수는 줄떼식재가 포트식재보다 많았고($p<0.001$), 초장은 포트식재가 줄떼식재보다 길었다($p<0.05$). 줄기수가 상대적으로 많은 줄떼식재가 제방사면 유실보호 관점에서 포트식재보다 유리한 것으로 드러났다.

주제어: 식물군락형성, 잡초침입, 줄떼식재, 포트식재

1. 서론

도시화가 진행되면서 하천 주변에 형성되어 있던 홍수터를 주거지 등으로 활용하기 위해, 홍수 시 범람의 피해를 방지하기 위하여 제방을 축조하고, 하도를 변경하는 하천개수사업이 수반되면서 도시하천의 훼손이 가속화되었다. 독일과 미국 등 서구 선진국을 중심으로 1970년대부터 각종 개발활동으로 훼손된 도시하천의 복원사업이 시작되었으며, 최근에는 하도, 저수호안, 고수부지의 생태적 복원은 물론 하천제방의 식생복원도 고려하는 추세이다.

도시하천은 시가지지를 흐르는 하천으로 하천의 다양한 기능 중 경관기능이 상대적으로 중요시 되는 구간이다. 경관은 다양한 의미를 가지고 있으나 일반적으로 시각적 경관을 의미한다. 하천경관은 제외지에 위치한 물의 수면, 호안, 고수부지, 제방

등의 하천요소와 제내지에 위치한 시가지, 전원 등의 하천주변 요소로 이루어진다.

국내의 경우 1990년대 후반 훼손된 도시하천의 하천공원화 사업이 시작되었으며, 1990년대 말부터 자연형 하천복원사업이 추진되기 시작하였다. 최근에는 훼손된 도시하천의 생태복원에 중점을 둔 생태하천복원 사업이 추진되고 있으나, 하도, 저수호안, 고수부지의 정비를 강조하고 있으며, 하천제방 식생녹화에는 관심이 낮다.

하천제방 사면에 성장하는 식물은 초본류가 대부분이다. 하천제방 사면의 초본류 군락은 강우 시 제방사면의 토양유실을 방지하고, 홍수 시 제방사면을 보호해주는 기능을 하며, 하천경관을 개선하고, 야생동물에게 서식처와 먹이를 제공하는 역할을 한다(Castelle and Johnson, 2000; Abramson *et al.*, 2002).

국내 도시하천 복원사업에서 제방사면 보호를 위해 적용하

는 공법은 제외지 사면의 경우 홍수 시 수위 상승으로 물에 잠기는 부분은 거석, 돌망태, 환경콘크리트 블록 등으로 시공하고, 물에 잠기지 않는 부분은 대부분 줄떼를 시공하고 있다. 제내지 사면은 제방높이로 토지이용이 진행되어 사면이 없는 경우가 대부분이며, 사면의 높이가 낮아 제내지 사면은 거의 고려하지 않는 추세이다. 제외지 사면에 시공한 줄떼는 시공 후 관리를 하지 않아 잡초 유입으로 줄떼가 고사하고 잡초로 뒤덮이게 되어 시각적으로 불량한 제방사면이 연출된다. 제방사면의 경관개선을 위해 대부분의 지자체는 잡초제거를 위해 1년에 한 번 풀깎기를 실시하고 있다.

하천제방 사면의 초본류 군락 형성에 영향을 미치는 요인으로 식재 수종 및 방법, 연간 잡초제거 횟수, 연간 풀깎기 횟수, 토양조건 등을 들 수 있다(Okuda and Sasaki, 1996). 이들 요인 중에서 초본류의 종류와 연간 잡초제거 횟수가 초본류 군락형성에 가장 중요하다. 하천제방 사면에 초본류 군락형성을 위해 실시하는 풀깎기는 관리비용이 추가로 들며, 초본류의 줄기도 함께 잘려 군락으로 피는 꽃을 감상하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 하천제방 사면에 초본류를 시공한 후 잡초제거를 통하여 군락형성을 유도한 후, 잡초제거와 풀깎기를 하지 않아도 초본류 군락이 유지되어 하천경관을 개선할 수 있는 방안의 연구가 필요하다.

도시하천 연구는 수리·수문 연구를 제외하면 크게 식생, 계획접근방법, 경관 연구로 분류할 수 있다. 식생 연구는 하상, 저수로호안, 고수부지의 식생 조사분석이 대부분이며, 제방 식생에 대한 연구는 매우 드물다. Chun *et al.*(2000)은 여의도 셋강 생태공원 조성 후의 식물종을 분석하였고, Lee *et al.*(2004)은 한강변 고덕 생태복원지의 식생을 연구하였다. Cho *et al.*(2008)은 양재천 복원구간의 식생분포를 분석하였고, You *et al.*(2014)은 창원시 가음천의 생태복원에 따른 귀화식물을 조사하였으며, Park *et al.*(2010)은 창원시 창원천과 남천의 식물상을 연구하였다. You *et al.*(2002)은 서울 중랑천의 식물상을 분석하였다.

계획접근방법 연구는 하천복원사업의 장단점을 분석한 후 계획설계 접근 개선방안을 제시하는 연구들이다(Shin and Lee, 2004; Kim and Yang, 2007). 하천경관 연구는 하천경관평가와 시각경관평가로 대별할 수 있다. 하천경관평가는 하천 특징을 평가하는 항목을 선정하고, 등급분류 기준을 마련하여 평가하는 방법이다. 영국 NRA(1993)의 하천경관평가는 정량적 항목과 서술 항목을 활용하여 평가등급을 4단계로 구분하여 평가하였으며, 스위스 연방환경산림국토청(BUWAL)이 1998년 제시한 하천경관평가는 수면 폭, 제방사면 요소, 제방사면 모습 등을 평가항목으로 선정하여 4단계 평가등급을 적용하였다(Jorgensen *et al.*, 2016). 하천경관평가에서 적용하는 평가항목 중 제방이 비교적 중요한 역할을 차지한다. 시각경관평가는 경관형용사 목록을 제시하는 어의구별척도 기법을 활용하여 응답자들의 시

각적 특성과 선호도 요인을 분석한다(Jeong *et al.*, 2007; Yang and Cho, 2008; Joo and Lee, 2012). 응답자들에게 보여주는 하천경관의 구성 요소에서 제방이 중요한 구성요소가 된다.

역새군락, 유채군락 등 식생군락을 지역의 경관을 개선하기 위해 활용하고 있다. 군락이란 특정의 종군으로 이루어진 통합된 집단을 지칭한다(Moon *et al.*, 2002). 생태공학에서 강조하는 자가설계(self-design) 개념을 도시 내 근자연 인공식물군락(close-to-nature man-made plant community)조성에 응용하고 있다(Lu *et al.*, 2012). 자가설계란 환경조건에 적합한 생물종의 초기 도입과정에 인간이 관여하고 그 이후 과정은 자연에 맡기는 접근방법이며, 인위적인 에너지 투입을 가능한 줄이고 햇빛 등 자연 에너지를 활용하는 설계 방법이다(Mitsch and Jorgensen, 2004). 근자연인공식물군락 조성은 자생종을 활용하여 자연군락과 유사한 군락을 인위적으로 조성한 후 군락이 지속적으로 유지되도록 관리하는 설계 접근방법이며, 경관미적 측면에서 통일성, 색채조화, 계절변화를 고려하여 시각적으로 아름다운 군락을 유지하면서 관리비용이 적게 들도록 운영한다. 하천제방사면의 경관기능 향상을 위한 초본류 군락조성 관점에서 자가설계의 의미는 적합한 초종을 선택하여 식재한 후, 에너지 투입이 적은 최소한의 관리를 통하여 군락형성을 유도하고, 군락이 형성된 후에는 자연상태에서 군락이 지속적으로 유지되면서 시각적으로 아름다운 경관미를 제공하는 설계개념이라고 할 수 있다.

제방사면에 초본류를 식재한 후 군락을 조성하고 관리하는데 중요한 요소는 잡초의 성장을 차단하는 것이다. 제방사면 초본류 군락조성에서 잡초란 군락조성의 목적에 맞지 않고, 조성하고자하는 초종의 군락에 침입하여 성장을 저해하는 식물이라 할 수 있다.

제방사면의 초본류는 봄철에는 일년생과 이년생 풀이 우점종이 되고, 가을에는 다년생 풀이 우점종이 되는 경향을 보인다. 일년생 및 이년생 잡초는 대부분 종자로 번식하며, 이들 종자는 호광성으로 표토가 햇빛에 노출되어야 발아한다(Gu *et al.*, 2010). 잡초 한 주에 수백~수만 개의 종자가 달릴 수 있다. 잡초 한 주에서 200개의 종자가 토양표면에 떨어져 이중 반이 죽고 100개가 살아 이듬해 봄에 10%만 발아하여도 10주로 증가하며, 나머지 종자 90개는 2년, 3년 후 발아가 가능하다(NAAS, 2007). 잡초의 확산을 차단하는 것이 어려움을 알 수 있다.

제방사면에 식재한 후 초기 잡초제거를 통하여 군락이 형성되고, 군락형성 후에는 잡초와의 경쟁(competition)을 이기면서 군락을 유지할 수 있는 초본류 초종에 대한 연구가 필요하다. 경쟁이란 경쟁이라고도 부르며 공간획득의 우위성을 나타내는 개념으로, 식재한 초종에 주어진 공간이 잡초에 의해 점유당하는 정도로 판단할 수 있다(Gu *et al.*, 2010). 잡초는 경쟁하는 초종의 줄기수를 제한하고, 초장의 길이에 영향을 미치게 된다

(Gu *et al.*, 2010). 따라서 식재한 초종과 잡초와의 경합의 정도를 초종의 단위면적당 줄기수와 초장 길이로 파악할 수 있다.

사면녹화란 절·성토 과정에서 발생한 사면의 안정과 경관 복원을 위해 식물재료를 이용하여 녹화시키는 것을 의미한다. 사면녹화 연구는 도로사면의 녹화에 집중되어 있으며, 하천제방사면의 녹화에 대한 연구는 부족한 실정이다.

도로사면 녹화연구는 실험장소에서 1년 이내의 단기간에 수행된 연구가 대부분이어서 연구결과를 현장에 적용하는 데는 한계가 있다. Kim *et al.*(2006)은 초본류를 모판에서 실험하였고, Kim *et al.*(2004)은 야생화 13종을 선정하여 실험장소에서 피복율과 뗏장 형성을 연구하였다.

하천제방 성토사면의 녹화방법에는 씨뿌어붙이기(seed spray), 줄떼심기, 평떼심기, 포트식재가 활용된다. 국내 하천제방의 경우 평떼심기보다 줄떼심기를 활용하며, 씨뿌어붙이기의 경우 씨앗이 대부분 수입외래종이어서 우려가 높아지고 있다. Koh *et al.*(2011)는 하천사면 실험구에 목본류와 초본류의 씨앗을 혼합하여 뿌어 붙이는 공법을 연구하였으며, Yang(2014)은 제방사면에 포트 식재한 초종의 군락형성을 연구하였다.

일본 건설성이 관리하는 하천제방은 평떼 시공 후 3년간 제초를 하여 잔디를 보호한다. 3년 이후 부터는 연간 1회의 풀깎기는 역새군락으로, 연간 2~3회 풀깎기는 띠군락으로 변해가며, 연간 3~4회 풀깎기를 해야 잔디군락이 유지된다(Okuda and Sasaki, 1996). 잔디군락을 유지하기 위해서는 상당한 관리비용이 소요된다.

뗏장(sod)은 일반적으로 잔디를 흙이 붙은 뿌리째 떠낸 조각(30cm × 30cm × 3cm 규격)을 의미한다. 잔디 뗏장을 연속적으로 심는 평떼 식재와 뗏장을 반으로 잘라 폭 10~20 cm 간격으로 심는 줄떼 식재가 있다. 역새, 띠 등의 초본류 뿌리가 엉켜 흙이 붙은 매트형태를 뗏장이라고도 부르며, 식재에 활용하고 있다(Lee and Kuon, 2002). 산지사방에서 사면보호를 위해 띠 뗏장(길이 20~30cm, 너비 10~15cm, 두께 5 cm)을 폭 10~15cm 간격으로 줄떼 식재를 한다(KFC, 2014).

본 연구는 도시하천 제방사면에 줄떼 시공한 주요 벼과식물의 5년간 줄기수와 초장 조사와, 잡초를 제거한 해와 잡초를 제거하지 않은 해의 줄기수와 초장의 비교분석을 통하여, 도시하천 제방사면의 벼과식물 군락형성과 하천제방 경관개선에 적합한 줄떼 시공 초종선정에 기초자료를 제공하는데 일차적 목적이 있으며, 하천제방사면 식재에 활용하는 초본류 줄떼식재와 포트식재의 군락형성 특성을 비교하는데도 연구 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

광주광역시를 흐르는 광주천의 중류부 제외지 제방사면을 실험장소로 선정하였다. 실험장소 주변의 제내지는 제방높이로 택

지가 조성되어 있다. 광주천은 자연형 하천정화사업이 2004년 12월부터 5년간 수행되었으며, 사업 후 제방사면에 무성하게 자라는 잡초를 1년에 한번 여름에 풀깎기하고 있다. 실험장소의 광주천은 하도로부터 둔치까지 높이가 약 2m이며, 둔치로부터 제방상단까지 높이가 약 7m이다.

고수부지로부터 약 2m 높이에 폭 3m 길이 30m의 줄떼식재 실험장소를 설정하여 길이 약 6m인 4개 구획으로 나누어 실험하였다. 하천의 홍수 시 수위는 현장관찰과 홍수 후 고수위 흔적(high water mark)으로 판단한다. 실험기간 현장관찰을 하거나 고수위 흔적조사 결과 실험장소는 물에 잠기지 않았다.

문헌조사와 기존의 하천제방에서 군락을 형성하고 있는 초종을 참고하여 실험초종을 선정하였다. 전라남도 영산강과 충청남도 석정천 등의 제방사면 답사결과 일부 구간에서 벼과식물인 물억새, 역새, 띠, 새 군락이 형성되어 있었다. 하천제방에서 생장이 가능하고, 제방사면 보호에 기여할 수 있고, 잡초와의 경쟁에서 우위를 점할 수 있고, 아름다운 제방경관을 조성할 수 있는 초종을 고려하였다. 실험초종으로 다년생 초본류인 물억새(*Miscanthus sacchariflorus*(Maxim.) Benth.), 역새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*(Andersson) Rendle), 띠(*Imperata cylindrica* var. *koenigii*(Retz.) Pilg.), 새(*Arundinella hirta*(Thunb.) Tanaka)를 선정하였다. 역새와 물억새는 초장이 각각 1~2m, 1~2.5m로 자라며 척박한 토양에서도 생장이 가능하여 사면녹화에 활용되고 있다(Gu *et al.*, 2009; Kim, 1996), 초장이 0.5~1m로 자라는 띠는 근경이 깊이 10cm 이내에 80%가 분포하며 토양응집력이 양호하여 사면보호용으로 이용한다(Okuda and Sasaki, 1996). 새는 초장 40~120cm로 자라며 척박한 토양에서 성장할 수 있어 사면녹화에 이용한다.

실험장소에 자라고 있는 식물을 제거하고 마사토를 약 20cm 복토한 후 다지기를 하였다. 실험 초종의 매트는 영광야생화영농조합에서 구입하였다. 원예용 상토를 넣은 플라스틱 묘상(길이 60cm, 너비 30cm, 깊이 5cm)에 2010년 봄에 파종하여, 2010년 10월 초 초장이 약 4~7 cm로 자라고 뿌리가 엉킨 식생매트를 너비 약 6cm 길이 약 15cm로 잘라 줄간격 약 10~5cm로 줄떼 심기를 하였다. 식재 후 사면의 토양유실을 방지하기 위해 빗짚밭을 덮고 바람에 날리지 않도록 끈으로 고정하였다. 시공 직후 초종의 활착을 돕기 위해 살수차로 물을 1회 살포하였다. 줄떼식재한 물억새, 역새, 띠, 새의 지상부 잎과 줄기는 2010년 겨울에 고사하였다. 초종의 성장조사 1차년도는 새줄기가 나오기 시작한 2011년이며 5년간 조사하였다. 군락형성을 유도하기 위해 생장 1차년도~3차년도는 잡초를 제거하였으며, 4차년도부터 잡초를 제거하지 않았다.

제방사면의 표토 건조를 방지하기 위해서는 약 30~40cm의 토양두께가 필요하다(Okuda and Sasaki, 1996). 실험장소 사면의 토양두께는 30~40cm가 유지되어 초본류의 성장에 지장이 없

는 조건이었다. Table 1은 줄폐식재 실험장소의 토양분석 결과를 나타낸다. 4개 실험장소에서 각각 3개 토양샘플을 채취하여 평균값으로 나타냈다. 토양분석결과 4개 실험장소의 토양성분이 유사하며, 선정된 초종이 성장하는데 지장이 없는 토양이다.

실험기간 매년 4월부터 10월까지 매월 중순에 각 초종별 식재구역에서 0.5m × 0.5m 26개 조사지점을 선정하여 줄기수와 초장을 측정하였다. 줄기수는 전수를 조사하였고, 초장은 줄기 20개를 무작위로 선정하여 길이를 측정하고 평균값으로 나타냈다. 잡초는 조사지점에서 나타나는 종과 해당 종의 줄기수를 조사하여 평균값으로 나타냈다. 줄기수, 초장, 평균값에 차이가 있는지를 알아보기 위한 *t*-검정에는 PC용 Excel 프로그램에서 운영되는 통계 프로그램인 DDXL(Data Desk/XL)을 사용하였다.

포트식재 실험장소는 줄폐식재 실험장소에 인접하여 위치해 있다. 포트식재와 줄폐식재의 생장과 군락형성을 비교하기 위해 식재방법을 제외하고는 실험장소의 기존식물 제거 및 마사복토, 식재 직후 벗길밭 덮기 및 1회 살수, 토양분석, 잡초 제거, 0.5m × 0.5m 조사지점에서 초장 및 줄기수 조사 등을 동일한 방법으로 수행하였다. 포트식재 실험초종의 활착과 군락형성에 관한 연구내용은 2014년 한국조경학회지에 게재하였다(Yang, 2014).

연구비의 연차별 지원으로 포트식재는 2009년 4월에, 줄폐식재는 2010년 10월에 시공하였다. 포트식재 초종의 성장조사 1차년도는 2009년이며 5년간 조사하였다.

포트식재 실험초종의 포트는 영광야생화영농조합에서 구입하였다. 식재한 포트는 줄기수가 4~6개였으며 초장은 4~7cm 범위였다. 0.5m × 0.5m에 포트 1개씩 식재하였다. 포트식재도 군락형성을 유도하기 위해 생장 1차년도~3차년도는 잡초를 제거하였으며, 생장 4차년도부터 잡초를 제거하지 않았다. 포트식재 실험장소의 토양분석 결과(Yang, 2014)와 줄폐식재 실험장소의 토양성분 결과는 거의 동일하게 나타났다(Table 1 참조). 실험기간 홍수 시 현장관찰과 홍수 후 고수위 흔적 조사 결과 포트식재 실험장소도 물에 잠기지 않았다.

줄폐식재와 포트식재의 줄기수와 초장의 비교는 실험초종들이 연간 성장을 거의 완료하는 9월의 조사자료를 활용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 잡초유입 조사

2011년 4월 초순 줄폐 식재한 초종들의 새 줄기가 나오기 시작하였다. 일년생과 이년생 잡초들이 발아하고 다년생 잡초들도 자라기 시작하였다. 잡초들의 줄기가 식재한 초종들보다 커지면서 실험초종에 피해를 주어 6월과 8월에 한 차례씩 잡초를 제거하였다. 2012년에는 다년생 잡초들의 성장이 상당히 줄었으며, 일년생과 이년생 잡초들의 발아가 다소 줄었으나 식재한 초종의 성장을 저해하여 6월과 8월에 한 차례씩 잡초를 제거하였다. 식재한 초종들의 줄기수가 증가하면서 줄폐 사이의 빈 공간을 상당부분 채워 초기군락이 형성되기 시작하였다.

2013년에는 봄부터 새줄기가 나오면서 줄폐 사이의 빈 공간을 채워가기 시작하여 여름에는 빈 공간을 거의 채워 군락이 형성되었다. 일년생과 이년생 잡초들이 일부 성장하여 6월과 8월에 한 차례 잡초를 제거하였다. 2014년과 2015년에는 식재한 초종들이 잡초와의 경쟁에서 군락을 유지하는지 관찰하기 위해 잡초를 제거하지 않았다.

Table 2는 줄폐식재 실험구역에서 2011년, 2012년, 2013년에 6월과 8월 나타난 잡초들의 종과 줄기수를 나타낸다. 식재 후 2013년까지 군락을 형성해 가는 시기에 실험초종의 성장에 피해를 가장 많이 입힌 풀은 덩굴성으로 덩굴의 길이가 150cm까지 자라는 이년생 살갈퀴(*Vicia angustifolia* var. *segetilis* Thuill.) K.Koch)와 초장이 150cm까지 성장하는 이년생 개망초(*Erigeron annuus*(L.) Pers.)였다.

덩굴성으로 덩굴의 길이가 60cm까지 자라는 이년생 새완두(*Vicia hirsuta*(L.) Gray)와 얼치기완두(*Vicia tetrasperma*(L.) Schreb.)도 피해를 입혔으나 봄철에 발아하여 일찍 성장한 후 고사하여 여름철에는 피해가 적었다. 초장이 150cm까지 자라는 이년생 망초(*Conyza canadensis*(L.) Cronquist)와 초장이 90cm까지 자라는 이년생 달맞이꽃(*Oenothera biennis* L.)도 피해를 입혔다. 초장이 50cm까지 자라는 돌피(*Echinochloa crus-galli*(L.) P.Beauv.)와 초장이 100cm까지 자라는 일년생 강아지풀(*Setaria viridis*(L.) P.Beauv.)도 피해를 입혔다. 초장이

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.	6.22±0.08	1.56±0.36	46.22±3.63	0.03±0.01	6.64±0.64	1.39±0.14	9.51±0.01	0.06±0.01
B	Mean±S.D.	6.57±0.03	1.43±0.15	43.38±3.12	0.02±0.01	7.23±0.46	1.41±0.12	9.49±0.06	0.07±0.02
C	Mean±S.D.	6.35±0.05	1.79±0.48	44.50±4.28	0.03±0.01	7.35±0.67	1.32±0.15	9.51±0.01	0.08±0.02
D	Mean±S.D.	6.27±0.06	1.86±0.31	42.50±4.16	0.04±0.01	7.41±0.53	1.39±0.13	9.55±0.01	0.06±0.01

S.D.: Standard deviation.

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

Species	Site A						Site B						Site C						Site D					
	2011		2012		2013		2011		2012		2013		2011		2012		2013		2011		2012		2013	
	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au	Ju	Au
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	0.64	0.00	0.57	0.00	0.43	0.00	0.79	0.00	0.64	0	0.51	0	0.68	0.00	0.69	0.00	0.54	0.00	0.86	0.00	0.77	0.00	0.64	0.00
<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb.	0.74	0.00	0.54	0.00	0.53	0.00	0.61	0.00	0.54	0	0.43	0	0.79	0.00	0.64	0.00	0.57	0.00	0.79	0.00	0.73	0.00	0.59	0.00
<i>Vicia angustifolia</i> var. <i>segetilis</i> (Thuill.) K.Koch	0.82	0.00	0.64	0.00	0.72	0.00	0.83	0.00	0.57	0	0.46	0	0.76	0.00	0.61	0.00	0.43	0.00	0.86	0.00	0.75	0.00	0.68	0.00
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	0.79	0.55	0.73	0.46	0.59	0.43	0.73	0.36	0.59	0.48	0.36	0.32	0.68	0.54	0.57	0.39	0.43	0.36	0.75	0.61	0.61	0.36	0.50	0.32
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	0.93	0.54	0.79	0.54	0.55	0.46	0.79	0.53	0.68	0.44	0.61	0.46	0.86	0.50	0.64	0.54	0.39	0.32	0.89	0.64	0.79	0.46	0.71	0.43
<i>Oenothera biennis</i> L.	0.72	0.43	0.38	0.25	0.32	0.14	0.68	0.39	0.45	0.36	0.38	0.25	0.82	0.54	0.68	0.50	0.56	0.25	0.79	0.61	0.76	0.50	0.61	0.32
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.	0.75	0.50	0.64	0.28	0.53	0.29	0.81	0.66	0.68	0.42	0.57	0.37	0.87	0.43	0.63	0.43	0.51	0.28	0.89	0.68	0.75	0.50	0.58	0.31
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.Beauv.	0.76	0.46	0.61	0.39	0.54	0.32	0.68	0.57	0.61	0.45	0.43	0.29	0.64	0.54	0.59	0.39	0.57	0.29	0.79	0.64	0.64	0.43	0.58	0.29
<i>Rumex crispus</i> L.	0.54	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.19	0	0	0	0	0.50	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00

Site A: *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* (Andersson) Rendle, Site B: *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth., Site C: *Imperata cylindrica* var. *koenigii* (Retz.) Plig., Site D: *Arundinella hirta* (Thunb.) Tanaka.

Ju: June, Au: August.

100cm까지 자라는 다년생인 소리쟁이(*Rumex crispus* L.)도 피해를 입혔다. 소리쟁이는 2011년 씨앗이 떨어지기 전 뿌리를 제거하여 2012년부터 실험구에 출현하지 않았다.

2. 줄떼 실험초종의 줄기수와 초장 분석

1) 줄기수

Figure 1~4는 5년간 조사한 물억새, 억새, 띠, 새의 월별 평균줄기수를 나타내며, Table 3은 2013년(잡초를 제거한 마지막 해)과 2014년(잡초를 제거하지 않은 1차년도) 간, 2014년과 2015년(잡초를 제거하지 않은 2차년도) 간의 5월, 7월, 9월의 줄기수에 대한 *t*-검정 결과이다.

Figure 1에서 물억새 줄기수는 4~8월까지 상당한 증가를 보이다가, 9월부터 10월에는 증가가 둔화된다. 잡초를 제거한 2013년 줄기수가 잡초를 제거하지 않은 2014년과 2015년의 줄기수보다 많다. 평균줄기수는 2011년, 2012년, 2013년에 각각 33.4개, 41.8개, 46.6개로 증가하다 2014년에 38.9개로 줄었으며, 2015년에는 39.7개로 2014년과 유사하다. 줄떼 식재 후, 2011년부터 2013년까지 줄떼 사이의 빈 공간을 줄기들이 채워 균락을

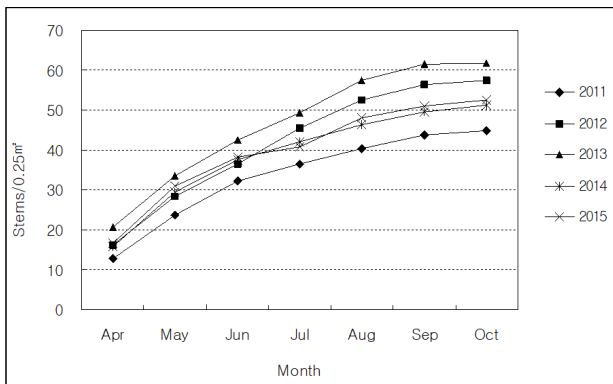


Figure 1. Average stem numbers of *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth. per 0.25 square meter

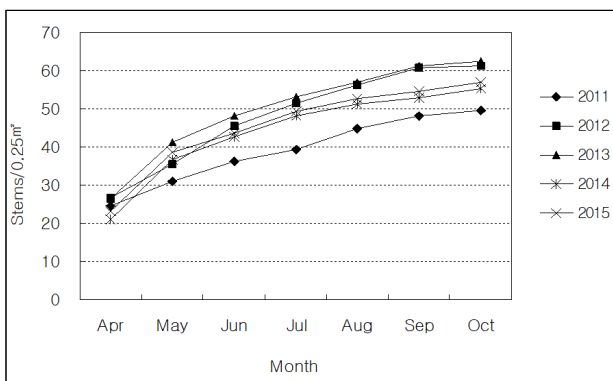


Figure 2. Average stem numbers of *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* (Andersson) Rendle per 0.25 square meter

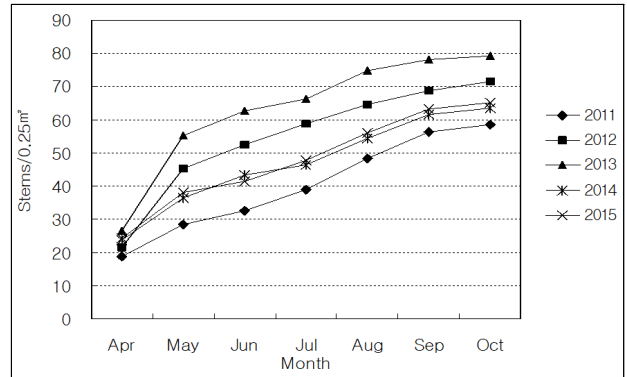


Figure 3. Average stem numbers of *Imperata cylindrica* var. *koenigii* (Retz.) Pilg. per 0.25 square meter

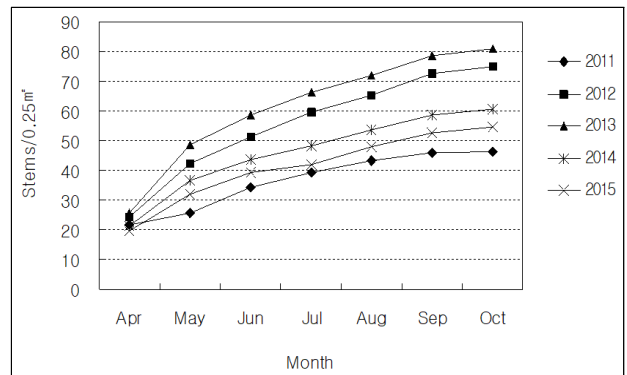


Figure 4. Average stem numbers of *Arundinella hirta* (Thunb.) Tanaka per 0.25 square meter

형성한 후에는 줄기수가 증가하지 않음을 알 수 있다.

2013년과 2014년의 줄기수간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p<0.0001$), 9월($p<0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 3 참조). 잡초를 제거하지 않은 2014년의 줄기수가 잡초를 제거한 2013년보다 줄어든 것은 잡초의 영향으로 보인다. 2014년과 2015년의 줄기수간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 5월($p=0.0739$), 7월($p=0.0632$), 9월($p=0.0529$) 모두 차이를 보이지 않았다. 균락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 줄기수가 거의 일정하게 유지되었다.

Figure 2에서 억새의 줄기수는 5월에 급격히 증가한 후 6~10월까지 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2014년과 2015년의 줄기수가 잡초를 제거한 2013년보다 적다. 평균줄기수는 2011년 39.1개에서 2012년 48.2개로 증가한 후, 2013년에는 49.8개로 2012년과 유사하다. 2014년과 2015년의 평균줄기수는 각각 44.1개와 45.5개로 유사하다. 식재 후 2011년부터 2013년까지 줄떼 사이의 빈 공간을 줄기들이 채워 균락을 형성한 후에는 줄기수가 증가하지 않음을 알 수 있다.

2013년과 2014년의 줄기수간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p<0.0001$), 9월($p<0.0001$) 모두 차이를

Table 3. Summary of *t*-test statistics for stem numbers per 0.25 square meter under weed removal and non-removal conditions. Normality test of the sample data sets showed that their distributions were approximately normal.

Species	Month Year	Con.	N	Mean±S.D.	<i>t</i> value	<i>p</i>
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.	May 2013	R	26	33.482±2.417	5.88	<0.0001
	May 2014	NR	26	29.523±2.347		
	Jul 2013	R	26	49.385±3.015	9.41	<0.0001
	Jul 2014	NR	26	42.115±2.510		
	Sep 2013	R	26	58.643±4.491	17.48	<0.0001
	Sep 2014	NR	26	49.401±4.967		
	May 2014	NR	26	29.523±2.347	-1.83	0.0739
	May 2015	NR	26	30.923±2.598		
	Jul 2014	NR	26	42.115±2.510	1.91	0.0632
	Jul 2015	NR	26	40.692±2.403		
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (Andersson) Rendle	May 2013	R	26	41.154±3.524	4.72	<0.0001
	May 2014	NR	26	36.731±3.237		
	Jul 2013	R	26	53.192±4.072	4.69	<0.0001
	Jul 2014	NR	26	48.077±3.311		
	Sep 2013	R	26	60.962±5.919	7.95	<0.0001
	Sep 2014	NR	26	52.602±4.865		
	May 2014	NR	26	36.731±3.237	-1.97	0.0549
	May 2015	NR	26	38.514±3.229		
	Jul 2014	NR	26	48.077±3.311	-1.48	0.1454
	Jul 2015	NR	26	49.385±2.986		
Sep 2014	NR	26	52.602±4.865	-1.95	0.0582	
Sep 2015	NR	26	54.441±4.976			
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> (Retz.) Pilg.	May 2013	R	26	55.038±2.455	26.89	<0.0001
	May 2014	NR	26	36.538±2.393		
	Jul 2013	R	26	66.269±2.398	29.63	<0.0001
	Jul 2014	NR	26	46.269±2.327		
	Sep 2013	R	26	78.362±4.923	19.56	<0.0001
	Sep 2014	NR	26	61.684±4.161		
	May 2014	NR	26	36.538±2.393	-1.96	0.0563
	May 2015	NR	26	38.192±2.925		
	Jul 2014	NR	26	46.269±2.327	-1.72	0.0929
	Jul 2015	NR	26	47.654±2.911		
Sep 2014	NR	26	61.684±4.161	-1.84	0.0717	
Sep 2015	NR	26	62.881±4.885			

(Table 3. Continued)

Species	Month Year	Con.	N	Mean±S.D.	t value	p
<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	May 2013	R	26	48,038±3,727	11.80	<0.0001
	May 2014	NR	26	36,269±3,407		
	Jul 2013	R	26	66,346±3,295	18.76	<0.0001
	Jul 2014	NR	26	47,962±3,588		
	Sep 2013	R	26	79,722±4,402	19.01	<0.0001
	Sep 2014	NR	26	69,761±4,558		
	May 2014	NR	26	36,269±3,407	4.70	<0.0001
	May 2015	NR	26	31,731±3,449		
	Jul 2014	NR	26	47,962±3,588	6.21	<0.0001
	Jul 2015	NR	26	41,615±3,579		
	Sep 2014	NR	26	69,761±4,558	6.52	<0.0001
	Sep 2015	NR	26	52,481±4,389		

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.

보였다(Table 3 참조). 잡초를 제거하지 않은 2014년의 줄기수가 잡초를 제거한 2013년보다 적어진 원인은 잡초의 영향으로 보인다. 2014년과 2015년의 줄기수간 t-검정 결과, 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 5월($p=0.0582$), 7월($p=0.1454$), 9월($p=0.0582$) 모두 차이를 보이지 않았다. 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 줄기수가 거의 동일한 수준을 유지하였다.

Figure 3에서 띠의 줄기수는 5월에 급격한 증가를 보이다가 6~10월에는 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2014년과 2015년의 줄기수가 잡초를 제거한 2013년 줄기수보다 적다. 평균줄기수는 2011, 2012, 2013년 각각 40.3개, 54.7개, 63.2개로 증가하다, 2014년에 47.1개로 줄었으며, 2015년에는 48.2개로 2014년과 유사하였다. 식재 후, 2011년부터 2013년까지 줄때 사이의 빈 공간을 줄기들이 채워 군락을 형성한 후에는 줄기수가 증가하지 않음을 알 수 있다.

2013년과 2014년의 줄기수간 t-검정 결과, 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p<0.0001$), 9월($p<0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 3 참조). 잡초를 제거하지 않은 2014년의 줄기수가 잡초를 제거한 2013년보다 줄어든 것은 잡초의 영향으로 보인다. 2014년과 2015년의 줄기수간 t-검정 결과, 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 5월($p=0.0809$), 7월($p=0.0821$), 9월($p=0.0906$) 모두 차이가 없다. 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 줄기수가 거의 일정하게 유지되었다.

Figure 4에서 새의 줄기수는 5월에 상당히 증가한 후 6~10월에는 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2014년과 2015년의 줄기수가 잡초를 제거한 2013년 줄기수보다 월등히 적다. 평균줄기수는 2011, 2012, 2013년 각각 36.7개,

55.9개, 61.4개로 증가한 후, 2014년에는 46.2개로 2013보다 급격히 줄었고, 2015년은 41.1개로 2014년보다 줄었다. 식재 후, 2011년부터 2013년까지 줄때 사이의 빈 공간을 줄기들이 채워 군락을 형성한 후에는 줄기수가 증가하지 않음을 알 수 있다.

2013년과 2014년의 줄기수간 t-검정 결과, 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p<0.0001$), 9월($p<0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 3 참조). 잡초를 제거하지 않은 2014년의 줄기수가 2013년보다 현저히 줄어든 원인은 잡초의 영향으로 보인다. 2014년과 2015년의 줄기수간 t-검정 결과, 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p<0.0001$), 9월($p<0.0001$) 차이를 보였다. 2015년의 줄기수가 2014년보다 상당히 줄어든 원인은 잡초의 피해가 컸음을 알 수 있다. 물억새, 억새, 띠는 2014년과 2015년의 줄기수에 차이를 보이지 않은 반면 새는 상당한 차이를 보였다.

2) 초장

Figure 5~8은 5년간 조사한 물억새, 억새, 띠, 새의 월별 평균초장을 나타내며, Table 4는 2013년(잡초를 제거한 마지막 해)과 2014년(잡초를 제거하지 않은 1차연도) 간, 2014년과 2015년(잡초를 제거하지 않은 2차연도) 간의 5월, 7월, 9월의 초장에 대한 t-검정 결과이다.

Figure 5에서 물억새의 초장은 5월부터 7월까지 현저히 증가한 후, 8월부터 10월에는 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거한 2013년의 초장이 잡초를 제거하지 않은 2014년과 2015년의 초장보다 크다. 평균초장은 2011년, 2012년, 2013년 각각 58.9cm, 107.6cm, 136.8cm로 현저한 증가를 보이다가, 2014년

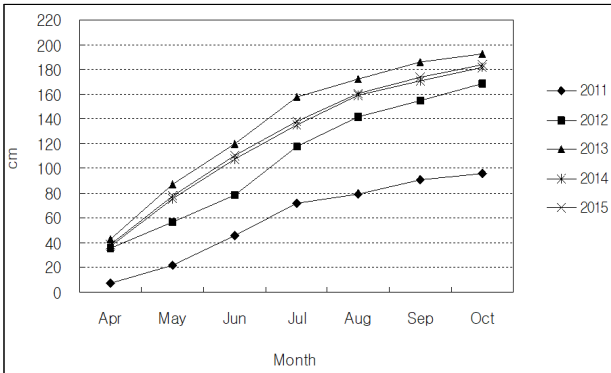


Figure 5. Average stem height of *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth

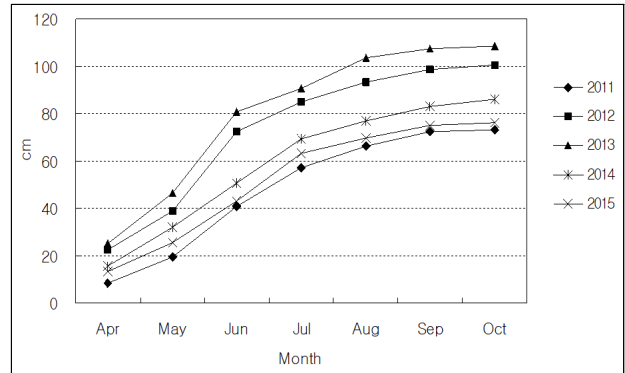


Figure 8. Average stem height of *Arundinella hirta* (Thunb.) Tanaka

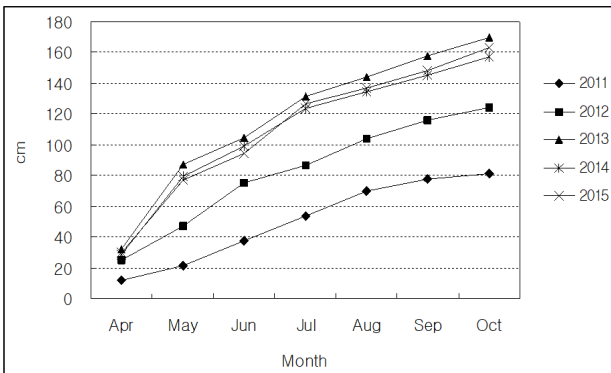


Figure 6. Average stem height of *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* (Andersson) Rendle

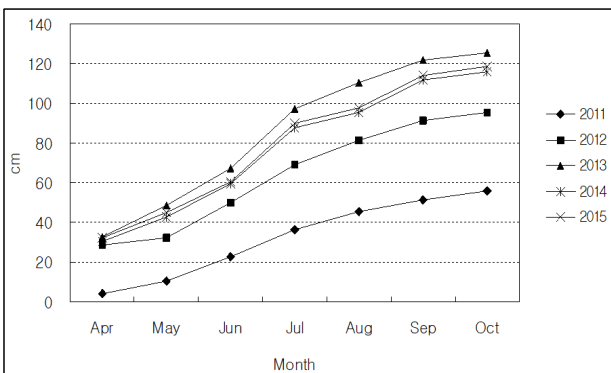


Figure 7. Average stem height of *Imperata cylindrica* var. *koenigii* (Retz.) Pilg

에는 123.8cm로 줄었으며, 2015년에는 126.1cm로 2014년과 유사하였다.

2013년과 2014년의 초장간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p<0.0001$), 9월($p<0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 4 참조). 잡초를 제거하지 않은 2014년의 초장이 잡초를 제거한 2013년보다 작아 잡초의 영향을 받았음을 알 수

있다. 2014년과 2015년의 초장간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 5월($p=0.0706$), 7월($p=0.0622$), 9월($p=0.1299$) 모두 차이가 없다. 군락이 형성된 후 잡초를 제거하지 않아도 초장이 거의 동일하게 유지되었다.

Figure 6에서 억새의 초장은 5~7월에 현저히 증가한 후 8~10월에는 점진적인 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2014년과 2015년의 초장이 잡초를 제거한 2013년보다 작다. 평균초장은 2011년, 2012년, 2013년 각각 50.6cm, 82.8cm, 118.2cm로 현저한 증가를 보이다가, 2014년에는 109.7cm로 줄었으며, 2015년에는 111.2cm로 2014년과 유사하였다.

2013년과 2014년의 초장간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p=0.0003$), 9월($p<0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 4 참조). 잡초를 제거하지 않은 2014년 초장이 잡초를 제거한 2013년 초장보다 작아진 원인은 잡초의 영향으로 보인다. 2014년과 2015년의 초장간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 5월($p=0.0719$), 7월($p=0.1053$), 9월($p=0.1091$) 모두 차이가 없다. 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 초장이 거의 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

Figure 7에서 띪의 초장은 5~7월 높은 증가를 보이다가 8~10월에는 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2014년과 2015년의 초장이 잡초를 제거한 2013년 초장보다 작다. 평균초장은 2011, 2012, 2013년에 각각 32.3cm, 64.1cm, 86.2cm로 증가하다가, 2014년에 77.7cm로 줄었고, 2015년에는 79.8cm로 2014년과 유사하다.

2013년과 2014년의 초장간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 5월($p<0.0001$), 7월($p<0.0001$), 9월($p<0.0001$) 모두 차이를 보였다(Table 4 참조). 잡초를 제거하지 않은 2014년의 초장이 잡초를 제거한 2013년보다 작다. 2014년 초장이 작은 원인은 잡초의 영향으로 보인다. 2014년과 2015년의 초장간 *t*-검정 결과, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 5월($p=0.0809$), 7월($p=0.0821$), 9월($p=0.0906$) 모두 차이가 없다. 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 초장이 거의 동일하게 유지되었다.

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

Species	Month Year	Con.	N	Mean±S.D.	<i>t</i> value	<i>p</i>
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.	May 2013	R	26	86,924±5,411	7.45	<0.0001
	May 2014	NR	26	75,452±5,483		
	Jul 2013	R	26	157,921±5,621	14.31	<0.0001
	Jul 2014	NR	26	135,281±5,566		
	Sep 2013	R	26	186,224±7,274	8.07	<0.0001
	Sep 2014	NR	26	170,841±6,591		
	May 2014	NR	26	75,452±5,483	-1.85	0.0706
	May 2015	NR	26	77,881±5,008		
	Jul 2014	NR	26	135,281±5,566	-1.91	0.0622
	Jul 2015	NR	26	138,081±5,315		
Sep 2014	NR	26	170,841±6,591	-1.54	0.1299	
Sep 2015	NR	26	173,644±6,431			
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (Andersson) Rendle	May 2013	R	26	87,558±5,331	4.68	<0.0001
	May 2014	NR	26	80,168±5,674		
	Jul 2013	R	26	131,912±8,263	3.91	0.0003
	Jul 2014	NR	26	123,956±5,956		
	Sep 2013	R	26	158,192±7,547	6.29	<0.0001
	Sep 2014	NR	26	145,584±6,149		
	May 2014	NR	26	80,168±5,674	1.84	0.0719
	May 2015	NR	26	77,027±6,204		
	Jul 2014	NR	26	123,956±5,956	-1.65	0.1053
	Jul 2015	NR	26	126,644±5,634		
Sep 2014	NR	26	145,584±6,149	-1.63	0.1091	
Sep 2015	NR	26	148,538±6,506			
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> (Retz.) Pilg.	May 2013	R	26	48,851±4,076	4.97	<0.0001
	May 2014	NR	26	42,752±4,501		
	Jul 2013	R	26	97,184±4,284	7.47	<0.0001
	Jul 2014	NR	26	87,556±4,809		
	Sep 2013	R	26	118,552±5,019	7.21	<0.0001
	Sep 2014	NR	26	111,552±4,922		
	May 2014	NR	26	42,752±4,501	-1.78	0.0809
	May 2015	NR	26	45,112±4,847		
	Jul 2014	NR	26	87,556±4,809	-1.81	0.0821
	Jul 2015	NR	26	89,936±4,664		
Sep 2014	NR	26	111,552±4,922	-1.73	0.0906	
Sep 2015	NR	26	114,252±4,503			

(Table 4. Continued)

Species	Month Year	Con.	N	Mean±S.D.	t value	p
<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	May 2013	R	26	46,536±5,617	11.26	<0.0001
	May 2014	NR	26	32,062±3,083		
	Jul 2013	R	26	90,676±5,784	13.25	<0.0001
	Jul 2014	NR	26	69,208±5,675		
	Sep 2013	R	26	108,024±6,638	13.64	<0.0001
	Sep 2014	NR	26	83,064±5,459		
	May 2014	NR	26	32,062±3,083	6.89	<0.0001
	May 2015	NR	26	25,932±3,251		
	Jul 2014	NR	26	69,208±5,675	3.93	<0.0003
	Jul 2015	NR	26	63,324±4,870		
Sep 2014	NR	26	83,064±5,459	5.18	<0.0001	
Sep 2015	NR	26	74,968±5,041			

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 8에서 새의 초장은 5~6월 상당한 증가를 보이다가, 7~10월 완만한 증가를 보이고 있다. 잡초를 제거하지 않은 2014년과 2015년의 초장이 잡초를 제거한 2013년 초장보다 월등히 작게 나타났다. 평균초장은 2011, 2012, 2013년 각각 48.2 cm, 73.1cm, 80.4cm로 증가하다가, 2014년에는 59.1cm로 급격히 줄었고, 2015년에는 52.4cm로 2014년보다 줄었다.

2013년과 2014년의 초장간 t-검정 결과, 유의수준 α=0.01에서 5월(p<0.0001), 7월(p<0.0001), 9월(p<0.0001) 모두 차이를 보였다(Table 4 참조). 잡초를 제거하지 않은 2014년의 초장이 잡초를 제거한 2013년보다 현저히 줄어든 것은 잡초의 영향으로 보인다. 2014년과 2015년의 초장간 t-검정 결과, 유의수준 α=0.01에서 5월(p<0.001), 7월(p=0.0003), 9월(p<0.0001) 모두 차이를 보였다. 물억새, 억새, 띪와는 다르게 새는 군락이 형성된 후에 잡초를 제거하지 않으면 초장이 줄어들어 잡초의 피해가 컸음을 알 수 있다.

실험초종의 줄기수와 초장 분석 결과, 물억새, 억새, 띪는 줄떼 식재 후 3년간 잡초를 제거하여 군락이 형성된 후에는 잡초를 제거하지 않아도 군락이 유지됨을 알 수 있다. 새는 군락이 형성된 후 잡초를 제거하지 않으면 군락을 유지할 수 없었다. 줄떼 식재 후 5년이 지난 2015년 9월에 단위면적당 줄기수가 많은 순서는 띪, 물억새, 억새, 새였으며, 초장이 큰 순서는 물억새, 억새, 띪, 새였다.

물억새는 근경이 옆으로 뻗고 줄기가 수직으로 올라와 원통형 모습으로 성장하며, 초장이 약 2.5 m까지 성장하여 잡초와의 경쟁에서 유리하였다. 억새는 근경이 땅속 깊게 자라고 줄기가 무쳐서 비스듬히 성장하여 역 원뿔형 모습으로 성장하며, 초장

이 약 2m까지 자라 잡초와의 경쟁에서 유리하였다. 띪는 초장이 약 0.5~1m로 자라 초장이 긴 잡초와의 경쟁에서 불리한 조건이나, 줄기가 밀집되어 성장하고 뿌리가 표토층에 집중되어 잡초와의 경쟁에서 유리하였다. 새는 줄기가 바람에 쉽게 쓰러지고, 쓰러진 상태가 계속 유지되어 잡초가 쉽게 침입하여 잡초와 경쟁에서 피해가 컸다.

하천복원 사업에서 둔치와 제방사면에 물억새를 가장 많이 군식하고 있다. 9월에 띪는 물억새 군락의 은빛 꽃은 장관을 이루어 하천제방사면 경관개선에 활용이 가능하다. 9월에 띪는 억새 군락의 연녹향 꽃과 5월에 띪는 띪 군락의 흰색 꽃도 하천제방사면 경관개선에 기여할 수 있다. 물억새, 억새, 띪 군락의 줄기와 잎이 연출하는 여름철 녹색과 늦가을 열은 갈색도 하천제방 경관창출에 활용이 가능하다.

3. 줄떼 및 포트식재 실험초종의 생장 비교

1) 줄기수

Figure 9~12는 줄떼식재와 포트식재의 초종별 연차별 9월의 줄기수를 나타내며, Table 5는 줄떼식재와 포트식재의 초종별 연차별 9월의 줄기수 간 t-검정 결과이다.

Table 5에서 물억새, 억새, 띪, 새의 줄떼식재와 포트식재의 연차별 9월의 줄기수는 유의수준 α=0.01에서 모두 차이를 나타냈다. Figure 9~12에서 물억새, 억새, 띪, 새의 연차별 9월 줄기수는 줄떼식재가 포트식재보다 높다. 초종별 줄떼식재와 포트식재의 9월의 5년간 평균줄기수를 비교해보면, 물억새는 줄떼식재와 포트식재가 각각 50.3개, 28.3개, 억새는 각각 54.9개,

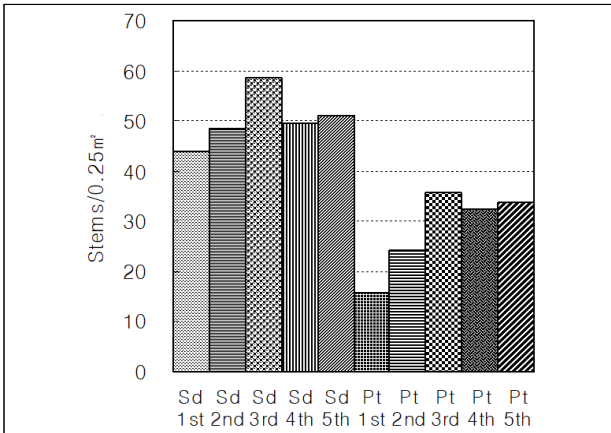


Figure 9. Average stem numbers of *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth per 0.25 square meter
Sd: Sod planting, Pt: Pot planting.
1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: Average stem numbers of each year in September after planting.

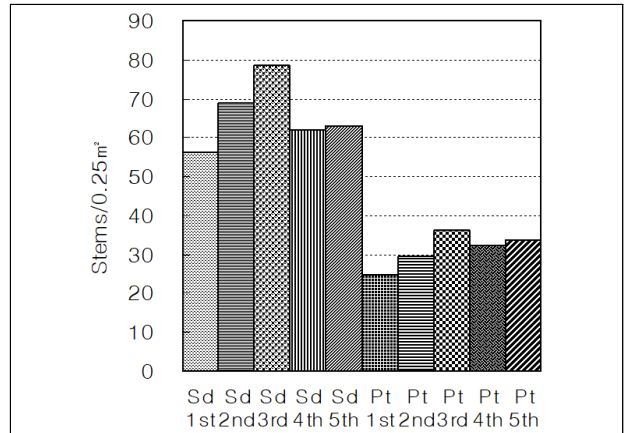


Figure 11. Average stem numbers of *Imperata cylindrica* var. *koenigii* (Retz.) Pilg. per 0.25 square meter
Sd: Sod planting, Pt: Pot planting.
1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: Average stem numbers of each year in September after planting.

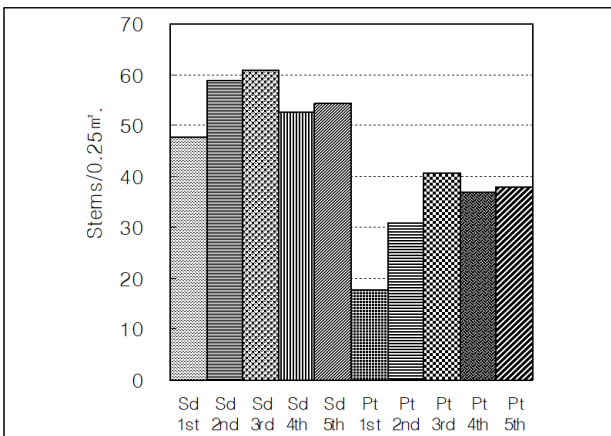


Figure 10. Average stem numbers of *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* (Andersson) Rendle per 0.25 square meter
Sd: Sod planting, Pt: Pot planting.
1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: Average stem numbers of each year in September after planting.

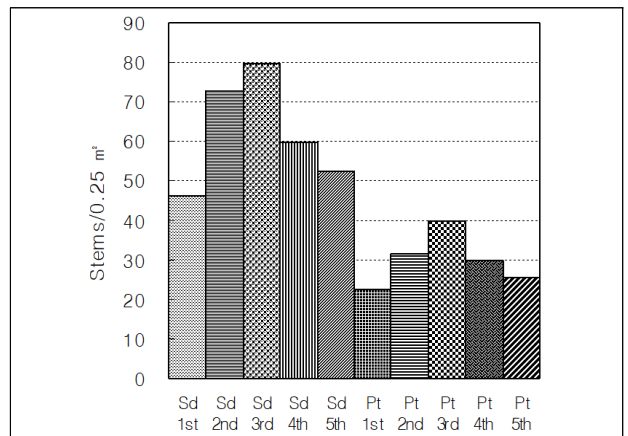


Figure 12. Average stem numbers of *Arundinella hirta* (Thunb.) Tanaka per 0.25 square meter
Sd: Sod planting, Pt: Pot planting.
1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: Average stem numbers of each year in September after planting.

32.8개, 띠는 각각 65.6개, 31.3개, 새는 각각 62.1개, 29.9개로 줄페식재가 포트식재보다 줄기수가 월등히 많다. 5차년도 9월 줄페식재의 물억새, 억새, 띠, 새 줄기수는 각각 51.1개, 54.4개, 62.9개, 52.4개를 나타냈고, 포트식재는 33.8, 37.8, 33.7, 25.6개를 나타냈다.

Figure 9~12에서 줄페식재와 포트식재의 초종별 줄기수 변화를 보면, 군락형성을 유도하기 위해 잡초를 제거한 1차년도, 2차년도, 3차년도에는 연차별로 줄기수가 증가하다가, 4차년도에는 잡초를 제거하지 않아 3차년도보다 줄기수가 줄어들었다. 줄페식재와 포트식재 모두 잡초를 제거하지 않은 4차년도와 5차년도의 줄기수 t-검정에서 물억새, 억새, 띠는 줄기수에 차이가 없었으나, 새는 줄기수에 차이를 보였다(Table 5 참조:

Yang, 2014). 새의 경우 5차년도 줄기수가 4차년도보다 줄어든 원인은 잡초의 피해를 받았기 때문이다.

줄페식재가 포트식재보다 줄기수가 높게 나타난 것은 줄페식재는 줄기수가 15~18개로 뿌리가 영킨 폐장(6cm × 20cm)을 줄 간격 약 10~15cm로 식재하고, 포트식재는 줄기수가 4~6개인 포트를 0.5m × 0.5m에 1개씩 식재한 식재방법의 차이 때문이다. 줄페식재의 경우 줄 간격 10~15cm의 빈 공간을 사면 위아래로 뿌리가 연차별로 확장해가고, 포트식재는 식재 주변 반경 25cm 빈 공간으로 뿌리가 연차별로 확장해 나가면서 성장하였다. 뿌리가 영킨 줄페식재는 비교적 많은 줄기의 뿌리로부터 뿌리가 뺏어나가면서 줄기가 나온 반면, 포트식재는 적은 수의 줄기로부터 뿌리가 뺏어나가면서 줄기가 나왔다.

Table 5. Summary of *t*-test statistics for stem numbers per 0.25 square meter each year in September under weed removal and non-removal conditions. Normality test of the sample data sets showed that their distributions were approximately normal.

Species	PM	GY	Con	N	Mean±S.D.	<i>t</i> value	<i>p</i>	
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.	Sd	1st	R	26	43.812±4.021	29.970	<0.0001	
	Pt	1st	R	26	15.521±20468			
	Sd	2nd	R	26	48.410±3.738	23.930	<0.0001	
	Pt	2nd	R	26	24.322±2.795			
	Sd	3rd	R	26	58.643±4.491	19.650	<0.0001	
	Pt	3rd	R	26	35.564±3.787			
	Sd	4th	NR	26	49.401±4.967	12.960	<0.0001	
	Pt	4th	NR	26	32.402±4.282			
	Sd	5th	NR	26	51.121±5.109	13.199	<0.0001	
	Pt	5th	NR	26	33.880±4.106			
	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (Andersson) Rendle	Sd	1st	R	26	47.843±6.271	20.550	<0.0001
		Pt	1st	R	26	17.841±3.730		
Sd		2nd	R	26	58.801±4.528	24.720	<0.0001	
Pt		2nd	R	26	30.803±3.403			
Sd		3rd	R	26	60.962±5.919	14.371	<0.0001	
Pt		3rd	R	26	40.041±3.738			
Sd		4th	NR	26	52.602±4.865	13.310	<0.0001	
Pt		4th	NR	26	36.804±3.403			
Sd		5th	NR	26	54.441±4.976	14.520	<0.0001	
Pt		5th	NR	26	37.684±2.926			
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> (Retz.) Pilg.	Sd	1st	R	26	56.406±4.133	33.210	<0.0001	
	Pt	1st	R	26	24.607±2.415			
	Sd	2nd	R	26	69.043±4.481	37.260	<0.0001	
	Pt	2nd	R	26	29.641±2.794			
	Sd	3rd	R	26	78.362±4.923	36.610	<0.0001	
	Pt	3rd	R	26	36.162±2.995			
	Sd	4th	NR	26	61.684±4.161	28.560	<0.0001	
	Pt	4th	NR	26	32.202±3.055			
	Sd	5th	NR	26	62.881±4.885	25.790	<0.0001	
	Pt	5th	NR	26	33.761±2.833			
<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	Sd	1st	R	26	46.041±3.781	37.200	<0.0001	
	Pt	1st	R	26	12.642±2.432			
	Sd	2nd	R	26	72.616±4.418	41.170	<0.0001	
	Pt	2nd	R	26	29.424±2.828			
	Sd	3rd	R	26	79.722±4.402	36.220	<0.0001	
	Pt	3rd	R	26	39.361±3.414			

(Table 5. Continued)

Species	PM	GY	Con	N	Mean±S.D.	t value	p
<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	Sd	4th	NR	26	69,761±4,558	35,750	<0,0001
	Pt	4th	NR	26	29,681±3,262		
	Sd	5th	NR	26	52,481±4,389	26,920	<0,0001
	Pt	5th	NR	26	25,610±2,380		

PM: Planting method, GY: Growth year, Sd: Sod planting, Pt: Pot planting.
1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: Each year after planting.

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.

2) 초장

Figure 13~16은 줄메식재와 포트식재의 초종별 연차별 9월의 초장을 나타내며, Table 6은 줄메식재와 포트식재의 초종별 연차별 9월의 초장 간 t-검정 결과이다.

Table 6에서 물억새, 억새, 띪, 새의 줄메식재와 포트식재의 연차별 9월의 초장은 유의수준 0.05에서 차이를 나타냈다. Figure 13~16에서 물억새, 억새, 띪, 새의 연차별 9월 초장은 줄메식재가 포트식재보다 작게 나타났다. 초종별 줄메식재와 포트식재의 9월의 5년간 평균초장을 비교해보면, 물억새는 줄메식재와 포트식재가 각각 155.1cm, 167.6cm, 억새는 각각 129.4cm, 143.74cm, 띪는 각각 97.7cm, 105.2cm, 새는 각각 87.4cm, 100.4cm로 포트식재가 줄메식재보다 초장이 길다. 5차년도 9월 줄메식재의 물억새, 억새, 띪, 새 초장은 각각 173.6cm, 148.5cm, 114.3cm, 74.9cm이고, 포트식재는 194.8cm, 162.1cm, 119.4cm, 81.4cm를 나타냈다. 포트식재가 줄메식재보다 초장이 높게 나타난 것은 단위면적당 포트식재의 줄기수가 줄메식재보다 적

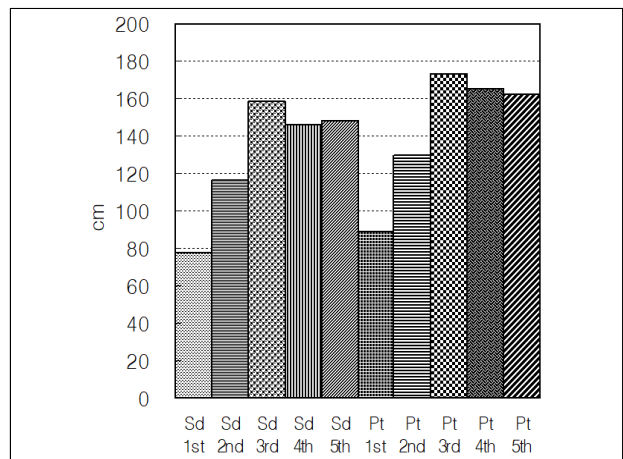


Figure 14. Average stem height of *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* (Andersson) Rendle.

Sd: Sod planting, Pt: Pot planting.

1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: Average stem height of each year in September after planting.

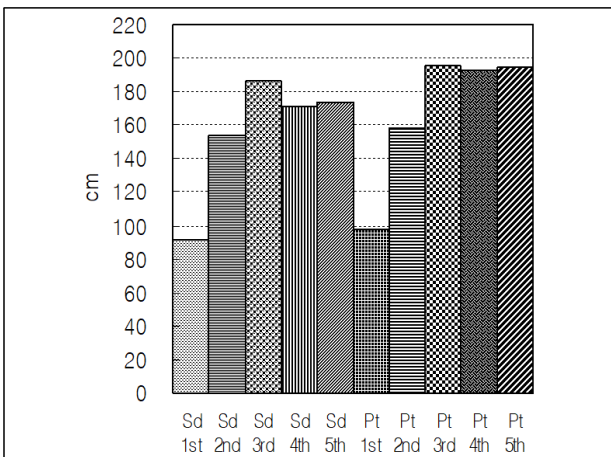


Figure 13. Average stem height of *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth.

Sd: Sod planting, Pt: Pot planting.

1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: Average stem height of each year in September after planting.

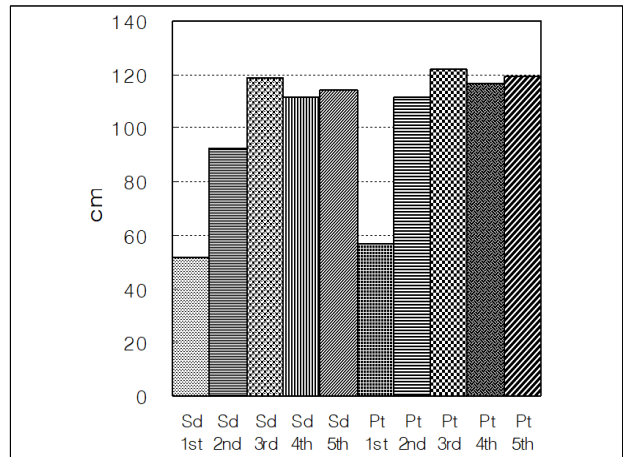


Figure 15. Average stem height of *Imperata cylindrica* var. *koenigii* (Retz.) Pilg.

Sd: Sod planting, Pt: Pot planting.

1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: Average stem height of each year in September after planting.

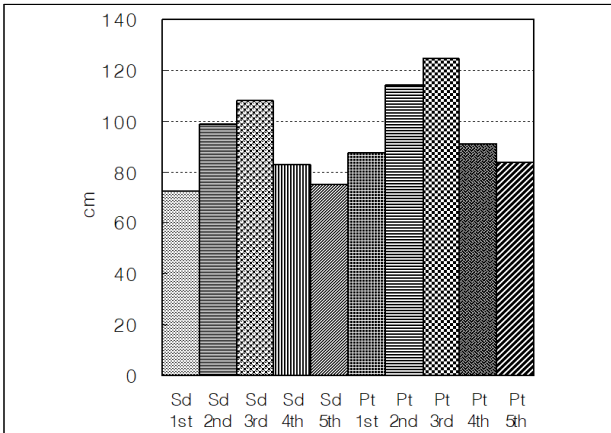


Figure 16. Average stem height of *Arundinella hirta* (Thunb.) Tanka.

Sd: Sod planting, Pt: Pot planting.
1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: Average stem height of each year in September after planting.

어 상대적으로 햇빛을 더 많이 받아 초장이 키진 것으로 보인다. 5년 평균초장과 5차년도 초장에서 물억새의 초장이 억새, 띠, 새보다 상대적으로 높다. Table 5와 Table 6의 *t* value 절대값을 비교하면, Table 6의 *t* value가 Table 5보다 월등히 작아 줄메식재와 포트식재 간 초장이 줄기수보다 상대적으로 차이가 적음을 알 수 있다. Table 6의 *t* value 절대값에서 띠가 물억새, 억새, 새보다 적어 띠가 줄메식재와 포트식재 간 초장차이가 상대적으로 적음을 알 수 있다.

Figure 13~16에서 줄메식재와 포트식재의 초종별 초장의 변화를 보면, 군락형성을 유도하기 위해 잡초를 제거한 1차년도, 2차년도, 3차년도에는 연차별로 초장이 증가하다가, 잡초를 제거하지 않은 4차년도에는 3차년도보다 초장이 줄어들었다. 4차년도의 초장이 3차년도보다 줄어든 것은 잡초의 영향으로 판단된다. 줄메식재와 포트식재 모두 잡초를 제거하지 않은 4차년도와 5차년도의 초장 *t*-검정에서 물억새, 억새, 띠는 초장에 차이가 없었으나, 새는 초장에 차이를 보였다(Table 6 참조: Yang 2014). 새의 경우 5차년도 초장이 4차년도보다 줄어든 것은 잡초의 피해가 컸음을 알 수 있다.

줄메식재와 포트식재의 줄기수와 초장의 비교분석 결과, 줄

메식재가 포트식재보다 줄기수가 많아 제방사면 보호관점에서 줄메식재가 유리함을 알 수 있으며, 특히 식재 후 3년간 군락이 형성되어가는 시기에는 줄메식재가 유리함을 알 수 있다.

IV. 결론

하천제방 사면에 뿌리가 엉켜있는 물억새, 억새, 띠, 새를 2010년 10월 중순 줄메식재하였다. 식재 후 군락 형성을 유도하기 위해 2011년부터 3년간 1년에 2회 잡초를 제거하였다. 식재 후 2년차인 2012년에 이들 초종의 줄기가 줄메 사이의 빈 공간을 상당부분 채워 초기군락이 형성되었으며, 3년차인 2013년에는 줄메 사이의 빈 공간을 거의 채워 군락이 형성되었다. 군락이 형성된 후에는 물억새, 억새, 띠의 줄기수는 변화가 적었다. 군락형성 후 물억새, 억새, 띠는 잡초제거 없이도 군락이 유지되었으나, 새는 잡초의 피해가 커 군락유지가 어려웠다.

잡초와의 경쟁과정에서 단위면적당 줄기수가 많은 초종이 잡초에게 공간을 덜 빼앗기고, 초장이 긴 초종이 유리하였다. 물억새와 억새는 초장이 각각 2.5m, 2m까지 자라 군락을 형성하면 잡초들이 거의 성장하지 못하고 도태되었다. 띠의 경우 초장이 작아 키가 큰 잡초와의 경쟁에서 불리한 조건이나 단위면적당 줄기수가 상대적으로 많고 토심 10cm 층에 뿌리가 집중되어 잡초와의 경합을 견디었다.

근경이 옆으로 퍼지면서 줄기가 수직으로 올라오는 물억새와 띠가, 식재한 지점에서 포기형태로 자라는 억새와 새보다 줄메를 식재한 빈 공간을 초기에 일찍 채워 잡초와의 경쟁에서 유리하였다. 새는 단위면적당 줄기수가 많지만, 줄기가 약해 바람에 쉽게 쓰러지고, 잡초유입이 용이하여 군락유지가 어려웠다.

물억새의 흰색 꽃과 억새의 연한 녹색꽃, 띠의 흰색 꽃은 아름다운 하천제방 경관을 연출하였다. 새는 줄기가 쓰러져 꽃이 원활히 피지 못하는 경우가 발생하였다. 물억새, 억새, 띠는 성장기 녹색군락과 가을철의 열은 갈색군락이 하천경관 개선에 도움을 주었다.

줄메 식재한 물억새, 억새, 띠는 초기 군락형성을 유도하기 위해 약 3년간의 잡초제거가 필요하였으며, 군락형성 이후에는 잡초를 제거하지 않고 자연상태로 두어도 군락이 유지되어 관

Table 6. Summary of *t*-test statistics for stem height per 0.25m³ each year in September under weed removal and non-removal conditions. Normality test of the sample data sets showed that their distributions were approximately normal.

Species	PM	GY	Con	N	Mean±S.D.	<i>t</i> value	<i>p</i>
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.	Sd	1st	R	26	91.024±6.801	-3.31	0.0018
	Pt	1st	R	26	97.528±7.082		
	Sd	2nd	R	26	154.042±6.617	-2.33	0.0243
	Pt	2nd	R	26	158.436±6.743		

(Table 6. Continued)

Species	PM	GY	Con	N	Mean±S.D.	<i>t</i> value	<i>p</i>
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.	Sd	3rd	R	26	186,224±7,274	-4.39	<0.0001
	Pt	3rd	R	26	195,432±7,571		
	Sd	4th	NR	26	170,841±6,591	-10.47	<0.0001
	Pt	4th	NR	26	192,422±7,925		
	Sd	5th	NR	26	173,644±6,431	-10.44	<0.0001
	Pt	5th	NR	26	194,781±7,817		
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (Andersson) Rendle	Sd	1st	R	26	78,081±7,579	-4.80	<0.0001
	Pt	1st	R	26	88,704±8,076		
	Sd	2nd	R	26	116,384±6,014	-7.59	<0.0001
	Pt	2nd	R	26	129,788±6,465		
	Sd	3rd	R	26	158,192±7,547	-6.77	<0.0001
	Pt	3rd	R	26	173,108±8,036		
	Sd	4th	NR	26	145,584±6,149	-11.07	<0.0001
	Pt	4th	NR	26	165,084±6,307		
	Sd	5th	NR	26	148,538±6,506	-7.07	<0.0001
	Pt	5th	NR	26	162,028±6,981		
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> (Retz.) Pilg.	Sd	1st	R	26	51,468±4,648	-3.79	0.0004
	Pt	1st	R	26	56,568±4,853		
	Sd	2nd	R	26	92,721±4,522	-14.25	<0.0001
	Pt	2nd	R	26	111,561±4,819		
	Sd	3rd	R	26	118,552±5,019	-2.17	0.0355
	Pt	3rd	R	26	121,748±5,412		
	Sd	4th	NR	26	111,552±4,922	-3.79	0.0004
	Pt	4th	NR	26	116,852±4,971		
	Sd	5th	NR	26	114,252±4,503	-3.85	0.0004
	Pt	5th	NR	26	119,364±4,874		
<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	Sd	1st	R	26	72,592±5,391	-9.30	<0.0001
	Pt	1st	R	26	87,668±3,439		
	Sd	2nd	R	26	98,844±6,541	-8.29	<0.0001
	Pt	2nd	R	26	114,568±6,872		
	Sd	3rd	R	26	108,024±6,638	-8.61	<0.0001
	Pt	3rd	R	26	124,616±6,997		
	Sd	4th	NR	26	83,064±5,459	-5.12	<0.0001
	Pt	4th	NR	26	91,268±5,846		
	Sd	5th	NR	26	74,968±5,041	15.09	<0.0001
	Pt	5th	NR	26	84,128±5,573		

PM: planting method GY: growth year Sd: sod planting Pt: pot planting

1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th: each year after planting

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.

리비를 절감할 수 있는 초종이었다. 군락 형성과 유지의 관점에서 줄폐식재의 경우 물억새, 억새, 띪이 적합한 초종임을 알 수 있다.

본 연구는 하천제방사면에서 실험구 규모(meso scale)로 줄폐식재를 연구한 결과로 하천제방사면의 실제 규모(full scale)의 줄폐식재 연구는 본 연구의 결과를 보완할 수 있을 것으로 사료된다.

줄폐식재와 포트식재의 실험초종 줄기수와 초장의 비교분석 결과, 단위면적당 줄기수는 줄폐식재가 포트식재보다 많고, 초장은 포트식재가 줄폐식재보다 크게 나타났다. 제방사면 보호 관점에서 줄기수가 상대적으로 많은 줄폐식재가 포트식재보다 유리하다. 하천경관 개선관점에서는 물억새, 억새, 띪이 줄폐식재나 포트식재 활용이 가능하다고 사료된다.

References

- 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.
- 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.
- Cho, H. J., H. S. Woo, J. W. Lee and K. H. Cho(2008) Changes in riparian vegetation after restoration in a urban stream, Yangjae stream. Journal of Wetlands Research 10(3): 111-114.
- Chun, S. H., Y. J. Cha and J. K. Choi(2000) Floral changes during three years after the establishment of the Youido ecology park. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 28(5): 76-86.
- Gu, J. O., J. Y. Byun and J. C. Jeon(2010) Weed Control. Hyangmoonsa: Seoul, pp 31-63.
- Gu, J. O., D. J. Lee, I. Y. Kuk and S. W. Cheon(2009) Water and Rural Flora of Korea. pp. 680-695.
- Jeong, D. Y., S. S. Hur and U. D. Shin(2007) An analysis of the visual characteristics and preference factors of an urban river- With a case of Gapcheon in Daejeon metropolitan city. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 10(3): 14-24.
- Jorgensen, K., M. A. K. H. Clemetsen and T. Richardson edit.(2016) Mainstreaming Landscape through the European Landscape Convention 1st Edition, Routledge, London, pp. 150-160.
- Joo, S. H. and S. H. Lee(2012) Analysis of characteristics of urban stream landscape by landscape adjectives- Focused on the Cheonggyecheon and Yangjaecheon. Journal of Korea Planning Association 47(4): 49-63.
- KFC(Korea Forest Service)(2014) Hillside Erosion Control Technical Manual. Sammunhwa: Daejeon, pp. 94-97.
- Kim, T. J.(1996) Plant Resources of Korea V. Seoul: Seoul National University Press. pp. 50-75.
- 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. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 7(1): 77-84.
- Kim, J. H., J. S. Yoon and S. R. Shim(2006) Effects of plant mixtures and tackifiers on the slope vegetation. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 9(6): 123-132.
- Kim, Y. L. and B. E. Yang(2007) A study on the analysis of factors for landscape architect scheme modification for the restoration project of Cheonggyecheon. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 35(5): 16-28.
- Koh, J. H., Y. J. Hur and J. Y. Choi(2011) Application of construction fiber soil reinforcement system in riparian slope. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 14(3): 169-176.
- Lee, H. H. M. and P. Kwon(2002) Development of floating islands with a sod mat by shooting and rooting from shoot nodes of common reed. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 5(1): 59-65.
- Lee, K. J., B. H. Han, J. H. Kim and J. H. Bae(2004) The ecological management on consideration of vegetation structure at Goduck riverside restoration area in Hangang, Seoul. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 32(2): 86-101.
- 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 Volume 7-471: 2764-2770.
- Mitsch, W. J. and S. E. Jorgensen(2004) Ecological Engineering and Ecosystem Restoration. New York: John Wiley & Sons. pp 35-45.
- Moon, S. G., D. G. Lee., N. C. Kim, K. S. Lee., S. J. Nam, S. W. Yoon, M. S. Gang and R. Yeu(2002) Ecological Engineering. Bomoondang: Seoul, pp. 45-47.
- NAAS(National Academy of Agricultural Science)(2007) Weed Management Guide, Agriculture and Horticulture: Anyang, Gyeonggi-do, pp. 16-26.
- NRA(National Rivers Authority)(1993). River Landscape Assessment, Conservation Technical Handbook 2, NRA.
- Okuda, S. and Y. Sasaki edit(1996) Stream Environment and Riparian Plants: Conservation and Maintenance of Vegetation. Tokyo: Soft Science. pp. 142-162.
- Park, K. H., J. H. You and Y. C. Yoon(2010) The characteristics and flora of Changwon and Nam stream located in Gyeongsangnam-do. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 13(5): 12-27.
- Shin, D. H. and K. S. Lee(2004) A consideration on the approach of urban stream landscape restoration- The case of the Chungkye stream restoration project. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 32(4): 39-48.
- Yang, H. M.(2014) Community formation comparison of herbaceous perennials planted on urban stream levee slope. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 42(1): 133-148.
- Yang, Y. G. and G. L. Cho(2008) A study on the characteristics and preference of the urban riverscape- Focused on the Shincheon in Daegu. Proceedings of Autumn Conference, Regional Association of Architectural Institute of Korea, pp. 59-62.
- You, J. H., K. H. Park and J. H. Choi(2014) Management plan and analysis of the characteristics of naturalized plants by ecological restoration of Gaeumjeong stream, Changwon-si. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 42(4): 48-59.
- You, M. L., S. H. Park and S. S. Jung(2002) Vegetational composition and flora of Jungnangcheon in Seoul. Korean Journal of Environment and Ecology 6(3):271-286.

Received : 17 August, 2017

Revised : 12 September, 2017 (1st)

27 September, 2017 (2nd)

Accepted : 27 September, 2017

3인익명 심사필