Journal of Environmental Science International
31(7); 569~577; July 2022

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2022.31.7.569

ORIGINAL ARTICLE

실내 도시농업에서 혼합파종 비율에 따른 어린잎채소의 생육 및 배지 양분 변화

주진희 · 박선영[1] · 송희연[1] · 윤용한*

건국대학교 녹색기술융합학과, [1]건국대학교 대학원 녹색기술융합학과

Changes in Growth of Microgreens and Substrate Nutrients by Seed Mixture Rate in Indoor Agriculture

Jin-Hee Ju, Sun-Young Park[1], Hee-Yeon Song[1], Yong-Han Yoon*

Department of Green Technology Convergence, College of Science & Technology, Konkuk University, Chungju 27478, Korea

[1]Department of Green Technology Convergence, Graduate School of Konkuk University, Chungju 27478, Korea

Abstract

This study aimed to evaluate the growth of *Cichorium intybus*, *Brassica juncea*, and *Lactuca sativa* at varying seed ratios, and to suggest an efficient management plan for sustainable indoor agriculture systems. It was treated with mixed sowing as follows: 30 chicory seeds (chicory alone: CC), 22 chicory seeds + 8 lettuce seeds (C_3L_1), 20 chicory seeds + 10 lettuce seeds (C_2L_1), 15 chicory seeds + 15 lettuce seeds (C_1L_1) as intraspecies, and 30 mustard seeds (mustard alone: MC), 22 mustard seeds + 8 lettuce seeds (M_3L_1), 20 mustard seeds + 10 lettuce seeds (M_2L_1), 15 mustard seeds + 15 lettuce seeds (M_1L_1) as interspecies. The study identified the competitive response in seed germination between *Cichorium intybus* and *Lactuca sativa,* and in the C_3L_1 experimental group, *Lactuca sativa* had the highest leaf length, root length, chlorophyll content, and fresh weight. Therefore, the higher the ratio of *Cichorium intybus*, the higher the growth and productivity of *Lactuca sativa*; however, higher the ratio of *Lactuca sativa*, the lower the growth of *Cichorium intybus*. Furthermore, the nitrogen and potassium content in the substrate was the highest in the C_3L_1 experimental grorp which had the highest seeding rate of the *Cichorium intybus*. Comparing the groups *Brassica juncea* and *Lactuca sativa*, the higher the seeding ratio of *Lactuca sativa*, the higher the growth and productivity of *Brassica juncea*. Therefore, a companion seeding of *Brassica juncea* and *Lactuca sativa* is beneficial; this could be effective in having a high seeding ratio of *Lactuca sativa.*

Key words : Companion planting, Indoor agriculture, Leafy vegetables, Plant factory

1. 서 론

농업에서는 작물의 생산성 유지와 지속적인 수량 증대를 위한 식물에 대한 화학적 방제를 주로 이용해 왔다. 이로 인해 토양의 산성화, 생산력 감퇴 등 토양생태계 파괴의 부작용 등이 나타났으며(Jeong et al., 1998), 기후 변화에 따른 농작물의 생육 불량으로 인한 품질이 떨어져 이를 해결하기 위해 친환경적

Received 21 March, 2022; **Revised** 10 May, 2022;
Accepted 11 May, 2022
***Corresponding author**: Yong-Han Yoon, Department of Green Technology Convergence, College of Science & Technology, Konkuk University, Chungju 27478, Korea
Phone: +82-43-840-3538
E-mail: yonghan7204@kku.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

방제 및 관리의 필요성이 대두되었다. 식물은 생육에 필요한 양분인 물, 햇빛, 공간 등을 차지하기 위해 끊임없는 경쟁을 한다. 이는 동종 또는 이종 식물과 무관하게 같은 장소와 공간에 있게 되면 예외가 아니다. 우리나라에서는 예부터 섞어짓기(혼작)나 돌려짓기(윤작)로 농작물의 병해충으로 인한 피해를 줄여왔다(Kim et al., 2013).

혼합파종은 두 종류 이상의 종자를 함께 섞어서 뿌리는 방식이며(Ren et al., 2021), 일반적으로 화본과와 콩과식물을 혼파함으로써 근계분포 차이로 인한 토양수분 및 양분의 효율적 이용, 도복방지 및 생산성 향상, 잡초발생의 경감 등의 효과를 기대할 수 있다(Ju et al., 2008). 이는 이종 또는 동종식물을 혼합파종함으로써 종간 경쟁 등을 통해 물리적 또는 화학적 방제를 최소화함으로써 생육 및 생산성을 높일 수 있는 생물학적 조절방안이라고 할 수 있다(Hinsinger et al., 2011; Letten et al., 2017).

어린잎채소는 본엽 3-5장의 10 cm 이내인 엽채소를 말하며, 재배 기간이 짧아 신선편의 샐러드나 비빔밥 등의 원료로 사용되는 인기 있는 건강식이자 농산물로 수요 또한 증가하고 있는 추세이다(Kim et al., 2019). 한편, 실내 도시농업은 식물의 특성에 맞는 환경 조건을 인공적으로 제공하여 효과적이며 계획적으로 생산할 수 있는 장점을 가지고 있으나(Cha et al., 2014), 혼합파종을 통한 농작물의 생육 및 생산성을 높이기 위한 시도는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 동종 또는 이종 간 어린잎채소의 혼합파종을 통한 생육 특성을 살펴보고, 배지 내 다량원소인 질소(N), 인산(P), 칼륨(K)의 변화를 분석하여 종간 경쟁을 이용한 최적의 종자 파종비율을 구명하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

실험구의 배지는 펄라이트(New PerlShine No. 3, Green Fire Chemicals Co., Ltd., Korea)와 원예용 상토(Hanpanseung, Samhwa Greenwell Co., Ltd., Korea)를 사용하였다. 어린잎채소 종자로는 실내에서도 재배가 가능한 엽채류를 중심으로 국화과인 청치마상추(*Lactuca sativa* L.), 적치커리(*Cichorium intybus* L.), 배추과인 적겨자(*Brassica campestris* L.)로 선정하였다.

2.2. 방법

화분은 배수구멍이 없는 투명플라스틱 용기(20 oz)를 사용하여 바닥에서 위로 펄라이트 15 g으로 배수층을 조성한 후, 그 위에 원예용 상토 60 g을 채웠다. 파종 후 복토 5 g으로 묘상을 가려 주었다. 동종간의 혼합파종 처리는 적치커리-청치마상추 간 종자 비율을 달리하여 각각 적치커리 대조구(30립), 적치커리:청치마상추=3:1(22립:8립), 적치커리:청치마상추=2:1(20립:10립), 적치커리:청치마상추=1:1(15립:15립)(이하 CC, C_3L_1, C_2L_1, C_1L_1) 등 총 4가지를 적용하였다. 이종간의 혼합파종 처리는 적겨자-청치마상추 간으로 동종간의 혼합파종 비율과 동일하게 적용한 후 (이하 MC, M_3L_1, M_2L_1, M_1L_1) 각 처리구는 3반복하여 LED 식물배양대(LED plant growth chamber, Mareuda Co., Ltd., Korea)에 완전임의 배치하였다(Fig. 1). 육묘기간 동안 광도는 White LED를 이용해 10,000 lux에 광주기 18/6H 처리하였고, 조사는 파종 후 21, 28, 35일에 각각 조사하였다.

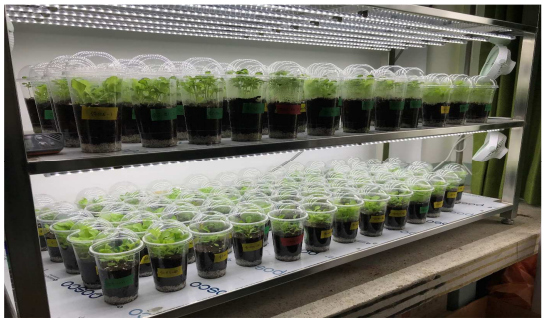

Fig. 1. Overview of indoor experiment on growth of microgreens by seed mixture ratios in LED plant growth chamber.

측정항목으로는 생육(초장, 근장, 엽장, 엽폭, 엽수, 상대엽록소함량, 생체중)과 다량원소인 질소(N), 인산(P), 칼륨(K) 등을 중심으로 배지 양분을 조사하였다. 초장, 근장, 엽장, 엽폭은 30 cm stainless steel ruler를 이용하여, 초장은 식물의 지표에서 선단까지의 길이를, 근장은 뿌리의 길이를, 엽장은 잎의 최대길이로 잎몸의 최상단부와 최하단부의 길이를, 엽폭은 잎의 폭으로 잎몸 가장자리 양 끝의 폭을 조사하였다. 엽수는 육안으로 잎의 수를 측정하였으며, 상대엽록소 함량은 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)로 처리구 당 식물의 잎을 5반복 측정하여 평균값을 산출했다. 생체중은 생물의 무게로 지상부의 생체중은 미세전자저울(FX-200i, AND, Korea)로 실험 종료 후 각각의 어린잎채소를 채취하여 뿌리와 흙을 제거한

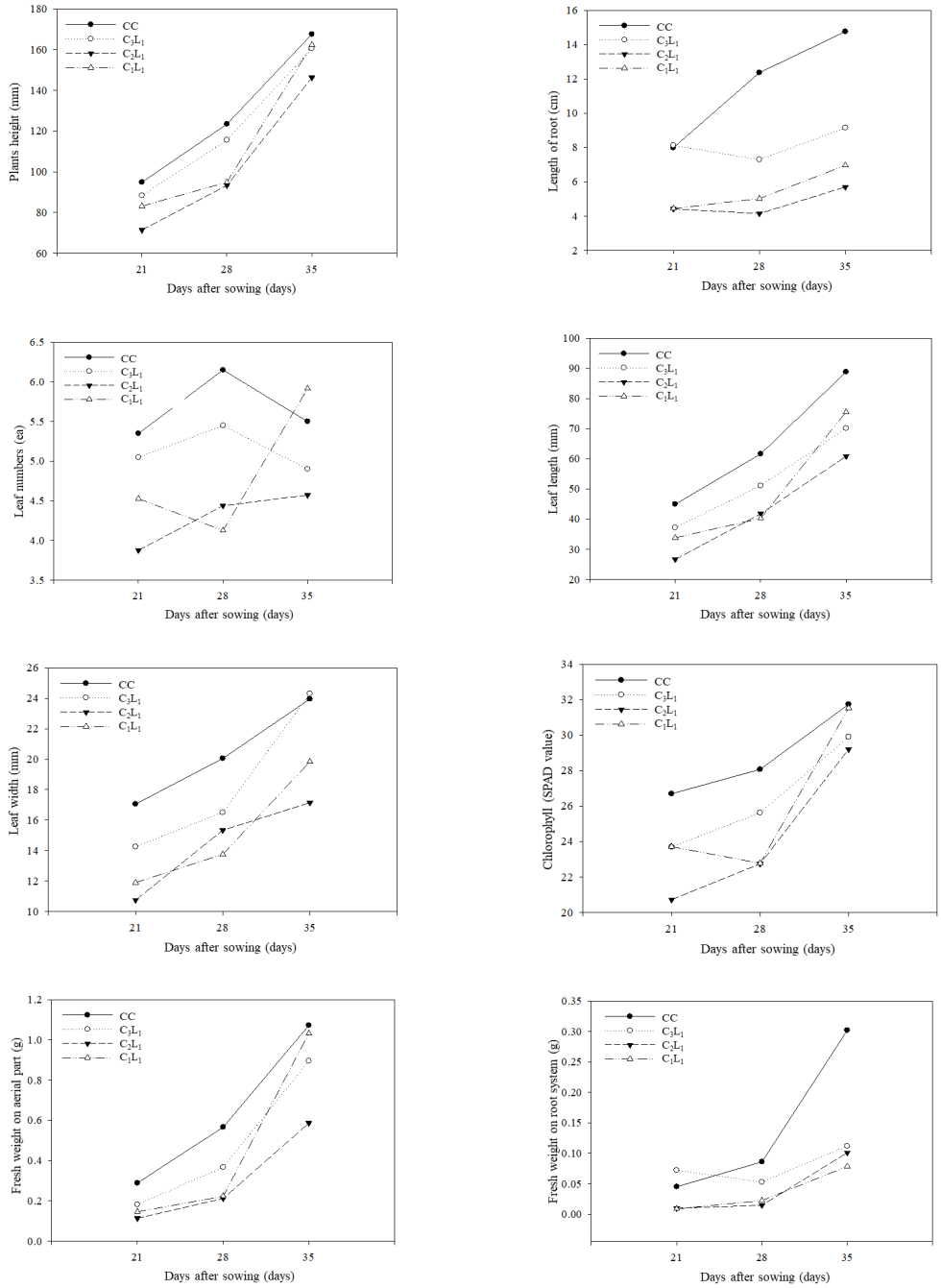

Fig. 2. Changes in growth of *Cichorium intybus* in response to seed mixture ratios between *Cichorium intybus* and *Lactuca sativa*. CC: *Cichorium intybus* Control, C_3L_1: *Cichorium intybus* with *Lactuca sativa* 3:1, C_2L_1: *Cichorium intybus* with *Lactuca sativa* 2:1, C_1L_1: *Cichorium intybus* with *Lactuca sativa* 1:1.

Table 1. The analysis of variance on growth of *Cichorium intybus* L. with *Lactuca sativa* by seed mixture ratios

Initial growth parameters	Seed mixture ratios			
	CC	C_3L_1	C_2L_1	C_1L_1
Plant height	166.8±18.20 a[z]	148.1±33.44 a	144.3±29.79 a	162.4±30.41 a
Root length	13.6±4.04 a	8.0±5.35 b	5.4±2.17 b	7.0±5.16 b
Leaf length	88.7±16.77 a	73.0±27.02 ab	59.1±22.18 b	75.6±14.84 ab
Leaf width	22.8±3.43 a	25.6±26.19 a	16.7±3.87 a	19.8±6.26 a
No. of leaves	5±0.95 ab	4.8±1.34 ab	4.6±1.51 b	5.9±1.24 a

[z] The different letters indicate significantly different from each other ($p < 0.05$) in each treatment by sowing ratios between *Cichorium intybus* and *Lactuca sativa.* Data are means ± SD (n = 12).

Table 2. The values for pearson correlation analysis between growth of *Cichorium intybus* L. and seed mixture ratios

Initial growth parameters	Type[z]	Plant height	Root length	Leaf length	Number of leaves
Plant height	−.604**				
Root length	−.291*	.600**			
Leaf length	−.279*	.748**	.541**		
Leaf width	−.440**	.745**	.566**	.661**	
No. of leaves	−.323*	.513**	.486**	.472**	.523**

*, ** significant at p = 0.05, 0.01, respectively.
[z] Treatment for the sowing ratio of *Cichorium intybus* and *Lactuca sativa.*

후 지상부와 지하부의 무게를 쟀다. 배지 양분 측정은 토양 NPK 측정기(Digital soil instant N.P.K testers, ZD, China)로 각각의 실험구 배지 내 40-50 mm 이상 넣고 30-60초가 지난 다음 수치를 확인하였다. 각 처리구별 수집된 데이터는 SigmaPlot 12.3 (Systat, San Jose CA, USA)를 이용하여 그래프화 하였으며, 혼합파종 비율에 따른 생육 간의 관계를 보기 위해 초장, 근장, 엽장, 엽폭, 엽수를 중심으로 SPSS (SPSS Inc., ver. 18.0 K, USA)을 이용하여 Spearman 상관성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 동종간 혼합파종에 따른 초기 생육 특성과 배지 양분 변화

3.1.1. 적치커리-청치마상추 간 혼합파종에 따른 초기 생육 특성

적치커리의 엽폭, 엽수, 상대엽록소함량, 지상부 생체중 등은 단일파종(CC) 처리구에서 가장 높게 나타났다. 또한 초장, 근장, 엽장, 지하부 생체중 등에서도 적치커리의 파종비율이 높을수록 생육 및 생산성에 효과적인 것으로 나타났다(Fig. 2). 청치마상추의 경우 초장과 엽장을 제외하고 근장, 엽폭, 상대엽록소함량,생체중 등의 생육에서 적치커리의 비율이 가장 높은 C_3L_1의 실험구서 가장 높은 결과값을 보여 적치커리가 청치마상추보다 단일파종에 유리하나 청치마상추는 이와는 달리 혼합파종 시 생육이 우수한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 적치커리와 청치마상추 간 혼합파종에서 적치커리의 비율이 높을수록 우수하였음을 보여준다고 하겠다.

적치커리와 청치마상추의 혼합파종 비율에 따른 생육 측정항목의 평균 및 표준편차를 분석한 결과 적치커리의 초장, 엽폭에서는 배지 내 식물 간 평균값에 있어서 유의한 차이를 보이지 않았으나 근장, 엽장, 엽수에서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 1). 또한 엽수를 제외한 초장, 근장, 엽장, 엽폭에서 적치커리 단일식재 시 생육이 좋았으며, C_2L_1

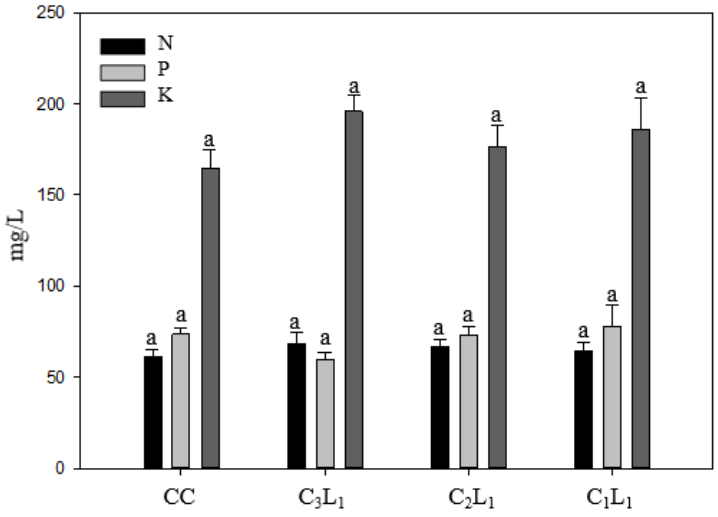

Fig. 3. Substrate nutrients (N, P, and K) of between *Cichorium intybus* and *Lactuca sativa* in response to seed mixture ratios. Different letters indicate significant different among treatments at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test. CC: *Cichorium intybus* Control, C_3L_1: *Cichorium intybus* with *Lactuca sativa* 3:1, C_2L_1: *Cichorium intybus* with *Lactuca sativa* 2:1, C_1L_1: *Cichorium intybus* with *Lactuca sativa* 1:1.

에서 적치커리의 생육이 저하되는 것으로 판단된다.

적치커리와 청치마상추의 혼합파종 비율에 따른 생육과의 상관성을 분석한 결과 초장, 근장, 엽장, 엽폭, 엽수에서 부(負)의 상관관계로 분석되었으며, 초장과 근장, 엽장, 엽폭, 엽수에서는 0.05 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 2). 따라서 혼합파종 시 청치마상추의 비율이 높아질수록 적치커리의 생육이 저하되는 것으로 보인다.

3.1.2. 적치커리-청치마상추 간 혼합파종에 따른 배지 양분 변화

적치커리와 청치마상추 혼합파종 시 파종비율에 따른 생육 배지 내 질소(N), 인산(P), 칼륨(K)의 변화는 다음과 같다(Fig. 3). 질소와 칼륨은 적치커리의 파종비율이 가장 높은 C_3L_1의 처리구에서, 인산의 경우 적치커리와 청치마상추의 비율이 같은 처리구인 C_1L_1에서 가장 높았으나 처리구간 차이는 미미하였다. 질소 시비수준이 높을수록 적치커리의 생육과 생산성이 높았다는 결과(Park et al., 1994)로 볼 때, 혼합파종으로 인한 배지 내 양분변화가 청치마상추보다 적치커리 생육에 긍정적인 영향을 준 것으로 해석된다.

3.2. 이종간 혼합파종에 따른 초기 생육 특성과 배지 양분 변화

3.2.1. 적겨자-청치마상추 간 혼합파종에 따른 초기 생육 특성

적겨자의 초장, 근장, 엽장, 엽폭, 지상부 생체중 등은 청치마상추의 파종비율이 가장 높은 M_1L_3의 실험구에서 가장 높게 나타났다. 반면, 상대엽록소함량, 지하부 생체중 등의 경우 적겨자 1, 청치마상추 2의 비율로 처리한 M_1L_2에서 비교적 높은 값을 보였다(Fig. 4). 이러한 결과로 볼 때, 적겨자-청치마상추 간 혼합파종에 있어서 청치마상추 파종비율이 높을수록 적겨자의 생육에 긍정적임을 알 수 있었다. 청치마상추의 단일파종 시 초장, 근장, 엽장 등이 우수한 것으로 나타났으나 엽폭, 생체중, 상대엽록소함량 등의 항목에서는 청치마상추의 파종비율이 높은 혼합파종 처리구에서 가장 양호하였다. 이는 적겨자와 청치마상추는 혼합파종하는 것이 바람직하며, 청치마상추의 파종비율이 높을수록 적겨자와 청치마상추의 생육에 더 효과적임을 보여준다고 하겠다.

적겨자와 청치마상추의 혼합파종에서 종자비율에 따른 적겨자 생육의 평균 및 표준편차를 분석한 결과,

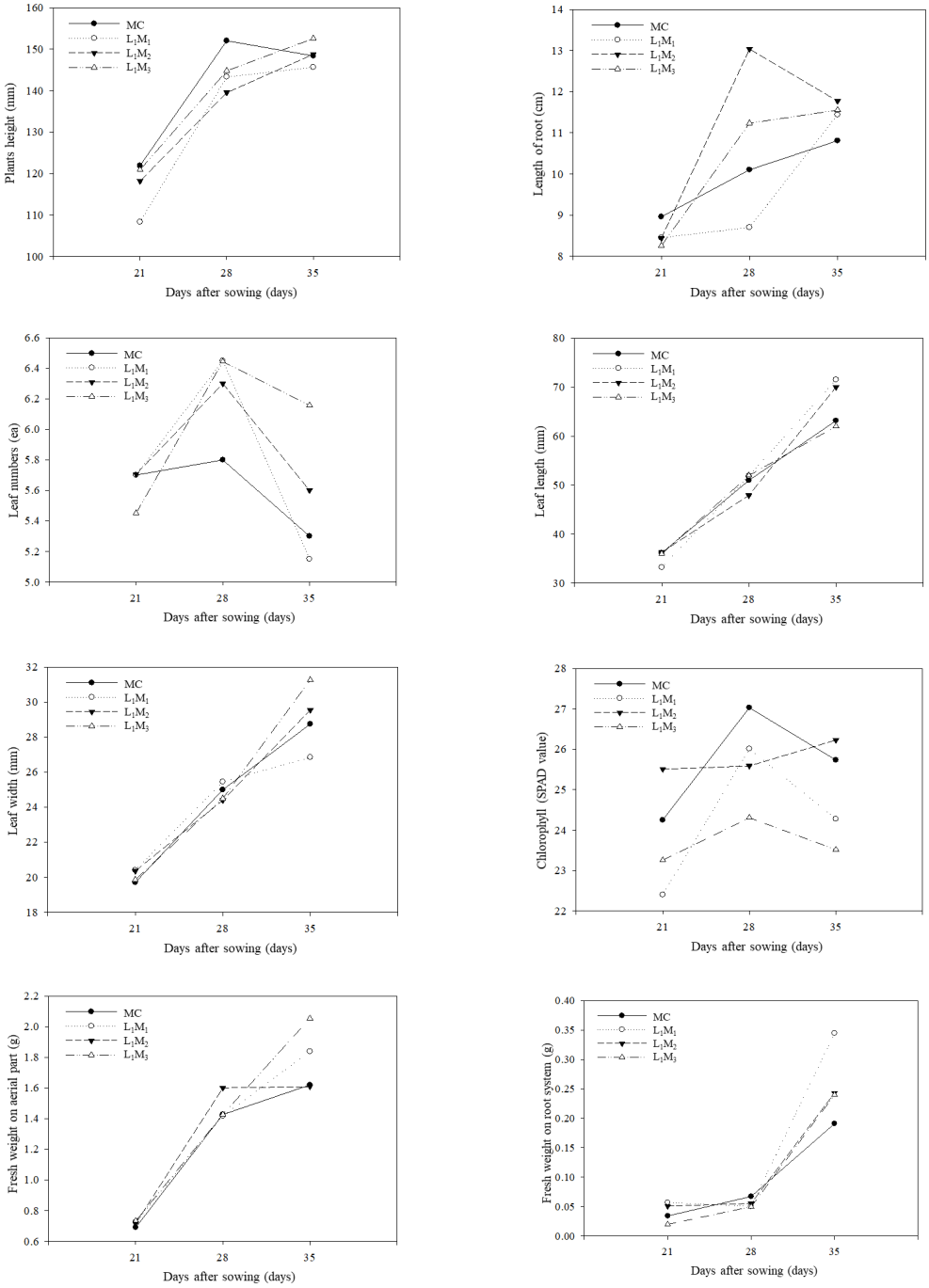

Fig. 4. Changes in growth of *Brassica juncea* for seed mixture ratios between *Brassica juncea* and *Lactuca sativa*. MC: *Brassica juncea* Control, L_1M_1: *Lactuca sativa* with *Brassica juncea* 1:1, L_1M_2: *Lactuca sativa* with *Brassica juncea* 1:2, L_1M_3: *Lactuca sativa* with *Brassica juncea* 1:3.

Table 3. The Analysis of variance on growth of *Brassica juncea* with *Lactuca sativa* by seed mixture ratios

Initial growth parameters	Seed mixture ratios			
	MC	L_1M_1	L_1M_2	L_1M_3
Plant height	150.3±22.22 a[z]	141.6±35.23 a	149.6±17.60 a	152.6±26.45 a
Root length	12.3±5.55 a	12.3±8.36 a	11.8±7.11 a	11.3±7.56 a
Leaf length	78.4±13.14 a	77.7±28.05 a	80.9±18.44 a	76.9±27.55 a
Leaf width	30.4±7.99 a	27.8±12.08 a	25.1±8.60 a	27.3±12.44 a
No. of leaves	5.0±0.67 a	5.4±0.84 a	4.7±0.82 ab	4.2±0.78 b

[z] The different letters indicate significantly different from each other ($p < 0.05$) in each treatment by sowing ratios between *Brassica juncea* and *Lactuca sativa.* Data are means ± SD (n = 10).

Table 4. The values for pearson correlation analysis between growth of *Brassica juncea* L. and seed mixture ratios

	Type[z]	Plant height	Root length	Leaf length	Number of leaves
Plant height	.084				
Root length	.402**	.479**			
Leaf length	.205	.681**	.456**		
Leaf width	.264	.664**	.500**	.765**	
No. of leaves	.366**	.421**	.320*	.566**	.532**

*, ** significant at p = 0.05, 0.01, respectively.

[z] Treatment for the sowing ratio of *Brassica juncea* and *Lactuca sativa.*

처리구별 평균값 간 엽수를 제외한 초장, 근장, 엽장, 엽폭에서 유의한 차이는 보이지 않았다. 엽수의 경우, L_1M_1(5.4개) 〉 MC(5.0개) 〉 L_1M_2(4.7개) 〉 L_1M_3(4.2개) 순으로 적겨자 단일파종을 제외하고는 적겨자의 비율이 높을수록 엽수가 줄어드는 경향을 보였다(Table 3).

적겨자와 청치마상추의 혼합파종에서 종자비율에 따른 적겨자 생육과의 상관성을 분석한 결과, 근장, 엽수에서 정(正)의 상관관계로 분석되었으며, 초장과 근장, 엽장, 엽폭, 엽수 등은 0.05 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 4). 청치마상추의 경우 적겨자의 근장과 엽장에서 부(負)의 상관관계를 보이나 초장과 근장, 엽장, 엽폭, 엽수에서는 0.05수준에서 정(正)의 상관관계로 나타났다. 이는 적겨자의 파종비율이 높아질수록 청치마상추의 생육은 저하되는 것으로 보이나 혼합 파종 시 청치마상추의 비율을 높게 파종하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

3.2.2. 적겨자-청치마상추 간 혼합파종에 따른 배지 양분 변화

적겨자와 청치마상추 혼합파종 시 파종비율에 따른 배지 내 양분을 살펴본 결과, 청치마상추 단일파종 처리구인 LC처리구에서 인산, 칼륨의 함량이, 질소의 경우 적겨자와 청치마상추 종자비율이 각 1:2인 M_1L_2 처리구에서 가장 높았다. 처리구별 배지 내 양분에 대한 ANOVA 분석 결과, 인산은 유의적인 차이를 보였으나, 질소와 칼륨은 유의성이 나타나지 않았다(Fig. 5).

4. 결 론

어린잎채소 혼합파종 비율에 따른 적치커리-청치마상추 간 실험구에서 적치커리의 엽폭, 엽수, 상대엽록소함량, 지상부 생체중 등은 단일파종(CC) 처리구에서 가장 높게 나타났다. 청치마상추의 경우 초장과 엽장을 제외하고 근장, 엽폭, 상대엽록소함량, 생체중의 모든 항목에서 적치커리의 비율이 가장 높은 C_3L_1의 실험구에서 가장 높은 결과값을 보여 적치커리가 청치마상추보다 단일파종에 유리하나 청치마상추는 이와는 달리 혼합파종 시 생육이 우수한 것으로 나타났다. 생육 배지 내 질소와 칼륨은 적치커리의 파종비율이 가장 높은 C_3L_1의 처리구에서, 인산의 경우

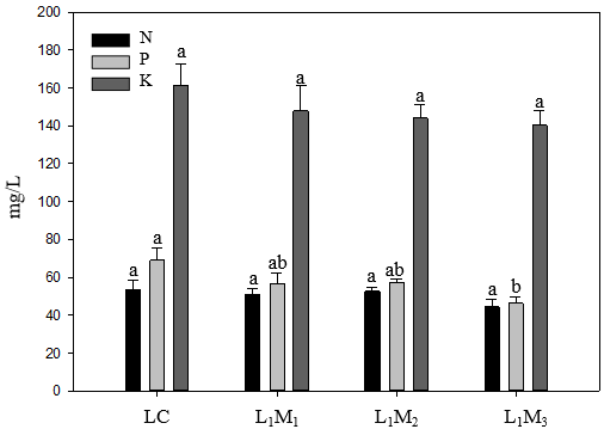

Fig. 5. Substrate nutrients (N, P, and K) of between *Brassica juncea* and *Lactuca sativa* in response to seed mixture ratios. Different letters indicate significant different among treatments at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test. MC: *Brassica juncea* Control, L_1M_1: *Lactuca sativa* with *Brassica juncea* 1:1, L_1M_2: *Lactuca sativa* with *Brassica juncea* 1:2, L_1M_3: *Lactuca sativa* with *Brassica juncea* 1:3.

적치커리와 청치마상추의 비율이 같은 처리구인 C_1L_1에서 가장 높았으나 처리구간 차이는 미미하였다. 적겨자-청치마상추 간 실험구에서 적겨자의 초장, 근장, 엽장, 엽폭, 지상부 생체중 등은 청치마상추의 파종비율이 가장 높은 M_1L_3의 실험구에서 가장 높게 나타나, 청치마상추 파종비율이 높을수록 적겨자의 생육에 긍정적임을 알 수 있었다. 배지 내 양분에 있어서 청치마상추 단일파종 처리구인 LC처리구에서 인산, 칼륨의 함량이, 질소의 경우 적겨자와 청치마상추 종자비율이 각 1:2인 M_1L_2 처리구에서 가장 높았다. 따라서 적치커리는 단일파종이, 적겨자와 청치마상추는 혼합파종이 생육 및 생산성을 높이는데 적절하다고 판단된다. 추후 혼합파종 시 배지 내 화학적, 생물학적, 물리적 변화 파악을 위한 반복수 증대 및 장기적 생육 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1F1A1063456)

REFERENCES

Cha, M. K., Kim, J. S., Cho, Y. Y., 2014, Growth model of common ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) using expolinear functions in a closed-type plant production system, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 32(4), 493-498.

Hinsinger, P., Brauman, A., Gerard, F., 2011, Acquisition of phosphorus and other poorly mobile nutrients by roots, Plant Soil 348(1), 29-61.

Jeong, S. J., Park, H. S., Oh, J. S., 1998, The analysis of fact-finding the organic agriculture in Pusan and Kyung Nam, Korean J. Organic Agric., 7(1), 63-77.

Ju, J. L., Lee, S. S., Yoo, J. H., Lee, J. J., Lee, Park, K. H., 2008, Seed blending effect on growth, yield and feed value among four winter cereals for whole crop silage, J. Kor. Grassl. Forage Sci., 28(3), 203-214.

Kim, M. J., Shim, C. K., Kim, Y. K., Jee, H. J., Yun, J. C., Park, J. H., Han, E. J., Hong, S. J., 2013, Effect of inter-and mixed cropping with attractant and repellent plants on occurrence of major insect pests in organic cultivation of Chinese cabbage, Korean J. Organic Agric., 21(4), 685-699.

Kim, J. K., Kim, I. S., Kang, H. M., Choi, K. Y., 2019, Determination of appropriate location for baby leaf vegetable in multi bench system of rice seedling nursery facility during high temperature periods, Protected Hort.

Plant Fac., 28(4), 286-292.
Letten, A. D., Ke, P. J., Fukami, T., 2017, Linking modern coexistence theory and contemporary niche theory, Ecol. Monogr. 87, 161-177.
Park, K. W., Chiang, M. H., Won, J. H., Jang, K. H., 1994, The growth pattern of chicory (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*) as to the level of nitrogen fertilization, J. Bio-Env. Con., 3(2), 145-150.
Ren, H., Cai, A., Rodrigues, J. L., Su, X., Wang, L., Chang, J., Wu, S., Zhou, Q., Jiang, Y., Hu, S., 2021, Species patch size at seeding affects the productivity of mixed legume-grass communities. Eur. J. Agron. 120(8), 126342.

• Professor. Jin-Hee Ju
Department of Green Technology Convergence, College of Science & Technology, Konkuk University
jjhkkc@kku.ac.kr
• Doctoral Degree. Sun-Young Park
Department of Green Technology Convergence, Graduate School of Konkuk University
wripark@naver.com
• Master's Degree. Hee-Yeon Song
Department of Green Technology Convergence, Graduate School of Konkuk University
heeyeon9003@daum.net
• Professor. Yong-Han Yoon
Department of Green Technology Convergence, College of Science & Technology, Konkuk University
yonghan7204@kku.ac.kr