





옥상 도시농업에서 방향식물과의 공영식재가 고추의 생육 및 해충방제에 미치는 영향

박재현¹, 김한길², 윤용한³, 주진희^{3*}

Effect of Aromatic Companion Plants on the Growth Characteristics and Pest Control of Pepper in Rooftop Urban Agriculture

Jae-Hyun Park ¹, Han-Gil Kim ², Yong-Han Yoon ³ and Jin-Hee Ju ^{3*}

¹국립산림과학원 산림생명정보과, ²건국대학교 대학원 녹색기술융합학과, ³건국대학교 과학기술대학 녹색기술융합학과

¹Department of Forest Conversation, Korea Forest Research Institute, Seoul 02455, Korea, ²Department of Green Technology Convergence, Graduate School, Konkuk University, Chungju 27478, Korea,

³Department of Green Technology Convergence, College of Science and Technology, Konkuk University, Chungju 27478, Korea

* Correspondence: jhhkcc@kku.ac.kr

<https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.05>

Korean J. Environ. Agric. 2024, 43, 52-60

Received: April 23, 2024

Revised: July 10, 2024

Accepted: August 8, 2024

Published: August 27, 2024

Online ISSN: 1233-4173

Print ISSN: 1225-3537



© The Korean Society of Environmental Agriculture 2024



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

Abstract: This study focused on the effectiveness of companion planting applied to rooftop urban agriculture as a means to implement eco-friendly agricultural technology in cities. This study analyzed the effects of companion planting various aromatic plants, such as rosemary (*Rosmarinus officinalis*), marigold (*Tagetes erecta*), perilla (*Perilla frutescens*), and garlic chives (*Allium tuberosum*), with pepper (*Capsicum annuum*) as the main crop. This study was conducted on the rooftop of Konkuk University's Global Campus in Chungju from May to August 2023. This study measured the effects of companion planting on soil temperature and moisture changes, plant growth and physiological characteristics, pest control effectiveness, and fruit productivity. As a result of examining the characteristics of the rooftop soil, it was found that a favorable soil environment was created for peppers to grow well in the experimental plots where peppers and garlic chives were planted together. In addition, as a result of investigating the growth and physiological characteristics of peppers, they grew best in the treatment plots where peppers and garlic chives were planted together. Traces of pest feeding were relatively lower in the experimental plots where garlic chives and perilla were co-planted than in rosemary and marigold. This suggests that these companion plants are more effective as trap plants for attracting leaf-feeding pests. Therefore, based on the overall results, companion planting of peppers and garlic chives in rooftop urban agriculture seems desirable for the growth, physiology, fruit productivity, and biological control of peppers.

Keywords: Aromatic plants, Biological pest control, Companion planting, Pepper, Rooftop urban agriculture

서 론

공영식재(companion planting)란 친환경 농법의 한 방법으로 같은 공간에 두 가지 이상의 식물을 식재하여 식물 간의 상호 이익을 줄 수 있는 식재기법을 말한다[1]. 작물의 공영식재는 주로 소규모의 간작(intercropping) 또는 혼작(mixed cropping)에 사용되며 오랜 시행착오를 기반으로 하는 전통적인 농업기술 식재기법이다[2]. 텃밭 작물 재배 시 함께 심으면 상호 또는 한쪽에 좋은 영향을 주거나 유익한 곤충을 유인하고, 유해한 곤충을 퇴치한다[3].

최근 소규모 공간의 활용도를 높일 수 있는 재식 방법, 안전한 먹거리 생산, 그리고 친환경적인 병해충 관리에 대한 관심이 높아지면서 도시의 텃밭에 적용 가능한 공영식물의 효과를 규명하기 위한 연구가 진행되었다[4]. 특히, 텃밭 재배 목적은 남녀 모두 ‘안전한 먹거리 생산형’ 텃밭 재배를 선호하였으며 친환경 텃밭 관리에 있어서는 대부분 건강에 영향을 주기 때문에 ‘친환경 방제’가 꼭 필요하다고 인식하고 있다[5]. 이에 허브류, 채소류, 화훼류 식물을 배추과 식물과 혼합하여 재배하는 공영식물과 재식법을 조합하여 해충 피해 정도 및 작물에 미치는 영향을 조사한 결과, 배추과 채소와 혼합 재배에 사용된 채소류 4종, 허브류 8종, 화훼류 3종은 해충 피해가 거의 없었다. 그러나 배추과 채소만을 재배한 처리에서는 해충 피해가 증가해 공영식재의 생물학적 방제 효과를 검증하였다. 또한 메리골드와 토마토를 공영식재함으로써 메리골드가 방출하는 화학성분인 리모넨이 흰가루이(whitefly)에 대한 기피 효과를 나타내며, 이러한 식용식물과 관상식물의 공영식재 기법이 경제적인 작물생산뿐 아니라 화학적 방제의 필요성을 줄일 수 있다고 보고하였다[6]. 또한 옥상녹화에서 꿀풀과 식물 및 세덤류의 공영식재를 통해 생육과 토양수분 함량을 분석한 결과, 각 식물을 단독으로 식재한 것보다 공영식재한 처리구에서 보다 더 나은 생육과 토양수분 상태를 나타냈을 뿐 아니라 상호 간에 지상부 및 지하부에 부정적인 영향이 없어 공영식재의 긍정적인 효과를 시사하였다[7].

이렇듯 공영식재 기법을 적용한 결과 주요 작물의 생육, 생산성, 병해충 방제뿐만 아니라 지하부의 토양 환경에도 긍정적인 역할을 하는 것으로 보고되었으나[8], 옥상 도시농업에서의 다양한 채소 작물과의 공영식재 기법에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 특히, 고추(*Capsicum annuum*)는 옥상 도시농업에 적합한 고온성 작물로 우리나라 국민들의 음식에 널리 이용되는 조미채소이며, 인당 소비량은 연중 4 kg이 넘어 중요성이 매우 높은 채소이다[9]. 따라서, 본 연구에서는 고추를 대상으로 방향식물과 공영식재하여 친환경 옥상 도시농업에서 생태적 식재기법을 통해 유기농산물의 안전한 생산 및 지속 가능한 농업을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

연구 재료 및 실험구 조성

본 실험은 충청북도 충주시 단월동 위치한 건국대학교 글로벌캠퍼스 복합실습동 건물 옥상에서 진행되었으며, 기간은 2023년 5월부터 8월까지 진행되었다. 실험구는 가로, 세로, 높이가 각각 50 cm, 50 cm, 25 cm인 정방형 모듈로 조성하였다. 고추는 위로 자라는 식물이기 때문에 고추 1본마다 지지대 하나씩 설치하여 실험구에 식재하였다. 배수가 용이하도록 실험구 하부에 배수판, 부직포를 깔고 펄라이트(Paraso, KyungDong One Co., Ltd., Korea)를 5 cm로, 그 위에 옥상녹화용 인공토양(Four-Season, Samhwa Greentech Co., Ltd., Korea)을 15 cm 깊이로 포설하였다. 방향식물로는 휘발성유기화합물질이 방출하는 것으로 알려진 허브식물인 로즈메리(*Rosmarinus officinalis*), 메리골드(*Tagetes erecta*), 잎들깨(*Perilla frutescens*), 부추(*Alium tuberosum*)를 선정하였다[8,10]. 단독식재와 공영식재에 따른 토양수분과 온도, 고추의 생육 및 생리, 생산성, 해충방제 효과 등을 비교하기 위해 4가지 방향식물로 9 반복하여 총 45개의 실험구를 조성하였다. PC (Pepper control)에는 고추 6본을 단일식재 하였고, PR (Pepper 2 : Rosemary 1), PM (Pepper 2 : Marigold 1), PK (Pepper 2 : Korea Perilla 1), PG (Pepper 2 : Garlic chives 1)에는 고추 4본을 실험구 모서리에 하나씩, 방향식물을 일자로 2본을 심어 고추 사이에 식재하였다(Fig. 1).

연구 방법

정식 후 14일이 경과된 날부터 측정하였다. 토양 온도 및 수분 데이터는 토양 다항목성분측정기(SOIL6CH, Testauction, China)를 사용하여 2주 간격으로 수집하였다. 고추의 생육은 초장, 엽장, 엽폭, 엽수를 버니어캘리퍼스(Vernier Calipers 6",

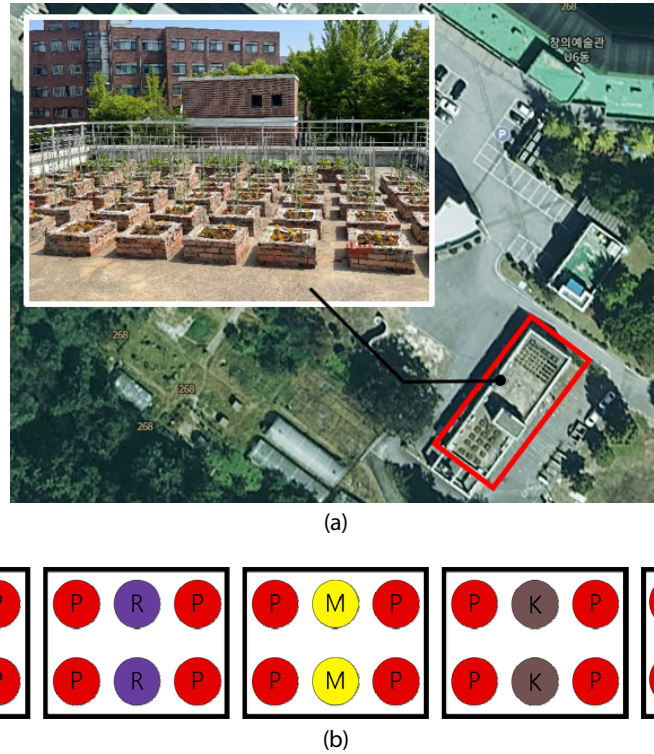


Fig. 1. The rooftop experimental site (a) and schematic illustration (b) of the companion planting between pepper and aromatic plants in the plots on the rooftop garden.

(P: Pepper; R: Rosemary; M: Marigold; K: Perilla; G: Garlic chives)

SparkFun Electronics, Japan)를 이용해서 측정하였다. 해충방제 효과는 고추의 잎과 줄기, 과실의 식엽성 해충 섭식 흔적을 2주 간격으로 육안으로 판단하여 해충 피해 정도를 조사하였다. 고추의 생산성을 확인하기 위해 식재 후 84일부터 붉은 과실이 80% 이상 나타난 개체를 2주 간격으로 수확하였다. 과실수, 과실장, 과실경, 과실 생체중 및 건물중을 측정하였으며, 생체중과 건물중은 미세전자저울(XB220A, Precisa, Switzerland)을 사용하였고, 건물중은 열풍순환건조기(C-DF, Changshin Science Co., Korea)에 70°C의 온도에서 72시간 건조시켜 무게를 잴다.

통계 분석

본 연구의 통계 분석은 SPSS Statistic 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하였다. 공영식재에 따른 실험구별 유의성 확인을 위해 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 이용하였으며 사후검정으로 Duncan 다중검정을 $p < 0.05$ 수준에서 수행하였다.

결과 및 고찰

토양 온도 및 수분 변화

방향식물과 고추의 공영식재에 따른 옥상 실험구의 토양 온도 및 수분 차이는 Fig. 2와 같다. 토양 온도는 PK (31.57°C), PM (31.55°C), PG (31.36°C), PR (30.74°C), PC (30.05°C) 순으로, PK에서 가장 높은 온도를 보였다. 실험구별 가장 큰 차이를 보인 식재 후 56일 PC (27.06°C), PR (26.20°C), PM (25.44°C), PK (24.76°C), PG (23.88°C) 순으로 나타났다. 선행연구에 따르면, 공영식재는 식물의 다양성이 증가하여 토양 내 미생물 활동이 증가하고[11], 호흡 과정으로 토양 온도가 높아질 수 있다[12]. 또한, 다양한 식생 캐노피 구조가 직사광선에 대한 토양의 노출을 줄여 온도 변동을 완화한다고 하였다[13]. 토양 수분은 PG

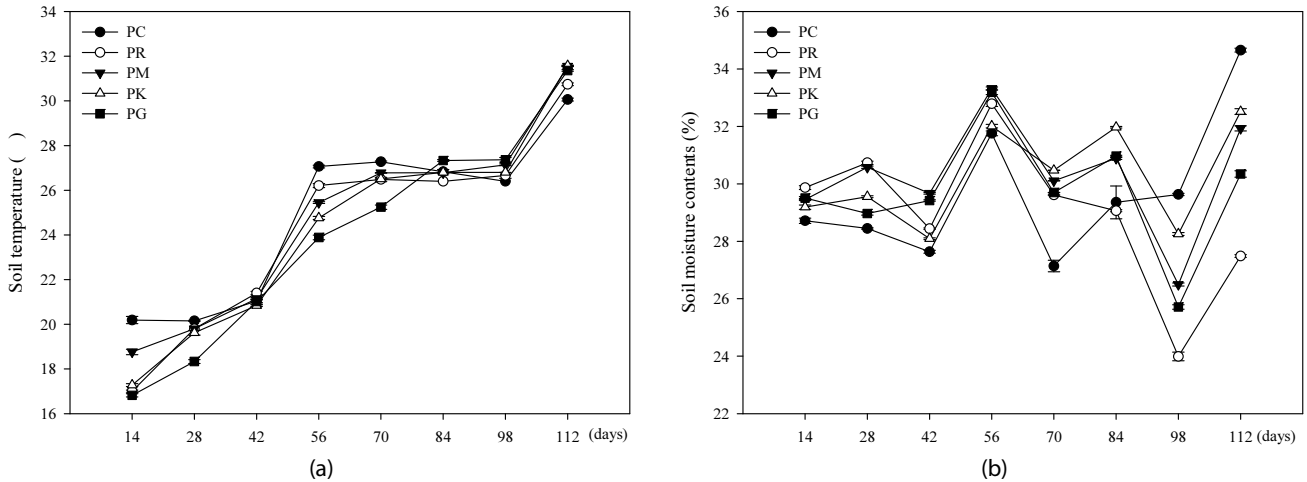


Fig. 2. Changes in soil temperature (a) and moisture contents (b) of pepper affected by companion planting with aromatic plants in each treatment plot on the rooftop garden. Vertical bars represent standard error (SE) of the mean.

(PC: Peppers Control; PR: Peppers+Rosemary; PM: Peppers+Marigold; PK: Peppers+Perilla; PG: Peppers+Garlic chives)

(31.93%), PC (26.55%), PK (26.53%), PM (26.21%), PR (25.11%)로 차이를 나타내었다. 실제로 지피성 동반작물 재배구에서 배추 수관 아래 기온 및 지온은 배추 단독구간보다 각각 1°C 내외, 0.5~1°C 낮았으며, 습도는 8% 정도 높은 결과를 보여주고 있다[14]. 식재 70일 후에 PC (62.85%), PK (58.08%), PR (55.20%), PM (52.11%), PG (51.85%) 순으로 대조구인 PC에서 높은 토양 수분함량을 보였다. 이는 공영식물간 뿌리 경쟁 증가[15]와 높은 증산율[16]로 인해 토양 수분이 감소했다고 볼 수 있으나, 고추의 개화 및 결실기로 인한 수분 효율성 감소로 해석될 수 있다.

고추 생육 변화

방향식물과 고추의 공영식재에 따른 고추의 생육 결과는 Fig. 3과 같다. 초장은 식재 후 28일부터 고추와 부추를 공영식재한 PG 처리구에서 31.69 cm로 가장 높았으며, PK (27.02 cm), PM (26.31 cm), PC (24.62 cm), PR (19.40 cm) 순으로 유의미한 차이를 보였다. 엽장은 PG에서 5.90 cm로, 다른 실험구 PM (4.95 cm), PK (4.64 cm), PR (4.53 cm), PC (4.49 cm)에 비해 약 1 cm 길이의 유의미한 차이가 있었으며, 식재 70일 후부터는 차이가 더욱 확연해졌다. 엽폭은 PG가 3.73 cm로 가장 넓었고, PK (3.61 cm), PC (3.55 cm), PM (3.54 cm), PR (3.51 cm) 순으로 차이를 보였으며, 식재 56일 후부터 엽장과 같은 경향을 보였다. 엽수의 경우, PG 처리구에서 식재 42일 이후부터 생육이 높은 경향을 보였고, 실험 종료일인 식재 후 112일에는 PG에서 45.67개로 다른 실험구 PC (6.80개), PM (6.38개), PR (6.33개), PK (5.54개)에 비해 엽수가 많았다. 고추와 잎들깨를 식재한 처리구에서 엽수가 가장 낮게 나타난 이유는 공영작물의 초고가 높으면 주작물의 광환경에 영향을 미칠 수 있으며, 초장이 클 경우 광량 감소, 통기성 불량 등으로 인해 생육이 불량해지기 때문이다[14]. 따라서 공영식물의 생육 속도 및 초종의 특징은 중요한 요소임을 시사하고 있다. 이에 전반적으로 공영작물의 효과를 평가한 결과 결과적으로 고추의 생육은 공영식재가 단일식재보다 더 우수하다고 할 수 있지만, 모든 공영식물에서 좋은 결과를 나타내지는 않았다. 선행연구에 따르면, 고추의 생육에 적합한 토양 온도는 일반적으로 20°C에서 25°C 사이이며, 30°C 이상에서는 식물 성장이 저해될 수 있다[17]. 또한, 토양수분함량이 55%에서 70%일 때 고추의 생육 품질이 향상된다고 하였다[18]. 이에 지표면을 초생멸칭할 경우 온도를 낮추고 습도는 다소 높게 유지할 수 있는 효과가 있어 고온건조 시기에 무피복보다 유리한 미기상 환경조건을 제공하는 것으로 보고되고 있다[14]. 따라서 옥상 도시농업에서 하절기의 과도한 토양 온도 및 건조 상승을 방지하여 고추 생육을 양호하게 한 것이라고 판단된다.

과실 생산성

고추의 과실 생육 결과에 따르면(Fig. 4), PG 실험구가 모든 측정 지표에서 가장 높은 값으로 유의미한 차이를 나타냈다. PG 실험구에서는 평균 14.14개의 과실을 수확할 수 있었으며, 이는 다른 실험구에 비해 월등히 높은 수치이다. 공영식물은 주요

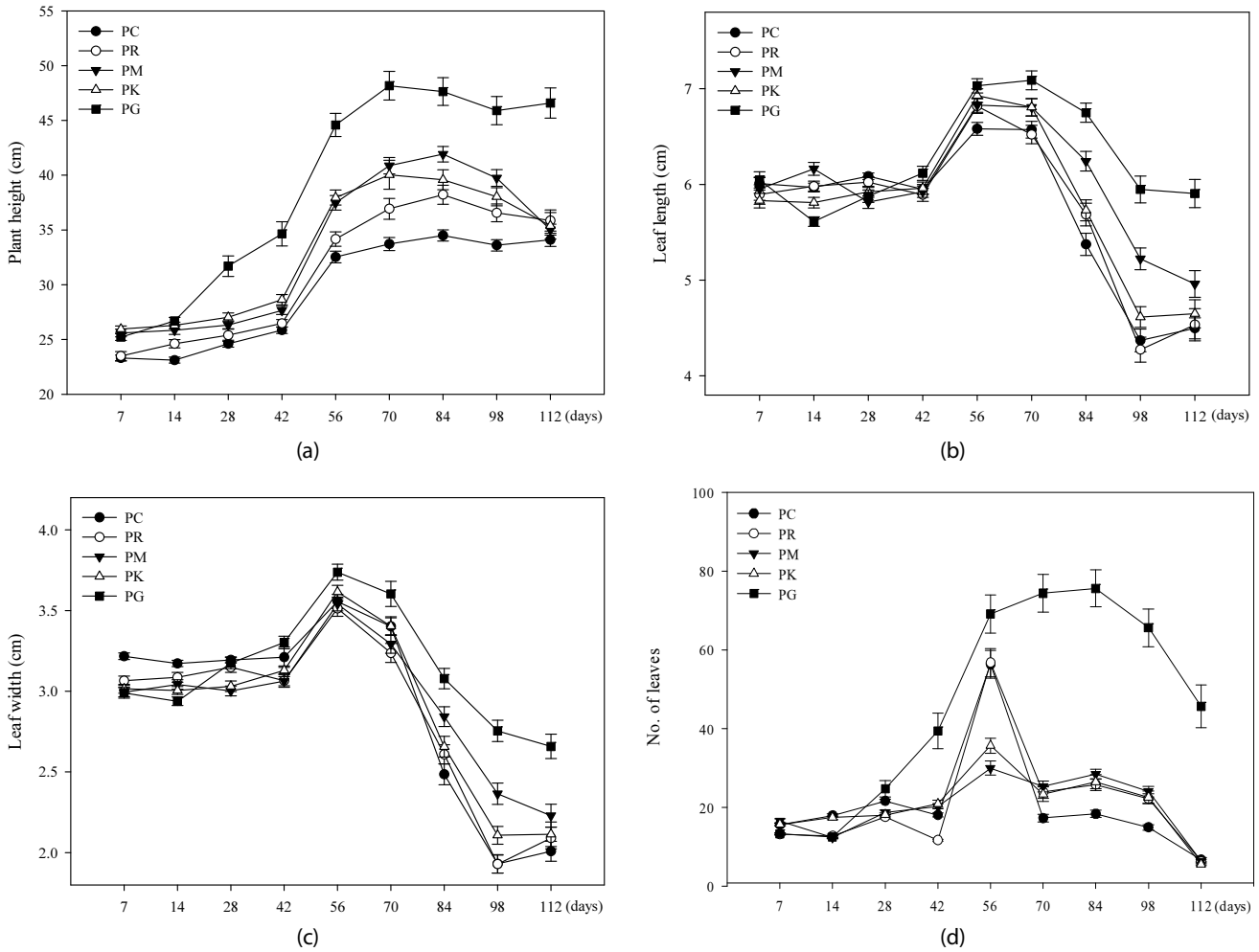


Fig. 3. Changes in plant height (a), leaf length (b), leaf width (c), and number of leaves (d) of pepper affected by companion planting with aromatic plants in each treatment plot on the rooftop garden. Vertical bars represent standard error (SE) of the mean.

(PC: Peppers Control; PR: Peppers+Rosemary; PM: Peppers+Marigold; PK: Peppers+Perilla; PG: Peppers+Garlic chives)

작물 주변이나 사이에 자람으로써, 해충의 천적 밀도 또는 다양성을 증가시키고 동시에, 수분 매개자를 증가시켜 생산성을 높이는 효과를 가지고 있다. 이러한 관점에서 볼 때, 메리골드(*T. erecta*) 4~6월, 로즈마리(*R. officinalis*) 5~7월, 잎들깨(*P. frutescens*) 9~10월, 부추(*A. tuberosum*)는 7~8월로, 잎들깨를 제외하고 3가지 방향식물 모두 고추의 개화기간인 5~8월과 중첩된다[9]. 부추와의 공영식재를 제외하고, 과실수에 있어 대조구와 방향식물 간 뚜렷한 차이가 없다고 볼 때, 수분 매개자의 유도 효과로 인한 생산성 향상과의 관련성은 비교적 낮은 것으로 판단된다. 과실의 길이에서도 PG 실험구의 고추가 평균 13.59 cm로 가장 길게 자랐고, 이어서 PM과 PR 실험구가 각각 12.85 cm와 12.64 cm로 비슷한 길이를 나타냈다. PK와 PC는 각각 11.70 cm와 11.64 cm로 더 짧은 과실을 보였다. 과실의 평균 직경은 PK 실험구에서 1.08 cm로 가장 넓게 측정되었고, PG 실험구는 0.95 cm로 중간 정도였다. 생체중과 건체중 또한 PG 실험구에서 가장 높게 나타났다(Fig. 5). 생체중은 10.25 g, 건체중은 1.58 g으로 측정되어, 다른 실험구들과 비교했을 때 가장 무거운 과실을 생산했다. 선행연구에 따르면 고추의 과실 발달률은 고온에 영향을 많이 받으며[19], 30°C 이상 고온에서 식물의 생육 및 과실수가 낮아진다고 하였다[17]. 즉, 부추와의 공영식재가 과도한 토양 온도 및 수분 상승을 방지해, 지상부의 고추 과실의 생산성에 유리한 미기상 환경조건을 제공한 것으로 해석된다. 더불어, 부추와 같은 백합과 채소인 마늘과 양파를 오이와 공영식재한 결과, 뿌리에서 방출된 다당, 아미노산, 비타민 등이 토양 미생물의 다양성과 생태성을 높여 근권부를 공유하는 오이의 생육과 생산성을 향상시킨 것으로 보고되고 있다[20]. 이러한 결과로 볼 때, 고추의 생육은 방향식물의 공영식재로 인한 천적의 증진 기작과 해충 밀도의 억제 효과보다는 지상부 및 지하부의 생물 및 비생물적 요인이 주된 재배 환경으로 작용한 것으로 보인다.

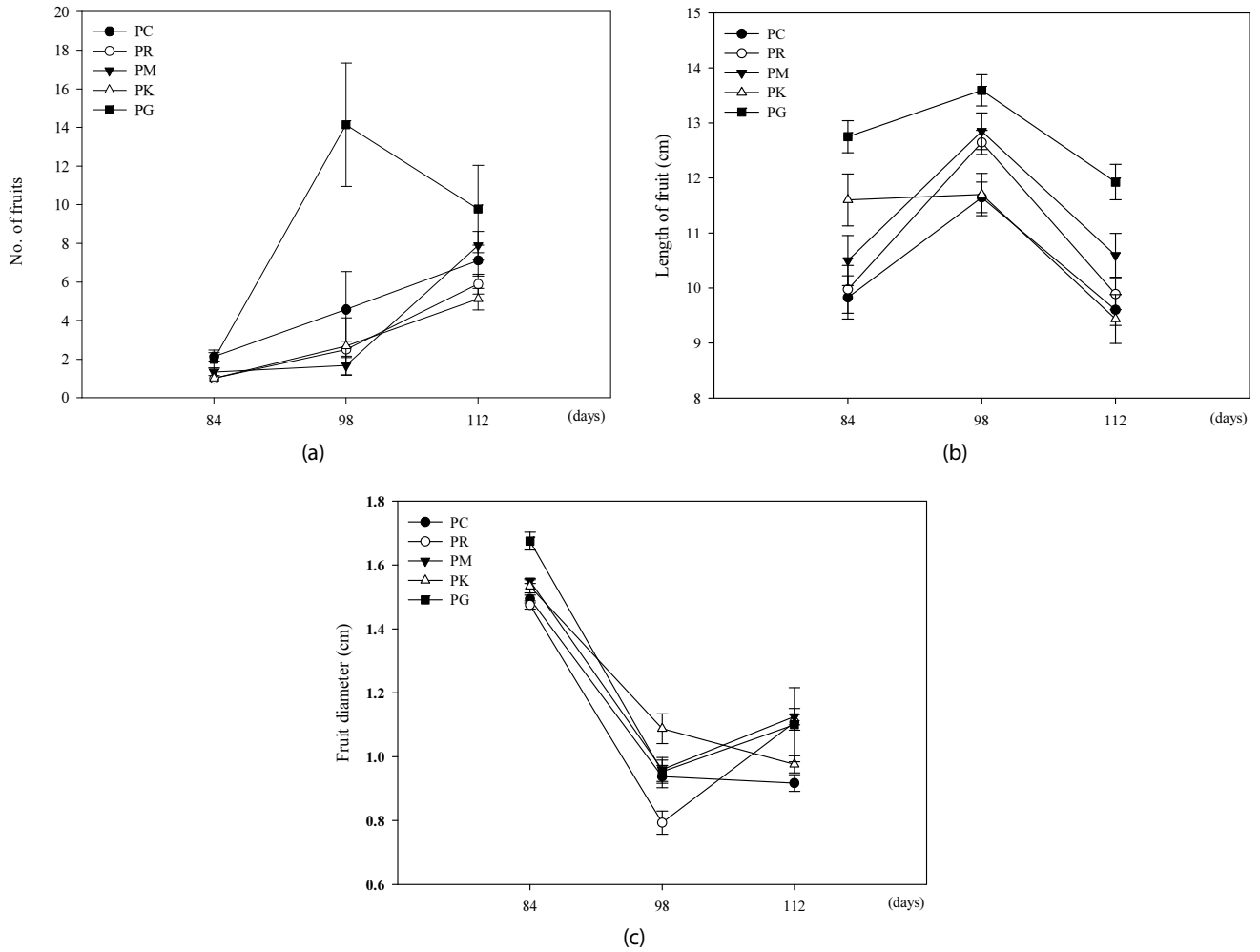


Fig. 4. Changes in number of fruits (a), length of fruit (b), and fruit diameter (c) of pepper affected by companion planting with aromatic plants in each treatment plot on the rooftop garden. Vertical bars represent standard error (SE) of the mean.

(PC: Peppers Control; PR: Peppers+Rosemary; PM: Peppers+Marigold; PK: Peppers+Perilla; PG: Peppers+Garlic chives)

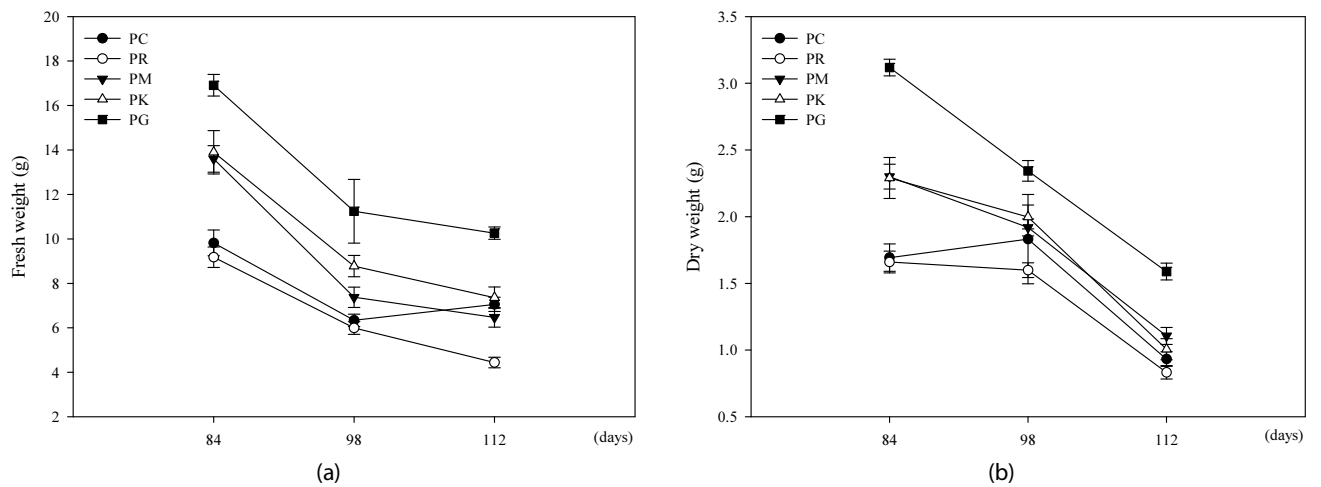


Fig. 5. Fresh weight (a) and dry weight (b) of pepper affected by companion planting with aromatic plants in each treatment plot on the rooftop garden. Vertical bars represent standard error (SE) of the mean.

(PC: Peppers Control; PR: Peppers+Rosemary; PM: Peppers+Marigold; PK: Peppers+Perilla; PG: Peppers+Garlic chives)

해충방제 효과

고추의 생육 및 곤충 활동이 가장 활발한 시기인 정식 후 56일을 기준으로 잎의 섭식 흔적을 살펴본 결과는 Table 1과 같다. 고춧잎에서 해충 섭식 흔적이 가장 많이 발견된 실험구는 PG (3.26개)였으며, PM (1.46개), PR (1.24개), PK (1.04개), PC (0.97개) 순으로 나타났다(Table 1). 해충 섭식 흔적이 많고 적음은 엽수와 비례 관계를 보였으며, 특히 엽수가 가장 높았던 PG (고추+부추) 실험구에서 가장 높게 나타났다. 하지만, 상대적인 비율로 보았을 때, 부추와 잎들깨를 공영식재한 실험구에서는 낮게 나타났다. 반면, 로즈메리와 메리골드에서는 대조구보다 해충 섭식의 흔적 비율이 높았는데, 이는 잎에서 방출되는 휘발성유기화합물질로 인해 해충이 고추로 유인된 것으로 추측된다[21]. 물론, 기존 연구에서 잎들깨가 고추의 나방류 해충방제에 효과가 있으며[25], 부추는 방향성 성분인 리모넨(limonene), 테르피넨(terpinolene), 리나롤(linalool)을 방출하여 흡즙성 해충인 진딧물류의 방제에 효과가 있음이 보고되고 있으나[22-24], 식엽성 해충과는 다른 양상을 보이는 것으로 해석된다. 이러한 결과로 볼 때, 로즈메리와 메리골드보다 부추와 잎들깨의 동반식재가 식엽성 해충을 유인하는 트랩 식물(trap plants)로 더 효과적인 것으로 판단된다.

Table 1. Mean ratio of pepper number of pest feeding traces/leaves affected by aromatic companion plants in rooftop urban agriculture

Treatment	No. of leaves		No. of pest feeding traces		ratio (%)	
	average	standard error	average	standard error	average	standard error
PC ^y	22.00 b ^z	0.85	0.97 c	0.07	5.39 ab	0.39
PR	23.03 b	1.07	1.24 bc	0.12	5.45 ab	0.56
PM	20.95 b	0.59	1.46 b	0.13	6.39 a	0.55
PK	21.96 b	0.66	1.04 bc	0.11	4.39 b	0.41
PG	50.87 a	1.99	3.26 a	0.26	4.72 b	0.34

^zMeans followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $p \leq 0.05$.

^yPC: Peppers Control; PR: Peppers+Rosemary; PM: Peppers+Marigold; PK: Peppers+Perilla; PG: Peppers+Garlic chives.

결론

본 연구는 옥상 도시농업에서 고추(*C. annuum*)를 주작물로, 로즈마리(*R. officinalis*), 메리골드(*T. erecta*), 잎들깨(*P. frutescens*), 부추(*A. tuberosum*)와 같은 방향식물과 공영식재의 효과를 비교 분석하고자 수행하였다. 연구 결과, 부추와 함께 재배된 고추가 생육과 생산성 측면에서 가장 우수한 결과를 보였으며, 생체중과 건물중 모두에서 높은 수치를 나타냈다. 특히 부추와 공영식재한 고추는 다른 실험구에 비해 엽수와 엽장이 높게 나타났으며, 과실의 크기와 수확량 또한 더 많았다. 해충방제 효과는 부추 또는 잎들깨와 함께 재배된 고추에서 가장 효과적이었다. 이 중 부추는 초장이 고추보다 낮아 광경합을 낮출 뿐 아니라, 해충을 유인함으로써 고추의 생육 및 생산성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단되며 옥상 도시농업에서 고추 재배 시 가장 적합한 방향식물로 보여진다. 추후 방향식물과의 공영식재가 작물의 근권부와 식물체 내 활성물질에 미치는 영향에 관한 정밀한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본 결과를 통해 방향식물과의 공영식재를 통한 유기농산물의 안전한 생산과 농업의 지속가능성을 확보하는데 도움이 되길 바란다.

Data Availability: All data are available in the main text or in the Supplementary Information.

Author Contributions: J.-H.J. conceived and designed the research; J.-H.P. led the growth experiment and wrote the first manuscript, Y.-H.Y. revised the manuscript; J.-H.P. performed the statistical analysis; H.-G.K. collected the data; Y.-H.Y. provide critical feedback.

Notes: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2021R1F1A1063456).

Additional Information:

Supplementary information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.05>

Correspondence and requests for materials should be addressed to Jin-Hee Ju.

Peer review information Korean Journal of Environmental Agriculture thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Reprints and permissions information is available at <http://www.korseaj.org>

References

1. Parker JE, Snyder WE, Hamilton GC, Rodriguez-Saona C (2013) Companion planting and insect pest control. *Weed and Pest Control- Conventional and New Challenges*, 10, 1-50. <https://doi.org/10.5772/55044>.
2. Ben-Issa R, Gomez L, Gautier H (2017) Companion plants for aphid pest management. *Insects*, 8(4), 112. <https://doi.org/10.3390/insects8040112>.
3. Hicks LC, Rahman MM, Carnol M, Verheyen K, Rousk J (2018) The legacy of mixed planting and precipitation reduction treatments on soil microbial activity, biomass and community composition in a young tree plantation. *Soil Biology and Biochemistry*, 124, 227-235. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.05.027>.
4. Chae Y, Hong IK, Lee SM, Jung YB, Han KS, Jang YA, Youk SH (2019) Effects of mixed cultivation of companion plant in urban garden on the pest development and growth of cabbages. *Horticultural Science and Technology*, 37(Suppl.), 75-76.
5. Hong IK, Yun HK, Jung YB, Lee SM (2020) Research on the concept and perception of companion plants to create an eco-friendly urban garden. *Horticultural Science and Technology*, 38(Suppl.), 177-178.
6. Conboy NJA, Mcdaniel T, Ormrod A, George D, Gatehouse AMR, Wharton E, Conohoe P, Curtis R, Tosh R (2019) Companion planting with French marigolds protects tomato plants from glasshouse whiteflies through the emission of airborne limonene. *PloS one*, 14(3), e0213071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213071>.
7. Matsuoka T, Tsuchiya K, Yamada S, Lundholm J, Okuro T (2020) The effects of growth form on the impact of companion planting of nectar-producing plant species with *Sedum album* for extensive green roofs. *Urban Forestry & Urban Greening*, 56, 126875. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126875>.
8. Kim CJ, Han SW, Jeong NR, Kim WY, Lee HS, Ko B, Kim KJ (2022) Analysis of volatile organic compounds in companion plants for use in the management of eco-friendly urban community gardens. *Horticultural Science and Technology*, 40(Suppl.), 192-193.
9. Lee IB, Jung DH, Kang SB, Yi PH, Jeong ST, Kim SH, Park JM (2024) Changes in the growth and fruit yield of hot peppers grown under elevated CO₂ and temperature conditions. *Horticultural Science and Technology*, 42(3), 365-376. <https://doi.org/10.7235/HORT.2024.0030>.
10. Dieudonné E, Gautier H, Dardouri T, Staudt M, Costagliola G, Gomez L (2022) Establishing repellent effects of aromatic companion plants on *Dysaphis plantaginea*, using a new dynamic tubular olfactometer. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 170(8), 727-743. <https://doi.org/10.1111/eea.13194>.
11. Maravillas KE, Díaz-Almeyda E, Gerardo, N (2019) Bacterial growth in milpa polyculture and monoculture soils. *Journal of Student Research*, <https://doi.org/10.47611/jsr.vi.691>.
12. Pietikäinen J, Pettersson M, Bååth E (2005) Comparison of temperature effects on soil respiration and bacterial and fungal growth rates. *FEMS Microbiology Ecology*, 52(1), 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.femsec.2004.10.002>.
13. Liu Q, Guo F, Fan Y, Zhu J, Ma H, Hu Y (2008) The effect of monoculture and intercropping on soil temperature of flue-cured tobacco. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 37(6), 48-50. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-3268.2008.06.012>.
14. Kim KD, Ahn JH, Lee JT, Hong SC (2008) Evaluation of companion crop for conservation of soil in highland cultivation of Chinese cabbage. *Journal of Bio-Environment Control*, 17(1), 1-8. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i3.930>.
15. Manoli G, Bonetti S, Domec J, Putti M, Katul G, Marani M (2014) Tree root systems competing for soil moisture in a 3D soil-plant model. *Advances in Water Resources*, 66, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2014.01.006>.
16. Chen M, Chen B, Marschner P (2008) Plant growth and soil microbial community structure of legumes and grasses grown in monoculture or mixture. *Journal of Environmental Sciences*, 20(10), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62214-7](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62214-7).

17. Oh SY, Koh SC (2019) Fruit development and quality of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under various temperature regimes. *Horticultural Science and Technology*, 37(3), 313-321. <https://doi.org/10.7235/HORT.20190032>.
18. Peng QA, Liang YL, Chen C, Zhu JJ, Wei ZX, Jia WY, Wu Y (2010) Effects of soil moisture on growth and pepper fruit quality in greenhouse during fruiting stage. *Journal of Northwest A&F University - Natural Science Edition*, 38(1), 154-160. <https://www.cabidigital.library.org/doi/full/10.5555/20103061875>.
19. Ghai N, Kaur J, Jindal SK, Dhaliwal MS, Pahwa K (2016) Physiological and biochemical response to higher temperature stress in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Applied and Natural Science*, 8(3), 1133-1137. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i3.930>.
20. Gao J, Zhang F (2023) Influence of companion planting on microbial compositions and their symbiotic network in pepper continuous cropping soil. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33(6), 760-770. <https://doi.org/10.4014/jmb.2211.11032>.
21. Ben Issa R, Gautier H, Gomez L (2017) Influence of neighbouring companion plants on the performance of aphid populations on sweet pepper plants under greenhouse conditions. *Agricultural and Forest Entomology*, 19(2), 181-191. <https://doi.org/10.1111/afe.12199>.
22. Lee MS, Chung MS (2001) Analysis of volatile flavor components from *Allium senescens*. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 17(1), 55-59.
23. Gupta G, Agarwal U, Kaur H, Kumar NR, Gupta P (2017) Aphicidal effects of terpenoids present in *Citrus limon* on *Macrosiphum roseiformis* and two generalist insect predators. *Journal of Asia-pacific Entomology*, 20(4), 1087-1095. <https://doi.org/10.1016/J.ASPEN.2017.08.007>.
24. Dieudonné E, Gautier H, Dardouri T, Staudt M, Costagliola G, Gomez L (2022) Establishing repellent effects of aromatic companion plants on *Dysaphis plantaginea*, using a new dynamic tubular olfactometer. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 170(8), 727-743. <https://doi.org/10.1111/eea.13194>.
25. Kim SS, Jung M, Song Y, Kang SC, Kim BH, Choi IJ, Kim HG, Lee D (2017) Evaluating the potential of the extract of *Perilla* sp. as a natural insecticide for *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on sweet peppers. *Entomological Research*, 47, 208-216. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12211>.