

풋거름작물 시용 처리가 유기재배 오이의 수량 및 질소이용효율에 미치는 영향

공민재, 이상민, 이초롱, 황현영, 이영미, 안난희, 조정래*

Effects of Green Manures on Fruits Yield and Nitrogen Utilization Efficiency of Cucumbers Cultivated in Organic Systems

Min-Jae Kong , Sang-Min Lee , Cho-Rong Lee , Hyeon-Yeong Hwang , Young-Mi Lee ,
Nan-Hee An  and Jung-Lai Cho 

농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 유기농업과

Organic Agricultural Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

* Correspondence: chojr@korea.kr

<https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.38>

Korean J. Environ. Agric. 2024, 43, 394-403

Received: December 4, 2024
Revised: December 16, 2024
Accepted: December 18, 2024
Published: December 20, 2024

Online ISSN: 2233-4173
Print ISSN: 1225-3537



Check for
updates

© 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: For organic cucumber cultivation, nutrients are supplied through organic matter such as compost, organic fertilizers, and green manure crops. Unlike chemical fertilizers, organic matter is influenced by factors like soil and climate, making nutrient management challenging. This study examined green manure crops like rye, hairy vetch, crotalaria, and sudangrass, as well as green manure treatment methods, nutrient utilization, and liquid manure applications. The results showed that mixing rye and hairy vetch for winter green manure crops produced 4,870 kg/10a, with nitrogen supply estimates of 16.2 kg/10a for rye, 23.1 kg/10a for hairy vetch, and 29.5 kg/10a for the mixed sowing. For summer crops, crotalaria produced 4,232 kg/10a and sudangrass 7,824 kg/10a, providing around 15 kg/10a of nitrogen. When over 20 kg/10a of nitrogen was supplied via green manure, nitrogen absorption averaged 33.5 kg/10a, with a nitrogen use efficiency of 71.9%. To optimize green manure for the fall cropping period, early cutting of crops is needed for quick decomposition. Advancing the planting season or providing thermal insulation measures at night will help achieve the desired green manure quantity.

Keywords: Cucumber, Green manure, Organic farming, Nutrient supply, Soil management

서 론

2016년 친환경농산물 저농약인증 폐지에 따라 친환경 재배면적이 크게 감소한 이후 최근에는 정제 상태인 반면 유기재배 면적은 최근에도 증가하고 있다. 유기농업은 관행농업에 비해 고소득 창출, 환경보전, 토양환경 개선 등 다양한 이익을 가져오고 있다[1-6]. 우리나라의 기후는 혹서·혹한기를 동시에 가지고 있고 또한 여름

철 집중강우로 인해 병해충, 토양, 양분관리 측면 등 작물생산에 많은 제약이 따르고 있어 이러한 환경적인 제약을 해결하기 위한 시설 내 재배가 많이 이루어지고 있다[7,8].

시설재배 시 관행재배에서는 석회, 퇴비, 인산질 비료 등의 과다사용은 염류집적 현상, 토양양분 불균형, 작물의 수분흡수 저해, 양분 유출, 특정 이온의 독성 작용 등으로 인한 지하수 오염 및 수질오염의 원인이 될 수 있다[9-13]. 한편 유기재배에서는 양분관리를 위해 퇴비, 유기질 비료, 풋거름작물 등을 사용하는데 풋거름작물은 토양 물리성과 화학성을 개선하고 잡초 관리, 병해충관리에 유리하며 생물다양성을 증대시키는 많은 이점이 있다[14-16]. 하지만 유기재배 실천 농가에서는 풋거름작물의 편익이 빠른 시간에 확인되지 않고 경제성에 맞지 않아 풋거름작물 재배보다는 쉽게 구입 가능한 유기질 비료에 의존하고 있으며 풋거름을 이용한 양분관리 시 생육 후기 다비성, 장기작물의 경우 풋거름사용 이후 추가 양분에 대한 공급 문제가 발생하기 때문에 풋거름작물 재배를 기피하는 현상이 발생하고 있다[6].

오이(*Cucumis sativus* L.)는 박과속 덩굴성 일년생 식물로 우리나라에서는 김치, 냉채, 샐러드, 생채 등 다양한 형태로 소비가 되고 있으며 2000년 이후 시설재배로 약 45만톤 이상 생산량이 증가되어 왔다[17,18]. 오이는 연중 생산이 가능한 시설재배로 보온과 가온 시설을 이용하여 축성재배, 반축성재배, 억제재배 등 다양한 방법으로 인위적인 환경조절을 통해 생산량을 증대하여 높은 소득을 올리고 있다[19-21]. 오이는 95~96%가 수분으로 이루어져 열량이 낮으며 미네랄, 비타민, 칼륨 함량이 높아 체내 노폐물의 배출을 도우며 생식으로 많이 이용되고 있다[18,22]. 생식으로 주로 소비하는 오이는 기존의 화학비료, 농약을 사용하는 관행재배보다는 유기재배의 필요성이 매우 높다고 볼 수 있다.

오이의 유기재배를 위해서는 퇴비, 유기질 비료, 풋거름작물 등 적절한 유기물을 이용하여 양분을 공급하여야 하며, 공급된 유기물은 무기화 과정을 거친 후 양분으로 공급할 수 있다. 유기물의 무기화 과정은 토양, 기후, 토성 등 여러 요인의 영향을 크게 받으므로 적절한 양분관리에 어려움이 있다. 오이 유기재배에서 두과, 화본과와 같은 풋거름작물 시용 시 성분함량에 따른 작물의 질소 이용 효율에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 풋거름작물을 활용하여 유기농 오이를 안정적으로 생산하기 위하여 호밀(*Secale cereale*), 헤어리베치(*Vicia villosa*), 네마장황(*Crotalaria juncea*), 수단그라스(*Sorghum sudanense*) 등의 풋거름작물 재배시험, 풋거름처리 방법시험, 풋거름작물의 양분 이용 효율, 액비를 이용한 추비방법 등 양분관리 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구에 사용된 시험 토양은 식양토로 pH 6.9, 유기물 함량은 20.0 g/kg, 유효인산 291 mg/kg으로 확인되었다. 화학비료 ($N-P_2O_5-K_2O = 20-10-12$ kg/10a)는 요소(질소 46%), 용성인비(인산 17% 등), 염화칼륨(칼리 60%)을 활용하였다. 시험에 사용한 동계 풋거름작물 호밀과 헤어리베치, 하계 풋거름작물 수단그라스, 귀리(*Avena sativa*), 유채(*Brassica napus*)를 이용하였다. 시험에 사용한 비료는 혼합유박은 유박골드(아주까리유박 47%, 대두박 23%, 미강 20%, 채종유박 10%), 액비는 An et al. [30]이 제시한 어분발효액비를 제조하여 상온에서 90일간 발효시킨 질소용 액비는 pH 6.0, 전질소 10.0 g/L, 인산 1.01 g/L, 칼륨 2.71 g/L의 화학성으로 확인되었다.

풋거름작물 재배시험

풋거름작물 재배시험을 2014년 가을부터 전라북도 완주군 이서면 국립농업과학원 내 비닐하우스에서 2017년 가을까지 수행하였다. 동계 풋거름작물 호밀과 헤어리베치는 10월 중하순경 단파와 혼파로 호밀은 12 kg/10a, 헤어리베치는 5 kg/10a로 파종하였으며, 혼파의 경우 각각 양을 1/2로 파종하였다. 월동 후 3월 말경 예취 후 호밀과 헤어리베치의 지상부 생체중, 풋거름작물의 질소함량 분석을 통하여 오이 재배를 위한 질소공급량을 추정하였다. 가을 작기 오이 재배를 위한 하계 풋거름작물은 네마장황 6 kg/10a, 수단그라스 5 kg/10a, 귀리 12 kg/10a, 유채 3 kg/10a로 7월 초 파종 후 8월 중순 경에 수확하였다.

풋거름 작물 재배 시기별 오이 유기재배 시험

풋거름작물 처리 방법에 따른 양분공급 효과를 비교하기 위해 풋거름작물을 재배한 후에 2015년부터 2017년까지 봄·가을 오이의 유기재배 시험을 수행하였다. 2015년에는 풋거름작물의 시험구 처리는 오이 표준시비량의 질소 기준으로 전면 경운하여 토양에 혼입하여 봄 작기에는 호밀 단파, 헤어리베치 단파, 호밀+헤어리베치 혼파처리구, 화학비료(N-P-K: 20-10-12 kg/10a), 무비구와 비교하였다. 2015년 봄 오이는 3월 초 파종하여 육묘한 오이묘(c.v. 조은백다다기)를 약 한 달 후, 20 cm 간격으로 정식하여 두 줄로 유인재배, 완전임의배치 3반복 배치, 정식 후 한 달 간격으로 생육조사를 실시하였다. 2015년 가을 작기에는 네마장황, 수단그라스, 귀리, 유채, 관행(N-P-K), 무비구와 비교하였다. 가을 오이는 7월 31일 파종하여 육묘한 오이묘(c.v. 네박자)하여 8월 25일, 20 cm 간격으로 정식하여 봄 작기와 동일하게 조성하고 조사하였다.

2016년 봄·가을 오이 유기재배 시 액비를 이용한 추비방법을 검토하였다. 2015년 풋거름작물 시험 결과를 토대로 풋거름생 산량과 질소 공급량이 높게 확인되었던 봄 오이 재배를 위한 풋거름작물은 호밀+헤어리베치의 혼파, 가을 풋거름작물은 네마장황과 수단그라스를 이용하였다. 처리는 풋거름+액비, 풋거름+혼합유박, 액비만으로 20 kg/10a의 질소를 공급하는 처리를 관행(N-P-K)과 무비구와 비교하였다. 추가하는 혼합유박과 추비액비의 비료량은 질소함량 10 kg/10a 분량으로 계산하였다. 액비 추비는 정식 20일 차부터 주 1회 사용하였다. 2017년 봄 오이 재배에서도 2016년과 동일하게 액비를 이용한 추비 검토를 실시하였으며, 봄 작기 처리는 풋거름, 풋거름+혼합유박, 풋거름+액비, 관행(N-P-K)과 무비구와 비교하였다. 가을 작기에는 작부체계에 따른 수량을 비교하기 위해 풋거름(네마장황), 혼합유박, 풋거름(수단그라스), 관행(N-P-K)과 무비구와 비교하였다.

조사 방법

질소공급량 분석을 위한 식물체 분석은 농업과학원 식물체분석법(Rural Development Administration, 2000)에 따라 식물체를 60°C 건조기(DS-80S, Dasol scientific, Korea)에서 48시간 건조시킨 후 분쇄기로 시료를 조제하여 C/N 자동분석기(Variomax CN, Elementar, Germany)를 이용하여 탄소와 질소함량을 구하여 탈질률을 계산하였다. 풋거름작물의 식물체 분석방법은 식물체 질소함량 분석을 통해 질소 공급량을 추정하였다. 식물체 생육조사는 각각 처리구별로 5주씩 잎, 줄기 및 과실 무게 등을 측정하였으며 오이 수량은 조사기간 동안 무게를 합산하여 누적 생산량을 계산하였다. 풋거름 활용 시 양분 이용 효율과 토양질소 함량 변화 조사를 위해 2016년 동계 풋거름 재배 후 양분공급 방법에 따른 봄 오이의 생육 조사와 질소함량에 따른 질소 이용 효율(Nitrogen use efficiency)은 다음과 같은 식으로 계산하였다(Fig. 1).

$$\text{질소이용효율(\%)} = ((A - B) / X) \cdot 100$$

A : 처리구 N 흡수량
B : 무비구 N 흡수량
X : 처리구 N 시비량

Fig. 1. Nitrogen use efficiency calculation formula.

처리구 질소시비량에는 사용된 비료, 지상부 풋거름에 포함된 질소량을 포함하여 계산하였으며, 동계 풋거름처리를 처음 채취한 초기에는 3~4일 간격, 이후에는 14일 간격으로 가을 작기가 끝나는 10월 말까지 토양 중 무기태 질소 함량을 조사하였다. 토양을 10 cm 깊이로 채취하고 흐름주입분석기(Flow Injection Analysys: FIA, QC8500 s2, HACH, USA)를 이용하여 질산태 질소(NO₃-N)과 암모니아태 질소(NH₄-N)를 측정하였다.

통계 분석

통계 분석은 SPSS 통계프로그램(SPSS Inc., Release 18, IBM, USA)을 이용하여 Duncan's New Multiple Range Test로 95% 수준에서 처리구 평균 간 유의차를 분석하였다.

연구 결과

여름 · 겨울철 풋거름작물 재배시험

2015년 봄 오이 재배를 위한 월동 풋거름처리구 중 호밀과 헤어리베치, 호밀+헤어리베치 처리구에서 지상부 생체량은 각각 2,740 kg/10a, 3,990 kg/10a, 4,870 kg/10a를 나타내어 호밀+헤어리베치 처리구에서 4,870 kg/10a로 가장 많은 생산량을 나타냈다 (Table 1). Park et al. [23]은 호밀의 지상부 생체량이 2,570 kg/10a를 나타낸다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 생산량을 나타냈다. 이로써 추정 질소 공급량은 호밀이 16.2 kg/10a, 헤어리베치는 23.1 kg/10a, 혼파 시에는 29.5 kg/10a로 추정되어 Seong et al. [24]의 헤어리베치와 호밀의 혼파비율에 대한 연구 결과와 유사하였다. 상기 결과를 종합할 때, 호밀과 헤어리베치 혼파 시 풋거름 생산량 및 질소 공급량이 증대되어 2015년 동계 풋거름작물 파종은 호밀과 헤어리베치를 혼합하여 실시하였다.

가을 오이 재배를 위한 하계 풋거름작물 재배시험은 2015년과 2017년에 수행하였으며, 2015년 가을 오이 재배를 위한 하계 풋거름작물은 여름 동안 43일의 생육기간에도 불구하고 지상부 생장량은 네마장황 4,232 kg/10a, 수단그라스 7,824 kg/10a로 충분한 양을 확보할 수 있었다. 건물율과 식물체 질소함량 분석을 통해 추정된 질소공급량은 15 kg/10a 내외였다(Table 1). Jeon et al. [24]의 네마장황의 질소공급량 13 kg/10a, Cho et al.[7]의 네마장황의 질소공급량 18.3 kg/10a로 추정된 연구 결과와 본 시험에서는 14.5 kg/10a로 추정되어 오이의 질소 표준시비량인 20 kg/10a보다 낮았으므로 부족한 질소의 공급을 위한 처리 방안이 필요하였다.

2016년 봄 오이 재배를 위한 동계 풋거름생산량(혼파)은 전년도 단파(2740 kg/10a, 3,990 kg/10a)의 2배에 가까운 6,751 kg/10a 생장량으로 확인되었다. 건물율 및 식물체 질소함량으로부터 추정된 질소 공급량은 24.3 kg/10a로 전년도 29.5 kg/10a보다는 다소 적은 양을 보였으나 시설재배 오이의 질소 표준 시비량인 20 kg/10a를 크게 상회하여 봄 오이 재배의 질소 공급에 문제가 없을 것으로 판단되었다.

2017년 하계 풋거름작물의 경우 네마장황, 수단그라스를 36일 후 수확한 결과, 지상부 생장량이 크게 감소하고 질소 공급량은 Lim et al. [26]의 10.4 kg/10a, Lim et al. [27]의 9.5 kg/10a를 보고한 결과와 유사한 10 kg/10a 이하로 추정되었다. 탈질률이 헤어리베치 11.9인 반면 네마장황은 17.6으로 상대적으로 높아 분해가 헤어리베치에 비해 오랜 기간 무기화과정이 필요한 것으로 사료된다[28,29]. 추후 하계풋거름을 단기재배 시 최소 40일 이상, 추가적인 양분관리, 풋거름작물의 무기화과정을 위한 충분한 시간 확보가 필요할 것으로 판단된다.

풋거름작물을 활용한 봄 · 가을 오이 수량 및 질소이용효율 변화

2015년 봄 작기 수확량은 무비구를 포함하여 2,459~5,846 kg/10a로 헤어리베치 풋거름(단파)구는 화학비료를 처리한 관행구와 비슷한 높은 수량으로 확인되었다($p < 0.05$, Table 2). 호밀 풋거름(단파)구의 수량은 3,685 kg/10a로 무비구와 비슷하게 확인되었고, 질소 공급량이 29.5 kg/10a로 가장 높았던 헤어리베치와 호밀(혼파) 처리구의 오이 수량은 4,370 kg/10a로 Jeon et al. [25]의 연구 결과와 같이 토양의 질소가 오이의 생산력을 결정하는 지표성분이 될 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 질소 공급량 대비 수량 간 차이는 가장자리 이랑의 온도, 수분 등 환경관리에 취약하여 생육 간의 차이가 발생한 것으로 사료된다. 한편 봄 작기의 병해충 조사 결과, 노균병과 진딧물 등이 발생하였으나 오이의 생육에는 큰 지장이 없는 정도였다. 2015년 봄 작기 실험 결과

Table 1. Production of green manure crops and amount nitrogen supply for cucumber organic cultivation in summer and winter

Green manure crops	Winter				Summer					
	Single crop		Multiple crop		Single crop					
	Rye	H.V.*	Rye + H.V.		Crotalaria		Sudangrass	Oat	Rape	
	2015	2015	2015	2016	2015	2017	2015	2017	2015	2015
Plant fresh weight (kg/10a)	3,990	2,740	4,870	6,751	4,232	2,417	7,824	4,590	1,440	1,028
Plant dry ratio (%)	26.5	21.5	26.5, 21.5	14.1, 11.9	13.8	10.9	13.8	9.4	14.8	10.2
Nitrogen concentration (%)	1.54	3.92	1.54, 3.92	2.30, 3.50	2.49	2.98	1.48	2.17	2.08	3.07
Amount of N supply (kg/10a)	16.2	23.1	29.5	24.3	14.5	7.9	15.9	9.3	4.4	3.2

Table 2. Fruit Yield of organic cultivated spring cucumbers cultivated by winter green manure crops (2015)

Treatment ⁺	Fruit number (no./plant)	Fruit weight (g/plant)	Fruit weight average (g)	Fruit Yield (kg/10a)
Rye	8.3±1.9 b	1110.0±260.6 b	132.5±2.3 ab	3685.0±901.2 ab
H.V. ⁺	12.6±1.1 a	1770.0±182.5 a	140.0±4.4 a	5846.3±1556.6 a
Rye + H.V.	10.0±2.5 ab	1310.0±350.0 ab	131.0±3.6 ab	4370.7±1270.1 ab
N-P-K	12.7±2.3 a	1720.0±398.9 a	134.7±9.7 ab	5668.3±1513.8 a
Control	6.5±1.3 b	816.7±169.2 b	127.0±0.0 b	2459.3±430.4 b
F-value ¹⁾	6.069*	5.987*	N.S	4.085*

* Test result is statistically significant at the P=0.05 level(*), 0.01 level(**), 0.001 level***); N.S=Not Significant result.

¹⁾ The result is according difference by treatment, Lower case letters. a>b>c..., + H.V. : Hairy vetch

관행(N-P-K) 대비 동계 풋거름 재배로 유기농 오이 재배의 표준시비량에 해당하는 충분한 질소를 토양에 공급할 수 있으며, 병해충 발생에 있어 적절한 방제 및 예방을 통해 봄 오이의 정상적인 유기재배가 가능할 것으로 판단된다.

2016년 봄 작기부터는 이랑 간 온도나 수분 등 환경관리에 취약한 점을 고려하여 시험포장 가장자리 편차를 줄이기 위해 1m 썩의 완충지대를 두고 시험구를 배치하여 실험하였으며, 전년도와는 상이하게 풋거름작물, 혼합유박, 액비를 준비하는 시험과 토양 중 무기태질소 함량을 살펴보았다. 2016년 헤어리베치와 호밀의 혼파 재배로 풋거름작물 생산량은 약 1.39배 증가한 6,751 kg/10a로 충분한 양을 생산하여 24.3 kg/10a의 질소공급량을 투입하였으나, 노균병과 진딧물 등 병해충이 발생하여 2015년 대비 높은 수량을 올리는 못하였다(Table 3).

토양 중 무기태질소 함량의 변화를 살펴본 결과, 관행(N-P-K) 처리구는 화학비료를 기비, 준비한 시험에 확연하게 토양 중 무기태질소 함량 변화가 가장 크게 나타났다. 주당 오이 평균 수확량은 관행(N-P-K) > 풋거름+액비 > 풋거름+혼합유박 > 액비 처리구 순으로 확인되었다. 풋거름 재배 후 전량 토양에 환원한 후 추가적으로 액비를 처리한 시험구에서도 관행(N-P-K) 처리구 대비 토양 무기태질소 함량변화량은 작거나 비슷한 양상으로 확인되었으며 초장, 경경, 주당 과수 또한 관행(N-P-K) 처리구와 비슷한 결과로 확인되었다.

무비처리구는 화학처리구에 한 주당 오이의 수량 10.8개에 비해 절반에 가까운 5.4개로 확인되었고, 토양 중 무기태 질소 함량이 가장 낮은 변화량을 보였다. 2016년 봄 오이 시험 결과, 풋거름과 액비를 준비한 처리구는 An et al. [30]의 액비처리에 의한 지속적인 양분공급으로 관행(N-P-K) 대비 90%의 수량성 확보가 가능할 것으로 확인되어 풋거름작물을 통한 양분공급과 추후 액비를 통한 준비가 봄 오이 유기재배 수량 확보에 용이할 것으로 판단된다.

2015년, 2016년 병해충 발생으로 인해 2017년 봄 오이 시험품종은 노균병저항성 품종으로 신세대(네박자) 품종을 선택하였고 병해충 발생에 앞서 예방적 방제를 실시하여 적절히 관리하였으며, 최종 생육조사 결과 5m 이상까지 줄기가 성장하였고 마디수는 60개 내외로 확인되었다(Table 4).

2017년 봄 작기의 질소 이용 효율 분석 결과(Fig. 2), 관행(N-P-K) 처리구의 질소 흡수량은 33.2 kg/10a로 확인되었고, 질소

Table 3. Fruit Yield of organic cultivation spring cucumbers by the method of cultivation of green manure crops and additional fertilizer use (2016)

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of nodes (no.)	Fruit number (no./plant)	Fruit yield (kg/10a)
Green manure + Oil cake	507.8±15.9 a	8.3±0.3 ab	57.1±0.8 a	8.7±2.0 a	3308.1±247.8 ab
Green manure + Liquid fertilizer	491.4±14.9 a	7.8±0.8 ab	52.8±3.0 ab	9.5±0.6 a	3599.2±195.4 a
Liquid fertilizer	495.9±56.8 a	8.8±1.0 a	53.7±4.3 ab	8.3±1.9 ab	3114.2±93.5 b
N-P-K	520.3±31.1 a	8.6±0.7 ab	55.1±3.4 a	10.8±1.2 a	3559.3±109.5 a
Control	412.2±48.7 b	7.2±0.9 b	47.4±5.5 b	5.4±1.8 b	2165.4±70.7 c
F-value ¹⁾	3.851*	N.S	N.S	4.678*	40.845***

* Test result is statistically significant at the P=0.05 level(*), 0.01 level(**), 0.001 level***); N.S=Not Significant result.

¹⁾ The result is according difference by treatment, Lower case letters. a>b>c.

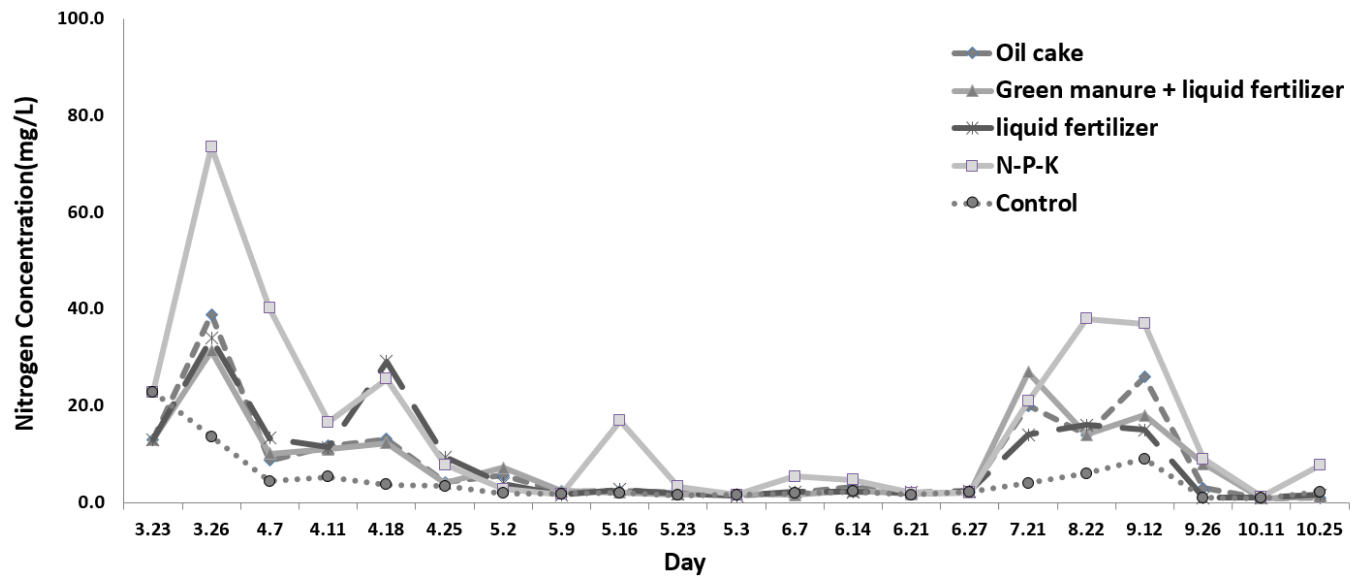


Fig. 2. Changes in inorganic nitrogen concentrations in soil by treatment of green manure and nutrient seeding methods (2016).

이용 효율은 73.5%로 총 수량은 9,159 kg/10a로 가장 많은 오이 수량이 확보되었다(Table 4, 5). 풋거름 재배 후 전량 토양에 환원하여 관행과 같은 수준 외에 추비하지 않은 풋거름 단독구는 88.1%로 가장 높은 질소 이용 효율을 보였으며, 관행(N-P-K) 처리구와 통계적 차이는 확인되지 않았다. 풋거름과 혼합유박, 액비를 추비로 사용한 처리구는 각각 57.8%, 69.8%의 질소 이용 효율로 확인되었고 질소 흡수량의 경우 풋거름재배 후 전량 토양에 환원한 후 액비를 추비로 사용한 처리구에서 35.8 kg/10a 가장 높은 질소 흡수량으로 분석되었다. 하지만 추후 정확한 질소 공급량을 통일하여 자재별로 질소 이용율을 평가하는 추가적인 시험이 필요할 것으로 사료된다.

풋거름과 혼합유박, 액비를 사용한 처리구는 관행(N-P-K) 처리구에 비해 적은 7,492~7,853 kg/10a의 수량으로 확인되었다. 유기재배 오이의 양분관리를 위해서는 동계풋거름과 하계풋거름 등을 이용하여 충분한 양을 토양에 공급하고 수확기 연장을 위한 추가 양분은 액비를 공급하는 것이 수량 확보에 용이할 것으로 판단된다.

2016년 가을 작기 오이 재배에서는 혼합유박(유박골드), 액비를 추비로 사용하여 오이의 질소 표준시비량을 공급한 결과, 풋거름 재배와 액비를 관비하여 추비로 사용한 시험구에서 가장 많은 3,478 kg/10a의 수량으로 확인되었다(Table 6). 관행(N-P-K) 처리구는 충분한 양분을 공급함에도 불구하고 무비 처리구에 비해 낮은 수량 확인되었으며 연작으로 인한 피해로 사료된다. 관행(N-P-K) 처리구는 저농도의 액비를 추비하는 것이 토양 미생물의 증가와 작물 수량이 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다[31].

Table 4. Fruit Yield of organic cultivation spring cucumbers by the method of cultivation of green manure crops and additional fertilizer use (2017)

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of nodes (no.)	Fruit number (no./plant)	Fruit Yield (kg/10a)
Green manure	508.6±42.2 a	14.0±0.7 a	56.9±3.9 a	19.2±1.4 a	7853.7±557.0 a
Green manure + Oil cake	489.7±38.9 ab	14.7±1.4 a	55.5±3.9 a	18.4±3.5 a	7492.7±1436.4 a
Green manure + Liquid fertilizer	516.3±37.3 a	14.9±1.3 a	56.3±2.9 a	18.9±1.6 a	7657.0±749.5 a
N-P-K	547.0±19.9 a	13.7±0.9 a	61.1±2.0 a	22.4±3.1 a	9159.7±1275.1 a
Control	415.6±72.0 b	12.7±1.7 a	15.0±1.4 b	10.1±1.8 b	4118.0±737.8 b
F-value ¹⁾	3.533*	N.S	122.546***	10.693**	10.316**

* Test result is statistically significant at the P=0.05 level(*), 0.01 level(**), 0.001 level***); N.S=Not Significant result.

¹⁾ The result is according difference by treatment, Lower case letters. a>b>c.

Table 5. Amount of nitrogen uptaken and Utilization rate by nutrient supply method in organic cultivation of cucumber (2017)

Treatment	Amount of nitrogen supply (kg/10a)	Amount of nitrogen uptaken (kg/10a)	Nitrogen use efficiency (%)
Green manure (Single crop)	21.1	32.7	88.1
Green manure + Oil cake	31.1	32.1	57.8
Green manure + Liquid fertilizer	31.1	35.8	69.8
N-P-K	26.0	33.2	73.5
Control	-	14.1	-

Table 6. Fruit Yield of organic cultivation autumn cucumbers by the method of cultivation of green manure crops and additional fertilizer use (2016)

Treatment	Fruit number (no./plant)	Fruit weight (g/plant)	Fruit weight average (g)	Fruit yield (kg/10a)
Green manure + Oil cake	7.1±1.2 b	926.7±153.7 a	131.4±10.5 a	3144.0±572.8 a
Green manure + Liquid Fertilizer	7.9±0.6 ab	1013.3±136.1 a	128.3±8.7 a	3371.3±531.2 a
Liquid Fertilizer	8.7±0.4 a	1083.3±135.8 a	123.6±10.4 a	3478.3±245.7 a
N-P-K	7.8±0.4 ab	990.0±52.9 a	127.2±1.6 a	3380.0±181.2 a
Control	6.9±0.3 b	873.3±68.1 a	126.2±7.8 a	2874.0±202.3 a
F-value ¹⁾	3.545*	N.S	N.S	N.S

* Test result is statistically significant at the P=0.05 level(*), 0.01 level(**), 0.001 level***); N.S=Not Significant result.

¹⁾ The result is according difference by treatment, Lower case letters. a>b>c.

2017년 가을 작기에서는 작부체계 시험을 수행하기 위해 가을 오이(c.v. 신세대)를 8월 17일 정식한 후 야간온도가 10°C 이하로 떨어지는 10월 29일까지 수확하였다. 하계 풋거름작물(네마장황, 수단그라스)을 재배 후 가을 오이를 재배한 윤작한 처리구에서는 Lim et al. [26]의 네마장황을 통한 충분한 질소 공급량에 비해 작물의 수량이 낮게 확인된 결과와 같이 본 시험에서도 유사한 결과로 확인되었다(Table 7). 이러한 결과는 네마장황의 17.6의 탄질물, 총 질소량의 50%만 후작물에 이용 가능한 점, 네마장황의 토양환원 후 수 주일 내에 무기태 질소로 전환되는 양의 부족 등 다양한 요인이 발생한 것으로 판단된다[28,29,31]. 풋거름 재배가 아닌 혼합유박을 처리한 처리구는 연작을 한 관행(N-P-K) 처리구와 비슷한 최종수량으로 확인되었다. 3년간 연작으로 인해 무비 처리구는 가장 낮은 922 kg/10a로 확인되었다.

가을 오이 재배시험에서는 흰가루병, 노균병, 진딧물, 목화바둑명나방 등의 병해충 발생에 의한 피해로 인한 수량 부족의 결과로 확인되었거나 또한 고온성 작물인 오이가 10월 이후 야간온도가 10°C 이하로 떨어지는 저온기의 생육 장애가 결정적 감수 요인으로 판단된다. 가을 오이 재배에서는 풋거름작물을 활용하여 연작의 피해를 줄이고 정식기를 최대한 앞당겨 저온기 전에 적정한 양의 수확을 달성하거나 야간의 별도 보온 대책으로 적정 수량을 달성할 수 있을 것으로 보인다.

풋거름작물을 활용한 봄 오이 유기재배 시 과실 품질 비교

추가적으로 2017년 봄 작기 수확과를 대상으로 오이 과실의 품질을 비교하였다. 플라보노이드는 항산화능이 높으며 폴리페놀과 같이 항염증, 항암효과, 항바이러스가 있는 것으로 알려져 있다[33-35]. 총플라보노이드는 풋거름 처리구와 무비 처리구 간의 차이가 확인되어 풋거름, 액비를 통한 양분공급 시 플라보노이드가 관행(N-P-K)에 비해 증가되는 것으로 판단된다. 하지만 베타카로틴, 비타민C, 총 폴리페놀 함량 등은 처리 간에는 물론이고 무비 처리구와도 차이 및 통계적 유의성은 확인되지 않았다(Table 8).

채소의 품질은 침수, 한발, 양분결핍 등 스트레스에 의해 항산화 물질이나 페놀성 화합물 생성이 촉진되어 품질이 향상되는 것으로 알려져 있으며, 유기재배 채소에서 감자, 토마토, 엽채류에서 페놀화합물이나 비타민C 함량이 증가한 사례가 보고된 바 있으나[36] 본 시험에서는 풋거름과 관행(N-P-K), 무비 처리 간의 유의성 있는 결과를 확인하지 못하였다. 유기농산물 소비자의 경우 농산물의 안전성과 함께 품질에 대한 기호도가 높은 만큼 유기농산물의 수량 증대 및 품질 향상을 위한 다양한 시험이

Table 7. Fruit Yield of organic cultivation autumn cucumbers by the method of cultivation of green manure crops and additional fertilizer use (2017)

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of nodes (no.)	Fruit weight average (g)	Fruit yield (kg/10a)
Green manure (Crotalaria)	371.0±17.4 ab	14.2±0.7 ab	42.4±3.8 a	163.3±11.0 a	2350.3±682.5 a
Oil cake	372.0±47.4 ab	15.2±0.3 a	41.9±3.5 ab	144.0±13.5 ab	1979.7±915.7 ab
Green manure (Sudangrass)	389.0±4.9 a	14.3±0.6 ab	42.3±1.9 a	170.7±8.5 a	2442.7±200.1 a
N-P-K	375.0±19.9 ab	14.7±0.5 a	43.1±0.4 a	149.3±17.6 ab	1839.0±447.0 ab
Control	333.0±9.8 b	13.3±0.8 b	37.4±1.4 b	135.0±17.1 b	922.7±403.3 b
F-value ¹⁾	N.S	4.428*	N.S	N.S	N.S

* Test result is statistically significant at the P=0.05 level(*), 0.01 level(**), 0.001 level(***) ; N.S=Not Significant result.

¹⁾ The result is according difference by treatment, Lower case letters. a>b>c.

Table 8. Comparison of the quality of cucumber in the management of nutrients using Green manure and liquid fertilizer (2017)

Treatment	Nitrogen content (%)	Beta-carotene (μg/100g)	Vitamin C (mg/100g)	Total flavonoid (mg/100g)	Total polyphenol (mg/100g)
Green manure (Single crop)	3.2 a	114.9 a	7.23 b	5.29 a	11.04 a
Green manure + Liquid fertilizer	3.3 a	97.6 a	10.88 ab	4.29 ab	12.40 a
Liquid fertilizer	3.6 a	152.9 a	12.39 a	5.14 a	12.23 a
N-P-K	3.3 a	150.8 a	8.98 ab	4.91 ab	11.33 a
Control	2.9 a	107.1 a	8.75 ab	3.36 b	10.54 a
F-value ¹⁾	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

* Test result is statistically significant at the P=0.05 level(*), 0.01 level(**), 0.001 level(***) ; N.S=Not Significant result.

¹⁾ The result is according difference by treatment, Lower case letters. a>b>c.

추진될 필요가 있다고 판단된다.

고 찰

풋거름작물 처리가 유기재배 오이의 생육과 질소 이용 효율에 미치는 영향을 구명하기 위하여 2015년부터 2017년까지 국립 농업과학원 포장에서 재배시험을 수행하였다. 풋거름작물은 봄 작기에는 호밀, 헤어리베치 가을 작기에는 네마장황, 수단그라스 등을 사용하였으며, 풋거름만 처리한 것과 풋거름 처리 후 혼합유박과 액비로 추비한 처리를 비교하였다. 시험 결과 동계 풋거름 작물 재배로 16.2~23.1 kg/10a, 하계 풋거름작물재배로 3.2~15.9 kg/10a의 수량을 확보할 수 있었으며, 봄·가을 오이 유기재배 시 풋거름작물을 통해 질소 공급량을 20 kg/10a 이상 공급한 결과 질소 흡수량은 평균 약 33.5 kg/10a, 질소 이용 효율은 평균 약 71.9%로 분석되었다. 봄·가을 오이 유기재배를 위해서는 노균병과 진딧물 등 병해충의 예방적인 방제가 필요하며 풋거름 재배를 통한 연작장해의 피해를 줄이고 충분한 양분을 공급을 위해 액비를 추비하는 것이 수량 확보에 유리할 것으로 판단된다. 또한 가을 작기 시 풋거름 재배를 위해서는 오이의 정식시기를 고려하여 풋거름작물 재배 시기를 조절하거나 조기 예취 또는 풋거름작물이 빠른 시간 내 분해될 수 있도록 태양열을 이용한 고온 소독 등 풋거름작물의 무기화 과정을 위한 충분한 시간 확보와 추가적인 양분관리가 필요할 것으로 판단된다.

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

Author Contributions: M.-J.K. wrote the manuscript and performed the analysis; J.-L.C. carried out the experiments and performed analysis; S.-M.L, C.-R.L, H.-Y.H, Y.-M.L. and N.-H.A. contributed to the interpretation of results; J.-L.C. conceived the idea, supervised the findings of this work.

Notes: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ01087901)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

Additional Information:

Supplementary information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.38>

Correspondence and requests for materials should be addressed to Jung-Lai Cho.

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. Lotter DM (2003) Organic agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 21(4), 59-128. https://doi.org/10.1300/J064v21n04_06.
2. Ahn I, Park JS, Kim SH, Maeng WY, Lee IE (2012) Comparative analysis of technical system by six organic rice cultivation type in the southern provinces. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 20(4), 535-542. <https://doi.org/10.11625/KJOA.2012.20.4.535>.
3. Lee YH (2010) Evaluation of no-tillage rice cover crop cropping systems for organic farming. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 43(2), 200-208.
4. Wright SF, Starr JL, Paltineanu IC (1999) Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during tillage management transition. *Soil Science Society of America Journal*, 63(6), 1825-1829. <https://doi.org/10.2136/sssaj1999.6361825x>.
5. Jung MC (2007) Analysis of economic effects and distribution structure for environment-friendly rice's production. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 15(1), 43-58.
6. Park JH, Nam SH, Kim YO, Kwon OD, An KN (2010) Comparison of quality, physiochemical and functional property between organic and conventional rice. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 39(5), 725-730. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2010.39.5.725>.
7. Cho JL, An NH, Nam HS, Lee SM (2018) Effects of green manures and complementary fertilization on growth and nitrogen use efficiency of Chinese cabbages cultivated in organic systems. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 26(4), 731-743. <https://doi.org/10.11625/KJOA.2018.26.4.731>.
8. Lee CH, Lim TJ, Kang SS, Kim MS, Kim YH (2012) Relationship between cucumber yield and nitrate concentration in plastic film house with ryegrass application. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 45(6), 943-948. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2012.45.6.943>.
9. Lee SB, Lee CH, Hong CO, Kim SY, Lee YB, Kim PJ (2009) Effect of organic residue incorporation on salt activity in greenhouse soil. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 28(4), 97-402. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2009.28.4.397>.
10. Jung GB, Ruy IS, Kim BY (1994) Status of farmers' application rates of chemical fertilizer and farm manure for major crops. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 27(3), 238-246.
11. Pang XP, Letey J, Wu L (1997) Irrigation quantity and uniformity and nitrogen application effects on crop yield and nitrogen leaching. *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 257-261. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010036x>.
12. Addiscott TM, Thomas D (2000) Tillage, mineralization and leaching: phosphate. *Soil and Tillage Research*, 53(3-4), 255-273. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00110-5](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00110-5).
13. Lee KB, Lee DB, Lee SB, Kim JD (1999) Change in agricultural irrigation water quality in Mankyeong river. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 18(1), 6-7.
14. Ashraf MT, Mahmood F, Azam and Qureshi RM (2004) Comparative effects of applying leguminous and non-leguminous green manures and inorganic N on biomass yield and nitrogen uptake in flooded rice (*Oryza sativa* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 40, 147-152. <https://doi.org/10.1007/s00374-004-0756-0>.

15. Choi HS, Seo MC, Kim JH, Sang WG, Shin P, Lee GH (2015) Screen of green manure crops for cultivation on agricultural land with spring season in the central regions of Korea. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 48(6), 689-696. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2015.48.6.689>.
16. Gernami G, Plenchette, C (2005). Potential of *Crotalaria* species as green manure crops for the management of pathogenic nematodes and beneficial mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 266, 333-342. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-2281-9>.
17. Chung SH, Moon SH (2001) Antimutagenic and antimicrobial effect of cucumber (*Cucumis sativus*) extracts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 30(6), 1164-1170.
18. Lee YS, Seo HY, Kim GD, Moon JH, Lee YH, Choi KJ, Lee Y, Park JH, Kang JH (2010) A comparison of quality and volatile components of two cucumber cultivars grown under organic and conventional conditions. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 42(4), 407-413.
19. Hyun BK, Jung SJ, Jung YJ, Lee JY, Lee JK, Jang BC, Chio ND (2011) Soil management techniques for high quality cucumber cultivation in plastic film greenhouse. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 44(5), 717-721.
20. Lee JY, Park JH, Jang BC, Lee KS, Hyun BK, Hwang SW, Yoon YS, Song BH (2007) The establishment of critical ranges of inorganic nutrition contents in leaves of net melon (*Cucumis melo* L.) in protected cultivation. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 40(6), 471-475.
21. Park KS, Hur YC, Lee HE, Park DK (2006) Effect of plastic bagging cultivation of squash (*Cucurbita moschata*) on yield and uniformity, quality change during storage. *Journal of Bio Environment Control*, 15, 387-390.
22. Park ML, Lee YJ, Kozukue N, Han JS, Choi SH, Huh SM, Han GP, Choi SK (2004) Changes of vitamin C and chlorophyll contents in Oi-Kimchi with storage time. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 19(5), 566-572.
23. Seong BJ, Han SH, Kim SI, Kim GH, Lee KS, Kim HH, Won JY, So JD, Cho JW (2014) Growth characteristics and ginsenoside contents of Korean ginseng (*Panax ginseng* CA Meyer) by green manure crops. *Korean Journal of Crop Science*, 59(3), 364-368. <https://doi.org/10.7740/kjcs.2014.59.3.364>.
24. Jeon WT, Seong KY, Lee JK, Kim MT, Cho HS (2009) Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*)-rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil. *Korean Journal of Crop Science*, 54(3), 327-331.
25. Lim TJ, Hong SD, Kim SH, Park JM (2007) Recommendation of nitrogen fertilization for cucumber from relationship between soil nitrate nitrogen and yield. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 26(3), 223-227. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2007.26.3.223>.
26. Lim TJ, Kim KI, Park JM, Lee SE, Hong SD (2012) The use of green manure crops as a nitrogen source for lettuce and Chinese cabbage production in greenhouse. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 31(3), 212-216. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2012.31.3.212>.
27. Mubiru DN, Coyne MS (2009) Legume cover crops are more beneficial than natural fallows in minimally tilled Ugandan soils. *Agronomy Journal*, 101(3), 644-652. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0391>.
28. Cho HS, Seong KY, Park TS, Seo MC, Kim MH, Kang HW, Lee HJ (2013) Effect of seeding rate of *Crotalaria* (*Crotalaria juncea* L.) on green manure yield and nitrogen production in upland soil. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 46, 445-451. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2013.46.6.445>.
29. An NH, Cho JR, Lee SM, Nam HS (2018) Assessment of soil properties and growth of organically cultivated cucumber (*Cucumis sativus* L.) with applications of livestock manure compost and fish meal liquid fertilizer. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, 26(3), 23-31.
30. Franchini JC, Debiase H, Junior AA, Tonon BC, Bouc JR (2012) Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. *Field Crops Research*, 137, 178-185. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.003>.
31. Seo YH, Ahn MS, Kang AS, Jung YS (2011) Influence of continuous application of low-concentration swine slurry on soil properties and yield of tomato and cucumber in a greenhouse. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 44(5), 773-778.
32. Wagger MG (1989) Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agronomy Journal*, 81(2), 236-241. <https://doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100020020x>.
33. Tsao R (2010) Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2, 1231-1246. <https://doi.org/10.3390/nu2121231>.
34. Williams RJ, Spencer JP, Rice-Evans C (2004) Flavonoids: Antioxidants or signalling molecules?. *Free Radical Biology and Medicine*, 36(7), 838-849. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.01.001>.
35. Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ (2002) Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572-584. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00208-5](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00208-5).
36. Francesco O, Alvino M, Youssef R, Stefania DP (2016) "Physiological quality" of organically grown vegetables. *Scientia Horticulturae*, 208, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.033>.