



황기 후작지 재배 약용작물의 수량 평가

이은송^{1†} · 김용일² · 김용구³ · 이상구⁴ · 한경숙⁵ · 안태진⁶ · 윤영호⁷

Yield Evaluation of Medicinal Crops Suitable for Following Crop on *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bunge

Eun Song Lee^{1†}, Yong Il Kim², Yong Goo Kim³, Sang Ku Lee⁴, Kyung Sook Han⁵, Tae Jin An⁶ and Young Ho Yoon⁷

ABSTRACT

Received: 2022 February 3
1st Revised: 2022 February 23
2nd Revised: 2022 March 9
3rd Revised: 2022 March 28
Accepted: 2022 March 28

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.



Background: Roots of *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bunge have medicinal uses. This study was conducted to select promising succeeding crops by planting 10 different kinds of medicinal crops such as balloon flower on continuously cropped and firstly cropped land, for comparing and investigating the yields of each crop.

Methods and Results: For the yield evaluation of 10 kinds of medicinal crops in continuously cropped land and firstly cropped land, test field located in Songhak-myeon, Jecheon-si, Chungcheongbuk-do was selected. In order to maintain the cultivated area for medicinal crops while avoiding the injury by continuous cropping, 10 kinds of candidate crops those can be harvested in that same year with a high domestic cultivation area were planted for selecting promising succeeding crops of *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bunge. The yield was evaluated at the optimal harvest time of the crops. The yield of *Peucedanum japonicum* Thunberg and *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle in the continuously cropped land was significantly higher than in the firstly cropped land.

Conclusions: These results may help enhance the understanding of the selection of promising medicinal crops in continuously cropped land and to establish countermeasures for injury by continuous cropping research.

Key Words: *Astragalus membranaceus* (Fisch.), Candidate Crop, Injury by Continuous Cropping, Production Mass, Succeeding Cropping

서 언

황기 [*Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bunge]는 콩과 (Leguminosae) 작물에 속하는 여러해살이 초본 약용작물이다. 소득수준이 향상되고 wellbeing에 관한 관심이 증가하면서 약용작물의 소비가 증가하였지만 황기 재배면적은 2011년 504 ha 재배되던 것이 2020년에는 195 ha로 감소하였다 (MAFRA, 2020). 이는 고온과 가뭄 등의 기후 요인과 연작장

해 회피를 위한 초작지 부족 현상이 신규 황기 재배면적의 감소를 초래하였기 때문이며 약용작물 천궁에서도 신규 재배지로의 교체에 어려움이 있다고 보고되었다 (Seo *et al.*, 2018; Jung *et al.*, 2019).

연작장해는 같은 토양에 동일한 작물을 연속적으로 재배하여 연수가 늘어남에 따라 작물의 생산량이 감소하고 품질이 저하되는 현상을 말한다 (Kang *et al.*, 2007). 작물을 연속적으로 재배함에 따라 토양 이화학적 변화에 따른 양분 불균

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5660 (E-mail) eslee24@korea.kr

¹국립원예특작과학원 인삼특작부 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

²국립원예특작과학원 인삼특작부 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

³국립원예특작과학원 인삼특작부 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁴국립원예특작과학원 인삼특작부 약용작물과 전문연구원 / Post doctor researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁵국립원예특작과학원 인삼특작부 약용작물과 농업연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁶국립원예특작과학원 기획조정과 농업연구관 / Researcher, Planning and Coordination Division, NIHHS, RDA, Jeonju 55365, Korea.

⁷국립원예특작과학원 인삼특작부 약용작물과 농업연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

형, pH와 물리성의 악화, 미생물상의 변화, 토양 병원균의 집적, 독소 물질의 잔류 등이 원인으로 알려져 있다 (Zhang *et al.*, 2007).

연작장해를 일으키는 요인은 다양하게 알려져 있다. 인삼의 연작장해 발생은 토양 병원균에 의한 생물학적 요인 (Rahman and Punja, 2005; Kang *et al.*, 2007), 또한 타감물질 (allelochemicals)에 의해 생육이 억제되는 화학적 요인 (Lee *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2018), 그리고 토양 이화학적 악화에 따른 양분 흡수 저해 및 생리 장애 발생과 같은 영양, 생리적 요인 등이 관여한다 (Lee *et al.*, 1989).

이와 같이 연작장해의 원인이 병해충으로 인한 것만이 아닌 복합적인 토양요인으로 대두되면서 고추 (Hwang *et al.*, 2010), 토마토 (Jung *et al.*, 2015), 생강 (Jung *et al.*, 2015), 당근 (Kim *et al.*, 2013) 등의 작물과 인삼 (Kang *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2018), 작약 (Park *et al.*, 2011)과 같은 약용작물에서도 연작장해의 원인을 밝히고 피해를 경감시키기 위한 방안을 구명하기 위해 연작 재배에 따른 토양 이화학적 과 미생물상 분석에 대한 연구가 진행 중이다.

인삼은 뿌리썩음병 (*Cylindrocarpon destructans*)으로 인해 연작이 어려운 대표적인 작물이며 (Cho *et al.*, 1995; Rahman and Punja, 2005), 오랜 재배역사와 경지 면적 부족으로 초작지 확보가 쉽지 않아 재배면적은 크게 줄어들었다. 약용작물 중에서 황금 (*Scutellaria baicalensis* Georgi)은 보리 후작으로 주로 재배가 되고 있으며 (Kim *et al.*, 2016), 전작물 수확 이후 후작물을 관리하기 위한 재배 연구가 벼 (Jeon

et al., 2005), 감자 (Song and Kang, 2000), 헤어리베치 (Ryoo, 2005) 등에서 진행된 바 있다. 또한 약용작물 작약 (Park *et al.*, 2011), 황련 (Alami *et al.*, 2020) 에서 연작장해와 관련한 토양 microflora의 변화 연구가 진행되었다.

연작장해는 복합적 요인들로 인해 발생하기 때문에 연작장해를 체계적으로 방지하는 기술은 계속 연구 중이다. 초작과 연작 재배지에서 천공의 토양 곰팡이 군집을 분석한 연구 (Kim *et al.*, 2020) 등 약용작물의 지속 가능한 생산을 위해 효과적인 방법을 강구해야 한다.

본 연구는 연작장해에 취약한 황기의 후작물에 대한 수량 평가를 위해 도라지 등 10 종의 약용작물을 초작지 (비연작지, 객토 후 재배 이력 없는 토양으로 이후 초작지로 표기)와 황기 후작지 (연작지, 이후 후작지로 표기)에 식재하여 수량을 비교, 조사하여 후작물로 유망한 작목을 선별하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 시험 장소

황기 [*A. membranaceus* (Fisch.) Bunge] 후작지와 초작지에서의 도라지 (길경) 등 약용작물 10 종의 수량 평가를 위하여 충북 제천시 송학면 소재 필지를 선정하였다 (Fig. 1). 황기 후작지는 연작피해를 회피하기 위하여 2 m 이상 성토를 실시한 후 ‘17년과 ‘18년, 해마다 황기를 재배한 토양이며, 초작지는 후작지와 동일한 흙을 객토한 후 작물을 재배하지 않은 토양으로 선정하였다.



Fig. 1. Ten candidate medicinal crops. (A); *P. japonicum*, (B); *P. grandiflorum*, (C); *C. lanceolata*, (D); *R. glutinosa*, (E); *C. obtusifolia*, (F); *A. princeps*, (G); *C. lacryma-jobi*, (H); *C. tinctorius*, (I); *P. lactiflora*, (J); *C. officinale*.

2. 토양 화학성 분석

황기 연작지와 초작지에서의 도라지 (길경) 등 10 종의 약용작물 식재 전 토양화학성을 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여 분석하였다 (NIAST, 2010).

토양 pH는 풍건한 토양 시료를 증류수와 1:5 비율로 희석하여 30 분 진탕 후 pH 미터로 측정하였고, 전기전도도는 동일한 방법으로 전처리 후 EC 미터로 측정하였다. 유기물 함량은 Walkley-Black 법으로 측정하였고 (Walkley and Black, 1934), 유효인산 함량은 Lancast법에 따라 토양 시료와 1-amino-2-naphthol-4-sulfanic acid를 혼합하여 발색시킨 후 비색계 (UV/VIS spectrometer Lambda 35, PerkinElmer Inc., MA, USA)를 사용하여 720 nm에서 흡광도를 측정, 분석하였다. 치환성 양이온 함량은 1 N-NH₄OAc으로 침출 후 토양에 치환된 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺를 유도결합플라즈마분석기 (ICP-MS, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)로 측정하였다.

3. 후보 작물 선정 및 피종

황기 후작물로 유망한 작물 선발을 위하여 국내 재배면적이 넓고 당년 수확이 가능한 후보 작물로 갯기름나물, 도라지, 더덕, 지황, 결명자, 쑥, 울무, 잇꽃, 작약, 천궁 10 종을 선정하였다 (Table 1).

갯기름나물, 도라지, 더덕, 결명자, 쑥, 울무, 잇꽃의 종자번식 작물 7 종은 육묘 이식하였다. 갯기름나물, 도라지, 더덕은 3월 중순에 200 공 트레이에, 결명자, 쑥, 잇꽃은 3월 하순에 128 공 트레이에, 울무는 3월 하순에 50 공 트레이에 파종하였으며 7 종은 모두 4 월 하순에 정식하였고 종근 번식하는 작물 지황, 천궁, 작약 3 종은 분구하여 트레이 이식일과 같은 날 식재하였다.

표준재배법 상의 재식 간격에 따라 120 cm 간격으로 포장에 두둑을 형성하였고, 갯기름나물, 도라지, 더덕, 결명자, 쑥,

잇꽃은 15 cm, 울무는 30 cm, 지황, 천궁, 작약은 20 cm 간격으로 식재하였다. 황기 후작지와 초작지에 작물 10 종을 동일하게 정식하였으며, 흑색 비닐 피복을 이용하여 멀칭하였고, 더위에 민감한 더덕과 천궁은 백색 비닐 멀칭을 이용하였다. 덩굴성으로 자라는 더덕의 경우 정상 생육에 지장이 없도록 지지대를 설치하여 줄기가 곧게 위로 자라도록 하였다.

4. 시비량 및 재배방법

황기 후작물로 적용 가능한 10 작목의 표준 시비량은 다음과 같았다. 갯기름나물 (*P. japonicum* Thunberg, 생약명 : 식방풍)은 13.8 - 11.5 - 11.3 kg/10a, 도라지 (*P. grandiflorum* A. De Candolle, 생약명 : 길경)은 12 - 10.5 - 9 kg/10a, 울무 (*C. lacryma-jobi* var. *ma-yuen* (Rom.Caill.) Stapf, 생약명 : 의이인)는 18 - 6 - 6 kg/10a, 지황 (*R. glutinosa* Liboschitz ex Steudel)은 16 - 14 - 20 kg/10a, 천궁 (*C. officinale* Makino)은 6.3 - 16.3 - 19.5 kg/10a이었고, 결명자 (*P. japonicum* Thunberg)는 3.9 - 4.6 - 3.4 kg/10a, 더덕 (*C. lanceolata* (Siebold & Zucc.) Trautv., 생약명 : 양유)은 6 - 6 - 6 kg/10a, 쑥 (*A. princeps* Pampanini, 생약명 : 애엽)은 7.4 - 7.9 - 6.4 kg/10a, 잇꽃 (*C. tinctorius* L., 생약명 : 홍화)은 6 - 6.7 - 9.6 kg/10a, 작약 (*P. lactiflora* Pallas)은 1 년근 기준, 3 - 4.6 - 4.6 kg/10a 이었다.

표준시비량을 확인하여 황기의 시비량 (6 - 7 - 8 kg/10a)을 기준으로 비료 요구량이 많은 다섯 작물 갯기름나물, 도라지, 울무, 지황, 천궁을 다비 (多肥) 작물로 하고 비료 요구량이 적은 다섯 작물 결명자, 더덕, 쑥, 잇꽃, 작약을 소비 (少肥) 작물로 구분하였다.

우분 퇴비를 2,000 kg/10a를 시용한 후 다비구에 다비작물 표준 시비량의 평균량 (13.2 - 11.7 - 13.2 kg/10a)을 시비하고, 소비구에 소비작물 표준 시비량의 평균량 (5.3 - 6.0 - 6.0 kg/10)을 시비한 후에 다비구에는 다비작물 5 종을, 소비구에는

Table 1. Ten candidate medicinal crops selectable for following crop of *A. membranaceus*.

No.	Candidate crop ¹⁾	Common Names		Used part ²⁾	Fertilizer requirement ³⁾
		Korean	English		
1	<i>Peucedanum japonicum</i> Thunberg	Kaekkiyumnamul	Japanese Hogfennel	Root	More
2	<i>Platycodon grandiflorum</i> A. De Candolle	Doraji	Balloon flower	Root	More
3	<i>Codonopsis lanceolata</i> (Siebold & Zucc.) Trautv.	Deodeok	Deodeok	Root	Less
4	<i>Rehmannia glutinosa</i> Liboschitz ex Steudel	Jihwang	Rehmannia root	Root	More
5	<i>Cassia obtusifolia</i> L.	Kyeolmyeongja	Sicklepod	Seed	Less
6	<i>Artemisia princeps</i> Pampanini	Ssuk	Mugwort	Leaf	Less
7	<i>Coix lacryma-jobi</i> var. <i>ma-yuen</i> (Rom.Caill.) Stapf	Yulmu	Adlay, or Job's tears	Seed	More
8	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	Itkkot	Safflower	Seed	Less
9	<i>Paeonia lactiflora</i> Pallas	Jakyak	Peony	Root	Less
10	<i>Cnidium officinale</i> Makino	Cheongung	Cnidium	Root	More

¹⁾Candidate crops; ²⁾10 candidate crops that can be harvested in that same year with a high domestic cultivation area, ²⁾Used part; medicinally usable part of a plant, ³⁾Division of the fertilizer requirements according to the high or low.

소비작물 5 종을 난괴법 배치하였다.

포장에 정식하기 위해 두둑은 120 cm로 이랑 60 cm, 골 60 cm로 한 처리 당 두둑 길이 10 m로 만든 후, 각 작물은 2 줄씩 식재하였으며, 약용작물 GAP 표준재배기술 상 재식 거리에 맞게 정식하였다 (RDA, 2016). 정식 2 주 후 입모율을 조사하였고, 7월에 중간생육 조사를 위해 지상부 초장을 조사하였다 (Fig. 1).

5. 수량 평가

수익성과 연관되는 지표를 조사하기 위하여 종자를 이용하는 결명자, 울무 (의이인), 잇꽃 (홍화)은 종실수량을, 잎을 이용하는 쑥 (애엽)은 건엽수량을, 지하부를 이용하는 갯기름나물 (식방풍), 도라지 (길경), 더덕 (양유), 지황, 작약, 천궁은 건근수량을 평가하였고, 이 중에서 지상부를 식품으로 이용하는 갯기름나물 (식방풍)은 건근수량도 조사하였으며 수량 평가에 이용된 개체 수는 10 m 두둑에서 20 주 씩 선발하여 3 반복으로 조사하였다.

6. 통계 분석

통계분석은 SAS Enterprise 9.4 (SAS Institute Incorporation, Cary, NC, USA) 프로그램으로 *t*-test를 하였고, 두 처리 평균값의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 후작지, 초작지 토양화학성

황기 [*A. membranaceus* (Fisch.) Bunge] 후작지와 초작지의 토양화학성 분석 결과는 Table 2와 같다. 인삼 재배 후 토양 산도는 초작지에 비해서 약간 저하된 결과를 보였는데 (Lee *et al.*, 2016) 본 실험에서도 토양 pH는 황기 후작지에

서 5.7, 초작지는 6.6으로 황기 후작지가 다소 낮은 것으로 나타났다. NO₃-N, Av. P₂O₅, Exch. K 함량은 후작지에서 높았다. Exch. Mg, Exch. Na 함량과 토양 EC, NO₃-N 함량 등 토양 무기화합성과 토양 유기물 함량은 초작지에서 매우 낮은 것으로 나타났다.

2. 후작지에서 생육이 우수한 작물 2 종의 수량 평가

황기의 후작 약용작물 수량 평가를 위해 갯기름나물, 도라지, 더덕, 지황, 결명자, 쑥, 울무, 잇꽃, 작약, 천궁 10 종을 황기 후작지와 초작지에 식재하여 수량을 조사하였다. 황기 후작지와 초작지에서의 갯기름나물 (식방풍)의 지상부 생육을 비교했을 때, 정식 2 주 후 조사한 입모율이 모두 99% 이상으로 대부분 활착하였다 (Table 3). 중간 생육 조사 때 실시한 생육기 초장에서 후작지에서 초장이 57.5 cm로 초작지의 36.9 cm 보다 중간생육이 빨랐지만 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 수확기 때에 황기 후작지에서 경엽중, 건경엽중, 건경엽수량 각각 138.6 g/주, 29.8 g/주, 327.1 kg/10a으로 모두 초작지에 비교하여 유의적으로 높았다.

갯기름나물 (식방풍)의 지하부 생육을 비교해보면 황기 후작지에서 생근중, 건근중, 건근수량이 각각 77.9 g/주, 31.8 g/주, 349.1 kg/10a으로 초작지보다 유의적으로 높았다 (Table 4). 결과적으로 갯기름나물 (식방풍)의 수량 및 수익성과 연관되는 지표인 건경엽수량과 건근수량은 모두 황기 후작지에서 327.1 kg/10a, 349.1 kg/10a으로 초작지보다 유의적으로 높았다.

도라지 (길경) 지상부 생육을 비교해보면, 정식 2 주 후 조사한 입모율이 97%에서 98%로 대부분 활착하였고 (Table 5) 중간 생육 조사 때 실시한 생육기 초장에서 후작지에서 초장이 34.2 cm로 초작지의 34.7 cm와 유의적 차이는 없었고, 경고는 초작지에서 20.8 mm로 높았으나 마찬가지로 유의적인 차

Table 2. Soil chemical properties of continuously cropped land and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	pH	EC (dS/m)	NO ₃ -N (mg/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM (g/kg)	Exchangeable cation (cmol ⁺ /kg)			
						K	Ca	Mg	Na
CCL	5.74	0.10	2.41	83.40	4.30	0.11	4.80	0.33	0.05
FCL	6.55	0.09	0.99	34.89	2.49	0.06	6.98	0.57	0.19

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land).

Table 3. Comparison of growth characteristics of aerial part of *Peucedanum japonicum* Thunberg between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Shoot weight ²⁾		Shoot yield (kg/10a)
				FW (g/plant)	DW (g/plant)	
CCL	99.8	57.5 ^{ns}	23.0 ^{ns}	138.6*	29.8*	327.1*
FCL	99.7	36.9 ^{ns}	21.6 ^{ns}	95.4	21.1	231.4

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). ²⁾Shoot weight; FW (fresh weight), DW (dry weight). Significantly different according to Student's *t*-test (*p* < 0.05), ns; not significantly different.

이는 없었다.

도라지 (길경) 지하부 생육을 비교해보면 근장, 주근직경은 황기 후작지와 초작지에서 유의적인 차이가 없었으나 생근중, 건근중은 황기 후작지에서 131.4 g/주, 42.3 g/주로 초작지에 비해 유의하게 높았다 (Table 5). 결과적으로 도라지의 수량 및 수익성과 연관되는 지표인 건근수량은 황기 후작지에서 457.4 kg/10a으로 초작지 보다 유의적으로 높았다.

본 결과를 토대로 황기 연작장해를 회피하면서 후작으로 약용작물 재배를 유지하고자 할 때, 갯기름나물 (식방풍)과 도라지 (길경)를 선택하면 초작지 재배에 비하여 높은 수량을 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 갯기름나물 (식방풍)의 경우 뿌리 부분을 약용할 수 있고 잎, 순, 줄기의 지상부는 식품으로 이용할 수 있기 때문에 이용 부위가 다양한 점에서 이점이 있다.

도라지 (길경)도 뿌리를 약용할 수 있고 잎과 뿌리를 식품으로 이용할 수 있기 때문에 산업적 가치가 매우 높은 약용작물이며 전국적으로 재배가 가능하다는 점이 재배자 입장에서 유리한 점으로 작용할 것이다.

본 시험에서 후작지는 객토 후 두 해에 걸쳐 황기를 2 회 재배한 토양이고 초작지는 후작지의 객토 재료와 동일한 토양이면서 작물 재배 이력이 없는 토양이다. 후작지와 초작지 간 토양 화학성 조건에서의 차이가 근소하기 때문에 처리 간 재배 작물의 수량 차이는 전작물 황기에 의한 생물학적, 토양 물리적, 혹은 기타 작물 영양 요인인 것으로 추론된다. 황기 재배 후 남아있는 잔유물이 후작물 생육에 영향을 줄 수도 있으므로 작물 간 상호 작용에 대한 추가 연구가 필요하다 (Park et al., 2004).

토마토 시설재배지에서는 녹비 작물을 통하여 토양 환원 후 토양 화학성을 개선함으로써 시설 하우스 토마토 연작장해를

경감할 수 있다고 연구된 바 있고 (Jung et al., 2015), 기존 약용작물 재배 농가에서도 연작 회피를 위하여 고추 등의 다른 원예 작물을 재배하기도 한다. 본 실험의 결과는 약용작물의 생산성과 재배 면적을 유지하면서 연작장해 회피를 위해 다른 약용작물을 재배하고자 할 경우에 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

3. 초작지 생육 우수 작물 2 종 수량 평가

황기 후작지와 초작지에서 더덕의 지상부 생육을 비교했을 때, 정식 2 주 후 조사한 입모율이 후작지와 초작지 모두 90% 이상이었다. 중간 생육을 조사한 생육기 초장은 후작지에서 71.3 cm로 초작지보다 높았으나 유의적인 차이는 없었고, 경경은 초작지에서 9.4 mm로 초작지에서 유의적으로 높았다 (Table 6).

더덕 (양유)의 수확기 지하부 생육을 비교하면 주근직경, 생근중, 건근중 및 건근수량은 20.9 mm, 63.0 g/주, 18.8 g/주, 192.1 kg/10a으로 초작지에서 유의적으로 높았다. 결과적으로 더덕의 수량 및 수익성과 연관되는 지표인 건근수량 (kg/10a)은 초작지에서 192.1 kg/10a으로 후작지보다 유의적으로 높았다.

지황의 지상부 생육을 비교하면 중간생육 지표인 생육기 초장은 21.3 cm로 후작지에서 높았으나 유의한 차이는 없었고, 경경은 초작지에서 6.8 mm로 후작지와 비교하여 유의적으로 높았다 (Table 7).

지하부 생육에서는 근경, 생근중, 건근중, 건근수량은 13.1 mm, 83.7 g/주, 19.7 g/주, 207.7 kg/10a으로 초작지에서 유의적으로 높았다. 결과적으로 지황의 수량 및 수익성과 연관되는 지표인 건근수량은 초작지에서 207.7 kg/10a으로 후작지에 비하여 유의적으로 높았다.

Table 4. Comparison of growth characteristics of underground part of *Peucedanum japonicum* Thunberg between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root weight ²⁾		Root yield (kg/10a)
			FW (g/plant)	DW (g/plant)	
CCL	35.5 ^{ns}	9.9 ^{ns}	77.9*	31.8*	349.1*
FCL	36.4 ^{ns}	9.7 ^{ns}	57.0	22.4	245.7

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). ²⁾Root weight; FW (fresh weight), DW (dry weight). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

Table 5. Comparison of growth characteristics of *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root weight ²⁾		Root yield (kg/10a)
						FW (g/plant)	DW (g/plant)	
CCL	98.3	34.2 ^{ns}	18.8 ^{ns}	39.6 ^{ns}	14.7 ^{ns}	131.4*	42.3*	457.4*
FCL	97.5	34.7 ^{ns}	20.8 ^{ns}	37.9 ^{ns}	14.3 ^{ns}	125.3	37.8	413.7

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). ²⁾Root weight; FW (fresh weight), DW (dry weight). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

Table 6. Comparison of growth characteristics of *Codonopsis lanceolata* (Siebold & Zucc.) Trautv. between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root weight ²⁾		Root yield (kg/10a)
						FW (g/plant)	DW (g/plant)	
CCL	98.3	71.3 ^{ns}	7.3	20.8 ^{ns}	15.8	34.8	8.1	87.6
FCL	92.9	60.3 ^{ns}	9.4*	20.2 ^{ns}	20.9*	63.0*	18.8*	192.1*

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). ²⁾Root weight; FW (fresh weight), DW (dry weight). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

Table 7. Comparison of growth characteristics of *Rehmannia glutinosa* Liboschitz ex Steudel between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Root diameter (mm)	Root weight ²⁾		Root yield (kg/10a)
					FW (g/plant)	DW (g/plant)	
CCL	98.3	21.3 ^{ns}	5.0	9.3	39.2	9.8	106.0
FCL	97.2	19.2 ^{ns}	6.8*	13.1*	83.7*	19.7*	207.7*

¹⁾cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). ²⁾Root weight; FW (fresh weight), DW (dry weight). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

Table 8. Comparison of growth characteristics of *Cassia obtusifolia* L. between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Shoot fresh weight (g/plant)	No. of Pod (ea/plant)	No. of seeds per pod (ea/plant)	Seed weight (g/plant)	Seed yield (kg/10a)
CCL	99.3	184.9 ^{ns}	12.0	220.7	78.5	21.4 ^{ns}	43.8 ^{ns}	478.4 ^{ns}
FCL	99.5	156.2 ^{ns}	15.5*	298.2**	91.8*	25.7 ^{ns}	55.8 ^{ns}	610.7 ^{ns}

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

본 연구에서 황기 후작지에서 디덕과 지황을 재배할 경우 초작지에 비해 수량이 유의적으로 낮게 나왔으므로 후작물로 2 종은 회피하는 것이 좋을 것으로 사료되나, 실제로 본 시험은 황기의 주산지인 체천에서 수행된 것으로 재배지역이나 토양에 따라 복잡한 영향이 있으므로 일반화하기는 어렵다.

작물을 재배할 때 전작물의 잔유물이 후작물의 생육을 촉진하거나 저해할 수 있으며 발아나 유근의 신장에 부정적인 영향을 미칠 수도 있고 (Park *et al.*, 2004), 전작물 재배에 따른 후작물의 병해충 발생 영향도 있으며 (Han *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2020), 특정 식물이 성장하는 과정 중 분비하는 대사물질이 직간접적으로 타 식물의 발아와 생장을 억제하거나 촉진시키는 타감효과가 발생할 수 있으므로 (Lee *et al.*, 2013) 전작물과 후작물의 작물별 상호 작용에 대한 추가 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 것으로 생각된다.

4. 기타 작물 6 종 수량 평가

황기 후작지와 초작지에서의 결명자 생육을 비교했을 때 후작지에서 수확기 초장이 184.9 cm로 높았으나 유의적 차이는 없었다 (Table 8). 경경, 협주, 경엽중은 초작지에서 15.5 mm, 298.2 g/주, 91.8 개/주로 후작지에 비하여 유의적으로 높았다. 결명자는 5월에서 6월까지 파종하여도 수량이 273 kg/10a

이상 생산 가능하여 맥후작으로 이용할 시 유리한 작물로 인정되었지만 (Lee *et al.*, 1993), 결명자의 수량 및 수익성과 연관되는 지표인 종자수량은 초작지에서 610.7 kg/10a로 후작지의 478.4 kg/10a보다 수량은 높았으나 유의적인 차이는 없었다.

쑥 (애엽) 생육을 비교했을 때 생엽중, 건엽중, 건엽수량은 초작지에서 196.1 g/주, 82.1 g/주, 465.2 kg/10a로 황기 후작지에 비하여 높았으나 유의적인 차이는 없었다 (Table 9). 결과적으로 쑥의 수량 및 수익성과 연관되는 지표인 건엽수량은 초작지에서 465.2 kg/10a로 유의적인 차이는 없었다.

울무 (의이인) 생육을 비교하면, 수확기의 경경, 분얼수, 주당립수, 곡식총중 및 정조수량은 초작지에서 13.4 mm, 8.4 개/주, 38.1 개/주, 46.5 g/주 및 311.2 kg/10a로 황기 후작지에 비교하여 높았으나 유의적인 차이는 없었다 (Table 10). 결과적으로 울무의 수량 및 수익성과 연관되는 지표인 정조수량은 초작지에서 311.2 kg/10a로 유의적인 차이는 없었다.

잇꽃 (홍화) 생육을 비교하면 황기 후작지에서 생육기 초장은 72.6 cm로 초작지에서 보다 높았으나 유의적 차이는 없었다 (Table 11). 두화수, 홍화 자중량, 홍화자 수량은 황기 후작지에서 5.9 개, 8.0 g/주, 88 kg/10a로 초작지에 비하여 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 결과적으로 잇꽃의 수량 및

수익성과 연관되는 지표인 홍화자 수량은 후작지에서 88 kg/10a으로 유의적인 차이는 없었다.

작약의 지상부 생육을 비교하면 초장은 17.5 cm로 후작지에서 높았으나 초작지와 유의적인 차이는 없었고 경경은 5.1 mm로 초작지에서 유의적으로 높았다 (Table 12). 작약의 지하부 생육을 비교하면 후작지에서 근장이 26.4 cm로 초작지에 비하여 유의적으로 높았다. 후작지에서 근직경, 생근중, 건근중, 건근수량은 34.4 mm, 47.7 g/주, 22.6 g/주, 120.9 kg/10a으로 초작지에 비하여 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 결과적으로 작약의 수량 및 수익성과 연관되는 지표인 건근수량은 후작지에서 120.9 kg/10a으로 유의적인 차이는 없었다.

천궁 지상부 생육을 비교하면 황기 후작지에서 초장은 30.1 cm로 초작지에 비하여 높았으나 유의적인 차이는 없었다 (Table 13). 천궁의 지하부 생육을 비교하면 근경장, 근경직경은 초작지에서 82.5 mm, 11.5 mm로 초작지에서 높았으나 유의

적인 차이는 없었고, 생근중, 건근중, 건근수량은 후작지에서 154.9 g/주, 55.1 g/주, 364.4 kg/10a으로 후작지에서 높았으나 마찬가지로 유의적인 차이는 없었다. 결과적으로 천궁의 수량 및 수익성과 연관되는 지표인 건근수량은 후작지에서 364.4 kg/10a으로 초작지에 비하여 높았으나 유의적인 차이는 없었다.

이상의 결과를 볼 때 제천 지역에서 황기의 연작장해를 회피할 수 있는 약용작물의 후작은 갯기름나물과 도라지를 선택할 수 있으며 2 종에 대한 황기 수확 이후의 후작 재배는 초작지에서 재배하는 것보다 수량이 유의적으로 높을 것으로 생각된다.

작물을 연작하면 동종의 생육 억제 물질 (alleochemicals)이 존재하며 (Suh and Lee, 1993; Lee et al., 2012), 윤작물을 재배함에 따라 생육 억제 물질이 감소하거나 토양 미생물상이 개선되어 자가중독 (autotoxicity) 현상이 완화되는 것으로 보이는데 (Kang et al., 2007; Farooq et al., 2011), 갯기름나

Table 9. Comparison of growth characteristics of *Artemisia princeps* Pampanini between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot weight ²⁾		Leaf weight ³⁾		Dry leaf yield (kg/10a)
			FW (g/plant)	DW (g/plant)	FW (g/plant)	DW (g/plant)	
CCL	100.0	190.9 ^{ns}	599.3 ^{ns}	1.4 ^{ns}	165.3 ^{ns}	72.3 ^{ns}	409.7 ^{ns}
FCL	98.1	170.6 ^{ns}	478.0 ^{ns}	1.3 ^{ns}	196.1 ^{ns}	82.1 ^{ns}	465.2 ^{ns}

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). ²⁾Shoot weight; FW (fresh weight), DW (dry weight). ³⁾Leaf weight; FW (fresh weight), DW (dry weight). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

Table 10. Comparison of growth characteristics of *Coix lacryma-jobi* var. *ma-yuen* (Rom.Caill.) Stapf between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	No. of tiller (ea/plant)	Grain filling rate (%)	No. seed per plant (ea/plant)	Seed weight (g/plant)	Seed yield (kg/10a)
CCL	100.0	170.8 ^{ns}	12.9 ^{ns}	6.4 ^{ns}	82.8 ^{ns}	29.3 ^{ns}	23.8 ^{ns}	164.2 ^{ns}
FCL	100.0	168.1 ^{ns}	13.4 ^{ns}	8.4 ^{ns}	80.3 ^{ns}	38.1 ^{ns}	46.5 ^{ns}	311.2 ^{ns}

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

Table 11. Comparison of growth characteristics of *Carthamus tinctorius* L. between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	No. of flower (ea/plant)	Seed weight (g/plant)	Seed yield (kg/10a)
CCL	100.0	72.6 ^{ns}	5.9 ^{ns}	8.0 ^{ns}	88.0 ^{ns}
FCL	100.0	49.2 ^{ns}	5.3 ^{ns}	7.8 ^{ns}	85.8 ^{ns}

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

Table 12. Comparison of growth characteristics of *Paeonia lactiflora* Pallas between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root weight ²⁾		Root yield (kg/10a)
						FW (g/plant)	DW (g/plant)	
CCL	94.4	17.5 ^{ns}	4.3	26.4 ^{**}	34.4 ^{ns}	47.7 ^{ns}	22.6 ^{ns}	120.9 ^{ns}
FCL	96.2	17.1 ^{ns}	5.1 [*]	18.9	33.8 ^{ns}	45.6 ^{ns}	19.6 ^{ns}	106.8 ^{ns}

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). ²⁾Root weight; FW (fresh weight), DW (dry weight). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

Table 13. Comparison of growth characteristics of *Cnidium officinale* Makino between continuously and firstly cropped land.

Cropped soil ¹⁾	Seedling stand rate (%)	Shoot length (cm)	Seminal root length (mm)	Seminal root diameter (mm)	Root weight ²⁾		Root yield (kg/10a)
					FW (g/plant)	DW (g/plant)	
CCL	99.2	30.1 ^{ns}	82.0 ^{ns}	10.4 ^{ns}	154.9 ^{ns}	55.1 ^{ns}	364.4 ^{ns}
FCL	99.5	28.4 ^{ns}	82.5 ^{ns}	11.5 ^{ns}	145.7 ^{ns}	52.5 ^{ns}	348.1 ^{ns}

¹⁾Cropped soil; CCL (continuously cropped land), FCL (firstly cropped land). ²⁾Root weight; FW (fresh weight), DW (dry weight). Significantly different according to Student's *t*-test ($p < 0.05$), ns; not significantly different.

물, 도라지 등 후작물에 따른 생육 억제 물질의 증감 및 미생 물상에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

연작장해에는 토양의 물리·화학성의 변화에 따른 양분의 불균형, pH와 물리성의 악화, 미생물상의 변화, 토양 전염성 병원균의 집적, 독소 물질의 잔류 등의 요인들이 복합적으로 작용하면서, 또 재배지역에 따른 기상환경과 토양요인 등이 다양하게 영향을 미치므로 황기 연작장해의 원인군 구명과 작물 재배와 양분 간의 화학적 관계 및 토양 물리성 변화 등의 요인들을 종합적으로 밝히는 추가 연구가 필요하다.

이번 연구를 통해 얻어진 정보들은 황기 후작지에서의 유망 약용작물 선발에 대한 이해를 높이고 연작장해 경감 연구에 대한 대책을 수립하는 데 유용한 자료로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01363001)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Alami MM, Xue J, Ma Y, Zhu D, Abbas A, Gong Z and Wang X. (2020). Structure, function, diversity, and composition of fungal communities in rhizospheric soil of *Coptis chinensis* Franch under a successive cropping system. *Plants*. 9:244. <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/2/244/htm> (cited by 2020 Jan 18).
- Cho DH, Park KJ, Yu YH, Oh SH and Lee HS. (1995). Root-rot development of 2-year old ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) caused by *Cylindrocarpon destructans*(Zinssm.) Scholten in the continuous cultivation field. *Journal of Ginseng Research*. 19:175-180.
- Farooq M, Jabran K, Cheema ZA, Wahid A and Siddique KHM. (2011). The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Management Science*. 67:493-506.
- Han EJ, Choi JP, Kim YK, Hong SJ, Park JH, Shim CK, Kim MJ, Kim SC and Yoon SH. (2015). Effect of crop rotation cultivation on the suppression of garlic white rot caused by *Sclerotium cepivorum*. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 23:113-121.
- Hwang JM, Park KC and Kim SJ. (2010). Contents of soil microbial phospholipid fatty acids as affected by continuous cropping of pepper under upland. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 43:1012-1017.
- Jeon WT, Lee JS, Park KD, Park CY, Roh SW and Yang WH. (2005). Method of environmental-friendly fertilization for rice cultivation after vegetable cropping in green house soil. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 24:191-197.
- Jung CR, Jeong DH, Park HW, Kim HJ, Jeon KS and Yoon JB. (2019). Molecular identification of thrips in two medicinal crops, *Cnidium officinale* Makino and *Ligusticum chuanxiong* Hort. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 27:17-23.
- Jung YJ, Nou IS, Kim YK and Kang KK. (2015). Effect of green manure crops incorporation for reduction of *Pythium zingiberum* in ginger continuous cultivation. *Korean Journal of Plant Resource*. 28:271-278.
- Kang SW, Yeon BY, Hyeon GS, Bae YS, Lee SW and Seong NS. (2007). Changes of soil chemical properties and root injury ratio by progress years of post-harvest in continuous cropping soils of ginseng. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 15:157-161.
- Kim KY, Han KM, Kim HJ, Kim CW, Jeon KS and Jung CR. (2020). Effect of soil properties on soil fungal community in first and continuous cultivation fields of *Cnidium officinale* Makino. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 28:209-220.
- Kim MS, Kim YS, Choi JG, Park HG, Shin HR, Kim SI, Kim YG, Park CG, An YS, Cha SW and Kim KS. (2016). Effects of different germination characteristics, sowing date and rain sheltered cultivation on stable seed production in *Scutellaria baicalensis* Georgi. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 24:101-109.
- Kim SH, Seo DC, Park JH, Lee ST, Lee SW, Kim HC, Cho JS and Heo JS. (2013). Effects of green manure crops on growth and yield of carrot for reduction of continuous cropping injury of carrot through crop rotation. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 32:279-286.
- Lee HD, Kim CY, Rho TH and Lee JC. (1993). Effects of planting time and mulching materials on growth characteristics and yield in *Cassia tora* L. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 1:158-161.
- Lee IH, Yuk CS and Park H. (1989). Yield and missing plant rate of *Panax ginseng* affected by the annual changes in physico-chemical properties of ginseng cultivated soil. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 22:18-24.
- Lee JH, Byeon JH, Kim MS, Park CG, Park CB, Cha SW, Lee JH and Cho JH. (2013). Allelopathic effect of aqueous extract of ganghwa mugwort(*Artemisia* spp.) vegetables and HPLC

- analysis of allelochemicals. Korean Journal of Organic Agriculture. 21:737-752.
- Lee JH, Byeon JH, Lee JH, Park CG, Park CB and Cho JH.** (2012). Allelopathic effect of ganghwa mugwort(*Artemisia* spp.) on seed germination and seedling growth of plants. Korean Journal of Organic Agriculture. 20:589-605.
- Lee SW, Lee SH, Seo MW, Park KH and Jang IB.** (2018). Effects of irrigation and ginseng root residue on root rot disease of 2-years-old ginseng and soil microbial community in the continuous cropping soil of ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:345-353.
- Lee SW, Park KH, Lee SH, Jang IB and Jin ML.** (2016). Crop rotation in paddy soil exhibiting crop failure following replanting: Effect on soil chemical properties, soil microbial community and growth characteristics of 2-year-old ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24:294-302.
- Li Z, Fu J, Zhou R and Wang D.** (2018). Effects of phenolic acids from ginseng rhizosphere on soil fungi structure, richness and diversity in consecutive monoculturing of ginseng. Saudi Journal of Biological Sciences. 25:1788-1794.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2020). Production record of cash crops. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.3-35.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST).** (2010). Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon, Korea. p.23-144.
- Park JH, Seo YJ, Choi SY, Zhang YS, Ha SK and Kim JE.** (2011). Soil physico-chemical properties and characteristics of microbial distribution in the continuous cropped field with *Paeonia lactiflora*. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 44:841-846.
- Park KW, Lee JH, Kim MJ and Won JH.** (2004). Effects of residues and extracts of leaf and root vegetables on the germination and growth of cucumber and tomato. Journal of Bio-Environment Control. 13:200-208.
- Rahman M and Punja ZK.** (2005). Factors influencing development of root rot on ginseng caused by *Cylindrocarpon destructans*. Phytopathology. 95:1381-1390.
- Rural Development Administration(RDA).** (2016). GAP standard cultivation techniques in medicinal crops. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p.60-315.
- Ryoo JW.** (2005). Effects of animal slurry application on nitrogen uptake of hairy vetch and growth of Chinese cabbage. Korean Journal of Organic Agriculture. 13:211-221.
- Seo YJ, Nam HH, Jang WC, Kim JS and Lee BY.** (2018). Effect of meteorological factors on evapotranspiration change of *Cnidium officinale* Makino. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. 20:366-375.
- Song CK and Kang BK.** (2000). Effect of soil mulching after green manual crops on control of common scab and yield characteristics of fall potato. Korean Journal of Organic Agriculture. 8:99-109.
- Suh JS and Lee SK.** (1993). Competitive effects of allelochemicals on the monoculture and cross-cropping culture system of plants. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 26:259-264.
- Walkley A and Black IA.** (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37:29-38.
- Zhang YS, Lee GJ, Joo JH, Lee JT, Ahn JH and Park CS.** (2007). Effect of winter rye cultivation to improve soil fertility and crop production in alpine upland in Korea. Korean Journal of Environmental Agriculture. 26:300-305.