アスパラガスの1年養成株全収穫栽培法(採りっきり栽培)における収穫終了後の土壌化学性，根域土壌のアレロパシー活性と後作物の生育および収量

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	元木,悟 鈴木,海斗 石垣,健太 田口,巧
発行元	園芸学会
巻/号	22巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 45-54
発行年月	2023年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

園学研．(Hort. Res. (Japan)) 22 (1)：45–54．2023.
doi: 10.2503/hrj.22.45

原　著

アスパラガスの１年養成株全収穫栽培法（採りっきり栽培）における収穫終了後の土壌化学性，根域土壌のアレロパシー活性と後作物の生育および収量

元木　悟[1*]・鈴木海斗[2]・石垣健太[1]・田口　巧[2]

[1]明治大学農学部　214-8571　神奈川県川崎市多摩区東三田
[2]明治大学大学院農学研究科　214-8571　神奈川県川崎市多摩区東三田

Chemical Properties of Soils, Allelopathic Activity of Root Zone Soil, and Growth and Yield of Succeeding Crops after Whole Harvest Cultivation Method for One year-old Asparagus Plants

Satoru Motoki[1*], Kaito Suzuki[2], Kenta Ishigaki[1] and Takumi Taguchi[2]

[1]*Faculty of Agriculture, Meiji University, Higashimita, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa 214-8571*
[2]*Graduate School of Agriculture, Meiji University, Higashimita, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa 214-8571*

Abstract

The whole harvest cultivation method for one-year-old asparagus plants (new cultivation method) does not require occupying the field for a long time, as it shortens the growing period, compared with conventional methods. In this case, the harvest time is until May or June of the year following planting. Therefore, it is necessary to consider appropriate succeeding crops. This study examined the chemical properties of soil and allelopathic activity of the field after the harvesting of asparagus produced by the new cultivation method (after, the new cultivation method). We also planted various succeeding crops in the ridges and furrows of the field after the new cultivation method, and compared their growth and yields. The chemical properties of soil and allelopathic activity were within ranges that did not negatively affect each succeeding crop. Furthermore, among these crops, the yields of those in ridges and furrows of the field after the new cultivation method were equivalent, excluding cherry tomatoes, being similar to the mean yield in Japan. Regarding the suitability of succeeding crops for the whole harvest cultivation method for one year-old plants, crops other than asparagus can be cultivated in fields after harvesting by this method.

Key Words：activated carbon, bioassay, crop rotation, injury by continuous cropping

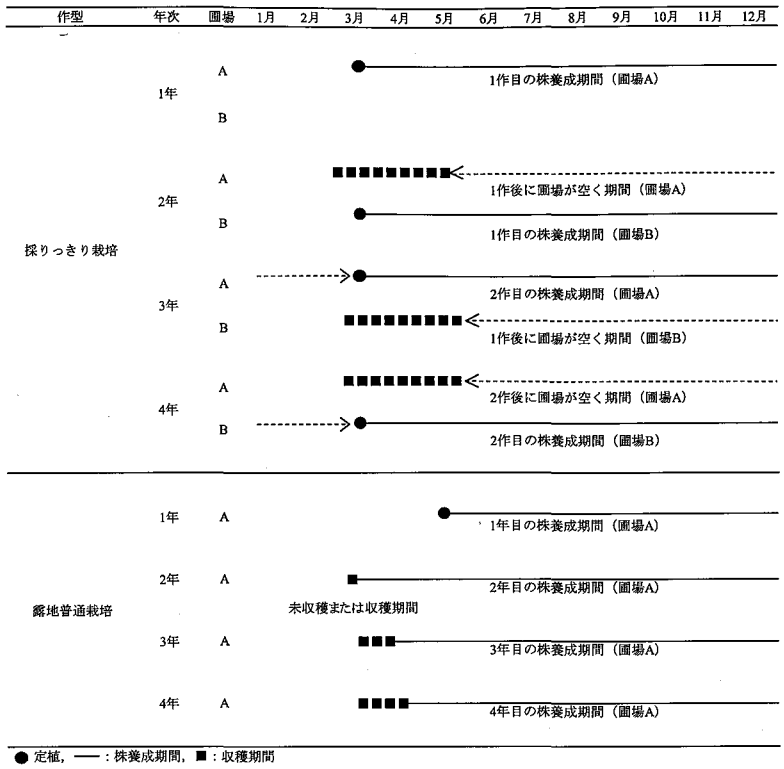
キーワード：バイオアッセイ，活性炭，連作障害，輪作

緒　言

アスパラガス（*Asparagus officinalis* L.）は，キジカクシ科クサスギカズラ属に属する地中海沿岸原産の多年生植物である（浦上，2017）．アスパラガスでは，一般的に食用部位である若茎を春に一定期間収穫したあと，光合成のための親茎（養成茎）を選ぶ立茎を行う．その作業を毎年繰り返すことにより，10～20年程度同じ株を栽培して若茎を毎年収穫する（元木，2003）．しかし，近年では地球温暖化の進行などにより台風や集中豪雨による記録的な被害，病害虫の増加，高温障害による農作物への影響などが課題となっている．そのため，既存の作型によるそれらの課題を解決することを目的として，新栽培法の提案が行われている．その1つとして，蕪野ら（2018）は，アスパラガスにおける露地の新栽培法である1年養成株全収穫栽培法（以下，採りっきり栽培）を開発した．

採りっきり栽培は，露地圃場に苗を定植後，1年間だけ株養成し，翌春に萌芽する若茎を立茎せずにすべて収穫する栽培法である（蕪野ら，2018; 元木，2019; Taguchiら，2018）．アスパラガスの栽培初心者でも取り組みやすく，低コストで省力的な栽培法であるため，生産現場への普及が進んでいる（元木，2019）．しかし，採りっきり栽培は，収穫時期と次作の定植時期が重なり，同一圃場において連続してアスパラガスの栽培を行うことができない（第1図）．そのため，アスパラガスを毎年収穫するには，圃場を2区画（圃場AおよびB）設け，圃場Aの2年目の収穫時期には，翌春に収穫する苗が定植できないことから，圃場Bに苗を定植する必要がある（第1図）．しかし，圃場Bの株養成期間には，圃場Aでは収穫終了後に圃場が空く．そこで，

2022年4月11日　受付．2022年7月25日　受理．
本報告の一部は，園芸学会令和元年度春季大会および秋季大会で発表した．
* Corresponding author. E-mail: motoki@meiji.ac.jp



第1図　アスパラガスの採りっきり栽培および露地普通栽培の栽培概要

圃場Aの圃場が空く期間にはアスパラガス以外の作物を栽培して輪作を行うことにより圃場を有効活用し，翌春に再びアスパラガスの苗を定植する．圃場AおよびBのサイクルを繰り返すことにより，春の旬の時期に毎年連続してアスパラガスを収穫することが可能となる（第1図）．さらに，採りっきり栽培は若年株を利用しているため，長期どり栽培（成株）に比べて萌芽が早く，収穫時期が早まるという利点がある（元木，2019）．第1図のように，圃場を2区画設け，それぞれのサイクルを繰り返す検討が行われておらず，生産現場からは採りっきり栽培の輪作に対する要望が強い．採りっきり栽培のさらなる普及には，以下に挙げる2つの課題を早急に解決する必要がある．

1つ目の課題は，採りっきり栽培の収穫終了後にアスパラガス以外の作物の栽培が可能かどうかという点である．アスパラガスは，一般的に定植から10年程度が経過すると，収量が徐々に低下し，改植が必要になる（元木，2003, 2006）．しかし改植後は，収量および品質が新植圃場に比べて低下すると報告されている（元木，2006; Yergeauら，2006）．改植後の収量の低下の要因は，おもに*Fusarium spp.*を中心とする土壌病害菌への感染（Hartung・Stephens, 1982; Yergeauら，2006）と，長年の施肥による養分の偏りやpHの異常などの土壌理化学性の悪化（日笠，2000）とされる．さらに，アスパラガスの根の残存物によりアスパラガスの成長が阻害される（Blok・Bollen, 1993; 元木，2006）ことから，根から滲出するアレロパシー物質も収量低下の一因であると考えられ（Hartungら，1990; 元木，2006; Noperi-Mosquedaら，2020），アスパラガスの長期どり栽培後に再びアスパラガスを連作することは難しいとされている（元木，2003, 2006, 2010; 元木ら，2006b; 上杉ら，1997）．アスパラガス以外の作物との輪作について，元木（2006, 2010）は，アスパラガスを10年間栽培した圃場の根圏土壌のアレロパシー活性を評価し，アスパラガスだけでなく，カラシナやクローバー，イネ，レタスなどのほかの作物に対しても強いアレロパシー活性を示したと報告した．そのため，アスパラガスを10～20年程度栽培した圃場では，アスパラガス以外の作物を栽培することも難しい場合があると考える．一方，アスパラガスの作型の1つである伏せ込み促成栽培では，栽培後の廃棄根を圃場にすき込むことにより，キタネグサレセンチュウの発生密度の低減および後作のレタスの増収に効果があるという報告（浦上ら，2009）があり，伏せ込み促成栽培のアスパラガスとレタスおよびコンニャクとの輪作が提案されている（小泉ら，2013）．しかし，温暖地の採りっきり栽培は，定植時期が寒冷地の作型である伏せ込み促成栽培に比べて早く，株養成期間が長いため，株の生育が旺盛であり，根株を圃場外に持ち出さないため，圃場の根株の残存量が伏せ込み促成栽培の事例とは大きく異なる．採りっきり栽培では，1年間だけ株養成したあと，翌春に萌芽する若茎をすべて収穫し，根株をそのまますき込むため（元木，2019），土中に残存する根株が後作物にどのように影響するのか検討する必要がある．

2つ目の課題は，アスパラガスの採りっきり栽培に適した後作物の選定である．後作物の選定では，前述の土壌病

害菌の蓄積（Hartung・Stephens, 1982; Yergeau ら，2006），土壌理化学性の悪化（日笠，2000）およびアレロパシー活性の問題（Hartung ら，1990; 元木，2006; Noperi-Mosqueda ら，2020）だけでなく，採りっきり栽培の収穫終了後の6～7月以降の定植で，なおかつ盛夏期でも栽培可能な，あるいはアスパラガスの採りっきり栽培の次作の定植までの短期間で高い収益を得られる作物を選定する必要がある．

アスパラガスの栽培において，根株を圃場外に持ち出さずにそのまますき込んだうえで，アスパラガスと後作物との輪作体系を構築した先行研究はみられない．採りっきり栽培の開発は，多年生作物であるアスパラガスを短い栽培周期の輪作作物の1品目として検討するきっかけにつながったと考える．本研究では，アスパラガスを用いた新たな輪作体系の構築に向け，アスパラガスの新栽培法である採りっきり栽培（蕪野ら，2018; 元木，2019; Taguchi ら，2018）を収益性が高い輪作作物の1品目として新たに導入することを目的に，2014～2019年の6年間にわたり栽培試験を行い，アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後の圃場において土壌化学性およびアレロパシー活性を評価するとともに，採りっきり栽培の収穫終了後に，前作のアスパラガスの畝および通路に数種の後作物を栽培し，それらの生育および収量を調査した．なお，本研究では，上記に示した2つの課題解決に向け，アスパラガスの栽培歴がない圃場で採りっきり栽培を行い，後作物の栽培を終えるまでを1反復とし，複数年試験を行った．

材料および方法

1. 採りっきり栽培

本研究における試験概要を第1表に示した．採りっきり栽培は，後作物の栽培年を基準に，前々年の12月に播種，前年の3月に定植し，当年の5月末あるいは6月末まで収穫した．採りっきり栽培は，試験を行ったいずれの年においてもアスパラガスの栽培歴がない圃場で行った．栽培は，明治大学生田キャンパス圃場（神奈川県川崎市，標高65 m，淡色黒ボク土）で行い，供試品種は，グリーンアスパラガスの‘太宝早生’および紫アスパラガスの‘満味紫’（いずれもパイオニアエコサイエンス(株)）とした．採りっきり栽培の栽培面積は224～378 m^2 とした．定植は，専用ホーラー（清水ら，2016; 田口ら，2020）を用いて行った．栽植密度は，畝幅140 cm，株間40 cm，ベッド幅60 cmの1条植え（1,786株・10 a^{-1}）とした．基肥として牛ふん堆肥を4 t・10 a^{-1}，緩効性の化成肥料（ジェイカムアグリ(株)，くみあいCDU複合燐加安S555）を $N:P_2O_5:K_2O=15:15:15$ kg・10 a^{-1} 施用し，畝面を黒マルチ（(株)三共，幅150 cm，厚さ0.02 mm）で覆った．その他の栽培管理は，採りっきり栽培（蕪野ら，2018; 元木，2019; Taguchi ら，2018）に準じて行った．収穫は，第1表に示した期間中に行い，元木ら（2011）に準じ，25 cm以上に伸びた若茎と奇形茎および病害虫被害茎のすべてを地際から切りとった．

2. 土壌の化学性の調査

採りっきり栽培前の土壌採取は，2017および2018年の2か年行い（第1表），対角線採土法（安西，1997）に準じ，表層の土壌を排除し，深さ10～20 cmの土壌を移植ごてで採取した．採りっきり栽培後（後作前）の土壌採取は，2016，2017および2018年の3か年行い（第1表），アスパラガスの栽培時に畝（Receding Asparagus Ridges，以下，R）および通路（Receding Asparagus Furrows，以下，F）の2区画について行った．土壌採取後，1 mmメッシュの篩を用いて篩分けし，70°Cの送風定温乾燥機（DRM620TB，アドバンテック東洋(株)）で30～60分通風乾燥させ，pH（H_2O），EC，CECおよび交換性塩基を測定した．

3. 根域土壌のアレロパシー活性の評価

土壌採取は，2017年の後作前および後作後の2回行い，植物体直下の根域土壌を採取した．試験区は，RおよびFに加え，後作に対する前作のアスパラガスの影響を評価するため，前作としてアブラナ科の葉菜類（「のらぼう菜」(柘植・元木，2020)）を栽培した部分（Preceding Leaf Vegetables Ridges，以下，L）の3区とした．土壌採取後，1 mmメッシュの篩を用いて篩分けし，70°Cの送風定温乾燥機（DRM620TB，アドバンテック東洋(株)）で30～60分通風乾燥させた．根域土壌のアレロパシー活性は，根圏土壌アッセイ法（元木，2006; 元木ら，2006a）に準じ，検定植物にレタス‘レッド・ファイヤー’（タキイ種苗(株)）を用い，1区5粒3反復で行った．活性炭（活性炭フロアブル剤，OATアグリオ(株)）を混和した区（以下，活性炭混和区），活性炭を混和していない区（以下，活性炭無混和区）およ

第1表 本研究における試験概要

作業内容	栽培年				
	2015	2016	2017	2018	2019
土壌採取（採りっきり栽培前）	–[z]	–	2016年3月 9日	2017年3月12日	–
アスパラガス定植	2014年3月 7日	2015年3月 4日	2016年3月10日	2017年3月16日	2018年3月15日
アスパラガス収穫開始	2015年3月26日	2016年3月 4日	2017年3月11日	2018年3月14日	2019年3月 4日
アスパラガス収穫終了	2015年6月30日	2016年6月30日	2017年6月30日	2018年5月25日	2019年5月29日
土壌採取（採りっきり栽培後・後作前）	–	2016年7月 4日	2017年7月 1日	2018年6月13日	–
土壌採取（後作後）	←――― 後作物の収穫時期に合わせた ―――→				

[z] データなし

び寒天のみの対照区の3試験区を設けて試験を行った．猪谷ら（1998）は，幼根長が胚軸長に比べて，供試土壌からの滲出物の影響を受けやすいと報告していることから，本研究では，元木（2006）および元木ら（2006a）の報告と同様，試験区と対照区の寒天培地における幼根長との比（以下，対照比）を算出した．

4. 後作

アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後，根株を圃場外に持ち出さずにトラクターで耕耘し，RおよびFに分け，畝面を白黒マルチ（大倉工業(株)，幅135 cm，厚さ0.02 mm）で覆った．後作は，第2表に示した6品目を供試し，エダマメおよびミニトマトを除く品目は，株間および条数を神奈川県（2016）に準じ，直播あるいは定植した．エダマメおよびミニトマトは，神奈川県（2016）を基準とし，エダマメの条数は，1条とし，ミニトマトの株間，条数および栽植密度は，北條ら（2017）に準じた．本研究では，施肥を行わずに後作物を栽培した．ただし，2016および2017年のエダマメの栽培では，神奈川県（2016）に準じた施肥区をRおよびFそれぞれに設け，施肥の有無による影響も評価した．基肥として牛ふん堆肥を2 t・10 a^{-1}，緩効性の化成肥料（ジェイカムアグリ(株)，くみあいCDU複合燐加安S555および南九州化学工業(株)，粒状BMようりん）を$N:P_2O_5:K_2O=8:14:8$ kg・10 a^{-1}施用し，畝面を黒マルチ（(株)三共，幅150 cm，厚さ0.02 mm）で覆った．収穫は，それぞれの品目の収穫適期に行い，調査項目は，エダマメが全莢数および地下部新鮮重，スイートコーンが雌穂重および地上部新鮮重，サツマイモが上いも長および上いも径，ミニトマトが草丈および地上部新鮮重，ミニニンジンが草丈および最大根長とした．供試株数は，エダマメが17～40株，スイートコーンが11～30株，サツマイモが20～28株，ミニトマトが10～12株，ミニニンジンが160～400株およびアスパラガスが30株とした．それぞれの収量は，収穫調製後の重量および栽植密度から算出した．2015年にアスパラガスを連作した試験では，株養成が終了した時点で草丈，有効茎数および地下部新鮮重を調査した．なお，有効茎数は，茎径が3 mm以上の茎数とした．

算出した収量について，各後作物の全国平均収量（農林水産省生産流通消費統計課，2016, 2017, 2018, 2019, 2020）の栽培年全体の平均値と，本研究で得られた各後作物の収量の栽培年全体の平均値との比（以下，全国平均収量比）を算出した．本研究では，後作物の品目における主要作型の全国平均収量と本研究で得られた収量との比較を行うことにより，それぞれの後作物が採りっきり栽培の収穫終了後の6～7月以降の栽培に適するかを評価した．全国平均収量比の評価方法は，元木ら（2007）の評価方法を参考に，***（151%以上），**（131～150%），*（111～130%），△

第2表　アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後における後作の供試品目，供試品種，試験時期および栽植様式

科	品目	品種	種苗販売会社	試験時期			栽植様式		
				栽培年	播種または定植日	調査日	株間(cm)	条数	栽植密度(株・10 a^{-1})
マメ	エダマメ	‘ふくら’	カネコ種苗(株)	2015	2015年7月20日	2015年 9月16日	15	1	4,760
				2016	2016年7月14日	2016年 9月14日	15	1	4,760
				2017	2017年7月 4日	2017年 9月25日	15	1	4,760
				2018	2018年7月 8日	2018年 9月11日	15	1	4,760
				2019	2019年6月18日	2019年 8月26日	15	1	4,760
イネ	スイートコーン	‘ドルチェヘブン’	パイオニアエコサイエンス(株)	2015	2015年7月20日	2015年10月10日	25	1	2,857
				2016	2016年7月14日	2016年 9月16日	25	1	2,857
				2017	2017年7月 4日	2017年 9月 4日	25	1	2,857
				2019	2019年6月18日	2019年 8月24日	25	1	2,857
ヒルガオ	サツマイモ	‘ベニアズマ’	(株)三重興農社	2017	2017年7月20日	2017年11月27日	30	1	2,380
				2018	2018年6月17日	2018年10月19日	30	1	2,380
				2019	2019年6月15日	2019年10月24日	30	1	2,380
ナス	ミニトマト	‘ミニキャロル’	(株)サカタのタネ	2015	2015年7月20日	2015年 9月 5日～10月31日	40	1	1,785
		‘ロッソナポリタン’	パイオニアエコサイエンス(株)	2017	2017年7月14日	調査せず	40	1	1,785
				2019	2019年6月25日	2019年 8月 7日～ 9月18日	40	1	1,785
セリ	ミニニンジン	‘アムス’	パイオニアエコサイエンス(株)	2015	2015年7月20日	2015年10月12日	6	4	47,620
				2017	2017年7月14日	調査せず	6	4	47,620
				2019	2019年6月18日	2019年 9月 7日	6	4	47,620
キジカクシ	アスパラガス	‘太宝早生’	パイオニアエコサイエンス(株)	2015	2015年7月20日	2016年 2月11日	30	1	2,380

アスパラガスの採りっきり栽培（前作）においては，‘太宝早生’および‘満味紫’を供試した

(90～110%), + (70～89%), ++ (50～69%) および+++ (49%以下) とした.

5. 統計分析

統計解析ソフト (エクセル統計2012, (株)社会情報サービス) を用いて, 統計処理を行い, 処理区間の検定をt検定で行った.

結　果

1. 土壌化学性

アスパラガスの採りっきり栽培前後における土壌化学性を第3表に示した. pHは, 採りっきり栽培前について, 2か年ともに, 6.5であった. 採りっきり栽培後について, 2016～2018年のRが6.0～6.2, Fが6.0～6.5であった. ECは, 採りっきり栽培前について, 2か年ともに, 0.10 dS・m^{-1}であった. 採りっきり栽培後について, 2016～2018年のRが0.20～0.26 dS・m^{-1}, Fが0.09～0.15 dS・m^{-1}であり, RがFに比べて値が高かった. CECは, 採りっきり栽培前について, 2017年が28.0 meq, 2018年が33.0 meqであった. 採りっきり栽培後について, 2016～2018年のRが17.1～20.1 meq, Fが11.2～19.4 meqであり, いずれも採りっきり栽培前に比べて値が低く, RがFと値が同等か高かった. 交換性塩基のうち, K_2Oは, 採りっきり栽培後について, 3か年ともに, RがFに比べて値が高かった. CaOは, 採りっきり栽培後について, 2016年はRがFに比べて, 2017年はFがRに比べて値が高く, 2018年はRとFが同等であった. MgOは, 採りっきり栽培後について, 2016および2018年はRがFに比べて値が高く, 2017年はRとFが同等であった. 塩基飽和度は, 採りっきり栽培後について, 2016および2018年はRがFに比べて, 2017年はFがRに比べて値が高かった. 石灰／苦土および苦土／加里は, 採りっきり栽培後について, 3か年ともに, FがRに比べて値が高かった.

2. 根域土壌のアレロパシー活性の評価

アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後の後作前後における根域土壌のアレロパシー活性の評価を第2図に示した. 検定作物であるレタスの幼根長の対照比は, 後作前について, 活性炭無混和区のRが95%, Fが104%およびLが87%であった. 活性炭混和区のRが152%, Fが146%およびLが142%であり, 活性炭混和区が活性炭無混和区に比べて高かった. また, 後作後について, 活性炭無混和区のRが90～137%, Fが107～158%およびLが97～161%であった. 活性炭混和区のRが104～193%, Fが119～207%およびLが105～195%であり, サツマイモのLを除き, 活性炭混和区が活性炭無混和区と値が同等か高かった. 活性炭無混和区のR, FおよびLは, エダマメのRを除き, 後作後が後作前と値が同等か高かった.

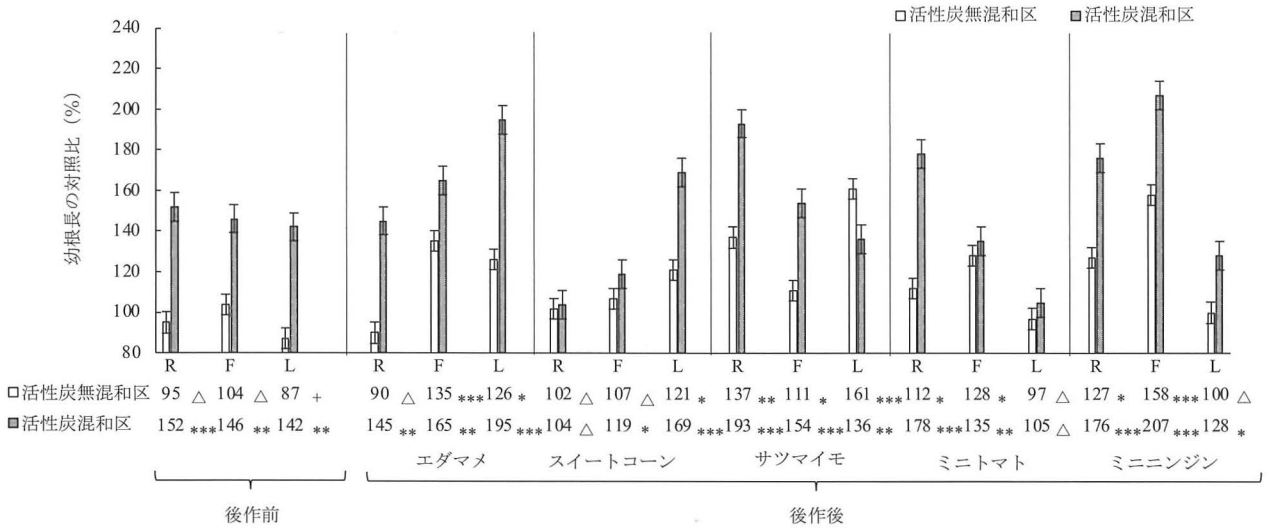
3. 後作

採りっきり栽培の収穫終了後における後作物の収量および生育について, それぞれ第4および5表に示した. 収量は, ミニニンジンの2019年を除き, いずれの品目および栽培年においても, RがFと同等か有意に高かった (第4表). 全国平均収量比は, エダマメのRが108%, Fが95%, スイートコーンのRが111%, Fが89%, サツマイモのRが105%, Fが91%およびミニトマトのRが45%, Fが35%であった (第4表). また, ミニニンジンは, 八木ら (2017) の平均収量比であるが, Rが171%, Fが177%であった (第4表). 生育は, エダマメの全莢数における2017および2018年, 地下部新鮮重における2019年, スイートコーンの地上部新鮮重における2016および2017年, ミニニンジンの草丈および最大根長における2019年は, RがFに比べて有意に大きかったものの, ほかでは有意差が認められなかった. アスパラガスにおけるすべての調査項目について, 試験区間に有意差が認められなかった (第5表). また, ミニニンジンおよびサツマイモの根菜類では, 総収量のうち, 規格外収量が占める割合は, 畝と通路が同等であった (データ略). アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後における施肥の有無によるエダマメの収量および生育について, 第6表に示した. 収量は, 2017年のFにつ

第3表　アスパラガスの採りっきり栽培前後における土壌化学性

栽培年	試験区		pH (H_2O)	EC (dS・m^{-1})	CEC (meq)	交換性塩基 乾土 (mg・100 g^{-1}) K_2O	CaO	MgO	当量 (meq・100 g^{-1}) CaO	MgO	K_2O	塩基飽和度 (%)	石灰／苦土	苦土／加里
2016	採りっきり栽培後	R[z]	6.2	0.20	17.1	112.8	427.6	95.8	15.2	4.8	2.4	130.9	3.2	2.0
		F[y]	6.0	0.09	11.2	46.0	299.0	52.2	10.7	2.6	1.0	83.2	4.1	2.7
2017	採りっきり栽培前		6.5	0.10	28.0	72.0	559.0	59.0	19.9	2.9	1.5	142.6	6.8	1.9
	採りっきり栽培後	R	6.0	0.26	20.1	88.5	533.3	69.8	19.0	3.5	1.9	142.4	5.5	1.8
		F	6.5	0.15	19.4	48.4	621.5	71.4	22.2	3.5	1.0	156.3	6.3	3.4
2018	採りっきり栽培前		6.5	0.10	33.0	43.0	677.0	83.0	24.1	4.1	0.9	170.5	5.9	4.5
	採りっきり栽培後	R	6.2	0.22	18.4	140.1	436.6	80.9	15.6	4.0	3.0	131.9	3.9	1.3
		F	6.0	0.11	16.2	70.9	433.7	51.1	15.5	2.5	1.5	114.0	6.1	1.7

[z] アスパラガスの採りっきり栽培時に畝であった部分
[y] アスパラガスの採りっきり栽培時に通路であった部分



第2図　アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後の後作前後における根域土壌のアレロパシー活性の評価
評価方法は元木ら（2007）による：***（151%以上），**（131～150%），*（111～130%），△（90～110%），+（89～70%），++（69～50%）および+++（49%以下）
縦棒は標準誤差を示す（n=9～11）
アスパラガスの採りっきり栽培時に畝であった部分をR，通路であった部分をFとし，前作が葉菜類であった部分をLとした

第4表　アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後における後作物の収量

科	品目	栽培年	収量（kg・10 a^{-1}） R[y]	収量（kg・10 a^{-1}） F[x]		平均収量（kg・10 a^{-1}） R	平均収量（kg・10 a^{-1}） F	全国平均収量比[z]（%） R	評価[w]	F	評価
マメ	エダマメ	2015	412± 22[v]	387± 27	n.s.[u]	556	488	108	△	95	△
		2016	559± 22	491± 23	n.s.						
		2017	790± 55	556± 36	**						
		2018	429± 58	343± 29	n.s.						
		2019	592± 50	663± 54	n.s.						
イネ	スイートコーン	2015	1,082± 104	862±106	n.s.	1,028	832	111	*	89	+
		2016	1,693± 193	1,171±178	n.s.						
		2017	646± 8	669± 23	n.s.						
		2019	694± 21	628± 24	n.s.						
ヒルガオ	サツマイモ	2017	1,641± 210	1,568±194	n.s.	2,317	2,022	105	△	91	△
		2018	1,782± 164	1,595±183	n.s.						
		2019	3,530±1,154	2,904±824	n.s.						
ナス	ミニトマト	2015	1,585± 191	1,348±100	n.s.	1,727	1,333	45	+++	35	+++
		2019	1,869± 61	1,319±179	*						
								八木ら（2017）に基づく平均収量比（%）[t] R	評価	F	評価
セリ	ミニニンジン	2015	2,537± 235	2,518±218	n.s.	2,199	2,247	171	***	177	***
		2019	1,862± 13	2,030±140	**						

[z] 収量／全国平均収量×100（%）
[y] アスパラガスの採りっきり栽培時に畝であった部分
[x] アスパラガスの採りっきり栽培時に通路であった部分
[w] 評価方法は元木ら（2007）による：***（151%以上），**（131～150%），*（111～130%），△（90～110%），+（89～70%），++（69～50%）および+++（49%以下）
[v] 平均値±標準誤差
[u] t検定により，**は1%水準で，*は5%水準で有意差あり，n.s.は有意差なしを示す（n=5～45）
[t] 収量／八木ら（2017）のミニニンジン‘アムス’平均収量×100（%）

第5表 アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後における後作物の生育

栽培年	試験区	エダマメ 全莢数（個）	エダマメ 地下部新鮮重（g）	スイートコーン 雌穂重（g）	スイートコーン 地上部新鮮重（g）	サツマイモ 上いも長（cm）	サツマイモ 上いも径（cm）	ミニトマト 草丈（cm）	ミニトマト 地上部新鮮重（g）	ミニニンジン 草丈（cm）	ミニニンジン 最大根長（mm）	アスパラガス 草丈（cm）	アスパラガス 茎数（本）	アスパラガス 地下部新鮮重（g）
2015	R[z]	47.6	10.2	378.6	464.6	–[w]		287.0	739.0	46.8	28.6	71.7	19.2	170.7
		n.s.[x]	n.s.	n.s.	n.s.			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	F[y]	46.5	10.2	301.8	380.6			257.2	590.0	46.1	26.7	61.0	16.5	144.4
2016	R	62.0	12.9	592.5	1,302.5	–		–		–		–		
		n.s.	n.s.	n.s.	**									
	F	55.7	11.9	410.0	623.8									
2017	R	73.7	17.7	226.3	1,062.0	14.5	5.1					–		
		*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.							
	F	50.0	13.9	234.2	635.0	23.4	5.5							
2018	R	72.9	6.8	–		–		–		–		–		
		**	n.s.											
	F	41.8	4.9											
2019	R	76.5	7.5	243.0	1,208.3	18.0	4.8	174.6	1,207.0	61.3	23.8			–
		n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	*			
	F	82.6	5.5	219.9	1,111.0	22.1	5.6	179.6	1,212.0	53.5	21.9			

[z] アスパラガスの採りっきり栽培時に畝であった部分
[y] アスパラガスの採りっきり栽培時に通路であった部分
[x] t検定により，** は1%水準で，* は5%水準で有意差あり，n.s. は有意差なしを示す（n=7～22）
[w] –はデータなし，空欄は調査せず

第6表 アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後における施肥の有無によるエダマメの収量および生育

栽培年	試験区	施肥	収量（kg・10 a^{-1}）	全莢数（個）	地下部新鮮重（g）
2016	R[z]	有	582.0	59.0	13.2
			n.s.[x]	n.s.	n.s.
		無	558.6	62.0	12.9
	F[y]	有	507.4	59.0	11.6
			n.s.	n.s.	n.s.
		無	491.1	55.7	11.9
2017	R	有	844.2	97.0	11.7
			n.s.	**	*
		無	790.5	73.7	17.7
	F	有	900.0	90.0	15.1
			**	**	n.s.
		無	555.8	50.0	13.9

[z] アスパラガスの採りっきり栽培時に畝であった部分
[y] アスパラガスの採りっきり栽培時に通路であった部分
[x] t検定により，** は1%水準で，* は5%水準で有意差あり，n.s. は有意差なしを示す（n=7～22）

いて，全莢数は，2017年のRおよびFについて，施肥区が無施肥区に比べて有意に多く，地下部新鮮重は，2017年のRについて，無施肥区が施肥区に比べて有意に重かったものの，ほかでは有意差が認められなかった．

考　察

土壌化学性について，日笠（2000）は，アスパラガスの土壌pHの最適値は5.8～6.1であるとしており，神奈川県内における野菜類の栽培時の土壌pHの基準値は6.0～6.5である（神奈川県，2020）．本研究の結果，土壌pHは，6.0～6.5の範囲であり，調査を行ったいずれの栽培年においても，基準値の範囲内であった．また，井上（2021）は，アスパラガスの土壌改良に向けた土壌ECの目標値は0.2～0.8 dS・m^{-1}であるとしており，神奈川県内における野菜類の栽培時の土壌ECの基準値は0.3 dS・m^{-1}以下である（神奈川県，2020）．本研究の結果，土壌ECは，0.09～0.26 dS・m^{-1}の範囲であり，調査を行ったいずれの栽培年においても，基準値の範囲内であった．土壌ECは，畝が通路に比べて値が高かったが，降雨による肥料成分の流亡量は，マルチの被覆を行っていない通路が畝に比べて多かったと考えられ，本研究の結果に影響したと考える．交換性塩基は，土壌中のバランスが崩れると，拮抗作用により養分の吸収効率が低下し，作物の生理障害が発生しやすくなるため，それぞれの単独の含量でなく，お互いのバランスが重要であるとされる（石橋，1998）．井上（2005）は，アスパラガスの半促成長期どり栽培における圃場の土壌化学性を調査し，過剰な施肥によるリン酸やカリウムなどの集積が著しく，塩基バランスが不均衡であったと報告した．しかし，神奈川県内における野菜類の栽培時の石灰／苦土および苦土／加里の基準値は，それぞれ3.7～7.0および1.1～3.2であり（神奈川県，2020），本研究の結果，石灰／苦土および苦土／加里は，調査を行ったいずれの栽培年においても，

基準値から大きく外れていなかった．そのため，本研究における塩基バランスは，採りっきり栽培後の後作には問題ない値であったと考える．

アスパラガスのアレロパシー物質は，アスパラガスの栽培時の通路が畝に比べて少なく，改植時には，通路に改植することが望ましいとされる（元木，2003, 2006, 2010）．本研究では，同一圃場において，アスパラガスの採りっきり栽培の輪作体系を構築することを目的として，アレロパシー物質の分布が異なると想定される畝と通路にそれぞれの試験区を設けて比較検討することにより，アスパラガスのアレロパシー物質の後作物への影響を評価した．その結果，アレロパシー活性について，検定作物であるレタスの幼根長の対照比は，後作前，活性炭無混和区の畝，通路ともに，100%前後の値であり，アレロパシーの影響が小さかったと考えられた．アスパラガスでは，根の残存物からアレロパシー物質が滲出するため（Blok・Bollen, 1993; 元木，2006），既存株上に客土して形成した畝に改植する方法も開発されている（池内，2014）．本研究では，採りっきり栽培の収穫終了後にアスパラガスの根株を圃場外に持ち出さずにトラクターでそのまま耕耘したため，後作では根株が残存しているものの，アレロパシー物質の滲出による影響が小さかった．ところで，アスパラガスの貯蔵根の色は，株が成長するに従って，白色から黄色や茶褐色などに変化する（元木，2021）．Motokiら（2019, 2021）は，アスパラガスのアレロパシー活性は地下部で強く，アスパラガスの茶褐色の貯蔵根および貯蔵根の表皮が，ルチンを多量に含むことを明らかにし，アスパラガスの年生が進むに従って，貯蔵根のルチン含量が増えたことによりアレロパシー活性も増えた可能性があると推察した．そのため，採りっきり栽培のような定植から1年程度の若年株では，白色の貯蔵根が多く（元木，2021），根株が圃場に残存していてもアレロパシー物質の滲出による影響が小さいと考える．また，採りっきり栽培の収穫終了後にアスパラガスを連作したところ，生育は，すべての調査項目について，畝と通路で有意差が認められなかったため，採りっきり栽培では，根株を圃場外に持ち出さずにそのまますき込んだあと，アスパラガスを連作した場合でも，連作障害が発生しにくい可能性がある．後作前および他作物の後作後における検定作物であるレタスの幼根長の対照比は，活性炭混和区が活性炭無混和区と同等か高い傾向であった．本研究では，活性炭無混和区の幼根長の対照比は，畝，通路ともに100%前後の値であり，アレロパシーの影響が小さい条件で活性炭混和を行ったため，活性炭自体の生育促進効果も影響したと考える．

アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後における後作物の収量について，ミニニンジンの2019年を除き，いずれの品目および栽培年においても，畝が通路と同等か有意に高かった．そのため，地下部に多く残存していると推察される根株は，後作物の収量に対する影響が小さいと考える．採りっきり栽培後のECは，畝が通路に比べて値が高く，後作物の収量に対しては，畝および通路のECが影響した可能性がある．ところで，アスパラガスの長期どり栽培において，根株は畝中央に多く存在し，強いアレロパシー活性が認められており，根株を圃場外に持ち出すことが推奨されている（元木，2003, 2006, 2010; 元木ら，2006b, 上杉ら，1997）．本研究では，根株を圃場外に持ち出さずにそのまま耕耘し，後作物を栽培した．本研究における地下部の根株の残存量は，株養成期間の違いから，浦上ら（2009）の伏せ込み促成栽培の事例である1.8 t・10 a^{-1}に比べて多く残存していたと推察される．しかし，アスパラガスの根株は，後作物の収量に対する影響が小さく，ミニニンジンおよびサツマイモの根菜類では，裂根や岐根などの障害根発生への影響も少なかった．後作物の全国平均収量比は，ミニトマトを除く品目では89～111%の範囲であった．トマトについて，佐藤（2006）は，日平均気温が25°Cから1°Cでも上昇すると，着果率が有意に低下すると報告した．本研究の2015および2019年における栽培期間中（収量調査開始日の2週間前～収量調査最終日）に日平均気温が25°Cを上回った日数の割合は，それぞれ43および82%であった（気象庁，2020）．そのため，ミニトマトの全国平均収量比がほかの品目に比べて低かった理由は，夏季の高温による着果不良に加え，収穫期間の短さによる収穫段数の減少も一因と考える．本研究では，採りっきり栽培の収穫終了日を5あるいは6月下旬としたが，アスパラガスと後作物の収益性を考慮しながら，採りっきり栽培の収穫終了日を後作物に適する作型に合わせて検討する必要がある．本研究で供試した後作物の品目は，アスパラガスの生産現場でその時期に実際に栽培されている品目，収益性が高い品目，アスパラガスの採りっきり栽培の生産者からの聞き取りで，収穫終了後に栽培できるとされた品目を考慮して選定した．アスパラガスを用いた新たな輪作体系の構築に向け，今後は，気象条件の違いが後作物の生育および収量に及ぼす影響や地域間差異などについても検討する必要がある．

2016および2017年のエダマメの栽培では，無施肥区および施肥区を設け，施肥の有無による影響を評価した．その結果，エダマメの生育および収量は，施肥区が無施肥区と同等か有意に高かった．本研究では，アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後の圃場における残存肥料のみを利用して後作物を栽培した．これは，地下部に残存したアスパラガスの地下茎および貯蔵根がN，PおよびKを含み（Motokiら，2021），無機成分の供給源となる点や，地下部のバイオマスが栽培年の気象条件により異なる点などを考慮し，施肥による要因を増やさず，無施肥による影響を評価したためである．しかし，後作物の増収には，作物ごとに適正な施肥を行うことも必要であると考える．アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後における後作物の収量の結果から，土壌化学性およびアレロパシー活性の評価と

同様，採りっきり栽培の収穫終了後に後作物が問題なく栽培できることが明らかになった．

アスパラガスの採りっきり栽培における収穫終了後の後作の可能性を検討した結果，採りっきり栽培の収穫終了後の土壌化学性およびアレロパシー活性は，それぞれの後作物の栽培に対する影響が小さかった．また，それぞれの後作物の収量は，前作のアスパラガスの畝と通路が同等であり，ミニトマトを除く後作物では，全国平均収量と同等であった．なお，採りっきり栽培が普及している地域では，本研究では供試していないブロッコリーやオクラなども採りっきり栽培後の後作物として導入されており，問題なく栽培できている（私信）．そのため，アスパラガスの採りっきり栽培の後作では，後作物として導入する品目の作型に合えば，どの品目でも栽培が可能である．今後は，アスパラガスを輪作作物の1品目として栽培体系を構築するために，アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後に後作物の栽培を行い，再びアスパラガスを採りっきり栽培で栽培する輪作体系を検討し，アスパラガスの採りっきり栽培を用いた連続する輪作が可能か複数年にわたり検討する．

摘　要

アスパラガスの1年養成株全収穫栽培法（以下，採りっきり栽培）は，通常の栽培に比べて栽培期間が短く，圃場を長期間占有しない．採りっきり栽培では，定植翌年の5あるいは6月末に収穫を終えることから，その後の後作の検討が必要になる．本研究では，アスパラガスの新栽培法である採りっきり栽培を収益性が高い輪作作物の1品目として新たに導入することを目的に，採りっきり栽培の収穫終了後の圃場において土壌化学性およびアレロパシー活性を評価するとともに，アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後に，前作のアスパラガスの畝および通路に数種の後作物を栽培し，それらの生育および収量を調査した．その結果，アスパラガスの採りっきり栽培の収穫終了後の土壌化学性およびアレロパシー活性は，それぞれの後作物の栽培に対する影響が小さかった．また，それぞれの後作物の収量は，前作のアスパラガスの畝と通路が同等であり，ミニトマトを除く後作物では，全国平均収量と同等であった．そのため，アスパラガスの採りっきり栽培の後作では，後作物として導入する品目の作型に合えば，どの品目でも栽培が可能である．

引用文献

安西徹郎．1997．土壌試料採取（一般的な採土法）．p. 11–14．土壌環境分析法編集委員会編著．土壌環境分析法．博友社．東京．

Blok, W. J. and G. J. Bollen. 1993. The role of autotoxins from root residues of the previous crop in the replant disease of asparagus. Neth. J. Plant Pathol. 99: 29–40.

Hartung, A. C., M. G. Nair and A. R. Putnam. 1990. Isolation and characterization of phytotoxic compounds from asparagus (*Asparagus officinalis* L.) roots. J. Chem. Ecol. 16: 1707–1718.

Hartung, A. C. and C. T. Stephens. 1982. Effect of allelopathic substances produced by asparagus on incidence and severity of asparagus decline due to *Fusarium* crown rot. J. Chem. Ecol. 9: 1163–1174.

日笠裕治．2000．アスパラガスにおける生育特性と根部の糖類集積特性に基づく生産の持続性に関する研究．北海道農試報．94: 1–72.

北條怜子・柘植一希・樋口洋子・山初仁志・加藤正一・藤尾拓也・岩崎泰永・元木　悟．2017．露地夏秋どりミニトマトのソバージュ栽培における収量および品質．園学研．16: 137–148.

池内隆夫．2014．不耕起客土法によるアスパラガスの改植．植物防疫．68: 13–20.

猪谷富雄・平井健一郎・藤井義晴・神田博文・玉置雅彦．1998．サンドイッチ法による薬用植物のアレロパシー活性の検索．雑草研究．43: 258–266.

井上勝広．2005．アスパラガス半促成長期どり栽培圃場の土壌実態と窒素の適正施用量および硝酸態窒素の簡易分析法．長崎総農林試研報（農）．31: 1–13.

井上勝広．2021．年間の生育と養水分吸収，施肥の考え方．p. 383–396．農文協編著．アスパラガス大事典．農文協．東京．

石橋英二．1998．土壌編．p. 75–76．藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎編著．土壌肥料用語辞典．農文協．東京．

蕪野有貴・田口　巧・松永邦則・高橋ゆうき・元木　悟．2018．アスパラガスの新栽培法（1年養成株全収穫栽培法）における定植時期が生育，収量および収益に及ぼす影響．園学研．17: 345–357.

神奈川県．2016．神奈川県作物別施肥基準．p. 5–12．神奈川．

神奈川県．2020．神奈川土壌診断基準．〈http://www.pref.kanagawa.jp/documents/30821/2-3-2.pdf〉.

気象庁．2020．過去の気象データ検索．〈https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=&block_no=&year=2020&month=&day=&view=〉.

小泉丈晴・石澤昌彦・山田文典．2013．伏せ込み促成アスパラガスの春定植1年半株養成法．群馬農技セ研報．10: 47–50.

元木　悟．2003．アスパラガスの作業便利帳．p. 1–155．農文協．東京．

元木　悟．2006．アスパラガス連作障害における活性炭を利用したアレロパシー回避技術の確立．長野野菜花き試特研報．2: 52–146.

元木　悟．2010．高品質多収を実現する安定改植のための実際の技術．p. 82–92．農耕と園芸編集部編著．アスパラガスの生理生態と生産事例．誠文堂新光社．東京．

元木　悟. 2019. アスパラガス採りっきり栽培. p. 1–83. 農文協. 東京.

元木　悟. 2021. カラー口絵. p. 2. 農文協編著. アスパラガス大事典. 農文協. 東京.

元木　悟・北澤裕明・前田智雄・久徳康史. 2011. 密植栽培がムラサキアスパラガス‘パープルパッション’の収量および生育に及ぼす影響. 園学研. 10: 81–86.

元木　悟・西原英治・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原　温. 2006a. 新規に開発した手法を利用したアスパラガス根圏土壌のアレロパシー活性測定法. 園学研. 5: 443–446.

元木　悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・篠原　温. 2006b. 沖積土壌におけるアスパラガスの連作障害に対するアレロパシーの関与. 園学研. 5: 431–436.

元木　悟・西原英治・高橋直志・Hermann Limbers・篠原温. 2007. 育苗時の活性炭添加によるアレロパシー軽減効果. 園学研. 6: 603–609.

Motoki, S., T. Taguchi, A. Kato, K. Inoue and E. Nishihara. 2021. Distribution of growth-inhibitory activity, mineral contents, and functional components in different tissue parts of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) and availability of unusable parts. HortScience. 56: 1340–1346.

Motoki, S., T. Tang, T. Taguchi, A. Kato, I. Hiromi and M. Tomoo. 2019. Distribution of rutin and protodioscinin different tissue parts of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). HortScience. 54: 1921–1924.

Noperi-Mosqueda, L. C., F. J. López-Moreno, E. Navarro-León, E. Sánchez, B. Blasco, D. A. Moreno, T. Soriano and J. M. Ruiz. 2020. Effects of asparagus decline on nutrients and phenolic compounds, spear quality, and allelopathy. Sci. Hortic. 261: 109029.

農林水産省生産流通消費統計課. 2016. 作物統計調査 作況調査（野菜）確報 平成27年産野菜生産出荷統計. 〈https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&tclass1=000001032286&tclass2=000001032933&tclass3=000001091115&cycle_facet=tclass1%3Atclass2%3Acycle&tclass4val=0〉.

農林水産省生産流通消費統計課. 2017. 作物統計調査 作況調査（野菜）確報 平成28年産野菜生産出荷統計. 〈https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&tclass1=000001032286&tclass2=000001032933&tclass3=000001109035&cycle_facet=tclass1%3Atclass2%3Acycle&tclass4val=0〉.

農林水産省生産流通消費統計課. 2018. 作物統計調査 作況調査（野菜）確報 平成29年産野菜生産出荷統計. 〈https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&tclass1=000001032286&tclass2=000001032933&tclass3=000001121095&cycle_facet=tclass1%3Atclass2%3Acycle&tclass4val=0〉.

農林水産省生産流通消費統計課. 2019. 作物統計調査 作況調査（野菜）確報 平成30年産野菜生産出荷統計. 〈https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&tclass1=000001032286&tclass2=000001032933&tclass3=000001135323&cycle_facet=tclass1%3Atclass2%3Acycle&tclass4val=0〉.

農林水産省生産流通消費統計課. 2020. 作物統計調査 作況調査（野菜）確報 令和元年産野菜生産出荷統計. 〈https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&tclass1=000001032286&tclass2=000001032933&tclass3=000001147186&cycle_facet=tclass1%3Atclass2%3Acycle&tclass4val=0〉.

佐藤　卓. 2006. 地球温暖化に伴うおだやかな高温ストレスがトマトの生産性と雄性器官の発達に与える影響. 食と緑の科学. 60: 85–89.

清水　佑・松永邦則・浦上敦子・柘植一希・山口貴之・元木　悟. 2016. 新たに開発したホーラーがアスパラガスの定植における作業性に及ぼす影響. 農作業研究. 51: 11–21.

Taguchi, T., Y. Kabuno and S. Motoki. 2018. Development of new harvest production system for asparagus (Whole harvest cultivation method of one-year-old plants). Acta Hortic. 1223: 165–171.

田口　巧・加藤綾夏・元木　悟. 2020. アスパラガスの早期定植に適する植え穴の形状. 農作業研究. 55: 43–50.

柘植一希・元木　悟. 2020. 川崎市に在来する「のらぼう菜」(*Brassica napus* L.) の主茎の摘心処理が収量に及ぼす影響. 園学研. 19: 261–268.

上杉壽和・小澤智美・松木宏司. 1997. アスパラガスアレロパシーを軽減する改植技術. 長野野菜花き試報. 10: 35–40.

浦上敦子. 2017. アスパラガスの来歴と特性. p. 基3–8. 農業技術大系野菜編8-2. タマネギ・アスパラガス. 農文協. 東京.

浦上敦子・相澤証子・國久美由紀・村上健二・徳田進一・東尾久雄. 2009. 伏せ込み促成栽培後のアスパラガス廃棄根株すき込みによるキタネグサレセンチュウ密度低下と後作レタスの収量増加. 日線虫学誌. 39: 23–30.

八木明香・細田絢子・柘植一希・松永邦則・元木　悟. 2017. ナンテス由来のミニニンジン品種‘アムス’の特性解明. 園学研. 16: 61–69.

Yergeau. E., V. Vujanovic and M. St-Arnaud. 2006. Changes in communities of fusarium and arbuscular mycorrhizal fungi as related to different asparagus cultural factors. Microbial Ecol. 52: 104–113.