

混作や間作など作付構成の多様化を利用した野菜の有機栽培に関する研究

誌名	山梨県総合農業技術センター研究報告 = Bulletin of the Yamanashi Prefectural Agricultural Technology Center
ISSN	18817726
著者名	赤池,一彦
発行元	山梨県総合農業技術センター
巻/号	9号
掲載ページ	p. 1-99
発行年月	2016年9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



混作や間作など作付構成の多様化を利用した
野菜の有機栽培に関する研究

Organic Cultivation of Vegetables Based on Cropping Scheme
Diversification, including Mixed Cropping and Intercropping

2016 年

赤池一彦
Kazuhiko AKAIKE

目次

第1章 緒論

有機農業に関わる社会情勢	1
山梨県における有機農業の実態	1
研究の背景と目的, および論文構成	2

第2章 野菜の品目別有機栽培難易度と現地栽培圃場の実態把握

第1節 有機栽培が可能な露地野菜の品目と栽培時期	6
第2節 山梨県北杜市における有機栽培圃場の実態調査からみた耕種的特徴	17

第3章 混作, 間作, 雑草草生の利用が野菜の病虫害軽減や生産性に及ぼす影響

第1節 春作キャベツ, 秋作ブロッコリー栽培における畦間の雑草草生効果	29
第2節 春作キャベツ, 秋作ブロッコリー栽培におけるネギ類やレタス混作, シロクロバ間作効果	39
第3節 夏秋キュウリ栽培におけるニガウリ混作効果	59

第4章 野菜の有機栽培における雑草草生を利用した窒素循環 69 |

第5章 有機農業の意義と役割

有機栽培の成立条件	81
安定生産と環境負荷低減の両立	84
今後の展望	85

謝辞	87
----------	----

引用文献	88
------------	----

摘要	93
----------	----

英文摘要	96
------------	----

第1章 緒 論

有機農業に関わる社会情勢

1999年に38年ぶりに施行された「食料・農業・農村基本法」では、新たに第四条で農業の自然循環機能の維持増進を謳っている。この新農基法に基づき5年ごとに策定される基本計画では、2010年に農業の持続的発展に関する施策の一つとして、有機農業への取り組みの推進を打ち出しており、食料の安定供給とともに環境に配慮した持続的な農業生産を重視している。

このような情勢の中、2006年に「有機農業の推進に関する法律」(有機農業推進法)が施行され、これに基づき農水省は2007年に「基本方針」を定めた。本法では、有機農業を「化学的に合成された肥料および農薬を使用しないこと、並びに遺伝子組み換え技術を利用しないことを基本とし、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した農業生産の方法」と定義している。基本方針では、全国の都道府県に有機農業推進計画を策定することを促し、2011年現在で47都道府県の全てが策定を完了させている。

以下は、我が国および諸外国における有機農業の現状である(農水省生産局2013)⁵¹⁾。国内で有機農業に取り組む農家数は12,000戸で全国の総農家数の0.5%(2010年現在)を、栽培面積は16,000haで総耕地面積の0.4%(2009年現在)を占めるに止まるが、農家戸数は年々増加しており、2006年から2010年までの4年間で35%の増加率となっている。一方、諸外国における有機農業のシェアは、先進国(G7)の中ではEU加盟国が高い傾向である。有機農業の割合(面積)上位国は、イタリア8.6%、ドイツ6.1%、イギリス4.0%、フランスが3.6%であり、北米ではカナダ1.2%、アメリカ0.6%、アジアでは韓国1.0%、中国0.4%となっている(いずれも2011

年現在)。我が国では、農水省が有機農業の栽培面積割合を2018年までに概ね1%にすることを目標に掲げている。

山梨県における有機農業の実態

山梨県では、1980年代後半頃から八ヶ岳の南麓地域を中心に野菜の有機栽培農家が増加し始め、2013年現在では同地域の北杜市で100戸程度、県下全域では150戸以上の農家が定着するまでに至っている。図1-1は、県内における有機農家の地域別割合を市町村別に示したものである。北杜市が県全体の66%を占めている。北杜市はかつて夏秋トマトや春どりレタスなどの指定産地であったが、昨今は地元の既存産地や農家が減少する中、都心などから入植する若手の新規参入者が増え、遊休化した農地を借り受け有機栽培圃場として有効利用する形態が目立っている。近年の山梨県における有機農業への就農状況を示したのが表1-1である。6年間で48名が有機農業に就農しており、この内新規参入者が44名と全体の92%を占めている。また、地域別では北杜市が34名で全体の77%を占めている。有機栽培農家の年代構成を示したのが図1-2である。農家年齢は50歳代以下が全体の57%で、平均年齢は53歳である。国内における農業全体の平均年齢が66歳(2010年)、有機栽培農家の平均年齢が59歳(2010年)であることから(農水省生産局2013)⁵¹⁾、山梨県の有機栽培農家が比較的若い年代で構成されていることが伺える。一方、経験年数は20年未満が全体の74%と短い傾向である(図1-3)。これらの有機栽培農家が生産している農作物の種類を示したのが図1-4である。野菜を生産している農家が全体の61%を占め、ブドウや桃など果樹生産が多い山梨県におい

て、有機栽培では野菜生産が中心であることが伺える。

次に1戸当たりの生産規模を示したのが図1-5である。1ha以上の生産規模を有する農家が全体の66%を、3ha以上の大規模農家が11%を占め、年代構成の若さや経験年数の短さに比べて、生産規模が比較的大きい点が本県有機栽培農家の特徴といえる。

このように、新規参入者を含めた有機栽培農家の大半は専業農家としての経営を行っており、出荷形態こそ生協出荷、宅配、量販店との契約取引など、市場出荷中心の慣行栽培と異なるが（図1-6）、いずれも野菜の安定供給を実践している。

研究の背景と目的、および論文構成

全国で行われている有機農業の多くは民間主体であり、公的な研究機関や普及組織による野菜の有機栽培指針やマニュアルといった客観的なデータに裏付けされたものは殆どなく、その大半が農家自らの長い実践経験から得られたもの、またその伝承により成り立っており、山梨県においても

同様の状況にある。化学合成農薬や化学肥料を用いない有機農業は、現状では安定生産を図るための普遍的な栽培技術が確立されておらず課題となっている。特に化学合成農薬を使用しないことから、病虫害による農作物の被害や生産性の低下を克服する必要がある。しかし、前述したように昨今は新規就農者の多くが野菜の有機栽培を指向する傾向が強いこと、これら後継者が遊休化した耕作放棄地を有効利用するなど、農業の担い手確保、耕作放棄地解消といった面からも期待が大きい。

本県有機栽培農家の大半は多種類の野菜を生産出荷していることから、同一圃場に多品目を同時に作付けることを前提としている。また、休耕していた借地圃場は長らく雑草などで覆われていることが多く、除草剤が使えない有機栽培では耕作再開時に雑草を排除することが難しい。一方、本県の有機栽培農家は毎年新たに増えているが、入植した農家の殆どは規模の違いはあるが地元に着していることから、野菜の安定生産をある程度可能としている何れかの耕種要因が関与している

表1-1 山梨県の最近6年間ににおける有機農業への就農状況²⁾

年次	新規就農者	内訳	市町村
2007 (H19)	4	新規4	北杜市2, 甲府市1, 韮崎市1
2008 (H20)	2	新規1, 定年1	北杜市2
2009 (H21)	12	新規11, 定年1	北杜市10, 甲府市1, 韮崎市1
2010 (H22)	7	新規5, Uターン1, 定年1	北杜市3, 上野原市2, 甲府市1, 身延町1
2011 (H23)	16	新規16	北杜市11, 市川三郷町2, 西桂町2, 都留市1
2012 (H24)	7	新規7	北杜市6, 市川三郷町1
計	48	新規44, Uターン1, 定年3	北杜市34, 市川三郷町3, 甲府市3, 韮崎市2, 西桂町2, 上野原市2, 身延町1, 都留市1

2) 山梨県農政部調べ(2007～2012年の6年間の数値)。

・新規(新規参入者): 農家の子弟以外で、新たに農業経営を開始した者。

・Uターン(Uターン就農者): 農家の子弟で、一度他産業に就職後、中途退職し就農した者。

・定年(定年帰農者): 農家の子弟で、一度他産業に就職後、定年退職し就農した者(65歳未満)。

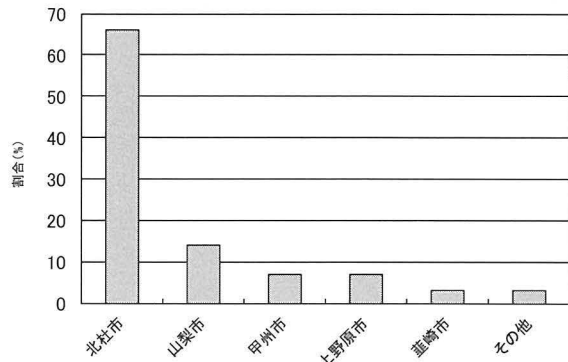


図1-1 有機農業を実践している地域（山梨県農政部，2013年）

アンケート対象者数137名，回答数84名，回答率61.3%

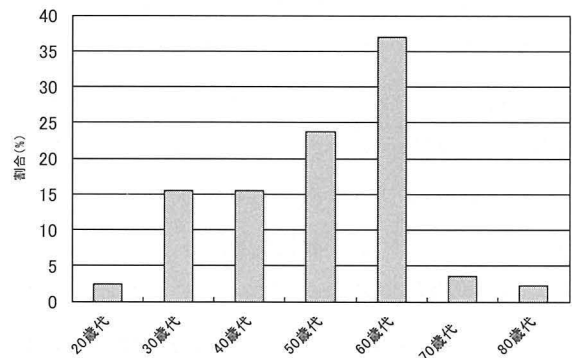


図1-2 有機栽培農家の年代構成（山梨県農政部，2013年）

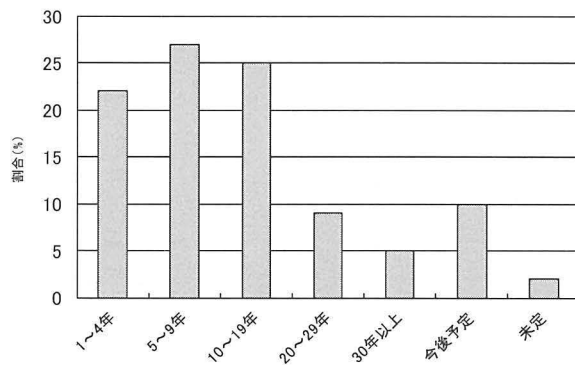


図1-3 有機農業の経験年数（山梨県農政部，2013年）

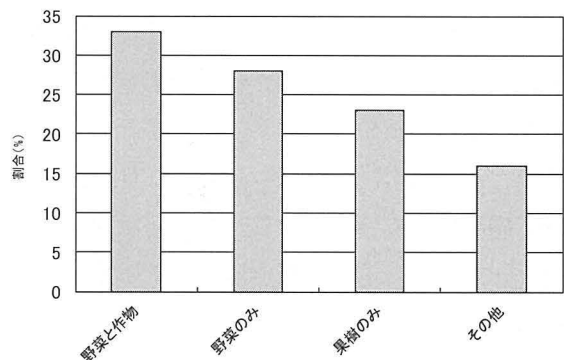


図1-4 生産している農作物の種類（山梨県農政部，2013年）

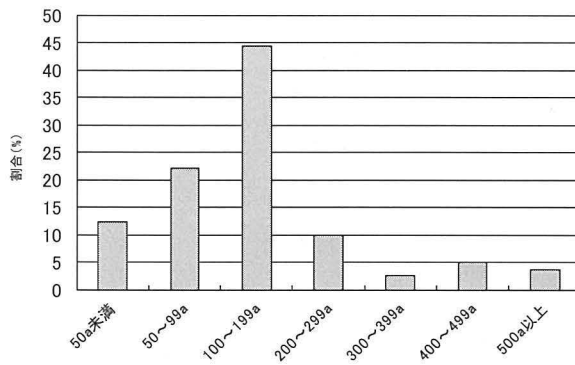


図1-5 有機栽培農家1戸当たり生産規模（山梨県農政部，2013年）

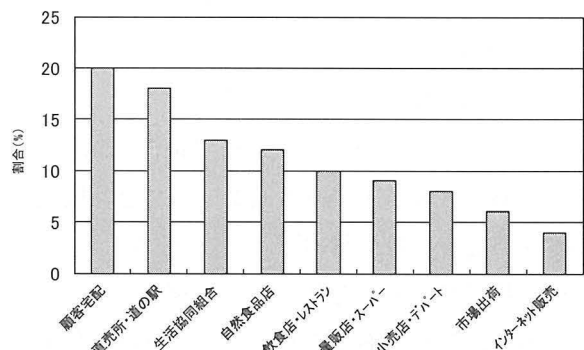


図1-6 生産物の主な取引先や販売方法（山梨県農政部，2013年）

と推測される。

そこで本研究では、野菜の有機栽培を成立させていると考えられる各種要因の中で、現地で伝承的、経験的に行われている混作や間作、雑草草生を利用した耕種手法に着目し、本栽培法が安定生産に大きく貢献しているものとの仮説を立て、その有効性を明らかにし本栽培法の普遍性を実証することを目的とする。ここでいう「混作」とは、同一圃場に2種類以上の作物を同時に作付け、作物間に主副の区別のない作付け様式のことであり、「間作」とは、作物の畦間に他作物（植物）を限られた期間播種または作付けし、主作物を補完する作付け様式のことである。また、「雑草草生」とは作物の畦間や畦畔を雑草で覆った圃場状態のことである。混作や間作は、現場レベルでは伝承技術としてその効果を示す根拠がないまま利用され、研究レベルでは圃場規模の実証試験によって病虫害の被害程度や農作物の可販収量など実質データとして示した報告は国内では殆どない現状である。

本研究をまとめるに当たり、具体的な個別課題として、(1) 野菜の品目や作付時期の違いによる栽培難易度の把握、(2) 現地有機栽培圃場の実態調査による有用な耕種的要因の抽出、(3) 混作、間作、雑草草生の有無や具体的作付け様式の違いによる病虫害軽減や生産性向上に対する効果、(4) 多品目作付け、混作、間作、雑草草生などの圃場管理形態が自然循環機能など有機栽培が本来果たすべき役割の評価、等を設定した。

研究推進のための全体フローは図1-7のとおりである。これに沿って個別研究を進め、全体を取りまとめることとする。以下は論文の構成である。

第1章 緒論

第2章 野菜の品目別有機栽培難易度と現地栽培圃場の実態把握

第3章 混作、間作、雑草草生の利用が野菜の病

害虫軽減や生産性に及ぼす影響

第4章 野菜の有機栽培における雑草草生を利用した窒素循環

第5章 有機農業の意義と役割

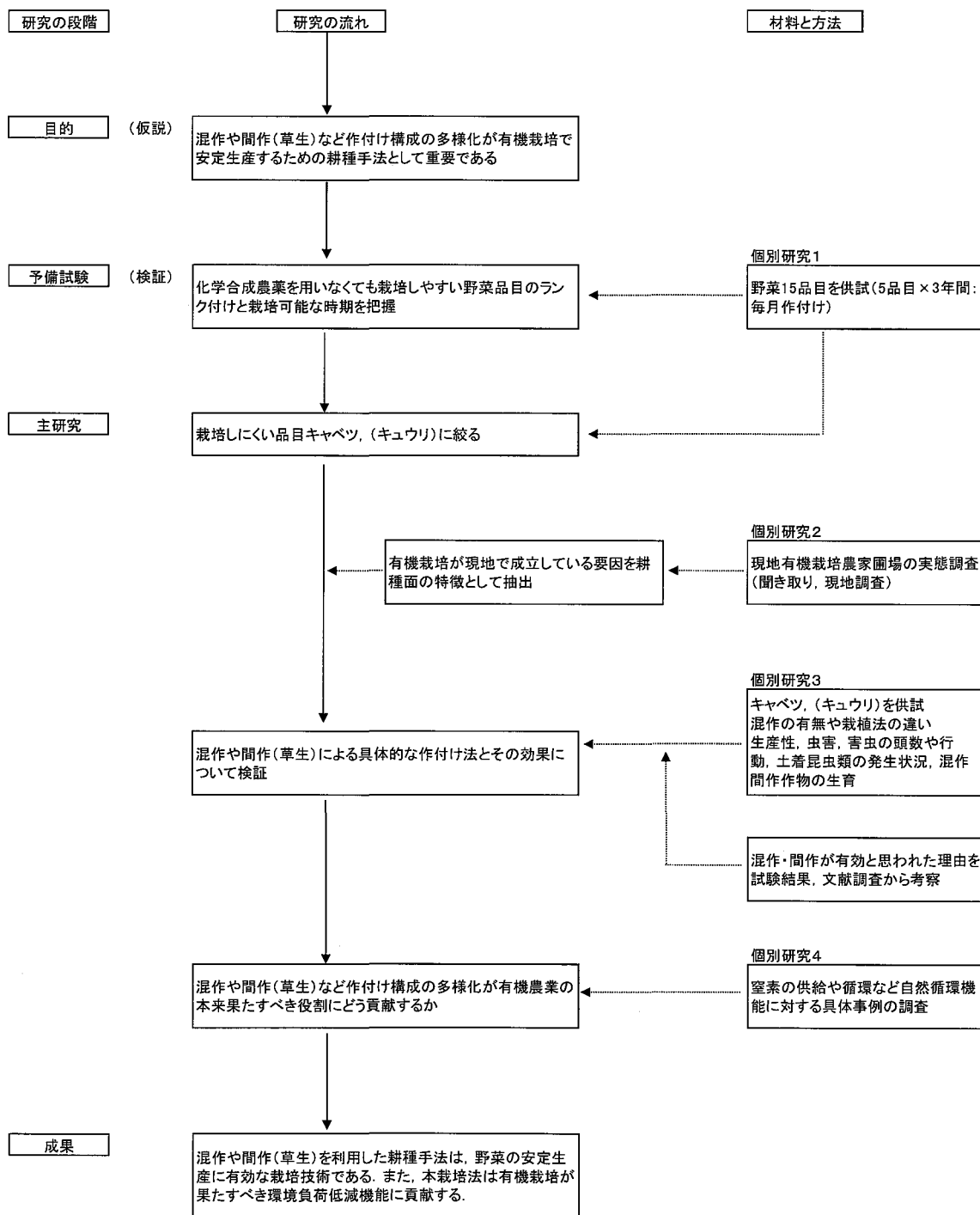


図1-7 研究推進のためのフロー

第2章 野菜の品目別有機栽培難易度と現地栽培圃場の実態把握

第1節 有機栽培が可能な露地野菜の品目と栽培時期

1. 緒言および目的

有機栽培を行う上で、生産者は使用可能な肥料や資材、圃場条件等についての確かな情報を取得するとともに、技術面においても、有機栽培に適した品目や品種、あるいは作型等を掌握することが重要である。これまで、個々の生産者が試行錯誤を繰り返しながら、経験的に有機栽培を実践する場合が多く、試験データ等に裏付けられた栽培は、小寺ら(2000)³³⁾、大西(1996)⁵⁴⁾、上村ら(1995)⁷³⁾など少ないのが現状である。

山梨県では、露地野菜の有機栽培農家が1990年代以降増えており、いずれも多品目野菜を生産している。有機栽培を実践するに当たり必要な事項として、化学農薬による防除を行わなくても栽培しやすい野菜の品目と作型の把握が挙げられる。防除の有無による品目毎の栽培難易度が明らかになることで、混作など多品目野菜を組み合わせた作付け計画が容易となる。

そこで、本県における有機農産物の安定生産を図る一環として、有機栽培が可能な露地野菜の品目と栽培時期を明らかにすることを目的に、1998～2000年にかけて15品目の野菜を供試し、主に可販収量を判断基準として試験を実施した。

2. 材料および方法

試験場所は、1997年に新規造成した北巨摩郡明野村の高冷地分場(標高747m)で、土壌は淡色黒ボク土である。試験圃場は、造成後1年間スーダングラスとライムギを作付け鋤き込んだ未耕作地で、化学合成資材等は一切使用していない。

供試品目の作付期別使用品種および栽植密度は表2-1-1、品目別播種日は表2-1-2のと

おりである。使用品種は、営利栽培で多く作付けされているものとした。

試験区は、有機質肥料を施し農薬散布を一切行わなかった有機区と、化成肥料を施し病害虫の発生に応じて適宜農薬散布を行った化成区の2区とした。両区とも育苗が必要な野菜は、防虫網付きのハウス内で定植期まで育苗した。ホウレンソウは簡易雨よけ栽培とした。試験規模は1区3～6m²の2反復とし、12aの圃場を2分割して試験を行った。

有機区に用いた肥料は、牛ふんオガクズ堆肥、菜種粕、発酵鶏ふん、蒸製骨粉およびサンライムで、15品目とも同配合率で施用した。施肥量は有機質肥料の成分量や肥効率を考慮して、各野菜の標準施肥(N成分)量に合わせ(表2-1-3、表2-1-4)、植え付けの15日前までに全量基肥で施した。化成区に用いた肥料は、普通化成8号、I B化成等の複合肥料および粒状苦土石灰(タイニー)とした。施肥量は各野菜の標準施肥量(表2-1-3)とし、施用法は植え付けの5～7日前に、いずれの品目とも全量基肥で施した。

調査は、それぞれの品目毎に株重(根重)、害虫等による被害について行い、可販収量および被害度として算出した。可販収量は有機農産物として出荷できるレベルで、表2-1-5の被害程度:0～2の範囲に相当するものとした。害虫による被害は表2-1-5を基準に調査した。

3. 結果

(1)1998～1999年作付け5品目(写真2-1-1)

① ホウレンソウ

有機区は、作付け期間(4～10月播種)を通

表2-1-1 供試品目、品種および栽植密度

品目名	品種名(播種期)	栽植密度
1 ホウレンソウ*	アクティブ(4～8月), トライ(9～10月)	133株/m ² (15×5cm)
2 コマツナ	夏楽天(5～10月), 黒みづき(4月)	133株/m ² (15×5cm)
3 チンゲンサイ	青武(5～9月), 青帝(10, 4月)	44株/m ² (15×15cm)
4 コカブ	たかね(5～10月), 耐病ひかり(4月)	44株/m ² (15×15cm)
5 ニンジン	あすべに(6～8月)	44株/m ² (15×15cm)
6 レタス	ステディ(12～4月), ひたちグリーン(5月), エクシード(6～8月)	11株/m ² (30×30cm)
7 キャベツ	早どり錦秋(3～8月)	8.3株/m ² (40×30cm)
8 ダイコン	天翠(4～6月), 夏天下(7, 8月), 耐病総太り(9月)	11株/m ² (30×30cm)
9 ネギ	十国一本太(4月)	25株/m ² (80×5cm)
10 タマネギ	OK(9月)	44株/m ² (15×15cm)
11 バレイショ	男爵(4月)	5.6株/m ² (60×30cm)
12 カボチャ	えびす(4～7月)	48株/a (350×60cm)
13 ブロッコリー	ハイツ(4～7月)	3.6株/m ² (70×40cm)
14 ハクサイ	良慶(4月), 空海(9月)	3.6株/m ² (70×40cm)
15 つるなしインゲン	スノークロップ(5～8月)	4.8株/m ² (70×30cm)

* 簡易雨よけ栽培.

表2-1-2 品目別播種日

品目名	播種日
1 ホウレンソウ*	1998 / 6/1, 7/1, 8/3, 9/2, 10/2, 1999 / 4/1, 5/6
2 コマツナ	1998 / 6/1, 7/1, 8/3, 9/2, 10/2, 1999 / 4/1, 5/6
3 チンゲンサイ	1998 / 6/1, 7/1, 8/3, 9/2, 10/2, 1999 / 4/1, 5/6
4 コカブ	1998 / 6/1, 7/1, 8/3, 9/2, 10/2, 1999 / 4/1, 5/6
5 ニンジン	1998 / 6/1, 7/1, 8/3
6 レタス	1998 / 12/2, 1999 / 1/5, 2/1, 3/1, 4/1, 5/6, 6/1, 7/1, 8/2
7 キャベツ	1999 / 3/1, 4/1, 5/6, 6/1, 7/1, 8/2
8 ダイコン	1999 / 4/1, 5/6, 6/1, 7/1, 8/2, 9/2
9 ネギ	1999 / 4/1
10 タマネギ	1998 / 9/1
11 バレイショ	1999 / 4/21
12 カボチャ	2000 / 4/3, 5/1, 6/1, 7/3
13 ブロッコリー	2000 / 4/3, 5/1, 6/1, 7/3
14 ハクサイ	2000 / 4/3, 9/1
15 つるなしインゲン	2000 / 5/1, 6/1, 7/3, 8/2

* 簡易雨よけ栽培.

表 2-1-3 品目別施肥量

品 目 名	施 肥 成 分 量 (kg/10a)	
	有 機 区 ^{z)}	化 成 区 ^{y)}
ホウレンソウ, コマツナ, チンゲンサイ, コカブ, ニンジン, レタス*, ダイコン, ネギ, ハクサイ, つるなしインゲン	N-21 P ₂ O ₅ -32 K ₂ O-19	N-20 P ₂ O ₅ -20 K ₂ O-20
キャベツ, タマネギ, ブロッコリー	N-26 P ₂ O ₅ -40 K ₂ O-24	N-25 P ₂ O ₅ -25 K ₂ O-25
パレイショ, カボチャ	N-16 P ₂ O ₅ -24 K ₂ O-14	N-15 P ₂ O ₅ -15 K ₂ O-15

* 7, 8月播種の施肥量は半量.

z) 無機化成分量. 牛ふんオガクズ堆肥, 菜種粕, 発酵鶏ふん, 蒸製骨粉, サンライム.

y) 普通化成8号, I B化成, タイニー.

表2-1-4 有機質肥料の種類別施用量および無機化成分量

有機質肥料 の種類	施肥量 ^{z)} (kg/10a)	成分(%)			肥効率(%)			無機化成分量(kg/10a)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
牛ふんオガクズ堆肥	2,000	0.89	0.68	0.53	30	70	90	5.3	9.5	9.5
菜種粕	200	5.3	2.3	1.4	80	80	80	8.5	3.7	2.2
発酵鶏ふん	300	3.1	5.1	2.5	70	70	90	6.5	10.7	6.8
蒸製骨粉	50	0.98	34	1	50	50	90	0.3	8.5	0.5
								Tot.	20.6	32.4 19.0

z) ホウレンソウを含む10品目の各施用量.

表2-1-5 害虫による被害度算出基準

被害程度	0: 食害なし 1: 食痕が僅かに認められる 2: 食害が認められやや品質が劣る 3: 食害が認められ品質が劣る
被害度	$(1A + 2B + 3C) / 3N \times 100$. A, B, Cは程度別の各被害株数. Nは調査株数.

じて化成区と同程度の可販収量を得た (図 2-1
- 1- ホウレンソウ).

② コマツナ

有機区は, 6月および9月播種を除いて殆ど可
販収量を得ることができなかった. 作付け期間(4
~ 10月播種)を通じて, キスジノミハムシ, カ

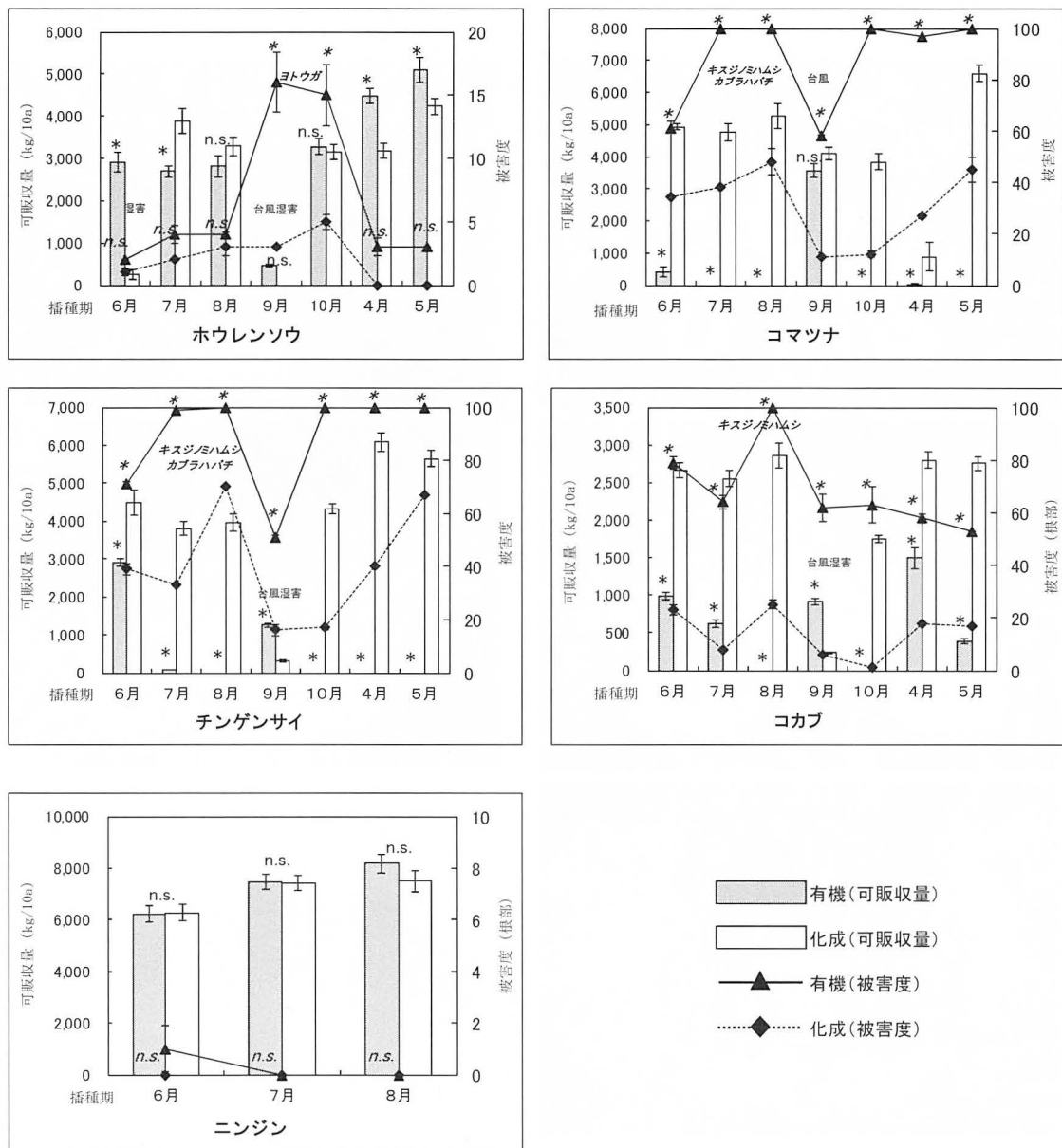


図2-1-1 1998~1999年作付け5品目の播種期別可販収量および被害度

図中の*はt検定により5%水準で有意差があることを示す。n.s.は有意差なし。ゴシック体は可販収量、イタリック体は被害度を示す。垂直線は標準誤差を示す(n=2)。

ブラハバチの虫害を受けた(図2-1-1-コマツナ)。

③ チンゲンサイ

有機区は、6月および9月播種を除いて殆ど可販収量を得ることができなかった。作付け期間(4~10月播種)を通じて、キスジノミハムシ、カブラハバチの虫害を受けた(図2-1-1-チン

ゲンサイ)。

④ コカブ

有機区は、いずれの播種期(4~10月播種)においても殆ど可販収量を得ることができなかった。地上部はキスジノミハムシ、カブラハバチの虫害を、根部はキスジノミハムシの虫害をそれぞれ受けた(図2-1-1-コカブ)。

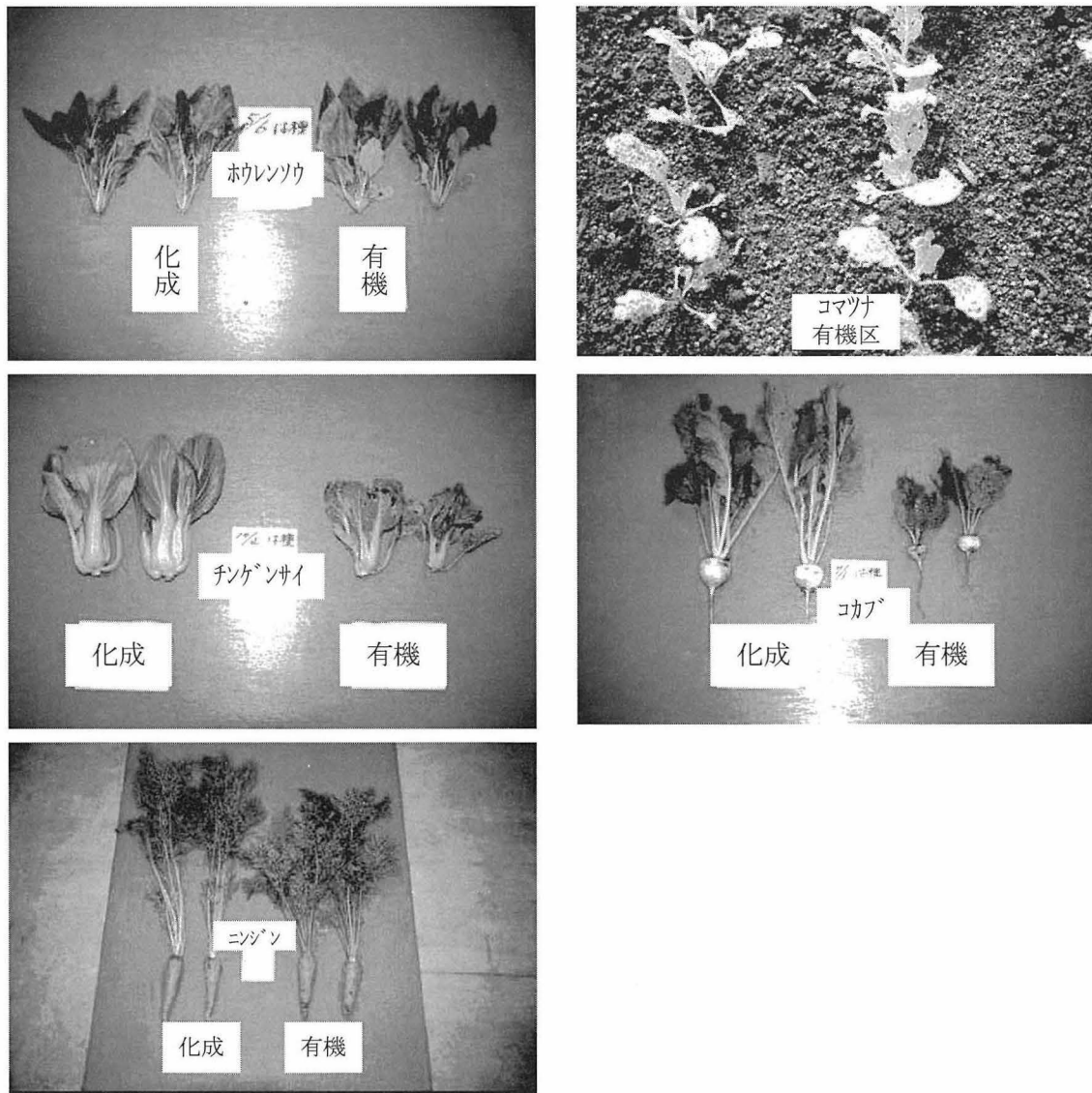


写真2-1-1 1998～1999年作付けの5品目

⑤ ニンジン

有機区は、いずれの播種期（6～8月播種）も化成区と同等の可販収量を得た（図2-1-1-ニンジン）。

（2）1999年作付け6品目（写真2-1-2）

① レタス

有機区は、12～7月播種で、化成区と同等の可販収量を得た。8月播種では、結球部をヨトウ

ガに食害された他、定植後にネキリムシの虫害を受けた（図2-1-2-レタス）。

② キャベツ

有機区は、いずれの播種期（3～8月播種）も化成区より可販収量が少なかったが、8月播種で化成区との収量差が小さかった。作付け期間を通じて、モンシロチョウ、コナガ、アブラムシ等の虫害を受けた（図2-1-2-キャベツ）。

③ ダイコン

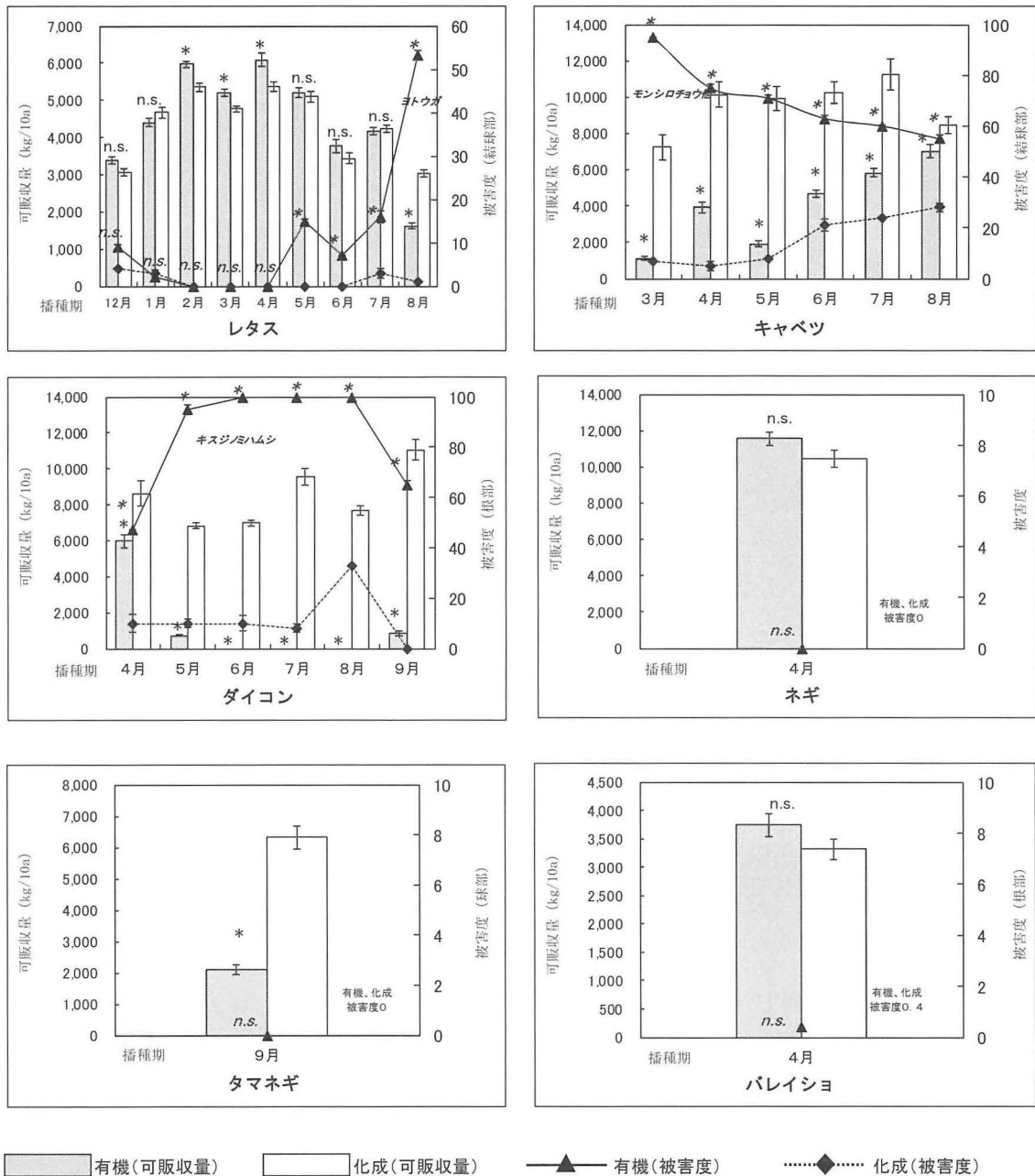


図2-1-2 1999年作付け6品目の播種期別可販収量および被害度

図中の*はt検定により5%水準で有意差があることを示す。n.s.は有意差なし。ゴシック体は可販収量、イタリック体は被害度を示す。垂直線は標準誤差を示す(n=2)。

有機区は、4月播種を除いて殆ど可販収量を得ることができなかった。作付け期間(4~9月播種)を通じて、根部にキスジノミハムシの虫害を受けた(図2-1-2-ダイコン)。

④ ネギ

有機区は、化成区と同等以上の可販収量を得た

(図2-1-2-ネギ)。

⑤ タマネギ

有機区は、定植後の活着率が35%と低く、化成区の1/3程度の可販収量であった。活着株の収穫時の球重は化成区と差がなかった(図2-1-2-タマネギ)。

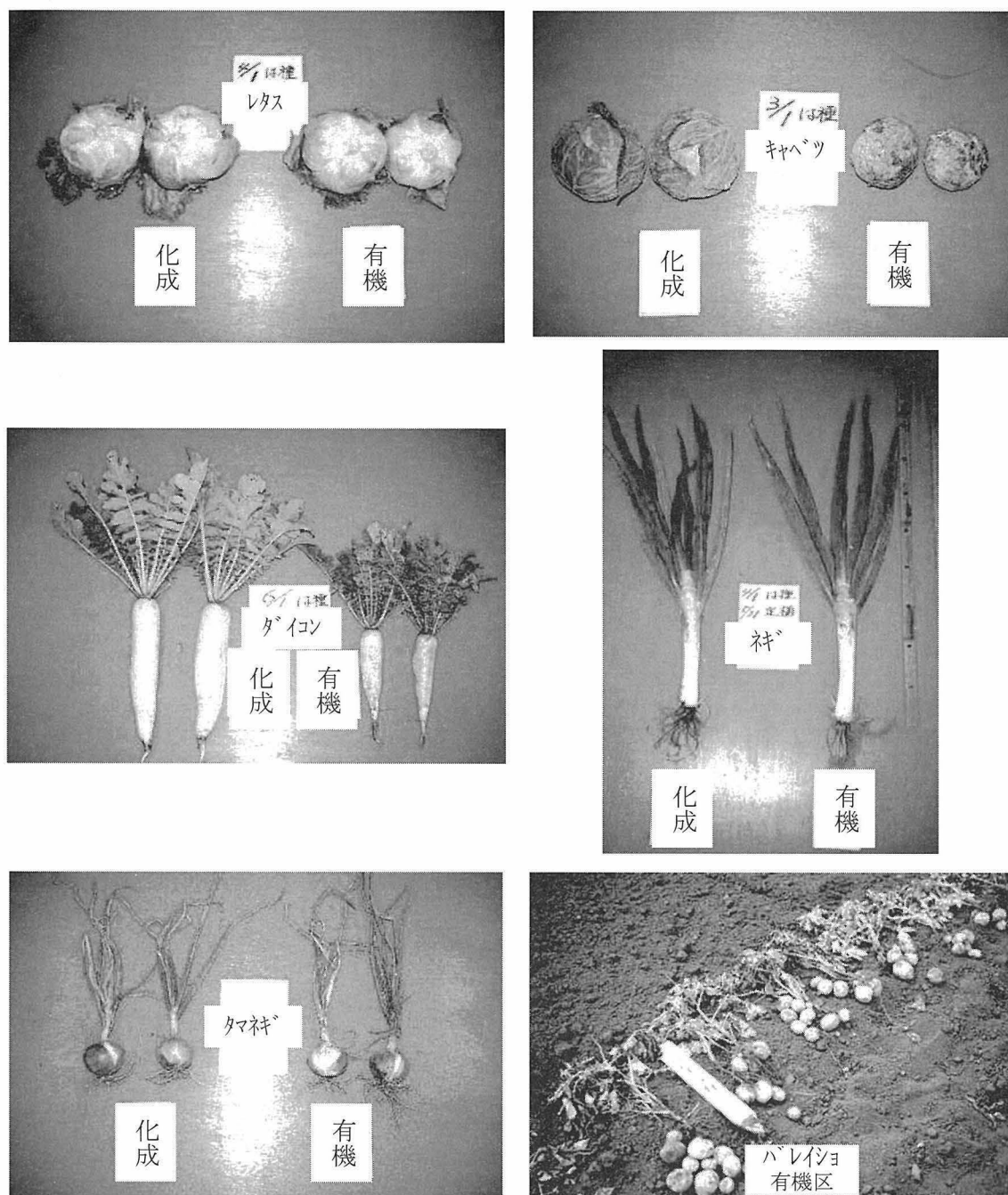


写真2-1-2 1999年作付けの6品目

⑥ バレイショ

有機区は、化成区と同等以上の可販収量を得た。生育期間中、ニジュウヤホシテントウに茎葉を食害されたが、収量への影響はなかった（図2-1-2-バレイショ）。

有機区は、4～6月播種で、化成区と同等以上の可販収量を得た。有機区は、うどんこ病が発生したが、可販収量への影響はなかった。果実内部への害虫の侵入も認められなかった（図2-1-3-カボチャ）。

② ブロッコリー

有機区は、4～7月播種で、化成区と同等かやや少ない可販収量を得た。有機区は、花蕾へのモ

（3）2000年作付け4品目（写真2-1-3）

① カボチャ

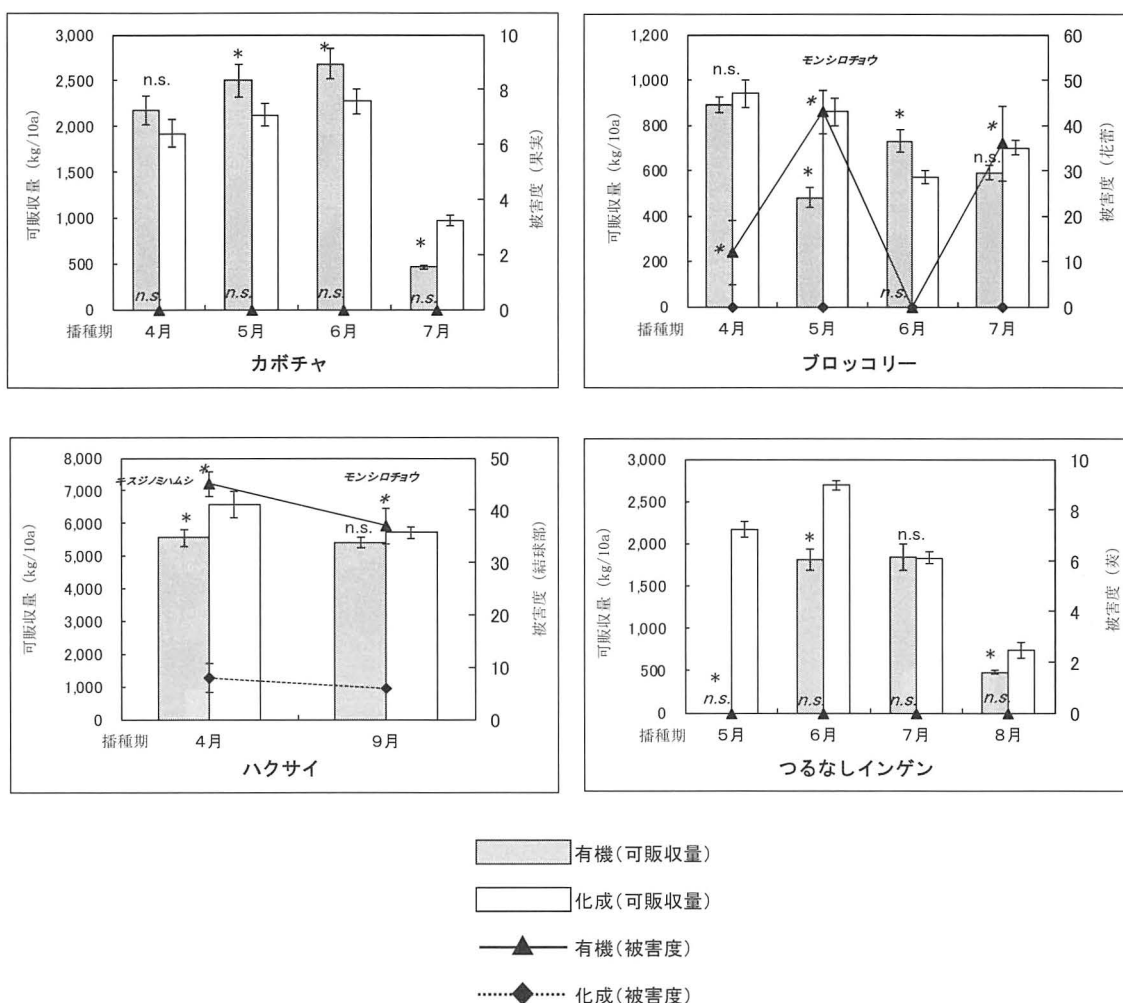


図2-1-3 2000年作付け4品目の播種期別可販収量および被害度

図中の*はt検定により5%水準で有意差があることを示す。n.s.は有意差なし。ゴシック体は可販収量、イタリック体は被害度を示す。垂直線は標準誤差を示す(n=2)。

ンシロチョウの侵入が5月と7月播種で多かった(図2-1-3-ブロッコリー)。

③ ハクサイ

有機区は、4月および9月播種で、化成区よりやや少ない可販収量を得たが、上物割合は低かった。春作はキスジノミハムシ、秋作はモンシロチョウの虫害を受けた(図2-1-3-ハクサイ)。

④ つるなしインゲン

有機区は、6～7月播種で、化成区より少ない可販収量を得たが、作付け期間を通じて生育は不良であった。虫害はいずれの播種期も受けなかった(図2-1-3-つるなしインゲン)。

4. 考察

有機農産物の認証制度である改正JAS法が2000年の秋から適用された。これは、1992年に示された「有機農産物及び特別栽培農産物に係る表示ガイドライン」(農林水産省1992)⁴⁷⁾の内、有機農産物について国際(CODEX)基準に合わせ法制化したものである。以降、有機農産物は、有機JAS規格(農林水産省1999)⁴⁸⁾で認証できるようになった。

有機栽培に関する研究は、有機質肥料の利用法や土壌の理化学性の改善等に関する事例が大半で、栽培そのもの、特に野菜の有機栽培に適し

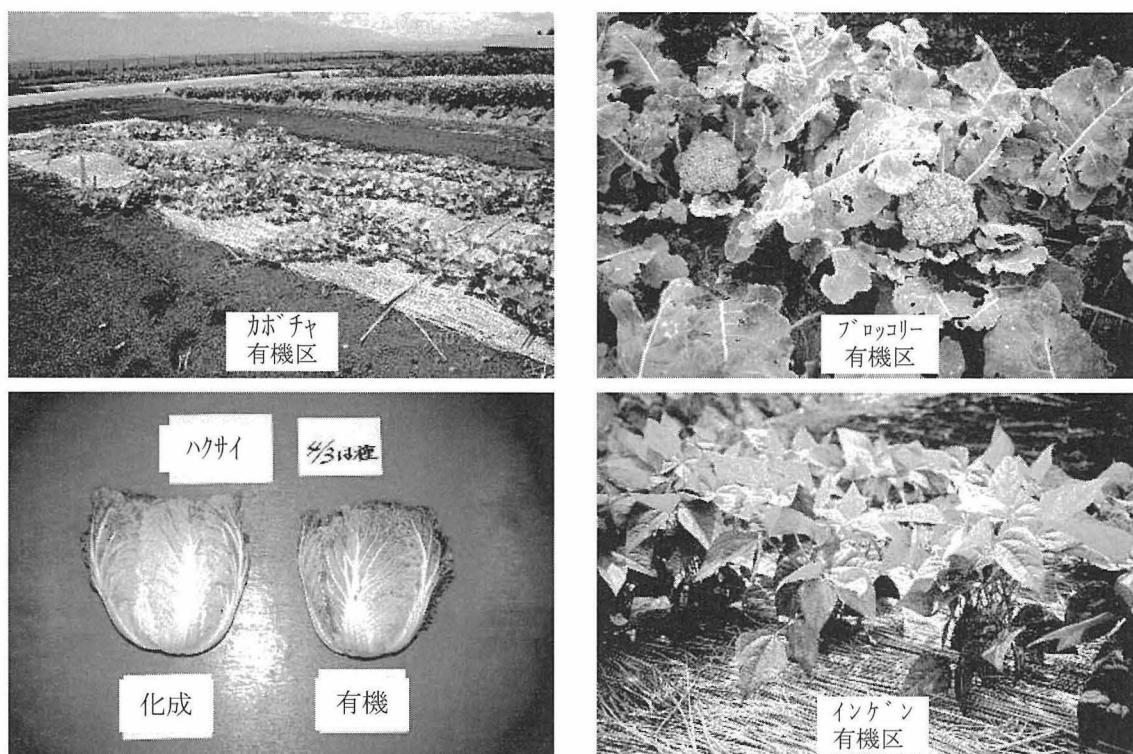


写真2-1-3 2000年作付けの4品目

た品目や作型の検索等，多品目にわたり栽培の可能性を検討した事例は数例しかない（小寺ら2000³³⁾，大西1996⁵⁴⁾，上村ら1995⁷³⁾）。

本試験の結果を踏まえ，供試した15品目の露地野菜を，有機栽培における可販収量の多少から，次の3つに分類した．第1に害虫等の防除を行わなくても栽培可能で，化成肥料や農薬を用いた慣行栽培（化成区）と比べて80%以上の可販収量を得ることができる品目（以下レベルⅠ），第2に虫害を受けにくく，有機質肥料の施用により生育が阻害または抑制されるが，施用時期を考慮すれば栽培可能な品目（以下レベルⅡ），第3に虫害を受けやすく作付時期を問わず栽培が困難な品目（以下レベルⅢ）である。

レベルⅠの品目は，ホウレンソウ，レタス，ニンジン，ネギ，バレイショ，カボチャ，ブロッコリー，ハクサイの8品目であった．ブロッコリーとハクサイは，モンシロチョウやキスジノミハムシの虫害を受けたが，一定の可販収量を得たこと

から，有機栽培が可能な品目と判断した．以上の有機栽培が可能な品目と栽培時期は，表2-1-6に示した．

有機栽培が可能な8品目のうち，ホウレンソウは4月上旬～10月上旬播種で5月中旬～12月中旬まで，レタスは12月上旬～翌年の8月上旬播種で4月中旬～10月中旬まで収穫することができた．この2品目は，年間を通じて長期間にわたった連続生産が可能なことから，作付け計画に，重要な位置を占めると考えられた．

レベルⅡの品目は，タマネギ，つるなしインゲンであった．タマネギは，活着不良を起こしたが，定植が晩秋～初冬期のため，地温の低下から有機質肥料の肥効が発現できなかったと考えられる．つるなしインゲンは，播種期から生育初期にかけて有機質肥料が完全に分解していなかったことが生育不良を起こした原因と考えられ，分解しやすい有機質肥料の使用や施用時期の早期化等の改善策が必要である．

表2-1-6 有機栽培が可能な野菜の品目と栽培時期

品目名	栽培時期											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
ハウレンソウ (簡易雨よけ)				○	—	—	—	—	—	○		
				□	—	—	—	—	—	—	—	□
レタス	—	—	—	—	—	—	—	—	○			
				□	—	—	—	—	—	—	□	
ニンジン					○	—	○					
								□	—	—	—	□
ネギ			○									□
バレイショ			○									□
カボチャ			○	—	○			□	—	□		
ブロッコリー			○	—	—	—	○					
					□	—	—	—	—	—	—	□
ハクサイ			○									□
								○				□

○播種期, □収穫期, 実線: 播種期間, 収穫期間. 破線: 生育期間.

大西(1996)⁵⁴⁾は、露地野菜19品目について有機栽培の難易性を示したが、栽培が容易またはやや容易の中に、表2-1-6の上位6品目を選定しており、本試験とほぼ同様の結果を得た。小寺ら(2000)³³⁾は、有機栽培可能な野菜14品目とその作型を栽培指針に示したが、ハウレンソウ、レタスなど5品目が本試験で選定した品目と一致した。

レベルⅢの品目は、キャベツ、コマツナ、チンゲンサイ、コカブ、ダイコンのアブラナ科5品目であった。このうち、キャベツは8月播種で虫害

が減少し一定の可販収量を得ることができたが、他の直播4品目は、いずれの作付け期においても、キスジノミハムシ、カブラハバチの虫害が甚だしく、可販収量を得られなかった。同じアブラナ科野菜でも、直播栽培を行う品目は、本葉の展開期から虫害を受けることから、有機栽培は特に難しい。大西(1996)⁵⁴⁾や上村ら(1995)⁷³⁾も、農薬散布を行わない有機栽培では、ダイコンでキスジノミハムシの被害を最も大きな問題点としている。これらアブラナ科野菜は食材としての利用頻度が高いだけに、有機JAS規格の範囲内で利用

可能な病虫害防除対策について検討する必要がある。

一般に、有機栽培に関する試験は、栽培事例的な紹介に止まったり、一定の結論を得ないまま完結することが多いことから、有機栽培を普遍的データによって捉えることは難しい。今回、当場で行った有機栽培の試験においても、各品目を単年で、しかも小規模の限られた範囲内で実施した結果であり、また、いずれの品目も連作を避け、難防除害虫や土壌病害が発生しにくい栽培処女地で試験を行ったことから、当然普遍性を有するまでには至らないと考えられる。しかし、品目毎の栽培難易性については、数例だが他県のデータ等とほぼ同傾向であることから、少なくとも有機栽培導入時の参考となり得る。

有機栽培可能な品目として分類したハウレンソウやレタスなどは、大西（1996）⁵⁴⁾や小寺ら（2000）³³⁾は、年に1～2作の短期作付を前提としたが、本試験においては年間を通じて有機栽培が可能であると判断できた。

有機JAS規格の適用以降、真の「有機農産物」の流通は始まったばかりで、今後は品質面からも有機野菜の明確な評価が待たれる（藤原 2001¹⁹⁾、目黒 1998³⁷⁾）。同時に栽培面においても、栽培難易度の高い品目を中心とした技術改善策をはじめ、有機栽培自体の試験データ等の蓄積が必要である。

なお、本試験は新規造成した未耕作地を用いて実施したが、有機農産物ガイドライン（農林水産省 1992）⁴⁷⁾の定義に基づき3年以上有機栽培を継続した圃場ではないため、生産された農産物は正式には「転換期間中有機農産物」に当たることを付記する。

第2節 山梨県北杜市における有機栽培圃場の実態調査からみた耕種的特徴

1. 緒言および目的

有機農業は、消費者からは食の安全・安心の確保という点から支持され、生産者からは同様に食の安全・安心の提供、販売価格の安定性といった点から支持されている(篠崎 2009)⁶⁴⁾。また、堆肥など有機物の循環利用や、生物の多様性保全等、環境に配慮した持続的な農業形態として有機農業は重要な農法であると考えられている(西尾 2003)⁴⁶⁾。

昨今は、西欧(農水省 2005)⁴⁹⁾や米国(農水省 2008)⁵⁰⁾、アジアでは韓国(金 2011)³²⁾や中国(劉坤ら 2011)⁶⁰⁾などが国策として有機農業を積極的に推進している。国内においても2006年に有機農業推進法の制定、2011年に環境保全型農業直接支援対策の開始など、国として有機農業の推進が徐々に進められている。

山梨県では、2008年に有機農業に関わる民間40社(個人、団体)からなる「やまなし有機農業連絡会議」が発足し、2009年には「山梨県有機農業推進計画」が策定された。以降、民間と行政が一体となり有機農業の推進活動を積極的に行っている。一方、有機農業は、無化学農薬、無化学肥料栽培を基本とするため、特に化学的な薬剤防除を行わないと病害虫による被害を受けやすい野菜などの安定生産は一般的に難しいと考えられている。しかし山梨県の有機栽培圃場では、野菜栽培を行う上で致命的となる土壌病害の発生は認められておらず、また、害虫被害で野菜が全滅するなどの現象も生じていない。

本研究では、山梨県の有機栽培現場において野菜の有機栽培が成立している要因を、農家が実践する栽培諸条件の中から抽出し、耕種的な面から特徴付けすることを目的とした。調査は、県内で有機栽培を長年安定的に行ってきた代表的な農家

数戸を対象に、聞き取り調査と現地圃場調査の2種類の実態調査を行うことで、その具体的な特徴を得ようとした。

2. 材料および方法

(1) 聞き取りによる作付け実態調査

有機栽培農家の作付け実態を把握するために、山梨県北杜市で野菜の有機栽培を実践する5農家を対象とし、2003年に聞き取り調査を実施した。調査対象とした農家の内訳は、露地野菜の生産農家が4戸、パイプハウスを利用した葉物の栽培農家が1戸である。いずれも有機栽培の経験が10～30年、生産規模が2～8ha(ハウス農家は施設2a×9棟)の専業農家である。4戸は八ヶ岳有機農業者協会の構成員であり、1戸は八ヶ岳やさい倶楽部(現(有)梶原農場)の法人経営者である。この内、売り上げが1,000万円を越える農家が3戸ある他、研修生を受け入れ毎年新規就農者を輩出している農家もあり、いずれも本県農業を担う先導的な篤農家である。

聞き取りによる調査項目は、①作付け品目、②使用品種と作型、③作付け配置、④病害虫発生状況と現状の対応策、⑤使用している有機質肥料の種類と施用量とした。調査方法は、上記の各項目の質問事項を記載した用紙に各自フリーに筆記してもらうとともに、回収時に補足的に聞き取りを行った。また、いずれの調査項目についても、実際の作付け状況を確認するために、各農家の現地圃場を訪れ目視や実測を行い、聞き取りの回答と適合させることで結果を取りまとめた。

(2) 現地圃場の実態調査

有機栽培圃場の特徴を把握するために、聞き取りの調査対象者の中から、北杜市で4.5haを耕

作する八ヶ岳有機農業者協会の1農家を対象に、2003年に現地圃場において主要野菜の実態調査を、2004年に作付けローテーションの聞き取り調査を行った。なお、標高が近く土壌種が同じ同市内の慣行栽培圃場を比較対照とした。慣行栽培農家も、野菜生産部会の代表や指導農家士などを担う篤農家である。

調査方法は、①有機、慣行栽培圃場別の作付け概況を、果菜類がトマトとキュウリ、葉菜類がキャベツを対象に、2003年5～9月にそれぞれ栽植密度、畦幅（床幅、通路幅）、株間、条数を実測した。また圃場内の各野菜の作付け面積割合と畦間・畦畔面積割合を計測値から算出した。慣行栽培圃場の薬剤散布状況は農家の散布履歴を聞き取った。各野菜の歩留まり率も農家から聞き取った。②畦間・畦畔の植生調査は、2003年6～9月にトマトなどナス科野菜を作付けた1枚21aの圃場を対象に、1ヵ月毎に畦間、畦畔それぞれに自生する草種と被度を各50㎡ずつ調査し、草種毎に全体の積算被度に対する比率を算出した。被度の調査方法はブラウン・ブランケ法(Braun-Blanquet 1964)¹⁵⁾に基づいた。③有機、慣行栽培のトマト圃場において、主要害虫の一つであるタバコガ類による果実の被害果率を調査した。有機栽培圃場はトマトなどナス科野菜を作付けた1枚21aの圃場を対象に、慣行栽培圃場は1枚17aのトマト専作圃場を対象に、2003年8月12日に、それぞれ5列について10株ずつ計50株を調査した。害虫と天敵の生息調査は、7月中旬から下旬にかけて2回、同圃場においてそれぞれトマト50株（1株1葉で計50葉）を見取りにより行った。また徘徊性昆虫類の調査は、同圃場内の畦間にそれぞれ5箇所設置した直径12cm、深さ12cmの落とし穴トラップに落下した昆虫類の種類と頭数を7日毎に計測し月毎に集計した。④作付けローテーションは、主に使用している5枚圃場の1999～2004年の6年間にわたる作付け履歴を圃場マップに記述してもらい、図示

することとした。

3. 結果

(1) 聞き取りによる作付け実態調査

①作付け品目

調査対象農家5戸の内、ハウス栽培を除いた露地栽培では、4農家がいずれも作付けを行った品目を表2-2-1に示した。品目は果菜類、葉菜類、根菜類、イモ・マメ類と広範囲にわたっていたが、中でも果菜類と葉菜類の品目数が多かった。4農家が共通して、生産販売上、中心的な品目として位置づけていた品目は、果菜類ではトマト、ナス、キュウリ、葉菜類ではコマツナ、ハウレンソウ、キャベツ、ブロッコリー、レタスであった。ハウス栽培の1農家は、ハウレンソウとコマツナの2品目に集中した生産を行っていた。

②品種と作型

果菜類、葉菜類の各中心品目について、使用品種と作型を表2-2-2に示した。露地栽培では、4農家が共通して扱う品種名を、作型も4農家に共通した代表的なものを示した。ハウス栽培の1農家は品種、作型ともハウレンソウとコマツナの2品目を対象とした。

使用品種から明らかになったことは次のとおりである。トマトは、着果数が多く作りやすい品種を用いており、慣行栽培で使われる果皮が硬い完熟系品種は用いられていなかった。ナスは慣行栽培と同様に多収で果形が揃いやすい品種を用いていた。キュウリは、果形はやや揃いにくい樹勢が強く病害虫に対して強い品種を用いていた。キャベツは、栽培期間が短い早生種で食感が柔らかく品質を重視した品種を用いていた。ブロッコリーは、栽培しやすく花蕾が肥大しやすい品種を用いていた。レタスは、早生で栽培しやすく揃いが良い品種を用いていた。コマツナやハウレンソウは、各作付け期に合った生育適性を持ち病害に対して耐病性を持った品種を用いていた。

表2-2-1 有機栽培農家の作付け品目^{z)}

分類	品 目
果菜類	トマト*, ナス*, ピーマン, シシトウ, キュウリ*, ニガウリ, カボチャ, ズッキーニ, スイカ, メロン, オクラ
葉菜類	ホウレンソウ*, コマツナ*, うぐいす菜, 壬生菜, 水菜, ルッコラ, チンゲンサイ, キャベツ*, ブロッコリー*, カリフラワー, ハクサイ, レタス*, サラダ菜, ネギ, タマネギ, シソ
根菜類	ダイコン, カブ, ニンジン, ゴボウ
イモ・マメ類	ジャガイモ, サツマイモ, サトイモ, ナガイモ, インゲン, エダマメ

z) 露地栽培4農家共通+ハウス栽培1農家(ホウレンソウ, コマツナの2品目)。 * 露地栽培4農家がいずれも、生産販売上、中心的な位置づけとして考えている品目。

表2-2-2 主要野菜の品種^{z)}と作型^{y)}

品 目	品 種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
トマト	メリーロード, サンロード, おどりこ			○	△	—	□						
ナス	千両2号, 筑陽, 黒べえ, 水ナス		○	△	—	□							
キュウリ	つばさ, 夏すずみ, 四葉					○	△	—	□				
キャベツ	YR青春2号	○	△	—	□								
ブロッコリー	ハイツ, ビクセル							○	△	—	□		
レタス	サクラメント, サウザー, リーフ系	○	△	—	□			○	△	—	□		
コマツナ類	きよすみ, わかみ, はずき他			○	△	—	□						
ホウレンソウ (夏期コマツナ) (ハウス)	パンドラ, ミストラル, バレード (きよすみ, はずき) (ハウス)					○	△	—	□				

z), y) 露地栽培4農家共通+ハウス栽培1農家。 ○播種, △定植, □収穫。 破線: 期間を示す。

次に作型は、トマトやキュウリなどの果菜類は、春期に播き夏秋期にかけて長期収穫する作型であった。キャベツは栽培しやすく害虫の被害が少ない春期を中心に、ブロッコリーは同様の理由で秋期を中心に作付けしていた。レタスは、春期のキャベツ、秋期のブロッコリーに沿うような作型で春秋の両シーズンに作付けしていた。露地のコマツナは、春期と秋期を中心に播種期の幅をとり長期間随時収穫できるような作型としていた。ハウス栽培のホウレンソウは、秋期から春期にかけ

て連続播種を行っていた。露地の葉菜類は、全体的に春期と秋期の作付けが中心であり、高温による生育不良や害虫が多発する夏場の作付けを避けていた。

③作付け配置

露地栽培については、4農家の回答の中から10a以上の圃場を、ハウス栽培1農家については、計9棟のパイプハウスをそれぞれ対象とし、作付け配置を表2-2-3に示した。いずれの圃

場とも1枚当たり11～25aの面積に、少なくとも4品目（品種）以上の野菜をブロック状に作付けしていた。いずれの農家も、同一品目を1畦内に収め、それを数畦ずつ並べてブロック状にし、1圃場に複数の品目が配置されるように作付けしていた。また、1圃場に同一科の野菜をまとめる、あるいは異なる科の野菜を並べる配置をしていた（写真2-2-1）。

④病害虫の発生状況と現状の対応策

主要野菜の病害虫の発生状況と現状の対応策について、露地栽培4農家の共通事項と、ハウス栽培1農家の回答を表2-2-4に示した。露地栽培農家は、トマトやキュウリなどの果菜類は疫病やうどんこ病などの病害と、オオタバコガやアブラムシなど虫害の両者を問題としており、キャベツやコマツナなどの葉菜類はチョウ目害虫やアブラムシなど虫害を特に問題としていた。一方、農家が実施している対応策として、果菜類のトマトでは簡易雨よけの設置、良着果性品種や耐病性品種の利用、通路幅を慣行栽培の2.5倍に広げた疎植による採光や通気性の確保など、病害を未然に回避するための具体策を講じていた。葉菜類は各作物の生育に合った適期作付け、害虫被害の増大期である夏場を避けた春秋期中心の作付け、播種期や収穫期に幅を持たせた連続作付けによる天候

不順や病害虫発生など被害リスクの分散、混作など異科野菜の同時作付けなどの耕種的な対応策の他、チョウ目害虫の侵入を防ぐために目合い4mmのネットを利用した物理的な防虫対策も一部取り入れるなど、果菜類と同様に各種具体策を講じていた。

⑤使用している有機質肥料と施用量

有機栽培農家が常時使用している有機質肥料を、農家を問わず全種類について表2-2-5に示した。土づくりや基肥的な意味合いの強いものとして、牛ふん堆肥、馬ふん堆肥を、即効的な肥効を期待するものとして、発酵鶏ふん、魚粉、米ぬか、草木灰を、土壌改良的な効果を期待するものとして、骨粉、かき殻を使用していた。施肥量は牛ふん堆肥の場合、葉菜類など栽培期間が短い品目では1～2t/10a、トマトやナスなど長期間栽培する果菜類では2～3t/10a、発酵鶏ふんの場合、同様に葉菜類では150～200kg/10a、果菜類では200～300kg/10aを施用していた。魚粉や米ぬかなどは単独施用でなく、牛ふん堆肥や発酵鶏ふん等と合わせて肥効を補完する意味合いで利用していた。骨粉やかき殻はリン酸や石灰など土壌改良が必要と思われる場合のみ利用していた。牛ふん堆肥、馬ふん堆肥、発酵鶏ふんは地元の畜産農家から、米ぬかは同様に稲作農家から導

表2-2-3 有機栽培圃場の作付け配置²⁾

圃場面積(a)	作付け配置 ^{y)}	備考
21	ピーマン、シシトウ、ナス、トマトを数畦毎にブロック状に作付け	種類の異なるナス科をまとめて配置
11	ダイコン、カブ、ルッコラ、水菜、壬生菜、うぐいす菜、コマツナを数畦毎にブロック状に作付け	種類の異なるアブラナ科をまとめて配置
18	トマト、ピーマン、スイカ、メロン、サツマイモを数畦毎にブロック状に作付け	果菜類とイモ類を並べて配置
24	キュウリ、ズッキーニ、ダイコン、カブ、コマツナ、水菜、壬生菜、ルッコラ、チンゲンサイを数畦毎にブロック状に作付け	ウリ科とアブラナ科をまとめて配置
15	インゲン、キュウリ、トマト、ズッキーニ、サトイモを数畦毎にブロック状に作付け	果菜類とイモ類を並べて配置
25	キャベツ、レタス(6品種)を数畦毎にブロック状に交互作付け	アブラナ科とキク科を交互に配置
18(ハウス)	ホウレンソウ(夏期はコマツナ)を1ハウスに計5回/年作付け(2a/棟×9棟)	ホウレンソウとコマツナを交互に作付け

²⁾5農家、7事例(露地栽培は10a以上の1枚圃場を対象)。y)いずれも、複数畦を1ブロック単位として、記載した品目順に作付け。

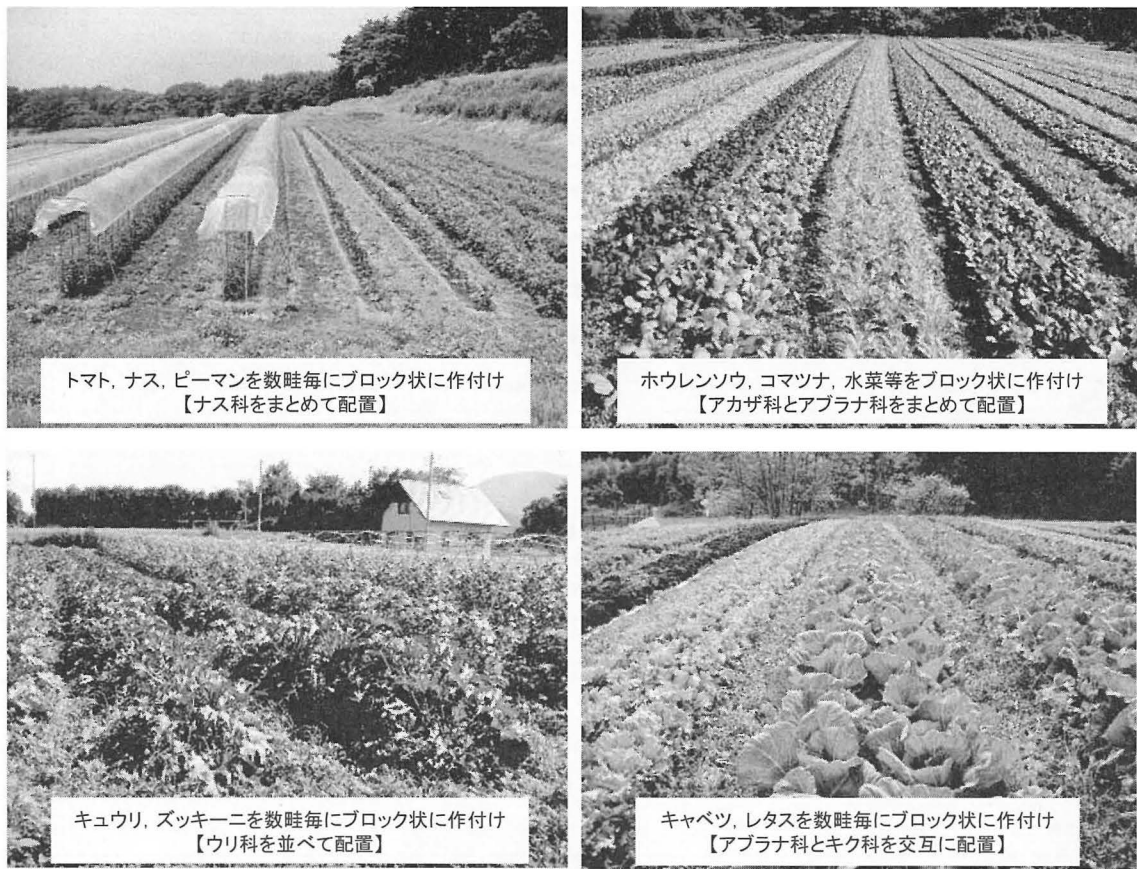


写真2-2-1 多様な混作様式

入しており、いずれも隣接した地域内から供給される資材を利用していた。

なお、いずれの有機栽培農家とも、有機質肥料は圃場全面に施しトラクターのロータリーで耕耘し、野菜の作付け期間が終わると、同様に圃場内を野菜残渣や畦間雑草とともに全面耕耘していた。

(2) 現地圃場の実態調査

調査圃場の概況を表2-2-6に示した。有機栽培圃場は標高820mの周囲を水田や山林に囲まれた1枚21aの圃場が連続して5枚並列した計1ha強の水田転換畑であった。慣行栽培圃場は、同様に水田や山林に囲まれた標高780mに位置する水田輪換圃場であった。有機圃場、慣行圃場ともに夏季冷涼で日照条件の良い気象条件で

あった。土壌種は、いずれも八ヶ岳の火山灰を由来とする黒ボク土であった。

①主要品目の作付け概況の違い

調査対象の農家圃場毎に、栽培法の違いによる主要野菜の作付け概況を表2-2-7に示した。有機栽培圃場は、トマト、キュウリ、キャベツともに栽植密度は慣行栽培の60～80%と疎植にしていた。これは畦幅や株間は両者で大差はなかったが、通路幅を広く確保していたためであった。また、慣行栽培では通常1畦2条植えとするキュウリは1条植えとし、採光や通気性に配慮していた。圃場当たりの野菜の作付け面積割合も慣行栽培の48～57%に対して、有機栽培は35～44%と低く、通路部である畦間や畦畔を意識的に広く確保していた。畦間や畦畔は裸地にするの

表2-2-4 主要野菜における病害虫の発生状況^{z)}と現状の対応策^{y)}

品目	病害虫	現状の対応策
トマト	疫病、オオタバコガ、アブラムシ	着果性の良い品種利用、簡易雨よけ、広い通路幅(慣行の2～2.5倍)による採光や通気確保。
ナス	うどんこ病、ニジュウヤホシテントウ、ハダニ、アブラムシ	広い通路幅(慣行の1.5倍)確保。
キュウリ	うどんこ病、べと病、炭疽病、アブラムシ	耐病性品種の利用、1畦1条植え(慣行栽培は2条植え)による採光や通気確保。
キャベツ	モンシロチョウ、タマナギンウバ、ヨトウガ、アブラムシ	春期中心の作付け、播種・収穫期幅の確保、レタスとの畦混作、目合い4mmネットの利用(一部)。
ブロッコリー	ハイマダラノメイガ、タマナギンウバ、モンシロチョウ、ヨトウガ	秋期中心の作付け、播種・収穫期幅の確保、レタスとの畦混作、目合い4mmネットの利用(一部)。
コマツナ類	キスジノミハムシ、カブラハバチ、モンシロチョウ、メイガ、アブラムシ、コナガ	春期、秋期それぞれ1～2ヵ月にわたる連続作付けによる播種期と収穫期の分散。
ホウレンソウ(ハウス)	べと病、アブラムシ、ケナガコナダニ、カブラヤガ、ハイマダラノメイガ	耐病性品種の利用、ハウスサイドへの目合い1mmネットの利用。

z)、y)露地栽培4農家共通+ハウス栽培1農家。

表2-2-5 有機栽培農家が使用している用途別有機質肥料の種類^{z)}と施用量^{y)}

用途	有機質肥料の種類、施用量(kg/10a)	
	動物性	植物性
土づくり、基肥	牛ふん堆肥、馬ふん堆肥(葉菜1～2t、果菜2～3t)	—
即効的肥効	発酵鶏ふん(葉菜150～200kg、果菜200～300kg)、魚粉*(50～100kg)	米ぬか*(40kg)、草木灰*(50リットル)
土壌改良	骨粉**(100kg)、かき殻**(100kg)	—

z)5農家が扱う肥料の種類を全て記載。 y)5農家の平均的な施用量。 *単独施用ではなく、肥効を補うために他の有機質肥料と合わせた利用。 **常用ではなく、必要に応じて利用。

ではなく、自生する雑草をそのまま活かし、軽い中耕や対象作物の生育を妨げない程度の刈り払いにより圃場を管理していた。栽培法の違いによる生産物の歩留まり率は、出荷基準は両者で異なるものの、有機栽培が60～75%、慣行栽培が75～85%であった。

②有機栽培圃場の畦間や畦畔の植生

有機栽培圃場の畦間、畦畔に自生する雑草などの植生を表2-2-8に示した。畦間(通路部)、畦畔ともに、初夏から初秋にかけての調査期間において優占種の変動はみられなかった。圃場内は、通常野菜の作付け前後にトラクターによる耕耘を行っているため、畦間は多年生草種が少なく、メヒシバ、ホソアオゲイトウ、シロザ、ウシハコベなど一年生の草種が主であった。畦畔は、通常耕耘は行わず刈り払いを行う程度なため、イネ科多

年草のチガヤを中心に、ヨモギ、スギナなど通常の水田畦畔などでみられる構成種が主であった。畦間、畦畔ともに異なる科の多種雑草が植生していた(写真2-2-2)。

③トマト圃場の被害果率と害虫や天敵の生息状況

有機、慣行栽培の各トマト圃場におけるタバコガ類による果実の被害果率を表2-2-9に示した。両者とも被害果率は2%以下と低かったが、薬剤散布を行わなかった有機栽培と、殺虫剤を11回散布した慣行栽培とで差は認められなかった。見取りによるトマト葉上の害虫と天敵の発生状況を表2-2-10に示した。有機栽培では、アブラムシ類が慣行栽培と比べて多かったが、最も頭数の多かった7月14日でも1葉当たり23頭であり生育上問題となる程ではなかった。有機栽培圃場における天敵の発生状況は、アブラムシに

表2-2-6 各調査圃場における気象^{z)}、立地および土壌種

調査場所	標高 (m)	平均気温(°C)			降水量(mm)			日照時間(hr)			立地		土壌種
		7月	8月	9月	7月	8月	9月	7月	8月	9月	圃場	周辺	
有機圃場 (北杜市小淵沢町)	820	19.4	21.8	19.4	144	282	85	162	193	214	水田転換畑	水田・山林	黒ボク土
慣行圃場 ^{y)} (北杜市高根町)	780	20.2	22.5	20.3	55	180	74	182	205	230	水田転換畑	水田・山林	黒ボク土
参考 (甲府市)	273	23.3	25.7	23.7	188	311	152	88	148	179	—	—	(灰色低地土)

z) 2003年時の数値。 y) トマト栽培圃場。

表2-2-7 有機栽培圃場と慣行栽培圃場における果菜類、葉菜類の主要品目の作付け概況

栽培法 (場所)	野菜の分類	品目	栽植密度 (株/10a)	畦幅(床幅・通路) (cm)	株間 (cm)	条数	野菜作付 面積割合 (%)	畦間・畦畔 面積割合 (%)	畦間・畦畔の状態	薬剤散布回数 (殺菌剤・殺虫剤・除草剤)	歩留まり率 ^{z)} (%)
有機栽培 (北杜市)	果菜類	トマト	1,250	320(120・200)	50	2	35	65	雑草による草生被覆 (5~8月に2回の中耕, 7~8月 に2回の雑草刈り払い)	0	70±5
	果菜類	キュウリ	833	200(80・120)	60	1	38	62		0	65±5
	葉菜類	キャベツ	3,333	150(70・80)	40	2	44	56	雑草による草生被覆 (5月に1回の雑草刈り払い)	0	72±3
慣行栽培 (北杜市)	果菜類	トマト	2,128	200(120・80)	47	2	57	43	敷きワラによる通路被覆	26(14・11・1)	82±3
	果菜類	キュウリ	1,235	270(150・120)	60	2	53	47	畦間(通路)は裸地	13(7・6・0)	78±3
	葉菜類	キャベツ	4,167	120(60・60)	40	2	48	52	畦間(通路)は裸地	19(7・12・0)	82±3

z) 作付け株(着果量)に対する収穫可能な株(果実)の割合で、聞き取りによる回答数値±数値幅。但し、有機栽培は生協、宅配、契約取引量販店の出荷基準、慣行栽培は農協など市場出荷基準による。

表2-2-8 有機栽培圃場の畦間^{z)}、畦畔における植生^{y)}および被度比率^{x)}

種名	科名	休眠型	畦間における被度比率				畦畔における被度比率			
			6/30	7/28	8/29	9/26	6/30	7/28	8/29	9/26
チガヤ	イネ	多年生	0	0	0	0	5	5	5	5
ヨモギ	キク	多年生	0	0	0	0	3	4	4	4
スギナ	トクサ	多年生	0	0	0	0	2	2	2	2
エゾノギシギシ	タデ	多年生	2	3	3	3	1	1	1	1
メヒシバ	イネ	一年生	2	3	3	4	1	2	2	2
エノコログサ	イネ	一年生	1	1	1	1	1	1	1	1
ホソアオゲイトウ	ヒユ	一年生	3	3	3	4	1	1	1	1
シロザ	アカザ	一年生	3	3	3	2	1	1	1	1
ウシハコベ	ナデシコ	一年生	3	3	3	2	1	1	1	1

z) 通路部。 y) 主要なもののみを表記。 x) ブラウン・プランク法に基づき、畦間、畦畔の各50m²(1m×50m)を、目視により0:(なし)、1:(1%以下)、2:(1~10%)、3:(10~25%)、4:(25~50%)、5:(50~100%)の指数値(被度率)として示した。

対する寄生蜂や寄生性糸状菌が多く認められた。その他、アブラムシ類を捕食するカゲロウ類、テントウムシ類、ヒラタアブ類が7月14日調査時で1葉当たり0.4~1.1頭程度認められた。一方、慣行栽培では天敵の種類や頭数が少ない、または

殆ど認められなかった。地上部に徘徊する土着昆虫類の両圃場における調査結果を表2-2-11に示した。有機栽培圃場では、セアカヒラタゴミムシやアオゴミムシ類など大型のゴミムシをはじめ、多数のゴミムシ類が認められ、シデムシ類、

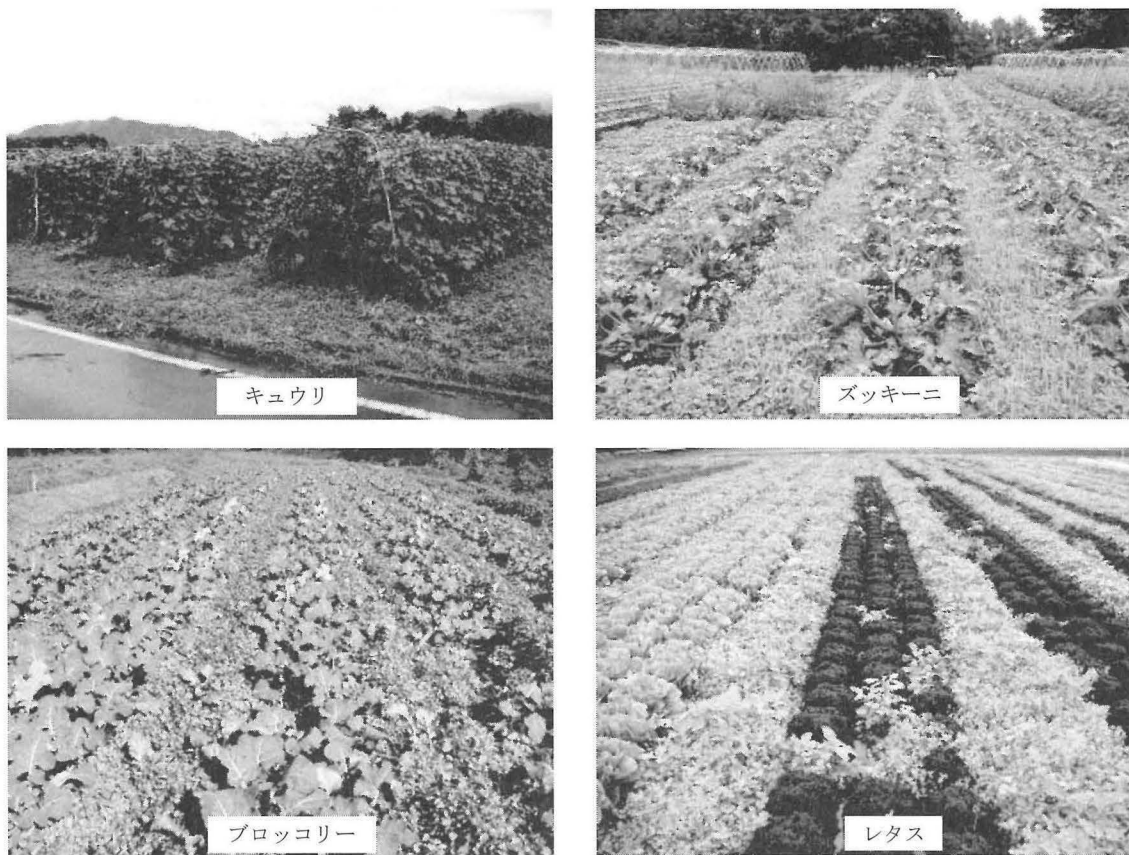


写真2-2-2 畦間や畦畔を雑草で覆った野菜圃場

表2-2-9 栽培法の異なるトマト圃場におけるタバコガ類による果実の被害割合

栽培法	調査果数 ^{z)} (個)	被害果数 (個)	被害果率 (%)	薬剤散布 総回数(殺虫剤)
有機栽培	854	14	1.64	0(0)
慣行栽培	620	10	1.61	26(11)

z) 2003年8月12日調査。各区50株に着生した全ての果実を調査。

表2-2-10 栽培法の異なるトマト圃場における見取り調査によるトマト1葉当たりの害虫および天敵の発生状況^{z)}

栽培法	調査日	害虫			天敵				
		チョウ目 ^{y)}	アブラムシ類	ニジュウヤホシテントウ	寄生蜂	糸状菌	カゲロウ類	テントウムシ類 ^{x)}	ヒラタアブ類
		(卵・幼虫)	(有翅・無翅)	(幼虫)	(アブラムシマミー)	(アブラムシ寄生性)	(卵・幼虫)	(幼虫)	(幼虫・蛹)
有機栽培	7月14日	0.1±0.1	22.9±2.9	0.3±0.3	0.5±0.1	11.6±2.0	0.5±0.4	1.1±0.8	0.4±0.1
	7月29日	0.1±0.1	4.3±1.2	0	0.1±0.1	15.7±4.7	0.2±0.1	0	0.1±0.1
慣行栽培	7月22日	0.1±0.1	0.1±0.1	0	0	0	0.1±0.1	0	0
	7月31日	0	0	0	0	0	0	0	0

z) トマト1株1葉当たりの平均値および標準誤差(n=50)。 y) タバコガ類、ヨトウガ類。 x) ナミテントウ、ナナホシテントウ。

表2-2-11 栽培法の異なるトマト圃場に設置した落とし穴トラップに落下した徘徊性昆虫の種類および頭数²⁾

栽培法	調査期間	徘徊性昆虫類(頭/トラップ)						
		セアカヒラタゴミムシ	アオゴミムシ類	その他ゴミムシ類	シデムシ類	ハンミョウ類	フンチュウ類	クモ類
有機栽培	7月	1.4±0.5	5.6±2.5	34.8±5.1	0.2±0.2	0.6±0.4	0.2±0.2	2.4±1.2
	8月	118.6±12.0	28.8±5.7	59.0±8.1	0.8±0.2	0.2±0.2	30.6±13.7	1.0±0.5
慣行栽培	7月	0	0	0	0	0	0	0.4±0.2
	8月	0	0	0	0	0	0	0

2) 2003年7月1日～8月31日に、7日毎に各区5個設置した落とし穴トラップへ落下した1トラップ当たり月別平均頭数および標準誤差。

	北	圃場NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	南
1999年		カボチャ(5～8月) ハクサイ、ダイコン、カブ、 コマツナ類(9～12月)	トマト、ナス、ピーマン (5～10月)	ニンジン、ダイコン、コマツナ類 (8～11月) レタス(3～7月)	未利用	ハクサイ、カブ、コマツナ類 (8～12月)	
		牛ふん堆肥2t(4月)	牛ふん堆肥2.5t(4月)	牛ふん堆肥各1t(3、8月)		牛ふん堆肥1t(8月)	
2000年		カボチャ(5～8月) ハクサイ、ダイコン、 コマツナ類(9～12月)	キャベツ、ブロッコリー、レタス、 ニンジン(3～8月) ダイコン(8～12月)	レタス(3～6月) キュウリ(6～9月)	未利用	ナス、ピーマン、トウガラシ、 キュウリ、インゲン(5～10月)	
		牛ふん堆肥各1t(3、8月)	牛ふん堆肥各1t(3、8月)	牛ふん堆肥1t(3月)		牛ふん堆肥1.5t(4月)	
2001年		レタス(4～6月) ダイコン、ハクサイ、コマツナ類 (8～11月)	カボチャ(5～8月) ダイコン、コマツナ類(9～12月)	ナス、ピーマン、トウガラシ (5～10月)	未利用	レタス(4～6月) キュウリ、カボチャ、ズッキーニ (7～12月)	
		牛ふん堆肥1t(3月) 鶏ふん300kg(8月)	牛ふん堆肥2t(4月) 鶏ふん300kg(8月)	牛ふん堆肥1.5t(4月)		牛ふん堆肥1.5t(3月) 鶏ふん150kg(7月)	
2002年		トマト、ピーマン、トウガラシ (5～10月)	カボチャ(5～10月)	コマツナ類(8～11月)	未利用	レタス(4～7月) インゲン、エダマメ(5～8月)	
		牛ふん堆肥1t(4月)	牛ふん堆肥2t(4月) 鶏ふん150kg(5月)	鶏ふん225kg(8月)		牛ふん堆肥1.5t(4月) 鶏ふん150kg(4月)	
2003年		カボチャ(5～10月)	トマト、ナス、ピーマン、 トウガラシ、シシトウ (5～10月)	カボチャ、ズッキーニ(5～10月)	ダイコン、カブ、コマツナ類 (9～12月)	ズッキーニ、カボチャ、 スイートコーン(5～10月)	
		鶏ふん225kg(3月)	鶏ふん300kg(3月)	鶏ふん225kg(3月)	鶏ふん225kg(9月)	鶏ふん150kg(4月)	
2004年		カボチャ(5～10月)	カボチャ(5～10月) コマツナ類(9～12月)	トマト、ナス、ピーマン (5～10月)	ズッキーニ(5～8月) コマツナ類(8～11月)	レタス(4～7月) ダイコン(9～11月)	
		鶏ふん175kg(3月)	鶏ふん225kg(3月)	鶏ふん300kg(4月)	鶏ふん225kg(3月)	鶏ふん225kg(3月)	

図2-2-1 北杜市小淵沢町の有機栽培圃場における露地野菜の作付けローテーション

各圃場ごとに作付け品目(作付け期間)を表記。太字および着色部分はナス科野菜を作付けした圃場。下段は使用した肥料の種類と10a当たり施用量(施肥時期)。

表2-2-12 各調査から明らかになった有機栽培の特徴および想定される利点

栽培法	主な特徴	想定される利点
有機栽培	・多品目野菜を作付け。各品目をブロック状に混作。栽培しやすい品種を使用。 ・季節毎に品目を変化。春、秋期は葉根菜類が中心、夏期は果菜類が中心。 ・通路面積を広く確保。栽植密度は疎植。 ・圃場毎に毎年ブロックローテーションを実施。ナス科野菜は4年サイクルで作付け。 ・畦間(通路)や畦畔は雑草草生とし適宜刈り込み。 ・牛ふん堆肥、鶏ふん、魚粉など有機質肥料の使い分けと品目毎の施用量の増減。	・病害虫発生や天候不良などに対する生産リスクの分散や軽減。 ・適期作による生産性確保、病害虫の回避や軽減。 ・採光性や通気性の保持による地上部病害の未然回避や軽減。 ・土壌病害など連作障害の未然回避と持続的生産。 ・土着天敵など多様な生物のすみかの提供。 ・作物の種類や作付け期間の違いに応じた肥効調節。
慣行栽培	・単一品目(トマトなど)を同一圃場に集中作付け。 ・単一品目(トマトなど)を夏期など同一期に集中作付け。 ・通路幅は最小限とし単位面積当たり栽植数を確保。 ・1年毎の田畑輪換。耐病性品種の接ぎ木利用。 ・畦間は裸地。または一部敷きワラ。 ・定期的な薬剤散布による病害虫防除。	・同一品目の大量生産による収益の集中化。 ・同一品目の大量生産による収益の集中化。 ・単位面積当たり収益の確保。 ・土壌病害など連作障害の未然回避。 ・整然とした圃場景観の維持。 ・高い歩留まり率の達成。

ハンミョウ類、フンチュウ類などを含め甲虫類が大半を占めた。またコモリグモなどのクモ類も認められた。一方、慣行栽培圃場では徘徊性昆虫類は殆ど認められなかった。

④ 5 枚圃場の作付けローテーション

有機栽培圃場における6年間の作付けローテーションの概要を図2-2-1に示した。高冷地という立地条件の中、作付け期間は4～11月であり、春～秋作が中心で冬期の作付けはなかった。果菜類は夏期が、葉根菜類は春作と秋作が中心であった。5枚の圃場における作付けローテーションは、ナス科野菜、アブラナ科野菜、カボチャなどに大きく分類され、毎年場所を移動させながら栽培していた。ナス科野菜の同一圃場での作付けは最低3年間はなく、ローテーションの間隔が3～4年以上になるよう輪作していた。また、いずれの品目とも同一圃場内で数畦毎に並列して配置していた。使用した有機質肥料の種類は主に牛ふん堆肥と鶏ふんであったが、牛ふん堆肥の連用により土壌中のリン酸、加里成分が過剰気味となったため、2003年以降は施用量当たりのこれら成分の投入量が相対的に少ない鶏ふんに移行した。

施肥時期はいずれも野菜の作付け前に行っていた。施用量は、葉菜類と比べて果菜類を多めとしていたが、土壌分析結果を考慮しながら、施用量そのものを年次を追う毎に減らすなど、土壌の塩基バランスにも配慮していた。

4. 考察

実態調査から明らかになった有機栽培の特徴および想定される利点を表2-2-12に示した。単一品目の集中生産により単位面積当たりの収益をできる限り効率的に得ようとし、高い歩留まりを達成するために薬剤防除を通常管理とする慣行栽培に対して、有機栽培は病害虫の発生や天候不良など外的要因から受ける生産上のリスクをできる限り軽減するために、多品目作付けや適品種の利用、作型分散や適期作、混作や草生管理、疎植栽培、圃場のローテーションなど、有効と思われる手法を総合的に講じることで安定生産を成立させている点が大きな特徴といえる。これらについて以下、項目別に述べていきたい。

はじめに、有機栽培農家が扱う品目であるが、葉菜類や果菜類など30種類以上の野菜を作付けしていた。これは、消費者側からすると宅配など

多種類の野菜が届けられ重宝するが、生産者側としても、ある一定の野菜が天候不順による生育不良や病害虫による損害を受けても、他の多くの野菜でまかなえるという生産リスクの分散や軽減が可能となる。さらに、作型調査から、季節毎に作付け品目を変えるとともに適期作付けを行うことで、生産性の確保や、病害虫被害の回避や軽減を図っていると考えられる。品種については、果菜類の多くは耐病性があり着果数が多い多収系の品種を利用しており、病害虫などによる被害を多少受けても生産上、大きな影響が出ないような工夫をしていると考えられた。葉菜類は揃いの良い早生品種を多く用いており、栽培期間の短縮によって害虫などによる寄生や食害のリスクを減らそうとする意図が伺えた。新規参入者が有機栽培を行う際の課題として、山木(2008)⁷⁶⁾は品種や適期作を考慮すべきと報告しており、これら要素の重要性が示唆された。

次に作付け配置であるが、慣行栽培農家は通常1枚の圃場に単一の品目を集中的に作付けるが、調査対象の有機栽培農家は全ての圃場で複数品目をブロック状に作付ける混作を行っていた。混作の特徴としては、栽培時期や栽培期間が近い作物を同一圃場に配置する中で、異科作物同士を組み合わせているケースが多く、対象害虫などが重複しないよう、また被害が生じた場合も最小限に止められることを期待した作付け配置であると考えられた。

病害虫については、果菜類は病害と虫害の両者を、葉根菜類は虫害を主に問題としていることが明らかとなったが、いずれも連作を原因とする土壌病害を問題とする農家はなく、単一品目を連作することが多い慣行栽培農家との問題点の違いが認識できた。また病害虫への対応策については、化学的防除を除く現状で可能と思われる各種耕種的防除や物理的防除を講じており、これらが総合的に被害の軽減に貢献しているものと考えられた。

有機質肥料については、調査対象農家のいずれも、北杜市が稲作や畜産の盛んな地域であり、地元産の米ぬか、牛ふん、鶏ふんなどの有機質資材が安価かつ容易に入手できることから、原材料を輸入に頼った菜種粕や大豆粕などの購入例はなかった。これは北杜市や周辺地域で有機農業を営む農家に共通した利点と思われ、地域全体として耕畜連携による循環型の農業を実践していることが伺えた。

聞き取り調査に加え、現地圃場の実態調査から明らかになった事項の一つとして、栽植密度を疎植にすることによる採光性や通気性の確保が挙げられたが、これは野菜に病害が発生しやすくなるのを未然に防ぐための工夫といえる。疎植にすることで単位面積当たりの栽植株数が減る分は、予め慣行栽培より広めに確保した圃場に慣行栽培と同等以上の株数を作付けることで賄えるという考え方をとっている。

また、現地圃場における大きな特徴の一つとして畦畔や畦間に自生する雑草による草生管理とされていることが挙げられた。特に畦間(通路部)は、1年草を中心とする雑草を適度に刈り込んだ草生被覆となっており、農薬散布を行わない有機圃場で生産された野菜の歩留まり率の高さから、草生管理を利用した栽培法が野菜の生育や病害虫に対する被害軽減などに大きく関与していることが示唆された。EUの中では有機栽培が盛んなスペインにおいて、有機栽培圃場が慣行栽培圃場と比べて雑草の多様性がより向上するというRomeroら(2008)⁵⁷⁾の報告例もある。今回、栽培法の違いによるトマト圃場において、タバコガ類による被害果状況とともに天敵や徘徊性昆虫類の発生状況を調査したが、有機栽培圃場の被害果率は慣行栽培と比べて大差なく、また天敵などの種類や発生数は顕著に多かったことから、混作や草生被覆によって管理された圃場が土着天敵のすみかとしての役割を果たしていることが推察された。これら天敵などが実際に虫害軽減にどれほど寄与してい

るかについては今後の検証が必要と思われた。

最後に作付けローテーションの特徴として、野菜のグループ毎に圃場を3年以上の単位で移動させていたことが挙げられる。特にナス科野菜は、一端発生すると土壤消毒など薬剤処理を行っても被害の回避が困難な青枯れ病や半身萎ちょう病などが発生しないよう注意していた。ハウス栽培においても、ハウレンソウとコマツナを時期毎に輪作しており、萎凋病などハウレンソウの土壤病害を未然に回避していた。有機栽培において、長谷川（1990）²³⁾は田畑輪換が重要であるとし、西尾（2003）⁴⁶⁾は輪作が不可欠であると指摘している。また、Van Bruggen（1995）⁷⁴⁾は、有機質肥料の施用や輪作を行う有機栽培は慣行栽培と比べて、根部の病害虫が少なくなると報告している。現地の有機栽培農家は圃場をローテーションすることで輪作を実践しており、これが野菜を持続的に安定生産する上で重要な要素であることを十分意識していることが伺われた。

以上のような各耕種手法を多くの農家が総合的に実践することで、北杜市は有機栽培の盛んな地域になったのだが、Iターンなどの新規参入者が、広い耕地を有する八ヶ岳南麓で遊休化あるいは基盤整備された圃場を借用しやすかったことに加え、露地野菜の栽培という観点からは、中間高冷地という立地条件から、トマトやキュウリなど多くの野菜が本来旬である夏場を中心とした3シーズンに栽培できることが有機農業者が増加し得た大きな理由として挙げられる。本県平坦部の甲府盆地周辺では秋から翌春にかけてトマトの施設栽培、早春期のスイートコーンや葉菜類のトンネル栽培などが盛んであるのに対し、北杜市は野菜の作型上、露地栽培に適した地域といえる。

本研究で、聞き取り調査に協力戴いた北杜市の八ヶ岳有機農業者協会、八ヶ岳やさい倶楽部（現（有）梶原農場）の5農家の内、特に圃場の実態調査をさせて戴いた瀬戸氏と、日頃多くの情報提供を戴いている梶原氏は、北杜市の中でも最も古

くから有機栽培を始めたフロンティアであり、数十年の間、本稿で述べてきた各々の耕種手法を試行錯誤の上に築き上げ、今なお努力を惜しまない指導者でもある。現在では彼らが長年蓄積してきた経験を基に、後に続く多くの新規就農者が短期間で経営を安定化させられるようになった。この結果、同市だけでも100戸ほどの有機栽培農家が定着するに至ったのである。

有機栽培は、耕作地それぞれの立地条件や栽培環境に適合させながら行っていくことが基本であるが、本調査により抽出したこれらの耕種手法は、同地域における同作型の慣行栽培との比較から、普遍性を有した栽培技術として有機栽培による野菜の安定生産に寄与できるものと考えられる。今後の課題として、北杜市のみならず立地や気象条件が異なる甲府盆地など平坦部においても有機栽培が成立しうることを実証試験を通じて検証し、上述した各要素の普遍性をより高めていくことが必要と考えられる。

第3章 混作,間作,雑草草生の利用が野菜の病虫害軽減や生産性に及ぼす影響

第1節 春作キャベツ, 秋作ブロッコリー栽培における畦間の雑草草生効果

1. 緒言および目的

山梨県では, 1998 年以降, 野菜の有機栽培についての研究, 特に耕種的な手法を用いた害虫の被害軽減について取り組んでおり, シロクローバを間作作物に用いたキャベツ栽培で, チョウ目害虫やアブラムシの被害が軽減することを実証してきた(赤池ら 2004, 2009)^{5, 6)}. 県内の有機栽培農家の多くは, 春期と秋期にキャベツやブロッコリーなどのアブラナ科野菜を作付けし, この時期における経営の主軸としている。

有機栽培を長年実践してきた農家は, 経験的に定植期など作付け時期を適正に調整することで, 虫害の被害軽減を図っており, 耕種的防除の一手段として利用している。

一方, 圃場内に発生する雑草は最小限の刈り込み管理に留めており, 畦間部は雑草草生を基本としている。この条件下で栽培されたキャベツやブロッコリーには害虫による被害が少ないことから, 雑草草生が虫害の軽減に深く関わっていると推測される。

アブラナ科野菜の周囲を雑草草生とした場合の害虫や土着天敵の発生については, Smith (1969)⁶⁵⁾ や Armstrong・Mckinlay (1997)¹³⁾ による研究例があるが, 野菜の収量性など栽培試験に関する研究事例は殆ど無い。

そこで, 本試験では, 春作キャベツと秋作ブロッコリー栽培で, 畦間の雑草草生利用が虫害軽減や生産性に及ぼす影響について, シロクローバと比較し検証した。

2. 材料および方法

(1) 春作キャベツ栽培に対する雑草草生の効果

試験は 2008 年に, 山梨県甲斐市(標高 315m)の総合農業技術センター内の有機栽培圃場(灰色低地土)において, 雑草の発生が多い圃場を利用して行った。試験区は「畦間の雑草草生区」「シロクローバ間作区」「草生・間作なし区」で, いずれもキャベツのみの単作とした。各区ともにチョウ目害虫に対する最小限の防除として, 有機 JAS 適合農薬の BT 水和剤(エスマルク DF)を 5 月 13 日に 1 回散布した。試験規模は, 1 区 72 m² (9 m × 8 m) の 3 畦とした。

「畦間の雑草草生区」は, キャベツの生育期間中, 畦間に自生する雑草をそのまま利用し, 5 月 1 日に刈り込みを 1 回行った(写真 3-1-1 上段)。シロクローバは, 2007 年 11 月 2 日に 1 kg/10a の種子量を畦間部に播種し, 2008 年 5 月 1 日に刈り込みを 1 回行った。「草生・間作なし区」は, キャベツの生育期間中, 畦間に雑草が発生しないよう, 中耕を 3 回行った。

耕種概要は次のとおりである。供試品種はキャベツが「YR 青春 2 号」、シロクローバが「フィア」とした。キャベツの播種日は 2008 年 2 月 26 日, 定植日は 4 月 2 日で, 5 月 30 日に各区とも一斉に収穫した。キャベツの栽植方法は, 畦幅 2 m (床幅 1 m), 株間 40 cm の 2 条千鳥植えとし, 植え床には黒マルチを用いた。

施肥は, 牛ふんオガクズ堆肥, 菜種油粕, 発酵鶏ふんを配合した有機質肥料を用い, 窒素, リン酸, 加里の各成分量が, 20-20-20 kg/10a となるように, 畦施用で行った。

調査項目は次のとおりである。各作物の生育期間中の草丈を, 15 日間隔で計測した。また, 雑草, シロクローバの植被率および雑草の草種を 15 日

間隔で調査した。

キャベツ収穫時における結球の被害調査を、モンシロチョウ、タマナギンウワバ、ヨトウガ類などのチョウ目害虫とダイコンアブラムシ（写真3-1-2）について畦毎に各区50株行い、被害度として算出した。収穫球の内、調製した状態で結球重が1個あたり800g以上あり、虫害による食痕や汚れがない、あるいはある場合でも一部分であり、販売が認められるもの（チョウ目害虫とダイコンアブラムシの被害度がともに0および1）を可販球とし、可販株率で表した。結球重は畦毎に各区50個を計測した。

圃場内の徘徊性昆虫類（昆虫、クモ等）を調べるために、各区に3箇所ずつ、直径8cm、深さ12cmの落とし穴トラップを設置し（写真3-1-3）、調査期間を4月9日～5月28日とし、7日間隔で落下頭数を計測した。

（2）秋作ブロッコリー栽培に対する雑草草生の効果

試験区は「畦間の雑草草生区」「シロクローバ間作区」「草生・間作なし区」で、いずれもブロッコリーのみの単作とした。各区ともに、BT水和剤による防除を行わなかった。試験規模は、キャベツに準じた。

「畦間の雑草草生区」は、ブロッコリーの生育期間中、畦間に自生する雑草をそのまま利用した。刈り込みは、草丈がシロクローバと同程度を維持するように9月1日、9月19日、10月2日の計3回行った（写真3-1-1下段）。シロクローバは、2008年6月20日に1kg/10aの種子量を畦間部に播種し、以降刈り込みは行わなかった。「草生・間作なし区」は、ブロッコリーの生育期間中、畦間に雑草が発生しないよう、中耕を3回行った。

耕種概要は次のとおりである。供試品種はブロッコリーが‘ハイツ’、シロクローバが‘フィア’とした。ブロッコリーの播種日は2008年8月4

日、定植日は9月2日で、10月31日～11月6日に、適期の花蕾を順次収穫した。ブロッコリーの栽植方法、施肥は、キャベツに準じた。

各調査項目および調査方法はキャベツに準じた。ただし、ブロッコリーの対象害虫は、花蕾の生長や被害に直接影響を及ぼすハイマダラノメイガ（写真3-1-2）のみとし、幼虫の寄生調査を10日間隔で畦毎に各区180株行った。

ブロッコリー収穫時における花蕾の被害調査は、ハイマダラノメイガ幼虫による被害を‘程度1～3’に分類し、畦毎に各区180株について行った。収穫した花蕾の内、長さ16cmに調製した状態で、花蕾の直径が10cm以上あり、虫害がなく、販売が認められるもの（被害程度が1）を可販株とし、可販株率で表した。花蕾重は畦毎に各区50個を計測した。

圃場内の徘徊性昆虫類を調べるために、落とし穴トラップを設置し、調査期間を9月10日～10月28日とし、7日間隔で落下頭数を計測した。

3. 結果

（1）春作キャベツ栽培に対する雑草草生の効果

各草丈は、キャベツ定植時の4月上旬が、キャベツ16cm、雑草17cm、シロクローバ2cmで、雑草とシロクローバの生育が一旦最盛となった4月下旬には、それぞれ17cm、47cm、19cmとなり、一旦刈り込みを行った後、収穫期の5月下旬にはそれぞれ31cm、22cm、21cmになった（図3-1-1）。「畦間の雑草草生区」に自生した雑草の植被率は、4月中旬以降、5月1日の刈り込みまでは75～100%となり、収穫期には25～50%となった（写真3-1-1上段）。雑草の草種は、優占順に4月がホトケノザ、ナズナ、ノボロギクであり、5月がアカザ、ニシキソウであった（表3-1-1）。

キャベツ収穫時の結球部の被害度を図3-1-2に示した。キャベツ生育期間中のチョウ目害虫の寄生はモンシロチョウとタマナギンウワバが主

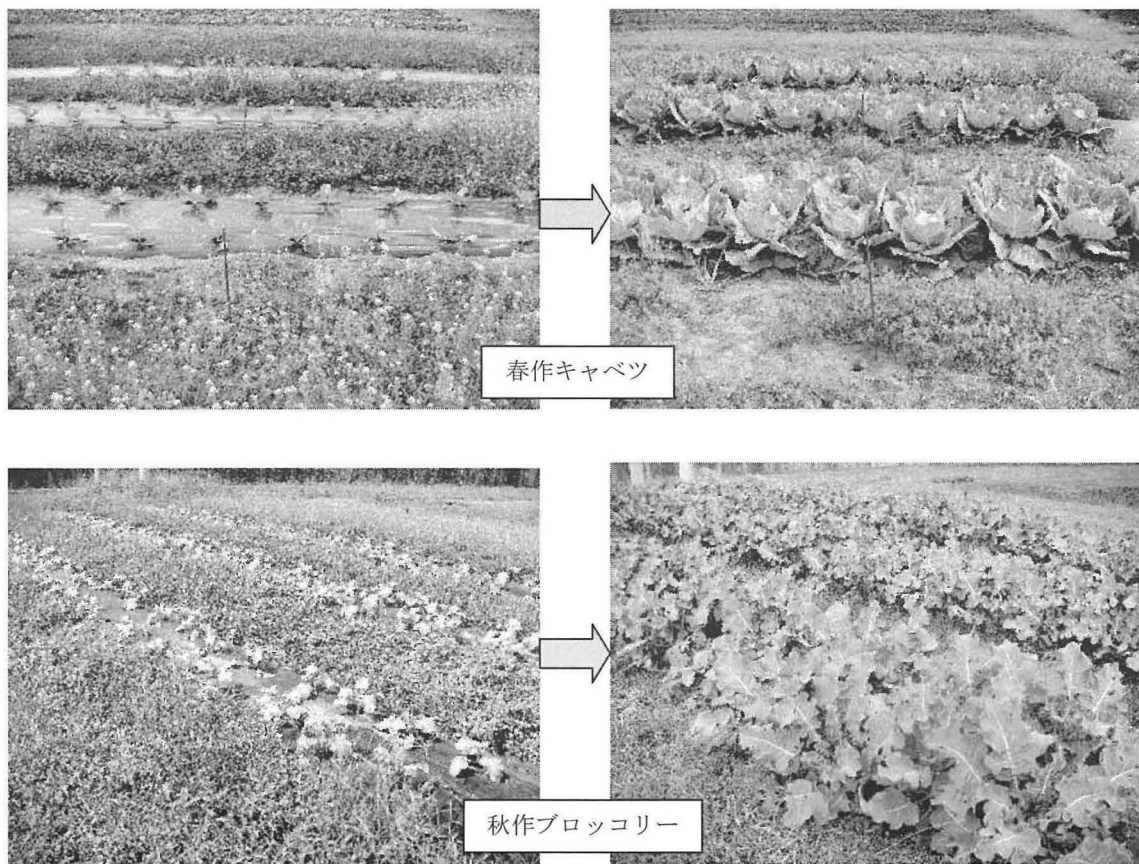


写真3-1-1 畦間を雑草草生で被覆したキャベツ、ブロッコリー圃場

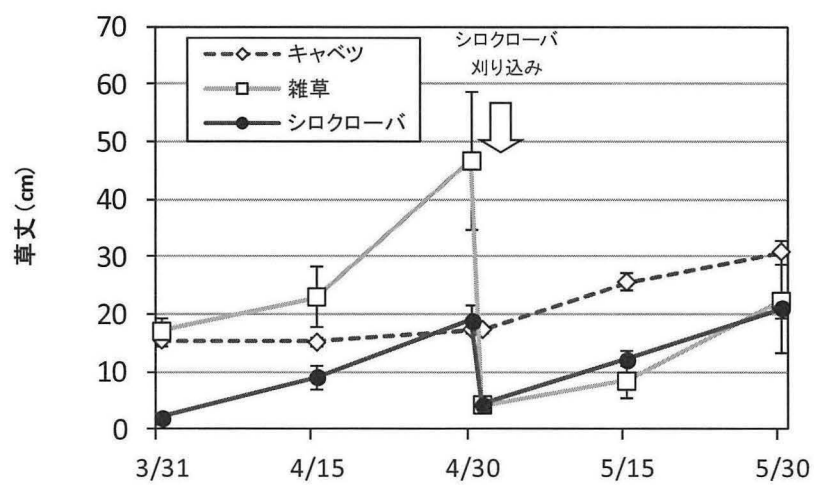


図3-1-1 畦間の雑草草生やシロクロローバ間作を行ったキャベツ圃場における各作物の草丈推移(2008年)

図中の垂直線は標準偏差を示す(n=20)。

表3-1-1 キャベツ圃場における雑草、シロクローバの植被率および雑草の優占種

植物の種類	植被率(%) ^{z)} , 草種 ^{y)}					
	3/31	4/15	4/30	5/1 ^{x)}	5/15	5/30
雑草	70±5.0	83.3±2.9	93.3±2.9	—	16.7±2.9	38.3±2.9
	ホトケノザ*	ホトケノザ*	ナス*ナ	—	アカサ*	アカサ*
	ナス*ナ	ナス*ナ	ノボ*ロキ*ク	—	ニシキソウ	ニシキソウ
		ノボ*ロキ*ク	ニシキソウ	—		
シロクローバ	21.7±7.6	55.0±5.0	75.0±5.0	—	85.0±5.0	91.7±2.9

z) 畦間部, 1地点1m²(1m×1m)当たりの雑草またはシロクローバによる被植割合を, 目視により5%単位で実測し, 平均値と標準偏差により示した(n=3). y) 上段から割合の高い順に記載. x)刈り込み直後.

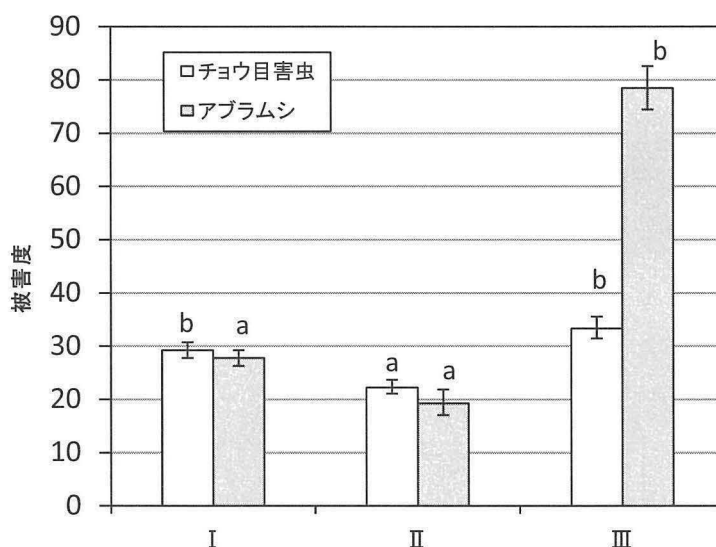


図3-1-2 キャベツ結球部のチョウ目害虫とアブラムシによる被害度(2008年)

I:「畦間の雑草草生区」キャベツ単作, 自生する雑草により畦間を草生被覆.

II:「シロクローバ間作区」キャベツ単作, シロクローバを畦間に間作.

III:「草生・間作なし区」キャベツ単作, 畦間の雑草草生やシロクローバの間作なし.

被害度 = (1A+2B+3C+4D)/4n × 100. A, B, C, Dは被害程度の分類による各被害株数.

nは調査株数(n=50).

被害程度の調査基準:

[チョウ目害虫(モンシロチョウ, タマキ`ンウワバ, ヨウガ`類)] [アブラムシ(ダイコンアブラムシ)]

0: 結球部に食害が認められない.

1: 結球部にわずかに食害が認められる.

2: 結球部の1/4以下に食害が認められる.

3: 結球部の1/4~1/2に食害が認められる.

4: 結球部の1/2以上に食害が認められる.

0: 結球部に寄生がなく葉の変色が認められない.

1: 結球部に寄生による葉の汚れがわずかに認められる.

2: 結球部の1/4以下に寄生による葉の汚れが認められる.

3: 結球部の1/4~1/2に寄生による葉の汚れが認められる.

4: 結球部の1/2以上に寄生による葉の汚れが認められる.

図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す. 垂直線は標準誤差を示す(n=50).

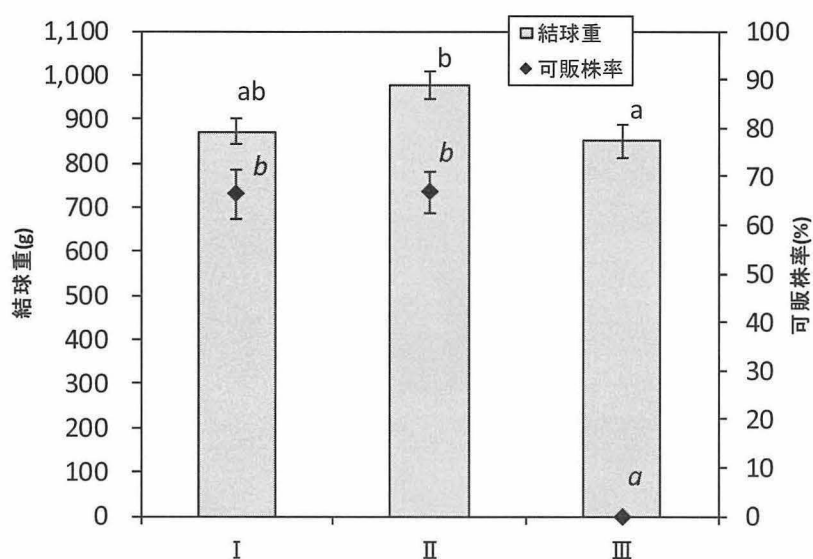


図3-1-3 畦間の雑草草生やシロクローバ間作がキャベツの結球重や可販株率に及ぼす影響(2008年)

I:「畦間の雑草草生区」キャベツ単作, 自生する雑草により畦間を草生被覆。

II:「シロクローバ間作区」キャベツ単作, シロクローバを畦間に間作。

III:「草生・間作なし区」キャベツ単作, 畦間の雑草草生やシロクローバの間作なし。

図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。垂直線は標準誤差を示す(n=50)。

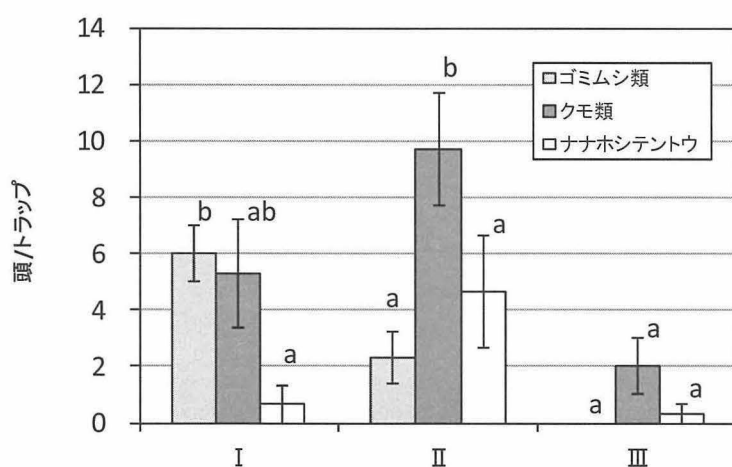


図3-1-4 畦間の雑草草生やシロクローバ間作を行ったキャベツ圃場における落とし穴トラップに落下した徘徊性昆虫類の頭数(2008年)

I:「畦間の雑草草生区」キャベツ単作, 自生する雑草により畦間を草生被覆。

II:「シロクローバ間作区」キャベツ単作, シロクローバを畦間に間作。

III:「草生・間作なし区」キャベツ単作, 畦間の雑草草生やシロクローバの間作なし。

図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。垂直線は標準誤差を示す(n=3)。

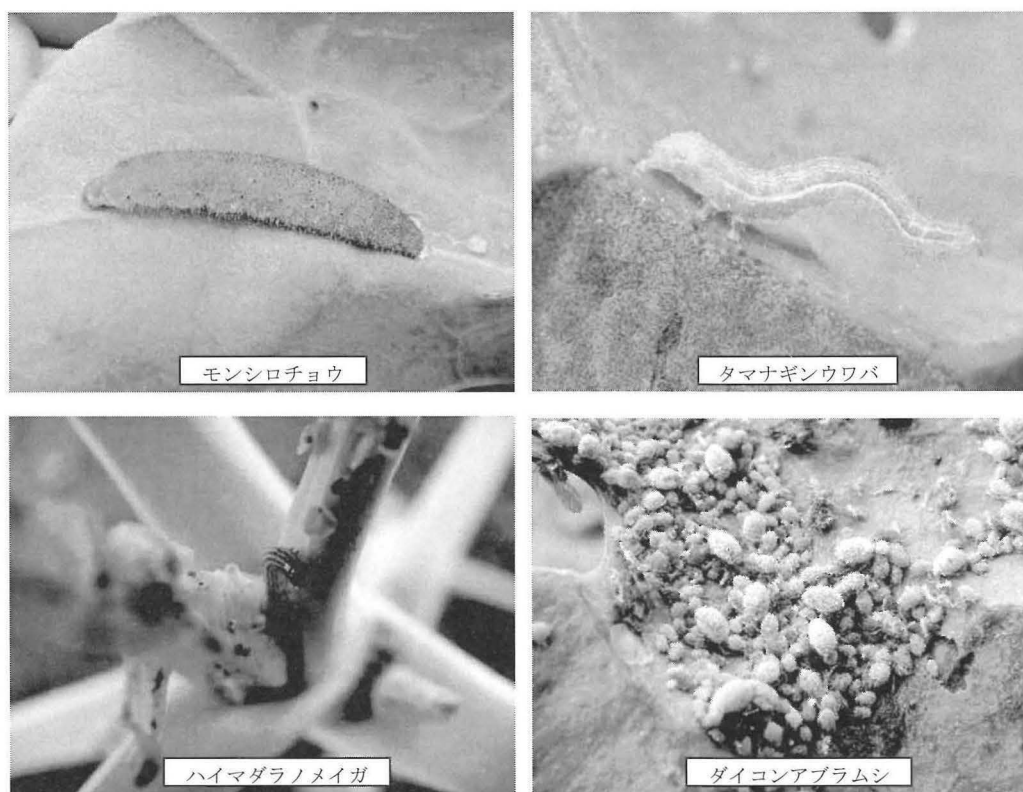


写真3-1-2 春作キャベツ，秋作ブロッコリーの主な対象害虫

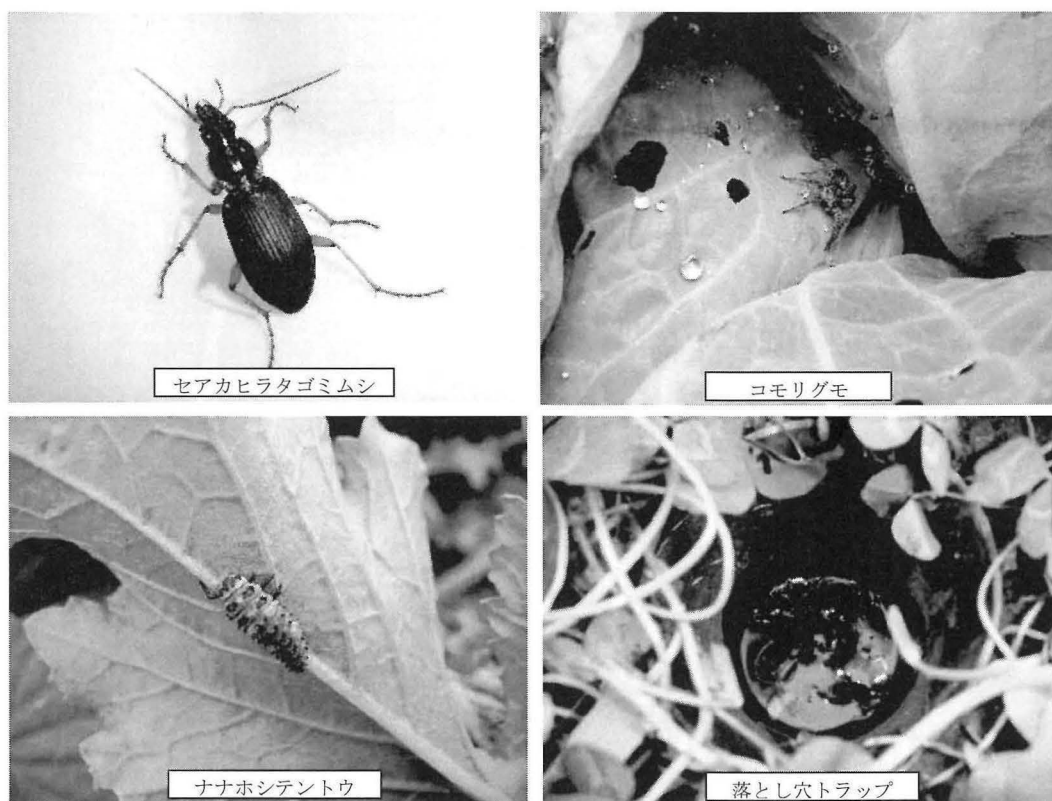


写真3-1-3 徘徊性昆虫類などの天敵と圃場に設置した落とし穴トラップ

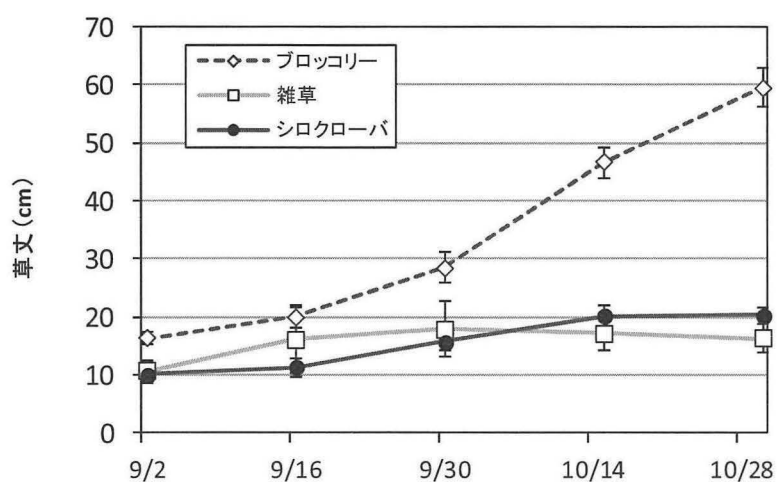


図3-1-5 畦間の雑草草生やシロクローバ間作を行ったブロッコリー圃場における各作物の草丈推移(2008年)

図中の垂直線は標準偏差を示す(n=20)。

表3-1-2 ブロッコリー圃場における雑草、シロクローバの植被率および雑草の優占種

植物の種類	植被率(%) ^{z)} , 草種 ^{y)}				
	9/2	9/16	9/30	10/15	10/30
雑草	76.7±2.9	100±0	100±0	100±0	100±0
	メシハ [*]	メシハ [*]	メシハ [*]	メシハ [*]	メシハ [*]
	イヌビユ	イヌビユ	イヌビユ	イヌビユ	イヌビユ
	ニシキソウ	ニシキソウ	エノコログサ		
	カヤツリグサ	エノコログサ	ニシキソウ		
	エノコログサ				
シロクローバ	93.3±2.9	95.0±5.0	96.7±2.9	100±0	100±0

z) 畦間部, 1地点1㎡(1m×1m)当たりの雑草またはシロクローバによる被植割合を, 目視により5%単位で実測し, 平均値と標準偏差により示した(n=3). y) 上段から割合の高い順に記載。

であり, 本作ではヨトウガ類の寄生は殆ど認められなかった。チョウ目害虫による結球部の被害度は, 「シロクローバ間作区」「畦間の雑草草生区」「草生・間作なし区」の順に低かった。ダイコンアブラムシによる結球部の被害度は, チョウ目害虫と同傾向であったが, 「シロクローバ間作区」「畦間の雑草草生区」の両区が, 「草生・間作なし区」と比べて顕著に低かった。

キャベツ収穫時の結球重と可販株率を図3-1-3に示した。結球重は, 「シロクローバ間作区」が1kg弱, 「畦間の雑草草生区」が900g弱となった。可販株率は, 「シロクローバ間作区」が67%, 「畦間の雑草草生区」が66%, 「草生・間作なし区」が0%となった。いずれの区もダイコンアブラムシの被害に大きく影響された。

徘徊性昆虫類の落とし穴トラップへの落下頭

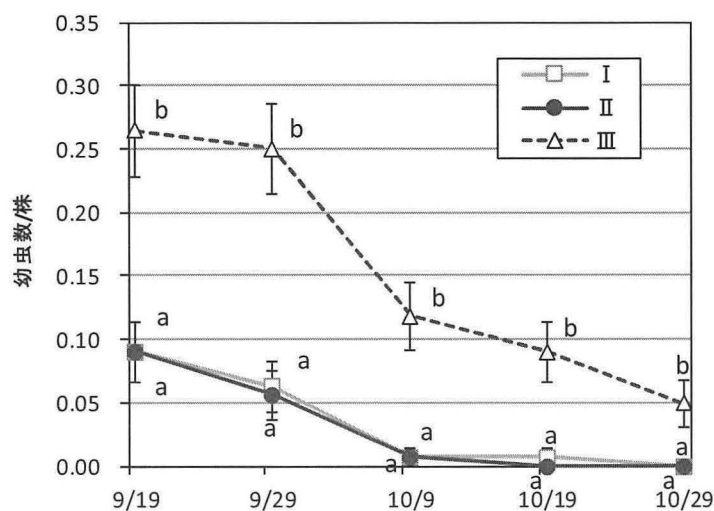


図3-1-6 ブロッコリー1株当たりのハイマダラノメイガ幼虫の寄生頭数(2008年)

I:「畦間の雑草草生区」ブロッコリー単作, 自生する雑草により畦間を草生被覆.
 II:「シロクローバ間作区」ブロッコリー単作, シロクローバを畦間に間作.
 III:「草生・間作なし区」ブロッコリー単作, 畦間の雑草草生やシロクローバの間作なし.

図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す.
 垂直線は標準誤差を示す(n=150).

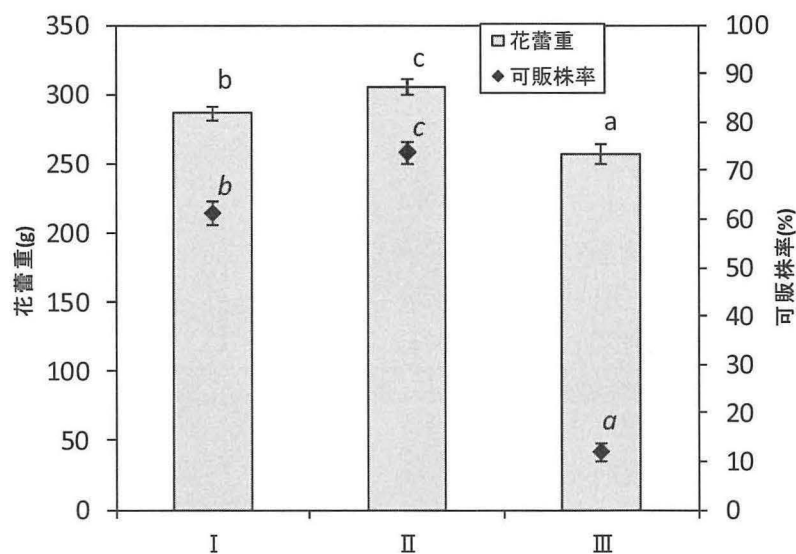


図3-1-7 畦間の雑草草生やシロクローバ間作がブロッコリーの花蕾重や可販株率に及ぼす影響(2008年)

I:「畦間の雑草草生区」ブロッコリー単作, 自生する雑草により畦間を草生被覆.
 II:「シロクローバ間作区」ブロッコリー単作, シロクローバを畦間に間作.
 III:「草生・間作なし区」ブロッコリー単作, 畦間の雑草草生やシロクローバの間作なし.

図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す.
 垂直線は標準誤差を示す(n=50).

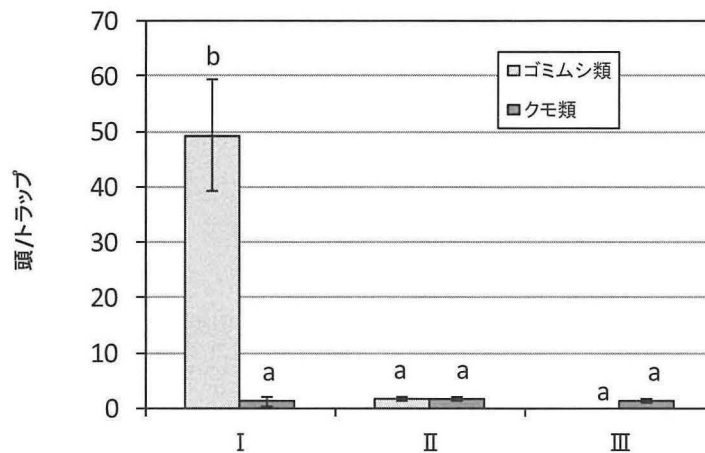


図3-1-8 畦間の雑草草生やシロクローバ間作を行ったブロッコリー圃場における落とし穴トラップに落下した徘徊性昆虫類の頭数(2008年)

I:「畦間の雑草草生区」ブロッコリー単作, 自生する雑草により畦間を草生被覆.

II:「シロクローバ間作区」ブロッコリー単作, シロクローバを畦間に間作.

III:「草生・間作なし区」ブロッコリー単作, 畦間の雑草草生やシロクローバの間作なし.

図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す. 垂直線は標準誤差を示す (n=3).

数を図3-1-4に示した.「畦間の雑草草生区」と「シロクローバ間作区」は, ゴミムシ類, クモ類, ナナホシテントウがともに「草生・間作なし区」より多かった.「草生・間作なし区」にはゴミムシ類が認められなかった.

(2) 秋作ブロッコリー栽培に対する雑草草生の効果

各作物の草丈は, ブロッコリー定植時の9月上旬が, ブロッコリー16cm, 雑草11cm, シロクローバ10cmで,「畦間の雑草草生区」はブロッコリーの生育期間を通じて3回の刈り込みを行ったことから, シロクローバと同程度の15~20cmを常時維持した(図3-1-5).「畦間の雑草草生区」に自生した雑草の植被率は, 9月中旬以降, 収穫期まで75~100%を維持した(写真3-1-1下段). 雑草の草種は, 優占順に9月がメヒシバ, イヌビユ, ニシキソウ, カヤツリグサ, エノコログサであり, 10月がメヒシバ, イヌビユであっ

た(表3-1-2).

ブロッコリー1株当たりのハイマダラノメイガ幼虫の心葉への寄生頭数の推移を図3-1-6に示した. ハイマダラノメイガの寄生は, 定植から1ヵ月以内が最も多く, 以降徐々に減少した. 寄生頭数は「畦間の雑草草生区」と「シロクローバ間作区」が「草生・間作なし区」と比べて少なかった.

ブロッコリー収穫時の花蕾重と可販株率を図3-1-7に示した. 花蕾重は, 「シロクローバ間作区」が305gと最も重く, 「畦間の雑草草生区」が286gでこれに次いだ. 可販株率は, 「シロクローバ間作区」が74%と最も高く, 「畦間の雑草草生区」が61%でこれに次いだ. 「草生・間作なし区」は12%と低かった.

徘徊性昆虫類の落とし穴トラップへの落下頭数を図3-1-8に示した.「畦間の雑草草生区」のゴミムシ類が顕著に多かった.「草生・間作なし区」にゴミムシ類は認められなかった.

4. 考察

本試験結果から、キャベツ、ブロッコリー栽培で畦間を雑草草生とすることで、チョウ目害虫やダイコンアブラムシの被害が雑草草生を行わない裸地条件と比べて少なくなり、可販株率が高くなることが明らかとなった。また、その効果は、シロクローバを利用した場合と同程度になることが明らかとなった。

シロクローバの間作利用に関する研究例としては、海外の Wiech・Kalmuk (2004)⁷⁵⁾ や Theunissen ら (1992)⁶⁸⁾ が、キャベツ栽培で、チョウ目害虫の寄生数が少なくなることや結球の被害が軽減することを明らかにしている。また、雑草草生の効果については、Smith (1969)⁶⁵⁾ が、芽キャベツ栽培で周囲に雑草を生やすと、ダイコンアブラムシが減少することを報告しており、本試験結果とも一致している。

本試験圃場で発生した雑草の種類は、春作、秋作ともに季節を代表する畑地雑草であり、有機栽培を実践する農家圃場の草種ともほぼ同一であった。

畦間の雑草草生がシロクローバと同等の虫害軽減効果を示した理由は、雑草がアブラナ科野菜の生育を妨げない程度の適度な草丈を維持しながら畦間を覆うことで、チョウ目害虫やアブラムシが寄主作物に接近、侵入することを物理的に妨げるとともに、寄主作物が放出する化学物質の害虫への伝達を攪乱したものと推察される。一方、雑草草生を行っているキャベツ圃場で、多数のクモ類、ゴミムシ類、ナナホシテントウなどを確認しており、これらの昆虫類がチョウ目害虫やアブラムシを捕食し、害虫の発生密度を低減させていたとも推察できる。

また、本試験の秋作では、雑草を草生した圃場のゴミムシ類がシロクローバ間作圃場と比べて顕著に多く確認されたが、草種の違いによりブロッコリーの被害程度や可販株率に大差がなかったことから、雑草草生圃場で確認したゴミムシ類のす

べてが害虫に対して抑制的に働いたとするより、雑草草生がゴミムシ類に対してより生息しやすい環境を創出したと考えるのが妥当と思われる。Armstrong・Mckinlay (1997)¹³⁾ は、キャベツ圃場のオサムシ類がシロクローバ間作地より雑草繁茂地で多かったと報告しており、本試験と同様の傾向を示している。

今日まで、露地野菜を栽培している農家の多くが、圃場に発生する雑草を完全に防除することに努めてきた。しかし、雑草も作物の妨げにならない程度に生かした管理をすることで、本試験結果のように有効活用できることが明らかとなった。

雑草をはじめとした草生管理の虫害軽減以外の有効性や利点など、今後さらに解明していく必要があると考えられる。

第2節 春作キャベツ，秋作ブロッコリー栽培における ネギ類やレタス混作，シロクロバ間作効果

1. 緒言および目的

有機栽培を実現する上で、技術面の最も困難な課題が病害虫の回避である。特に、主要品目のアブラナ科野菜の栽培では、チョウ目害虫やアブラムシなどの被害に多くの農家が苦慮している。山梨県の有機栽培農家は、害虫の発生が少ない時期を中心とした連続作付けや、多品目野菜の同時作付けなどにより、虫害からの危険分散を図っている。また、圃場に発生する雑草の防除はせず、畦間部の刈り込み等により維持管理している。

本研究では、現地の栽培農家が実践し、経営的に有機栽培を成立させていると推測される諸々の要因の内、種類の異なる野菜の混作や草生を用いた間作に着目し、これが虫害軽減に対して有効であるかを検証することを目的とした。

混作や間作を利用した栽培法は、伝承農法として長い間行われてきたが、現代においてはデータに裏付けられた研究事例は乏しい現状である。間作については、海外における研究例として、Finch・Kienegger (1997)¹⁸⁾、Theunissenら (1992)⁶⁸⁾、Theunissen・Schelling (1996)⁶⁹⁾、Wiech・Kalmuk (2004)⁷⁵⁾が、キャベツなどアブラナ科野菜にクロバ類を間作することでチョウ目害虫の寄生頭数や卵数が減ると報告している。国内では、赤池ら (2004, 2009)^{5, 6)}が、キャベツ栽培でシロクロバを間作に用いた虫害軽減効果を実証しているが、異なる野菜を同時に作付けた混作についての研究例は殆どない。海外ではHooks・Johnson (2001, 2002)^{25, 26)}、Tukahirwa・Coaker (1982)⁷⁰⁾が、アブラナ科野菜とトウガラシ、トマトなど異種作物との混作試験を行なった報告など数例あるが、研究事例そのものが少なく、国内への適用効果も判然とし

ない。

そこで、本研究では山梨県の甲府盆地においてキャベツとブロッコリーを対象とした有機栽培で、害虫が寄生しにくく、これまで混作物として研究例がないネギ類やレタスを用い、シロクロバによる間作との組み合わせにより試験を行ない、混作や間作を組み合わせた栽培法が虫害軽減や生産性に及ぼす影響について試験を試みた。

2. 材料および方法

試験は、甲府盆地の北西部に位置する山梨県甲斐市（標高 315m）の総合農業技術センター内の有機栽培圃場（灰色低地土）において、2008年と2009年に春作キャベツと秋作ブロッコリーの各作型について行った。

(1) 春作キャベツの有機栽培

1) タマネギ，シロクロバとの混作，間作（試験1）

試験区はⅠ「タマネギ混作＋シロクロバ間作区」、Ⅱ「タマネギ混作＋間作なし区」、Ⅲ「混作なし＋シロクロバ間作区」、Ⅳ「混作なし＋間作なし区」の4区とした（写真3-2-1）。各区の配置は図3-2-1の試験1に、各作物の作付け体系および耕種概要は図3-2-2に示した。混作区はキャベツとタマネギを畦毎に交互作付けた。間作区はシロクロバを通路部の畦間に間作し、草丈が定植時に10cm程度、結球期～収穫期に20cm程度となるように管理した。間作なし区の畦間は裸地状態とした。いずれの区も総畦数は9畦で、無マルチ栽培で行った（以下、試験2～4共通）。試験規模は、1区120m²（12m×10m）とし、間作区と間作なし区がお互い12

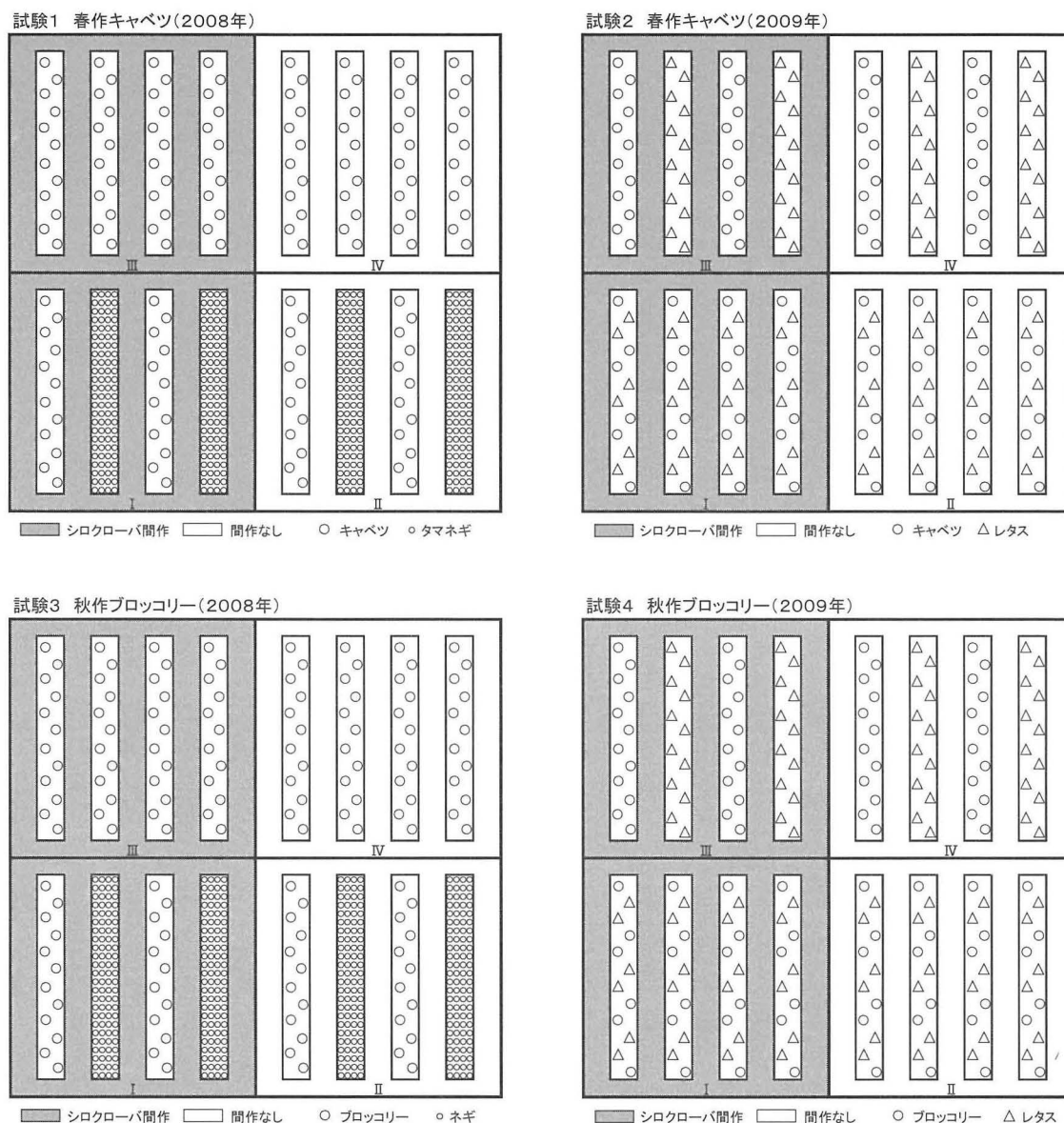


図3-2-1 各試験区の作付け配置図

m離れるよう設置した（以下，試験2～4共通）．各区ともにチョウ目害虫に対する最小限の防除として，有機JAS適合農薬のBT水和剤（エスマルクDF）を5月13日に1回散布した．

調査は，各作物の生育期間中の草丈を15日間隔で計測するとともに，キャベツ収穫時における結球の被害調査を，モンシロチョウ，タマナギンウワバ，ヨトウガ類などのチョウ目害虫とダイコ

ンアブラムシについて畦毎に各区50株行い，被害度として算出した．収穫球の内，調製した状態で結球重が1個あたり800g以上あり，虫害による食痕や汚れがない，あるいはある場合でも一部分であり，販売が認められるもの（チョウ目害虫とダイコアブラムシの被害程度がともに0，1以下）を可販球とし，可販株率で表した．結球重は畦毎に各区50個を計測した．

春作キャベツ

年度	8月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
2008年	キャベツ ○ ———— △ ———— □ タマネギ ○ ———— △ ———— □ シロクローバ ○ ———— ×											
2009年	キャベツ ○ ———— △ ———— □ レタス ○ ———— △ ———— □ シロクローバ ○ ———— ×											

○播種, △定植, □収穫, ×鋤込み

図3-2-2 キャベツと混作・間作作物の作付け体系

2008年	キャベツ(YR青春2号):播種2008/2/26, 定植4/2, 収穫5/29~6/2 タマネギ(O・P黄):播種2007/9/11, 定植11/7, 収穫2008/6/4 シロクローバ(フィア):播種2007/10/22, 刈り込み2008/5/1	栽植密度:4,167株/10a, 畦幅120cm(床幅60cm), 株間40cm, 2条千鳥植え 栽植密度:22,222株/10a, 畦幅120cm(床幅60cm), 株間15cm, 4条植え 播種量:種子1kg/10aを畦間部に幅15~20cmで散播し軽く耕耘
2009年	キャベツ(YR青春2号):播種2009/2/24, 定植4/3, 収穫6/2~3 レタス(サウザー):播種2009/2/24, 定植4/3, 収穫5/22~23 シロクローバ(フィア):播種2008/10/22, 刈り込み2009/4/30	栽植密度:4,167株/10a, 畦幅120cm(床幅60cm), 株間40cm, 2条千鳥植え 栽植密度:4,167株/10a, 畦幅120cm(床幅60cm), 株間40cm, 2条千鳥植え 播種量:種子1kg/10aを畦間部に幅15~20cmで散播し軽く耕耘

施肥(共通):牛ふんオガクズ堆肥, 発酵鶏ふん, 菜種油粕を配合した有機質肥料を用い, 窒素, リン酸, 加里の各成分量が20~20kg/10aとなるように畦施用。

秋作ブロッコリー

年度	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008年	ブロッコリー ○ ———— △ ———— □ ネギ ○ ———— △ ———— □ シロクローバ ○ ———— ×											
2009年	ブロッコリー ○ ———— △ ———— □ レタス ○ ———— △ ———— □ シロクローバ ○ ———— ×											

○播種, △定植, □収穫, ×鋤込み

図3-2-3 ブロッコリーと混作・間作作物の作付け体系

2008年	ブロッコリー(ハイツ):播種2008/8/4, 定植9/2, 収穫11/4~10 ネギ(十国一本太):播種2008/4/16, 定植6/10, 収穫11/7 シロクローバ(フィア):播種2008/6/20	栽植密度:4,167株/10a, 畦幅120cm(床幅60cm), 株間40cm, 2条千鳥植え 栽植密度:22,222株/10a, 畦幅120cm(床幅60cm), 株間15cm, 4条植え 播種量:種子1kg/10aを畦間部に幅15~20cmで散播し軽く耕耘
2009年	ブロッコリー(ハイツ):播種2009/8/3, 定植8/28, 収穫10/25~30 レタス(サウザー):播種2009/8/3, 定植8/28, 収穫10/5 シロクローバ(フィア):播種2009/6/3	栽植密度:4,167株/10a, 畦幅120cm(床幅60cm), 株間40cm, 2条千鳥植え 栽植密度:4,167株/10a, 畦幅120cm(床幅60cm), 株間40cm, 2条千鳥植え 播種量:種子1kg/10aを畦間部に幅15~20cmで散播し軽く耕耘

施肥(共通):牛ふんオガクズ堆肥, 発酵鶏ふん, 菜種油粕を配合した有機質肥料を用い, 窒素, リン酸, 加里の各成分量が20~20kg/10aとなるように畦施用。

2) レタス, シロクローバとの混作, 間作(試験2)

試験区はⅠ「レタス株混作+シロクローバ間作区」, Ⅱ「レタス株混作+間作なし区」, Ⅲ「レタス畦混作+シロクローバ間作区」, Ⅳ「レタス畦混作+間作なし区」の4区とした(写真3-2-2)。各区の配置は図3-2-1の試験2に, 各作物の作付け体系および耕種概要は図3-2-2に示した。いずれの4区ともキャベツとレタスを

混作した。同一畦内で株毎に交互に作付けしたものを株混作区とし, 畦毎に交互に作付けしたものを畦混作区とした。間作区のシロクローバは草丈が定植時に5cm程度, 結球期~収穫期に20cm程度となるように管理した。間作なし区の畦間は裸地状態とした。各区ともにチョウ目害虫に対する最小限の防除として, BT水和剤(エスマルクDF)を5月11日に1回散布した。

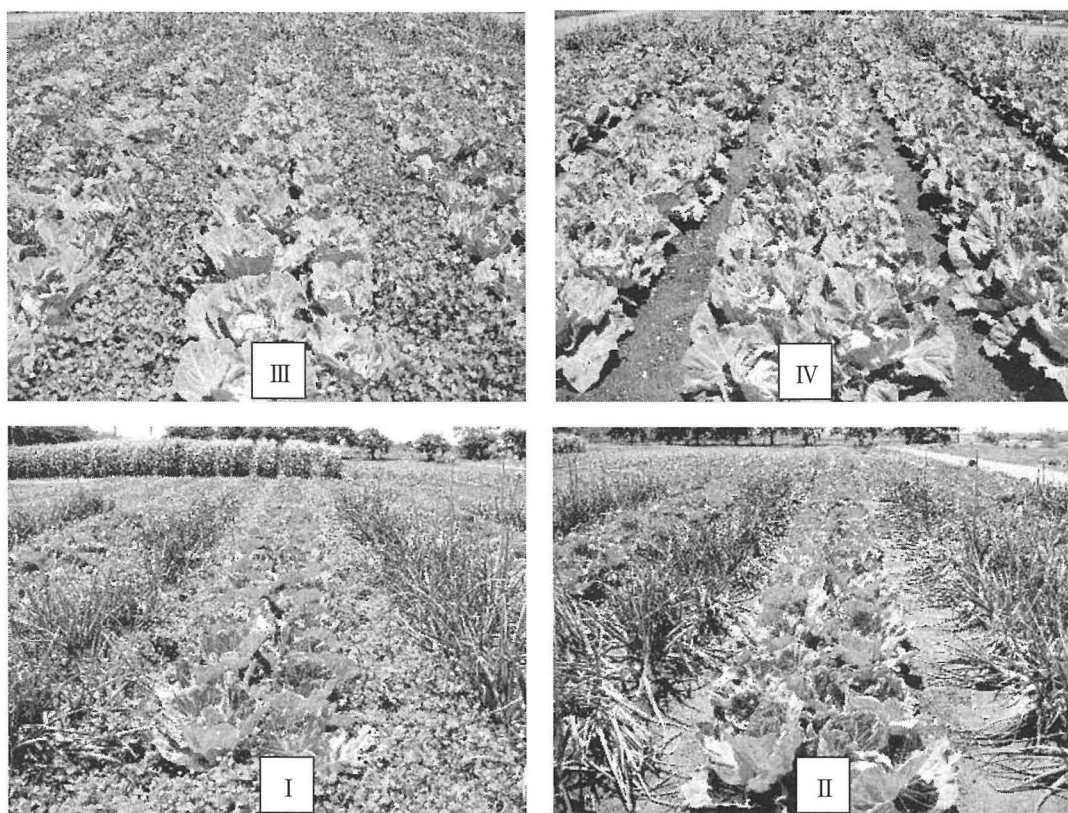


写真3-2-1 タマネギ混作, シロクローバ間作の組み合わせによる春作キャベツ圃場

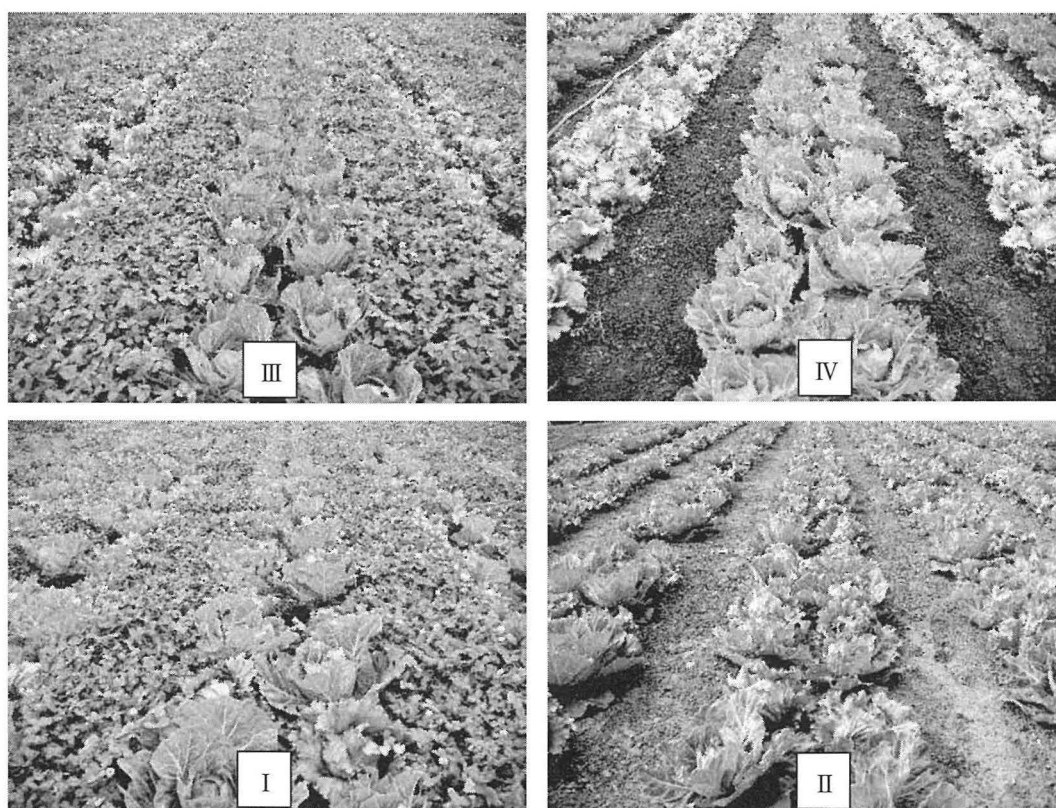


写真3-2-2 レタス混作, シロクローバ間作の組み合わせによる春作キャベツ圃場

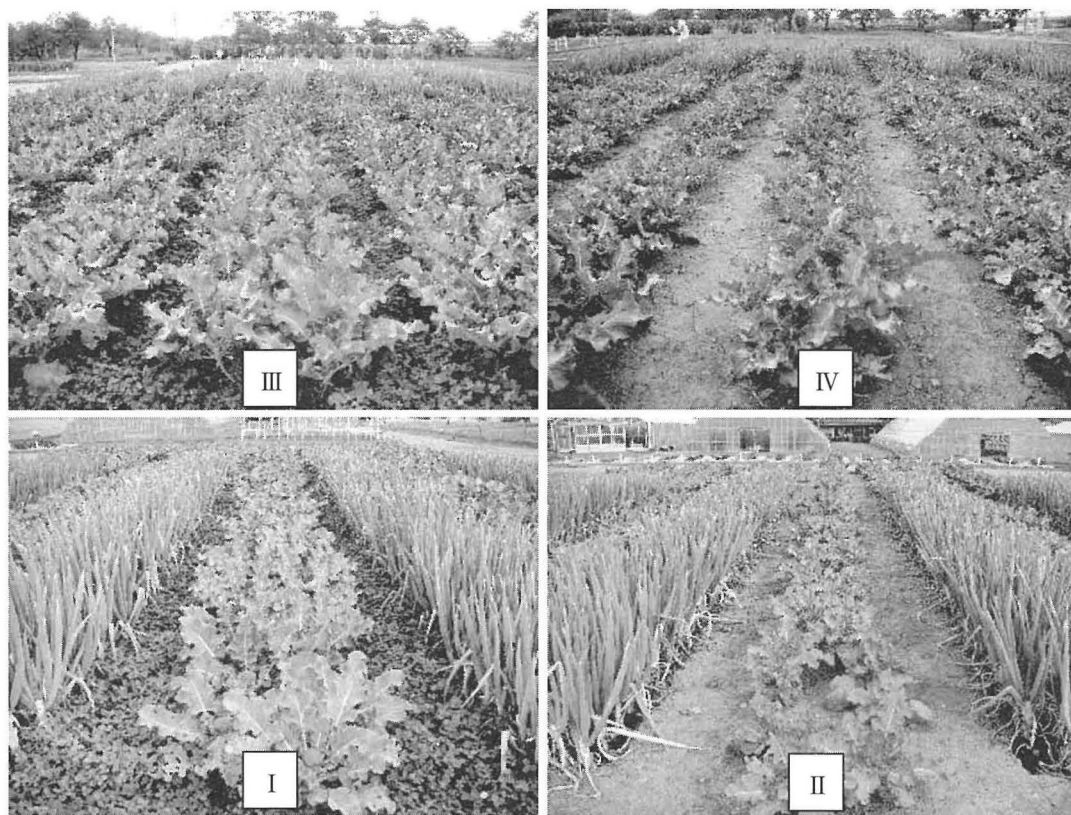


写真3-2-3 ネギ混作, シロクローバ間作の組み合わせによる秋作ブロッコリー圃場



写真3-2-4 レタス混作, シロクローバ間作の組み合わせによる秋作ブロッコリー圃場

各調査項目および調査方法は、試験 1 に準じた。また、キャベツ 1 株当たりのモンシロチョウの卵数、およびモンシロチョウ成虫のキャベツへの飛来行動について調査した。飛来調査は 2009 年 5 月 20 日（快晴）の 10:00 ～ 11:00AM に、モンシロチョウ成虫がキャベツに接近し、草丈より低い位置を飛翔し、滞在した時間および訪問回数を、1 頭当たり 30 秒間、各区 10 頭について計測した。

（2）秋作ブロッコリーの有機栽培

1）ネギ、シロクローバとの混作、間作（試験 3）

試験区はⅠ「ネギ混作+シロクローバ間作区」、Ⅱ「ネギ混作+間作なし区」、Ⅲ「混作なし+シロクローバ間作区」、Ⅳ「混作なし+間作なし区」の 4 区とした（写真 3-2-3）。各区の配置は図 3-2-1 の試験 3 に、各作物の作付け体系および耕種概要は図 3-2-3 に示した。シロクローバは草丈が定植時に 10cm 程度、花蕾の出蕾期～収穫期に 20cm 程度となるように管理した。BT 水和剤による防除は、ブロッコリー花蕾の生長や被害に大きく影響を及ぼす害虫がハイマダラノメイガのみであり、他のチョウ目害虫の寄生が花蕾の収穫に直接影響しないことから、各区ともに行わなかった。各調査項目および調査方法は、試験 1 に準じた。

また、ブロッコリー生育期間中のハイマダラノメイガ幼虫の寄生頭数を畦毎に各区 180 株について 10 日間隔で調査した。収穫した花蕾の内、長さ 16cm に調製した状態で、花蕾の直径が 10cm 以上あり、虫害がなく、販売が認められるものを可販株とし、可販株率で表した。花蕾重は畦毎に各区 50 個を計測した。

2）レタス、シロクローバとの混作、間作（試験 4）

試験区はⅠ「レタス株混作+シロクローバ間作区」、Ⅱ「レタス株混作+間作なし区」、Ⅲ「レタス畦混作+シロクローバ間作区」、Ⅳ「レタス畦混作+間作なし区」の 4 区とした（写真 3-2

-4）。各区の配置は図 3-2-1 の試験 4 に、各作物の作付け体系および耕種概要は図 3-2-3 に示した。ブロッコリーとレタスの混作方法は、試験 2 に準じた。シロクローバは草丈が定植時に 5 cm 程度、花蕾の出蕾期～収穫期に 20cm 程度となるように管理した。BT 水和剤による防除は、各区ともに行わなかった。各調査項目および調査方法は、試験 3 に準じた。

3. 結果

（1）春作キャベツの有機栽培

1）タマネギ、シロクローバとの混作、間作（試験 1）

各作物の草丈は、キャベツ定植時の 4 月上旬が、キャベツ 16cm、タマネギ 42cm、シロクローバ 13cm で、シロクローバの生育が一旦最盛となった 4 月下旬には、シロクローバの草丈は 28cm となりキャベツを上回った。シロクローバの刈り込み後、5 月下旬の収穫期までの間、キャベツの草丈はシロクローバに対して 10cm ほど高く維持した。タマネギは 74cm をピークに 5 月中旬に倒伏した（図 3-2-4）。

キャベツ収穫時の結球部の被害度を図 3-2-5 に示した。チョウ目害虫による被害度は、シロクローバを間作した 2 つの区が、間作しない 2 つの区より若干小さかった。ダイコンアブラムシによる被害度は、Ⅰ「タマネギ混作+シロクローバ間作区」、Ⅲ「混作なし+シロクローバ間作区」、Ⅱ「タマネギ混作+間作なし区」、Ⅳ「混作なし+間作なし区」の順に大きくなった。

キャベツ収穫時の結球重と可販株率を図 3-2-6 に示した。結球重は、シロクローバを間作した 2 つの区が 1 kg 程度となり、間作しない 2 つの区より重かった。可販株率は、Ⅰ「タマネギ混作+シロクローバ間作区」が 78% と最も高く、Ⅲ「混作なし+シロクローバ間作区」が 66%、Ⅱ「タマネギ混作+間作なし区」が 34%、Ⅳ「混作なし+間作なし区」が 0% となった。いずれの

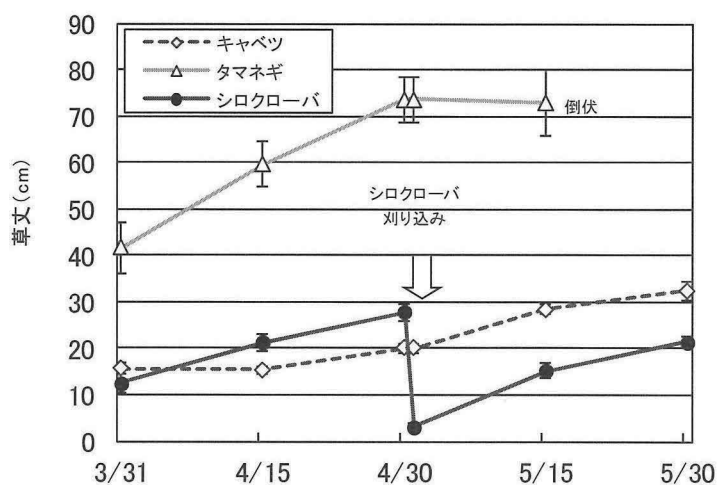


図3-2-4 タマネギ混作やシロクローバ間作を行ったキャベツ圃場における各作物の草丈推移(2008年)

図中の垂直線は標準偏差を示す(n=20)。

区もダイコンアブラムシの被害に大きく影響された。

混作に用いたタマネギは病害虫の被害はなく、球重 400 g 程度で 98% 以上の株を可販物として収穫した(データ略)。

徘徊性昆虫類の落とし穴トラップへの落下頭数を図3-2-7に示した。シロクローバを間作した2つの区が間作しない区と比べてクモ類、ナナホシテントウが多い傾向であった。

2) レタス, シロクローバとの混作, 間作(試験2)

各作物の草丈は, キャベツ定植時の4月上旬が, キャベツ 15cm, レタス 10cm, シロクローバ 4cm で, シロクローバの生育が一旦最盛となった4月下旬には, シロクローバの草丈は 21cm となりキャベツと同程度になった。シロクローバの刈り込み後, 5月下旬の収穫期までの間, キャベツの草丈はシロクローバより 10cm ほど高く維持し, レタスは同程度の高さを維持した(図3-2-8)。

キャベツ 1 株当たりのモンシロチョウ卵数の推移を図3-2-9に, 成虫のキャベツ飛来時の滞在時間を図3-2-10にそれぞれ示した。卵数は, I「レタス株混作+シロクローバ間作区」がキャベツの生育期間を通じて最も少なく, III「レタス畦混作+シロクローバ間作区」がこれに次いだ。IV「レタス畦混作+間作なし区」は, キャベツ外葉へのダイコンアブラムシの付着が特に甚だしく, 産卵可能な葉面積が限定されたと思われ, II「レタス株混作+間作なし区」との間で卵数に差は認められなかった。

モンシロチョウ成虫の延べ滞在時間は, シロクローバを間作した2つの区が同程度に短く, 間作しない2つの区が長かった。1訪問当たりの滞在時間は, IV「レタス畦混作+間作なし区」が, 他の3つの区と比べて4秒弱と長かった。

キャベツ収穫時の結球部の被害度を図3-2-11に示した。チョウ目害虫による被害度は, I「レタス株混作+シロクローバ間作区」, III「レタス畦混作+シロクローバ間作区」, II「レタス株

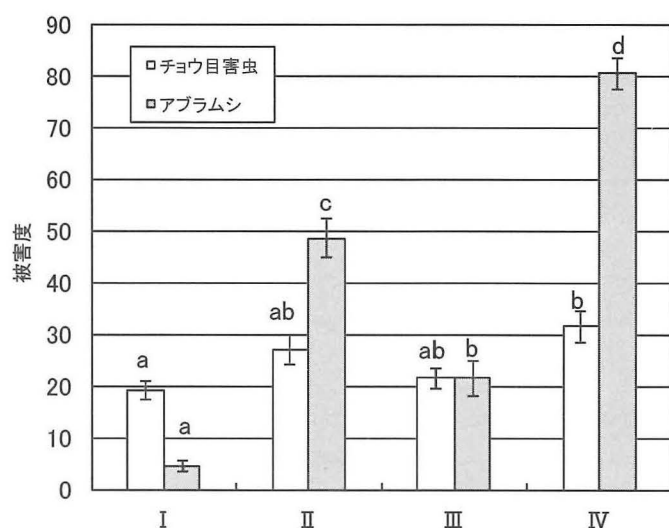


図3-2-5 キャベツ結球部のチョウ目害虫とアブラムシによる被害度(2008年)

I:「タネギ混作+シロクロハ間作区」キャベツとタネギを畦毎に交互作付け、シロクロハを畦間に間作。
 II:「タネギ混作+間作なし区」キャベツとタネギを畦毎に交互作付け、シロクロハの間作なし。
 III:「混作なし+シロクロハ間作区」タネギの混作なし、シロクロハを畦間に間作。
 IV:「混作なし+間作なし区」タネギの混作なし、シロクロハの間作なし。
 被害度 = $(1A + 2B + 3C + 4D) / 4n \times 100$ 。A, B, C, Dは被害程度の分類による各被害株数。
 nは調査株数(n=50)。
 被害程度の調査基準:
 [チョウ目害虫(モンシロチョウ、タネギ・ソウハ、ヨウガ類)] [アブラムシ(ダイコンアブラムシ)]
 0: 結球部に食害が認められない。 0: 結球部に寄生がなく葉の変色が認められない。
 1: 結球部にわずかに食害が認められる。 1: 結球部に寄生による葉の汚れがわずかに認められる。
 2: 結球部の1/4以下に食害が認められる。 2: 結球部の1/4以下に寄生による葉の汚れが認められる。
 3: 結球部の1/4~1/2に食害が認められる。 3: 結球部の1/4~1/2に寄生による葉の汚れが認められる。
 4: 結球部の1/2以上に食害が認められる。 4: 結球部の1/2以上に寄生による葉の汚れが認められる。
 図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。
 垂直線は標準誤差を示す(n=50)。

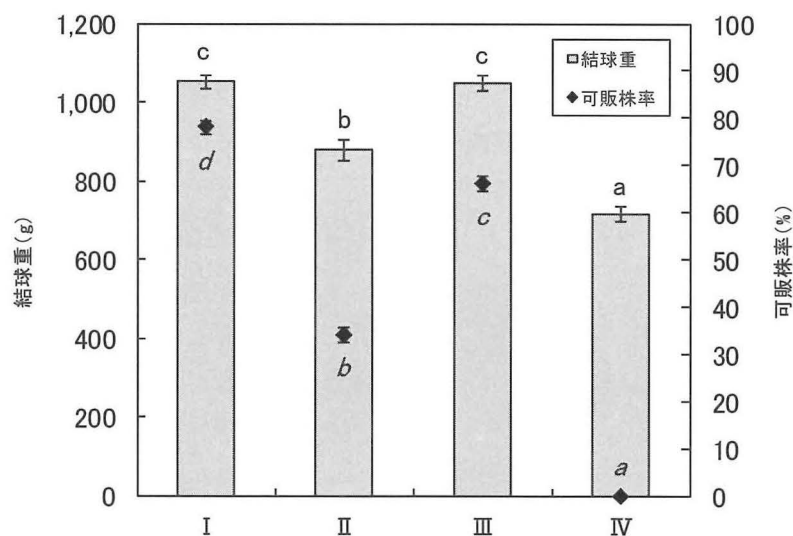


図3-2-6 タネギ混作やシロクロハ間作の有無がキャベツの結球重や可販株率に及ぼす影響(2008年)

I:「タネギ混作+シロクロハ間作区」キャベツとタネギを畦毎に交互作付け、シロクロハを畦間に間作。
 II:「タネギ混作+間作なし区」キャベツとタネギを畦毎に交互作付け、シロクロハの間作なし。
 III:「混作なし+シロクロハ間作区」タネギの混作なし、シロクロハを畦間に間作。
 IV:「混作なし+間作なし区」タネギの混作なし、シロクロハの間作なし。
 図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。
 垂直線は標準誤差を示す(n=50)。

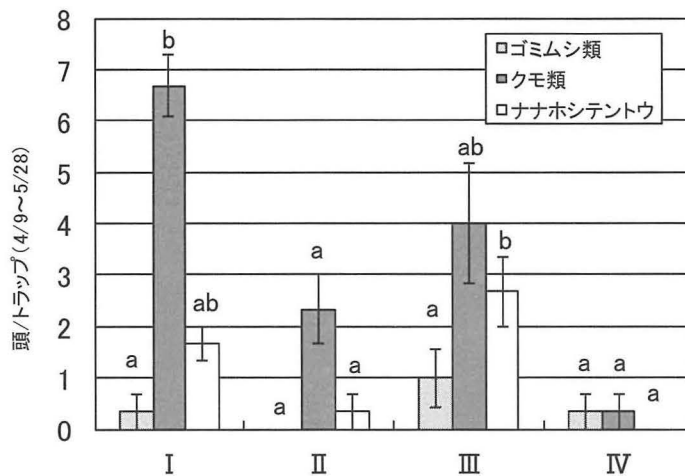


図3-2-7 タマネギ混作やシロクローバ間作を行ったキャベツ圃場における落とし穴トラップに落下した徘徊性昆虫類の頭数 (2008年)

I:「タマネギ混作+シロクローバ間作区」キャベツとタマネギを畦毎に交互作付け, シロクローバを畦間に間作。
 II:「タマネギ混作+間作なし区」キャベツとタマネギを畦毎に交互作付け, シロクローバの間作なし。
 III:「混作なし+シロクローバ間作区」タマネギの混作なし, シロクローバを畦間に間作。
 IV:「混作なし+間作なし区」タマネギの混作なし, シロクローバの間作なし。
 図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。
 垂直線は標準誤差を示す (n=3)。

混作+間作なし区」, IV「レタス畦混作+間作なし区」の順に大きくなった。ダイコンアブラムシによる被害度は, チョウ目害虫と同傾向であったが, 特にシロクローバを間作した2つの区が, 間作しない2つの区より小さかった (写真3-2-5)。

キャベツ収穫時の結球重と可販株率を図3-2-12に示した。結球重は, I「レタス株混作+シロクローバ間作区」が最も重く1kg程度となった。可販株率は, I「レタス株混作+シロクローバ間作区」が80%と最も高く, 次いでIII「レタス畦混作+シロクローバ間作区」が68%, II「レタス株混作+間作なし区」が38%, IV「レタス畦混作+間作なし区」が18%となった。可販株率はチョウ目害虫とダイコンアブラムシの被害に影響された。

混作に用いたレタスは病虫害の被害はなく, 結球重600g程度で98%以上の株を可販物として収穫した (データ略)。

徘徊性昆虫類の落とし穴トラップへの落下頭数を図3-2-13に示した。シロクローバを間作した2つの区が間作しない区と比べてクモ類, ナナホシtentウが多い傾向であった。シロクローバを間作しない2つの区は, ゴミムシ類が認められなかった。

(2) 秋作ブロッコリーの有機栽培

1) ネギ, シロクローバとの混作, 間作 (試験3)

各作物の草丈は, ブロッコリー定植時の9月上旬が, ブロッコリー16cm, ネギ59cm, シロクローバ10cm, 収穫時の11月上旬がそれぞれ58cm, 80cm, 20cmとなり, シロクローバの草丈はブロッコリー収穫までの生育期間中10~20cmを維持した (図3-2-14)。

ブロッコリー1株当たりのハイマダラノメイガ幼虫の心葉への寄生頭数の推移を図3-2-15に示した。寄生は, 定植から1ヵ月以内が最も多く, 以降徐々に減少した。処理区間では, シロクロー

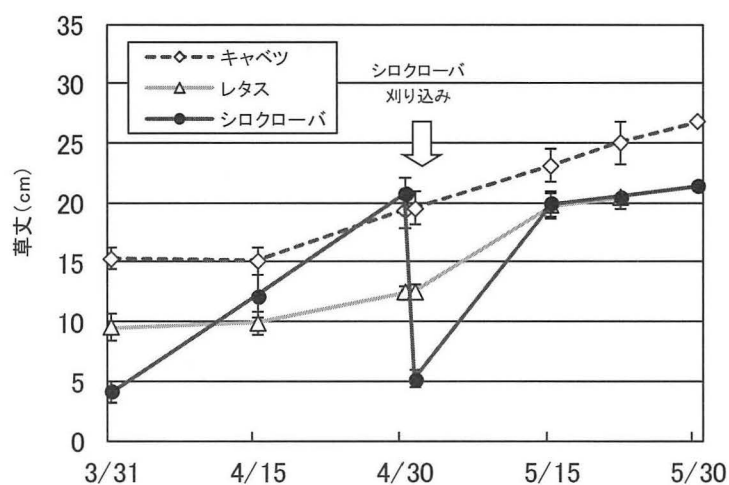


図3-2-8 レタス混作やシロクローバ間作を行ったキャベツ圃場における各作物の草丈推移(2009年)

図中の垂直線は標準偏差を示す (n=20)。

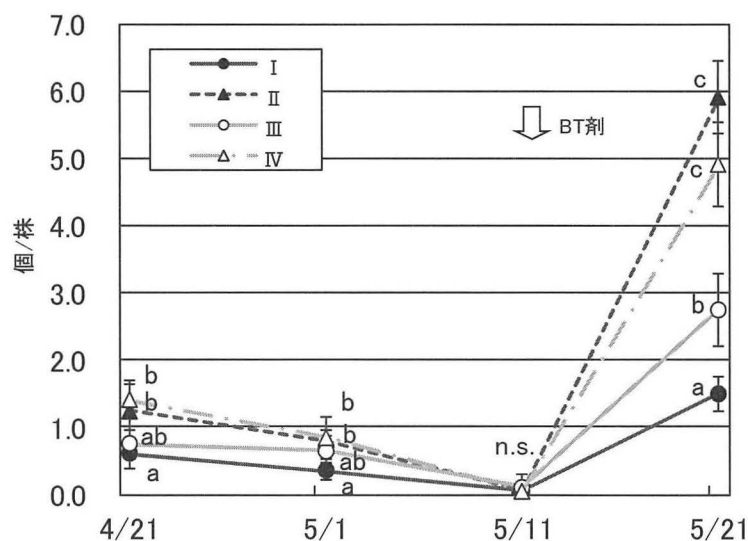


図3-2-9 キャベツ1株当たりのモンシロチョウの卵数(2009年)

I:「レタス株混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 II:「レタス株混作+間作なし区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 III:「レタス畦混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 IV:「レタス畦混作+間作なし区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。
 垂直線は標準偏差を示す (n=20)。

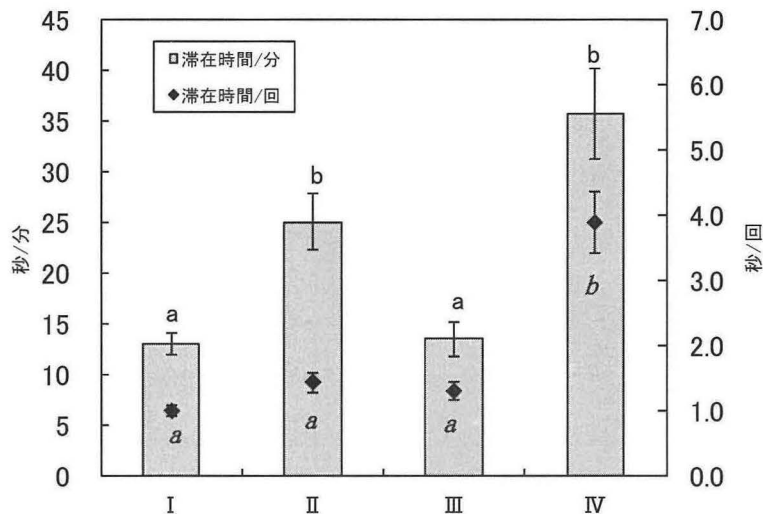


図3-2-10 モンシロチョウ成虫のキャベツ飛来時の滞在時間(2009年)

I:「レタス株混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 II:「レタス株混作+間作なし区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 III:「レタス畦混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 IV:「レタス畦混作+間作なし区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%(イタリック文字は1%)水準で有意差があることを示す(n=10)。垂直線は標準誤差を示す。

バを間作した2つの区が、間作しない2つの区より生育期間を通じて少なかった。ハイマダラノメイガの食害の有無によるブロッコリー花蕾の様子を示したのが写真3-2-6である。

ブロッコリー収穫時の花蕾重と可販株率を図3-2-16に示した。花蕾重は、シロクローバを間作した2つの区が260g程度となり、間作しない2つの区より重かった。可販株率は、I「ネギ混作+シロクローバ間作区」が76%と最も高く、次いでIII「混作なし+シロクローバ間作区」が68%、II「ネギ混作+間作なし区」とIV「混作なし+間作なし区」が9%台となった。

混作に用いたネギは病害虫の被害はなく、1本当たり320g程度で98%以上の株を可販物として収穫した(データ略)。

徘徊性昆虫類の落とし穴トラップへの落下頭数を図3-2-17に示した。ゴミムシ類はいずれの区も落下が認められたが処理間差はなかった。ク

モ類はシロクローバを間作しない2つの区で落下そのものが認められなかった。

2) レタス、シロクローバとの混作、間作(試験4)

各作物の草丈は、ブロッコリー定植時の8月下旬が、ブロッコリー12cm、レタス10cm、シロクローバ6cm、収穫時がそれぞれ51cm、24cm、18cmとなり、シロクローバの草丈はブロッコリー収穫までの生育期間中概ね10~20cmを維持した(図3-2-18)。

ブロッコリー1株当たりのハイマダラノメイガ幼虫の心葉への寄生頭数の推移を図3-2-19に示した。寄生は、試験3の結果と同様に、定植から1ヵ月以内が最も多く、以降徐々に減少した。処理区間では、シロクローバを間作した2つの区が、間作しない2つの区より生育期間を通じて少なかったが、間作しない2つの区間では、レタス株混作区が畦混作区より生育期間を通じて少な

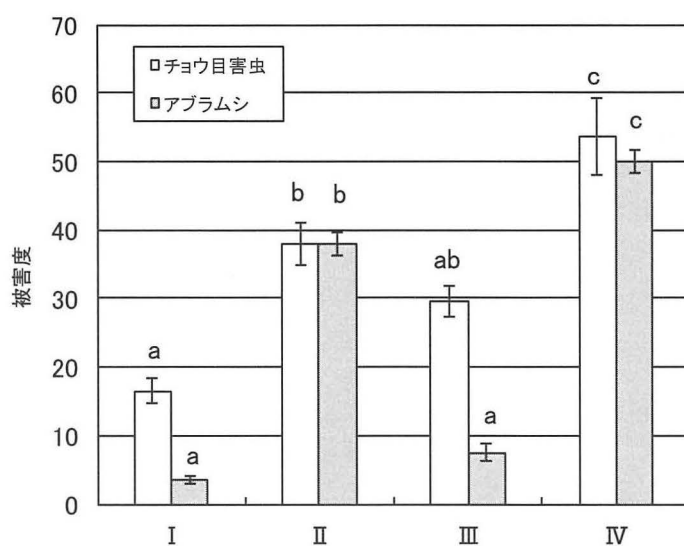


図3-2-11 キャベツ結球部のチョウ目害虫とアブラムシによる被害度 (2009年)

I:「レタス株混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 II:「レタス株混作+間作なし区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 III:「レタス畦混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 IV:「レタス畦混作+間作なし区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 被害度の算出方法は、図4に準ずる (n=50)。
 図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。
 垂直線は標準誤差を示す (n=50)。

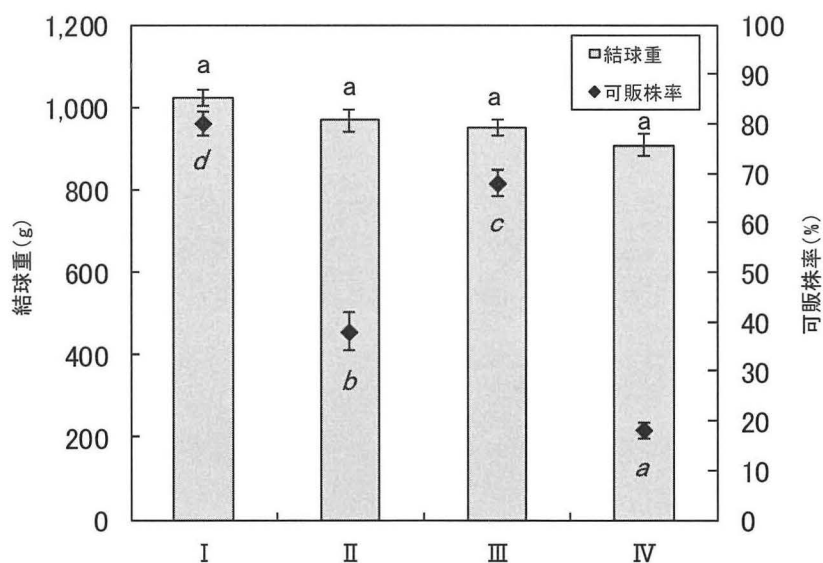


図3-2-12 レタスの混作方法の違いやシロクローバ間作の有無がキャベツの結球重や可販株率に及ぼす影響 (2009年)

I:「レタス株混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 II:「レタス株混作+間作なし区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 III:「レタス畦混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 IV:「レタス畦混作+間作なし区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。
 垂直線は標準誤差を示す (n=50)。

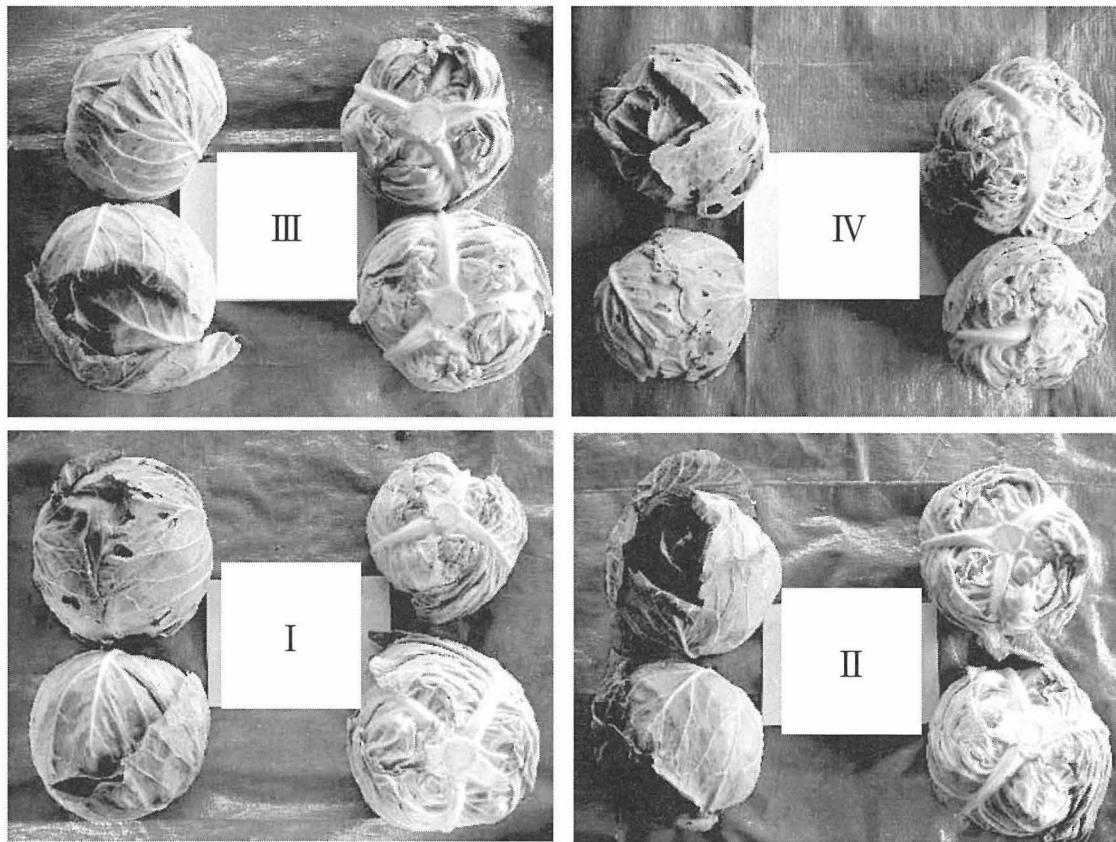


写真3-2-5 混作、間作の組み合わせの違いによる春作キャベツの結球状況

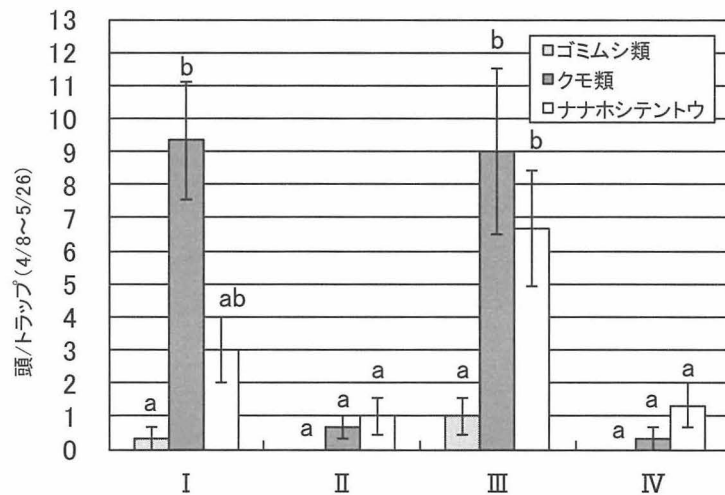


図3-2-13 レタス混作やシロクローバ間作を行ったキャベツ圃場における落とし穴トラップに落下した徘徊性昆虫類の頭数(2009年)

I:「レタス株混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 II:「レタス株混作+間作なし区」キャベツとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 III:「レタス畦混作+シロクローバ間作区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバを畦間に間作。
 IV:「レタス畦混作+間作なし区」キャベツとレタスを畦毎に交互作付け、シロクローバの間作なし。
 図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。
 垂直線は標準誤差を示す(n=3)。

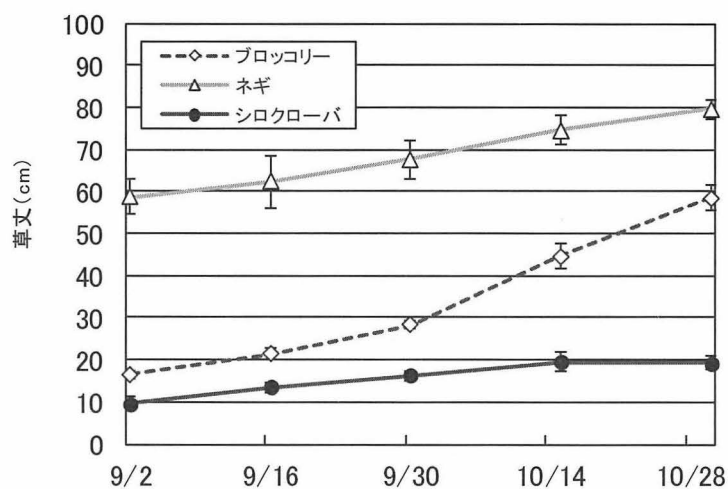


図3-2-14 ネギ混作やシロクローバ間作を行ったブロッコリー圃場における各作物の草丈推移(2008年)

図中の垂直線は標準偏差を示す (n=20)。

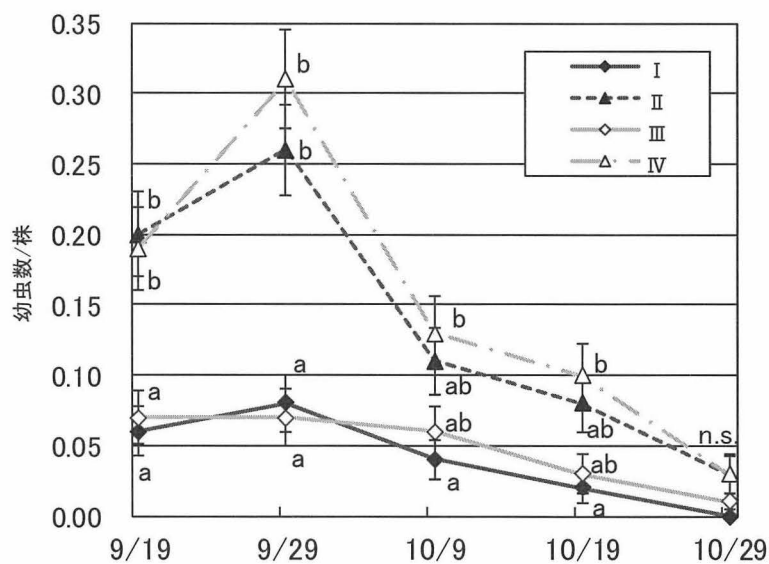


図3-2-15 ブロッコリー1株当たりのハイマダラノメイガ幼虫の寄生頭数(2008年)

I:「ネギ混作+シロクローバ間作区」ブロッコリーとネギを畦毎に交互作付け, シロクローバを畦間に間作.

II:「ネギ混作+間作なし区」ブロッコリーとネギを畦毎に交互作付け, シロクローバの間作なし.

III:「混作なし+シロクローバ間作区」ネギの混作なし, シロクローバを畦間に間作.

IV:「混作なし+間作なし区」ネギの混作なし, シロクローバの間作なし.

図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す. 垂直線は標準誤差を示す (n=180).

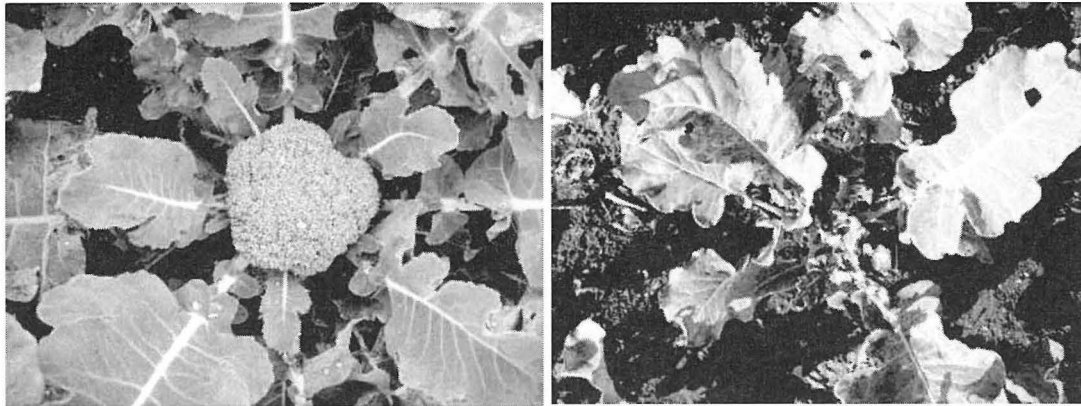


写真3-2-6 正常な花蕾(左)とハイマダラノメイガに心葉を食害されたブロッコリー(右)

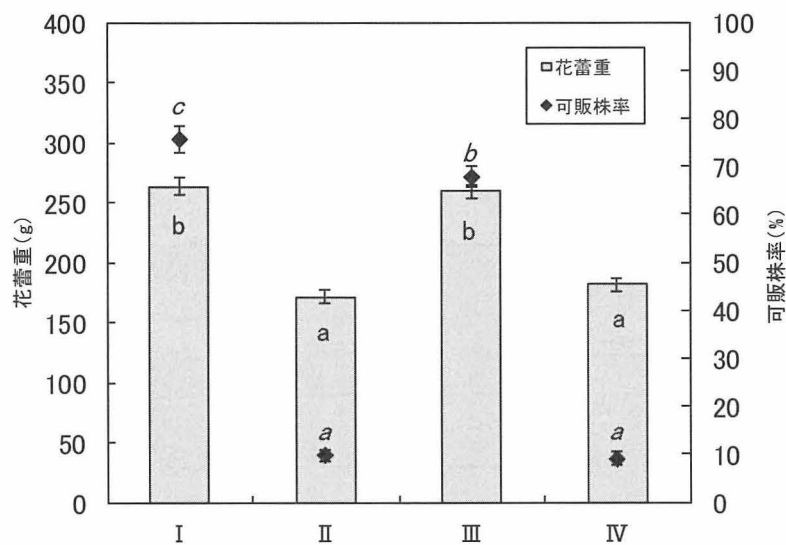


図3-2-16 ネギ混作やシロクロバ間作の有無がブロッコリーの花蕾重や可販株率に及ぼす影響(2008年)

I:「ネギ混作+シロクロバ間作区」ブロッコリーとネギを畦毎に交互作付け、シロクロバを畦間に間作。
 II:「ネギ混作+間作なし区」ブロッコリーとネギを畦毎に交互作付け、シロクロバの間作なし。
 III:「混作なし+シロクロバ間作区」ネギの混作なし、シロクロバを畦間に間作。
 IV:「混作なし+間作なし区」ネギの混作なし、シロクロバの間作なし。
 図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。
 垂直線は標準誤差を示す(n=50)。

かった。

ブロッコリー収穫時の花蕾重と可販株率を図3-2-20に示した。花蕾重は、I「レタス株混作+シロクロバ間作区」が316gと最も重く、IV「レタス畦混作+間作なし区」が215gと最も軽かった。可販株率は、I「レタス株混作+

シロクロバ間作区」が67%と最も高く、次いでIII「レタス畦混作+シロクロバ間作区」が61%、II「レタス株混作+間作なし区」が25%、IV「レタス畦混作+間作なし区」が12%となった。

混作に用いたレタスは病害虫の被害はなく、結球重600g程度で96%以上の株を可販物として

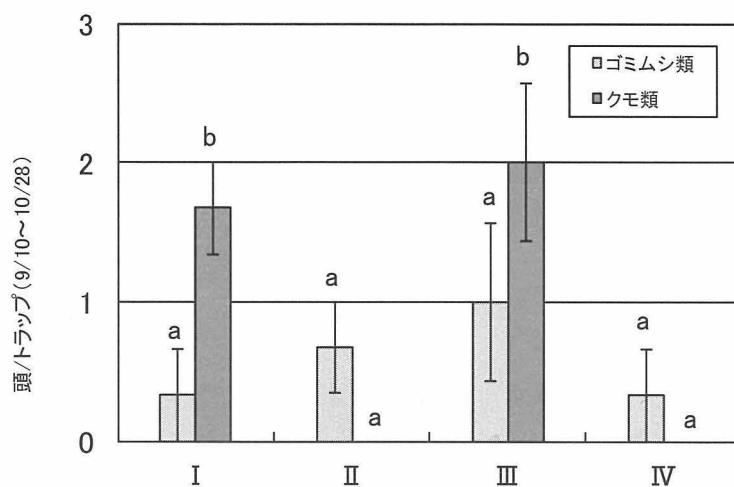


図3-2-17 ネギ混作やシロクローバ間作を行ったブロッコリー圃場における落とし穴トラップに落下した徘徊性昆虫類の頭数(2008年)

図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。垂直線は標準誤差を示す (n=3)。

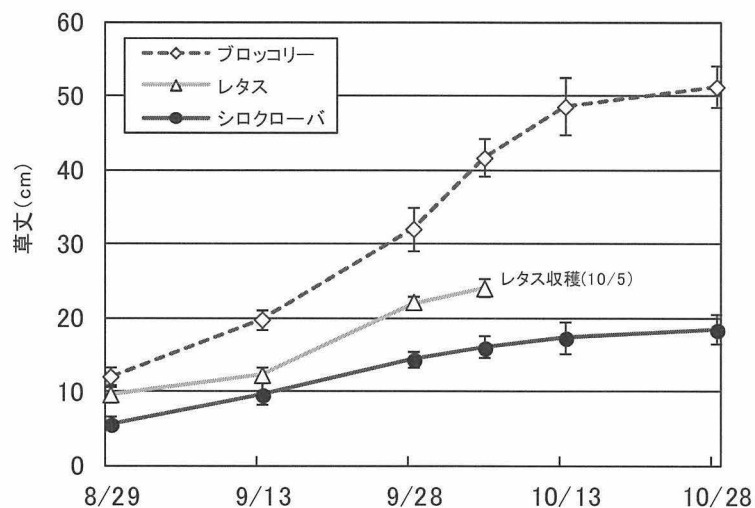


図3-2-18 レタス混作やシロクローバ間作を行ったブロッコリー圃場における各作物の草丈推移(2009年)

図中の垂直線は標準偏差を示す (n=20)。

収穫した (データ略)。

徘徊性昆虫類の落とし穴トラップへの落下頭数を図3-2-21に示した。ゴミムシ類はいずれの

区も落下が認められたが大きな処理間差はなかった。クモ類はシロクローバを間作した2つの区が間作しない区と比べて多い傾向であった。

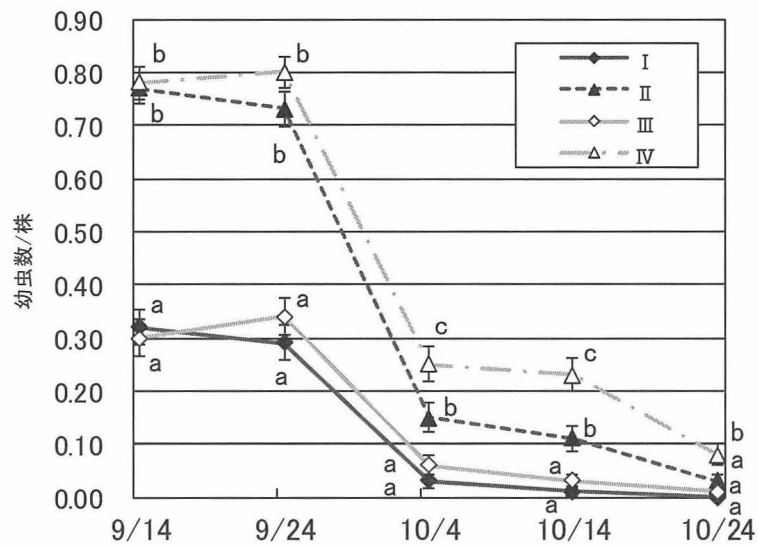


図3-2-19 ブロッコリー1株当たりのハイマダラノメイガ幼虫の寄生頭数(2009年)

I:「レタス株混作+シロクロハ間作区」ブロッコリーとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け, シロクロハを畦間に間作.
 II:「レタス株混作+間作なし区」ブロッコリーとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け, シロクロハの間作なし.
 III:「レタス畦混作+シロクロハ間作区」ブロッコリーとレタスを畦毎に交互作付け, シロクロハを畦間に間作.
 IV:「レタス畦混作+間作なし区」ブロッコリーとレタスを畦毎に交互作付け, シロクロハの間作なし.
 図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す.
 垂直線は標準誤差を示す(n=180).

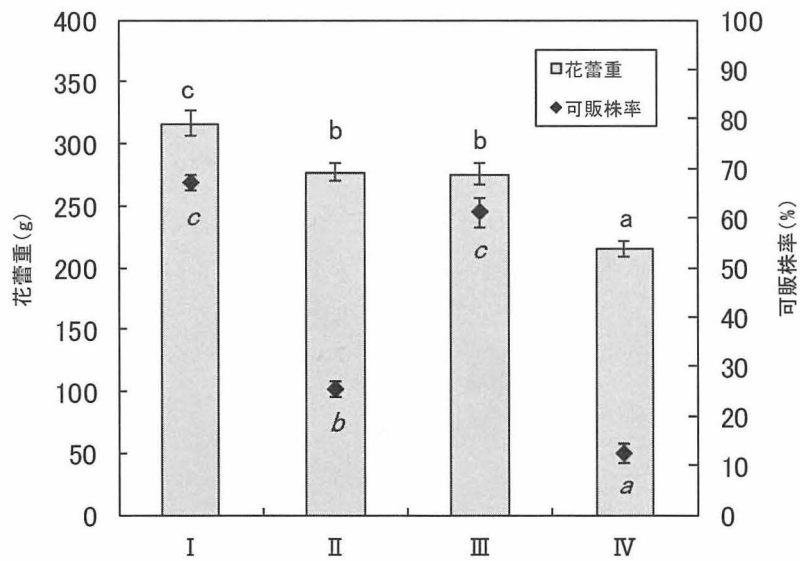


図3-2-20 レタスの混作方法の違いやシロクロハ間作の有無がブロッコリーの花蕾重や可販株率に及ぼす影響(2009年)

I:「レタス株混作+シロクロハ間作区」ブロッコリーとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け, シロクロハを畦間に間作.
 II:「レタス株混作+間作なし区」ブロッコリーとレタスを同一畦内で株毎に交互作付け, シロクロハの間作なし.
 III:「レタス畦混作+シロクロハ間作区」ブロッコリーとレタスを畦毎に交互作付け, シロクロハを畦間に間作.
 IV:「レタス畦混作+間作なし区」ブロッコリーとレタスを畦毎に交互作付け, シロクロハの間作なし.
 図中の異なる英字の間には, Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す.
 垂直線は標準誤差を示す(n=50).

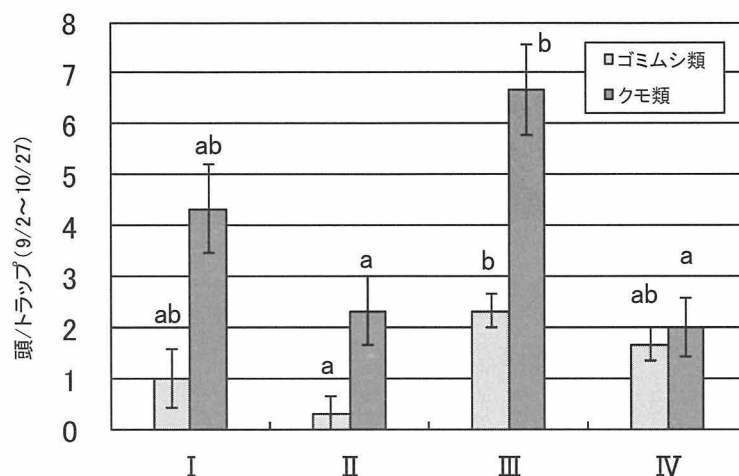


図3-2-21 レタス混作やシロクロバ間作を行ったブロッコリー圃場における落とし穴トラップに落下した徘徊性昆虫類の頭数(2009年)

図中の異なる英字の間には、Tukeyの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。垂直線は標準誤差を示す(n=3)。

4. 考察

本試験結果から、キャベツ、ブロッコリーともにシロクロバによる間作、ネギ類やレタスとの混作によってチョウ目害虫やダイコンアブラムシの被害が混作や間作を行わない場合と比べて少なくなり、可販株率が高くなることが明らかとなった。レタスとの混作では、キャベツ、ブロッコリーともに株毎の交互作付けが、畦毎の作付けと比べて、虫害軽減に対する効果が大きくなることが明らかとなった。また、混作と間作とでは、間作がより虫害軽減に対して大きい効果を示すことも明らかとなった。

これらの結果は、春作キャベツ、秋作ブロッコリーと作型や作物の種類、対象害虫が異なる場合でも同傾向であったことから、混作や間作を利用した栽培法の有効性が実証できたものと考えられる。

キャベツなどアブラナ科野菜の栽培で、クローバ類を間作に利用した研究例は海外によるものが殆どである。Finch・Kienegger (1997)¹⁸⁾は、アブラナ科野菜の栽培でクローバ類を間作する

と、モンシロチョウなど8種類の害虫の産卵数が裸地条件より少なくなり、中でもダイコンアブラムシが顕著であると報告している。Wiech・Kalmuk (2004)⁷⁵⁾は、キャベツ栽培でシロクロバを利用することでヨトウガの幼虫数が少なくなることを報告している。Theunissenら (1992)⁶⁸⁾、Theunissen・Schelling (1996)⁶⁹⁾は、キャベツ栽培でシロクロバなど数種のクローバ類を間作することで、ヨトウガやコナガなどの被害が少なくなり、結球重はやや軽くなるが、可販率や可販収量は裸地条件より多くなると報告している。

これらクローバ類を間作に用いた研究例は、いずれも本試験結果と一致するものであり、筆者らがこれまで報告してきた研究結果(赤池ら 2004, 2009)^{5, 6)}とも一致する。

また、異なる作物を組み合わせた混作に関する研究例としては、Hooks・Johnson (2001, 2002)^{25, 26)}が、ブロッコリーを、トウガラシやトマト、シナガワハギと混作した試験で、収穫を目的としないマメ科草本のシナガワハギとの混

作で、モンシロチョウの幼虫数、ウワバ類の産卵・幼虫数が最も減ることや、花蕾の生産性を低減させないことを報告している。Tukahirwa・Coaker (1982)⁷⁰⁾ は、アブラナ科野菜と異種作物を混作すると、ダイコンアブラムシの発生を抑制すると報告している。

本試験では、アブラナ科野菜にネギ類やレタスなどを混作した場合、間作のみの場合と比べて、より虫害が軽減したことから、収穫を目的とした異種作物の同時作付けの有効性が示された。また混作方法も、レタスの株毎の交互作付けが、より有効であったことから、圃場の作付け様式をより複雑化することが、生産性を確保する上で重要な要件であると考えられた。

混作や間作を利用することで虫害が軽減する仕組みは、圃場内の空間構成の複雑化により害虫の寄主作物への集中を抑制する「資源集中仮説」(Root 1973)⁵⁸⁾ と、土着天敵の温存による「天敵仮説」が有力な候補として挙げられている(大串 1987)⁵²⁾。

資源集中仮説の具体的な作用をまとめた Finch (1996)¹⁷⁾ は、次の5つの作用、①物質的な干渉・障害、②視覚的なカモフラージュ、③匂いによる寄主作物の覆囲、④根などから浸出する物質による生理的変化、⑤化学物質による忌避・抑止効果によって虫害が軽減するとしている。

本試験で用いたネギ類やレタス、シロクローバも、害虫が寄主作物であるキャベツやブロッコリーに近づこうとする際の物理的な妨げや攪乱作用を担ったものと考えられる。キャベツ、レタス、シロクローバを組み合わせた本試験圃場では、キャベツへのモンシロチョウの訪問時間や卵数が少なくなったこと、特に間作を行なうと、行なわない場合と比べて延べ滞在時間が短くなったこと、また間作を行なわない場合でも、レタスを株毎に混作することで、畦毎の混作と比べて1訪問当りの滞在時間が短くなったことから、産卵を目的としたキャベツへの接近に対する忌避・抑制

効果が認められる結果となった。これは、間作に用いたシロクローバが、アブラナ科野菜の生育を妨げない程度の適度な草丈を維持しながら畦間を覆ったため、チョウ目害虫が寄主作物の外葉裏側や心葉付近に侵入にくく、産卵を目的とする飛翔行動を物理的に妨げるとともに、寄主作物が出す化学物質の害虫への伝達を攪乱したものと推察される。この作用は、ネギ類やレタスを寄主作物の近くに配置することによって、さらに助長されたものと考えられる。

モンシロチョウはキャベツを好んで飛来するが、含有成分カラシ油配糖体の一つシニグリンが産卵刺激物質としてキャベツから揮発しているからとされている(池浦ら 2005)²⁷⁾。混作作物として作付けしたレタスは有機化合物のセスキテルペンラクトン類、中でも特に苦みに貢献しているラクチュコピクリンを成分として含有していること(Seo ら 2009)⁶¹⁾、同様に混作作物のネギ属は香気成分としてニンニク寄りのアリシンやジアリルジスルフィド、タマネギ寄りのプロフィルプロパンチオスルフィネートを含有している(水谷ら 1979)³⁹⁾ ことが知られている。モンシロチョウはこれらの物質を揮発する作物を避けながら飛翔することから、混作作物の作付けによって、そこから発せられる化学物質がチョウ目害虫の寄主作物キャベツへの接近・到達を妨げ、忌避作用を働かせたと考えられる。

チョウ類の色覚には青、緑、赤、紫外線の4つの視細胞が関与していること(蟻川 2009)¹²⁾、モンシロチョウが花種選択など採餌行動に視覚と嗅覚を用いるが、視覚がより重要であること(大村 2000)⁵³⁾ が明らかになっている。池浦・早田(2006)²⁸⁾ は、通常モンシロチョウは視覚で寄主作物のキャベツを探索すること、目視できない場合は嗅覚を用い、キャベツとレタスの両者がある場合は、視覚による区別が難しいことを明らかにした。また、モンシロチョウはキャベツとレタスでは100%：0%と一方的にキャベツを選ぶが、

嗅覚を排除した場合、両植物体は認識できるがキャベツを識別できない（池浦・早田 2011）²⁹⁾と報告している。これらはいずれも室内実験による研究報告であるが、本試験で用いたレタスやシロクローバなど混作、間作作物が、モンシロチョウのキャベツ接近・到達を攪乱する視覚的なカモフラージュ作用を働かせたことを裏付けるものである。

また、本試験のキャベツ栽培で、シロクローバを間作することでチョウ目害虫と並ぶ主要害虫であるダイコンアブラムシの被害が大きく抑えられたことは、寄主作物と同程度に草丈を維持したシロクローバが物理的な障壁となり、アブラムシを付着しにくくしたものと考えられ、間作作物による物質的な遮断作用が働いたといえる。

一方、ブロッコリー栽培でもシロクローバによる物理的な障壁効果やカモフラージュ効果などがあったと考えられる。これは、間作を行った区のハイマダラノメイガ幼虫の寄生頭数が定植直後から顕著に少なかったこと（図3-2-15, 図3-2-19）、また本種が孵化後に心葉内部に侵入する性質を持ち、クモ類などの天敵に捕食されにくいことから、草丈10～20cmに維持されたシロクローバの物質的な遮断作用によってハイマダラノメイガの産卵行動そのものを抑制させたと考えられる。

また、視覚的なカモフラージュ効果の働きも考慮に入れる必要がある。近年、夜行性の蛾類がチョウ類と同様に緑色の色彩や程度を識別できること、味覚や嗅覚よりも視覚刺激を優先する場合があることなどが明らかにされており（Yasuiら 2006）⁸⁰⁾、シロクローバの存在がハイマダラノメイガなど夜蛾の、夜間における寄主作物ブロッコリーの発見・識別を攪乱させたことも十分考えられる。

以上は資源集中仮説に基づく推論であるが、土着天敵が害虫の発生を抑制し被害を軽減させているとする天敵仮説からも考察することができる。

Suenaga・Hamamura (2001)⁶⁶⁾は、ゴミムシ類がキャベツ圃場で貪欲な捕食活動を行うこと、根本 (1995)⁴⁴⁾や安富ら (1993)⁸¹⁾は、クモ類が同様にキャベツ圃場でコナガなどを捕食すること、またその捕食量をそれぞれ報告している。本試験では、シロクローバの間作圃場で、多数のクモ類、ゴミムシ類、ナナホシテントウなどを確認しており、赤池ら (2004, 2009)^{5, 6)}のシロクローバを間作に用いた試験でも同様の結果を得ていることから、これらの昆虫類がチョウ目害虫やアブラムシを捕食し害虫の発生密度を低減させていたと考えられる。

これらの土着天敵が寄主作物の対象害虫に対してすべて抑制的に作用しているとは考えにくい。資源集中仮説と天敵仮説は、圃場レベルでは、相互に作用しながら補完し合っている（Russell 1989）⁵⁹⁾と考えるのが適切であり、本試験結果も、作用の大きさの違いはあれ両説が互いに働いたと考えるのが妥当であろう。

混作や間作を用いた栽培法は、生産性や均一性を重点的に追求してきた近代農法と比較すると、害虫の発生予察や各作物の生育特性に応じた作付け計画が必要なことなど、より観察力や対応力が求められる。しかし、本試験結果や海外における研究事例が示すとおり、作物の被害を軽減させ、安定生産に大きく寄与できる。

農薬や化学肥料に大きく依存しない持続的な農業生産を図る上で、また生物多様性の保全という観点からも、本研究で示した栽培法の有効性や普遍性が示されたものと考えられる。

第3節 夏秋キュウリ栽培におけるニガウリ混作効果

1. 緒言および目的

山梨県では八ヶ岳南面に位置する北杜市を中心に野菜の有機栽培が盛んで、1戸当り2ha以上の圃場を有し、多品目の野菜を年間を通じて作付けしている。葉根菜類などは、害虫の少ない春期や秋期に作付けを行うなどの危険分散や、混作や畦間草生を利用した虫害軽減策（赤池ら 2004, 2009, 2011）^{5, 6, 7)} など、ある程度講じることができる。一方、果菜類の多くは、栽培期間が長く猛暑や台風、病虫害の多発など栽培環境が不安定な夏期に生産することから、化学農薬による防除を行わない有機栽培は難易度が特に高い。

夏期の主要品目の一つに夏秋キュウリがあるが、同時期に作付けされる野菜にニガウリが挙げられる。先進的な有機栽培農家は、伝承的あるいは経験的な判断から、多くの病虫害に対して忌避作用があるといわれているニガウリをキュウリに隣接して作付けるなど工夫をしている。ニガウリの葉が、チョウ目害虫、ウリハムシ、アブラムシ類など多種害虫に対する摂食阻害や寄生阻害を起こさせる成分を含むこと、またその成分物質がトリテルペン配糖体のモモルディシンⅡであることなどが、Abe・Matsuda(2000)¹⁾、Danielら(2002)¹⁶⁾、篠田ら(1994)⁶³⁾、篠田・松井(1991)⁶²⁾、安居ら(1996)⁷⁹⁾によって示されている。また、ニガウリの葉や果実がウイルスや細菌などに対する抗菌物質を有することなども明らかにされている（中村 1988⁴³⁾、鎌田ら 2009³⁰⁾）。しかし、これらの作用が実際の圃場レベルで、栽培上効果を示した報告はない。

混作や障壁を用いた研究例としては、足達・小路(2008)²⁾が、東アフリカで同一圃場内に誘引作用を持つおとり作物と忌避作用を持つ作物を組み合わせるとウモロコシの虫害軽減を図ろうと

する試みを報告している。また、永井・飛川(2010, 2011)^{41, 42)}は、景観植物を誘引植物としてトマトと混植することで、白ぶくれ症の原因となるヒラズハナアザミウマの1花当り成虫数が減少することを報告している。

本研究では、夏秋キュウリを安定生産することを目的に、キュウリと同様、支柱とネットを用いて栽培するニガウリを供試して、混作の有無や混作方法の違いがキュウリの収量性や病虫害発生へ及ぼす影響を明らかにした。

2. 材料および方法

試験は、甲府盆地の北西部に位置する山梨県甲斐市（標高 315m）の総合農業技術センター内の有機栽培圃場（灰色低地土）において、2010年から2012年にかけて、露地の夏秋キュウリの作型で行った。有機質肥料のみを用い、化学農薬は使用しなかった。供試品種は、キュウリがうどんこ病への耐病性を有し、猛暑期でも強い草勢を維持できる‘光望’を、ニガウリが‘節成中長ゴーヤー太陽’を用いた（以下、試験1～3共通）。各混作の組み合わせの様子を写真3-3-1に、キュウリの主要病虫害を写真3-3-2に示した。

（1）ニガウリとの交互混作

（試験1：2010年）

試験区は、試験1-I「ニガウリ交互混作区」と、対照区の1-II「混作なし区」の2区とした。各区の配置は図3-3-1の試験1に示した。試験規模は、1区当り72株（6畦×12株）、面積が140m²（14m×10m）で、各区がそれぞれ5m離れ、全ての畦が風向きに対して同方向になるように設置した（以下、試験2, 3共通）。キュウリ生育期間中の主な風向きを図3-3-1に矢

印で示したが、南または南南東からの風が全体の約 77% を占め、それ以外は反対方向の北または北北西の風であった。また風速(図 3-3-2)は、概ね 2.0m/s 未満の弱い風であった(風向き、風速ともに 2010 ~ 2012 年平均)。

1-I 「ニガウリ交互混作区」はキュウリとニガウリを 6 株ずつ交互作付けし、畦間(通路)を裸地とした。1-II 「混作なし区」はキュウリ単作とし、畦間を裸地とした。

各作物の耕種概要は次のとおりである。キュウリとニガウリは 2010 年 6 月 14 日に播種し、7 月 2 日に定植した。キュウリ、ニガウリともに支柱を用いたネット栽培とし、整枝法はキュウリが子づる 2 節摘心、ニガウリが子づる・孫づる放任とした。栽植密度はともに畦幅 200cm(床幅 80cm, 通路 120cm), 株間 60cm の 1 条植えて 833 株/10a とした。肥料は、牛ふんオガクズ堆肥、菜種油粕、発酵鶏ふん、かき殻石灰を用いて、各成分量が $N-P_2O_5-K_2O=25-25-25$ (kg/10a) となるように、全量基肥で施用した。定植床には白黒ダブルマルチを使用した(以下、試験 2, 3 共通)。

調査は、対象作物であるキュウリの収量性と病害虫の発生状況について行った。収量は、キュウリ果実に傷がなく曲がり角が 2 cm 以内で、1 本 80 ~ 120g のものを上物とし、生育期間中の総上物重量を計量するとともに、総収穫重量に対する上物重量割合である上物率を算出した。収量調査は、各区 6 畦の内、外側を除く 4 畦について畦毎に行った。なお、収量はキュウリ 1 株当たり重量で示すこととした。これは、有機栽培農家の多くが広い耕地面積を利用して疎植栽培(耕種的防除の一環)を行う傾向にあり、単位面積当たり収量より栽植株当たりの収量性を重視していること、また本試験では混作の効果を確認しやすいことによる。病害虫は、キュウリの主要病害のべと病、炭疽病、うどんこ病、主要虫害のアブラムシ類、ウリハムシを対象に、各区 6 畦の内、外側を

除く 4 畦について 9 月 6 日に各畦 40 葉を調査し、病害については発病葉率と発病度を、虫害についてはアブラムシが寄生葉率と寄生度、ウリハムシが食葉率と食葉度としてそれぞれ算出した。病害虫発生の詳細は表 3-3-1 に記載した。

(2) ニガウリの両端混作

(試験 2 : 2011 年)

試験区は、試験 2-I 「ニガウリ両端混作区」と、対照区の 2-II 「混作なし区」の 2 区とした。各区の配置は図 3-3-1 の試験 2 に示した。2-I 「ニガウリ両端混作区」はキュウリ畦の前後にニガウリを 1 株ずつ作付け、畦間は裸地とした。2-II 「混作なし区」は試験 1 に準じた。

キュウリとニガウリは 2011 年 6 月 16 日に播種し、7 月 4 日に定植した。供試品種、栽植密度、整枝法、施肥法は試験 1 に準じた。

各調査項目および調査方法は、試験 1 に準じた。病害虫の調査は 8 月 29 日に行った。病害虫発生の詳細は表 3-3-2 に記載した。

(3) ニガウリ障壁による混作

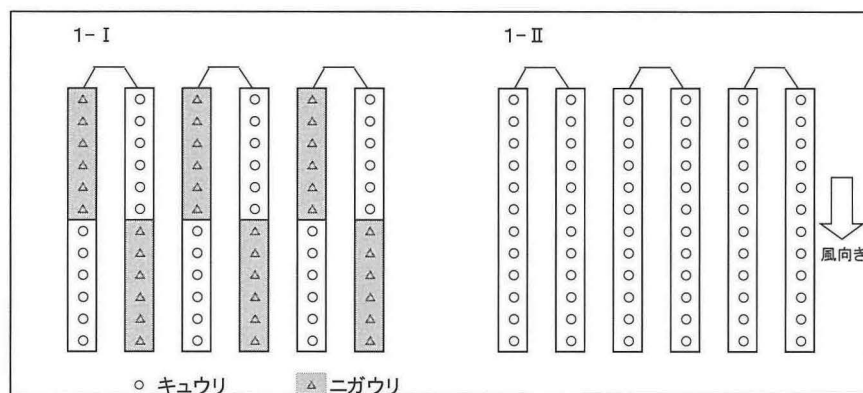
(試験 3 : 2012 年)

試験区は、試験 3-I 「ニガウリ障壁区」と、対照区の 3-II 「障壁なし区」の 2 区とした。各区の配置は図 3-3-1 の試験 3 に示した。3-I 「ニガウリ障壁区」はキュウリの畦から 1 m 離れた風上の位置にキュウリに対して垂直になるようニガウリを 1 列配置した。3-II 「障壁なし区」はキュウリ単作とした。2 区とも畦間は裸地とした。

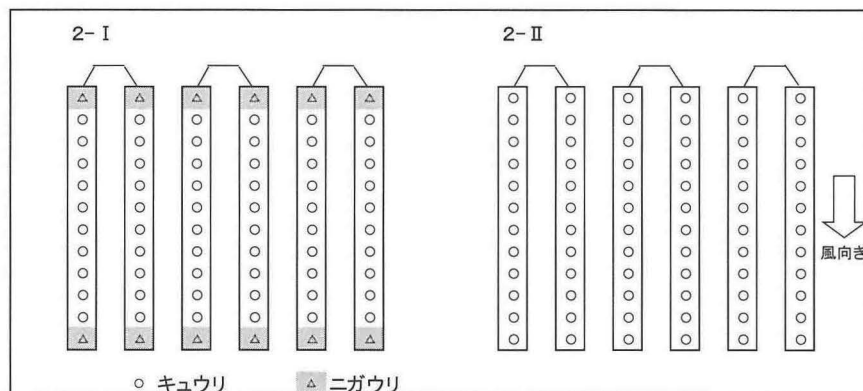
キュウリとニガウリは 2012 年 5 月 28 日に播種し、6 月 18 日に定植した。供試品種、栽植密度、整枝法、施肥法は試験 1 に準じた。

各調査項目および調査方法は、試験 1 に準じた。病害虫の調査は 9 月 24 日に行った。病害虫発生の詳細は表 3-3-3 に記載した。

試験1 (2010年)



試験2 (2011年)



試験3 (2012年)

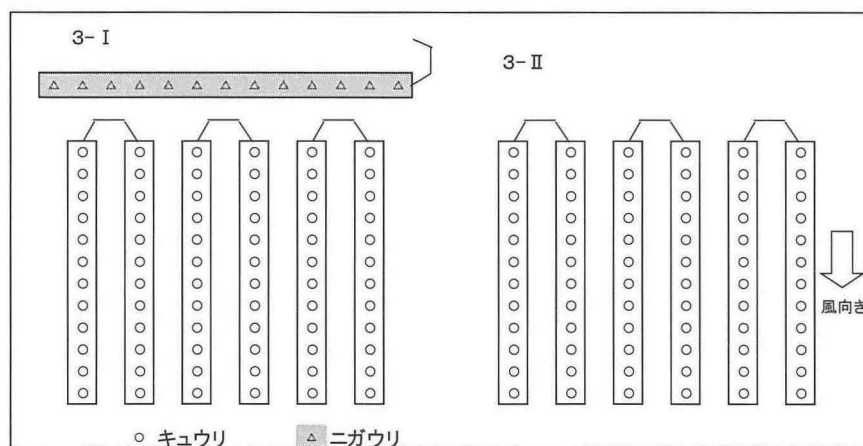


図3-3-1 キュウリとニガウリによる混作の各組み合わせ配置図

試験1-I: 「ニガウリ交互混作区」キュウリとニガウリを6株ずつ交互に混作, 畦間は裸地.

1-II: 「混作なし区」キュウリ単作でニガウリとの混作なし, 畦間は裸地.

試験2-I: 「ニガウリ両端混作区」キュウリ畦の前後にニガウリを1株ずつ混作, 畦間は裸地.

2-II: 「混作なし区」キュウリ単作でニガウリとの混作なし, 畦間は裸地.

試験3-I: 「ニガウリ障壁区」キュウリ畦に対して垂直にニガウリを1列風上に配置, 畦間は裸地.

3-II: 「障壁なし区」キュウリ単作でニガウリの障壁なし, 畦間は裸地.

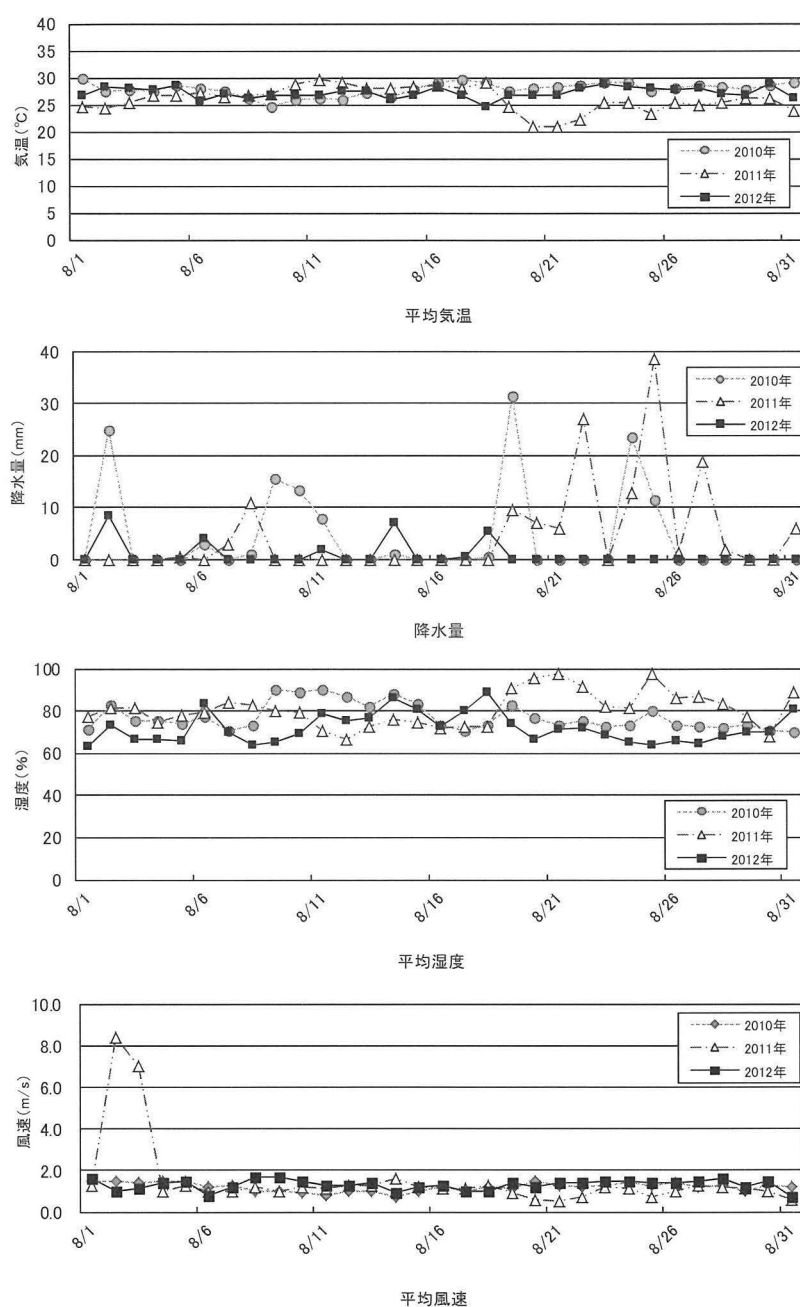


図3-3-2 キュウリ収穫最盛期における年次別の平均気温、降水量、平均湿度、平均風速の推移(甲斐市場内)

3. 結果

(1) ニガウリとの交互混作

(試験1：2010年)

キュウリ1株当りの上物収量と上物率を図3-3-3に示した。キュウリ、ニガウリの収穫期間はともに7月21日～9月17日であった。上物収量は、1-I「ニガウリ交互混作区」が9,523

g / 株、1-II「混作なし区」が8,886 g / 株となり、混作区と対照区で約7%の収量差が認められた。上物率は、1-I「ニガウリ交互混作区」が81.2%で、1-II「混作なし区」の75.0%と比べて約6%高かった。

混作に用いたニガウリは生育期間を通じて病害虫の発生はなく、82%の上物率で4,100 g / 株

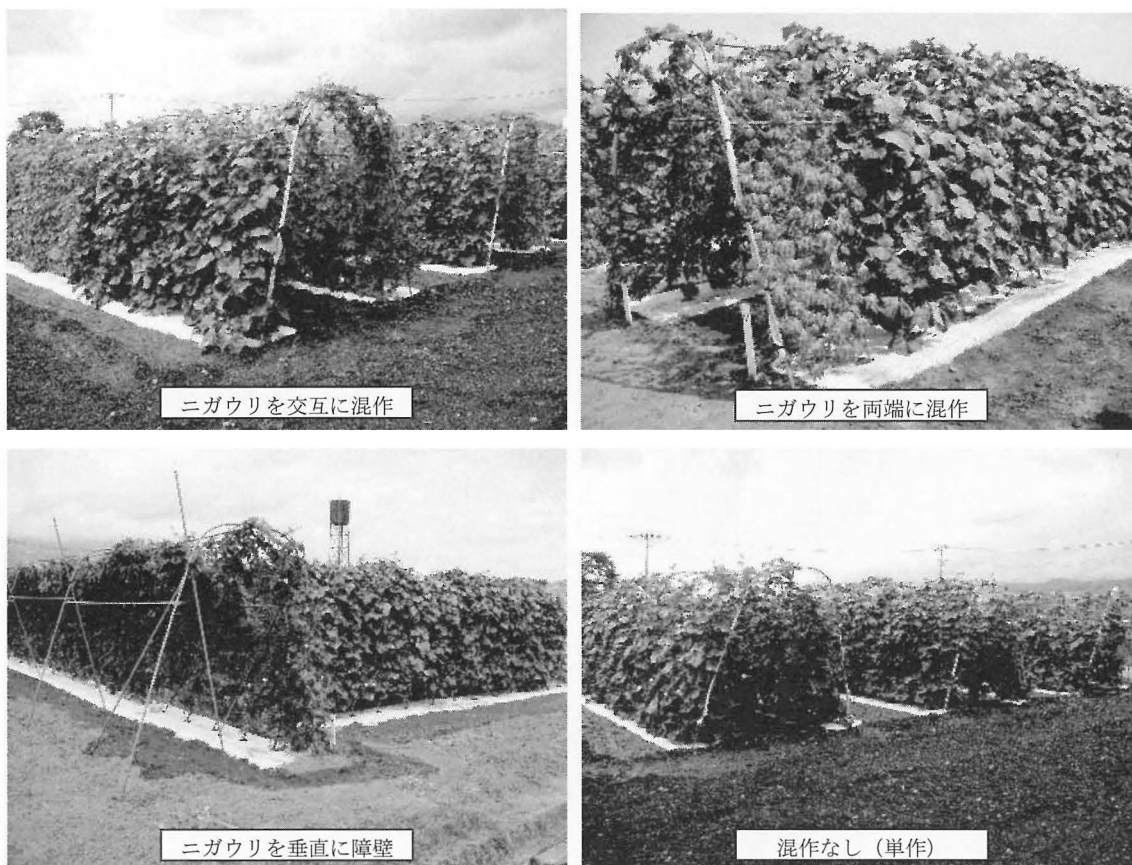


写真3-3-1 キュウリとニガウリによる混作の組み合わせ

の上物収量を得た（データ略）。

各試験区のキュウリの病虫害発生状況を表3-3-1に示した。べと病は両試験区で差が認められなかったが、炭疽病は、発病葉率、発病度ともに、1-I「ニガウリ交互混作区」が、1-II「混作なし区」と比べて低く、対照区との差が認められた。うどんこ病は、本病に対して耐病性を有する品種を供試したことから生育期間を通じて発生は認められなかった。虫害では、アブラムシ類は1-I「ニガウリ交互混作区」と1-II「混作なし区」で、寄生葉率、寄生度に差が認められなかったが、ウリハムシはI「ニガウリ交互混作区」が1-II「混作なし区」と比べて食葉率、食葉度ともに低く、対照区との差が認められた。

（2）ニガウリの両端混作

（試験2：2011年）

キュウリ1株当りの上物収量と上物率を図3-3-4に示した。キュウリ、ニガウリの収穫期間はともに7月26日～9月5日であり、例年より短かった。上物収量は、2-I「ニガウリ両端混作区」が5,731 g / 株で、2-II「混作なし区」の5,427 g / 株と比べてやや多かったが、差は認められなかった。上物率は、2-I「ニガウリ両端混作区」が79.5%，2-II「混作なし区」が78.4%で、上物収量と同様に両者に差は認められなかった。混作に用いたニガウリは生育期間を通じて病虫害の発生はなく、83%の上物率で2,476 g / 株の上物収量を得た（データ略）。

各試験区のキュウリの病虫害発生状況を表3-3-2に示した。病害別では、炭疽病の発病度は、2-I「ニガウリ両端混作区」が、2-

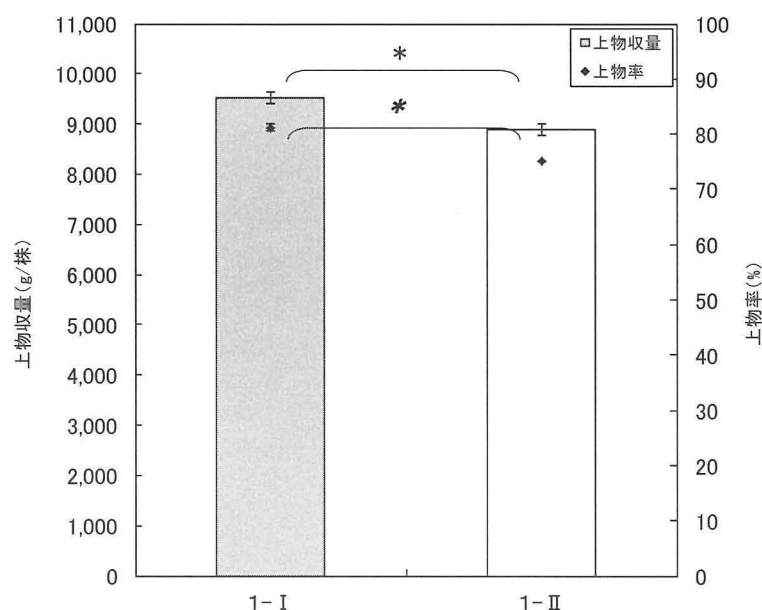


図3-3-3 ニガウリの交互混作がキュウリ1株当たりの上物収量および上物率に及ぼす影響(2010年)

1-I:「ニガウリ交互混作区」キュウリとニガウリを6株ずつ交互に混作、畦間は裸地。
 1-II:「混作なし(対照)区」キュウリ単作でニガウリとの混作なし、畦間は裸地。
 図中の*はt検定により対照と比較して5%水準で有意差があることを示す。ゴシック体は上物収量、イタリック体太字は上物率。垂直線は標準誤差を示す(n=4)。

表3-3-1 ニガウリの交互混作がキュウリの病虫害発生に及ぼす影響(2010年)

作付け法	べと病 ^{z)}		炭疽病 ^{y)}		うどんこ病 ^{x)}		アブラムシ類 ^{w)}		ウリハムシ ^{v)}	
	発病葉率(%)	発病度	発病葉率(%)	発病度	発病葉率(%)	発病度	寄生葉率(%)	寄生度	食葉率(%)	食葉度
1-I ニガウリ交互混作	47.5n.s.	19.4n.s.	18.1*	5.3*	0 n.s.	0 n.s.	13.1n.s.	3.6n.s.	33.1*	9.9*
1-II 混作なし(対照)	57.2	24.1	31.9	13.1	0	0	11.9	3.0	47.2	15.6

z)y)x)発病度 = (1A+2B+3B+4D)/4n × 100。A,B,C,Dは発病程度の分類による各発病葉数(n=40)。

発病程度の調査基準:

[べと病, 炭疽病, うどんこ病]

0: 葉に発病が認められない。

1: 葉の1/4以下に発病が認められる。

2: 葉の1/4~1/2に発病が認められる。

3: 葉の1/2~3/4に発病が認められる。

4: 葉の3/4以上に発病が認められる。

w)v)寄生度(食葉度) = (1A+2B+3B+4D)/4n × 100。A,B,C,Dは被害程度の分類による各寄生(食葉)数(n=40)。

寄生(食葉)程度の調査基準:

[アブラムシ類, ウリハムシ]

0: 葉に寄生(食葉)が認められない。

1: 葉の1/4以下に寄生(食葉)が認められる。

2: 葉の1/4~1/2に寄生(食葉)が認められる。

3: 葉の1/2~3/4に寄生(食葉)が認められる。

4: 葉の3/4以上に寄生(食葉)が認められる。

表中の*はt検定により対照と比較して5%水準で有意差があることを示す。n.s.は有意差なし。

II「混作なし区」と比べて低く、対照区との差が認められた。その他の病害では、べと病は両区で差が認められず、うどんこ病は試験1の結果と同様に発生が認められなかった。また、虫

害ではアブラムシ類、ウリハムシともに、2-I「ニガウリ両端混作区」と、2-II「混作なし区」との間で、寄生度や食葉度に差が認められなかった。

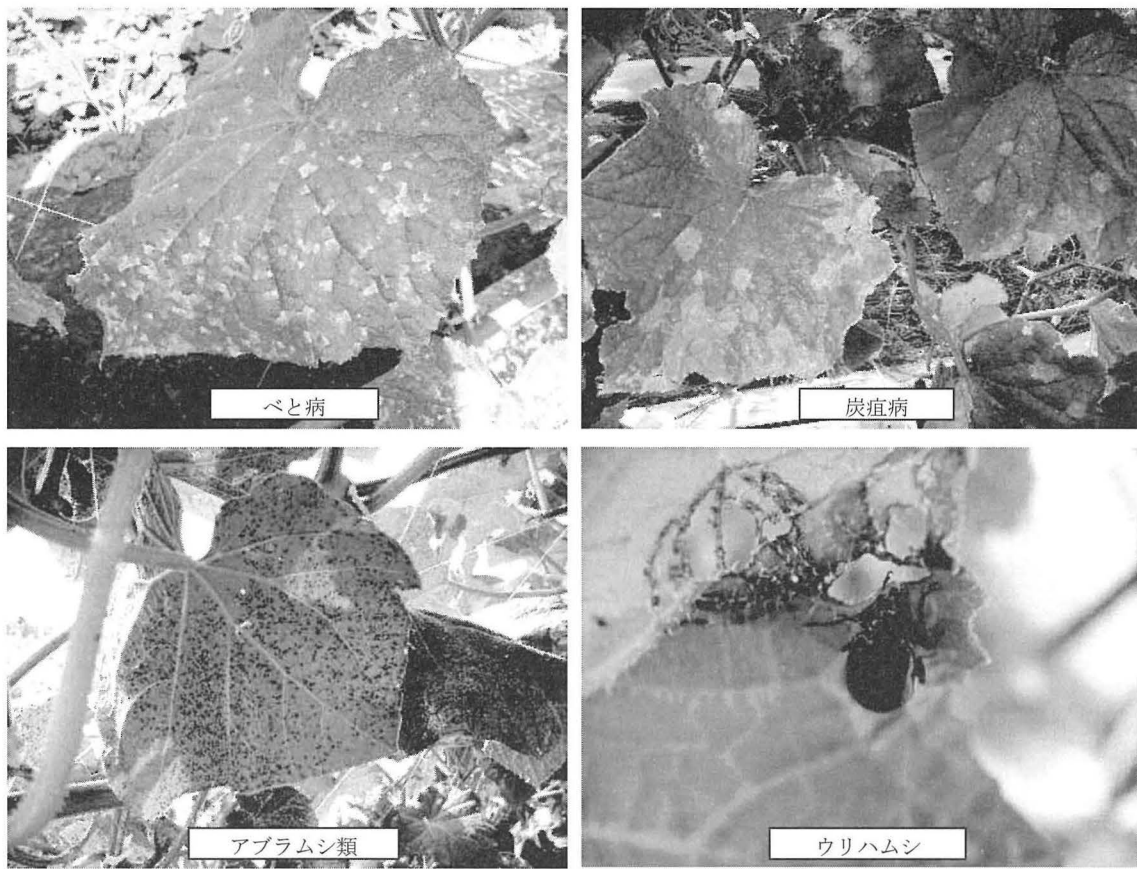


写真3-3-2 夏秋キュウリの主な病害虫

(3) ニガウリ障壁による混作

(試験3：2012年)

キュウリ1株当りの上物収量と上物率を図3-3-5に示した。キュウリ、ニガウリの収穫期間はそれぞれ7月11日～9月30日、7月17日～9月30日であった。当年は、晴天が続く気象的に好条件であったため(図3-3-2)、収穫期間が長く全体的に多収の傾向となった。上物収量は、3-I「ニガウリ障壁区」が11,246 g/株、3-II「障壁なし区」が10,219 g/株となり、障壁区と対照区で約10%の収量差が認められた。上物率は、3-I「ニガウリ障壁区」が76.9%で、3-II「障壁なし区」66.3%と比べて約11%高かった。

障壁に用いたニガウリは91%の上物率で7,026 g/株の上物収量を得た(データ略)。

各試験区のキュウリの病害虫発生状況を表3

- 3-3に示した。病害虫別では、べと病、炭疽病ともに発病葉率、発病度の区間差は認められなかった。うどんこ病は試験1、試験2と同様に発生が認められなかった。虫害では、アブラムシ類は3-I「ニガウリ障壁区」の寄生度が、3-II「障壁なし区」と比べて低く、対照区との差が認められた。一方、ウリハムシは食葉度で区間差が認められなかった。

4. 考察

キュウリとの混作に利用したニガウリは、2010～2012年の試験期間を通じて、いずれも播種期、定植期、収穫期間など殆どの生育ステージがキュウリと適合したことから、混作物として望ましい品目であると考えられた。

キュウリの収量面では、2010年に実施した試

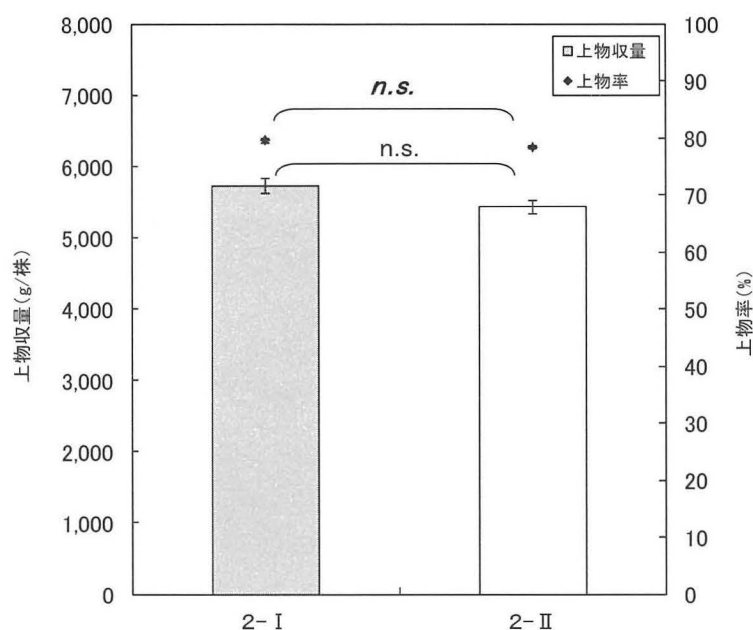


図3-3-4 ニガウリの両端混作がキュウリ1株当たりの上物収量および上物率に及ぼす影響(2011年)

2-I:「ニガウリ両端混作区」キュウリ畦の前後にニガウリを1株ずつ混作。畦間は裸地。
 2-II:「混作なし(対照)区」キュウリ単作でニガウリとの混作なし。畦間は裸地。
 図中のn.s.はt検定により対照と比較して5%水準で有意差がないことを示す。ゴシック体は上物収量、イタリック体太字は上物率を示す。垂直線は標準誤差を示す(n=4)。

表3-3-2 ニガウリの両端混作がキュウリの病害虫発生に及ぼす影響(2011年)

作付け法	べと病 ^{z)}		炭疽病 ^{y)}		うどんこ病 ^{x)}		アブラムシ類 ^{w)}		ウリハムシ ^{v)}	
	発病葉率(%)	発病度	発病葉率(%)	発病度	発病葉率(%)	発病度	寄生葉率(%)	寄生度	食葉率(%)	食葉度
2-I ニガウリ両端混作	27.5n.s.	10.4n.s.	83.2n.s.	49.1*	0 n.s.	0 n.s.	90.0n.s.	58.3n.s.	23.0n.s.	6.5n.s.
2-II 混作なし(対照)	17.5	6.1	87.9	60.6	0	0	88.5	60.4	24.0	7.7

z)y)x)w)v)表3-3-1に準ずる。表中の*はt検定により対照と比較して5%水準で有意差があることを示す。n.s.は有意差なし。

験1で、ニガウリと交互混作したキュウリ1株当たりの上物収量が、混作しない場合と比べて約7%、上物率が約6%向上したことから、2011年に実施した試験2では、ニガウリをキュウリ畦の両端に最小限配置したニガウリ両端混作区を試みた。しかし、ニガウリの栽植株数の少ない本区では、混作を行わない場合と比べて上物収量、上物率ともに差は認められなかった。このことから、ニガウリの栽植株数が少ないと上物収量に対する

混作の効果が現れにくいことが明らかとなった。2012年に実施した試験3では、ニガウリを障壁として用いることで、障壁を用いない場合と比べて、上物収量が約10%、上物率が約11%向上した。これらのことから、キュウリ栽培へのニガウリの混作方法は、同一畦内での交互混作と障壁による混作の2通りが有効であると考えられた。

キュウリの病害の面では、2010年と2011年の試験1,2でニガウリをキュウリと同一畦内で

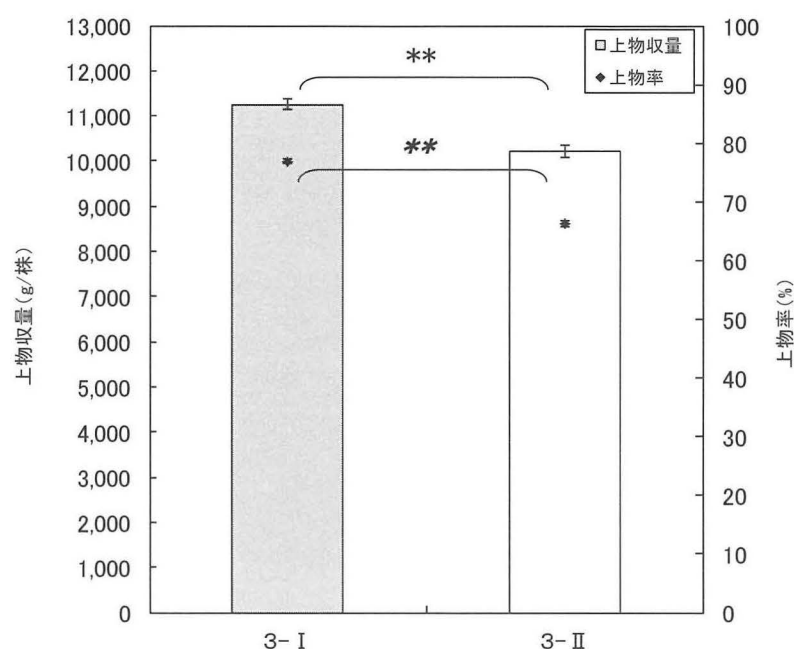


図3-3-5 ニガウリの障壁がキュウリ1株当たりの上物収量および上物率に及ぼす影響(2012年)

3-I:「ニガウリ障壁区」キュウリ畦に対して垂直にニガウリを1列配置、畦間は裸地。
 3-II:「障壁なし(対照)区」キュウリ単作でニガウリ障壁なし、畦間は裸地。
 図中の**はt検定により対照と比較して1%水準で有意差があることを示す。ゴシック体は上物収量、イタリック体太字は上物率を示す。垂直線は標準誤差を示す(n=4)。

表3-3-3 ニガウリの障壁がキュウリの病害虫発生に及ぼす影響(2012年)

作付け法	べと病 ^{z)}		炭疽病 ^{y)}		うどんこ病 ^{x)}		アブラムシ類 ^{w)}		ウリハムシ ^{v)}	
	発病率(%)	発病度	発病率(%)	発病度	発病率(%)	発病度	寄生率(%)	寄生度	食害率(%)	食害度
3-I ニガウリ障壁	27.5n.s.	9.5n.s.	23.8n.s.	11.0n.s.	0 n.s.	0 n.s.	66.3n.s.	28.8*	20.0n.s.	6.0n.s.
3-II 障壁なし(対照)	28.8	10.7	30.0	14.3	0	0	72.5	34.4	23.8	8.1

z)y)x)w)v)表3-3-1に準ずる。*はt検定により対照と比較して5%水準で有意差があることを示す。n.s.は有意差なし。

混作した場合、ニガウリの栽植株数を問わず炭疽病の発病度が混作しない場合と比べて低くなった。一方、ニガウリをキュウリと同一畦内に配置せず1mの距離をおいて障壁に用いた場合、炭疽病の発病度に区間差は認められなかった。このことから、ニガウリをキュウリと交互に隣接して配置することで、キュウリの茎葉に対する保護作用など物理的な存在効果として、キュウリ病害の株間の拡散などが軽減されたものと推察される。

キュウリの虫害の面では、2010年と2012年の試験1,3から、キュウリとニガウリを同一畦内で混作した場合、アブラムシ類の葉への寄生に区間差は認められず、ウリハムシの葉の食害は低くなった。一方、ニガウリを障壁に用いた場合、アブラムシ類の葉への寄生は、用いない場合と比べて少なくなり、ウリハムシの葉の食害は区間差が認められなかった。このことから、ニガウリをキュウリと交互に隣接して配置することで、ニガ

ウリが物理的な障害となり、自ら対象物まで飛翔することができるウリハムシのキュウリ茎葉への飛翔行動を複雑化させたものと推察される。一方、自ら飛翔せず風により対象物に運ばれるアブラムシ類に対しては、風上に配置したニガウリの障壁が物理的な遮断作用を働かせ、キュウリ茎葉への寄生を軽減させる働きをしたものと推察される。

海外における混作の研究例として、Bach (1980)¹⁴⁾は、キュウリ、トウモロコシ、ブロッコリーの混作で、キュウリ単作の場合と比べて、ハムシの発生密度が低く、滞在時間が短く、増殖率が低下したと報告している。Risch (1981)⁵⁶⁾は、トウモロコシ、マメ、カボチャの混作で、2種以上の作物を組み合わせることでハムシが減り、滞在時間が短くなり、移動率も高まると報告している。また、谷口 (1999)⁶⁷⁾は、デントコーンを障壁に用いることで、アブラムシの飛来が抑制できると報告しており、本試験の結果もこれらと同様な作用が働いたものと考えられる。

次に、キュウリの病害虫に対してニガウリが有する化学物質 (Abe・Matsuda 2000,¹⁾ Danielら 2002¹⁶⁾、鎌田ら 2009³⁰⁾、中村 1988⁴³⁾、篠田ら 1994⁶³⁾、篠田・松井 1991⁶²⁾、安居ら 1996⁷⁹⁾)の発散によって忌避作用が働いたかについて考えてみたい。植物の忌避作用を利用した実例として、東アフリカのトウモロコシ栽培で、トウミツソウを忌避作物に、ネピアグラスをおとり作物に用いてメイガの被害を軽減させた研究例 (足達・小路 2008)²⁾があるが、本試験ではニガウリが隣接する他の作物に対して直接忌避作用を発揮したと考えることは難しかった。これは、試験 1, 2 でニガウリを同一畦内で隣接配置しても、炭疽病の被害に混作区と混作しない区とで区間差が認められたものの、著しく軽減させるまでに至らなかったこと、また、試験 1, 2 で、アブラムシ類の発生や被害に区間差が認められず、特にアブラムシが多発した 2011 年の試験 2 で、混作区がアブラムシ類の被害を低減できなかったこと、同様に試

験 2 で、ウリハムシの被害に区間差が認められなかった結果などから推察される。

このことから、ニガウリの混作効果が忌避作用による影響と考えることは難しいが、混作そのものによる作付け様式の効果は無視できないものであった。Root (1973)⁵⁸⁾が提唱する資源集中仮説は、多品目の分散配置によって虫害などが集中しにくくなるとするものであるが、その要因の一つに障壁による物質的な干渉・障害による効果が挙げられている (Finch 1996)¹⁷⁾。本試験においても、キュウリ単作の場合と比べて同一畦内の混作で、病害では炭疽病被害の軽減、虫害ではウリハムシによる食葉の軽減、障壁利用でアブラムシ類の葉への寄生の軽減が図られた。

ところで、本試験では混作の利用によって、キュウリの葉に対する病害虫の発生や被害を軽減させる現象は認められたものの、これらがキュウリ果実の収穫量や品質 (上物率) に大きく影響を及ぼす程の軽減効果であったとは考えにくかった。そこで、混作により収量性を向上させた理由として、推測の範囲であるが作付け圃場内環境の好適化が考えられる。ニガウリの交互混作や障壁によって畦内の微小な温度の保持や風害軽減など、生育環境が好条件に維持されたと推測され、その結果、本試験においても曲がり果や傷果が減り上物収量や上物率が向上したのと考えられた。

国内では、植生管理を用いた土着天敵の温存による果菜類の害虫管理の研究が試みられている (永井・飛川 2011⁴²⁾、大野 2010⁵⁵⁾)。しかし、まだこれらの研究事例は数少ない上、栽培試験を中心とした報告例は皆無に等しい状況である。

今回のキュウリを対象としたニガウリ混作の試みは、病害虫の被害を著しく軽減したり、収量を飛躍的に増大するといった効果は期待できないが、長い夏秋期の栽培期間、様々な外部環境にさらされる無防備な単作条件と比べて、有機栽培を行う上で少しでも生産上のリスクを減らすための耕種的な一手法として役立つものと思われる。

第4章 野菜の有機栽培における雑草草生を利用した窒素循環

1. 緒言および目的

山梨県北杜市では八ヶ岳南麓地域を中心に100戸以上の有機栽培農家が定着している。これら農家の多くは耕作放棄地などを借用し、1戸当たり2ha程度の圃場に野菜を中心に30種類以上の品目を生産している。有機栽培を行う上での主な特徴として、各圃場毎の作付け品目のローテーション（輪作）、同一圃場への複数品目の混作、畦間の雑草草生管理などが挙げられる（赤池ら2013）⁹⁾。また、収穫時に残る茎葉などの残渣は圃場外に持ち出すことなく、そのまま鋤き込む。肥料は、有機質資材として、牛ふん堆肥や鶏ふん堆肥を用いることが多い。これら耕種上の特徴から、毎年圃場内へ投入されるのが堆肥であり、圃場外に持ち出されるのが野菜の収穫物である。

一般的に、圃場の地力を高めるために緑肥作物が用いられる。イネ科ではエンバクやライムギ、マメ科ではクロタリヤやヘアリーベッチなどが代表的なものである。これら緑肥作物は主作物の作付けを行わない時期に播種して作付けの1ヵ月ほど前までに鋤き込む。緑肥の効果としては、粗大有機物の補給による堆肥代替効果、養分供給など地力増進効果、土壌の膨軟化など圃場の物理性向上効果、風雨による土壌の流亡防止や無機態窒素の溶脱抑制効果、土壌病害の未然回避や軽減等による輪作効果など多様である（赤池ら2001³⁾、橋爪1995²⁴⁾、藤崎・鮫島2004²⁰⁾、栢岡ら2003²¹⁾、糟谷・廣戸2010³¹⁾、小松崎2010³⁴⁾、久保田2010³⁶⁾、松村・安達2012⁴⁰⁾、三木ら2005³⁸⁾、上野ら2012⁷²⁾）。特に、農閑期である冬期の作付けに適したライムギやヘアリーベッチは多量のバイオマスを圃場へ投入できることから緑肥として有望である（赤池ら2001³⁾、橋爪1995²⁴⁾、久保田2010³⁶⁾、松村・安達2012⁴⁰⁾、

上野ら2012⁷²⁾）。

一方、山梨県北杜市の有機栽培圃場の大半は、野菜を栽培する期間中に畦間や畦畔を覆った雑草を適宜刈り込み、野菜の収穫後に残渣とともに鋤き込む作業を通常管理としている。圃場に発生する雑草は元来邪魔なものとして扱われ、慣行栽培では畦間や通路を除草することが通例となっている。対する有機栽培では、長年耕作放棄されてきた未利用地を借用し新たに耕作を始める事例が多く除草剤も使用できないため、完全に雑草を排除することは困難である。そのため、主作物に影響しない範囲で雑草と共存させているのが現状である。雑草を圃場に温存する意義として、アブラナ科野菜での虫害軽減や土着天敵温存など、野菜生産上の長所となる効果が明らかとなっている（赤池・千野2011）⁷⁾。また、雑草草生と不耕起を組み合わせた茨城県の有機栽培圃場を評価した小松崎ら（2012）³⁵⁾の報告、作物と雑草の共生について論じた原・坂井（2006）²²⁾の報告があるが、研究例は僅かであり、雑草草生を利用した栽培法の評価は未だ十分とはいえない。

有機栽培は、自然循環機能の増進など環境負荷を低減する農法として社会的意義を持ち、農業生産と環境保全の両立を期待されている。中でも緑肥作物の利用は、持続的な循環型農業を推進する上で重要な耕作手法の一つとされ、農水省の環境保全型農業直接支援対策の要件にもなっている。

そこで、本研究では北杜市高根町で25年以上野菜の有機栽培を実践してきた農業生産法人の有機栽培年数の異なる圃場を対象とした。作付け品目と作付け体系、圃場へ投入される堆肥施用量と圃場外へ持ち出される野菜生産量、野菜残渣や畦間雑草の鋤き込みによる圃場へのバイオマス還元量とこれに伴う窒素収支について現地調査を行う

とともに、緑肥作物を圃場へ作付けた場合と比較することで、雑草草生管理を利用した野菜の有機栽培法の有用性を明らかにした。また、これら有機栽培圃場の土壌の化学性を調査し、環境負荷の少ない持続的な有機農業を実現するための問題点を提起した。

2. 方法

(1) 北杜市有機栽培圃場の現地調査

現地調査は2013年3月から11月にかけて実施した。対象圃場は、山梨県内で12haの有機栽培を営む(有)梶原農場の耕作圃場の中から、土壌種を同じくし、互いに場所が1km程度と隣接し、有機栽培経過年数が2年目、11年目、21年目とほぼ等間隔に異なり、作付け品目や作型をほ

ぼ同じくする3圃場を北杜市高根町内から選定した。特に、経営上重要な品目と位置づけている葉菜類を春作と秋作の年2回作付けする圃場を調査対象とした(写真4-1)。

各圃場の概要は表4-1のとおりである。有機栽培経過年数は北杜市高根町小池地区が2年目(以下「小池(2年目)」)、蔵原地区が11年目(以下「蔵原(11年目)」)、原山地区が21年目(以下「原山(21年目)」)である。各圃場は標高620～660mの範囲内にあり、圃場面積はいずれも1枚1ha以上を有する。土壌種は八ヶ岳の火山灰を由来とする腐植質普通黒ボク土である。過去の栽培履歴は、「小池(2年目)」がハクサイ、ナガイモの慣行栽培を経て基盤整備の後、2012年に有機栽培圃場に転換し2年目を迎えたものである。

表4-1 調査対象とした各有機栽培圃場の概況

場所	有機栽培年数 ^{z)}	標高(m)	圃場面積(ha)	土壌種	過去の栽培履歴 ^{y)}	鶏ふん堆肥 ^{y)} 施肥量(kg/10a)
北杜市高根町小池	2年目	660	1.0	腐植質普通黒ボク	ハクサイ、ナガイモ→基盤整備→有機	600
北杜市高根町蔵原	11年目	620	2.7	腐植質普通黒ボク	牧草→有機	600
北杜市高根町原山	21年目	625	1.2	腐植質普通黒ボク	飼料モロコシ→有機	600

z) 2013年3月時点における有機栽培実施年数。 y) いずれも借用地で、有機栽培以前の耕作者は現耕作者と異なる。

x) 主要3要素の成分含有量と無機化率はN(3.1%, 70%), P₂O₅(5.1%, 70%), K₂O(2.5%, 90%)。



写真4-1 畦間を雑草で覆われた「蔵原(11年目)」のブロッコリー栽培圃場



写真4-2 50cm×50cm 枠を用いた雑草調査

「蔵原（11年目）」は牧草地から有機栽培圃場に転換し11年目を迎えたもの、「原山（21年目）」は飼料モロコシ畑から有機栽培圃場に転換し21年目を迎えたものである。いずれの3圃場とも借用地である。施肥状況は、いずれの圃場とも鶏ふん堆肥を使用しており、施肥量は600kg/10aである。

調査項目は、各圃場における野菜の作付け品目、作型（播種期、定植期、収穫期、畦間雑草刈り込み期、残渣鋤き込み期）、収穫物の歩留まり率、生産量、残渣量であり、雑草については畦間あるいは圃場全体に発生する草種、植被率、被度、発生量とした。調査方法は次のとおりである。各品目の作付け状況は見取り、聞き取り、栽植密度などは実測により行い、歩留り率は、圃場毎に作付けられた各品目100株について収穫可能な株の割合を見取りにより調査し、品目間の平均値として算出した。

野菜の生産量や収穫後の残渣量は各野菜の収穫期に収穫物や残渣を一部計量し（コマツナ、ホウレンソウなど葉物は20株、キャベツ、ブロッコリーなどは10株）、品目毎の栽植割合や栽植密度、株重や残渣割合、歩留り率などから10a当たりの数量として算出した。

雑草調査は毎月2～3回圃場を巡回し目視により発生状況を確認するとともに、園主による刈り込み管理や鋤き込み作業などの作業日程を確認しながら、月1回それぞれ見取りや、刈り取り調査を行い10a当たり数量として算出した。雑草量の調査は、野菜の作付け期間は畦間（通路部）を、鋤き込みや耕耘による整地後は圃場全体を対象とし、各圃場の一定区域を無作為に3箇所ずつ50cm×50cmの枠を用いて行った（写真4-2）。この際、野菜の播種や定植から鋤き込みまでの期間が2ヶ月以上にわたる場合、生育期間中や収穫期に畦間雑草を刈り込む作業を行っていることから、毎月の刈り取り調査の累計量を年間の雑草発生量とした。

野菜収穫物、残渣、雑草の窒素の分析は定法⁴⁵⁾に従った。各サンプルの一部を50℃で3日間通風乾燥し、粉碎後硫酸分解を行い蒸留法により窒素含有量を測定した。また、乾燥時の各乾物率から10a当たりの乾物重量を算出した。さらに、施肥量、野菜生産量、残渣量、雑草発生量の各乾物重や窒素含有量から、圃場10a当たりの窒素還元量やその収支について算出した。

（2）緑肥作物を用いた場内試験

露地野菜の有機栽培は通常、春期から秋期にかけて作付けを行うため冬期は圃場が空きやすい。そこで、この時期に緑肥作物を作付けた場合の緑肥生産量（鋤き込み量）を算出し、雑草草生管理を行った場合の圃場へのバイオマス還元量や窒素収支と比較するため、以下の方法で場内試験を行った。

試験は、山梨県甲斐市（標高315m）の総合農業技術センター内圃場で行った。緑肥作物は冬期の利用に適したマメ科のヘアリーベッチ（品種は‘まめ助’）とイネ科のライムギ（品種は‘緑春’）を用いた。試験区は、「ヘアリーベッチ+ライムギ混播区」、「ヘアリーベッチ単播区」、「緑肥なし区」の3区とし、2012年11月5日に混播区はヘアリーベッチ5kg/10aとライムギ8kg/10a、単播区はヘアリーベッチ5kg/10aの種子量をそれぞれ散播し、軽く耕耘した。作付け規模は1区30㎡（6m×5m）の2反復とした。

各区の緑肥生産量はヘアリーベッチが満開となりライムギが出穂し始めた2013年4月18日の鋤き込み日に50cm×50cmの枠を用い各区4箇所の地上部を刈り取り、生重を計量後、乾物重、窒素含有量から、緑肥による10a当たり窒素還元量を算出した。各測定方法は、方法（1）に準じた。

続いて、緑肥鋤き込みによる後作野菜の収量性や窒素吸収量を明らかにするため、鋤き込み28日後の2013年5月16日、鋤き込み77日後の

7月4日に2作連続してコマツナ（品種は‘菜々美’）を無施肥条件で25,000株/10aの栽植密度で播種した。コマツナは6月18日、8月9日にそれぞれ各区20株×2反復を収穫し株重を計量した後、10a当たり収量および窒素吸収量として算出した。この際、土壌中の無機態窒素の動向を確認するために、緑肥作付け直前期の2012年11月2日と鋤き込み直前期の2013年4月17日に各区から土壌を採取し土壌分析を行った。土壌の分析は定法⁴⁵⁾に従った。pHはガラス電極法、塩基類は原子吸光法、可給態リン酸はトルオーグ法、アンモニア態窒素量、硝酸態窒素量は蒸留法を用いて測定しその合計量を無機態窒素量とした。

（3）有機栽培圃場の土壌調査

有機栽培を長期にわたり継続している圃場における土壌の化学性を評価するために、北杜市高根町（有）梶原農場の、有機栽培歴が10年を越える2地点「蔵原（11年目）」、「原山（21年目）」の土壌診断調査を行い、作土のpHや塩基類など土壌の化学性、および作土から下層土までのアンモニア態窒素と硝酸態窒素を分析した。鶏ふん堆肥散布前の2013年2月24日に、各地点4箇所ずつから土壌を採取し、深さ20cmまでの作土について上記と同様の化学性、100cmまでの下層土については、20cm毎に5段階に分けて硝酸態窒素を分析した。

また、山梨県内の有機栽培圃場の土壌の化学性を把握するため、2013年2月に北杜市を中心とした有機圃場108地点の前年の作付けが終了した圃場から土壌を収集し、化学性を分析した。

3. 結果

（1）北杜市有機栽培圃場の現地調査

①野菜の作付け体系と収穫物の歩留まり率

いずれの有機栽培圃場とも3月中に施肥を行い、キャベツ、ブロッコリー、レタス、コマツナ

などの葉菜類を春期、秋期の年2作、同様な作型で作付けしていた（図4-1）。地域別では、「小池（2年目）」は春作がキャベツ、ブロッコリー、レタスによる混作で、定植がいずれも2013年3月26日、収穫が5月15日～6月1日、鋤き込みが6月20日、整地のための耕耘が8月10日、秋作はレタス、コマツナなど葉物による混作で、定植（コマツナは播種）がともに9月22日、収穫が10月27日～11月15日であった。収穫物の歩留まり率は、春作野菜が平均で85%、秋作野菜が平均で78%であった。

「蔵原（11年目）」は春作がキャベツ、ブロッコリー、レタスによる混作で、定植が3月17日～25日、雑草の刈り込みが5月31日、収穫が5月18日～26日、鋤き込みが6月30日、整地のための耕耘が8月10日、秋作はブロッコリー、キャベツによる混作で、定植が8月24日、雑草の刈り込みが9月26日、収穫が10月20日～11月15日であった。収穫物の歩留まり率は、春作野菜が平均で80%、秋作野菜が平均で60%であった。

「原山（21年目）」は春作がキャベツ、ブロッコリー、カリフラワーによる混作で、定植が3月4日、雑草の刈り込みが4月25日、収穫が4月30日～5月15日、鋤き込みが6月5日、整地のための耕耘が7月31日および8月11日、秋作はコマツナ、ハウレンソウによる混作で、播種が8月31日、雑草の刈り込みが9月26日、収穫が9月27日であった。収穫物の歩留まり率は、春作野菜が平均で75%、秋作野菜は作期が早く虫害が甚だしかったことから10%に止まった。

②畦間の雑草発生状況

各圃場の雑草による植被率および草種別被度を表4-2に、月別発生量を図4-2にそれぞれ示した。「小池（2年目）」は春作野菜の収穫期である5月にシロザを中心とする1年生の畑雑草が畦間に発生したが、植被率は68.3%で畦間全体を

覆う程ではなかった。以降は秋期まで畦間に雑草の発生は認められず、春作野菜の収穫を終え残渣の鋤き込みも終えた7月のみ圃場全体にスベリヒユなどが発生した。

「蔵原（11年目）」、「原山（21年目）」は、鋤き込みや耕耘時を除いた野菜の作付け期間中、通年で畦間に雑草が発生した。時期別では、春期はホトケノザ、シロザ、ハコベなどが優占し、夏期から秋期にかけてはイヌビユ、イヌビエ、ハキダメギクなどが優占した。両圃場とも5月以降10

月末まで鋤き込みや耕耘時を除いて畦間の植被率は常時85～100%と高く維持した。

③年間の雑草発生量、野菜生産量および残渣量

各圃場の年間の雑草発生量、野菜生産量および残渣量を表4-3に示した。雑草発生量は乾物重で「小池（2年目）」が784kg/10a、「蔵原（11年目）」が1,103kg/10a「原山（21年目）」が949kg/10aであり、有機栽培経過年数10年以上の圃場で発生量が多かった。年間の野菜生

場所 (有機年数)	作付け品目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	歩留まり率 ^{z)} (%)
小池 (2年目)	【春作】 キャベツ、ブロッコリー、レタス	◆ △	—	□	▼						85±5
	【秋作】 レタス コマツナ等						▽	△	□	□	78±12
蔵原 (11年目)	【春作】 キャベツ、ブロッコリー、レタス	◆ △	—	□	▼						80±5
	【秋作】 キャベツ、ブロッコリー						▽ △	V	□	□	60±25
原山 (21年目)	【春作】 キャベツ、ブロッコリー、カリフラワー	◆ △	—	V □	▼						75±3
	【秋作】 コマツナ、ホウレンソウ等					▽ ▽	○	V □	▼		10±2

図4-1 各圃場の作付け品目、作型および野菜の生産概況

◆施肥、○播種、△定植、□収穫、刈り込みV、▼鋤き込み、▽耕耘

z) 作付け株に対する収穫可能な株の割合で、各品目100株の見取りによる春作、秋作野菜品目の平均値および標準偏差(n=2~3)。出荷基準は生産、量販店契約取引などに準ずる。

表4-2 各圃場の雑草による植被率^{z)}および草種別被度^{y)}

場所 (有機年数)	月/日	4/23	5/30	6/27	7/30	8/26	9/25	10/17
小池 (2年目)	植被率(%)	0	68.3±7.3	0	93.3±1.7	0	0	0
	草種 (被度)		シロザ(61.7) スベリヒユ(5.0) メヒシバ(3.3)		スベリヒユ(36.7) イヌビユ(25.0) シロザ(21.7) イヌビエ(10.0)			
蔵原 (11年目)	植被率(%)	5.3±0.9	100	100	43.3±6.0	0	100	85.0±2.9
	草種 (被度)	シロザ(3.3) ホトケノザ(2.0)	シロザ(83.3) ホトケノザ(25.0) ノボギク(5.0)	シロザ(100)	イヌビユ(43.3)		イヌビユ(93.3) メヒシバ(6.7)	メヒシバ(38.3) ハキダメギク(26.7) イヌビエ(20.0)
原山 (21年目)	植被率(%)	71.7±8.8	100	0	100	0	86.7±1.7	100
	草種 (被度)	ホトケノザ(53.4) シロザ(13.3) ハコベ(5.0)	シロザ(75.0) ホトケノザ(38.3) ハコベ(31.7)		イヌビユ(81.7) イヌビエ(11.7) スベリヒユ(6.6)		イヌビユ(66.7) イヌビエ(20.0)	イヌビユ(70.0) イヌビエ(15.0) ハキダメギク(15.0)

z) 各圃場3箇所の平均値および標準誤差。 y) 各圃場3箇所の平均値。

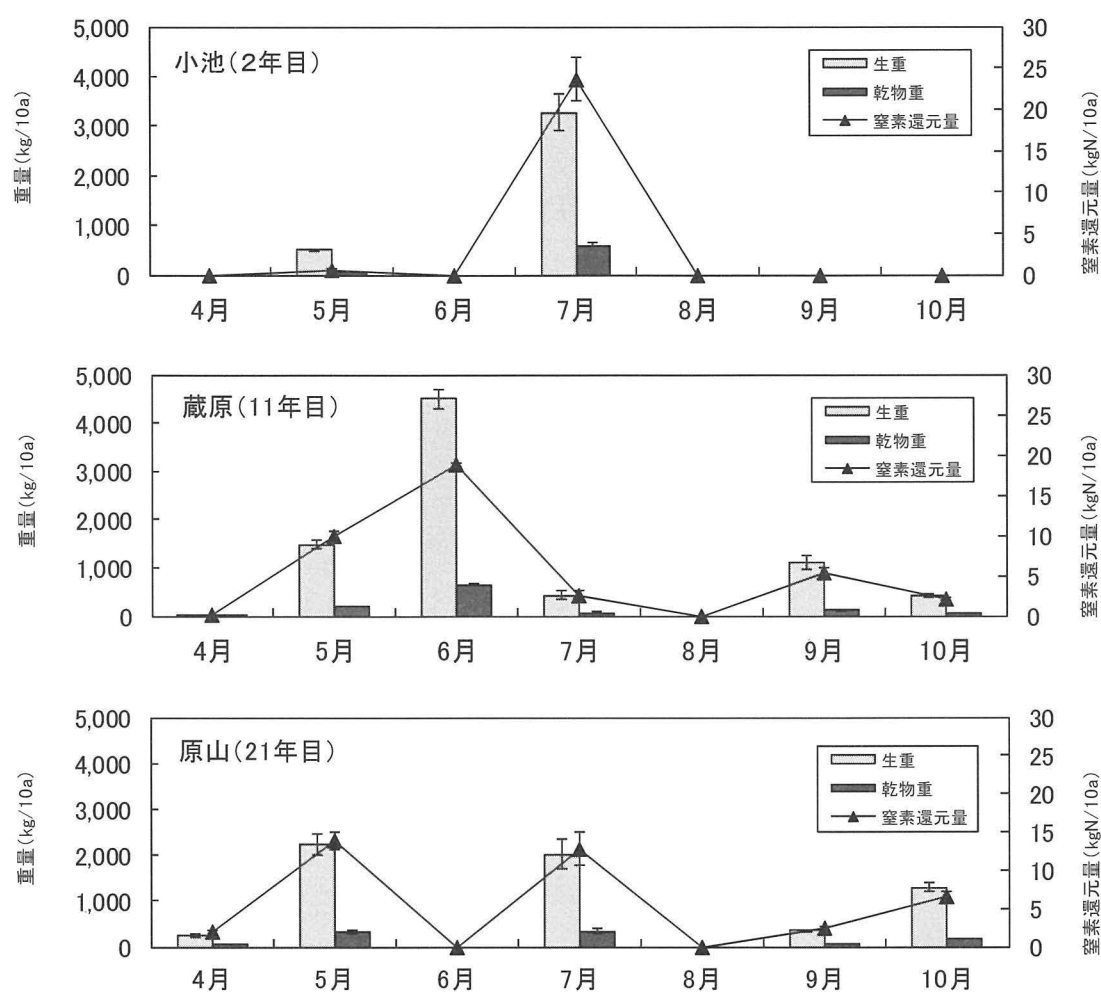


図4-2 各圃場の月別雑草発生量および窒素還元量

図中の垂直線は標準誤差(n=3)。

表4-3 各圃場の雑草発生量、野菜残渣量および野菜生産量

場所 (有機年数)		鋤き込み量 ^{z)} (kg/10a)			野菜生産量 (kg/10a)		
		雑草発生量	野菜残渣量	合計	春作	秋作	合計
小池 (2年目)	生重	3,968	3,017	6,985	2,437	1,250	3,687
	乾物重	784	213	997	158	78	236
蔵原 (11年目)	生重	7,938	5,805	13,743	3,459	922	4,381
	乾物重	1,103	428	1,531	225	73	298
原山 (21年目)	生重	6,160	3,241	9,401	1,812	150	1,962
	乾物重	949	264	1,213	153	10	163

z) 雑草発生量と野菜残渣量の合計値で1年間に圃場に鋤き込まれる総重量。

表4-4 各圃場の鶏ふん堆肥投入と野菜生産物持ち出しによる窒素収支

場所 (有機年数)	窒素供給量(kgN/10a)	窒素持ち出し量(kgN/10a)	窒素収支 ^{x)} (kgN/10a)
	鶏ふん堆肥 ^{z)}	野菜生産物 ^{y)}	
小池 (2年目)	13.0	10.3	2.7
蔵原 (11年目)	13.0	12.2	0.8
原山 (21年目)	13.0	7.8	5.2

z) 施用量600kg/10a×窒素含有量3.1%×無機化率70%. y) 春作, 秋作の野菜生産量(乾物重, 表4-3)×各野菜の窒素含有量%. 各野菜の窒素含有量は, 「小池」春作(Av.4.2%), 秋作(Av.4.7%), 「蔵原」春作(Av.4.0%), 秋作(Av.4.4%), 「原山」春作(Av.4.8%), 秋作(Av.5.0%). x) 窒素供給量-窒素持ち出し量.

表4-5 各圃場の雑草と野菜残渣鋤き込みによる圃場への窒素還元量

場所 (有機年数)	窒素還元量(kgN/10a)		
	雑草 ^{z)}	野菜残渣 ^{y)}	合計
小池 (2年目)	23.6	9.8	33.4
蔵原 (11年目)	38.6	19.2	57.8
原山 (21年目)	37.6	12.8	50.4

z) 月別草種別の雑草発生量(乾物重, 表3)×月別草種別の窒素含有量(2.9~4.9%). y) 年間の野菜残渣量(乾物重, 表4-3)×各野菜の窒素含有量%. 各野菜の窒素含有量は表4-4に準ずる.

産量と残渣量は, 乾物重で「小池(2年目)」が236kg/10a, 213kg/10a, 「蔵原(11年目)」が298kg/10a, 428kg/10a, 「原山(21年目)」が163kg/10a, 264kg/10aで, 「原山(21年目)」は, 秋期に虫害による影響が大きかったことから年間の野菜生産量が少なかった. また, いずれの圃場ともブロッコリーやキャベツなど収穫時に外葉を圃場に残す品目を中心に作付けしたため, 残渣量が多い傾向となった.

④窒素の投入量, 持ち出し量および収支

鶏ふん堆肥の投入と野菜生産物の持ち出しによる窒素の収支を表4-4に示した. 鶏ふん堆肥は窒素成分が3.1%, 窒素無機化率が70%で,

600kg/10aを施用したことから, 各圃場への窒素投入量は13.0kgN/10aである. 一方, 野菜生産物による窒素の持ち出し量は, 「小池(2年目)」が10.3kgN/10a, 「蔵原(11年目)」が12.2kgN/10a, 「原山(21年目)」が7.8kgN/10aであり, 収支は「小池(2年目)」が+2.7kgN/10a, 「蔵原(11年目)」が+0.8kgN/10a, 「原山(21年目)」が+5.2kgN/10aであった.

次に, 雑草と野菜残渣の鋤き込みによる圃場への窒素還元量を表4-5に示した. 年間の雑草発生量と窒素含有量から算出した窒素還元量は「小池(2年目)」が23.6kgN/10a, 「蔵原(11年目)」が38.6kgN/10a, 「原山(21年目)」が37.6kgN/10aであり, 野菜残渣の鋤き込みによ

表4-6 緑肥作物を冬期^{z)}に作付けした場合の圃場への鋤き込み量および窒素還元量

緑肥の種類	植被率 ^{y)} (%)	鋤き込み量(kg/10a)			緑肥による窒素還元量 ^{x)} (kgN/10a)		
		ヘアリーベッチ	ライムギ	計	ヘアリーベッチ	ライムギ	計
ヘアリーベッチ, ライムギ混播	100	生重	890±171	6,078±1,080	5.1	26.8	31.9
		乾物重	141±21	1,435±319			
ヘアリーベッチ単播	100	生重	6,148±655	—	36.4	—	36.4
		乾物重	863±88	—			

z) 2012年11月5日播種, 2013年4月18日鋤き込み. y) 2013年4月18日時点. x) 各緑肥作物の鋤き込み量(乾物重)×窒素含有量%.
窒素含有量は, ヘアリーベッチ混播(3.65%), 同単播(4.22%), ライムギ(1.87%). 表中の±は標準誤差を示す(n=4).

表4-7 緑肥鋤き込み後に作付けしたコマツナの窒素吸収量および緑肥からの窒素吸収量

緑肥の種類		コマツナ生産量 ^{z)} (kg/10a)	コマツナの窒素吸収量 ^{y)} (kgN/10a)	緑肥からの窒素吸収量 ^{x)} (kgN/10a)
ヘアリーベッチ, ライムギ混播	生重	4,135±205	12.8	5.6
	乾物重	284±14		
ヘアリーベッチ単播	生重	3,748±183	13.9	6.7
	乾物重	323±16		
緑肥なし	生重	2,145±125	7.2	—
	乾物重	167±10		

z) 鋤き込み後に2作連続作付けしたコマツナの生産総量の平均値および標準誤差(n=2).
y) z) 乾物重×コマツナの窒素含有量%. コマツナの窒素含有量: 混播区(4.5%), 単播区(4.3%), 緑肥なし区(4.3%).
x) 緑肥を鋤き込んだ場合の窒素吸収量-緑肥を利用しない場合の窒素吸収量.

表4-8 緑肥播種直前^{z)}および鋤き込み直前^{y)}の土壌分析値

緑肥の種類	pH	EC (mS/cm)	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	NH ₄ -N	NO ₃ -N
ヘアリーベッチ, ライムギ混播 ^{y)}	7.1	0.1	237	65	73	177	0.5	0.2
ヘアリーベッチ単播 ^{y)}	7.2	0.1	289	56	69	177	0.5	0.3
緑肥なし ^{y)}	7.1	0.1	246	60	70	159	0.4	0.6
緑肥作付け前 ^{z)}	7.2	0.1	275	70	75	195	0.3	2.2

z) 2013年4月17日の緑肥鋤き込み直前期. y) 2012年11月2日の緑肥播種直前期.

る窒素還元量は「小池(2年目)」が9.8kgN/10a, 「蔵原(11年目)」が19.2kgN/10a, 「原山(21年目)」が12.8kgN/10aであった.

(2) 緑肥作物を用いた場内試験

① 緑肥生産量と圃場への窒素還元量

緑肥作物を冬期に作付けした場合の圃場への鋤き込み量と窒素還元量を表4-6に示した. 2012

表4-9 各圃場の土壌の化学性^{z)}

場所(有機年数)	pH	EC (mS/cm)	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
			(mg/100g)			
蔵原 (11年目)	7.2	0.24	532	53	123	35
原山 (21年目)	7.7	0.14	642	75	156	76
基準値 ^{y)} (腐植質普通黒ボク)	6.0~6.5	—	300~400	50~60	35~60	10~20

z) 2013年2月採取土壌(深さ0~20cm, 4箇所の平均値). y) 山梨県農作物施肥指導基準(2011).

表4-10 各圃場の深さ別の無機態窒素^{z)}

場所(有機年数)	深さ (cm)	NH ₄ -N	NO ₃ -N
		(mg/100g)	
蔵原 (11年目)	0~20	0.3	2.1
	20~40	0.4	2.7
	40~60	0.4	9.9
	60~80	0.4	11.2
	80~100	0.4	10.4
原山 (21年目)	0~20	0.5	1.1
	20~40	0.5	1.5
	40~60	0.6	5.6
	60~80	0.5	5.3
	80~100	0.5	5.5

z) 2013年2月採取土壌(4箇所の平均値).

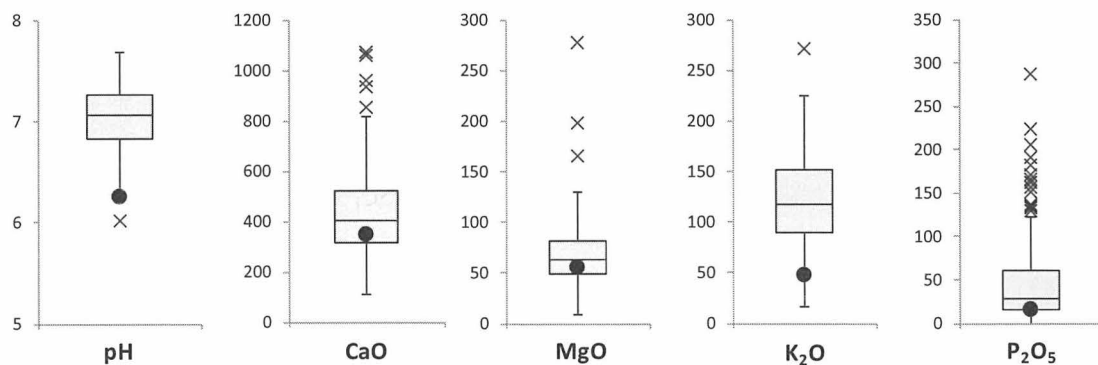


図4-3 山梨県内の有機栽培圃場の土壌化学性(n=108)

●は「山梨県農作物施肥基準(2011年)」における腐植質普通黒ボク土の基準値。

年11月5日に播種し、2013年4月18日に鋤き込んだ各区の緑肥生産量は、乾物重で「ヘアリーベッチ+ライムギ混播区」が1,576kg/10a, 「ヘアリーベッチ単播区」が863kg/10aであった。

ライムギとヘアリーベッチを混播した場合、イネ科のライムギが優占する傾向であった。緑肥作物を鋤き込んだ場合の各乾物重、窒素含有量から算出した圃場への窒素還元量は、「ヘアリーベッチ

＋ライムギ混播区」が 31.9kgN/10a, 「ヘアリーベッチ単播区」が 36.4kgN/10a であった。

②後作コマツナの窒素吸収量および緑肥からの吸収量

緑肥の鋤き込み後に 2 作連続作付けしたコマツナの生産量、窒素吸収量を表 4-7 に示した。2 作を合わせたコマツナの実収量は乾物重で「ヘアリーベッチ＋ライムギ混播区」が 284kg/10a, 「ヘアリーベッチ単播区」が 323kg/10a, 「緑肥なし区」が 167kg/10a であった。各乾物重、窒素含有量から算出したコマツナの窒素吸収量は「ヘアリーベッチ＋ライムギ混播区」が 12.8kgN/10a, 「ヘアリーベッチ単播区」が 13.9kgN/10a, 「緑肥なし区」が 7.2kgN/10a であった。緑肥作付け後の土壌中の無機態窒素含量は緑肥作付けの有無に関わらず微量であった（表 4-8）。コマツナの緑肥からの窒素吸収量は「ヘアリーベッチ＋ライムギ混播区」が 5.6kgN/10a, 「ヘアリーベッチ単播区」が 6.7kgN/10a と算出した。

（3）有機栽培圃場の土壌調査

①長期有機栽培土壌の化学性と無機態窒素

2 地点の土壌の化学性を表 4-9 に示した。北杜市高根町の採取土壌が腐植質普通黒ボク土であることから、分析値を山梨県農作物施肥指導基準（2011）⁷⁸⁾ の黒ボク土基準値と比較した。有機栽培年数 11 年目圃場、21 年目圃場ともに pH が高かった。また、石灰、加里、リン酸が多く、栽培年数 21 年目圃場では、11 年目圃場と比べて、より多い傾向にあった。

次に、土壌の深さ別の無機態窒素を表 4-10 に示した。2 圃場とも深さ 0～20cm の作土ではアンモニア態窒素、硝酸態窒素ともに少なかったが、深さ 40～100cm の下層土では、硝酸態窒素が 11 年目圃場で 9.9～11.2mg/100g, 21 年目圃場で 5.3～5.6mg/100g と多かった。

②山梨県内の有機栽培土壌の化学性

山梨県内の有機栽培圃場 108 地点における土壌の化学性を図 4-3 に示した。各分析値の中央値は pH が 7.1, 石灰が 404mg/100g, 苦土が 63mg/100g, 加里が 118mg/100g, リン酸が 28mg/100g であった。施肥指導基準値⁷⁸⁾ と比べると、pH, 加里、リン酸が多く、山梨県内の有機栽培土壌が全体的に高 pH で、リン酸、加里などが過剰傾向であった。

4. 考察

調査対象とした現地圃場の野菜生産状況は、虫害を受けた一部期間を除き、いずれもほぼ作付け計画どおりに生産できた。また、雑草発生状況は、3 圃場の内、基盤整備から間もない 2 年目圃場は野菜の作付け期間中に発生する畦間雑草が少ない傾向であったが、有機栽培 11 年目以上の 2 圃場は冬期を除き通年で雑草の発生量が多かった。

現地で栽培された野菜はキャベツやブロッコリーなど結球や花蕾部位のみを収穫物として持ち出し、外葉部など残渣を圃場内に残す品目が多かったため、野菜収穫物の持ち出し量は窒素成分で 10～12kgN/10a となり、鶏ふん堆肥 600kg/10a 施用による窒素投入量 13kgN/10a とほぼ同程度となった。但し、野菜の生育や収穫までに必要な総窒素量は 20～30kgN/10a であるため、鶏ふん堆肥以外の窒素成分の補給が本来必要となる。

通常の慣行栽培では、残渣を圃場外に持ち出すことが多いため、予め窒素成分 20～30kgN/10a の施肥量を投入している。一方、本有機栽培法では、鶏ふん堆肥の施用だけで賄うことができている。これは、野菜残渣を持ち出さずに鋤き込んでいること、また圃場に発生する大量の雑草を鋤き込んでいることによると考えられる。特に、有機栽培経過年数の長い圃場における雑草による窒素還元量は 38～39kgN/10a となり、窒素固定能力の高いマメ科作物ヘアリーベッ

チを緑肥として利用した場合の窒素還元量の 32 ~ 36gN/10a に匹敵、またはそれ以上となる。小松崎ら (2012)³⁵⁾ は、雑草草生・不耕起栽培圃場の無機態窒素が慣行栽培と比べて多いと報告しており、草生利用による養分還元能の高さを示している。

本有機栽培法では、雑草鋤き込み量に残渣鋤き込み量を加えると 33 ~ 50kgN/10a の窒素を圃場へ還元していることになり、毎年投入している施肥量以上の窒素が循環しているとともに、これらの一部が野菜の生育に必要な養分の不足量を補っていたものと考えられる。また、有機栽培圃場では通年的に発生する雑草を随時鋤き込み耕耘することから、雑草はその都度分解され順次無機化されていくと推測され、年 1 回の作付けや鋤き込みを行う緑肥の利用と異なり、年間を通じて継続的に窒素の還元が行われていると考えられる。藤崎・鮫島 (2004)²⁰⁾、三木ら (2005)³⁸⁾、上野ら (2012)⁷²⁾ は、緑肥の導入による野菜や作物の増収効果を報告している。本試験においても緑肥を作付けることでコマツナの窒素吸収量が高くなったが、緑肥作付けの有無に関わらず土壌中の無機態窒素量が微量であったことから、高くなった分は緑肥に含まれる窒素から吸収されたものと考えられる。雑草や残渣など大量の有機物を鋤き込む現地の有機栽培法においても緑肥を作付けした場合と同様の効果が現れていると推察される。なお、調査対象とした葉菜類の生産に必要なリン酸、加里の各成分は鶏ふん堆肥の施用量のみで供給可能であったことを付記する。

一般的に慣行栽培では、作付け毎に基肥や追肥を行う必要があるが、本有機栽培法では最小限の施肥のみで不足分は雑草や残渣などにより賄えた。これは養分的に十分な補給がなされたことによるが、養分保持もしやすくなったと考えられる。慣行栽培では降雨などで流亡しやすい無機態窒素などが、草生管理を行うことで溶脱しにくくなり本来流亡してしまう窒素を回収し、農作物に

還元しているものと推察される。栢岡ら (2003)²¹⁾、糟谷・廣戸 (2010)³¹⁾ は野菜生産に緑肥を利用することで、梅宮 (1997)⁷¹⁾ は果樹栽培に草生管理を利用することで、いずれも無機態窒素など肥料養分の溶脱抑制効果が大いだと報告しており、緑肥と同様に雑草による草生管理の効果を示している。

今回、場内試験によるコマツナの緑肥からの窒素吸収量は 6 kgN/10a 前後であったが、雑草による草生管理においても、野菜生産に必要な窒素成分量の内、鶏ふん堆肥の不足分程度の窒素成分量を補っているものと考えられる。また、これら無機化された窒素の利用以外にも有機物が経年的に分解されることにより発現する地力窒素についても考慮に入れる必要があり、その発現量や野菜生育への影響については今後検証すべき課題である。

一方、長年有機栽培を行ってきた土壌は、高 pH 化が進み、リン酸、加里などが過剰になっていることが今回の土壌分析結果から明らかとなった。この現象は、本調査圃場のみならず、山梨県内 108 地点の土壌分析値からも同様の傾向が伺え、有機栽培土壌に共通した問題として提起することができる。また、有機栽培年数が 10 年を越える圃場の一部では、硝酸態窒素の下層土への溶脱が確認された。その原因として、年次毎に投入されてきた鶏ふん堆肥や、草生管理によって土壌へ還された雑草、残渣由来の窒素などが地力窒素として蓄積するとともに、順次無機化し硝酸態窒素の形で下層土へ溶脱したことが考えられる。

雑草草生を用いた有機栽培法は、雑草や残渣由来の窒素を大量に圃場へ還元し、いずれ窒素成分として作物の供給源になること、また無機態窒素の溶脱を抑制し (小松崎 2010)³⁴⁾、高い養分保持効果を示すといった長所を有することから、定量の堆肥を毎年投入する必要はなく、施用量を徐々に削減していくことができると考えられる。

長期にわたり有機栽培を行い、多量の地力窒素を保持する圃場における窒素施用は、土壤へ還された雑草や残渣由来の窒素を考慮した上で、不足する窒素を堆肥などで補うことが望ましいと考えられる。堆肥の投入量を各圃場の地力窒素量に応じて削減、あるいは調整していくことで、過剰なリン酸や加里など土壤の養分バランスを改善することができ、さらに硝酸態窒素の下層土への溶脱抑制にも貢献できると考えられる。

以上のことから、野菜の多品目作付けや残渣鋤き込み、雑草草生を利用した本有機栽培法は、虫害軽減や可販株率の向上（赤池・千野 2011）⁷⁾に寄与するのみならず、野菜の生育に必要な窒素の還元など物質循環機能に大きく寄与し、これに伴う堆肥施用量の削減など環境負荷低減にも寄与できると考えられる。小松崎ら（2012）³⁵⁾は、自然と共生する農業体系の一つとして雑草草生・不耕起栽培を挙げている。今回対象とした有機栽培法は草生管理した雑草を残渣とともにトラクターのロータリー耕で鋤き込むものであるが、野菜の生育期間を通じて雑草と共生している点では不耕起法と共通する。有機栽培を行う上で、雑草（草生）は排除すべきものではなく、安定生産や自然循環機能に貢献する重要な要素の一つとして見直す必要があると考えられる。

第5章 有機農業の意義と役割

有機栽培の成立条件

(1) 慣行栽培と遜色ない経営収支

山梨県の有機栽培が経営的に成立していることを示すために、生産規模や経営収支などの点から慣行栽培と比較したのが表5-1である。有機栽培はいずれも30品目以上の野菜を生産し、量販店やスーパーなどとの契約取引で販売を行っている2事例で、慣行栽培は「山梨県農業経営指標（山梨県農政部 2005）」⁷⁾に基づき、県内の主要品目50品目（作型）を100a作付けした場合の平均値として算出したものである。耕作面積は有機栽培A（以下「有機A」）が307a、有機栽培B（以下「有機B」）が811aで、ともに慣行栽培と比べて広いが、有機栽培が輪作や疎植栽培を前提としている（赤池ら 2013）⁹⁾ ことによる。総生産量は、有機栽培の2事例とも慣行栽培と比べて低い、粗収入は有機栽培が慣行栽培と比べて高い。これは慣行栽培の販売形態が、仲卸など流通経路が多い上、変動する市況に応じた重量単価（円／

kg）であるのに対して、有機栽培が販売元との直接取引による固定単価（円／個）であることが大きく影響しているものと考えられる。

一方、経費は有機栽培が慣行栽培と比べてやや多くを要している。これは、有機栽培が慣行栽培と比べて作付け規模が大きく、野菜の種子や育苗培土、支柱やマルチ資材などに多くの費用を要すること、機械類や燃料、運送などは慣行栽培と同様の費用を要することによる。粗収入から経費を差し引いた農業所得は有機栽培が慣行栽培と比べて高く、所得率についても有機栽培が慣行栽培と比べて同等以上あり、いずれも粗収入の高さが高所得に反映しているものと考えられる。

栽培法の違いによる労働時間および労働単価を示したのが表5-2である。有機栽培、慣行栽培ともに労働力2人で、年間の総労働時間は同程度である。労働時間当たりの総生産量は、慣行栽培の8.5kg／時間に対して、「有機A」が7.7kg／時間、「有機B」が6.8kg／時間と少ないが、労

表5-1 栽培法の違いによる生産規模および経営収支

栽培法	耕作面積 (a)	総生産量 (kg)	粗収入 (千円)	経費 (千円)	所得 (千円)	所得率 (%)
有機栽培 A	307	34,256	12,243	6,906	5,337	43.6
有機栽培 B	811	31,500	11,825	6,500	5,325	45.0
慣行栽培 ²⁾	100	38,070	9,935	5,831	4,105	41.3

2)「山梨県農業経営指標」に基づき、主要野菜50品目（作型）を100a作付けした場合の各平均値を算出。

表5-2 栽培法の違いによる労働時間および労働単価

栽培法	労働時間 (時間/年・人)	労働力 (人)	総生産量/労働時間 (kg/時間)	粗収入/労働時間 (円/時間)	所得/労働時間 (円/時間)
有機栽培 A	2,240	2	7.65	2,733	1,191
有機栽培 B	2,320	2	6.79	2,549	1,148
慣行栽培 ²⁾	2,240	2	8.50	2,218	916

2)「山梨県農業経営指標」に基づき、主要野菜50品目（作型）を100a作付けした場合の各平均値を算出。

働時間当たりの粗収入と所得は、慣行栽培の2,218円/時間、916円/時間に対して「有機A」が2,733円/時間、1,191円/時間、「有機B」が2,549円/時間、1,148円/時間といずれも多い。これは、有機栽培の粗収入や所得の高さ(表5-1)によるものである。このことから、有機栽培の労働単価は慣行栽培と比べて遜色ない、あるいはそれ以上であると評価できる。

また、果菜類、葉菜類別に労働時間の作業別配分割合を示したのが図5-1～図5-4である。果菜類の有機栽培(図5-1)では、20aの圃場面積にキュウリ、トマト、ナスを数畦毎にブロック状に作付けた場合を、慣行栽培(図5-2)では同面積にキュウリのみを単作した場合を想定しており、葉菜類の有機栽培(図5-3)では、コ

マツナ類、ホウレンソウ、キャベツをブロック状に作付けた場合を、慣行栽培(図5-4)ではキャベツのみを単作した場合を想定している。果菜類の場合、「施肥・耕耘・畦立て」、「育苗・定植・支柱立て」、「仕立て(誘引・整枝・摘葉)」、「かん水」は有機栽培と慣行栽培で大差がないが、「薬剤散布」は慣行栽培のみが行う作業で全体の9%を占めている。「収穫・選別」は有機栽培が慣行栽培と比べて9%程度高いが、共選主体の慣行栽培に対して有機栽培は個選主体の選別作業を行っていることによる。葉菜類の場合、「施肥・耕耘・畦立て」、「播種・育苗・定植」、「かん水」は有機栽培と慣行栽培で大差がないが、「薬剤散布」は慣行栽培のみが行う作業で全体の8%を占めている。葉菜類の作業時間の大半は「収穫・選別」で

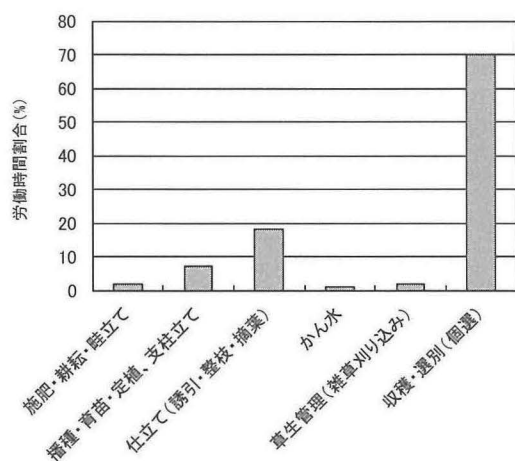


図5-1 有機栽培(キュウリ+トマト+ナス)

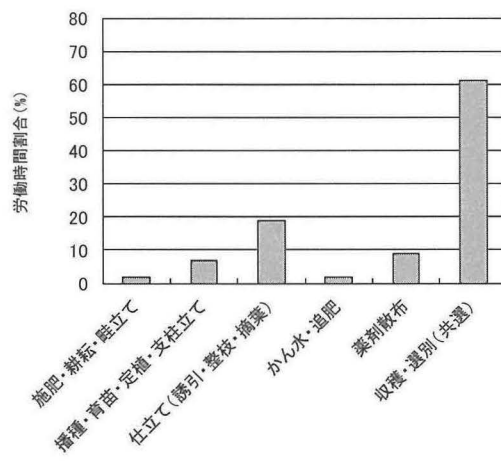


図5-2 慣行栽培(キュウリ)

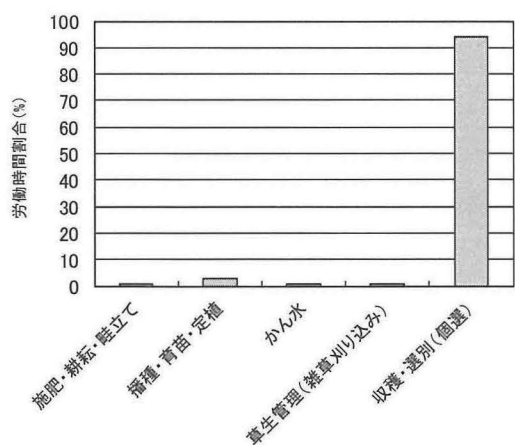


図5-3 有機栽培(コマツナ+ホウレンソウ+キャベツ)

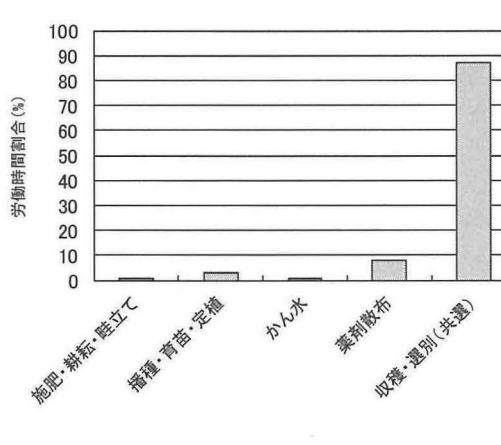


図5-4 慣行栽培(キャベツ)

あり、有機栽培が約94%、慣行栽培が約87%である。これらのことから、有機栽培と慣行栽培の栽培法の違いにより作業別労働時間は大きく違わないが、慣行栽培では果菜類、葉菜類ともに薬剤散布に要する時間が全体の1割近いこと、薬剤散布を行わない有機栽培では、その時間を収穫作業や選別作業に充てていると考えられた。

以上のように、経営収支や労働時間など慣行栽培との比較によっても有機栽培が経営的に十分成立しうる農法であることが示された。

(2) 立地、気象条件、野菜の作型からみた有機栽培適地

山梨県の有機栽培農家は第1章で述べたとおり、北杜市が全体の66%を占めており(図1-1)、有機栽培の産地として定着している。当地域が有機栽培に適していることは、第2章、第2節でも論じているが、八ヶ岳南麓から甲府盆地にかけて緩やかに広がる南面斜面に位置し、かつて大規模に作付けられていた夏秋トマトや春どりレタスなどの指定産地が減少するとともに、これらの耕作放棄地をIターンなど首都圏から入植した新規就農者(表1-1)らが利用しやすい条件が整っていたことが考えられる(赤池ら2013)⁹⁾。北杜市の耕地は概ね標高450～850mの間に位置し、気象条件を示した表5-3では韮崎市から北杜市大泉の間に相当する。甲府盆地の中心地と比べて

平均気温はやや低いが、降水量や日照時間は同程度である。全国平均と比べると、降水量が少なく日照時間が多い点が特徴である。露地野菜を生産する上で、日照条件が良好で、降水量が比較的少ないことは、作物の生育上あるいは病害虫の発生などの点で有利であると考えられる。また、山梨県は四方を富士山、南アルプス連峰、八ヶ岳、秩父山系など3,000m級の山々に囲まれていることから、台風などの自然災害から守られ甚大な被害が生じにくい点も好条件の一つと考えられる。本県がこれら気象や立地上の長所を最大限に活かしていることは、甲州市、山梨市、南アルプス市など甲府盆地周辺地域でブドウや桃などの果樹栽培が盛んであることが証明している。

北杜市が有機栽培の適地と考えられる最も大きな要因の一つは、第2章、第2節でも論じたが、露地野菜の作型と密接な関係がある(赤池ら2013)⁹⁾。北杜市は標高的には中間地～準高冷地に立地するが、平均すると650m前後という良好な位置に広大な農耕地を有していることが特に有利な点として挙げられる。多くの有機栽培農家にとって経営上主軸となる品目は夏期の果菜類と春秋期の葉菜類である。特に夏期の主力品目トマト、キュウリ、ピーマンなど多くの果菜類は比較的冷涼な地域を原産とするため、作物の性質上耐暑性が低く、甲府盆地など猛暑が続く平坦部では暑さを好むナスやオクラ以外、大半の果菜類は

表5-3 北杜市周辺地域の気象状況(1981～2010年の平均値)

地域	標高 (m)	平均気温 (℃)	降水量 (mm)	日照時間 (h)	平均風速 (m/s)
北杜市大泉	867	10.9	1,146	2,218	2.1
韮崎市	341	13.7	1,210	2,120	1.9
甲府市	273	14.7	1,135	2,183	2.2
全国平均 ^{z)}	—	15.2	1,611	1,897	—

z) 2010年の数値。

安定生産が困難となる。また、標高が 900 m を越える地域では夏期はレタスやキャベツなどの高原野菜しか作付けできず、果菜類を作付けた場合も、収穫期間が短く経営的に見合わないものとなる。夏期に果菜類を、春秋期に葉菜類を中心に作付けすることができることで、春から秋にかけて 3 シーズンの間、本来野菜の旬となる時期に農産物を消費者に提供できる点が最大の利点であり長所といえる。このように北杜市は多くの野菜、特に果菜類を旬の時期に栽培できる露地野菜の最適地なのである。

最後に、北杜市に新規入植した就農者の声を聞いてみると、その殆どが美しい山並みを毎日望みながら有機農業を営むことができることに幸せを感じているとのことであった。ハケ岳や南アルプスなどが周囲にそびえる美しく雄大な景観の地で、自然環境と調和した生産方式である有機農業を実践できることが新規就農者を惹き付ける理由の一つともいえよう。

安定生産と環境負荷低減の両立

有機農業が経営的に成り立つためには、安定生産が不可欠である。第 2 章、第 1 節では有機栽培のしやすい品目や作付時期を明らかにした。作付時期を問わず比較的作りやすい品目としてレタス、ホウレンソウ等を、害虫の被害を受けやすく作りにくい品目としてキャベツやコマツナ等アブラナ科野菜を示した（赤池・窪田 2002）⁴⁾。野菜品目の性質や栽培難易度を予め認識しておくことは、年間の作付け計画を立てる上で、安定経営を図るための重要な要件の一つとなる。また、第 2 章、第 2 節では野菜の有機栽培を成立させるための耕種要因を抽出し具体事例として示した。栽培上重要な要件として、「品目に合った適切な作型の導入」、「耐病性や良着果性など適品種の利用」、「採光や通風確保のための疎植栽培」、「土壌病害回避のための作付けローテーション（輪作）」、さらに本研究の主要テーマとして掲げた「混

作や間作、畦間の雑草草生管理」などを示した（赤池ら 2013）⁹⁾。これらを総合的に実践することで、高い歩留まり率や可販株率を達成できることは、本研究による現地調査（赤池ら 2013, 2015）^{9, 11)} や場内試験（赤池・千野 2011⁷⁾、赤池ら 2004, 2009, 2011, 2013^{5, 6, 8, 10)}、さらに前述した経営収支比較（表 5-1, 表 5-2）などにより検証済みである。

一方、有機農業は「環境負荷を低減した持続的な農業生産」という理念の基に、これを果たす具体的役割として生物多様性保全や自然循環機能の維持増進などが掲げられている。現在、消費者をはじめ一般市民の多くが、有機農業が単なる化学肥料や化学農薬を用いない農法としてのみならず、自然環境と共存した農業生産を実践する農法として、その価値や意義の重要性を認識し始めている。本研究では、第 2 章、第 2 節で対象とした現地の有機栽培圃場において、害虫に対する寄生性や捕食性の土着昆虫類が多数生息していたことを、第 3 章、第 1 節と第 2 節では、複数品目による混作やシロクローバ間作、雑草草生を利用した有機栽培圃場においてゴミムシ類やクモ類など害虫被害の抑制要因となり得る多数の捕食性土着天敵を確認している（赤池・千野 2011⁷⁾、赤池ら 2011, 2013^{8, 9)}）。これらは単一作物の作付けを基本とし、畦間を裸地とする慣行栽培圃場では殆ど確認されなかったことから、本有機栽培法が生物多様性、とりわけ農業生産を行う上で有用と思われる生物の保全機能に大いに貢献しているものと考えられる。本研究で対象とした小動物や昆虫類の他にも、土壌中には有機物の分解者である節足動物や微生物が、地上部にはカエルなどの両生類や鳥類など多くの捕食者たちが生息、活動しており、圃場やその周辺部において小さな生態系や食物連鎖が形成されていることが想像できる。

さらに、有機農業が果たすべきもう一つの役割、自然循環機能については第 4 章で検証した。第 3 章では混作や草生利用が病虫害の軽減や可販率の

向上に大きく寄与するものとして、主に安定生産や生物多様性に対する役割を評価したが、第4章では堆肥や野菜残渣、畦間に発生する雑草が経年的に土壌へ還元されることによって、有機栽培圃場で順次窒素循環が行われ、効率的に無機態養分を作物に供給できる役割を担っていることを明らかにした(赤池ら 2015)¹¹⁾。化学肥料を通常の施肥に用いている一般的な慣行栽培農家や農業指導者の多くは、畦間の間作や雑草草生を利用した栽培法は、生産目的とする野菜との間で養分競合が生じることを懸念しがちである。しかし、現地の有機栽培圃場や長年有機栽培を継続した試験圃場において、養分競合は殆ど認められていない。これは、慣行栽培で化学肥料を作付け毎に施用した場合、無機態窒素は作物による吸収と降雨などによる地下への溶脱をその都度繰り返し、常時肥効にロスが生じていることに対して、本有機栽培法では堆肥や残渣、雑草など有機物の無機化が年間を通じて段階的に進み、作物が利用できる無機態窒素に順次還元されるとともに、経年的に地力窒素として土壌中に蓄えられていることによると考えられる。また草生管理によって無機態窒素の溶脱が大きく抑制されるため、無駄なく作物が養分を利用できる状態を維持していることも考えられる。

このように、第4章では窒素に着目して、有機農業が果たすべき自然循環機能の一端を証明したが、これまでに示した生物多様性保全機能と合わせて環境負荷が少ない農業生産を可能とすることで、農地や周辺環境を持続的に維持することができ、これによって将来の担い手に安心して農地を引き継ぐことができると考えられる。

今後の展望

1990年代以降、減化学肥料栽培や減農薬栽培などの環境保全型農業が推進されてきた。近代農業は人口増加や経済成長に伴い食料の安定供給を図ることを最大の目標に、化学肥料や化学農薬を

効率的に利用しながらこれを達成してきた。しかし、昨今は農業生産の安定化とともに圃場を取り巻く自然環境の維持や保全が持続的な農業を発展するために大切であると考えられるようになった。有機農業は圃場周辺の多様な生き物と共存し、堆肥や緑肥などの有機物資源を圃場内外で循環させながら農業生産を行う方式であり、化学肥料や化学農薬を用いないという点では究極の栽培法といえる。立地や気象、作物の特徴や作型を十分掌握した上で、多くの経験に基づき初めて達成されるものである。視野の広さ、高い観察力や予測能力、臨機応変に対応できる柔軟さが求められ、旺盛な好奇心や失敗を恐れないチャレンジ精神も必要である。そのため、多くの農業者が有機栽培に取り組み成功させることは難しく、我が国の総生産者数の0.5%(2010年現在)を占めるに留まっている。今後、国内の有機農業が占める面積割合を1.0%(2018年目標)まで伸ばすことを目標としていることは第1章で述べたが、有機農業の実質的な意義は、生産者数や栽培面積を増やすことのみならず、生産者や消費者、強いては一般市民の環境保全に対する意識を高める役割が大きいものと考えられる。

これまでの慣行栽培は、病虫害の発生に対して薬剤防除を中心技術に据え、時には計画的な予防散布を行う事例も多かった。これは、単一品目を大量生産する上で産地としての生産性を優先するために、防除に関しても画一的な集団指導を行う体制がとられていたことによる。しかし、近年は自ら施肥設計を立て、病虫害の発生にも独自に対応するなど自主性の高い農家が増えつつある。慣行栽培を行う農家の中にも、化学肥料に依存しない、あるいは化学農薬を極力減らしたいと考える農家は多く、これらの農家が環境保全型農業に順次移行していくことで、農業生産全体に占める化学肥料や化学農薬への依存度は減り、環境に負荷のかからない持続的な農業の推進が可能となる。環境保全型農業の底辺を広げるためにも、その頂

点に位置する有機農業の様々な取り組み事例はこれを支える貴重な財産となり得る。そのためにも、我々研究業務に携わる者は、現地調査や圃場試験などを通じて、有機農業の研究から得られた普遍的データを蓄積するとともに、現場に還元しながらさらなる問題点を提起・検証することで、有機農業のみならず慣行農業の発展にも貢献することができると思われる。

有機農業を始めとした環境に配慮した栽培法が広がることで、生産者は豊かな自然環境を有する日本国内で多様な生き物や有機物資源を活かした農業を営むことができ、また消費者はそこから生み出される農産物を享受することができる。これらは生産者にとっては誇りとなり消費者にとっては喜びとなる。現在、山梨県では若い生産者や農業指導者が有機栽培圃場に集まり、そこに生息する生き物の観察や調査を行うなどの自主活動を行っている。また、都会から消費者を呼び、多くの種類の野菜や雑草などに囲まれた有機栽培圃場の見学ツアーを設けるなど、有機農業の意義や価値を伝えようとする試みがなされている。山梨県はこれら農家の取り組みや研究成果などを全国にむけ積極的に発信しようとしている。有機農業は国内の農業生産規模からすると僅かなものがあるが、将来にむけて持続的な農業生産を推し進めるための理想の姿として、また環境保全型農業を牽引するリーダー的存在として、その価値を示す重要な役割を担っているのである。

謝 辞

本論文は山梨県総合農業技術センターにおいて1998～2013年に行った野菜の有機栽培に関する研究をとりまとめたものであり、論文の作成に当たり多くの先生方や職場の皆さんのお世話になった。東京農業大学大学院農学研究科、環境共生学専攻主任の濱野周泰先生には、博士論文の意義や全体構成、研究が導く社会的役割の重要性などについてご指導戴いた。心より感謝申し上げます。東京農業大学の両角和夫先生、五十嵐大造先生、小池安比古先生、後藤逸男先生には論文作成上で貴重なご助言を戴き感謝申し上げます。特に、後藤先生には、山梨県総合農業技術センター客員研究員としてご指導戴き、本学においてもお世話になり感謝申し上げます。環境共生学専攻の諸先生方には常に前向きなアドバイスを多数戴き、感謝申し上げます。また、学生時代よりご指導戴いてきた本学学術情報課程の惟村直公先生には終始多くの激励やアドバイスを戴いたことは大変心強く、心より感謝申し上げます。

これまで、本研究に対して多数の協力を戴いた山梨県総合農業技術センター職員の皆様、國友義博氏、長坂克彦氏、上野直也氏には、土着天敵、土壌肥料、雑草分類等、専門分野の視点から調査協力やアドバイスを戴いた。感謝申し上げます。場内での栽培試験や現地調査を行う上で、栽培部野菜科、旧高冷地分場野菜作物科の研究職員、管理室職員の皆様には常に多くの協力を戴いた。感謝申し上げます。また、2007年に発足した当センター有機農業推進プロジェクトチームでこれまで活動をともにしたメンバーの皆様に感謝申し上げます。

北杜市で長年有機農業を営まれている元山梨県指導農業士会会長の梶原雅巳氏、やまなし有機農業連絡会議副会長の瀬戸義和氏には現地調査への協力や栽培履歴の提供など大変お世話になった。感謝申し上げます。また、日本有機農業学会会長、やまなし有機農業連絡会議会長の澤登早苗先生には、山梨県の有機農業推進に対し研究面、行政面から支援して戴き感謝申し上げます。

最後に、本県の有機農業支援を推し進め、事業や予算化に尽力され、研究業務に対しても継続した支援を戴いた山梨県農政部職員の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) Abe, M. and Matsuda, K. (2000) Feeding deterrents from *Momordica charantia* leaves to cucurbitaceous feeding beetle species, *Applied Entomology and Zoology*. Vol.35. No.1. p.143-149.
- 2) 足達太郎・小路晋作 (2008) プッシュ・プル法による害虫管理. 植物防疫. Vol.62. No.12. p.1-5.
- 3) 赤池一彦・玉井重則・山崎修平・窪田哲 (2001) 高冷地における露地野菜生産のための緑肥作物の選定と施用効果. 山梨県総合農業試験場研究報告. No.10. p.71-84.
- 4) 赤池一彦・窪田哲 (2002) 高冷地で有機栽培が可能な露地野菜の品目と栽培時期. 山梨県総合農業試験場研究報告. No.11. p.35-44.
- 5) 赤池一彦・平林正光・窪田哲 (2004) 高冷地におけるキャベツの有機栽培－障壁作物と被覆作物の利用がコナガ、ダイコンアブラムシの発生と収量に及ぼす影響－. 山梨県総合農業試験場研究報告. No.14. p.1-10.
- 6) 赤池一彦・千野正章・對木啓介・宮川芳樹・竹丘守 (2009) 障壁・被覆作物が平坦地夏どりキャベツの虫害軽減に及ぼす影響. 山梨県総合農業技術センター研究報告. No.3. p.1-7.
- 7) 赤池一彦・千野正章 (2011) 雑草の間作利用がキャベツ、ブロッコリー栽培の虫害軽減や生産性に及ぼす影響. 山梨県総合農業技術センター研究報告. No.4. p.25-32.
- 8) 赤池一彦・小澤明子・千野正章 (2011) 混作や間作による有機栽培キャベツ、ブロッコリーの虫害軽減効果. 有機農業研究. Vol.3. No.1. p.34-43.
- 9) 赤池一彦・國友義博・上野直也・平林正光・濱野周泰 (2013) 山梨県北杜市における野菜の有機栽培圃場の実態調査からみた耕種的特徴. 有機農業研究. Vol.5. No.2. p.26-36.
- 10) 赤池一彦・中村知聖・小澤明子・石川寛人 (2013) 夏秋キュウリのニガウリとの混作を利用した有機栽培. 有機農業研究. Vol.5. No.2. p.5-13.
- 11) 赤池一彦・長坂克彦・中村知聖・濱野周泰 (2015) 野菜の有機栽培における雑草草生を利用した窒素循環. 食農と環境. No.15. 91-100.
- 12) 蟻川謙太郎 (2009) 昆虫の視覚世界を探る－チョウと人間, 目がいいのはどちら?－. 中部大学生命健康科学研究所紀要. Vol.5. p.45-56.
- 13) Armstrong G., Mckinlay R.G. (1997) Vegetation management in organic cabbages and pitfall catches of carabid beetles. *Agriculture, ecosystems & environment*. Vol.64. No.3. p.267-276.
- 14) Bach, C.E. (1980) Effect of plant density and diversity on the population dynamics of a specialist herbivore, the striped cucumber beetle, *Acalymma vittata*. *Ecology*. Vol.61. No.6. p.1515-1530.
- 15) Braun-Blanquet. J. (1964) *Pflanzensoziologie: grundzüge der vegetationskunde*. 3 Aufl Springer-Verlag. Wien. 865pp.
- 16) Daniel, B., M., Horibata, Y., Kashiwagi, T., Tebayashi, S., Chul-Sa, K. and Horiike, M. (2002) Oviposition deterrent from bitter gourd leaves, *Momordica charantia* to a leaf miner fly, *Liriomyza trifolii*. 日本応

- 用動物昆虫学会大会講演要旨. Vol.46. p.133.
- 17) Finch, S. (1996) "Appropriate / inappropriate Landings," a mechanism for describing how undersowing with clover affects host-plant selection by pest insect of brassica crops. IOBC/WPRS Bulletin. Vol.19. No.11. p.102-106.
- 18) Finch, S. and Kienegger, M. (1997) A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affect host-plant selection by pest insect of brassica crops. Entomologia Experimentalis et Applicata. Vol.84. p.165-172.
- 19) 藤原孝之 (2001) 有機野菜の品質評価研究の現状と今後の展望. 農業および園芸. Vol.76. No.7. p.3-8.
- 20) 藤崎成博・鮫島國親 (2004) 緑肥栽培がキャベツ, ダイコンの生育・収量に及ぼす影響. 園芸学会雑誌別冊. Vol.73. No.1. p.509.
- 21) 栢岡和恵・小野忠・佐伯知勇 (2003) 露地野菜畑における硝酸態窒素の溶脱防止を目的とした緑肥作物の導入. 九州沖縄農業研究成果情報. No.18. 下巻. p.549-550.
- 22) 原涼子・坂井直樹 (2006) 持続性を目指した畑作物－雑草共生系に関する基礎的研究. 筑波大学農林技術センター研究報告. Vol.19. p.1-19.
- 23) 長谷川浩 (1990) 生態系活用型農法の現状と田畑輪換の意義. 北陸作物学会報. No.25. p.94-99.
- 24) 橋爪健 (1995) 緑肥を使いこなす. 農山漁村文化協会. pp.132.
- 25) Hooks, C.R., Johnson M.W. (2001) Broccoli growth parameters and level of head infestations in simple and mixed plantings: Impact of increased flora diversification. Annals of Applied Biology. Vol.138. No.3. p.269-280.
- 26) Hooks, C.R., Johnson M.W. (2002) Lepidopteran pest populations and crop yields in row intercropped broccoli. Agricultural and Forest Entomology. Vol.4. No.2. p.117-125.
- 27) 池浦博美・五味正志・早田保義 (2005) モンシロチョウ成虫に対するアブラナ科植物の選択・産卵刺激物質に関する研究. 園芸学会雑誌. Vol.74. 別冊 2. p.475.
- 28) 池浦博美・早田保義 (2006) アブラナ科植物の何がモンシロチョウを誘引するのか. 園芸学会雑誌. Vol.75. 別冊 2. p.210.
- 29) 池浦博美・早田保義 (2011) なぜモンシロチョウはキャベツにとまるのか?. Aroma Research. Vol.12. No.2. p.141-143.
- 30) 鎌田靖弘・大石千明・西川一好・宮城健・嶺井政秀・新垣拓也 (2009) 亜熱帯生物資源の殺菌条件に関する研究. 沖縄県工業技術センター研究報告. No.11. p.21-29.
- 31) 糟谷真宏・廣戸誠一郎 (2010) 秋冬キャベツ栽培の夏季休閑期への緑肥作物導入による窒素収支の改善. 愛知県農業総合試験場研究報告. No.42. p.141-146.
- 32) 金氣興 (2011) 韓国の有機農業の現状－パルダンセンミョンサリム－. 農業. No.1550. p.57-62.
- 33) 小寺孝治・川村眞次・小林俊明 (2000) 有機農産物（無農薬無化学肥料）栽培指針の作成. 平成 11 年度東京都農林水産技術成果選集. p.6-7.
- 34) 小松崎将一 (2010) カバークロップの利用と有機農業. 有機農業研究. Vol.2. No.1. p.11-23.
- 35) 小松崎将一・山下幸祐・竹崎善政・嶺田拓也・金子信博・中島紀一・太田寛行 (2012) 自然雑草利用・不耕起による有機栽培体系に関する研究－茨城県での栽培事例分析－. 有機農業研究. Vol.4. No.1/No.2. p.53-66.

- 36) 久保田幸男 (2010) 多様な緑肥用作物の種類と特性・利用－緑肥用作物各地の動向－. 農業および園芸. Vol.85. No.1. p.205-214.
- 37) 目黒孝司 (1998) 有機野菜の品質と評価. 研究ジャーナル. Vol.21. No.7. p.30-34.
- 38) 三木直倫・土屋俊雄・宮森安雄 (2005) 休閒緑肥導入による大規模畑作の生産力増強. 研究成果情報 北海道農業 2004. p.260-261.
- 39) 水谷純也・田原哲士・西村弘行 (1979) ネギ属植物のフレーバー. 化学と生物. Vol.17. No.12. p.814-820.
- 40) 松村昭治・安達真理弥 (2012) ヘアリーベッチと堆厩肥の組み合わせによるトウモロコシの無化学肥料栽培. 農作業研究. Vol.47. 別号 1. p.53-54.
- 41) 永井一哉・飛川光治 (2010) ヒラズハナアザミウマ *Frankliniella intonsa* (Trybom) (アザミウマ目:アザミウマ科) によるトマト白ぶくれ症防除のための誘引植物としてのカリフォルニアポピーおよびペチュニアの評価. 日本応用動物昆虫学会誌. Vol.54. No.2. p.65-70.
- 42) 永井一哉・飛川光治 (2011) 誘引植物を利用した野菜の害虫管理. 植物防疫. Vol.65. No.2. p.51-55.
- 43) 中村裕 (1988) ツルレイシに存在する抗ウイルス物質について. 九州農業研究. No.50. p.122.
- 44) 根本久 (1995) 天敵クモ類への影響を考慮したキャベツのコナガの薬剤防除法. 関東東海農業の新技術. Vol.11. p.273-277.
- 45) 日本土壌協会 (2001) 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法. 財団法人日本土壌協会. 東京.
- 46) 西尾道徳 (2003) 21 世紀のオーガニック農業 環境保全の視点からみたオーガニック農業. 農耕と園芸. Vol.58. No.10. p.76-80.
- 47) 農林水産省 農産園芸局・食品流通局・食糧庁 (1992 (1996, 1997 改正)) 有機農産物及び特別栽培農産物に係わる表示ガイドライン.
- 48) 農林水産省 食品流通局 (1999) 有機農産物及び有機農産物加工食品の JAS 規格 (有機農産物の日本農林規格).
- 49) 農林水産省 農林水産技術会議 (2005) 西欧における有機農業研究の現状と動向に関する調査. 農林水産技術会議事務局技術政策課海外調査資料. No.43. p.1-15.
- 50) 農林水産省 農林水産技術会議 (2008) 米国における有機農業研究の現状と動向調査. 農林水産技術会議事務局技術政策課海外調査資料. No.51. p.1-31.
- 51) 農林水産省 生産局農産部・農業環境対策課 (2013) 有機農業の推進に関する現状と課題. 第 1 回有機農業の推進に関する小委員会資料. p.1-21.
- 52) 大串隆之 (1987) 資源の存在様式と個体群平衡－食植生昆虫を中心として－. 日本生態学会誌. Vol.37. p.31-47.
- 53) 大村尚 (2000) 蝶類成虫の採餌行動を制御する遠隔化学刺激に関する化学的・行動生理学的研究. 広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編. Vol.26.
- 54) 大西忠男 (1996) 露地野菜における有機栽培の難易性と問題点. 今月の農業. Vol.40. No.11. p.66-71.
- 55) 大野和朗 (2010) 生物多様性向上による露地ナスでの害虫管理. 農林水産技術研究ジャーナル. Vol.33. No.9. p.17-21.
- 56) Risch, S.J. (1981) Insect herbivore abundance in tropical monocultures and polycultures: an experimental test of two hypotheses. Ecology. Vol.62. No.5. p.1325-1340.
- 57) Romero A., Chamorro L., Sans F.X. (2008) Weed diversity in crop edges and inner

- fields of organic and conventional dryland winter cereal crops in NE Spain. Agriculture, Ecosystem & Environment. Vol.128. No.1-2. p.97-104.
- 58) Root,R. (1973) Organisation of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats : the fauna of collards(*Brassica oleracea*). Ecological Monographs. Vol.43. p.95-124.
- 59) Russel,E.P. (1989) Enemies hypothesis : A review of the effect of vegetational diversity on predatory insect and parasitoids. Environmental Entomology. Vol.18. No.4. p.590-599.
- 60) 劉坤・盛田清秀・清水みゆき (2011) 黒龍江省国営農場の有機・緑色農産物生産の実態と課題－紅星農場の事例を中心として－. フードシステム研究. Vol.18. No.3. p.337-342.
- 61) Seo,M.W., Yang,D.S., Kays,S.J., Lee,G.P. and Park,K.W. (2009) Sesquiterpene Lactones and Bitterness in Korean Leaf Lettuce Cultivars. Hort Science. Vol.44. No.2. p.246-249.
- 62) 篠田徹郎・松井正春 (1991) ワタアブラムシに対するニガウリの寄主選択制御因子. 日本応用動物昆虫学会大会講演要旨. Vol.35. p.86.
- 63) 篠田徹郎・松井正春・岡部光・長尾常敦 (1994) ニガウリ茎葉に含まれるワタアブラムシ摂食阻害物質の同定. 日本応用動物昆虫学会大会講演要旨. Vol.38. p.211.
- 64) 篠崎里沙 (2009) 有機農産物についての消費者意識と生産農家の実態把握－消費者と生産者のアンケート調査より－. 愛媛大学農学部紀要. Vol.54. p.11-17.
- 65) Smith,J.G. (1969) Some effects of crop background on populations of aphids and their natural enemies on brussels sprouts. Proceedings of the Association of Applied Biologists. p.326-330.
- 66) Suenaga Hiroshi and Hamamura Tetsuzo (2001) Occurrence of carabid beetle (coleoptera:carabidae) in cabbage field and their possible impact on lepidopteran pest. Applied Entomology and Zoology. Vol.36. No.1. p.151-160.
- 67) 谷口達雄 (1999) 障壁作物によるアブラムシ類のウイルス伝搬防止と飛来抑制. 植物防疫. Vol.53. No.6. p.222-225.
- 68) Theunissen,J., Booij,C.J.H., Schelling,G. and Noorlander,J. (1992) Intercropping white cabbage with clover. IOBC/WPRS Bulletin. Vol.15. No.4. p.104-114.
- 69) Theunissen,J. and Schelling,G. (1996) Undersowing of white cabbage with strawberry clover and spurrey. IOBC/WPRS Bulletin. Vol.19. No.11. p.128-135.
- 70) Tukahirwa,E.M. and Coaker,T.H. (1982) Effect of mixed cropping on some insect pests of brassicas ; reduced brevicoryne brassicae infestations and influences on epigeal predators and the disturbance of oviposition behaviour in delia brassicae. Entomologia Experimentalis et Applicata. Vol.32. p.129-140.
- 71) 梅宮善章 (1997) 果樹生産における草生管理法. 効率的施肥法などによる減肥料を考える. 農耕と園芸. Vol.52. No.1. p.110-112.
- 72) 上野秀人・宮崎崇史・辰巳悠・柴田朋美・荒木肇 (2012) ヘアリーベッチおよびシロクローバを表面施用したトマト栽培における生育収量および養分動態. 農作業研究. Vol.47. 別号 1. p.51-52.
- 73) 上村法光・青木和年・久保研一・小牧孝一・古家忠 (1995) 農作物の有機栽培等による

生産技術開発. 熊本県農業研究センター研究報告. Vol.4. p.14-18.

- 74) Van Bruggen A.H.C. (1995) Plant Disease Severity in High-Input Compared to Reduced-Input and Organic Farming Systems. *Plant Disease*. Vol.79. No.10. p.976-984.
- 75) Wiech, K. and Kalmuk, J. (2004) The influence of undersowing white cabbage with white clover on the occurrence of some lepidoptera pests. *Acta fytotechnica et zootechnica*. Vol.7. p.351-355.
- 76) 山本幸介 (2008) 新規就農で有機農業. 農作業研究. Vol.43. 別号 2. p.18-24.
- 77) 山梨県農政部 (2005). 山梨県農業経営指標 (果樹・野菜・花き・作物・特作・畜産). pp.326.
- 78) 山梨県農政部 (2011). 山梨県農作物施肥指導基準 p.8-9.
- 79) 安居拓恵・加藤厚・矢澤盈男 (1996) ニガウリ葉でのアワヨトウ摂食阻害物質の同定と物質生成に及ぼす栽培生育温度の影響. 日本応用動物昆虫学会大会講演要旨. Vol.40. p.127.
- 80) Yasui Hiroe, Fukaya Midori and Wakamura Sadao (2006) Behavioral responses in feeding to green color as visual stimulus with two lepidopteran larvae, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Noctuidae) and *Milionia basalis pryeri* Druce (Geometridae). *Applied Entomology and Zoology*. Vol.41. No.1. p.41-47.
- 81) 安富範雄・和氣坂成一・村井啓三郎・梅津憲治・大熊千代子 (1993) キャベツ畑のクモ類とコナガ幼虫の捕食量. 四国植物防疫研究. Vol.28. p.89-96

摘 要

環境保全型農業の一形態である有機農業は、環境負荷の低減、自然循環機能の増進、生物多様性保全に資する農法として、国や各地方自治体において推進されている。しかし、化学合成農薬や化学肥料を用いない有機農業は、現状では安定生産を図るための普遍的な栽培技術が確立されておらず課題となっている。そこで、本研究では、露地野菜の有機栽培を対象とし、伝承的、経験的に行われている混作や間作を用いた耕種手法の有効性を明らかにし、本栽培法の普遍性を実証することを目的とした。

具体的な個別研究として、(1) 野菜の品目や作付時期の違いによる栽培難易度の把握、(2) 現地有機栽培圃場の実態調査による有用な耕種的要因の抽出、(3) 混作・間作の有無や、混作・間作方法の違いによる病虫害軽減や生産性向上に対する効果、(4) 多品目作付け、混作や間作、雑草草生などの圃場管理形態が、自然循環機能など有機栽培が本来果たすべき役割の評価等についてそれぞれ検討した。

(1) 有機栽培が可能な露地野菜の品目と栽培時期

1998～2000年の3年間で15品目の野菜を試し、年間を通じた作付けを行い、病虫害の被害度と可販収量を判断基準として、有機栽培の可否や難易度について慣行栽培と比較した。その結果、害虫防除を行わなくても、化学肥料や化学農薬を用いた慣行栽培と比べて80%以上の可販収量を得ることができる露地野菜の品目は、ホウレンソウ、レタス、ニンジン、ネギ、バレイショ、カボチャ、ハクサイであった。一方、害虫の被害を受けやすく、いずれの時期においても無化学農薬栽培が困難な品目は、キャベツ、コマツナ、チンゲンサイ、

コカブ、ダイコンであり、アブラナ科野菜の栽培難易度が高い点が課題であった。

(2) 山梨県北杜市における野菜の有機栽培圃場の実態調査からみた耕種的特徴

現地の有機栽培圃場において野菜の有機栽培が成立している要因を、農家が実践している栽培諸条件の中から抽出するために、2003～2004年に山梨県北杜市の有機栽培農家5農家(経験年数10～30年、生産規模2～8ha)を対象に、作付け実態調査を行い、次のことを明らかにした。

作付け品目は30種類ほどで、中でも果菜類と葉菜類の数種類を中心品目として位置づけていた。作り易さや早晩性、収量性、耐病性の有無など、作付け品目に合わせて品種を選択していた。同一圃場に複数品目が作付けられるよう、畦毎にブロック状に配置した混作を行っていた。果菜類では病虫害、葉菜類では虫害対応策として、耐病性品種の利用、適期作付け、疎植、雨よけ、被覆資材の利用等の手段を講じていた。通路幅を広くとった疎植栽培として、採光、通気性の確保を行い、畦間や畦畔には自生する雑草を生やした草生管理を行っていた。一方、慣行栽培圃場は畦間を裸地状態としていた。有機栽培圃場では、慣行栽培圃場と比べて、多くの種類の土着天敵が認められ、生息数も多かった。連作障害が発生しやすいナス科野菜栽培では、圃場のローテーション間隔を3年以上としていた。

(3) 混作や間作(畦間の雑草草生)が野菜の病虫害軽減や生産性向上に及ぼす影響

病虫害の被害軽減や安定生産に大きく寄与すると推測される「混作、間作(畦間の雑草草生)」を用いた栽培法について、2008～2012年に葉

菜類のキャベツ、ブロッコリー、果菜類のキュウリをそれぞれ対象とし、混作や間作の有無や混作方法の違いによる病害虫被害や生産性について栽培試験を行い、次の結果を得た。

春作キャベツ、秋作ブロッコリー栽培で、畦間を雑草草生で被覆、あるいはシロクロバで間作すると、チョウ目害虫やダイコンアブラムシの被害が少なくなり可販株率が高くなった。また、捕食性の土着天敵、クモ類やゴミムシ類が畦間裸地の圃場と比べて多くなった。間作に加え、ネギ類やレタスと混作すると、虫害はさらに少なくなった。レタスと混作する場合、株毎の交互作付けが、畦毎の交互作付けと比べて可販株率が高くなった。

夏秋キュウリ栽培では、ニガウリをキュウリと同一畦内で6株毎に交互混作すると、混作しない場合と比べて、キュウリ1株当たりの上物収量が約7%、上物率が約6%高くなった。ニガウリをキュウリの畦に対して垂直に障壁として混作すると、混作しない場合と比べて上物収量が約10%、上物率が約11%高くなった。ニガウリとの交互混作により、キュウリ葉の炭疽病被害軽減、ウリハムシによる食害軽減が図られた。また、ニガウリの障壁利用により、アブラムシの葉への寄生軽減が図られた。

これらのことから、アブラナ科葉菜類のキャベツ、ブロッコリー栽培では、混作や間作、畦間の雑草草生利用により虫害が軽減し可販株率が向上すること、作付構成が多様化（複雑化）するほど、その効果が大きくなること、間作の効果が混作と比べてより大きいことが明らかとなった。また、混作や間作によりチョウ目害虫の産卵行動が抑制されること、天敵の土着昆虫類が増えることが明らかとなった。キュウリ栽培では、混作の有無や配置の違いによって上物収量や上物率が向上すること、病害や虫害の軽減が図られることが明らかとなった。

（4）野菜の有機栽培における雑草草生を利用した窒素循環

多品目作付けや雑草草生を利用した野菜栽培形態が、物質循環機能など有機栽培の果たすべき役割を明らかにするため、2013年に北杜市高根町で野菜の有機栽培を行う農業生産法人（作付け規模12ha）圃場を対象に次の調査を行った。標高、土壌種、作付け体系がほぼ同等の3地点（有機栽培2年目、11年目、21年目）を調査対象とし、野菜生産量、残渣量、雑草発生量の各乾物量や窒素含有量から圃場10a当たりの窒素還元量を算出するとともに、別途場内試験で緑肥作物（ヘアリーベッチ、ライムギ）を作付けた場合と比較を行い、次の結果を得た。

有機栽培経過年数が異なる3地点ともに、葉菜類を春期、秋期の年2回作付けており、収穫物の歩留り率は高かった。雑草生育量は有機栽培11年目、21年目圃場で多く、時期毎に草種を変えながら畦間を覆った。雑草の鋤き込み量は年間784～1,103kg/10a（乾物）で、それによる窒素還元量は23.6～38.6kgN/10aであった。別途場内試験における緑肥作物の鋤き込み量は863～1,576kg/10a（乾物）で、それによる窒素還元量は31.9～36.4kgN/10aであった。これらのことから、有機栽培で雑草草生管理を行うことで、緑肥を利用した場合と同等以上の有機物補給とこれに伴う窒素還元が圃場でなされていることが明らかとなった。

山梨県内で有機栽培を実践している農家圃場108地点について土壌の化学性を調査したところ、リン酸、加里などの過剰傾向が認められた。また、有機栽培10年以上の一部圃場では、下層土に硝酸態窒素の溶脱が認められた。これら作土の塩基類や下層土の硝酸態窒素の過剰は堆肥投入の連用が要因と考えられた。草生管理を行う有機栽培圃場では、毎年多量の雑草が野菜残渣とともに土壌へ還元されることから、これにともない地力窒素が蓄積すると推測される。そこで、雑草草

生による栽培特性を生かし、土壌診断結果に基づいて、堆肥の投入量を経年毎に削減、あるいは地力に応じて調整することで、環境負荷の少ない持続的な有機農業を実現できると考えられた。

総括

これらの各個別研究から、野菜の有機栽培で安定生産を図るためには、作付け品目や作付け時期毎の栽培難易度把握、適切な作型の導入、耐病虫性品種の利用、疎植による採光や通風確保、土壌病害回避のための輪作などが重要と考えられた。

一方、本研究の主題である混作、間作、雑草草生を利用した栽培法は、野菜の病害虫による被害軽減や生産性向上に大きく貢献することが明らかとなった。また、これらの圃場において、多様な土着天敵類が温存されること、害虫が寄主作物に対して到達阻害や産卵抑制を受けることなどが認められた。さらに、有機栽培で雑草草生管理を行うことで、緑肥を作付けた場合と同等以上の窒素が圃場へ還元されることが明らかとなった。この特性を生かし、堆肥投入量を削減し、作土の養分バランスを改善すること、下層への硝酸態窒素の溶脱を抑制することが重要と考えられた。

以上のことから、混作、間作、雑草草生を利用した有機栽培法が、野菜を安定生産するための有効な耕種手法であり、同時に有機農業の意義である環境負荷低減機能、生物多様性保全（土着天敵温存）、物質循環（窒素循環）の役割を果たすことが明らかとなった。

Abstract

Organic Cultivation of Vegetables Based on Cropping Scheme Diversification, including Mixed Cropping and Intercropping

Organic farming, which is a type of environment conservation farming, has been promoted on a national scale and in municipalities as a farming method that mitigates environmental load, facilitates natural recycling functions, and contributes to the conservation of biological diversity. However, universally applicable cultivation technologies for stable production have not been established for organic farming, which does not use chemically synthesized pesticides or chemical fertilizers. The issue is the lack of established technologies, and therefore, this study used organically cultivated open field vegetables to ascertain the effectiveness of crop cultivation techniques that utilize mixed cropping and intercropping, which have been passed down verbally and through experience, in order to demonstrate the universal applicability of organic cultivation methods. This study was conducted to: (1) ascertain how different cropping seasons make cultivation of different vegetables harder or easier, (2) select useful crop cultivation techniques by field surveys of existing organic farms, (3) determine how mixed cropping, intercropping, and differences in their techniques vary while trying to mitigate pest damage and improve productivity, and (4) evaluate the roles that field management types, such as multiple crop seeding, mixed cropping, intercropping, and weed sod culturing play in natural recycling functions, which should be the inherent roles of organic farming.

(1) Organically cultivated open field vegetables and their cropping seasons

During a period of three years from 1998 to 2000, 15 vegetables were tested by cropping throughout a year. The levels of pest damage and marketable yields were used as criteria to judge whether they could be organically cultivated and to determine the level of ease of cultivation. The organic cultivation was compared with the conventional cultivation. Open field vegetables showing marketable yields of 80% of those cultivated using conventional methods, which used chemical fertilizers and pesticides, or higher yields without pest control were as follows: spinach, lettuce, carrot, Welsh onion, potato, kabocha, and Chinese cabbage. Vegetables that were susceptible to insect damage and difficult to cultivate organically in any season were cabbage, komatsuna (*Brassica chinensis* var. *komatsuna*) bok choy, small turnip, and radish. We found it difficult to cultivate cruciferous vegetables.

(2) Characteristics of crop cultivation found by surveys of organic cultivation fields for vegetables in Hokuto City in Yamanashi Prefecture

Organic cultivation fields in the city were surveyed to determine the factors that contribute to the success of organic cultivation of vegetables among cropping practices adopted by farmers. From 2003

to 2004, field surveys were conducted with five farmers (experience: 10–30 years; production scale: 2–8 ha) engaged in organic cultivation in Hokuto City, Yamanashi Prefecture, to ascertain their cropping schemes.

Some fruits and leafy vegetables were selected as the main items from 30 cultivated vegetables. They were selected on the basis of ease of cultivation, time of cultivation, yield, and disease resistance, based on the cropping items. To cultivate a number of vegetables in a field lot, mixed cropping was practiced by arranging the ridges to form blocks. The challenges encountered while cultivating fruits and vegetables were pests and those encountered while cultivating leafy vegetables were insect damage. Several measures such as disease-resistant varieties, cropping in proper seasons, sparse planting, rain cover, and cover materials were employed. Planting was sparse with broad passages to secure adequate lighting and aeration. Sod culturing was practiced with native weeds between ridges and levees. In contrast, conventional cultivation fields had bare soil between ridges. More of the native natural enemies were observed more in kind and number in organic cultivation fields than in conventional cultivation fields. Field rotation intervals of three years or longer were provided for Solanaceae vegetables, which are susceptible to damage by continuous cropping.

(3) Effects of mixed cropping and intercropping (weed sod culture between ridges) to mitigate pest damage of vegetables and improve their productivity

Tests were performed on cultivation methods using “mixed cropping and intercropping (weed sod culture between ridges),” which aided in mitigating pest damage and stabilizing production. From 2008 to 2012, cultivation tests were performed using cabbage and broccoli, leafy vegetables, and cucumber, a fruit vegetable, to ascertain the effects of mixed cropping, intercropping, and different mixed cropping methods on pest damage and productivity. The results obtained are described below.

The covering soil between ridges with weed sod culture or intercropping with white clover mitigated damage by *Lepidoptera* and radish aphid and increased the ratio of marketable stocks in the cultivation of spring cabbage and autumn broccoli. Furthermore, native predating natural enemies, such as spiders and *Caraboidea* insects, increased in number in comparison with fields with bare soil between ridges. In addition to the intercropping, mixed cropping with Welsh onions or lettuce further decreased the level of insect damage. In the case of mixed cropping with lettuce, crop alternation between stocks increased the ratio of marketable stocks more than crop alternation between ridges.

In the case of summer and autumn cucumber cultivation, mixed cropping of cucumber with balsam pear in alternation every six stocks on a ridge increased the high quality product yield per stock by approximately 7% compared with no mixed cropping as well as the ratio of high quality products by approximately 6%. Using balsam pear as the upright barrier walls against cucumber ridges increased high quality product yield by approximately 10% compared with no mixed cropping and also increased the ratio of high quality products by approximately 11%. Alternative mixed cropping with balsam pear mitigated anthracnose and feeding damage by cucurbit leaf beetle in cucumber leaves. Moreover, the barrier walls of balsam pear decreased the number of cucumber leaves parasitized by aphids.

These results revealed that mixed cropping, intercropping, and use of weed sod cultures between ridges mitigated insect damage and increased the ratio of marketable stocks in the cultivation of cabbage and broccoli and leafy vegetables of *Brassicaceae*, and the effects were greater in more diversified (more complex) cropping schemes and in intercropping than in mixed cropping. Further, mixed cropping and intercropping prevented *Lepidoptera* insects from ovipositing and increased the numbers of native natural enemy insects. During the cultivation of cucumbers, a fruit vegetable, mixed cropping and different placement were found affect the high quality product yield and ratio of high quality products and mitigate damage by diseases and insects.

(4) Nitrogen recycling by weed sod culture in organic vegetable cultivation

We aimed to identify roles, such as mineral recycling that occurs in organic farming, played by a vegetable cropping type via multiple cropping and weed sod culture. The following survey was conducted in 2013, in fields owned by an Agricultural Production Corporation (cropping scale: 12 ha) that was engaged in organic cultivation of vegetables in Takane-Cho, Hokuto-Shi. Three sites (2, 11, or 21 years of organic farming) with nearly equivalent altitude, soil type, and cropping scheme were surveyed. The amount of recycled nitrogen per 10 a of field was calculated from the dry weights of vegetable production, residue, and weed, as well as their nitrogen contents. In addition, green manure crops (hairy vetch, rye) were planted in plots at the three sites for a comparative test and the following results were obtained.

In the plots at the three sites where organic farming had been practiced for different numbers of years, leaf vegetables were planted twice a year, spring and autumn, to yield high levels of harvest. The amount of weed development was high in the 11- and 21-year plots, where the soil between the ridges was covered with weed species, which were altered in each season. The amount of weeds plowed was 784–1,103 kg/10 a per year, resulting in 23.6–38.6 kg N/10 a recycled into the plots, whereas the amount of green manure crops plowed for the comparative test was 863–1,576 kg/10 a, resulting in 31.9–36.4 kg N/10 a recycled into the plots. The above data revealed that controlled weed sod culture in organic farming provided organic materials equivalent to or greater than that provided by green manure, and aided nitrogen recycling in the field.

Soil chemistry survey was conducted in 108 fields with organic farming in Yamanashi Prefecture, and a tendency of excessive phosphate and potassium levels was observed. Nitrate nitrogen was also found to leach into the subsoil in some fields where organic farming had been practiced for more than 10 years. We believe that this is because of continuous applications of manure. In organic farms where weeds are controlled, large amounts of weeds and vegetable residues are recycled into the soil every year. This is surmised to result in the accumulation of nitrogen, improving soil fertility. Therefore, based on the characteristics of the cultivation method by using weed sod culture and the results of soil diagnosis, reducing or adjusting the amount of manure supply according to the number of years of organic farming and soil fertility would allow for sustained organic farming with little environmental load.

Summary

From the results of these individual studies, the following factors were inferred to be important for the stable production of vegetables in organic farming: grasping how easy or difficult it is to cultivate certain crops in certain seasons, introduction of suitable cropping types, use of varieties resistant to diseases and insects, sparse planting to ensure lighting and aeration, and crop rotation to avoid damage due to soil-borne diseases.

In addition, the cultivation methods used were mixed cropping, intercropping, and weed sod culture, which greatly contribute to the mitigation of vegetable damage by diseases and insects and improvement in productivity. It was also found that the cultivation method preserved various native natural enemies and prevented insect pests from reaching their hosts and ovipositing in fields where such cultivation methods were practiced. Furthermore, controlled weed sod culture in organic farming was shown to recycle an amount of nitrogen equivalent to or greater than that recycled from cropping green manure. It was considered important to utilize these characteristics of the cultivation method in order to reduce the amount of manure application, improve nutritional balance in plow layers, and prevent nitrate nitrogen from leaching into the subsoil.

From the above results, organic cultivation method with mixed cropping, intercropping, and weed sod culture was found to be an effective crop cultivation method for stable production of vegetables, decreasing environmental load, conserving biological diversity (preserving native natural enemies), and recycling materials (nitrogen recycling), which are all important for organic farming.