

環境共生型の自給菜園構築に関する予備調査 ～初年度の栽培環境と生産物の評価～

瀧渦康範¹・安藤寿美伶²

¹ 信州大学大学院農学研究科機能性食料開発学専攻

² 信州大学農学部食料生産科学科

要 約

自然農法は、有機栽培の中でも特に環境負荷を小さくし、生物多様性を育ててその恩恵にあずかる環境共生型農法である。本研究では、自然農法による小規模な自給菜園（環境共生型菜園）を新規に設置した場合の、初年度における栽培状況や菜園の環境因子（無機養分や生物数）、生産物の収量や品質について調査した。約30品目の作物の混植と緑肥作物の育成により、土壤微生物総数、放線菌数が増加し、昆虫や雑草も含めて菜園の多様性が向上した。品目によっては虫害が顕著であったが、病害は特に大きな問題とならなかった。菜園区画面積約0.7a（正味の栽培面積約0.37a）からの作物収量は101.5kgであった。数種品目のアスコルビン酸とポリフェノールの含量調査から、無肥料・無農薬栽培においても成分に顕著な影響はないものと考えられたが、いくつかの品目には無機養分不足の兆候もみとめられた。ただし、本調査は設置初年度の調査であり、自然農法による土壌育成には3～5年かかるとされることから、今後継続的な調査を行う予定である。

キーワード：自然農法, 野菜, 土壌環境, 品質, アスコルビン酸

はじめに

野菜・果実は人の健康維持に欠かせない必須の食料である。青果物の摂取は生活習慣病リスクの低減に関わっており、がん予防のためにも多くの（～400g/日）摂取が勧められている¹⁾。また、栄養素や機能性成分の給源としても重要であり、例えばアスコルビン酸については、ヒトはそのほとんどを青果物に依存している。ヒトはアスコルビン酸を生合成できない数少ない動物であることから、青果物はヒトにとってなくてはならない食料であるといえる。このように青果物はヒトの健康に不可欠かつ有益な特性を多く備えているが、その一方で、慣行的な野菜・果物の生産過程においては多くの化学物質（化学農薬や化学肥料）の投入が行われ、それらに起因する健康不安が生じていることは残念なことである。

化学農薬や化学肥料の多用は人の健康や環境に様々な悪影響を及ぼすことが懸念されている。近年では有機リン系農薬について、有効成分の代謝物濃度と注意欠陥/多動性障害（ADHD）の関係²⁾や、出産前の曝露（代謝物濃度）と子供の知能発達の遅れ³⁾に関する疫学研究結果が報告され、ネオニコチ

ノイド系農薬も発達中の脳細胞（子供の脳など）への悪影響が心配されている^{4,5,6)}。また、いくつかの農薬では発がん性も示唆されており^{7,8)}、農薬散布時における農作業自身や近隣住民（特に胎児、幼児）の農薬暴露には不安が伴う。その他にも、生鮮食品の残留農薬や硝酸塩の摂取、窒素肥料や農薬とその分解物による地下水汚染、訪花昆虫や有用微生物その他の非標的生物への悪影響^{9,10)}、多重複合汚染や耐性菌の出現¹¹⁾など、人の健康と環境負荷への懸念は非常に幅広いものがある。このようなことから、近年は、農業者の間でも有機農業のような環境保全型農業に取り組もうとする人が増加している¹²⁾。

環境保全型農業の手法の1つに自然農法がある。自然農法は有機農法の一形態であり、化学肥料や化学農薬を使用せず、基本的に不耕起（植物の根による自然耕起）、圃場環境の生物多様性を積極的に活かしながら複数の作物を自然に強く育つように管理し、共栄作物の相互作用や圃場生態系の動的平衡を保持する力によって病虫害の大発生を抑制するといった手法がとられる。これは慣行農法のように目的作物以外の生物を極力減少させて単純な耕地生態系の中で大量生産を行う方法とは対極的なやり方であり、圃場の草や昆虫、土壤微生物等の多様性を育てて、その恩恵にあずかることから、自然農法は環

受付日 2015年12月22日

受理日 2016年2月2日

境共生型であるといえる。自然農法による野菜栽培は、化学農薬・化学肥料はもちろん、有機肥料もほとんど使用しないことが前提であることから、環境負荷は極めて低く、食の安全安心の面からも利点が大きいと考えられる。

自然農法は環境共生型の栽培体系であるため、農薬と肥料投入による見栄えの良い商品作物と同等の品質を安定的に得ることは困難と考えられる。それよりも、安全安心な野菜を「自給する」ための技術として意義があるであろう。自然農法によって野菜を自給する人々が増加すれば、食と環境に関連する多くの問題が解決に向かうように思える。それは前述の化学農薬・化学肥料による健康被害や環境汚染の問題だけでなく、究極の地産地消であるからフードマイレージは低く、旬の食材を意識するので食材との健全な関係を取り戻すことができる。季節はずれのハウス野菜は旬の露地野菜に比べて多くのエネルギーを投入しており、ある試算では、サラダ1皿分で1,000kcal (約1.16kWh) もの差となる¹³⁾。また、自然農法の自給菜園であれば、化学物質の影響が大きい幼児にも心配のない圃場で実践的な食育が可能である。さらには生産履歴が不明な食材が多い中であって、最低限の食物選択権が保持できるという見方もできる。

しかし、自然農法は慣行農法の常識と相容れない部分が多く、特定の考え方・流儀や哲学と一体化している場合もあることから、実態がよく分からない特殊な農法として受け取られることも多い。また、気象条件や生物相など栽培環境の生態系と一体となった農法であることから、生産物の収量や品質は慣行栽培と比べて極めて不安定であると考えられる。例えば、雑草の勢いが増すと野菜が草負けし、生育不十分となるし、圃場生態系が安定しないうちは虫害や病害で大ダメージを受けることもあるとされる。さらに、日常的に草を刈ってマルチとして敷く作業がかなりの手間であることや、多くの昆虫などに関わらねばならない難しさがあることなど、単純系でない故の困難も多いと思われ、労力に見合った収穫量を得ることは容易でないかも知れない。このようなことが自然農法の普及の妨げになっている可能性も考えられるため、技術としての科学的側面を追究し、成功または失敗に至る因果関係を明確にする必要がある。

上記のような背景から本研究では、実際に自然農法の1つである「自然菜園」¹⁴⁾の栽培管理方法(以後、「自然菜園方式」と表記する)に従って構築し

た自給用菜園「環境共生型菜園」において、栽培管理の実態を把握するとともに、作物の生育状況や生物多様性の変化、および生産物の収量や品質に関する基礎的情報を得ようとした。具体的には、肥料や農薬を使用せずにどの程度作物が採れるのか、圃場環境の生態系のバランス調整力による害虫抑制はどこまで期待できるのか、多品目混植栽培を継続することによって土壌微生物の種類や量が本当に増加し、土壌が改良されていくのか、家庭菜園規模で週1~2日の管理作業を行う頻度で野菜の自給がどこまで可能であるのか、地域の自然環境に合った自給用に好都合な品目・品種は何か、といったことについて知見を得ようとしている。少なくとも4~5年の調査が必要と考えられるが、今回は設置初年度として、試行的に行った内容も含め、調査記録としてまとめた。

即ち、初年度は約30品目の野菜や共栄作物を混植し、「自然菜園方式」で栽培管理しつつ、生育状況と虫害の観察、土壌の無機養分と微生物数の調査(外部委託)、および作物収穫量と品質の調査を行った。品質調査は外観的判断が中心であるが、いくつかの品目についてはアスコルビン酸とポリフェノール成分含量を調査した。その理由は、アスコルビン酸のような損失しやすい栄養素を採りたての野菜から摂取できることが自給菜園の利点であることと、その一方で、無肥料栽培の野菜が一般的な野菜に遜色ない栄養価を有するかどうか検証するためである。

材料および方法

1. 菜園の設置

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター構内ステーションの研究用圃場の一面(前年まで野菜の栽培に使用されていた圃場)に約0.7aの菜園区画(以後、環境共生型菜園と表記する)を設けた。土質は黒ボクである。畝は前年秋(2013年10月)に、1.5m幅×約10m長に3本立て、A、BおよびC畝とした。畝間は通路を50cm幅とした。通路の中央および区画の両端にイネ科(ライムギ、エンバクおよびイタリアンライグラス)とマメ科(アカクローバーおよびクリムソクローバー)の混合種子を播き、緑肥として育てた¹⁴⁾。

A、BおよびCの各畝はさらに1mごとに区画を分け、混植計画に従って播種、定植を行った。使用した野菜(マメ、イモ、穀類も含む)の品目・品種および種子/苗の入手先を表1に示した。また、

表1 環境共生型菜園の設置初年度(2014年)に作付した品目、品種および種子/苗等の入手先

| 区画 | 品目 | 科 | 学名 | 品種 | 当初形態 | 入手先/業者 |
|------------|-----------|-------|---|-----------------------|---------|-------------------|
| A | ヤーコン | キク科 | <i>Smallanthus sonchifolius</i> | — | 苗 | 産直市場 ² |
| | テンサイ | ヒユ科 | <i>Beta vulgaris ssp. vulgaris var. altissima</i> | パピリカ | 種子 | 丸種(株) |
| | レタス | キク科 | <i>Lactuca sativa</i> | サニーレタス | 種子 | 丸種(株) |
| | レタス | キク科 | <i>Lactuca sativa</i> | チマサンチュ | 種子 | 丸種(株) |
| | ブロッコリー | アブラナ科 | <i>Brassica oleracea var. Italica</i> | ドシコ | 種子 | 丸種(株) |
| | コールラビ | アブラナ科 | <i>Brassica oleracea var. gongylodes</i> | カブ甘藍 | 種子 | 丸種(株) |
| | テーブルビート | ヒユ科 | <i>Beta vulgaris ssp. vulgaris var. vulgaris</i> | デトロイトタークレッド | 種子 | 丸種(株) |
| | ロケット | アブラナ科 | <i>Eruca vesicaria</i> | エルーカ | 種子 | 丸種(株) |
| | 茎ブロッコリー | アブラナ科 | <i>Brassica oleracea var. Italica</i> | スティックセニョール | 苗 | 産直市場 |
| | ダイズ | マメ科 | <i>Glycine max</i> | 鶴の子 | 種子 | 丸種(株) |
| | ニンジン | セリ科 | <i>Daucus carota</i> | 時無五寸 | 種子 | 日本農産種苗(株) |
| | ダイコン | アブラナ科 | <i>Raphanus sativus var. longipinnatus</i> | 信州地大根 | 種子 | (株)トマツ |
| | ダイコン | アブラナ科 | <i>Raphanus sativus var. longipinnatus</i> | 上野地大根 | 種子 | つる新種苗 |
| | カブ | アブラナ科 | <i>Brassica rapa</i> | 羽広カブ | 種子 | 羽広菜生産加工組合 |
| B | ジャガイモ | ナス科 | <i>Solanum tuberosum</i> | キタアカリ | 種芋 | 産直市場 |
| | 南蛮 | ナス科 | <i>Capsicum annuum</i> | 菱野南蛮 | 苗 | 農業改良普及センター |
| | 南蛮 | ナス科 | <i>Capsicum annuum</i> | そら南蛮 | 苗 | 直売所(小諸市耳取) |
| | トマト | ナス科 | <i>Solanum lycopersicum</i> | すずこま | 種子/苗 | 丸種(株) |
| | パセリ | セリ科 | <i>Petroselinum neapolitanum</i> | イタリアンパセリ | 苗 | 産直市場 |
| | ナス | ナス科 | <i>Solanum melongena</i> | ていざなす | 苗 | 天龍村振興公社 |
| | ナス | ナス科 | <i>Solanum melongena</i> | 小布施丸なす | 苗 | 小布施町役場 |
| | エダマメ(早生) | マメ科 | <i>Glycine max</i> | たんくろう | 種子 | 丸種(株) |
| | ラッカセイ | マメ科 | <i>Arachis hypogaea</i> | 大粒落花生 | 種子 | 丸種(株) |
| | ネギ | ユリ科 | <i>Allium fistulosum</i> | 松本一本ネギ | 苗 | 産直市場 |
| C | トウモロコシ | イネ科 | <i>Zea mays</i> | 甲州とうもろこし | 種子 | 丸種(株) |
| | スイカ | ウリ科 | <i>Citrullus lanatus</i> | 姫甘泉 | 種子 | 丸種(株) |
| | カボチャ | ウリ科 | <i>Cucurbita moschata</i> | 小菊 | 種子 | 丸種(株) |
| | カボチャ | ウリ科 | <i>Cucurbita moschata</i> | バターナッツ | 種子 | 丸種(株) |
| | ズッキーニ | ウリ科 | <i>Cucurbita pepo</i> | 黒まんぼう | 種子 | (株)信州山峡採種場 |
| | ハツカダイコン | アブラナ科 | <i>Raphanus sativus var. sativus</i> | 紅白はつか大根 | 種子 | (株)アタリヤ農園 |
| | ニガウリ | ウリ科 | <i>Momordica charantia</i> | ゴーヤチャン | 種子 | 丸種(株) |
| | キュウリ | ウリ科 | <i>Cucumis sativus</i> | 聖護院節成胡瓜 | 種子 | 丸種(株) |
| | インゲン | マメ科 | <i>Phaseolus vulgaris</i> | 穂高菜豆 | 種子 | 丸種(株) |
| | エダマメ(極早生) | マメ科 | <i>Glycine max</i> | 京の輝 | 種子 | 丸種(株) |
| | 緑肥 | ライムギ | イネ科 | <i>Secale cereale</i> | 緑肥用ライムギ | 種子 |
| エンバク | | イネ科 | <i>Avena sativa</i> | 緑肥用エンバク | 種子 | 雪印種苗(株) |
| イタリアンライグラス | | イネ科 | <i>Lolium multiflorum</i> | 普通種 | 種子 | カネコ種苗(株) |
| アカクローバー | | マメ科 | <i>Trifolium pratense</i> | メジウム | 種子 | 雪印種苗(株) |
| クリムソックローバー | | マメ科 | <i>Trifolium incarnatum</i> | — | 種子 | 雪印種苗(株) |

² グリーンファーム

当初の春-夏野菜の作付けレイアウトを図1に示した。各畝の両端約1mの区画ではセンチュウや昆虫への忌避作用を期待してマリーゴールドとサルビアを栽培した。A畝の北側のみ、この区画にヤーコンを定植した。

なお、菜園区画の外に化学肥料投入区としてD畝を設け、ナスおよびトマトについて予備的な比較栽培を行った。投入した肥料は苦土石灰および市販の化成肥料(N-P-K=4-8-3)であり、元肥+追肥としてナスに成分量で合計18mg/m²、トマトに12mg/m²のN(それぞれ長野県の慣行基準の約50%および40%に相当)を施した。また、D畝の一部

はブロッコリー種子の直播(A畝)の対照区としても使用した。

2. 栽培管理および生育の観察

栽培管理は「自然菜園方式」¹⁴⁾に準じた。即ち、苗の植え付け時には1~3時間給水させ、根鉢を植え穴に押しつけるように圧着し、覆土後に良く鎮圧した。ナス科やウリ科にはニラまたはネギを共栄作物とし、根が絡み合うように根圏に混植した。定植後は人為的な灌水は行わなかった。例外として、菱野南蛮の1株が定植4日後に完全に倒れて萎れたため1度だけ水を与えた。また、播種時には土が乾燥しないように注意しつつ播種前に雑草の根切りを行

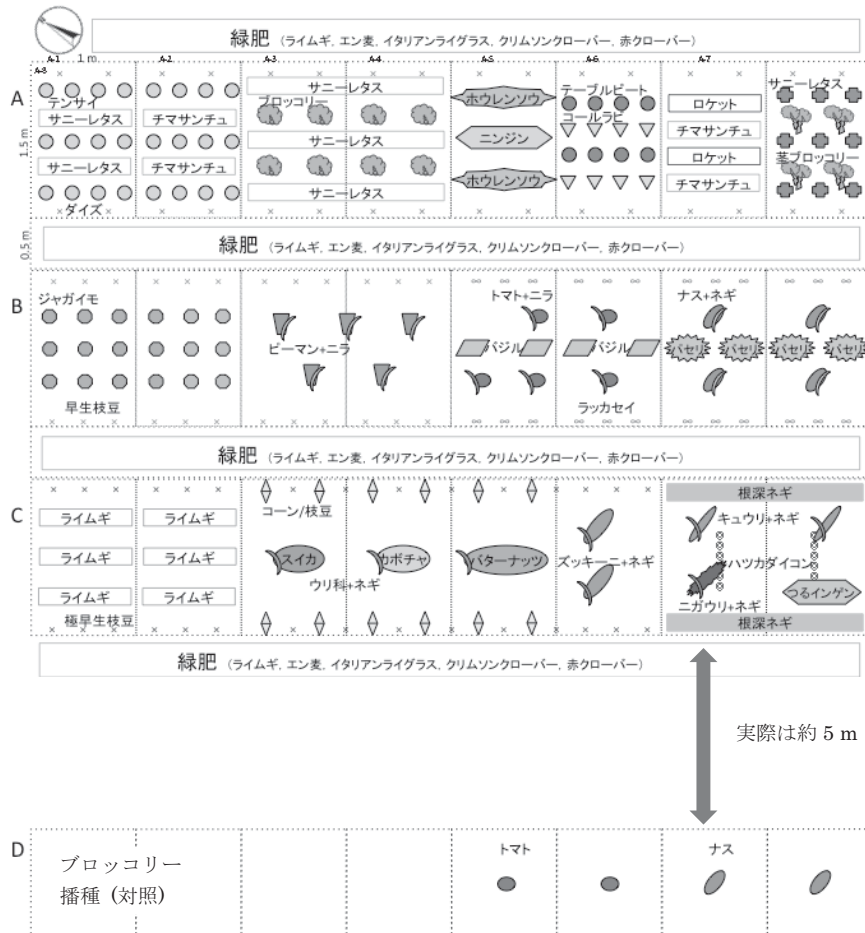


図1 2014年の春作における作物の混植レイアウト (例)。
A～C 畝は菜園区画 (畝幅1.5m), D 畝は肥料投入区 (畝幅 1m)。

い、播種後は湿った土で覆土し、良く鎮圧し、刈った草で軽く覆って乾燥を防いだ。発芽した幼植物の生育中は根圏とその周囲の草を刈り、草マルチとして敷いた。また、生長した緑肥作物は25～30cmを残して刈り、適宜草マルチとして敷くことを繰り返し、雑草の生育抑制と、分解者による表土への有機物供給 (表土堆肥化) の促進を図った。

野菜の生育状態は適宜観察し、葉茎菜や根菜類については、発芽や定植後、茎葉が十分発達して生長していれば、慣行栽培野菜より小さくても「生育良好」とした。ただし、果菜類については、茎葉が生長していてもサイズが小さく、結実数が少なければ「やや不良」とした。根菜類についても地下部の発達が不十分であれば「やや不良」とした。また、発芽数や果菜の着果数が極めて少ない場合、あるいは植物体が非常に小さいままである場合、生育が「悪い」と判定した。

3. 環境因子の調査

1) 土壌無機養分および微生物数

土壌無機養分と微生物相の調査は土壌サンプルを

採取し、有限会社川田研究所に分析を委託した。土壌採取は4/25, 7/17および10/20に行った。表層約2cmの土を除き、その15cm程度下までの土を採取した。4/25は全ての区画 (1.5×1m) から約100gずつ採取した土を当量ずつ混合し、菜園区画の試料とした。混植による種々の野菜の根が土壌微生物を増加させることを検証するため、菜園区画外の「非栽培域」の土壌も採取した。また、7月および10月にはA, BおよびC畝内のそれぞれ2区画ごとに3箇所より土壌を採取し、各畝の12箇所の採取土壌を同重量ずつ混合し、当該畝の土壌サンプルとした。

2) 飛翔昆虫数

丸山式 FIT (flight interception trap)¹⁵⁾ を各畝および非栽培域に7月および10月に1週間設置し、昆虫数を計測した。受け皿の保存液は5%酢酸-洗剤混液 (5% (v/v) 酢酸水溶液700mLに市販の液体洗剤2mLを混合したもの) とした。7月に多数採取された微小昆虫については10匹分の重量をあらかじめ測定し、個体群の重量から個体数を推定した。

4. 虫害レベルの評価

昆虫による食害については生育期間中に適宜目視によって調査し、そのレベルを評価点で表した。評価点は、レベル0（食害無し；食害痕の投影面積の比率として0%）、レベル1（ごく僅か；同面積比率<5%）、レベル2（少し目立つ；同面積比率5~25%）、レベル3（食害多い；同面積比率25~50%）およびレベル4（致命的；同面積比率>50%）とした。この点数化は食害が目立つものについては2~3回実施した。

5. 生産物の調査

1) 収穫量と外観品質

収穫は自家用野菜としての食素材利用の観点で行った。即ち、栽培途中の間引き菜や根菜の葉部も重要な食料とみなした。収穫した作物は重量やサイズを測定するとともに、適宜、目視によって外観品質を調査し、評価点で表した。評価点は3（自家用として問題なし）を基準とし、1（非常に悪い）~5（非常に良い）の5段階とした。なお、4以上は店頭で販売できる可能性のあるもの、2以下は自家用としても品質の劣るもの、1は最低限食べられる、といった分類である。

2) 特定品目についての成分調査

リーフレタス類、コールラビ、テーブルビート、ロケット、テンサイ、ヤーコン、カブ（葉および根部）、ジャガイモ、南蛮、ナス、トマト、ハツカダイコンおよびズッキーニについてアスコルビン酸含量を測定した。また、コールラビ、テーブルビート、ロケット、テンサイ、カブ（葉および根部）、ジャガイモ、南蛮、ナスおよびトマトについては総ポリフェノール含量も調査した。アスコルビン酸含量の測定は、野菜の可食部5gに対し5mLの水と5%（w/w）メタリン酸溶液10mLを加え、磨砕後ろ過し、抽出液とした。この抽出液を、前処理したSep-Pak C18 plus カートリッジ（Waters）に通過させ、始めの1mLを捨て、後半の溶液を採取し、HPLCで分析した。HPLC条件は、移動相0.01%硫酸、カラムInertsil WP300 C18（250×4.6mm）、流速1.0mL/min、カラム温度40°C、検出波長245nmとした。

ポリフェノール成分は、野菜の可食部5gに対して終濃度約70%となるようにアセトンを加え、乳鉢・乳棒で磨砕抽出後、50mL目盛り遠沈管に洗い込み、遠心分離（4°C、1,000×g、10分）で上澄みを得た。固形分に70%（v/v）アセトンを加えて再抽出し、遠心分離後の上澄み液を合わせて100mL

に定容した。この抽出液の一定量をロータリーエバポレーターにかけてアセトンを除去し、水で一定容として試料水溶液とした。

総ポリフェノール含量の測定は、試料水溶液についてフォーリンチオカルト法により行った。方法は既報¹⁰⁾に準じたが、吸光度の測定波長を760nmとし、検量線はクロロゲン酸で作成した。なお、フォーリンチオカルト法では、アスコルビン酸は夾雑物としてポリフェノール成分を過剰に見積もる原因となるため、試料水溶液を85°Cで1時間加熱し、アスコルビン酸を酸化分解してから測定した。この処理によってアスコルビン酸が確かに消失し、かつポリフェノール成分に影響がほとんどないことを、トマトの予備試験でHPLCにより確認した（データ省略）。

結 果

1. 菜園の状況

1) 作物生育と菜園の全体的評価

菜園全体の作物が育ってきた7月末の状態を図2に示した。菜園で栽培した野菜の中で、生育が良好であったのは、ヤーコン、テンサイ、リーフレタス類、ロケット（ルッコラ）、カブ、コールラビ、テーブルビート、ジャガイモ、南蛮、ナス、パセリ、ネギ、ラッカセイ、早生エダマメ、ズッキーニ、ハツカダイコン、インゲンであった（表2）。生育がやや不良と評価されたものはニンジン、地ダイコン類、トマト、ナス（小布施丸なす）、トウモロコシ、カボチャ、極早生エダマメであり、生育がかなり悪かったのはブロッコリー、茎ブロッコリー、ダイズ、スイカ、ニガウリ、キュウリであった。ニンジンは肥大が極めて遅く、夏場には黒葉枯病がみとめられた。また、生育が良かったテンサイにおいても褐斑病によって一時的に多数の葉が枯れる状態が



図2 環境共生型菜園の風景（7月30日）。

表 2 初年度 (2014年) に作付した作物の生育, 病虫害および収穫量

| 区画 | 品目 | 品種 | 播種日 | 定植日 | 株数 | 生育 ^z | 病害 | 虫害および食害痕レベル y | 収穫時期 | 総収穫量 (kg) | 備考 | |
|-----------|------------|--------------|----------|--------|------|-----------------|-----------|-----------------------|-------------------------|------------|----------|--------|
| A | ヤーコン | - | - | 4/30 | 2 | ○ | | レベル ≤ 1 | 11/5 | 3.9 | | |
| | テンサイ | パピリカ | 4/15 | - | 26 | ○ | 8~10月 褐斑病 | レベル ≤ 1 | 11/5 | 22.8 | | |
| | レタス | サニーレタス | 4/22 | - | 60 | ○ | | レベル ≤ 1 | 7/9~7/31 | 4.1 | | |
| | レタス | チマサンチュ | 4/22 | - | 22 | ○ | | レベル ≤ 1 | 7/9~7/31 | 0.7 | 発芽僅か | |
| | ブロッコリー | ドンコ | 7/8 | - | 0 | × | | - | - | 0 | | |
| | コーラビ | カブ甘藍 | 4/15 | - | 8 | ○ | | 5月下旬 アブラムシ多数, 6月下旬 青虫 | 7/3~7/14 | 2.5 | | |
| | ネーブルビート | アトロイトトタークレッド | 4/15 | - | 8 | ○ | | レベル 1 | 7/3~9/2 | 1.0 | | |
| | ロケット | エルク | 5/9 | - | 22 | ○ | | レベル ≤ 2 | 6/13~7/3 | 1.2 | | |
| | 莖ブロッコリー | ステイックセネヨール | - | 6/3 | 4 | × | | ナガメの害が顕著, レベル 3~4 | - | 0 | 虫害ひどい | |
| | ダイズ | 鶴の子 | 5/27 | - | 36 | × | | 6月上旬 レベル 2.1, 以後漸減 | - | 0 | 生育・結実不良 | |
| | ニンジン | 時無五寸 | 4/24 | - | 25 | △ | 8月 黒葉枯病 | 8~9月 キアゲハの食害あり | 10/28 | 1.4 | 肥大遅い | |
| | ダイコン | 信州地大根 | 9/12 | - | 9 | △ | | | 12/2 | 1.2 | | |
| | ダイコン | 上野地大根 | 9/12 | - | 11 | △ | | | 12/2 | 1.9 | | |
| | カブ | 羽広カブ | 9/3 | - | 32 | ○ | | 9月 レベル ≤ 2 | 12/2 | 19.7 | | |
| | B | ジャガイモ | キアアカリ | - | 4/15 | 6 | ○ | | ニジュウヤホシ, 7月 レベル 2.0 ± 1 | 7/30~8/5 | 3.3 | |
| | | 南蛮 | 菱野南蛮 | - | 5/16 | 2 | ○ | | レベル ≤ 1 | 7/14~10/27 | 1.6 | |
| | | 南蛮 | そら南蛮 | - | 5/16 | 3 | ○ | | レベル ≤ 1 | 7/14~10/27 | 0.8 | |
| | | トマト | すずこま | (4/15) | 5/22 | 5 | △ | | | 8/7~10/6 | 1.4 | |
| | | パセリ | イタリアンパセリ | - | 5/22 | 2 | ○ | | レベル ≤ 1 | 7/18~9/3 | 0.8 | |
| | | ナス | ていざなす | - | 5/14 | 2 | ○ | | | 7/23~10/17 | 4.3 | |
| ナス | | 小布施丸なす | - | 5/14 | 2 | △ | | | 7/23~9/30 | 2.0 | | |
| エダマメ (早生) | | たんくろう | 5/27 | - | 28 | ○ | | 6月上旬 レベル 1.3 | 9/2~9/4 | 0.8 | | |
| ラッカセイ | | 大粒落花生 | 5/27 | - | 12 | ○ | | | 10/31 | 1.6 | | |
| ネギ | | 松本一本ネギ | - | 5/13 | 31 | ○ | | | 12/3 | 1.9 | | |
| C | | トウモロコシ | 甲州とうもろこし | 5/16 | - | 12 | △ | | | 8/25~9/2 | 3.0 | 台風害あり |
| | | スイカ | 姫甘泉 | 5/16 | - | 2 | × | | | - | 0 | 結実不良 |
| | | カボチャ | 小菊 | 5/16 | - | 2 | △ | | | 9/13~10/17 | 1.4 | 結実不良 |
| | | カボチャ | バターナッツ | 5/16 | - | 2 | △ | 8月 うどんこ病 | | 9/4~9/12 | 1.0 | |
| | | ズッキーニ | 黒まんぼう | 5/16 | - | 4 | ○ | 8月 うどんこ病 | | 7/22~10/17 | 11.9 | |
| | ハツカダイコン | 紅白はつか大根 | 5/14 | - | 33 | ○ | | | 6/25 | 2.6 | | |
| | ニガウリ | ゴーヤチャヤン | 5/28 | - | 1 | × | | | 10/8 | 0.1 | 発芽・結実不良 | |
| | キュウリ | 聖護院節成胡瓜 | (4/15) | 6/10 | 1 | × | | | 7/30~9/30 | 1.5 | 発芽・結実不良 | |
| | インゲン | 穂高菜豆 | 5/28 | - | 1 | ○ | | | 8/30~10/6 | 0.9 | | |
| | エダマメ (極早生) | 京の輝 | 5/16 | - | 1 | △ | | 6月上旬 レベル 2.5 | 8/8 | 0.2 | 食害顕著 | |
| | | | | | | | | | | | 101.5 | |
| | | | | | | | | | | | (葉菜類) | (21.3) |
| | | | | | | | | | | | (果菜類) | (26.0) |
| | | | | | | | | | | | (根菜類) | (44.5) |
| | | | | | | | | | | | (芋・豆・穀類) | (9.8) |

^z ○ … 良好, △ … やや不良, × … 悪い

^y 食害痕レベル 0 (なし; 0%), 1 (ごく僅か; 投影面積 5% 未満), 2 (食害目立つ; 同 5~25%), 3 (かなり多い; 25~50%), 4 (致命的, 50%)

表3 初年度（2014年）4～10月における菜園区画内および非栽培域の土壤無機養分濃度その他の特性

| 項目 | 適正值 | 単位 | 菜園区画内 | | | | | | 非栽培域 | | | | | |
|---|---------|---------|-------|-------|-------|--------------|---|-------|-------|-------|--------------|-----|---|----|
| | | | 4月下 | 7月下 | 10月下 | 平均値 | ± | SE | 4月下 | 7月下 | 10月下 | 平均値 | ± | SE |
| 電気伝導率 (EC) | 0.1~0.5 | mS/cm | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 ± 0.004 | | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 ± 0.000 | | | |
| 水素イオン濃度 (pH) | 5.5~7.0 | - | 6.5 | 6.37 | 6.31 | 6.4 ± 0.06 | | 6.45 | 6.38 | 6.35 | 6.4 ± 0.03 | | | |
| 塩基置換容量 (CEC) | 15~25 | me/100g | 23.2 | 24.03 | 23.23 | 23.5 ± 0.27 | | 19.4 | 21.4 | 21.3 | 20.7 ± 0.65 | | | |
| 交換性石灰 (CaO) | - | mg/100g | 278 | 296 | 294 | 290 ± 5.8 | | 224 | 241 | 227 | 231 ± 5.2 | | | |
| 交換性苦土 (MgO) | - | mg/100g | 43.4 | 41.1 | 39.0 | 41.2 ± 1.3 | | 33.1 | 32.7 | 28.9 | 31.6 ± 1.3 | | | |
| 交換性加里 (K ₂ O) | - | mg/100g | 64.9 | 67.9 | 75.5 | 69.4 ± 3.1 | | 45.3 | 43.6 | 38.8 | 42.6 ± 1.9 | | | |
| 石灰飽和度 | 40~60 | % | 42.8 | 43.9 | 45.1 | 43.9 ± 0.7 | | 41.3 | 40.1 | 37.9 | 39.8 ± 1.0 | | | |
| 苦土飽和度 | 10~15 | % | 9.3 | 8.5 | 8.3 | 8.7 ± 0.3 | | 8.5 | 7.6 | 6.7 | 7.6 ± 0.5 | | | |
| 加里飽和度 | 5~8 | % | 5.9 | 6.0 | 6.9 | 6.3 ± 0.3 | | 5 | 4.3 | 3.9 | 4.4 ± 0.3 | | | |
| 塩基飽和度 | 60~80 | % | 58 | 58.4 | 60.4 | 58.9 ± 0.7 | | 54.7 | 52.1 | 48.5 | 51.8 ± 1.8 | | | |
| 有効態リン酸 (P ₂ O ₅) | 20~50 | mg/100g | 32 | 30.3 | 27.0 | 29.8 ± 1.5 | | 14 | 13.9 | 12.9 | 13.6 ± 0.4 | | | |
| リン酸吸収係数 | - | - | 1200 | 1283 | 1187 | 1223 ± 30 | | 1170 | 1270 | 1210 | 1217 ± 29 | | | |
| アンモニア態窒素 (NH ₄ -N) | ≤3 | mg/100g | 0.9 | 1.9 | 1.8 | 1.5 ± 0.32 | | 0.7 | 1 | 1.4 | 1.0 ± 0.20 | | | |
| 硝酸態窒素 (NO ₃ -N) | 3~10 | mg/100g | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 0.6 ± 0.16 | | 0.6 | 0.2 | 0.3 | 0.4 ± 0.12 | | | |
| 腐植 | 3 ≤ | % | 12.63 | 13.30 | 12.77 | 12.9 ± 0.20 | | 12.02 | 13.02 | 11.83 | 12.3 ± 0.37 | | | |

注) 菜園区画内の7月および10月の数値は、A、BおよびC畝の各測定値を平均したものの。その他は1点 (n=1) の測定。(有)川田研究所調べ。
 土壤サンプルは各畝の区画より同重量を採取し、混合したものを試験に供した。

みとめられた。カボチャ類は8月にうどんこ病が発生した。それ以外には特に病害はみとめられなかった。ブロッコリーはサニーレタスの株間に条播したところ発芽したものは僅かであり、十分に生長した個体は皆無であった。

虫害については、4月に播種した葉茎菜類の中でコールラビの幼植物にアブラムシが多数みとめられた。しかしこのアブラムシは6月に入ると激減し、代わりに捕食性のナナホシテントウの幼虫が目立つようになった。虫害が顕著であったのは茎ブロッコリー(ナガメの吸汁害)および極早生エダマメ(食害した昆虫は不明)であり、茎ブロッコリーは枯死する個体もあった。これらのように虫害が目立つ品

目もあったが、全体としては比較的良好な生育状態であった。

2) 土壤無機養分のレベル

4月、7月および10月における菜園区画内および非栽培域の土壤分析結果を表3に示した。土壤無機養分やEC、pHなど諸特性の、土壤採取時期による変動については、KおよびNが増加傾向にあった以外は顕著ではなかった。菜園区画内と非栽培域の比較においては、菜園区画内にK、PおよびMgが多く、それ以外の差は顕著ではなかった。菜園区画内で適正值から外れているのはECおよび硝酸態窒素で、それぞれ0.05mS/cmおよび0.6±0.16mg/100gと低い状態であった。窒素分はアンモ

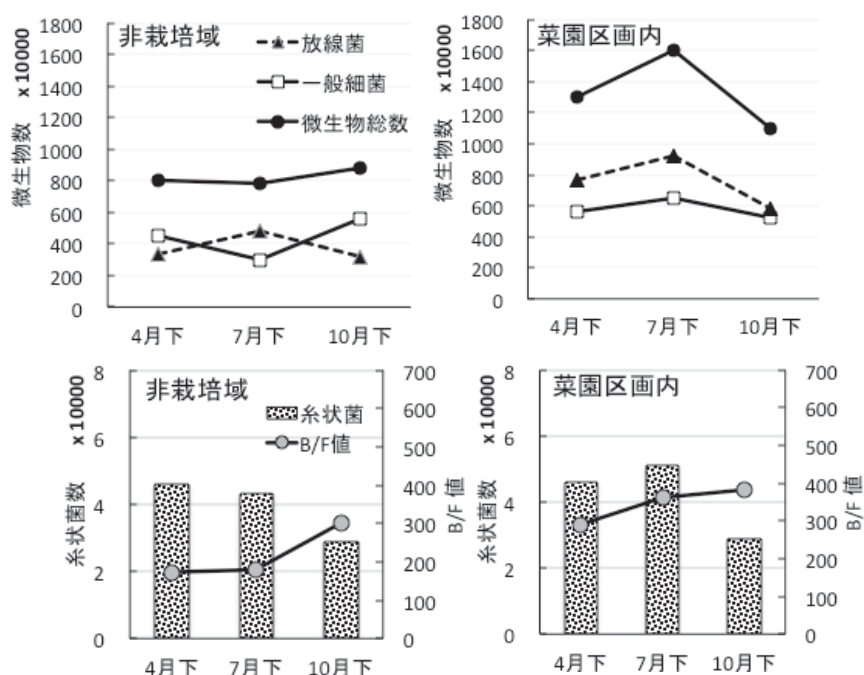


図3 環境共生型菜園設置初年度（2014年）の土壤微生物数および細菌/糸状菌指数 (B/F 値) の変遷。菜園区画外の非栽培域を対照区とした。微生物数は乾土 1 g 当たり。(有)川田研究所調べ。

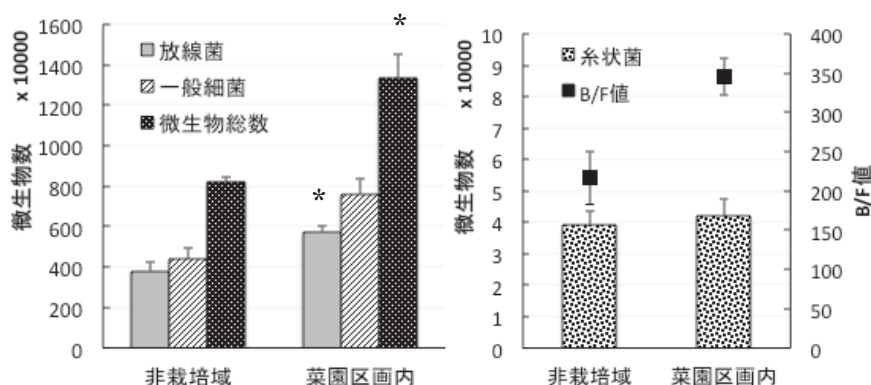


図4 菜園区画内および非栽培域における土壌微生物数および細菌/糸状菌指数 (B/F 値) の比較 (4月, 7月および10月の平均値)。垂線は SE (n = 3), * p < 0.05 (vs 非栽培域)
(有) 川田研究所調べ。

ニア態および硝酸態を合わせても1.2~2.6mg/100gの範囲であり, 慣行栽培であれば基準通りの施肥が必要となる状態であった。

3) 土壌微生物数の推移

土壌微生物の種類と数を委託分析した結果を図3および図4に示した。菜園区画内の微生物数は非栽培域よりも多く, 特に7月の微生物総数が多かった。

また, 細菌/糸状菌指数 (B/F 値) は10月に高かった。4月, 7月および10月のデータを合わせて平均値として比較したところ, 菜園区画内の放線菌数および微生物総数は非栽培域よりも有意に多かった。B/F 値には有意差が検出されなかったが, やはり菜園区画内の方が高い傾向を示した (図4)。

4) 飛翔昆虫数

表4 環境共生型菜園の初年度 (2014年) に収穫した作物の外観品質

| 区画 | 品目 | 品種 | 1個当たり重量 (g) | 長さ (cm) | 横茎 (cm) | 評価点 ² | 評価点≥3の比率 | 収穫数 | 備考 |
|----------|---------|-------------|-------------|-------------|------------|------------------|----------|------|---------|
| A | ヤーコン | - | 105 ± 14.3 | 11.9 ± 0.6 | 4.0 ± 0.2 | 2.0~4.0 | ≥50% | 37* | * 株数2 |
| | テンサイ | バビリカ | 914 ± 137 | 34.1 ± 1.2 | 9.7 ± 0.5 | 3.4 ± 0.1 | 92% | 26 | |
| | レタス | サニーレタス | 50.1 ± 7.1 | 19.8 ± 0.8 | 20.3 ± 0.8 | 3.0~5.0 | 100% | 60* | * 間引菜含む |
| | レタス | チマサンチュ | 51.6 ± 11.5 | 26.9 ± 1.0 | 17.4 ± 1.1 | 3.0~5.0 | 100% | 35* | * 間引菜含む |
| | コールラビ | カブ甘藍 | 324 ± 38.8 | 6.3 ± 0.3 | 7.6 ± 0.3 | 3.0~4.0 | 100% | 8 | |
| | テーブルビート | デトロイトダークレッド | 121 ± 21.3 | 4.3 ± 0.2 | 4.1 ± 0.2 | 1.5~2.0 | 0% | 8 | |
| | ロケット | エルーカ | 30.1 ± 5.0 | | | 2.0~3.0 | ≥50% | 41* | * 間引菜含む |
| | ニンジン | 時無五寸 | 66.2 ± 14.3 | 9.5 ± 0.7 | 2.3 ± 0.2 | 3.2 ± 0.1 | 81% | 26 | |
| | ダイコン | 信州地大根 | 81.9 ± 8.8 | 9.6 ± 0.5 | 3.9 ± 0.2 | 3.9 ± 0.1 | 100% | 9 | |
| | ダイコン | 上野地大根 | 120 ± 19.9 | 12.2 ± 1.1 | 3.8 ± 0.2 | 3.3 ± 0.3 | 64% | 11 | |
| | カブ | 羽広カブ | 969 ± 137 | 16.9 ± 1.2 | 8.9 ± 0.4 | 4.0 | 100% | 26 | |
| | B | ジャガイモ | キタアカリ | 58.4 ± 5.3 | 4.6 ± 0.2 | 3.9 ± 0.1 | 2.5~3.0 | ≥50% | 56* |
| 南蛮 | | 菱野南蛮 | 18.6 ± 0.7 | 4.1 ± 0.1 | 4.3 ± 0.3 | 3.2 ± 0.1 | 81% | 84* | * 株数2 |
| 南蛮 | | そら南蛮 | 16.6 ± 2.4 | 5.1 ± 0.2 | 3.1 ± 0.2 | 3.3 ± 0.1 | 83% | 63* | * 株数3 |
| トマト | | すずこま | 28.7 ± 2.1 | 4.2 ± 0.1 | 3.4 ± 0.1 | 3.3 ± 0.2 | 70% | 46* | * 株数5 |
| パセリ | | イタリアンパセリ | | | | 3.0~5.0 | 100% | | |
| ナス | | ていぎなす | 205 ± 20.1 | 16.5 ± 0.8 | 6.2 ± 0.2 | 2.4 ± 0.2 | 22% | 21* | * 株数2 |
| ナス | | 小布施丸なす | 184 ± 28.1 | 7.4 ± 0.3 | 7.8 ± 0.4 | 3.0 ± 0.2 | 67% | 11* | * 株数2 |
| エダマメ(早生) | | たんくろう | | | | 3.0~4.0 | ≥50% | | |
| ラッカセイ | | 大粒落花生 | | | | 2.0~4.0 | ≥50% | | 株数12 |
| ネギ | | 松本一本ネギ | 61.0 ± 4.8 | 28.4 ± 0.8* | 1.6 ± 0.1 | 2.9 ± 0.1 | 61% | 31 | * 白色部分 |
| C | トウモロコシ | 甲州とうもろこし | 275 ± 24.7 | 21.2 ± 1.0 | 4.8 ± 0.3 | 2.6 ± 0.33 | 63% | 11 | 台風害あり |
| | カボチャ | 小菊 | 705 ± 80.8 | 10.1 ± 2.4 | 9.8 ± 1.3 | 4.0 | 100% | 2* | * 株数2 |
| | カボチャ | バターナッツ | 320 ± 60.7 | 12.5 ± 0.4 | 7.8 ± 0.4 | 4.0 | 100% | 3* | * 株数2 |
| | ズッキーニ | 黒まんぼう | 625 ± 156 | 24.2 ± 2.3 | 5.3 ± 0.6 | 3.3 ± 0.4 | 100% | 19* | * 株数4 |
| | ハツカダイコン | 紅白はつか大根 | 77.9 ± 4.3 | | | 1.0 ± 0.03 | 0% | 33 | 採り遅れ |
| | ニガウリ | ゴーヤチャン | 130.2 | 4.24 | 17.9 | 5.0 | 100% | 1 | 発芽・結実不良 |
| | キュウリ | 聖護院節成胡瓜 | 192 ± 40.2 | 22.5 ± 2.8 | 3.5 ± 0.3 | 2.0 ± 0.3 | 20% | 8 | 曲がり/尻細り |
| | インゲン | 穂高菜豆 | | | | 3.5~4.0* | 100% | | *8月の評価 |

² 品質評価指標: 1 (非常に悪い), 2 (悪い), 3 (自家用に問題なし), 4 (良い), 5 (非常に良い) の5段階



図5 設置初年度の環境共生型菜園において栽培された収穫前および収穫後の青果物(2014年)。

丸山式 FIT により7月に採集した飛翔昆虫数は、菜園区画内のA畝、B畝およびC畝でそれぞれ510匹、488匹および522匹であった(図表は省略)。これに対し、菜園区画外の肥料投入区(D畝)では160匹、非栽培域では274匹であった。10月では捕集できた昆虫数は大幅に減少したが、それでもA、BおよびCの各畝でそれぞれ86匹、85匹および67匹

が採集された。一方、D畝では62匹、非栽培域では58匹であった。

2. 生産物の収量

環境共生型菜園の設置初年度(2014年)に収穫できた作物の総重量は101.5kgであり、うち葉茎菜類は21.3kg、果菜類は26.0kg、根菜類は44.5kgおよびその他のイモ・マメ・穀類は9.8kgであった(表1)。

3. 生産物の品質

収穫された作物の品質は、「自家用として問題ないレベル」を3点とする評価基準において、平均点が3点以上を示したものが多かった(表4および図5)。また、収穫物のうち自家用レベル以上の品質を有するものがどれくらいの割合で含まれたかを示すために、3点以上の評価を得た個体数の比率を計算したところ、50%以上と高いものが多かった。レタス、パセリ、コールラビやカブなどは品質の評価点が高かった。ロケットは虫害痕によって評価の低い個体があった。ジャガイモや地大根はサイズが小さかったが、自家用としては問題ないものが多かった。マメ類(エダマメとインゲン)、カボチャ

表5 菜園区画および施肥区(D区画)で栽培された数種野菜のアスコルビン酸および総ポリフェノール含量(2014年)

| 区画 | 品目 | 品種 | 部位等 | アスコルビン酸含量 | | 総ポリフェノール量 | | 糖度 | |
|-----|---------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|----|------------|---|
| | | | | (mg/100g FW) | n | (mg/100g FW) | n | °Brix | n |
| A | リーフレタス | サニーレタス | 間引菜 | 33.3 ± 1.8 | 16 | | | | |
| | | サニーレタス | 成葉 | 28.1 ± 1.8 | 3 | | | | |
| | | チマサンチュ | 間引菜 | 41.1 ± 3.2 | 9 | | | | |
| | コールラビ | カブ甘藍 | | 48.3 ± 5.8 | 5 | 50.2 ± 1.3 | 4 | | |
| | テーブルビート | デトロイトダークレックド | | 3.7 ± 0.4 | 5 | 257 ± 20.3 | 5 | | |
| | ロケット | エルーカ | | 98.1 ± 17.1 | 5 | 332 ± 8.4 | 5 | | |
| | テンサイ | パピリカ | | 3.97 ± 0.3 | 5 | 32.9 ± 4.2 | 5 | 16.9 ± 0.1 | 5 |
| | ヤーコン | - | | 8.7 ± 1.4 | 5 | | 5 | 10.9 ± 1.4 | 5 |
| | カブ | 羽広カブ | 地上部 | 60.3 ± 7.3 | 5 | 317 ± 25.7 | 5 | | |
| | | | 根部 | 17.6 ± 1.6 | 5 | 23.1 ± 1.2 | 5 | | |
| B | ジャガイモ | キタアカリ | 収穫日 | 43.5 ± 3.2 | 5 | 45.6 ± 3.1 | 5 | | |
| | | | 72日後 | 27.4 ± 2.3 | 5 | | | | |
| | 南蛮 | 菱野南蛮 | | 105 ± 11.5 | 23 | 225 ± 32.0 | 5 | | |
| | | そら南蛮 | | 106 ± 7.1 | 12 | 231 ± 29.0 | 5 | | |
| | ナス | ていざなす | | 5.7 ± 0.7 | 8 | 120 ± 13 | 10 | | |
| | | 小布施丸なす | | 5.8 ± 0.5 | 5 | 92.0 ± 9.0 | 8 | | |
| トマト | すずこま | | 16.5 ± 0.8 | 19 | 60.6 ± 2.6 | 21 | | | |
| C | ハツカダイコン | 紅白はつか大根 | 地上部 | 95.7 ± 8.7 | 10 | | | | |
| | | | 根部 | 21.0 ± 1.0 | 10 | | | | |
| | ズッキーニ | 黒マンボウ | | 34.1 ± 2.1 | 2 | | | | |
| D | ナス | ていざなす | | 8.2 ± 0.5 | 9 | 185 ± 15.7 | 12 | | |
| | | 小布施丸なす | | 7.8 ± 1.0 | 6 | 100 ± 14.3 | 5 | | |
| | トマト | すずこま | | 20.3 ± 1.3 | 11 | 58.5 ± 3.9 | 8 | | |

平均値 ± 標準誤差

類(小菊およびバターナッツ)およびニガウリは収量数が少なかったものの品質は良好であった。また、テーブルビートおよびハツカダイコンは収穫時期が不適切であったために評価が低くなったが、キュウリは曲がり果や尻細り果など変形が顕著であった。

4. 数種品目のアスコルビン酸およびポリフェノール含量

収穫されたいくつかの品目について、栄養価や機能性成分含量の充実度を検証する目的でアスコルビン酸およびポリフェノールの含量を測定した。アスコルビン酸含量は、食品成分表に示されている数値(参考値)と比較して遜色ないものが多かったが、テーブルビート、カブ(葉部)、およびトマトにおいてはそれぞれ3.7, 60.3および16.5mg/100gFWであり、参考値(それぞれ, 5, 82, 32mg/100gFW)よりも少なかった(表5)。測定した品目の中では、ロケットおよび南蛮のアスコルビン酸含量が非常に多く、それぞれ98.1mg/100gFWおよび105~106mg/100gFWであり、食品成分表の数値(それぞれ66および76mg/100gFW。ただし、後者は青ピーマンの数値)と比較しても多かった。また、ロケットと南蛮類については総ポリフェノール含量も非常に高く、ロケットは332mg/100gFW、菱野南蛮とそら南蛮はそれぞれ225mg および231mg/100gFWであった。なお、ジャガイモについては自給菜園であっても収穫後の保存を経て食されるため、収穫日の試料以外に室温で72日経たものについてもアスコルビン酸含量を調べたところ、室温保蔵によってアスコルビン酸は当初(43.5mg/100g)の63%まで低下し、27.4mg/100gとなった。

ナスおよびトマトについては、D 畝から採取した果実についても調査したところ、アスコルビン酸含量は‘ていぎなす’、‘小布施丸なす’および‘す

ずこま’の全てにおいて施肥区であるD 畝の果実の方が多かった。また、総ポリフェノール含量についてもナスの2品種はD 畝の方が高かった。この調査は栽培した植物数が極めて少ないことから参考程度にしかならない比較ではあるが、成分含量のみならず、1株当たりの果実収穫数もD 畝の果菜では顕著に多かった(表6)。

考 察

今回設置した環境共生型菜園は約0.7a(正味の栽培面積約0.37a)と小規模ではあるが、1人の社会人が「自然菜園方式」で自身の食材をなるべく確保しようとする想定においては、これ以上の面積は容易ではなく、幼植物の管理や草マルチなどの作業量などから1a程度が適切と考えられた。この中でいかに土壌を豊かに育て、3次元的に空間を利用して栽培できるかが重要と考えられる。今回の栽培計画に対し、種苗会社の方の反応は「(植えたものが)何も残らないかも知れないですよ」というものであった。大きさに表現したにせよそれが無肥料・無農薬で野菜を栽培しようとする行為に対しての一般的な印象かも知れない。その印象からすれば101kgの収穫物が得られた今回の栽培管理はそれなりに成功であったのかも知れない。もっとも、菜園の設置場所がこれまで野菜の栽培圃場であったことからいわゆる痩せ地ではなく、「基準通りの施肥を行う前提で」良好な土壌であったことは無視できない要因であろう。実際、K, PやMgなどの無機養分バランスが、菜園区画と非栽培域とで異なっていたことは、前年度までの施肥が影響したものと考えられる。とは言え、適正値の範囲よりかなり低いEC値と窒素濃度は、作物の生育が遅く、収量が減少する要因であり、このことは肥料投入区(D 畝)と非投入

表6 化学肥料投入区と菜園区内で栽培されたナスおよびトマトの収穫量の比較(予備的調査)

| 品目 | 品種 | 区 | 定植株数 | 総収穫量(kg) | 総収穫果数(個) | 1株当たり収穫数(個) | 1果の平均重量(g) |
|-----|--------|---|------|----------|----------|-------------|------------|
| ナス | ていぎなす | B | 2 | 4.3 | 21 | 10.5 | 205 ± 20 |
| | | D | 1 | 2.5 | 29 | 29.0 | 137 ± 14 |
| ナス | 小布施丸なす | B | 2 | 2 | 11 | 5.5 | 184 ± 28 |
| | | D | 1 | 2.7 | 19 | 19.0 | 225 ± 26 |
| トマト | すずこま | B | 5 | 1.4 | 46 | 9.2 | 28.7 ± 2.1 |
| | | D | 2 | 3.9 | 64 | 32.0 | 38.6 ± 2.1 |

B 区…菜園区画, D 区…施肥区

施肥区はあらかじめ苦土石灰200g/m²を土壌に混合し、元肥として定植1週前に20~25cmの深さに化成肥料(N-P-K=4-8-3)250g/m²を施した。追肥はナスに2回、トマトに1回施した。

即ち、D 区では元肥+追肥でナスに18g/m²、トマトには12g/m²のNを施した。

区（B 畝）の比較において顕著に表れていたように思える。また、B 畝のナスは初期の花が不良花（短花柱花）であり、ここからも肥料不足であることが伺えたが、今回は草マルチとマメ科共栄作物を混植すること以上の手入れは行わなかった。今回の土壌分析値と作物収量・品質の関係は、今後、化学肥料に頼らない土作りが成功したかどうかを判定する指標となり得るであろう。継続的に野菜が健全に育ち、収穫量が得られるかどうかを見極める必要がある。

土壌微生物の種類や量が増加するような土作りを行うことは環境共生型菜園が成功に向かう前提条件であると考えられる。土壌微生物の活性が高いことは、マメ科植物と共生する根粒菌の窒素固定の活発化や、VA 菌根菌やリン溶解菌などの働きによる作物のリン酸吸収の促進¹⁷⁾といった有益な作用が期待できるからである。また、ネギ属植物に親和性のある拮抗細菌が他の作物の病原菌の働きを抑制すること¹⁸⁾や、放線菌が植物の生長や病害予防に重要な働きをもつこと¹⁹⁾などが知られている。このようなことから、土壌微生物活性の高さは環境共生型菜園の完成度の指標となる可能性がある。今回の調査では菜園区画内の微生物総数および放線菌数が非栽培域よりも高かった。これは多様な作物の混植によって共生菌や根圏の土壌微生物の活性を高めようとする目的が達成されたものと考えられる。しかし、4月下旬の当初から差がみとめられたことは、前年度の作付けの影響があった可能性もあり、微生物活性に及ぼす混植の影響についても、4～5年の継続的な調査で変遷をみる必要がある。

自然農法による栽培は2年目から3年目が虫害も増え、栽培が困難な状況になると伝承されている。これは1年目に野菜に集まった昆虫が越冬して増殖し、生態系の食物連鎖によって均衡状態が生じるには時間がかかるとされるからである。多品目の混植栽培は確かに圃場生態系の生息昆虫数を増加させたが、このことは2年目以降に虫害が増大する可能性も秘めており、諸刃の剣である。5月下旬にコールラビの幼植物に大量に発生したアブラムシはナナホシテントウの幼虫が散見されるようになってから激減したことが観察されたが、このタイムラグを短くする手法が望まれる。その点で寄生蜂や捕食性の昆虫・クモ類を大切に、菜園へ呼び込むことは重要なことと考えられる。しかし現在、ネオニコチノイド系農薬などの、標的外生物（特にハチ類）への影響が大きい農薬使用が拡大している¹⁰⁾。これは、多様な昆虫類の働きの恩恵を期待する自然農法にとっ

て困惑する事態であり、環境保全型農業の普及を妨げることに繋がる点でも非常に問題が大きい。

共栄作物との混植は病虫害の低減効果をもたらす重要な手段である。しかし、ブロッコリー種子をレタスの株間に条播きしたところ発芽した個体が非常に少なかった。ブロッコリーは通常直播されることがなく、植物としてこのような栽培には耐えられない性質になっている可能性もあるが、この時、比較のために同様に播種したD 畝では揃ってきれいに発芽がみとめられた。レタス株間への条播で発芽が抑制された原因が、レタス根圏からの発芽阻害物質であるのかどうか今後の解明が必要であるが、共栄作物として適当とされる植物種の組合せであっても根圏の奪い合いに勝利するための植物の戦略が存在することは当然と思われ、うまく折り合いを付けて共栄させる必要がある。

本研究で構築した環境共生型菜園は自給用野菜の生産の場を念頭に置いている。野菜の自給率がどの程度であったかは、単に総収穫量で見極められるものではないが、あえて収穫量から試算してみる。厚生労働省が推奨する成人1人1日当たりの野菜摂取量は350g以上である。仮に350gを満たすとすれば、年間の野菜摂取量は約128kgとなる。今回菜園区画から収穫できた野菜は101.5kgであり、79.3%であるが、トリミングによる廃棄部位を仮に10%とすると71.4%となる。今回の品目にはテンサイ（22.8kg）を含んでおり、これは生食されるものではないため、実際には摂取できる野菜に含めることは問題であるが、野菜を育てることができる土壌の潜在力は反映されているものと思われる。ちなみにテンサイを除いた78.7kgで計算をすると55.3%（廃棄率10%と仮定）となる。ただし、野菜摂取の現状としては、平成25年における野菜摂取量が平均272.8g/日、即ち約99.6kg/年であるから²⁰⁾、今回収穫された78.7kgの野菜で現状の約79%を満たす結果となる。ただし、これは収穫された野菜が無駄なく年間を通じて食べ続けることができ、初めて日々の野菜自給を果たしたことになる。今後、自給に向けた野菜生産を考えるに当たっては、継続的に少しずつ収穫ができること、冬季のための長期貯蔵や加工処理が可能な品目を増やすこと、春先に越冬野菜が収穫できることなどを念頭に工夫することが必要である。

菜園で収穫した野菜の品質については、自家用としての利用であれば問題ない（ ≥ 3 点）レベルのものが多かった。仮に評価が2点であっても、色、形

や大きさが極端に悪いものや食害痕が多く見栄えが悪いということであり、食用にできるものである。しかし、キュウリの曲がり果や尻細り果のように樹体の栄養不足に関係すると推察されるものもみとめられた。ナスやトマトの含有成分にもその兆候が現れていたことから、今後の土壤環境改善によって生育状態や品質が向上するかどうかを見極めることが必要である。

いくつかの品目についてアスコルビン酸含量と総ポリフェノール含量を調査した結果から、肥料投入無しでの栽培であっても、全体としては栄養・機能性成分的に大きな問題はみとめられず、一般的な野菜と比較して遜色ないレベルであると考えられた。ナスおよびトマトについては、肥料投入区である D 畝で栽培したものの方がアスコルビン酸含量が多く、ナスではポリフェノール含量も多かった。これについては化成肥料による植物体の生長促進と葉面積の増加などが影響した可能性があるが、B 畝と D 畝の間の違いは肥料の有無だけではなく、周辺の植物密度やそれに関連する日照量や周辺温度などが異なった可能性もあり、より詳細な調査が必要である。

なお、今回の測定の中で、ロケットは南蛮類とともにアスコルビン酸とポリフェノールを共に極めて高いレベルで含有する野菜であることが示された。Cavaiuolo・Ferrante (2014) によれば、ロケットはアブラナ科野菜の中で最も高いアスコルビン酸含量を有しており、110mg/100gFW に達する場合もある²¹⁾。これらの野菜類は抗酸化物摂取の点で非常に有益と考えられ、かつ、初年度の生育状態の観察から無肥料・無農薬栽培においても良好な生育を示すものと推察され、環境共生型自給菜園には是非取り入れたい品目と考えられる。

以上のように、設置初年度の環境共生型菜園における作物の生育状況と収穫量および品質は自給用としてはまずまずの評価と考えられた。今後、土壤の状態(無機養分および微生物の数・多様性)と生産物の収量・品質について4~5年にわたる経年的な調査を実施できれば、「化学物質を投入せず微生物活性を高める土作り」が生産物の収量・品質に及ぼす影響を科学的に評価できる可能性がある。今回の報告は菜園設置の初年度の状況をまとめたものであり、試行的な内容をも含むものであるが、今後の継続調査の基礎情報となるものである。

謝 辞

本研究を行うにあたり、蔬菜園芸学研究室の大井美知男教授には、実験場所のご提供やご助言、苗の入手に至るまでたくさんのご支援をいただき、研究を円滑に実施することができた。また、丸種株式会社の湯浅勝敏様および本山 純様には品種の選定や種子のご提供など、多大なご協力をいただいた。こころより感謝申し上げます。

引用文献

- 1) World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research (2007) Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer : a Global Perspective. AICR, Washington DC.
- 2) Bouchard, M.F., Bellinger, D.C., Wright, R.O., Weisskopf, M.G. (2010) Attention-deficit/hyperactivity disorder and urinary metabolites of organophosphate pesticides. *Pediatrics* 125(6) : e1270-1277.
- 3) Bouchard, M.F., Chevrier, J., Harley, K.G., Kogut, K., Vedar, M., Calderon, N., Trujillo, C., Johnson, C., Bradman, A., Barr, D.B., Eskenazi, B. (2011) Prenatal exposure to organophosphate pesticides and IQ in 7-year-old children. *Environ Health Perspect* 119(8) : 1189-1195.
- 4) Kimura-Kuroda, J., Komuta, Y., Kuroda, Y., Hayashi, M., Kawano, H. (2012) Nicotine-like effects of the neonicotinoid insecticides acetamiprid and imidacloprid on cerebellar neurons from neonatal rats. *PLoS One*. 2012 ; 7(2) : e32432.
- 5) 黒田洋一郎・木村・黒田純子 (2013) 自閉症・ADHD など発達障害増加の原因としての環境化学物質 —— 有機リン系, ネオニコチノイド系農薬の危険性 (上). *科学* 83(6) : 693-708.
- 6) 黒田洋一郎・木村・黒田純子 (2013) 自閉症・ADHD など発達障害増加の原因としての環境化学物質 —— 有機リン系, ネオニコチノイド系農薬の危険性 (上). *科学* 837 : 818-832.
- 7) Weichenthal, S., Moase, C., Chan, P. (2010) A review of pesticide exposure and cancer incidence in the Agricultural Health Study cohort. *Environ Health Perspect* 118(8) : 1117-1125.
- 8) Guyton, K.Z., Loomis, D., Grosse, Y., El Ghissassi, F., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Scoccianti, C., Mattock, H., Straif, K.; International Agency for Research on Cancer

- Monograph Working Group, IARC, Lyon, France. (2015) Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *Lancet Oncol.* 16(5) : 490–491.
- 9) Shehata, A.A., Schrödl, W., Aldin, A.A., Hafez, H.M., Krüger, M. (2013) The effect of glyphosate on potential pathogens and beneficial members of poultry microbiota in vitro. *Curr Microbiol.* 66(4) : 350–358.
- 10) van der Sluijs, J.P., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bijleveld van Lexmond, M.F., Bonmatin, J.M., Chagnon, M., Downs, C.A., Furlan, L., Gibbons, D.W., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreutzweiser, D.P., Krupke, C., Liess, M., Long, E., McField, M., Mineau, P., Mitchell, E.A., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Pisa, L., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J.D., Tapparo, A., Van Dyck, H., van Praagh, J., Whitehorn, P.R., Wiemers, M. (2015) Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environ Sci Pollut Res* 22 : 148–154.
- 11) Kurenbach, B., Marjoshi, D., Amábile-Cuevas, C.F., Ferguson, G.C., Godsoe, W., Gibson, P., Heinemann, J.A. (2015) Sublethal exposure to commercial formulations of the herbicides dicamba, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, and glyphosate cause changes in antibiotic susceptibility in *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *mBio* 6(2) : e00009–15.
- 12) 農林水産省 (2011) 食料・農業・農村及び水産資源の持続的利用に関する意識・意向調査.
- 13) 堀 孝弘 (2011) 旬の野菜の選択による環境配慮効果と主要野菜の消費実態 —季節はずれに供給される野菜の消費実態と施設栽培の将来について—. 京都精華大学紀要. 39 : 23–47.
- 14) 竹内孝功 (2012) これならできる！ 自然菜園 耕さず草を生やして共育ち. 農文協. 東京.
- 15) 丸山宗利 (2003) 好蟻性・好白蟻性甲虫の採集法. 昆虫と自然 389 : 43–47.
- 16) Hamauzu, Y., Kume, C., Yasui, H., Fujita, T. (2007) Reddish coloration of Chinese quince (*Pseudocarya sinensis*) procyanidins during heat treatment and effect on antioxidant and anti-influenza viral activities. *J Agric Food Chem.* 55(4) : 1221–1226.
- 17) 唐澤敏彦 (2014) 緑肥の導入などによる有用微生物の増殖とリン酸施肥の削減. 牧草と園芸 623 : 1–5.
- 18) 木嶋利男 (2011) ネギ属植物や雑草との間・混作による作物病害の防除. 雑草研究56 : 14–18.
- 19) Doumbou, C. L., Hamby Salove, M. K., Crawford, D. L. and Beaulieu, C. (2002) Actinomycetes, promising tools to control plant diseases and to promote plant growth. *Phytoprotection* 82 : 85–102.
- 20) 厚生労働省 (2015) 平成25年国民健康・栄養調査報告.
- 21) Cavaiuolo, M., and Ferrante, A. (2014) Nitrates and glucosinolates as strong determinants of the nutritional quality in rocket leafy salads. *Nutrients* 6(4) : 1519–1538.

Preliminary study for construction of sustainable self-sufficient garden -Evaluation of farm environment and the products in the first year-

Yasunori HAMAUZU¹ and Sumire ANDO²

¹ Sciences of Functional Foods, Graduate School of Agriculture, Shinshu University

² Department of Food Production Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

Natural farming is an environmental-friendly farming method with no use of any chemical pesticides or chemical fertilizers. To see the actual condition of natural farming, we constructed small-scale vegetable garden using natural farming method, and evaluated the yield and quality of products. The environmental factors, such as mineral nutrients and soil microbes, were also investigated. Polyculture of around thirty varieties of crops can increase number of insects and soil microbes including actinomycetes. Some crops were subjected to severe insect damages but disease damages were not big problems. Yield

of crops harvested were 101.5 kg from 0.7 a of garden area (0.37 a of actual area under cultivation). Ascorbic acid and total polyphenol contents seemed to be in the range of normal level in crops even under cultivation with no chemical fertilizer and pesticides although some crops seemed to exhibit a warning sign of nutritional insufficiency. However, this investigation should be continued over several years to draw conclusions because it takes over 3–5 years to develop most ideal soil for natural farming.

Key words : Natural farming, vegetable, soil environment, quality, ascorbic acid