

# 農場実習支援への取り組みー施設園芸土耕栽培トマト調査報告ー

前坂昌宏

教育・研究技術支援室 生物・生体技術系

## 1 はじめに

発表者は施設園芸を担当し、学生実習では春作としてトマト土耕栽培とナス砂耕栽培を、秋作としてミニトマト砂耕栽培を行い、基本的な栽培管理の技術指導を行っている（表1）。実習の現場では、発表者の恩師高野泰吉教授の教えから、農場実習は「農学と農業の接点、知識と知恵づくりの場所」と位置付け、参考資料を作成・配布し、努めて専門用語を用いた説明を行っている（参考配布資料1）。しかし、農業は実学であり、多くの要因が関与するため参考資料と一致しない事象も多い。

実習では、教材としてトマトを栽培し、生産農家のような高度な管理を行うのではなく、生産の現場での問題点を顕在化させ学生に興味・関心を抱かせるような管理を心がけている。また、発表者は「環境に優しい農業」を目指して、施設園芸で問題となる塩類が集積した土壌条件下での栽培法を試みている。その方法では3種類の堆肥を元肥として施用し、追肥による養分供給

表1. 平成23年度 学生実習 施設園芸  
：土耕栽培トマト

月日	内容
4月22日（雨天）	・トマト・ナス栽培管理
5月6日	・トマト・ナス栽培管理
6月17日	・大玉トマト収穫
6月24日	・トマト植物体片つけ ・太陽熱土壌消毒準備

によって生育を維持・管理を行うが、その時期や量などの判断が難しい。そのため、3種類の堆肥（ベッド）で同様な生育をさせることが課題であるが、実習ではこの生育差を教材として葉色や樹形の観察から養分供給の過不足が植物体の生育に影響することを認識させている。また、15℃以下の低温や30℃以上の高温下では自家受精しないことがあり、ホルモン着果剤によって単為結果させるが、濃度、処理時期によって奇形果が発生する。生産農家では早期に摘果する果実であるが、摘果せず実習において観察を行っている。

実習の際には参考資料と見本植物を用いて説明を行っている。特に見本植物は、放任栽培のトマトやそれ以外の果菜類を数種用意し、トマトの生育特性や果菜類全般の説明に活用している。その上で、必要となる管理作業やその目的、種や栽培方法の多様性を説明し、その日の実習で行う作業を実演してからハウス内での作業を行っている。通常は、1本仕立て整枝で栽培を行い、主枝誘引、芽かき、摘心、正常果（写真7.）、奇形果（写真8.：窓あき果）の観察を兼ねた果房の花弁残渣取りと収穫を行っている。

その中で摘心作業は、「収穫に関係しない余分な生長を止め、根からの吸収養分と葉の光合成同化産物を①果実の肥大・成熟、②開花の着果、③若茎葉、花蕾の生長促進に配分させるために行う」と説明し、具体的には最終収穫段位である第5～6段花房（花蕾）上の葉を2枚残して頂芽を掻き取る作業を行っている（写真5-1.2）。しかし、少なくとも発表者の栽培方法においては、果実収量や収穫の早期化など、摘心により期待される効果が目に見える形では現れていなかった。

そこで、摘心の効果を検証するために、平成23年度春作の土耕トマトにおいて果実収穫時期、収量、果実品質（1果実重と糖度）に対する摘心の効果を検証した。また、得られたデータから、後述する塩類集積土壌下での栽培状況を検証したのであわせて報告する。

## 2 材料および方法

### 2.1 一般的な生食用トマトの特性

トマトの原産地は中米アンデス山脈高地とされ、ナス科の草本性植物であるが温暖な条件が生育に適する。また、本来の草姿は地面を這う「ほふく性」(写真 4.) であるため、植物体を誘引して管理し、温室内の有効利用と作業効率を考慮した栽培が一般的である。この伸ばす枝を 1 株あたり 1 本(主枝)とし、主枝に対して発生するわき芽(腋芽)を除去する方法を 1 本仕立て整枝という(写真 6.)。

栽培トマトでは 8 枚から 9 枚葉芽を分化(基本栄養生長)して 1 番花房を分化(生殖生長)した後、再び葉を 3 枚分化(生殖生長)して 2 番花房を着生するという葉芽分化と花芽分化を繰り返す着花習性を持ち、栄養生長と生殖生長が同時並行的に進行する。栽培ではそのバランスを取りながら植物体を生長させ、各段に着果させることが重要となる。そのため、生育状況から追肥による養分供給を行うが、生食用トマトは開花から収穫まで 50~60 日を要して完熟果を順次収穫するため、同じ植物体の中で着果果実の肥大と主枝上部の生長との間に養分競合が起こる。この養分競合では果実の肥大に栄養分が吸収・消費されて上部の生長が抑制されると 4 段~5 段の上位段では花が開花しても落花して着果せず果実数が減少し、さらに 7 段果 8 段果の上段では再び着果数が増加するといった生産量のばらつきが生じやすい。

### 2.2 栽培ベッド・土壌・灌水・施用堆肥

栽培ベッドは施設園芸での連作障害(土壌塩類集積、土壌病害)を回避するため、1991 年、隔離床(商品名:くみあいドレインベッド、片倉チッカリン KK 製)が 3 列(26×0.85m)設置された(写真 1.)。

土壌塩類集積、主に肥料副成分と残留肥料成分の程度は土壌 EC(電気伝導度)値で示され、一般的な適正土壌 EC 値は 0.3~1.0mS/cm(1:5)とされる。また、土壌 EC 値は硝酸態窒素と正の相関関係があり、土壌 EC 値を矯正するため、栽培土壌への除塩散水が行われる。しかし、廃液が地下水や河川水の汚染要因となるため、東郷フィールドでは 2001 年から除塩散水を休止しているが、現在まで必要十分な生育が得られている。

局所灌水法:片面灌水チューブ噴口を土壌面側に向けて灌水を行い、栽培土壌中に①土壌 EC 値低下部分、②水分含量減少による土壌 EC 値上昇部分という水分の不均質部分を生じさせる灌水法を行っている。

施肥は堆肥を元肥とし 10 アール当たり 2 トン(2t/10a)、年間 4t/10a 施用している。堆肥は場内飼養牛糞に東山キャンパス実験動物飼養残渣を加えた堆肥(成分未分析、以後、牛糞・チップ堆肥と記す)と食品産業廃棄物から製造された堆肥 2 種類、②商品名「UT コンポ」(N-P-K-Mg-Ca=3.5-4.6-1.8-7.8% 衣浦ユーティリティ KK 製 主原料:コーンスターチ製造残渣)と③商品名「エージング」(N-P-K-Mg-Ca=4-5.5-3-1.4-10% クロレラ工業 KK 製 主原料:クロレラ成分抽出残渣)の 3 種類を 2003 年から連用している。

なお、平成 23 年度春作の定植時土壌 EC 値はエージング堆肥施用ベッドで 2.1mS/cm(1:5) UT コンポ施用ベッドで 1.19 ms/cm(1:5)、牛糞・チップ堆肥施用ベッドで 0.82mS/cm(1:5)であり、追肥は表 2 に示すように各ベッドの生育状況にあわせて行った。

表 2. 定植後の追肥

月日	施用堆肥(ベッド)	追肥(成分量: kg/10a)
3月31日	牛糞・チップ堆肥	・N=4.2kg/10a、K <sub>2</sub> O=2.7kg/10a
4月7日	牛糞・チップ堆肥	・N=10.4kg/10a、K <sub>2</sub> O=5.7kg/10a
	UT コンポ堆肥 エージング堆肥	・N=5.2kg/10a、K <sub>2</sub> O=11.3kg/10a ・K <sub>2</sub> O=11.3kg/10a
4月25日	牛糞・チップ堆肥	・N=10.4kg/10a、K <sub>2</sub> O=5.7kg/10a
	UT コンポ堆肥 エージング堆肥	・N=10.4kg/10a、K <sub>2</sub> O=11.3kg/10a ・N=10.4kg/10a、K <sub>2</sub> O=11.3kg/10a
6月14日	牛糞・チップ堆肥	・N=7.6kg/10a、K <sub>2</sub> O=5.4kg/10a

## 2.3 栽培品種・栽培方法

トマト品種‘桃太郎ファイト’（タキイ種苗）を2011年1月3日に播種し、2月23日（育苗齢51日）に定植した。栽植は株間22.5cm、1条植え（写真2.）、左右振り分け（写真3.）とし、1本仕立て整枝、5段取り、各段位とも着果数を5個以下とした（以後、第1花房から1段果、2段果と記す）。パチンコ玉程度に肥大した果実の中で商品となる可販果を残し、窓空き果などの奇形果は摘果して慣行栽培を行った。

## 2.4 処理区の設定

各ベッドの一部の連続した12個体を調査対象とし、左右に振り分けた後、1個体ごとに①摘心を行わずに主枝を伸長させる放任区と②摘心を行う摘心区を6個体ずつ設定し、3種類のベッドで3反復とした。なお、摘心区は4月11日に第5段花房の上、葉2枚を残して頂芽を摘み取った。放任区は芽かき、誘引を行い栽培終了時まで主枝を伸長させたが、着果剤処理は5月13日までとし、それ以降は自家受粉、自然結果とした。

## 2.5 調査方法

- ① 穫日調査：播種日を0日として各段位、第1果収穫開始までの日数を調査した。
- ② 果実数調査：商品価値のある果実（可販果）のみを残し、各段位5個以下に摘果した。しかし、果実肥大期に生理障害果（尻腐れ果：写真9.）が発生し、着果数と収穫個数が異なる個体があった。
- ③ 収量調査：果実が桃色以上に着色した果実を完熟果として収穫し、果実重を測定した。
- ④ 果実糖度調査：主枝基部から2番目に着果した果実、または果房の中で2番目に着色した果実の重量と糖度を測定したが、花房の着果数が1個の場合はその果実を測定した。糖度測定では、果実を4分の1に切断して乳鉢ですりつぶし、濾紙でろ過して簡易糖度計（アタゴKK製）で糖度(Brix%)を測定した。

# 3 結果および考察

## 3.1 摘心効果

着果数は放任区、摘心区間に有意差がなく、両処理区ともに4段果、5段果では有意に減少した（図1-1）。播種から各段位の第1果収穫日までの日数を図1-2に示す。両処理区ともに収穫日数に有意差はなかった。なお、データとしては示していないが、植物体の生育が異なる3種類の施用堆肥において両処理区ともに4段、5段花房は順調に生長して開花し、各花房1番花の開花日に有意差はなかった。図2に摘心処理が各段位別の収穫果数および収量におよぼす影響を示す。放任区、摘心区ともに処理区間に有意差はなく、両処理区ともに収穫数は4段果、5段果、収量は3段果から5段果において有意に減少した。摘心処理が1果実重および糖度におよぼす影響を図3に示す。放任区、摘心区ともに処理による有意差はなかった。

以上の結果からトマト栽培管理作業の中での摘心作業は①果実の肥大・成熟、②着果、③若茎葉、花蕾の生長促進には効果がないことが明らかになった。

この結果を踏まえて来年度の実習では摘心処理が生育促進に効果がなかったことを説明するが、①生産現場では栽培計画に基づいて最終収穫段位の花蕾房上で摘心を行うこと、②植物体の光や温度、湿度、通風などの生育環境の好条件化、③誘引、芽かき、病虫害防除、薬剤散布作業・効果などの労力軽減、③肥料、資材、薬剤費などの経費削減等々、労働生産性についても説明し、摘心作業を継続することとした。

## 3.2 塩類集積土壌条件での栽培管理状況

塩類集積土壌での栽培は生産農家では塩類による生理障害が発生する危険性があるので行うことのできない栽培条件である。東郷フィールド施設栽培は教育研究機関であり、また、発表者は「環境にやさしい農業」を目指していることから、センター長の許可を得て塩類集積土壌での栽培を行っている。

今回は摘心効果の検証を行ったデータを用いて、3種類の施用堆肥ベッドでの栽培状況を検証した。

図4～8は施用堆肥ごと着果数、収穫数、収量、1果実重と果実糖度を示したものである。

- ① 着果数は各施用堆肥とも前述の調査結果と同じ傾向があった。しかし、減少傾向がある5段果において、エージング堆肥の着果数がUTコンポ堆肥、牛糞・チップ堆肥と比べて有意に増加した(図4)。
- ② エージング堆肥の4株だけに果実肥大期に尻腐れ果が発生し、その発生率は2段果:1.8%(1/57個)、3段果:18.5%(10/54個)、4段果:33.3%(15/45個)、5段果:18.8%(9/48個)であった(図5)。また、その発生によって3段果、4段果では収穫数、収量ともに有意に減少した(図6)。
- ③ 1果実重はUTコンポ堆肥、牛糞・チップ堆肥と比べてエージング堆肥では減少する傾向を示し、3段では有意に減少した。また、果実糖度は1段果、2段果においてエージング堆肥が有意に高く、3段果以降は全ての施用堆肥で高くなった(図7)。
- ④ 図9に調査個体34個体の1果実重と糖度を施用堆肥別に示した。UTコンポ堆肥、牛糞チップ堆肥と比較してエージング堆肥施用ベッドでは1果実重の減少、糖度の上昇が有意に認められた。

以上の結果から、各施用堆肥によっても摘心効果と同じ傾向がみられた。しかし、定植時の土壌EC値が2.1mS/cm(1:5)と高い値を示したエージング堆肥施用ベッドにおいて1段果、2段果において他の施用堆肥と比べて糖度が有意に上昇したこと着目すべき結果であった。塩類集積土壌での局所灌水法を用いた栽培調査は、土壌EC値の最も高いエージング堆肥施用ベッドで試験しており、UTコンポ堆肥および牛糞・チップ堆肥施用ベッドで栽培した植物との比較を行っていない。普通栽培の場合、1段果、2段果に比べて上段では糖度が上昇することは一般的な事象である。学生には①根部より遠い上段ほうが吸収した養水分供給にエネルギーが必要、また、②本来トマトは「ほふく性」で地面を這い、茎から多くの不定根を発生させて養水分を吸収すること、③人為的に植物体を誘引していること、から養水分の供給源である根部に近い低段(1段果、2段果)に比べて上段では水分ストレスがかかるから糖度が上昇すると説明している。しかし、5段取りという短期栽培において1段果、2段果を有意に上昇することができれば、低段の果実品質の向上につながる可能性があると考えた。なお、尻腐れ果の発生は窒素過剰および塩類による水ストレス付加と考えた。

本調査では収量に焦点を当てたため、生育調査は行っていない。しかし、施用堆肥によって生育の異なった植物体の調査において上段の着果数が有意に減少した。上段で果実が減少する要因は主に①果実の肥大生長と上段の生長との養分競合、②生育が旺盛の場合は茎葉の生長と上段の生長との養分競合とされる。これは上段の生長と比較した場合、①果実肥大生長、②茎葉生長に栄養分が強く吸収され、上段が栄養分不足となって生長が抑制されて落花する。その対策として追肥は当然であるが、栽培管理者の判断で摘果による着果数の減少と摘果による茎葉の生長抑制などが行われる。その判断材料となるのがトマト植物体の葉色や樹形である。主枝を誘引する1本仕立て整枝では樹形が長方形になるように栽培管理を行うと良いといわれている(参考図4-43<sup>[1])</sup>)。エージング堆肥施用ベッドの植物体は施用堆肥の中で最も生育が旺盛で栽培終了時まで葉色も濃緑色で逆三角形の樹形を呈した。それに対して牛糞・チップ堆肥では1段果の果実肥大期に葉色が急に緑色から黄緑になり、追肥を行っても葉色が改善されず、引用図にはないが、上段の生育が抑制されて二等辺三角形となった。また、UTコンポ堆肥はエージング堆肥ほどではないが、逆三角形の樹形を呈した。このことからエージング堆肥施用ベッドでの上段の着果数の減少は主に②茎葉生長との養分競合、牛糞・チップ堆肥は①果実肥大生長との養分競合、UTコンポ堆肥は①と②の養分競合によるものと推察した。また、牛糞・チップ堆肥生育は窒素飢餓に類似している。これは堆肥製造に際して、近年、牛や実験動物飼養残渣(オガクズなど敷料:炭素源)に対して牛糞量(窒素源)が減少していることから、完全に発酵(腐熟しておらず、土壌施用後に急激に分解した可能性がある。そのため、注意深い観察、追肥量、回数などの栽培管理が必要と考えた。

## 4 まとめ

平成 23 年度トマト栽培（1 本仕立て整枝、5 段どり）において収穫時期、収量、果実品質の調査を行い、栽培管理作業の摘心効果：①果実の肥大・成熟、②開花の着果、③若茎葉、花蕾の生長促進を検証した。あわせて、そのデータから塩類集積土壌下での施用堆肥による栽培状況を検証した。

1) 摘心を行わず、主枝を生長させる放任区と最終収穫段位 5 段花房の上 2 枚の葉を残して頂芽を摘み取る摘心区を設定して慣行栽培を行い、播種から各段果の 1 番果収穫までの日数、可販果のみを残した着果数、収穫数、収量、果実品質については 1 果実重とブリティッシュ糖度 (%) を調査した。

2) 摘心区、放任区の間に有意差は認められず、生長促進の効果はなかった。しかし、労力・経費軽減などの労働生産性には効果が期待されることから、来年度もこの作業を継続することとした。

3) 一般的な適正土壌 EC 値が 0.3~1.0mS/cm (1:5) に対して平成 23 年度春作の定植時土壌 EC 値が 2.1mS/cm (1:5) は最も高いエージング堆肥施用ベッドでは、U T コンポ堆肥、牛糞・チップ堆肥と比較して 1 段果、2 段果では果実糖度が有意に上昇した。土壌 EC 値の高い塩類集積土壌で栽培をすれば、5 段取りという短期栽培で 1 段果、2 段果の果実糖度を上昇させることができる可能性が示された。

4) データ上では、生育の異なるすべての施用堆肥栽培ベッドで 4 段、5 段果において着果数が減少した。その原因はデータからではなく、生育状況（樹形）から逆三角形のエージング堆肥と U T コンポ堆肥施用では茎葉生長と上段との養分競合、二等辺三角形の牛糞・チップ堆肥施用ベッドでは果実肥大生長と上段の生長との間の養分競合である判断した。

5) 牛糞・チップ堆肥施用ベッドの植物体の生育が窒素飢餓に類似した症状を呈した。これは場内製造堆肥が完全発酵しておらず、堆肥施用後に分解が始まった可能性が示された。そのため、追肥管理：時期、量、回数の検討、実施が必要と考えた。

## 5 謝辞

報告をまとめるにあたり、ご指導いただいた植物生産科学第 2 分野 准教授 土井一行先生に深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] 野菜の生育診断 加藤徹 著 農文協 1985
- [2] 園芸通論 高野泰吉 著 朝倉書店 1991
- [3] 改訂 トマト 生理と栽培技術 青木宏史 著 誠文堂新光社 1998
- [4] 営農指導員のためのトマトの栽培と栄養・生理障害 全農 肥料農薬部 2002
- [5] 園芸生理学 分子生物学とバイオテクノロジー 山木昭平編 文永堂 2007
- [6] まるごと楽しむ トマト百科 森俊人 著 農文協 2008



写真 1. ドレインベッド



写真 2. 一条植え



写真 3. 1 条植え後、左右振り分け



写真4. トマト草姿「ほふく性」



写真5-1. 摘心前



写真5-2. 摘心後



写真6. 1本仕立て整枝



写真7. 正常果



写真8. 顕著な窓あき果



写真9. 尻腐れ果

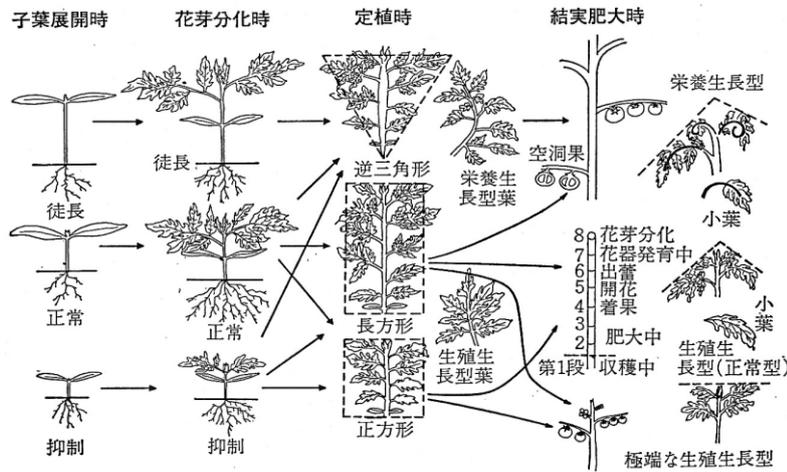


図4-43 トマトの形態診断模式図

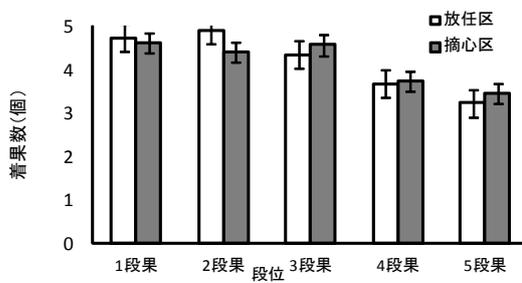


図1-1. 摘心処理が着果数におよぼす影響

\* 図中の垂線は標準誤差(n=18)を示す。

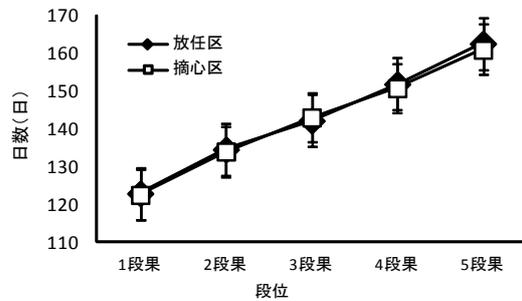


図1-2. 摘心処理が各段位の第1果収穫日数におよぼす影響

\* 図中の垂線は標準誤差(n=18 or 16)を示す。

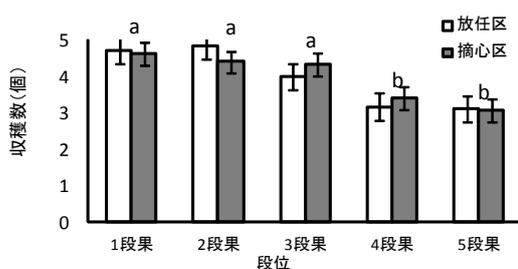


図2-1. 摘心処理が各段位の収穫数におよぼす影響

\* 図中の垂線は標準誤差(n=18 or 16)を示す。  
\* 各段位の異なるアルファベットは5%で有意差があったことを示す。

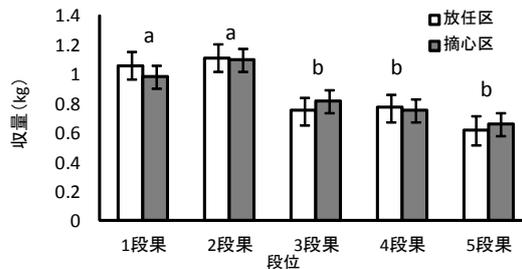


図2-2. 摘心処理が各段位の収量におよぼす影響

\* 図中の垂線は標準誤差(n=18 or 16)を示す。  
\* 各段位の異なるアルファベットは5%で有意差があったことを示す。

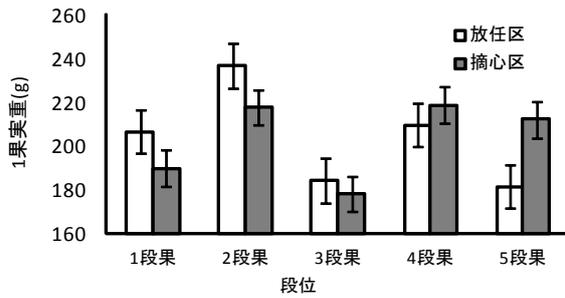


図3-1. 摘心処理が果実重におよぼす影響

\* 図中の垂線は標準誤差(n=18 or 16)を示す。

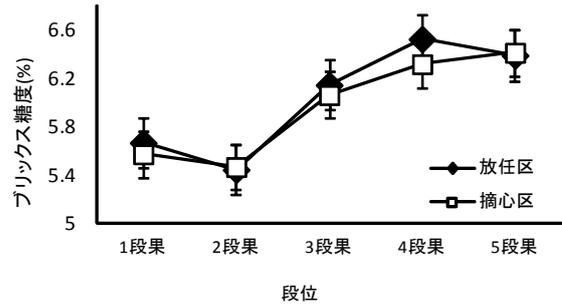


図3-2. 摘心処理が果実糖度におよぼす影響

\* 図中の垂線は標準誤差(n=18 or 16)を示す。

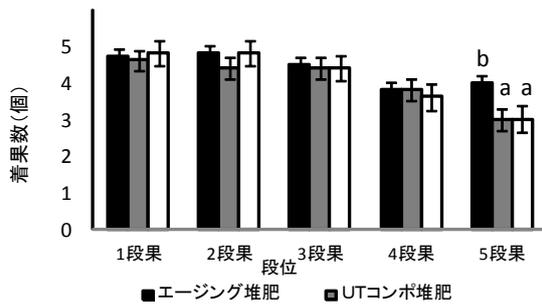


図4. 施用堆肥ベッドにおける段位別着果数

\* 図中の垂線は標準誤差(n=18)を示す。

\* 5段果の異なるアルファベットは5%水準で有意差があることを示す。

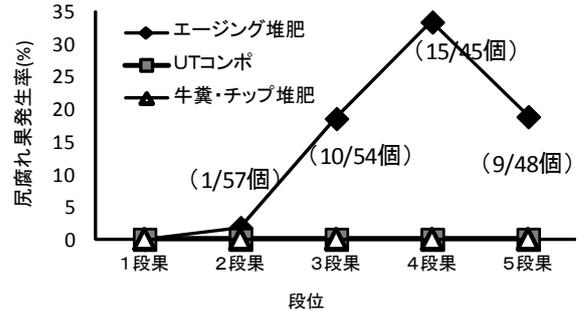


図5. 施用堆肥(ベッド)における尻腐れ果発生状況

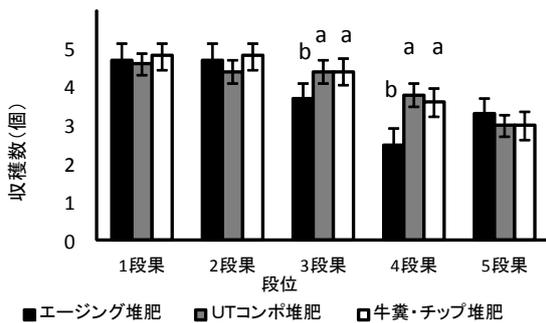


図6-1. 施用堆肥ベッドにおける段位別収穫数

\* 図中の垂線は標準誤差(n=18 or 16)を示す。

\* 3、4段果の異なるアルファベットは5%水準で有意差があることを示す。

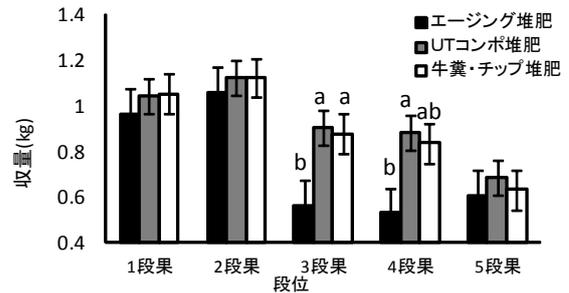


図6-2. 施用堆肥ベッドにおける段位別収量

\* 図中の垂線は標準誤差(n=18 or 16)を示す。

\* 3、4段果の異なるアルファベットは5%水準で有意差があることを示す。

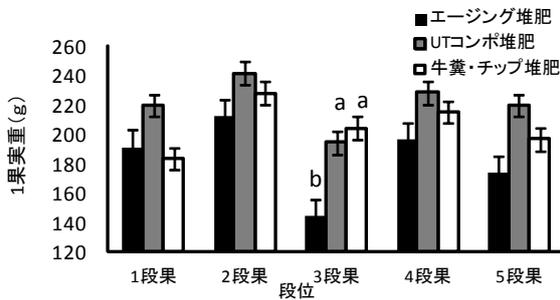


図7-1. 施用堆肥による1果実重調査

\* 図中の垂線は標準誤差(n=12 or 10)を示す。

\* 3段果の異なるアルファベットは5%水準で有意差があることを示す。

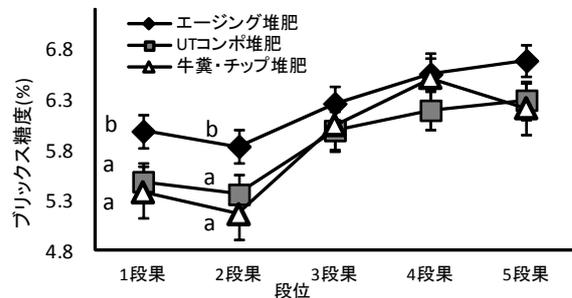


図7-2. 施用堆肥による果実糖度調査

\* 図中の垂線は標準誤差(n=12 or 10)を示す。

\* 1、2段果の異なるアルファベットは5%水準で有意差があることを示す。

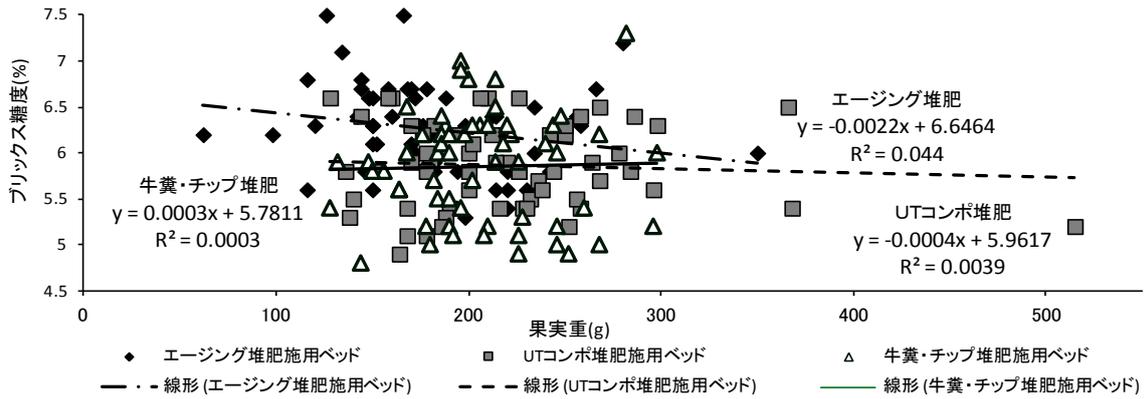


図8. 施用堆肥が果実重および糖度におよぼす影響

参考配布資料：平成 23 年度 4 月 22 日 配布資料の一部

平成 23 年度 4 月 22 日 学生実習 施設栽培 (ナス・トマト栽培管理)

- 露地栽培 (自然環境・原産地) ⇔ 施設栽培 (施設園芸：環境調節)
  - 作物栽培：適地・適作・適管理
    - 環境    ② 収穫・流通・経営    ③ 生育状況による栽培管理    ほか
  - 栽培環境
    - 温度 (気温、地温)    ② 光    ③ 湿度    ④ 二酸化炭素    ⑤ 土壌 (水分、肥料 (塩類))
- 分類：
  - 植物学的分類 (自然分類)：分類法：門・綱・目・科・属・種
  - 園芸的分類 (人為的分類)：① 野菜 (野菜)    ② 果樹    ③ 花卉
  - 野菜 (草本植物) の分類：可食部 (利用部位)
    - 地上部：① 葉茎菜類    ② 果菜類    地下部    ③ 根菜類 (根、茎)
  - 果菜類の種類：① ウリ科    ② ナス科    ③ マメ科    ④ パラ科    ⑤ イネ科    ⑥ アオイ科 他
 

\* 農業上では 科 単位に注目 → 花・果実の形状・性質・病害・虫害の共通性    ほか
  - 果菜類収穫時期：① 未熟果    ② 完熟果    ③ 未熟子実    ④ 未熟若莢
 

\* トマト、ナス、ピーマン、パプリカ、インゲン、トウモロコシ、オクラ、スナップエンドウ
  - 果菜類の生産：① 結実・着果・肥大促進    ② 収穫量    ③ 果実品質    ④ 流通    ⑤ 消費
 

\* 栽培：結実・着果・肥大促進・果実品質・収穫

\* 収穫後：調整・選別 (果実品質) → 流通 → 消費
- トマト植物体 定植後の主な栽培管理作業：
  - 整枝：1本仕立て、主枝誘引・わき芽かき (腋芽、側枝 除去)
 

\* 参考：① 1本仕立て整枝、② 2本仕立て    ③ 連続摘心栽培 (茎の捻枝技術)
  - 着果剤 (ホルモン) 処理：
  - 花卉残渣除去：
  - 摘果・摘葉：
  - 玉吊り：
  - 薬剤散布：
  - 摘心：
  - 追肥：
  - 収穫：

〔施設内土じょう〕

〔露地土じょう〕

図 2-62 施設内土じょうと露地土じょうのちがいがい