

2013 年度受託研究報告書

作物栽培およびボカシ肥料作り におけるフルボ酸資材の効果

国立大学法人帯広畜産大学
地域環境学研究部門教授

筒木 潔

目次

作物栽培およびボカシ肥料作りにおけるフルボ酸資材の効果.....	1
I.はじめに.....	4
II.材料と方法.....	6
1.使用資材.....	6
2.栽培作物および品種.....	6
3.利用施設.....	6
4.畜大圃場栽培試験における作物に対する施肥量と栽培歴.....	7
5.作物体調査.....	7
6.ボカシ肥料製造方法および発芽試験・ポット栽培試験.....	8
表 1.フルボ酸資材 成分表.....	11
表 2.パールユーキ 成分表.....	11
表 3.鶏糞・米ぬか 成分表.....	11
図 1.畜大圃場区画.....	12
表 4.トマト・小豆に対する施肥量.....	12
III.結果.....	13
1.収量調査.....	13
表 5.トマト 収穫日ごとの収量.....	14
図 2.トマト 全収量(g)の変化.....	14
図 3.トマト 木ごとの収量平均値(g)の変化.....	15
図 4.小豆 全重平均値(kg)と小豆種子の重量平均値(kg)(5株当り).....	15
図 5.小豆 全重における種子重の割合(%).....	16
2.品質調査.....	17
図 6.アスコルビン酸平均値(ppm)とグルコース平均値(ppm).....	18
図 7.メタリン酸で希釈する前のアスコルビン酸平均値(ppm).....	18
図 8.全糖度平均値(%).....	19
図 9.サンプル 100g 中のリコペン含量平均値(mg).....	19
図 10.小豆 色調・明度・彩度測定平均値.....	20
表 6.小豆 成分表.....	20
3.ボカシ肥料製造および発芽試験・ポット栽培試験.....	21
表 7.ボカシ肥料原物中および乾物中の成分含量.....	23
表 8.5倍希釈ろ液およびろ液原液を用いた発芽試験結果.....	24
表 9.ポット栽培試験における1ポット当りの施肥量.....	24
図 11.5倍希釈ろ液を用いた発芽試験の根長・莖長平均値(cm).....	25
図 12.ろ液原液を用いた発芽試験の根長・莖長平均値(cm).....	25

図 13.ポット栽培試験	生体重平均値(g).....	26
図 14.ポット栽培試験	地上部長平均値(cm).....	26
図 15.ポット栽培試験	発芽率(%).....	27
図 16.ポット栽培試験	生体重平均値の FA 区/対照区比.....	27
図 17.ポット栽培試験	地上部長平均値の FA 区/対照区比.....	28
図 18.ポット栽培試験	発芽率の FA 区/対照区比.....	28
IV.考察.....		29
V.まとめ.....		29
VI.謝辞.....		30
VII.参考文献.....		30

I.はじめに

化学肥料は農産物の増収と人類の食料供給に著しい貢献をしてきた。その一方で化学肥料の多用が土壌や環境に及ぼす負の影響や農産物の品質に及ぼす影響が懸念されている。有機物の循環によってもたらされる植物養分は、自然の生態系および化学肥料の出現以前の農業においては養分の主要な供給源であったが、その重要性が再確認され、注目を集めている。有機物が植物にとって微量要素も含んだ総合的な養分供給源となること、土壌団粒の形成や保水性の増大など土壌物理性の改善に結びつくこと、農耕地環境に過度な負担をかけないため持続的農業が可能であることなど様々な効果が期待できるためである。そのため、近年では有機農法が推進傾向にある。農林水産省の統計によると、有機認定事業者数は年々増加傾向にあり、平成14年度の認定事業者数が3,639人に対し、平成25年には6,687人に増えている。今後慣行農法から有機農法への転換を考えている農業者も多い。平成19年度の農林水産省の調査によると「有機農法に取り組んでいないが今後取り組むことを決めている」又は「条件が整えば取り組みたい」と回答した農業者が全体（1,963人）の51.6%であった。また、消費者においても有機農法に対する印象が良く、有機農法により生産された農産物について9割以上の消費者が「現在、購入している」又は「一定の条件がそろえば購入したい」と答えた。その理由として「安全な農産物だと思うから」が9割弱であり、消費者の食に対する安全の期待が高いことが分かる。しかし、有機農法には課題も多い。化学肥料や化学農薬を使用しないことを基本とする有機農法だが、堆肥などの有機肥料は化学肥料と比べ価格が高く、その効果も一定ではないため取り扱いが難しい。また、単位面積当たりの労働時間は慣行農法を大きく上回ると共に収量はそれを下回っており、農業者にとってリスクが大きいといえる。それゆえに、有機農法と慣行農法の両方を行う農業者もおり、国内の有機農産物の格付け数量が総生産量に占める割合は平成23年度の統計によるとわずか0.24%ほどしかない。平成19年度における統計では0.18%であったことから増加してきてはいるがそれでもまだその割合は微々たるものである。また、消費者においても有機農産物の安全性についての認識は高まっているが、その農産物の品質まではあまり知られていないようである。アスコルビン酸は抗酸化機能性成分のひとつであり、野菜や果実に含まれる保健的成分として有名なもののひとつである。さらに、野菜や果実のおいしさに関与する重要な構成要素である糖度と高い相関があることが報告されている（目黒、1993；篠原、1987）。また、リコペンカロテノイドのひ

とつで、カロテノイドにはリコペンのほかに β -カロテンなどがある。近年、カロテノイド自体が強い抗酸化作用を持つことが分かり、そして、カロテノイドの中でも、とりわけリコペンは抗酸化作用が強く、その作用は β -カロテンの2倍以上、ビタミンEの100倍以上にもなることが分かった(坂本・大嶋、1995)。今後、有機農法の生産規模を拡大し、消費者に高品質で安心・安全な農産物を提供するためにより優良な有機資材の開発が求められている。

そこで、本研究ではフルボ酸資材に着目した。フルボ酸とは土壤中の重要な腐植物質であり、また家畜糞尿や各種の有機性廃棄物などには腐植物質が含まれており堆肥化の発酵過程においてより安定した腐植化度の高い形態へと変化することが報告されている(Sanchez-Menedero et al;2002)。このフルボ酸などの腐植物質はカルボキシル基などの酸性官能基に富み、金属とキレートを形成し微量必須元素の移動や植物による吸収促進などの重要な役割を果たしているといわれている。また、これらの腐植物質はオーキシシンやジベレリンのようなホルモン様生理活性を持つことが報告されており(Cacco and Dell'Agnola 1984 ; Pizzeghello et al 2001 ; Nardi et al 2002)、フルボ酸が植物への硝酸イオンやカリウムイオンの養分吸収促進に直接的な影響を与えることが報告されている

(Dell'Agnola and Nardi 1987 ; Maggioni et al 1987)。そこで本研究では、このフルボ酸を含んだ有機資材を土壤に散布することによって収量や品質へどのような影響があるのかを検討するため、トマト・小豆を対象とした圃場試験を行った。また、このフルボ酸資材が堆肥の発酵を促進する効果があるとされていることから堆肥の一種であるボカシ肥料製造におけるフルボ酸資材の施用が堆肥発酵や品質に及ぼす影響も検討するため、20Lポリバケツ中にてボカシ肥料を製造し、完成したボカシ肥料を用いてコマツナによる発芽試験とポット栽培試験を行った。

II.材料と方法

1. 使用資材

(1) フルボ酸資材

本研究で使用したフルボ酸資材は Miyamonte Mexico 社により植物性原料を発酵させて製造され、日本ではミヤモンテ Japan 社により販売されているものである。製品名は「キレートバランス」である。原料となった植物はメキシコの農場で栽培されているが、その種類や組成および製造方法は企業秘密のため公開されていない。公表されている成分は表 1 で示す。

(2) 肥料

本研究では化学肥料と有機資材を混和して施肥した。本研究で使用した化学肥料は 40 苦土重焼リンおよび硫酸カリウムである。また、使用した有機資材はパールユーキ (別名:くみあい混合有機 2 号) である。これは、なたね油かす 65%と魚かす粉末 35%から成る有機肥料である。パールユーキの成分表は表 2 で示す。

(3) ボカシ肥料の原料

本研究でボカシ肥料を製造するに当たり使用した原料は前述のパールユーキに加え、鶏糞 (フジミ 発酵けいふん 粒状)、米ぬか (脱脂米糠)、バーミキュライトである。鶏糞、米ぬかの成分は表 3 で示す。

(4) ポット栽培試験用の肥料

ポット栽培試験を行うため、帯広畜産大学精密圃場の風乾土とバーミキュライトの混和物、化学肥料の硫酸アンモニウム、塩化カリウム、過リン酸石灰を用意した。

2. 栽培作物および品種

圃場試験においては、トマト・小豆を栽培した。トマトの品種は桃太郎ギフト、小豆の品種はエリモショウズを使用した。また、発芽試験およびポット栽培試験においてはコマツナを使用した。コマツナの品種は夏楽天である。

3. 利用施設

(1) 帯広畜産大学精密圃場

圃場栽培試験を行うため、帯広畜産大学精密圃場（以下、畜大圃場と表記）の $18\text{m} \times 20\text{m} = 360 \text{ m}^2$ の耕地を利用。また、ポット栽培試験においても畜大圃場の土壌を使用した。本研究では、トマトは $8\text{m} \times 6.5\text{m}$ の合計 52 m^2 を1つの区とし、フルボ酸施用区（以下、+FA区と表記）とフルボ酸無施用区（以下、-FA区と表記）の2区を設けた。また、小豆は $8.5\text{m} \times 6.5\text{m}$ の合計 55.25 m^2 を1つの区とし、+FA区と-FA区の2区を設けた。

(1) 帯広畜産大学地域連携センター附属温室

ポット栽培試験は帯広畜産大学地域連携センター附属温室（以下、畜大温室と表記）にて行った。

4. 畜大圃場栽培試験における作物に対する施肥と栽培歴

(1) トマト

トマト・桃太郎ギフト（以下、トマトと表記）に対する施肥量は表4の通りである。トマトは苗を購入、5月31日に移植した。移植した株数は1区48株で合計96株である。畝は8列設け、1列につき12株移植した。+FA区では水道水で20倍に希釈したフルボ酸溶液を1株100mLずつ、株元に施用した。フルボ酸溶液は6月25日、7月12日、8月1日の合計3回施用した。また、7月19日にトマトを支柱で固定し、8月28日に支柱の本数を増やして補強した。収穫・収量調査は8月20日、8月27日、9月3日、9月18日、9月27日の合計6回行い、品質調査は8月27日に収穫したものからサンプリングし8月30日、31日に行った。圃場区画は図1で示す。

(2) 小豆

小豆・エリモショウズ（以下、小豆と表記）に対する施肥量は表4の通りである。小豆は5月29日に畝を12列設け、1列につき播種間隔30cm1ヶ所2粒播種した。+FA区では水道水で500倍に希釈したフルボ酸溶液80Lを均等になるように散布した。フルボ酸溶液はトマトにフルボ酸溶液を施用した同日に合計3回散布した。収穫は10月4日に行い、収量調査および品質調査を10月18日に行った。圃場区画は図1で示す。

5. 作物体調査

(1) 収量調査

トマトは区ごとに分け、さらに1列ごとに成熟した果実を収穫した。収

穫したトマトは収穫日にトマトの重量を1個ずつ電子天秤で計測し、1列ごとの重量合計と重量平均値、区ごとの収量平均値、木ごとの収量平均値を算出した。収穫した日ごとの収量は表5の通りである。そして6回分のデータより全収量平均値の変化と木ごとの収量平均値の変化を図2・図3に示した。

小豆は-FA区の一部に発芽の悪い部分があったため、収量の比較は、1列おきに2、4、6、8、10列目から5株ずつを連続してサンプリングして行った。収穫した小豆を列ごとに網袋に入れ、全重を電子天秤で計測した後、はさみを用いて莢を茎から切り落とし手作業で脱穀した。脱穀した小豆は列ごとに紙袋に入れ種子重を電子天秤で計測した。それらを元に区ごとの全重平均値と種子重平均値、全重における種子重の割合を算出した。算出した値は図4・図5に示した。

(2) 品質調査

トマトは8月27日に収穫したものから列ごとに重量150g程度の果実を3個体ずつサンプリングし、全糖度、アスコルビン酸、グルコース、リコペン含量の測定を行った。グルコース・アスコルビン酸の測定は共にRQフレックスの試験紙を用いた測定方法を使用した。その方法だが、列ごとにサンプル用のトマトをミキサーで1分間混ぜてトマト果汁を作成した。これをスポイトで吸い取り、試験管に入れた。そして、果汁10mlに対しグルコースの場合は脱イオン水を50mL、アスコルビン酸の測定の場合は水を用いると、アスコルビン酸が変化してしまう可能性があるため、10%メタリン酸を20mL加えて混和し、遠心分離機によって遠心分離させ、その上澄み液に試験紙をRQフレックス測定器の測定説明書に従い浸したものを、RQフレックスで測定した。測定した値は図6に示した。また、測定したアスコルビン酸の値より希釈前のアスコルビン酸の値を算出し、図7に示した。全糖度の測定はATAGO社のポケット糖度計PAL-1を用い、グルコースの測定の際に遠心分離させた上澄み液を測定した。この結果は図8に示した。リコペンはミキサーでホモゲナイズしたトマト3mlをビンにいれ、凍結乾燥機を用いて凍結乾燥させた後、メタノール5mLと石油エーテル30mLを加えてリコペンを抽出した。抽出液は100mLのメスフラスコに移し、石油エーテルで100mLに定容した。その後、吸光度計で可視部吸収スペクトルを測定した。その値よりサンプル100g中のリコペン含量を算出し、図9に示した。

なお、リコペンの石油エーテル中における分子吸光係数(472nmにおける) $\epsilon = 185$ 、リコペンの分子量537、サンプルの秤量値 S g、サンプ

ル Sg を石油エーテル 100 mL で抽出した溶液の 472 nm における吸光度を A とすると、トマト乾物 100 g 中のリコペン含量 L は、

$$L = (A/185) / S \times 517 = 2.79 \times (A/S) \text{ mg/100 g}$$

で計算される。

小豆はサンプリングした小豆種子の色彩を KONICA MINOLTA 社の色彩色差計 CR400/410 を用いた方法で計測した。その方法だが、調査列ごとに小豆種子のサンプルを白色皿に隙間が生じないように敷きつめたものを 5 枚用意し、1 枚につき 2 回ずつ色彩色差計で色調・明度・彩度を計測した。計測した値から区ごとの平均値を算出した。その結果を図 10 に示した。

また、サンプルの成分分析を十勝農業協同組合連合会農産化学研究所に依頼した。その結果は表 6 に示した。

6. ボカシ肥料製造方法および発芽試験・ポット栽培試験

(1) ボカシ肥料製造方法

島根県農業技術センターが Web 上で示している方法を参考とし、規模を縮小して製造した。原法では山土を有機質原料と同量混合しているが、本研究では山土の代わりにバーミキュライトを使用し、混合量も原法と比べて 6 分の 1 程度の割合とし、有機質肥料主体で製造した (<http://www.pref.shimane.lg.jp/nogyogijutsu/gijutsu/dojou-sisin/3-4.html>)。

ボカシ肥料は 20L ポリバケツ中で製造した。7 月 26 日に 20L ポリバケツ 4 個にそれぞれ鶏糞 1.5 kg、パールユーキ 4 kg、米ぬか 0.4 kg、バーミキュライト 1 kg を入れて混合し、水道水 6 L を添加した。その際にフルボ酸をボカシ肥料の原料 1 kg に対し 0 mL, 1mL, 5mL, 10mL を水に混合して添加し、FA0、FA1/1000、FA5/1000、FA10/1000 の 4 区（以下、FA0 区、FA1 区、FA5 区、FA10 区と表記）を設けた。バーミキュライト以外の成分が約 6kg なので、フルボ酸の総添加量は 0 mL, 6 mL, 30 mL, 60 mL となった。発酵を進めるために 1 日～2 日ごとに攪拌用の棒やスコップで攪拌した。8 月 6 日に、さらに 1 リットルの水を各容器に追加した。容器は密閉せず、軽くふたを置いた状態にした。そして 9 月 10 日にトレイに移し、日蔭で乾燥させ製造完了とした。乾燥したボカシ肥料は区ごとにゴムハンマーで細かく砕き、袋につめた。また、成分分析を十勝農業協同組合連合会に依頼した。その分析結果を表 7 に示した。

(2) 発芽試験およびポット栽培試験

財団法人日本土壌協会の堆肥等有機物分析法に基づき、製造したボカシ肥料を使用したコマツナ・夏楽天（以下、コマツナと表記）の発芽試験とポット栽培試験を行った。発芽試験の方法は、まず、乾燥させたボカシ肥料 5g を区ごとに 200mL 容三角フラスコに量り取り、脱イオン水 100mL を加えてアルミホイルでふたをした。これを 60°C 温浴中で振とう機にて 3 時間往復振とうさせた後、ろ過した。ボカシ肥料の成分分析より EC の値が約 5mS と高かったため、脱イオン水で 5 倍希釈した。希釈したろ液 10mL を各区 4 枚用意したシャーレに分注し、そこへろ紙を置き、コマツナ 50 粒を等間隔に播種した。また、対照区として脱イオン水 10mL を分注したものを用意した。これらをインキュベーター内で、10 月 16 日から 10 月 21 日まで 5 日間、20°C に保持した。その後、発芽数を計測し、根長、莖長を定規で測定した。その値から各区の発芽率と根長・莖長の平均値を算出した。その結果が図 11 である。また、ろ液を希釈せずに同様の方法で 10 月 23 日から 10 月 29 日まで 6 日間、20°C に保持した試験結果が図 12 である。

コマツナのポット栽培試験は畜大温室で行った。4 つの FA 区はさらに窒素量ごとに N100mg 相当、N200mg 相当、N300mg 相当、N400mg 相当の 4 区、合計 16 区設け、各区 2 個ずつポットを用意した。1 個のポットにつき畜大圃場の風乾土 200g とバーミキュライト 80g の混合土壌をビニール袋に入れて用意する。用意した土壌にボカシ肥料および化学肥料を入れ混和した。各区におけるボカシ肥料および化学肥料の施肥量は表 8 に示した。これをポットに充填した。そして、充填した土壌の最大容水量の 60% 相当の水分として脱イオン水 120mL を各ポットに散布し、5 日間置いた。また、その後、1 個のポットにつきコマツナ 25 粒を等間隔に播種し、その後 10 日間は初期設定の水分量を維持した。その後は適宜散水し、1 月 10 日に収穫した。なお対照区として化学肥料のみを施肥したポットを 4 個設け、FA 区と同様に栽培、収穫した。

温室内の気温は日中の最高気温が 28°C、夜間の最低気温が 20°C であった。ポットの水分は 3 日おきに最大容水量の 60% になるように脱イオン水を補給した。

収穫したコマツナは発芽数を計測し、生体重を電子天秤で、地上部長を定規で測定した。その値から各区の発芽率と生体重、地上部長の平均値を算出した。その結果が図 13・図 14・図 15 である。また、各 FA 区の平均値を対照区の平均値で割った結果を図 16、図 17・図 18 で示した

表 1 フルボ酸資材 成分表

Proteins (%)	Sugers (%)	Vitamin C (mg/100g)	Na (mg/100g)	Ca (mg/100g)
2.3	0.6	6.06	233	2.3
Fe (mg/100g)	水分 (%)	pH	Zn (mg/100g)	Cu (mg/L)
0.96	96.8	3.1	7.8	1.1

表 2 パールユーキ 成分表

窒素全量 (%)	リン酸全量 (%)
6.0	3.0

表 3 鶏糞・米ぬか 成分表

	窒素全量 (%)	リン酸全量 (%)	加里全量 (%)	石灰全量 (%)	C/N 比
鶏糞	2.5	7.2	5.4	24.6	7.0
米ぬか	2.5	5.0	1.5		

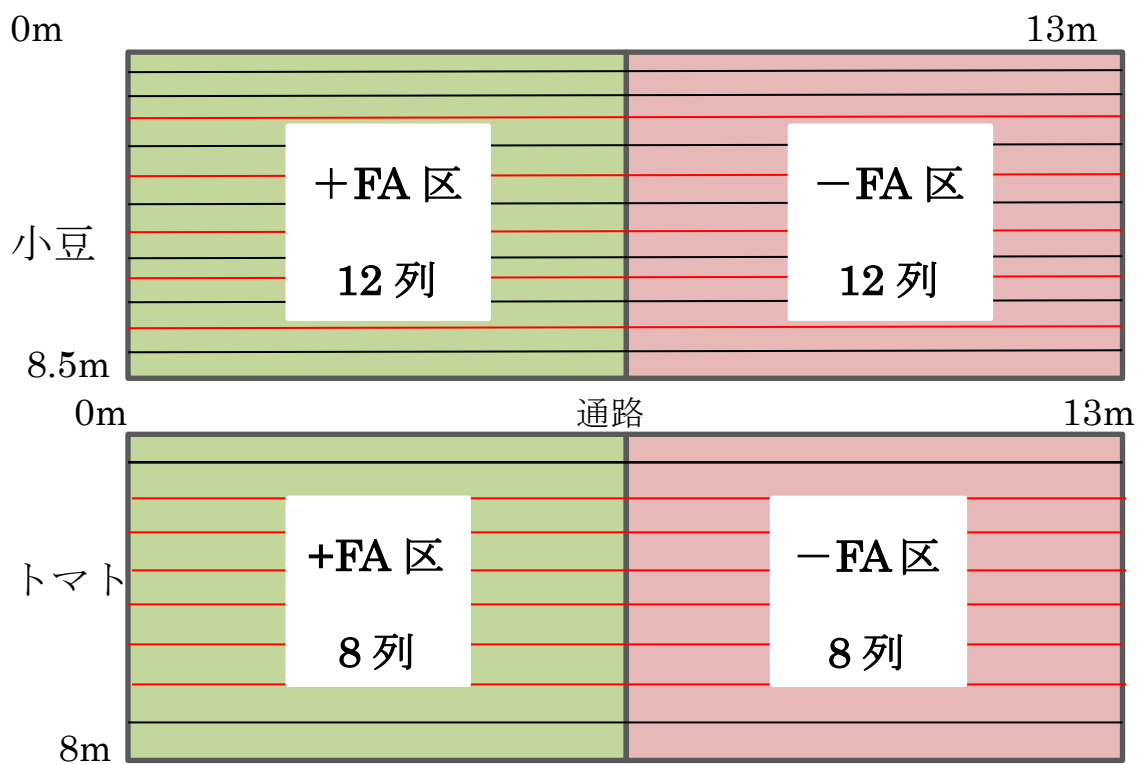


図1 畜大圃場区画 —: 調査列

表4 トマト・小豆に対する施肥量

トマトへの施肥			
	10 m ² 当り kg	104 m ² 当り kg	畝1本当り kg
パールユーキ	1.670	17.368	2.171
40 苦土重焼リン	0.450	4.680	0.585
硫酸カリ	0.783	8.143	1.018
小豆への施肥			
	10 m ² 当り kg	110.5 m ² 当り kg	畝1本当り kg
パールユーキ	0.670	7.404	0.617
40 苦土重焼リン	0.480	5.304	0.442
硫酸カリ	0.153	1.691	0.141

Ⅲ.結果

1. 収量調査

(1) トマト

1回目の収穫時には-FA区の収量の方が高かったが、それ以降は+FA区で全収量や木ごとの収量平均で高い値を示すことが多くなった。全収平均において2区間に有意差は認められなかったが、木ごとの収量平均においては、10%レベルで3回認められた。有意差が認められたのは、8月20日、9月18日、9月27日であった。また、9月3日と9月10日に収量が減少したのは台風と秋雨前線の影響で、気温の低下と降雨、強風による木の倒伏や落実が起きたためである。

(2) 小豆

栽培した小豆全体の収量は、+FA区では17.5kg、-FA区では15.8kgと+FA区の値が高かったが、-FA区において区画内に発芽数が著しく低い箇所があったため、区の全体収量での比較は不正確になると考え、各調査列の中から生育の順調な株を連続して5株ずつ、各区5列ずつサンプリングし収量の比較を行った。

その結果、小豆の全重（種子およびその他の植物体部分）と小豆種子の重量は2区間においてほとんど差が見られず、有意差も認められなかった。全重に対する種子重の割合は、-FA区の方が高い値ではあったが、有意差は認められなかった。

表5 トマト 収穫日ごとの収量

+FA区	8月20日	8月27日	9月3日	9月10日	9月18日	9月27日
全収量(g)	13929	16406	5054	7637	16527	13500
1個重平均(g)	125.5	109.4	97.2	114.0	172.2	148.4
最大値(g)	283	317	226	254	314	306
最小値(g)	28	20	16	20	41	41
収穫個数	111	150	52	67	96	91
-FA区	8月20日	8月27日	9月3日	9月10日	9月18日	9月27日
全収量(g)	16878	16024	4092	5394	15885	13475
1個重平均(g)	126.0	106.8	113.7	131.6	165.5	137.5
最大値(g)	280	340	254	252	331	289
最小値(g)	40	27	23	27	48	56
収穫個数	134	150	36	41	96	98

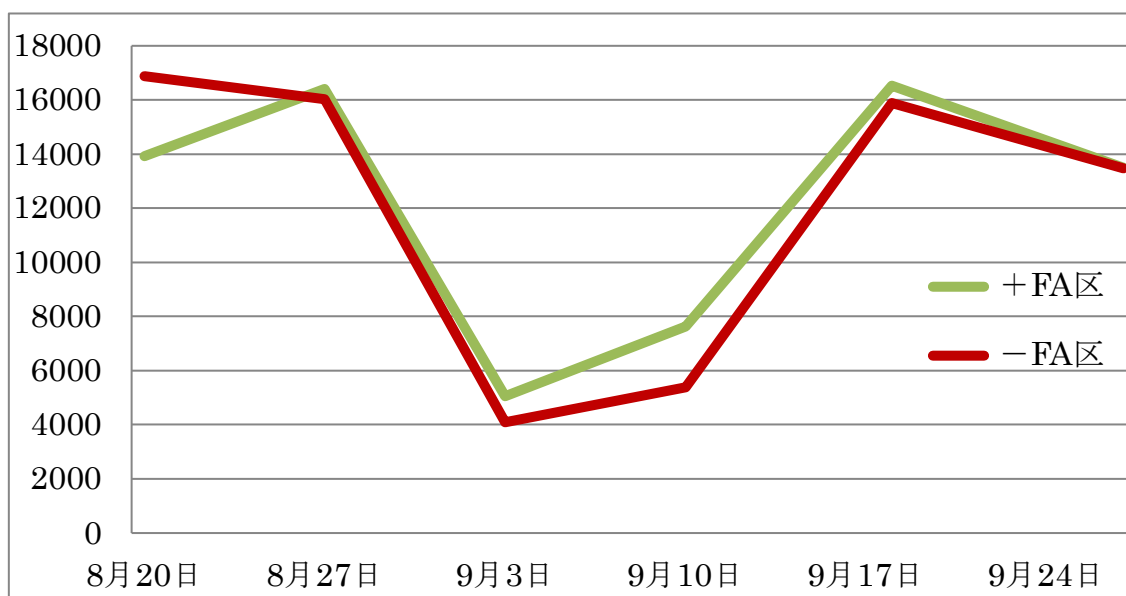


図2 トマト 全収量(g)の変化

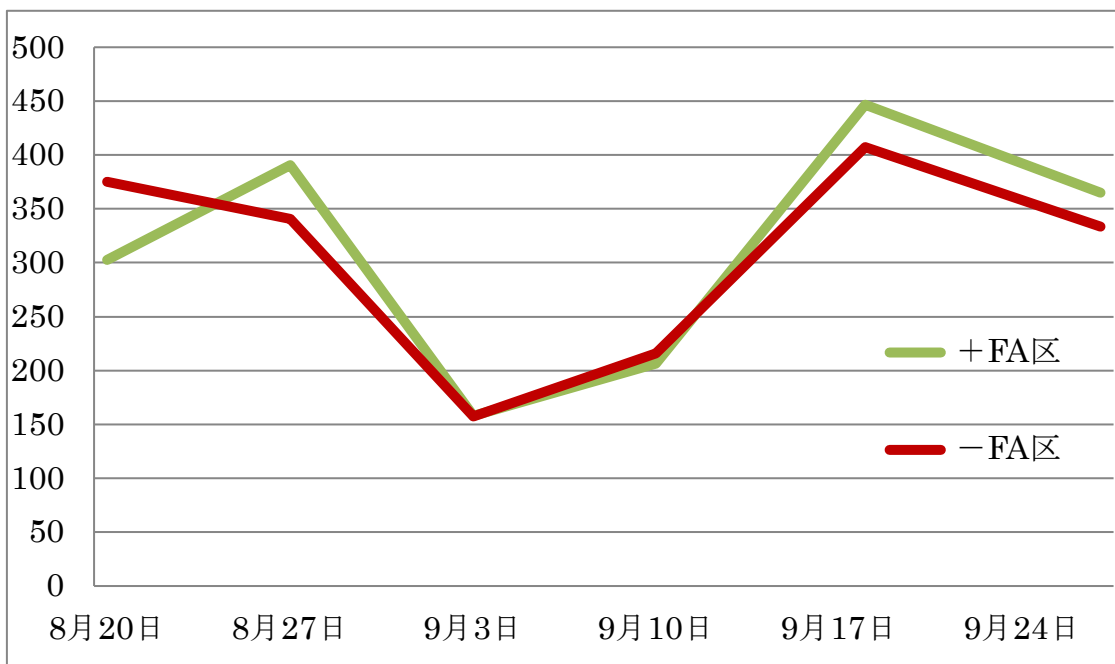


図3 トマト 木ごとの収量平均値(g)の変化

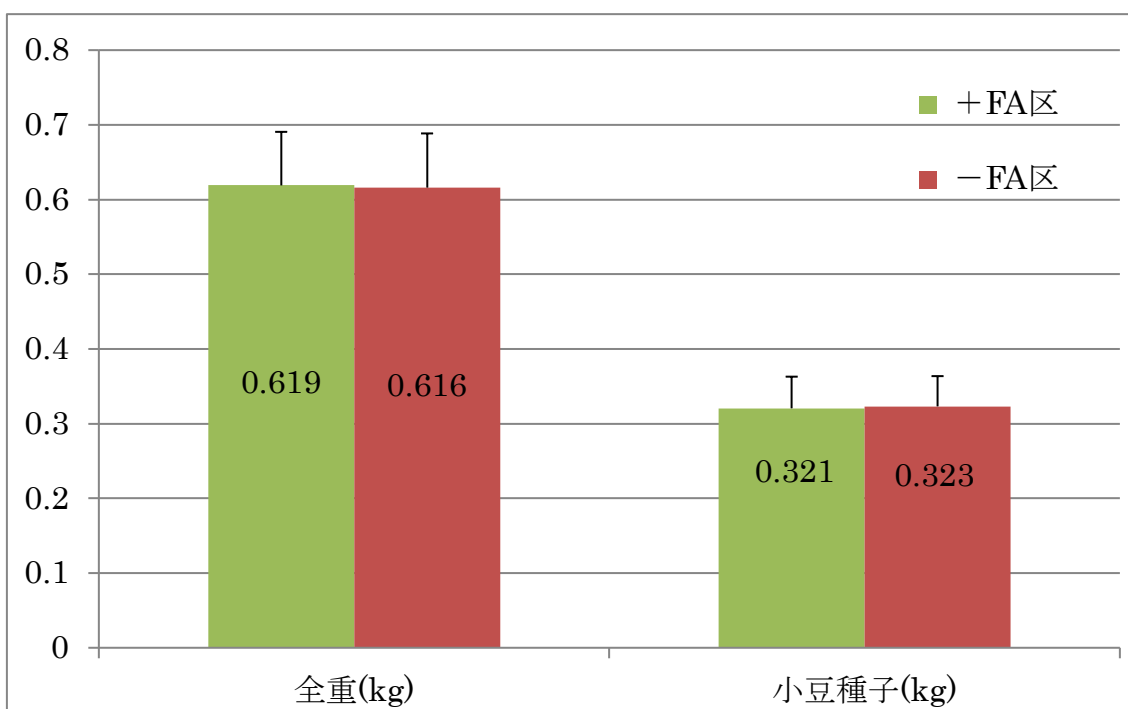


図4 小豆 全重平均値(kg)と小豆種子の重量平均値(kg) (5株当り)



図5 小豆 全重における種子重の割合 (%)

2.品質調査

(1) トマト

アスコルビン酸とグルコースは、+FA 区の方が高い値を示した。ただ、有意差が認められたのはアスコルビン酸のみであった。これは、測定したグルコースの値のうち、+FA 区において著しく高い値を、-FA 区において著しく低い値を示したサンプルがあったためである。これらを除外したグルコースの平均値は+FA 区が 86.9ppm、-FA 区が 84.0ppm となり+FA 区のほうが値は高いが、その差はあまり大きくない。全糖度は 2 区間においてほとんど差が見られなかった。また、サンプル 100g 中のリコペン含量の平均値は-FA 区の方が高い値を示した。しかし、有意差は認められなかった。

(2) 小豆

小豆種子の色調・明度・彩度は 2 区間において差がほとんど見られなかった。なお、色調はすべて赤色(R)と測定された。サンプルの小豆乾物中の成分は、リン(P_2O_5) やマグネシウム(MgO) などでは 2 区間の差はあまり見られなかったが、カルシウム(CaO)、鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、銅(Cu)は+FA 区で増大した。特に、銅は著しく増大した。これは、フルボ酸が金属とキレートを形成し植物による吸収を促進したためであると考えられる。逆に、カリウム(K_2O)は+FA 区で減少した。

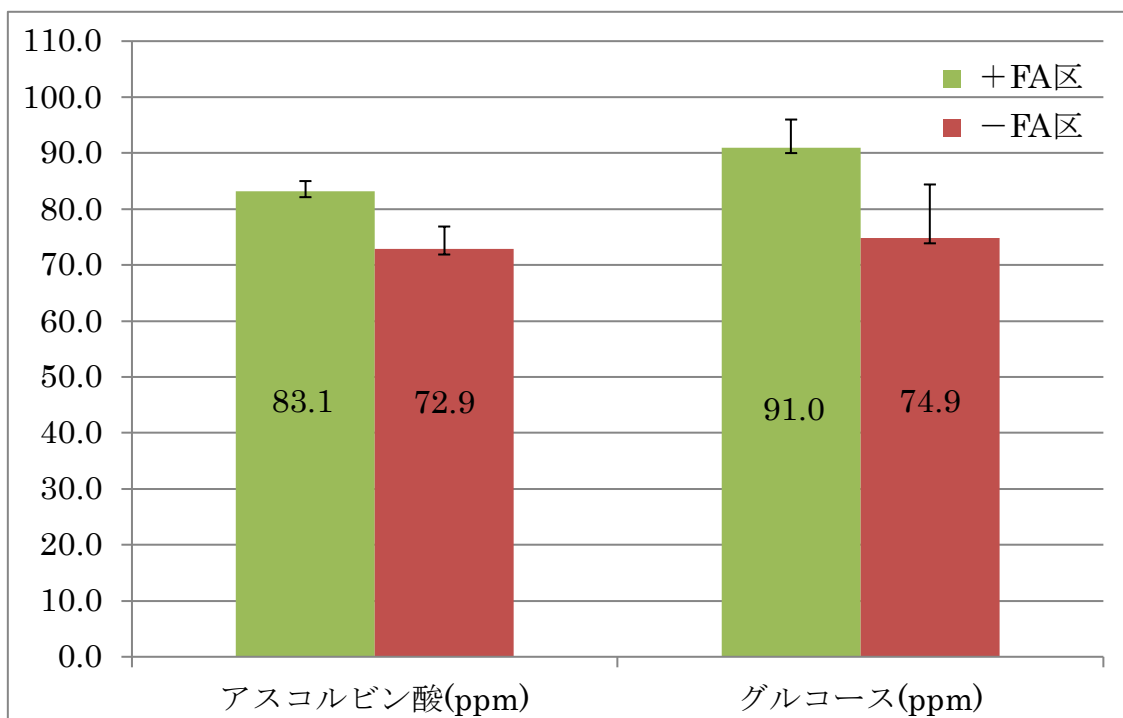


図 6 アスコルビン酸平均値(ppm)とグルコース平均値(ppm)

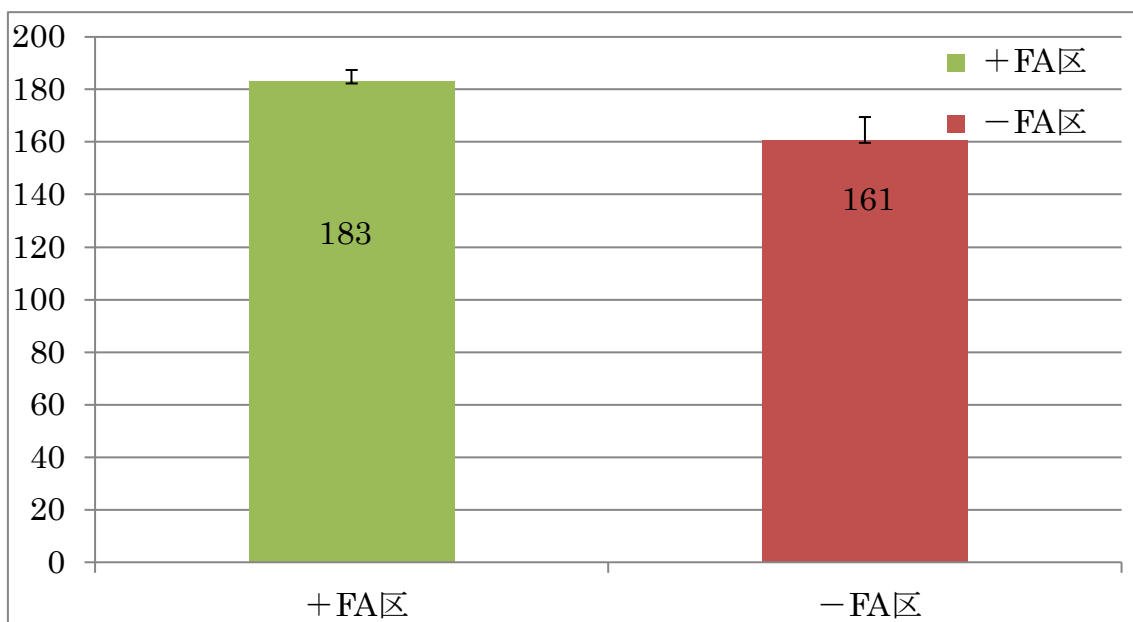


図 7 メタリン酸で希釈する前のアスコルビン酸平均値(ppm)

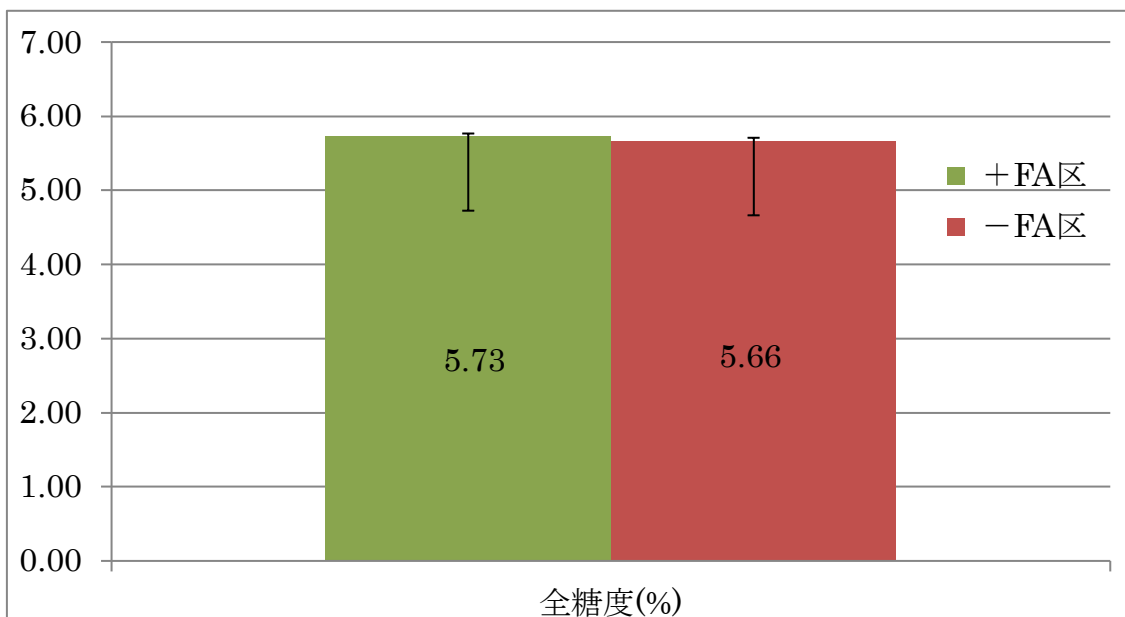


図 8 全糖度平均値(%)

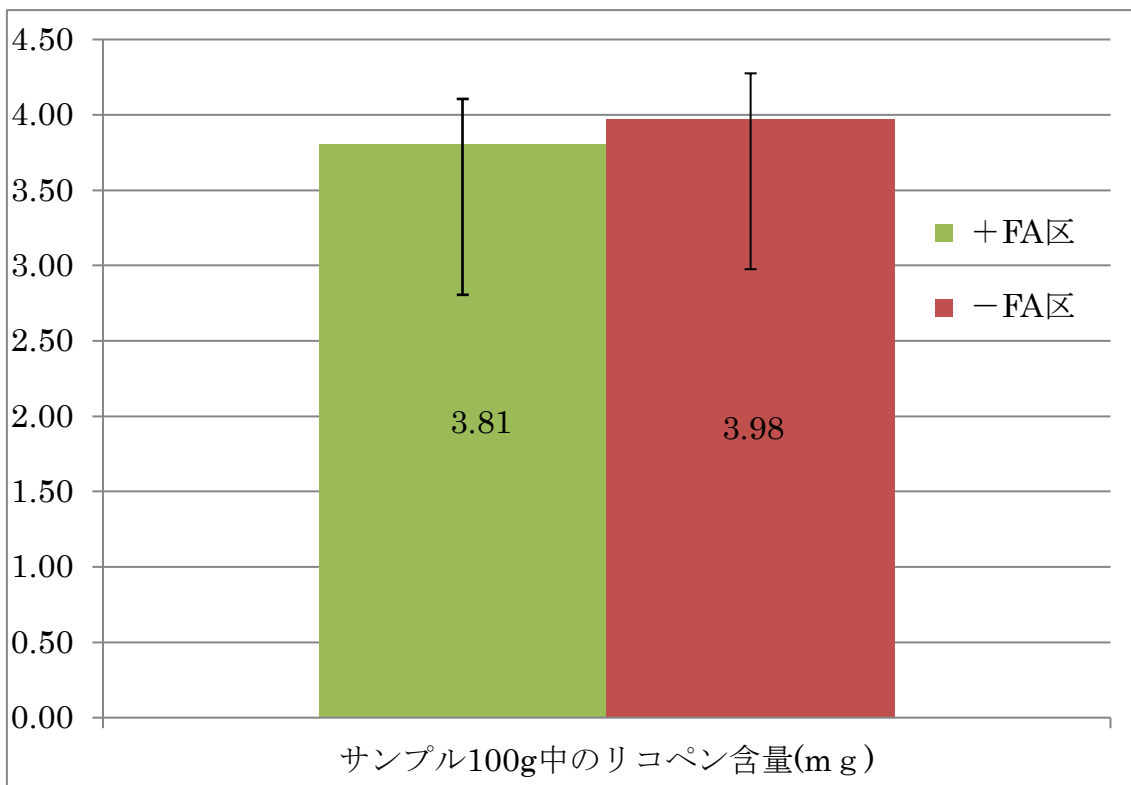


図 9 サンプル 100g 中のリコペン含量平均値(mg)

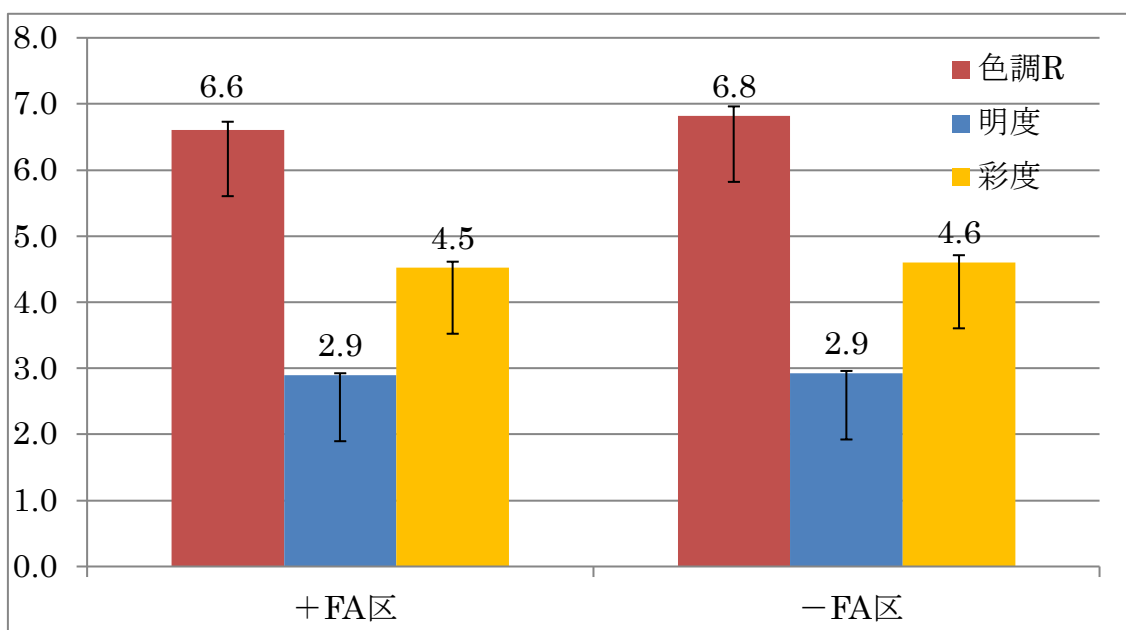


図 10 小豆 色調・明度・彩度測定平均値

表 6 小豆 成分表

乾物中	全 N (%)	P ₂ O ₅ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)
+FA 区	3.941	0.444	0.041	0.136	1.355	0.0011
-FA 区	3.727	0.445	0.027	0.139	1.458	0.0011
乾物中	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)			
+FA 区	78.508	78.948	129.849			
-FA 区	69.962	61.597	46.936			

2. ボカシ肥料製造および発芽試験・ポット栽培試験

(1) ボカシ肥料製造

すべての区において発酵がうまく進まなかったため、全窒素のうち植物が利用しやすい硝酸態窒素がほとんど含まれていない、もしくはまったく含まれていなかった。これは、発酵温度がうまく上昇しなかったことと有機物の酸化分解が遅れたことが主な原因と考えられる。窒素以外の成分を比較すると、リン(P_2O_5)やマグネシウム(MgO)はフルボ酸資材添加によって増大した。逆にカリウム(K_2O)はフルボ酸資材添加でわずかに減少した。

(2) 発芽試験

5倍希釈ろ液を使用した試験ではすべての区において発芽率が90%以上であった。コマツナの種袋に記載されていた発芽率の保証値が85%以上であったことから5倍希釈ろ液の添加によって発芽を阻害することはなかった。FA区における発芽個体の生長は対照区と同等かそれ以下であった。また、対照区では根の伸長が大きく進んだのに対し、FA区では茎と根の両方の伸長が進み、茎長/根長比は1.0に近い値を示した。発芽個体の長さ(根長+茎長)は対照区と同等かそれ以下であった。

1:5抽出ろ液原液を使用した試験では全てのFA区において発芽率が85%未満に低下した。特にFA10区では発芽率が約50%にまで低下した。このように、1:5抽出ろ液原液の添加によって発芽阻害が生じた。また、発芽個体の生長が対照区や5倍希釈ろ液と比べて著しく悪く、生育阻害も生じた。各FA区の発芽個体は根の伸長が進まず、茎長/根長比が2倍近い値もしくは2倍以上の値を示した。発芽個体の長さ(根長+茎長)はFA10区以外では対照区の半分程度、FA10区では対照区の3割程度であった。

ろ液原液は成分濃度が高く、発芽阻害や生育阻害を引き起こすため栽培には適さないことが分かった。

(3) ポット栽培試験

FA区ごとを比較すると、ボカシ肥料製造時のフルボ酸添加量が多くなるほどコマツナの地上部生体重が小さくなる傾向がみられた。本研究で試したボカシ肥料の製造条件下では、フルボ酸添加の効果が認められなかったことになる。フルボ酸は酸性物質なので、ボカシ肥料発酵時のpHに影響を及ぼしたのかもしれない。

N添加量で示したボカシ堆肥施用量の違いはコマツナの生育に顕著な影響を及ぼさなかった。このことは、施用量を著しく増やしても生育阻害が認められないことを示している。

しかし、対照区と比較すると、全ての FA 区において生体重平均値と発芽率は対照区以下の値を示し、地上部長平均値は対照区と同程度もしくはそれ以下の値を示した。このように、今回製造したボカシ肥料は作物の生育促進効果を示すことができなかったが、ポット栽培試験を日差しの弱い冬期に行ったこと、通常のぼかし肥料中の有機物濃度よりもはるかに高いレベルで試験を行ったことなどの問題点もあるため、さらに検討が必要である。

表7 ボカシ肥料風乾物中および乾物中の成分含量

原物中	水分 (%)	全 N (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	MgO (%)	K2O (%)	灰分 (%)
FA0 区	14.6	3.14	5.92	8.03	3.23	4.10	42.1
FA1 区	17.2	2.84	7.08	8.18	3.72	3.70	39.1
FA5 区	15.0	2.96	6.93	6.10	3.59	3.84	43.0
FA10 区	19.0	2.73	5.85	6.63	3.91	3.87	39.4

原物中	全 C (%)	C/N 比	pH	EC (mS/cm)	硝酸態窒素 (ppm)	アンモニア態窒素 (ppm)	無機態窒素 (ppm)
FA0 区	20.57	6.6	7.1	9.9	4.05	2101.15	2105.20
FA1 区	18.46	6.5	7.9	9.3	1.20	1637.45	1638.65
FA5 区	17.88	6.0	7.8	9.7	0.00	1862.25	1862.25
FA10 区	17.23	6.3	8.0	8.8	0.00	1785.30	1785.30

乾物中	全 N (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	MgO (%)	K2O (%)	灰分 (%)
FA0 区	3.67	6.93	9.41	3.78	4.81	49.3
FA1 区	3.43	8.55	9.88	4.49	4.47	47.2
FA5 区	3.48	8.16	7.18	4.23	4.52	50.6
FA10 区	3.37	7.22	8.19	4.83	4.77	48.6

乾物中	全 C (%)	硝酸態窒素 (ppm)	アンモニア態窒素 (ppm)	無機態窒素 (ppm)
FA0 区	24.10	4.75	2461.52	2466.26
FA1 区	22.30	1.45	1978.07	1979.52
FA5 区	21.04	0.00	2191.40	2191.40
FA10 区	21.27	0.00	2203.80	2203.80

表8 5倍希釈ろ液およびろ液原液を用いた発芽試験結果

5倍希釈ろ液	根長+莖長平均値	莖/根比	発芽率	FA区/対照区比	
				発芽率	根長+莖長

	(mm)		(%)			
対照区	62.4	0.45	0.970			
FA0 区	53.2	0.98	0.980	1.010		0.85
FA1 区	62.9	0.98	0.980	1.010		1.01
FA5 区	45.6	1.20	0.935	0.964		0.73
FA10 区	62.9	1.01	0.980	1.010		1.01
ろ液原液	根長+莖長平均値 (mm)	莖/根比	発芽率 (%)	発芽率	根長+莖長	
対照区	76.5	0.51	0.965			
FA0 区	51.5	1.77	0.830	0.860		0.67
FA1 区	40.8	1.89	0.780	0.808		0.53
FA5 区	37.9	1.71	0.785	0.813		0.50
FA10 区	20.9	2.66	0.505	0.523		0.27

表 9 ポット栽培試験における 1 ポット当たりの施肥量

ポカシ肥料	N100mg 相当 (g)	N200mg 相当 (g)	N300mg 相当 (g)	N400mg 相当 (g)	化学肥料
FA0 区	3.2	6.4	9.6	12.8	硫酸アンモニウム N=21% 119mg/10mL
FA1 区	3.5	7.1	10.6	14.1	塩化カリウム K2O=63.2% 39.6mg/10mL
FA5 区	3.4	6.8	10.1	13.5	過リン酸石灰 P2O8=18% 139mg
FA10 区	3.7	7.3	11.0	14.7	

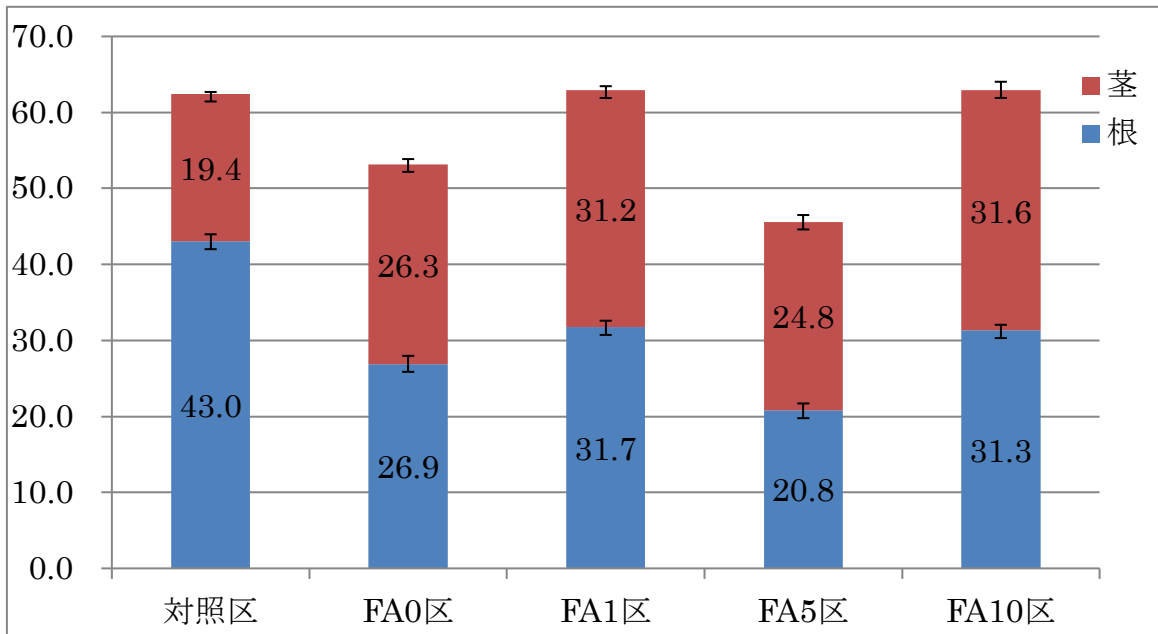


図 11 5倍希釈ろ液を用いた発芽試験の根長・茎長平均値(mm)

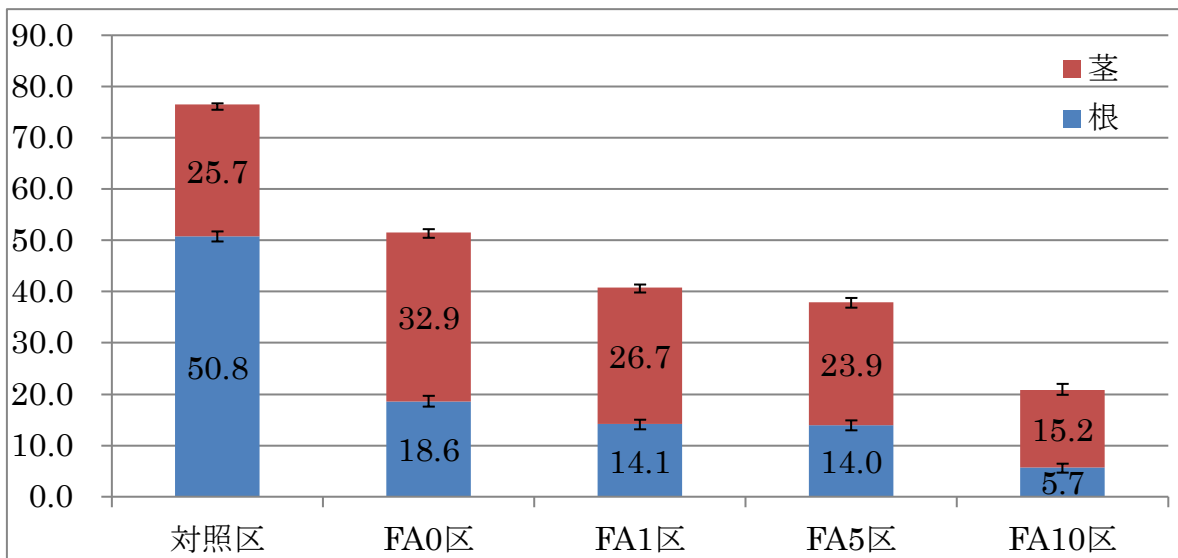


図 12 ろ液原液を用いた発芽試験の根長・茎長平均値(mm)

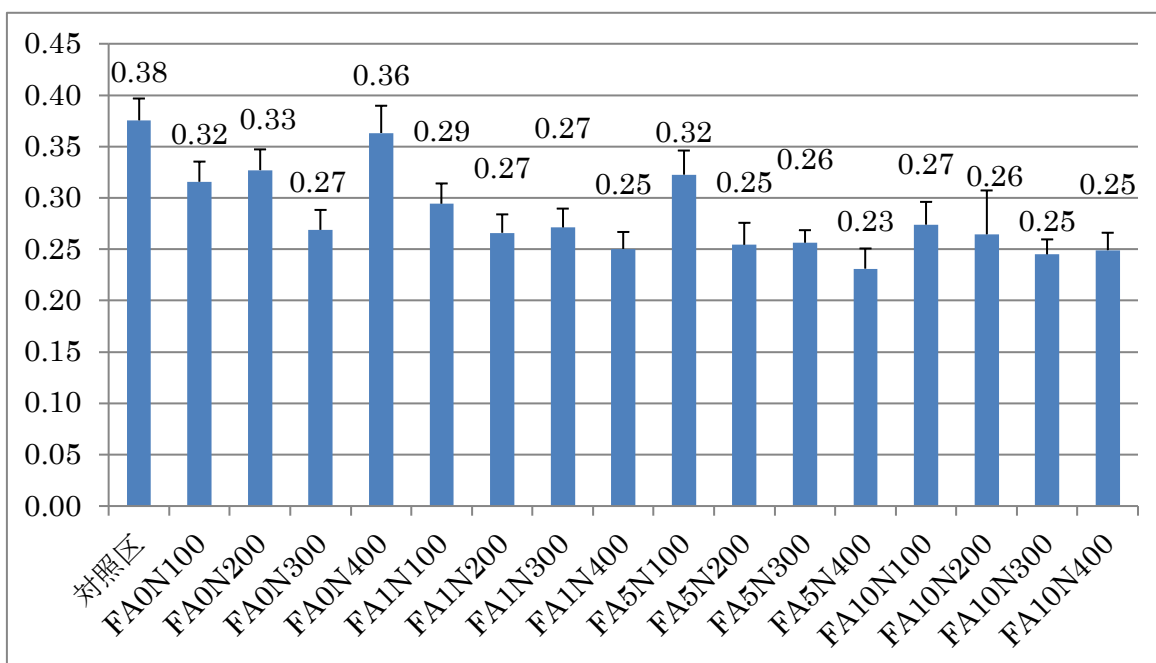


表 13 ポット栽培試験 生体重平均値(g)

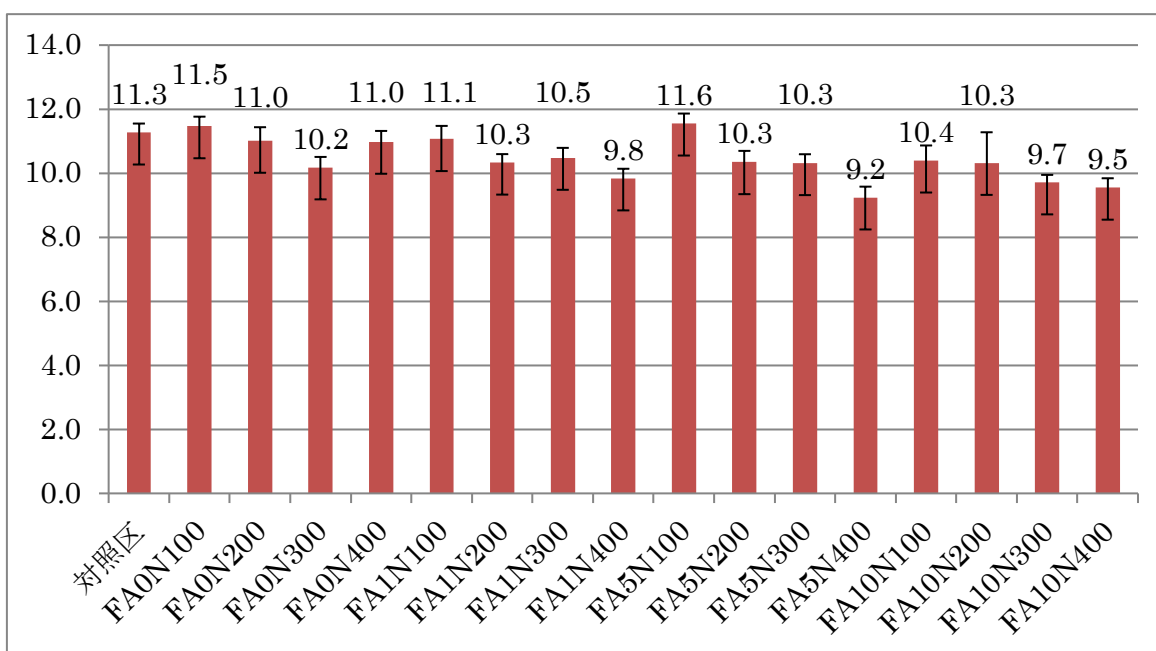


表 14 ポット栽培試験 地上部長平均値(cm)

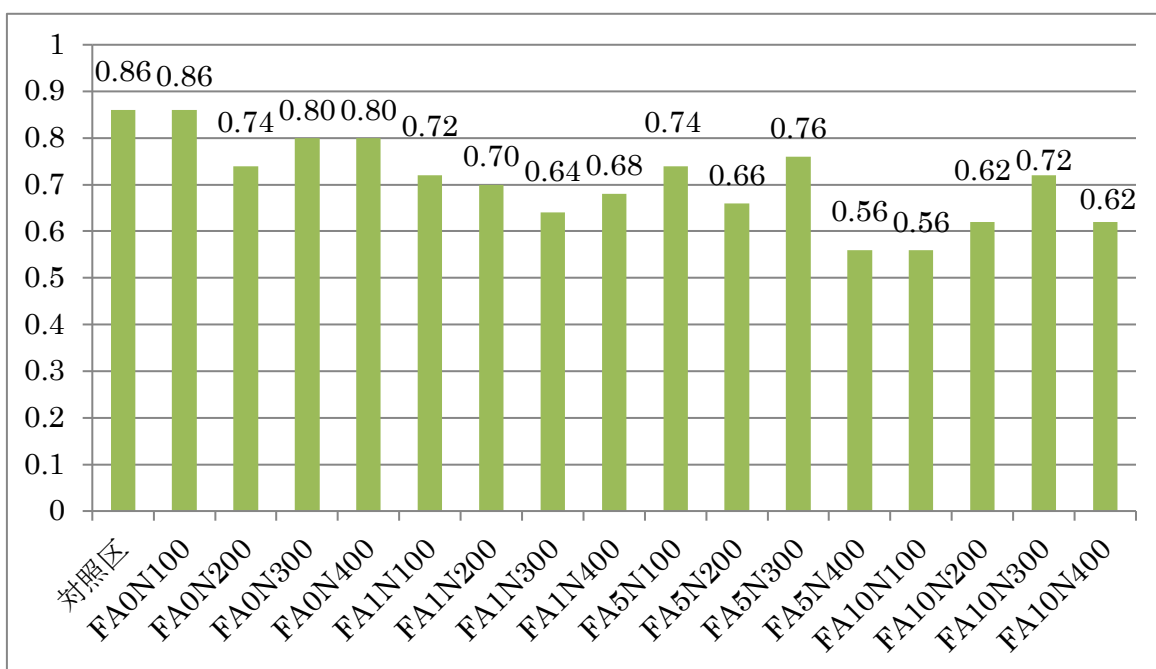


表 15 ポット栽培試験 発芽率 (1 = 100%)

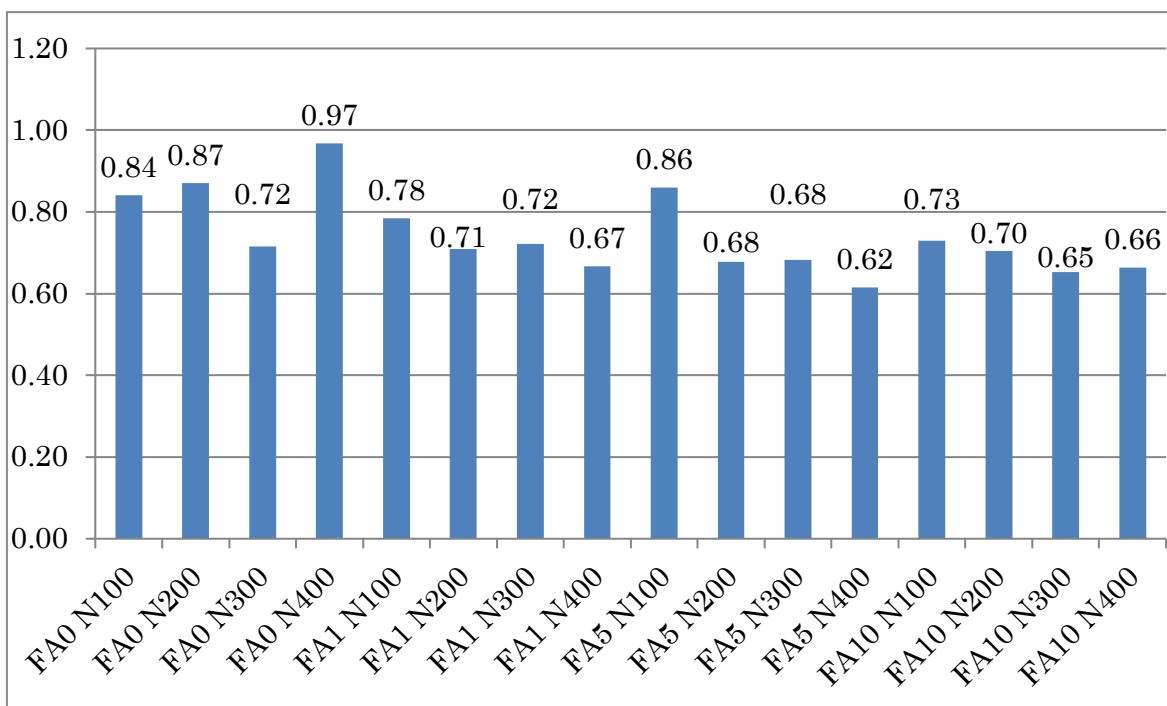


図 16 ポット栽培試験 生体重平均値の FA 区/対照区比

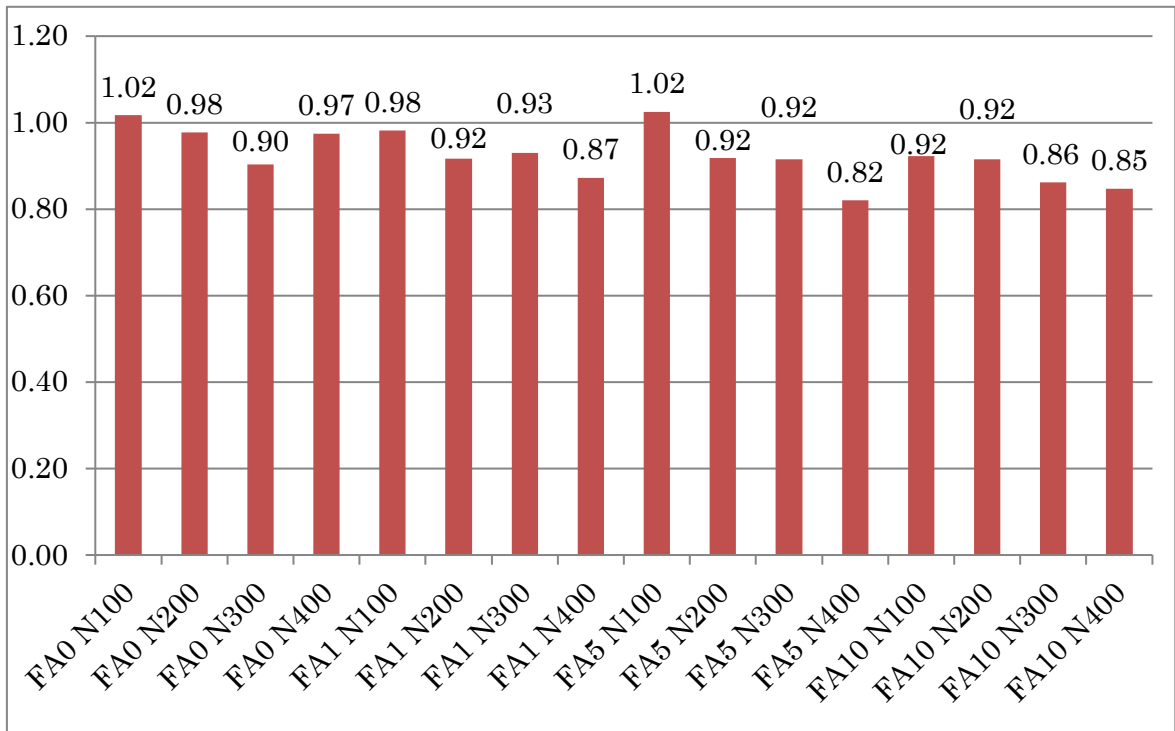


図 17 ポット栽培試験 地上部長平均値の FA 区/対照区比

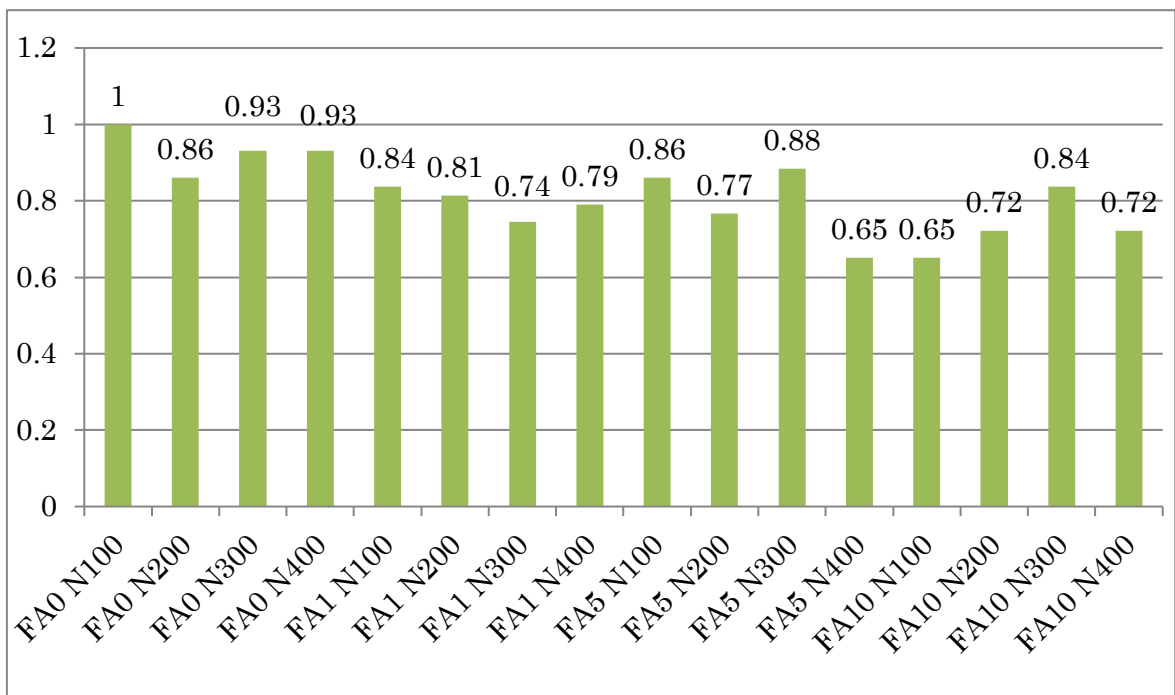


図 18 ポット栽培試験 発芽率の FA 区/対照区比

IV.考察

トマトの重量は初回収穫時のみ-FA区の方が大きかったが、その後は+FA区の方が大きくなった。途中で天候の影響で落実などがおきたため不明瞭な部分もあるがフルボ酸の添加によって栽培後期でも果実の重量を増大させる効果をもつ可能性がある。また、今回の試験では+FA区の方が、グルコース・アスコルビン酸含量が高い値を示した。ただし、有意差はアスコルビン酸のみ認められた。アスコルビン酸はグルコースから生合成されるが、フルボ酸の添加によってグルコースがアスコルビン酸の生合成に利用される割合を増加させる効果があるのかもしれない。ただ、今回の結果のみで判断することは難しいため、今後も試験を続ける必要がある。

小豆の収量および種子色にフルボ酸の効果は認められなかったが、鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、銅(Cu)といった微量元素はフルボ酸の添加によって増大した。これは、フルボ酸が金属とキレートを形成し植物による吸収を促進したためであると考えられる。

ボカシ肥料製造におけるフルボ酸の添加がコマツナの生育に及ぼす効果は認められなかった。しかしこれは今回製造したボカシ肥料が全ての区において未熟なものとなったことも要因の1つであると考えられる。また、一条件のみの結果であるため、今後さらに製造方法を変えて検討する必要がある。

V.まとめ

トマトの収量および品質においてはフルボ酸の効果が一部認められた。小豆では収量にその効果は認められなかったが、品質(特に無機成分含量)においてフルボ酸の効果が認められた。ボカシ肥料製造および完成したボカシ肥料におけるフルボ酸の効果は認められなかった。今回の試験ではフルボ酸の効果があまり見られない結果が多かったが、フルボ酸資材に関する研究はまだあまり進んでいないので、その効果についてより詳しく検討するために今後も栽培試験などを継続して行っていく必要があると思う。

VI.謝辞

フルボ酸資材を提供していただいたミヤモンテ Japan 様、色彩色差計を貸してくださった小疇浩教授、小豆およびボカシ肥料の成分分析を行ってくださった十勝農業協同組合連合会様、卒業研究として本研究を担当した本学4年次学生柴原大悟君に心より感謝申し上げます。

VII.参考文献

- 1.農林水産省 生産局農産部農業環境対策課 有機農業の推進について(2009)
- 2.農林水産省 生産局農産部農業環境対策課 有機農業の推進に関する現状と課題(2012)
- 3.農林水産省 消費・安全局表示・規格課 有機登録認定機関別認定事業者数(2012)
- 4.農林水産省 農林水産省大臣官房情報課 情報交流ネットワーク事業 全国アンケート調査有機農業をはじめとする環境保全型農業に関する意識・意向調査(2007)
- 5.農林水産省 生産局農産部農業環境対策課 有機農産物等の格付実績(2011)
- 6.目黒 孝司 ホウレンソウの内部品質向上試験から見た栄養診断の課題 農業技術 48 6-11(1993)
- 7.篠原 温 野菜の栽培条件と品質—特に光および施肥条件とアスコルビン酸含量との関係 筑波大学農林学研究 3 9-14(1987)
- 8.坂本 秀樹・大嶋 俊二 リコピンの生理機能について カゴメ総合研究所 New Food Industry Vol.37 4 75-80 (1995)
- 9.Cacco,G.,and Dell’Agnola,G. Plant growth regulator activity of soluble humic complex.62 306-310(1984)
- 10.Pizzeghello,D.,Nicolini,G.,and Nardi,S. Hormone-like activity of humic substances in Fagus sylvaticae forests. New Phytologist,151 1037-1046(2001)
- 11.Sanchez-Monedero,M.A.,Cegarra,J.Garcia,D.,and Roig,A. Chemical and structural evolution of humic acids during organic waste composting. Biodegradation. 13 361-371(2002)