

## クロタラリアと鶏ふん堆肥を利用した 秋作ブロッコリーの減化学肥料栽培

五十嵐総一，田畑士希<sup>1)</sup>，坂本麻衣子<sup>2)</sup>，清水マスヨ

キーワード：化学肥料削減，可給態窒素，未利用資源，有機質資材，緑肥

Chemical Fertilizer Decreasing Cultivation of Autumn Broccoli  
using Crotalaria and Fermented Poultry Manure as Organic Matter

Souichi IGARASHI, Shiki TAHATA, Maiko SAKAMOTO, Masuyo SHIMIZU

### 目次

1. 緒言
2. 材料および方法
  - 1) 緑肥の選定
  - 2) 秋作ブロッコリーの減化学肥料栽培
3. 結果
  - 1) 緑肥の選定
  - 2) 秋作ブロッコリーの減化学肥料栽培
4. 考察
  - 1) 緑肥の選定
  - 2) クロタラリア由来の肥料成分
  - 3) 鶏ふん堆肥由来の肥料成分
  - 4) 減化学肥料栽培の効果
5. 摘要
6. 引用文献

### Summary

---

<sup>1)</sup>現長崎県農業経営課 <sup>2)</sup>元長崎県農林技術開発センター  
本報告の一部は2017，2018および2020年度日本土壌肥料学会で発表した

## 1. 緒言

長崎県産のブロッコリー栽培面積は2020年で931haであり、2010年対比173%と、近年、拡大しており、2020年における農業産出額は30億円と全国7位を誇る（長崎県農林部，2022）。

また、地形的に閉鎖系水域を抱える本県は、環境負荷を考慮した施肥基準の見直しや減化学肥料栽培等の環境保全型農業を推進しており、緑肥や地域の家畜ふん堆肥など有機質資材の活用が求められている。このことは、国が掲げる「みどりの食料システム戦略」にある化学肥料使用量30%低減の目標にも通じるだけでなく、ロシアの

ウクライナ侵攻を端緒とした化学肥料価格高騰を鑑み、自国の資材を有効活用する点で非常に重要である。

ここでは、秋作ブロッコリー栽培をターゲットに、慣行栽培の化学肥料由来NPK施肥量を50%削減し、削減分の窒素量を有機質資材で代替する減化学肥料栽培を確立することを目的とした。有機質資材として緑肥由来の窒素分を利用すること、また地域の未利用資源である鶏ふん堆肥を活用することが本栽培方法の狙いであり、以下、減化学肥料栽培と表す。

## 2. 材料および方法

### 1) 緑肥の選定

#### (1) 緑肥の生育量

マメ科緑肥植物として、丸葉系クロタラリア「ネマキング」、細葉系クロタラリア「ネマコロリ」、エビスグサ「エビスグサ」の3品種、県内ブロッコリー産地に導入されているイネ科のソルガム「つちたろう」の計3草種、4品種を供試し、想定する緑肥の栽培期間である5月下旬～7月上旬における草丈、地上部新鮮重・乾物重、および水分を調査した。試験区の概要を表1に示した。なお、供試した緑肥はすべて雪印種苗株式会社が販売するものである。

農林技術開発センター内圃場にて1区4㎡で乱塊法の3反復の区を設け、上記の4品種を無施肥で栽培した。播種量はメーカー推奨量に従った。供試圃場は粘土質の赤黄色土壌でCEC18meq、可給態窒素は約2mg/100g、有効態リン酸および交換性カリはともに40mg/100g程度の土壌である。また、秋作ブロッコリーを5年連作している。

秋作ブロッコリー定植時期の9月上旬までに十分な緑肥の腐熟期間を設けるため、一定の生育量

が確保できる播種後49日および58日で刈り取った2処理の生育量を比較した（表1）。

#### (2) 緑肥に含まれる窒素および炭素量

(1)の栽培試験後、植物体地上部の全窒素および全炭素量を分析し、C/N比を算出した。なお、本試験では地下部の窒素含量を測定できなかったため、2016年度に栽培期間53日間で実施した各品種における地下部の窒素含量ならびに地上部/地下部比のデータを用いて、2017年度における各品種の地上部窒素含量を加えて、総窒素含量を試算した。分析には、有機元素分析装置（J-SCIENC E LAB社製MACRO CORDER JM1000CN）を使用した。

#### (3) 緑肥の窒素無機化量

栽培日数による緑肥の窒素無機化量を比べるため、栽培日数49日および58日の地上部を供試した。インキュベーション瓶に風乾土20g、最大容水量の60%になるよう水分含量を調整した。65℃乾燥後にミキサーで粗粉碎した緑肥400mgを混合し、ポリエチレンフィルムで覆い輪ゴムで固定し、培養温度30℃、培養期間1・2・4・11週間の条件で保温

表1 試験区の概要 (2017)

草種	品種	播種日 (月/日)	播種量 (g/㎡)	緑肥刈り取り日 (栽培日数) (月/日)
クロタラリア	ネマキング	5/23	6.0	7/11 (49日)
クロタラリア	ネマコロリ		6.0	7/11 (49日)
エビスグサ	エビスグサ		5.0	7/20 (58日)
ソルガム	つちたろう		5.0	7/20 (58日)

静置した。試験規模は3反復である。各々のインキュベーション瓶は定期的に抜き出し、無機態窒素の生成量をブレンナー法（土壤環境分析法, 1997）で分析した。

培養11週間後の窒素無機化量と、緑肥地上部に含まれる全窒素の分析結果から窒素無機化率と、地上部をすき込むことで土壤に供給される窒素無機化量を算出した。

**(4) 緑肥の分解率**

想定する秋作ブロッコリー栽培の期間における緑肥の分解率を算出するため、埋設試験（日本土壤協会, 2000）を実施した。土壌30gに対して(1)で収穫した緑肥3.75gを混ぜ、ガラス繊維ろ紙（ワットワン製GF/A 150mm）で包み、さらに防根透水シートで被覆したものを試験圃場に埋設した（2017年8月19日、各3点併行）。

埋設後、0, 1, 2, 4, 8, 16週（0週目は埋設はせず緑肥と混ぜたものを分析）経過したものを圃場から採取し、風乾後、土壌を粉碎し有機元素分析装置（J-SCIENCE LAB社製MACRO CORDER JM1000CN）で全炭素および全窒素を測定した。

**2) 秋作ブロッコリーの減化学肥料栽培**

**(1) 施肥設計**

**ア) 2018年**

1)の試験結果から選定した緑肥クロタラリア「ネマコロリ」と秋作ブロッコリー栽培期間中の緑肥分解率を考慮し、土壤に供給される緑肥由来の窒素量を算出した。次に、慣行栽培（長崎県農林部, 2015）の窒素施肥量の50%に当たる12.5kg/10aから緑肥由来の窒素量を差し引いた分の量に相当する窒素量を鶏ふん堆肥由来窒素分で補うため、市販の鶏ふん堆肥に含まれる窒素含有量の分析結果に基づいて鶏ふん堆肥の施用量を設計した（表2）。

なお、鶏ふん堆肥は、採卵鶏由来で形状はペレット、主要な成分の含有率（製品表示値）は現物値で窒素全量3%、りん酸全量4%、加里全量3%、炭素窒素比7だった。

鶏ふん堆肥の窒素成分分析は肥料等試験法（農林水産消費安全技術開発センター, 2018）に準じて燃焼法とし、有機元素分析装置（J-SCIENCE LAB社製MACRO CORDER JM1000CN）を使用した。

施肥設計の算出方法は下記のとおりである。

表 2 施肥設計

試験区	化学肥料			鶏ふん堆肥 (kg/10a)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
減化学肥料(緑肥・鶏ふん)	12.5	11.0	12.5	408
有機資材無施用	12.5	11.0	12.5	-
慣行	25.0	22.0	25.0	-

- 化学肥料の削減により堆肥と緑肥で補う窒素量  
= 県基準窒素量25kg/10a × 1/2 = 12.5kg/10a
- 緑肥からの窒素供給量  
= 緑肥乾物量 × 窒素含有率 × 分解率（埋設試験結果による）  
= 0.47kg/m<sup>2</sup> × 2.89% × 47% × 1000 = 6.38kg/10a
- 鶏ふん堆肥から供給すべき窒素量  
= 12.5kg - 6.38kg = 6.12kg/10a
- 鶏ふん堆肥の投入量  
= 鶏ふん堆肥から供給すべき窒素量 / (堆肥窒素含有率 × 分解率)  
= 6.12kg / (3% × 50%) = 408kg/10a

**イ) 2019年**

2018年の施肥設計と同様に施肥設計を組み立てた（表3）。なお、緑肥の分解率は前年の栽培試験圃場における埋設試験結果に基づいた。また、鶏ふん堆肥は2018年と同じものを使用し、窒素成分の分析結果に基づき施用量を決定した。鶏ふん堆肥の窒素成分分析は前年の方法に準じ、全窒素-全炭素測定装置（住化製SUMIGRAPH NC-TRINITY）を使用した。

表 3 施肥設計

試験区	化学肥料			鶏ふん堆肥 (kg/10a)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
減化学肥料(緑肥・鶏ふん)	12.5	11.0	12.5	368
有機資材無施用	12.5	11.0	12.5	-
慣行	25.0	22.0	25.0	-

施肥設計の算出方法は下記のとおりである。

- 化学肥料の削減により堆肥と緑肥で補う窒素量  
= 県基準窒素量25kg/10a × 1/2 = 12.5kg/10a
- 緑肥からの窒素供給量  
= 緑肥乾物量 × 窒素含有率 × 分解率（埋設試験結果による）  
= 0.44kg/m<sup>2</sup> × 1.8% × 42% × 1000 = 3.32kg/10a
- 鶏ふん堆肥から供給すべき窒素量  
= 12.5kg - 3.32kg = 9.18kg/10a
- 鶏ふん堆肥の投入量

= 鶏ふん堆肥から供給すべき窒素量 / (堆肥窒素含有率 × 分解率)  
 = 9.18kg / (5% × 50%) = 368kg/10a

## (2) 耕種概要

### 7) 2018年

5月16日にクロタラリア「ネマコロリ」を散播で6g/m<sup>2</sup>播種した。その57日後にあたる7月12日にモアで細断後、7月19日にロータリーですき込んだ。8月20日に全区に牛ふん堆肥を2t/10a、苦土石灰を100kg/10a施用し、8月27日に、施肥設計に基づき硫酸、過リン酸石灰、硫酸加里、鶏ふん堆肥を施用した。試験区は、1区4.9m<sup>2</sup>で乱塊法の3反復とした。9月4日に128穴セル苗のブロッコリー「おはよう」を定植した。定植は、畝間140cm × 株間35cm、2条植え、4000株/10aとした。9月26日と10月15日に中耕培土を実施し、同日に窒素として合計10kg/10aになるよう硫酸で追肥した。

11月7日から12月6日まで、花蕾径が10~12cmのものを目安に収穫した。収量調査は各反復より10固体をランダムにサンプリングし、全重、花蕾重を計測した。花蕾径が10cm未満のものは調査株とせず、収穫できた株数で区内の収穫株率を算出した。収穫日は区内の50%の株が収穫できた日とし、収量は花蕾重に定植本数および収穫株率を乗じて算出した。

### 4) 2019年

5月27日にクロタラリア「ネマコロリ」を散播で6g/m<sup>2</sup>播種した。その42日後にあたる7月17日にモアで細断後、8月2日にロータリーですき込んだ。9月10日に牛ふん堆肥を2t/10a、施肥設計に基づき硫酸、過リン酸石灰、硫酸加里、鶏ふん堆肥を施

用した。試験区は、1区4.9m<sup>2</sup>で乱塊法の3反復とした。9月13日に128穴セル苗のブロッコリー「おはよう」を前年と同条件で定植した。9月27日と10月10日に中耕培土を実施し、同日に窒素として合計10kg/10aとなるよう硫酸で追肥した。前年と同じ方法で11月25日から12月12日までブロッコリーを収穫した。収穫調査の方法は前年と同じ調査を実施した。

なお、2018年、2019年ともに供試する鶏ふん堆肥の埋設試験を1)(4)の方法に準じ実施し、栽培期間中における鶏ふん堆肥の窒素分解率を求めた。また、ブロッコリー定植前にすき込まれる緑肥地上部を1m<sup>2</sup>の面積で3反復採取し、生育量や植物体に含まれる無機成分(N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO)を分析し、土壤に供給される緑肥由来の無機成分量を算出した。

供試した鶏ふん堆肥に含まれる肥料成分(窒素全量、炭素全量、C/N、リン酸全量、カリ全量、石灰全量および苦土全量)分析は肥料等試験法(農林水産消費安全技術開発センター、2019)に準じた。

栽培試験前後に土壤をサンプリングし、日本土壤協会が定めた方法(2001)に準じ、pH、EC、無機態窒素、有効態リン酸、交換性陽イオンおよびCECを分析した。さらに2019年作後における可給態窒素を測定し、有機質資材の利用による地力への影響を確認した。可給態窒素の分析は農研機構の手引き(2020)による簡易測定法に基づいた。

また、秋作ブロッコリーの減化学肥料栽培を導入することによる収支の試算を行った。

## 3. 結果

### 1) 緑肥の選定

#### (1) 緑肥の生育量

草種間における草丈は「つちたろう」が最も高く、次いで「ネマコロリ」であった(表4)。

栽培日数49日の地上部新鮮重は、「ネマコロリ」が最も重かったが、58日では、品種間に有意差は認められなかった。地上部乾物重も同様の結果だった。水分は、栽培日数49日で草種による有意差は見られなかったが、58日で「ネマコロリ」が他のよりも低かった。

すべての草種で草丈、地上部新鮮重、地上部乾

物重は栽培日数58日の緑肥が49日間栽培を上回った。

#### (2) 緑肥に含まれる窒素および炭素量

栽培日数49日の窒素含量は「ネマコロリ」が他品種よりも有意に高い値だった。また、49日の地上部窒素および炭素含有率とも栽培日数が長くなるほど増加した。いずれも、「ネマコロリ」が多かった(表5)。

根部と地上部を合算した総窒素含量も同様で、「ネマコロリ」が最も高い値だった(表6)。

(3) 緑肥の窒素無機化量

培養終了時における窒素無機化量は「ネマキング」が最も多く、ついで「ネマコロリ」と「エビスグサ」が同等だった (図1, 2) .

地上部の窒素無機化量は、栽培日数49日で「ネマコロリ」が最も多かった (表7) .

表 4 品種および栽培期間との生育量

草種	品種	草丈 (cm)		地上部新鮮重 (kg/m <sup>2</sup> )		地上部乾物重 (kg/m <sup>2</sup> )		水分 (%)	
		49 日	58 日	49 日	58 日	49 日	58 日	49 日	58 日
クロタラリア	ネマキング	52 c <sup>2</sup>	79 c	1.3 b	3.6 a	0.18 b	0.58 a	86.7 a	83.8 a
クロタラリア	ネマコロリ	120 b	149 b	2.9 a	3.5 a	0.47 a	0.80 a	83.9 a	76.5 b
エビスグサ	エビスグサ	58 c	98 c	1.7 ab	3.1 a	0.24 b	0.55 a	85.8 a	82.3 ab
ソルガム	つちたろう	151 a	191 a	2.3 ab	4.8 a	0.36 ab	0.83 a	84.7 a	83.3 a

<sup>2</sup> Tukeyの多重検定により同列の異なる文字間に5%水準で有意差あり

表 5 品種および栽培期間と地上部の窒素および炭素含有量

草種	品種	窒素含有率 (%)		炭素含有率 (%)		窒素含量 (g/m <sup>2</sup> )		炭素含量 (g/m <sup>2</sup> )		地上部 C/N	
		49 日	58 日	49 日	58 日	49 日	58 日	49 日	58 日	49 日	58 日
クロタラリア	ネマキング	2.3	2.8	41	41	4.0 b <sup>2</sup>	16.3 ab	71	237	18	15
クロタラリア	ネマコロリ	2.9	3.5	42	43	13.6 a	28.2 a	198	344	15	12
エビスグサ	エビスグサ	1.9	2.2	40	40	4.6 b	12.4 ab	96	223	21	18
ソルガム	つちたろう	1.2	1.2	41	38	4.5 b	10.1 b	149	318	33	32

<sup>2</sup> Tukeyの多重検定により同列の異なる文字間に5%水準で有意差あり

表 6 品種および栽培期間と総窒素含量

草種	品種	総窒素含量 (g/m <sup>2</sup> )	
		49 日	58 日
クロタラリア	ネマキング	4.3 b <sup>2</sup>	16.4 ab
クロタラリア	ネマコロリ	13.7 a	28.3 a
エビスグサ	エビスグサ	5.0 b	12.5 ab
ソルガム	つちたろう	5.2 b	10.2 b

<sup>2</sup> Tukeyの多重検定により同列の異なる文字間に5%水準で有意差あり

表 7 品種および栽培期間と地上部の窒素無機化量

草種	品種	窒素無機化率 (%)		窒素無機化量 (g/m <sup>2</sup> )	
		49 日	58 日	49 日	58 日
クロタラリア	ネマキング	33.7	21.5	1.3	3.5
クロタラリア	ネマコロリ	14.1	7.0	1.9	2.0
エビスグサ	エビスグサ	23.9	8.3	1.1	1.0
ソルガム	つちたろう	-5.5	-4.4	0.0	0.0

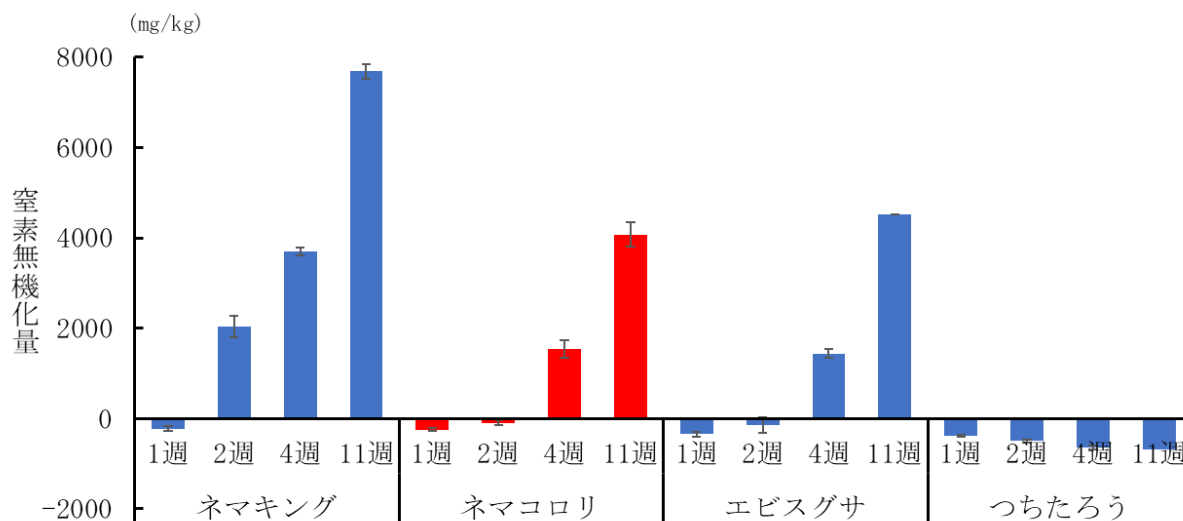


図1 緑肥の窒素無機化量 (栽培日数 49 日)

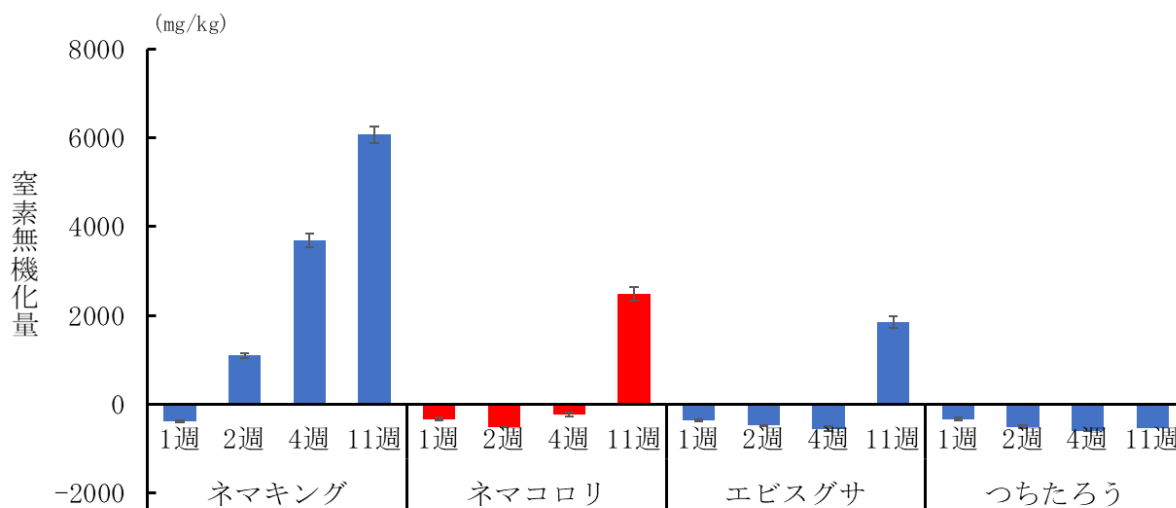


図2 緑肥の窒素無機化量 (栽培日数 58 日)

#### (4) 栽培圃場における埋設試験

##### 7) 窒素分解率

栽培日数49日, 58日とも最も分解が早いのは「ネマコロリ」で分解率は埋設1週目で約30%, 8週目で約45%であった。ついで, 「エビスグサ」, 「ネマキング」の順で, 「つちたろう」が最も分解が遅かった(図3, 4)。

##### 4) 炭素分解率

栽培日数49日, 58日とも最も分解が早いのは「エビスグサ」だった。58日の8週目では品種間での差はほとんど見られなかった(図5, 6)。

#### 2) 秋作ブロッコリーの減化学肥料栽培

##### (1) 収量

2018年および2019年とも, 減化学肥料(緑肥・鶏ふん)区の花蕾重は慣行区と有意差はなく, 収量は同等だった(表8)。

2019年の有機質資材無施用区の収量は少なく, 同年の慣行区と比べて花蕾重や収量は有意に少なかった。

##### (2) すき込んだ緑肥の生育および成分量

秋作ブロッコリー一定植前にすき込んだクロタラリア「ネマコロリ」の乾物重は444~467kg/10aで, 窒素

含有率は1.8～2.1%だった(表9)。10aあたりに供給されるクロタラリア由来の窒素分は7.8～9.8kgであり、同様にリン酸1.2～1.3kg, カリ11～13kg, 石灰3.1～3.7kg, 苦土1.8～2.3kgであった。

### (3) 鶏ふん堆肥の窒素分解率と肥料成分

供試した鶏ふん堆肥の窒素分解率は定植1週間後に50%程度、その後、秋作ブロッコリーが着蕾し始める定植後8週目には約60%分解していることが確認された(図7)。

供試した鶏ふん堆肥に含まれる肥料成分を表10に示した。窒素分は年次間差があり4.0～4.9%だった。リン酸およびカリはほぼ変わらなかったが、2019年のものが2018年のものと比較して石灰分CaOが約15%高かった。

### (4) 土壌の化学性

2018年、2019年とも減化学肥料(緑肥・鶏ふん)区は慣行区に比べ、pHが高く、ECおよび無機態窒素

は低い傾向にあった(表11, 12)。

可給態リン酸は2018年、2019年ともすべての試験区で作前より作後が増加した。

交換性カリは、2018年作後でやや増加する傾向だったが、2019年はすべての試験区で減少した。

### (5) 可給態窒素の比較

2019年作後の土壌の可給態窒素は、慣行区と比べて減化学肥料(緑肥・鶏ふん)区は有意に多かった(図8)。

### (6) 収支の試算

減化学肥料栽培を導入した場合の収支は、かかり増しになる費用が10aあたり13,645円、削減される費用が12,799円、梅雨時期の土壌流亡を抑制することにより削減できる費用が2,400円/10aであった。この結果、減化学肥料栽培を導入することで、10aあたり約1,500円の所得増になった(表13)。

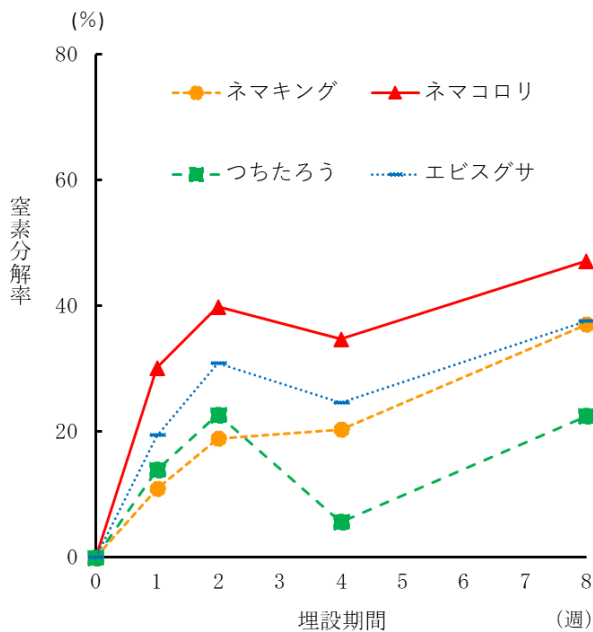


図3 緑肥の窒素分解率(栽培日数49日)

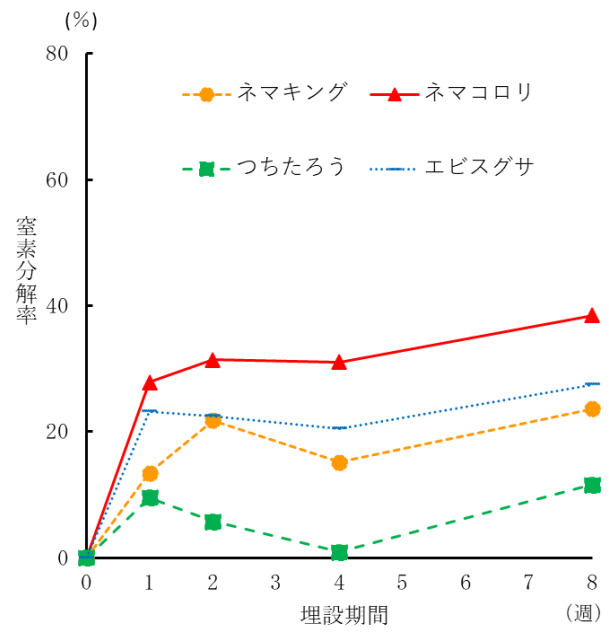


図4 緑肥の窒素分解率(栽培日数58日)

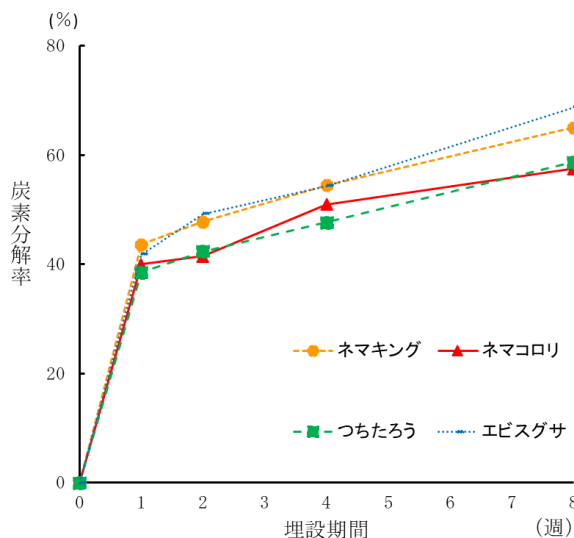


図5 緑肥の炭素分解率 (栽培日数 49 日)

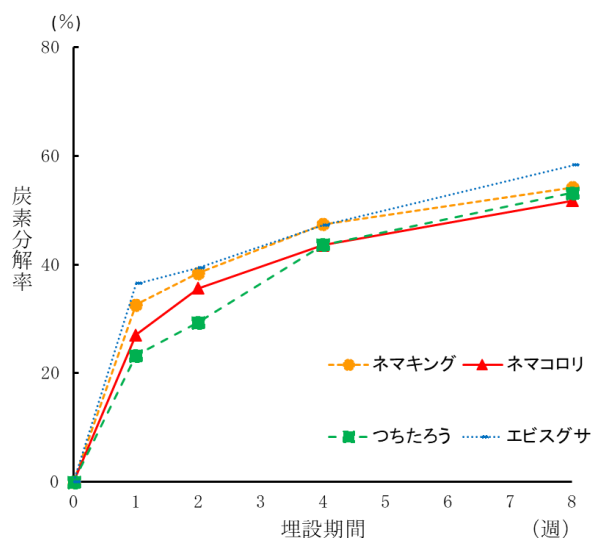


図6 緑肥の炭素分解率 (栽培日数 58 日)

表8 秋作ブロッコリーの収量

実施年 (年)	試験区	収穫日 (月/日)	収穫株率 (%)	全重 (g/株)	花蕾重 (g/株)	収量 (kg/10a)
2018	減化学肥料 (緑肥・鶏ふん)	11/20	98	1348 a <sup>z</sup>	331 a	1294 a
	有機資材無施用	11/21	90	1171 a	296 a	1061 a
	慣行	11/17	100	1428 a	339 a	1356 a
2019	減化学肥料 (緑肥・鶏ふん)	12/2	96	1280 ab	278 ab	1073 a
	有機資材無施用	12/10	40	959 b	228 b	365 b
	慣行	12/2	94	1350 a	315 a	1179 a

z 同列異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差があることを表す

表9 すき込んだ緑肥の生育および無機成分量

実施年 (年)	草丈 (cm)	新鮮重 (t/10a)	乾物重 (kg/10a)	炭素含有率 (%)	窒素含有率 (%)	C/N	無機成分吸収量 (kg/10a)				
							N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
2018	125	2.4	444	41	1.8	24	7.8	1.2	11	3.1	1.8
2019	134	3.1	467	42	2.1	20	9.8	1.3	13	3.7	2.3

表10 供試した鶏ふん堆肥に含まれる肥料成分

実施年 (年)	T-C	T-N	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
	(DM %)						
2018	35.2	4.9	7.2	5.9	3.8	20.0	1.2
2019	30.5	4.0	7.6	5.7	3.4	34.5	1.3



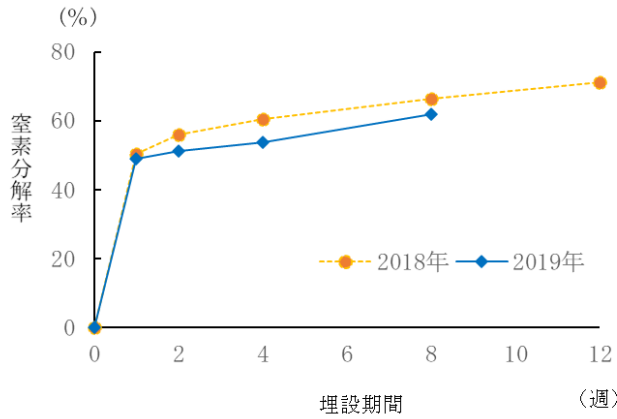


図7 供試した鶏ふん堆肥の窒素分解率

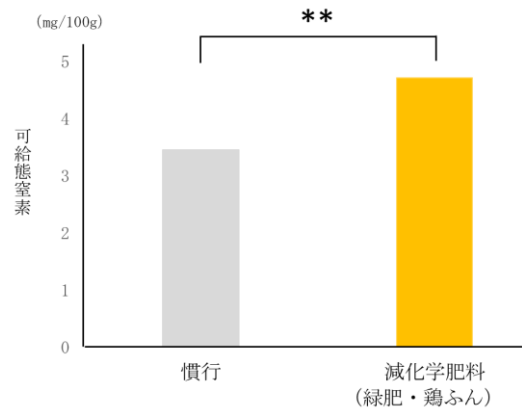


図8 可給態窒素 (2019年作後)

n=3, \*\*は Student の t 検定により 1%水準  
で有意差ありを示す

表11 減化学肥料栽培と土壌化学性 (2018年)

採取時期	試験区	pH	EC	TC	TN	C/N	無機態窒素	可給態リン酸	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	CEC
		H <sub>2</sub> O	(mS/cm)	(%)			(mg/乾土100g)	(mg/乾土100g)				
作前	減化学肥料 (緑肥・鶏ふん)	5.6	0.04	1.6	0.18	9	2.6	34	47	226	42	14
	有機資材無施用	6.0	0.03	1.4	0.16	9	1.8	71	47	263	55	15
	慣行	5.6	0.03	1.5	0.16	9	1.5	52	47	223	44	14
作後	減化学肥料 (緑肥・鶏ふん)	5.8	0.07	1.4	0.15	9	1.4	44	51	277	50	13
	有機資材無施用	5.9	0.07	1.3	0.13	10	1.1	87	47	293	61	14
	慣行	5.2	0.14	1.2	0.13	9	5.6	58	49	249	50	13

表12 減化学肥料栽培と土壌化学性 (2019年)

採取時期	試験区	pH	EC	TC	TN	C/N	無機態窒素	可給態リン酸	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	CEC
		H <sub>2</sub> O	(mS/cm)	(%)			(mg/乾土100g)	(mg/乾土100g)				
作前	減化学肥料 (緑肥・鶏ふん)	6.4	0.06	1.4	0.14	10	3.7	30	61	255	43	15
	有機資材無施用	6.7	0.05	1.2	0.12	10	1.7	80	56	303	61	16
	慣行	6.3	0.05	1.2	0.12	10	2.0	52	55	262	48	16
作後	減化学肥料 (緑肥・鶏ふん)	6.2	0.08	1.5	0.14	10	1.7	42	45	147	37	15
	有機資材無施用	6.4	0.08	1.4	0.13	11	1.3	85	43	203	40	16
	慣行	5.8	0.12	1.5	0.14	11	2.3	64	46	322	23	15

表13 減化学肥料栽培の収支試算 (2019年度時点)

	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量6 kg/10a)	5,832
		鶏ふん堆肥	2,246
	減価償却費	フレールモア償却費	5,000
	燃料費	緑肥の播種・	567
		細断・すき込み	
	小計 (A)		13,645
削減される費用	資材費	化学肥料	12,799
		小計 (B)	
土壌流亡抑制効果	客土費用		2,400
		小計 (C)	
所得増効果	(B)+(C)-(A)		1,554

1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。緑肥すき込みのための労働時間が2.5時間/10a増える

2) 緑肥種子にかかる費用は、価格972円/kg、播種量6kg/10aとして算出

3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を2haとし、フレールモアの価格を70万円、耐用年数を7年として算出

4) 燃料単価は126円として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査の2018年から過去3年分の7月平均価格、軽油)

5) 削減される化学肥料費は、配合肥料2,461円/20kg袋を10aあたり10.5袋使用する施肥体系から50%減肥で5.3袋使用した場合として算出

6) 緑肥作付けによる土壌流亡抑制効果は「二期作バレイショ栽培に適した緑肥 (カバークロップ) 栽培マニュアル」から算出

## 4. 考察

### 1) 緑肥の選定

減化学肥料栽培では秋作ブロッコリー定植時期である8月下旬～9月上旬を考慮した緑肥栽培が必要である。そのため、緑肥の栽培期間と緑肥すき込み後、土壌中の腐熟・分解期間を十分に設けることが重要である。橋爪 (2007) によると、緑肥のすき込み後は土壌中のピシウム菌が増殖し、その間に農作物を播種・定植すると初期生育障害が起こることを示している。

本試験では供試した4品種の緑肥を49日間栽培した場合と58日間栽培した場合の2処理を比較した。栽培日数58日では、緑肥の生長に伴い植物体に含まれる窒素含量は高くなる。しかし、緑肥の栽培期間が長いことで、すき込み後からブロッコリー定植までの期間が短くなるとともに、土壌中で十分腐熟せず、ブロッコリーに影響を与えるおそれがある。

緑肥を5月下旬に播種する条件で、9月上旬の秋作ブロッコリー定植までに設けられる緑肥のすき込み後の腐熟期間は、7月下旬から8月下旬の4週間程度である。培養試験の結果、栽培日数58日の緑肥で4週目で、窒素の無機化が確認されたのは「ネマキング」のみだった (図2)。

一方、緑肥の栽培日数49日の場合、58日に比べ、ブロッコリー定植時期までにすき込まれた緑肥由来の窒素分は、土壌中の分解期間が確保されるため、すき込んだ緑肥由来の窒素分は基肥の代替になり得る。

また、栽培日数49日における「ネマコロリ」は総窒素含量が他草種と比較して2倍以上と有意に多く、窒素無機化率は「ネマキング」に劣るが、乾物重は供試した緑肥の中で最も重く、土壌に供給できる窒素無機化量が多い (表4, 6, 7)。

「ネマコロリ」は全窒素だけでなく、植物が利用できる無機態窒素の供給量も他品種より多いことから、減化学肥料栽培に適した品種であり、栽培日数は50日間程度がよい。

なお、減化学肥料栽培のスケジュールは図9のとおりである。

### 2) クロタラリア由来の肥料成分

5月下旬播種後、50日間程度クロタラリア「ネマコロリ」を栽培した場合、地上部のC/N比は20～24程度であり、ソルガムより低く、すき込まれた「ネマコロリ」の土壌中における有機態窒素の分解速度はソルガムより速く、秋作ブロ

ブロッコリー一定植時期に植物体へ無機態窒素を供給できると考えられるため、基肥の窒素分として有効である。

栽培日数50日程度の「ネマコロリ」に由来する窒素供給量は10a当たり8~10kg/10aであり、肥効率を50%で換算すると4~5kg/10a分の化学肥料由来窒素量に相当することから、慣行栽培で用いられる化学肥料由来の窒素成分の減肥が可能だと考えられる。

「ネマコロリ」由来のリン酸供給は10a当たり1kg程度であり、わずかである。

一方、カリは11~13kg/10aと窒素分と同様に緑肥由来の供給量が多い。

減化学肥料栽培ではNPKを慣行栽培の50%としており、減肥分のカリ12.5kg/10aはクロタラリアの供給によりほぼ賄えると考えられる。さらに、鶏ふん堆肥由来のカリも供給されるため、さらにカリは減肥ができる可能性がある。

また、カリが蓄積した圃場では、緑肥由来のカリを考慮した施肥設計とする必要がある。

### 3) 鶏ふん堆肥由来の肥料成分

秋作ブロッコリー栽培期間中における鶏ふん堆肥の窒素分解率は60%で、本試験の試験設計上における肥効率50%より高かった。この結果を踏まえ、施肥設計を修正することで鶏ふん堆肥の施肥量の削減に繋がると考えられる。

本試験結果から、鶏ふん堆肥由来のリン酸は20kg/10a程度と推測され、減肥分のリン酸11kg/10aを越えているため、土壤への蓄積が懸念される。しかし、土壤分析結果を見るとリン酸分の蓄積は確認されず、鶏ふん堆肥由来のリン酸はブロッコリーにより持ち出されと考えられる。

カリについては、鶏ふん堆肥施肥による供給が12kg/10a程度見込めるが、土壤への蓄積は確認されておらず、リン酸と同様にブロッコリーによる持ち出しと、溶脱するものに分かれると考えられる。なお、植物はカリをぜいたく吸収することが知られている(高橋ら, 1980)ため、植物体への吸収量の方が多いと考えられる。

### 4) 減化学肥料栽培の効果

化学肥料由来の代替として有機質資材を利用することで、秋作ブロッコリーにおいて慣行栽培と同等の収量を得るだけでなく、土壤に対する影響を次の2点確認することができた。

まず一つ目は、作後土壤のpH低下およびEC上昇の抑制効果である。表11, 12を見ると、減化学肥料(緑肥・鶏ふん)の作後pHは慣行栽培より高く、ECは低い。これは、化学肥料施肥に由来する硝酸根や硫酸根を、減肥によって低減したことが要因だと考えられる。そのため、作後土壤における無機態窒素は、慣行区の方が減化学肥料(緑肥・鶏ふん)より高い。

跡地土壤のpH低下を抑制できれば、例えば、後作で栽培する年明けどりブロッコリー一定植前のpH矯正で施用する石灰量を削減することに繋がる。適正なpH矯正はアブラナ科根こぶ病の発生リスクを抑える基本的な対策(中西ら, 2017)でもあり、有機質資材活用の効果は大きい。

二つ目は、地力の維持・向上が挙げられる。緑肥や堆肥由来の有機質資材は土壤中の可給態窒素を向上させる効果があり、本試験においても確認された(図8)。地力増進法に定める普通畑における可給態窒素の基準は5mg/100g以上であり、この基準を下回れば土壤改良をする必要がある。化学肥料に依存した栽培の場合、土壤中の地力窒素は農作物に収奪されるため、減少していくが、減化学肥料栽培では、緑肥と鶏ふん堆肥の利用により、慣行栽培と比較して作後土壤の可給態窒素を高めた。このことは、適正な収量を得るために必要な土づくりを基肥施肥と同時に示している。

緑肥の作付けにより、梅雨時期の降雨による土壤流亡を抑制する効果がある(橋爪, 2007)だけでなく、緑肥作付けによる土壤微生物性、ならびに物理性改善効果も期待される(農研機構, 2020)。

また、緑肥のすき込みにより微生物活性が高まることで、その後、施用される堆肥に対する影響も考えられる。例えば、緑肥すき込みによって、難溶性リン酸分解菌の活性が高まった結果、施肥される鶏ふん堆肥由来リン酸が可給化され、植物体のリン酸利用率が向上する可能性もある。

本県でも、緑肥すき込み後の土壤中リン溶解菌数や微生物活性等を調査した結果、リン溶解菌数およびATP値は化学肥料による慣行栽培と比較して高い傾向を確認した(未発表)。

土壤微生物に焦点を当て、減化学肥料栽培を

再考することによって得られる知見も多いと考えられる。

以上のことから、5月下旬に緑肥作物としてクロタラリア「ネマコロリ」を50日程度栽培してすき込みを行い、鶏ふん堆肥を基肥と同時におおむね400kg/10a施用することで、秋作ブロッコリーにおいて、化学肥料を施用する慣行栽培と同等の収量が得られることが明らかとなり、新

たな減化学肥料栽培体系を確立した。減化学肥料栽培によって、化学肥料施用量をNPKで50%削減できるとともに、慣行栽培と比べて、10a当たり約1,500円の所得増につながるだけでなく、土壌pH低減抑制や可給態窒素を高める効果が期待できることから、地力の維持・向上につながると考えられる。

図9 減化学肥料栽培スケジュール

5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中
クロタラリア「ネマコロリ」									ブロッコリー														
播種			生育			すき込み			腐熟期間			定植			生育			収穫					

## 5. 摘要

秋作ブロッコリー栽培における慣行栽培の化学施肥量をNPKで50%減肥し、減肥分の窒素量を緑肥と鶏ふん堆肥で補う減化学肥料栽培を検証した。

その結果、次のとおりだった。

- 1) 減化学肥料栽培に適する緑肥にクロタラリア「ネマコロリ」を選定した。5月下旬に「ネマコロリ」を播種後、栽培期間50日程度で土壌にすき込むことで、9月上旬に定植する秋作ブロッコリーに緑肥由来の窒素肥効を利用できる。
- 2) 「ネマコロリ」栽培後、土壌にすき込み、鶏ふ

ん堆肥を基肥と同時におおむね400kg/10a施肥することで、慣行栽培と同等の収量が得られ、慣行栽培の化学肥料施用量をNPKで50%減肥ができる。

- 3) 減化学肥料栽培を導入することで10a当たり約1,500円の所得増になる。
- 4) 有機質資材を活用することで、慣行栽培と比べて土壌pH低減抑制や可給態窒素を高める効果が期待でき、地力の維持・向上に繋がる。

## 6. 引用文献

地力増進法（昭和59年法律第34号）．地力増進基本指針（平成20年10月16日）第2 普通畑 1基本的な改善目標  
 土壤環境分析法編集委員会．1997．土壤環境分析法．博友社． p241-243, p247-249  
 橋爪 健．2007．新版 緑肥を使いこなす 上手な選び方・使い方．農文協． p113-116  
 長崎県農林部農政課．2022．令和4年度ながさきの農林業． p2-5  
 長崎県農林技術開発センター．2012．二期作バ

レ イシヨ栽培に適した緑肥（カバークロップ）栽培マニュアル． 21  
 長崎県農林部．2015．長崎県農林業基準技術 平成26年2月版． p202  
 中西 充・森 充隆．2017．ブロッコリー根こぶ病に対する消石灰による防除効果と植物体に与える影響．土壤微生物研究会 71(1) : 13-17  
 日本土壤協会．2000．堆肥等有機物分析法． 168-170

- 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, 水質および作物体分析法. p33, p39, p56-58, p73-79, p247-253, p255-256
- 農業・食料産業技術総合研究機構. 2020. 緑肥マニュアル-土づくりと減肥を目指して-. p6-12
- 農業・食料産業技術総合研究機構. 2020. 野菜作における可給態窒素レベルに応じた窒素施肥指針作成のための手引き. p40-48
- 農林水産技術開発センター. 2018. 肥料等試験法. p36-39
- 農林水産技術開発センター. 2019. 肥料等試験法. p36-39, p331, p77-83, p137-142, p202-206, p223-227
- 高橋英一, 吉野 実, 前田正男. 1980. 新版原色・作物の要素欠乏・過剰症. 農山漁村文化協会. p98-132, p220-244

## Summary

NPK reduced the amount of chemical fertilizer applied in the conventional cultivation of autumn broccoli by 50%, and verified the reduced amount of chemical fertilizer cultivation in which the amount of nitrogen that was reduced was supplemented with crotalaria as green manure and fermented poultry manure. As a result, we found the following.

- 1) Crotalaria 'Nemakorori' was selected as a green manure suitable for cultivation with reduced chemical fertilizers. After sowing Crotalaria in late May, the broccoli planted in early September can utilize the fertilizing effect derived from green manure by plowing it into the soil after a cultivation period of about 49 days.
- 2) By plowing into the soil after Crotalaria cultivation and applying 400kg/10a of fermented poultry manure at the same time as basal fertilizer, a yield equivalent to conventional cultivation can be obtained, and the amount of chemical fertilizer applied in conventional cultivation can be reduced by 50% in NPK.
- 3) By introducing this reduced chemical fertilizer cultivation, income will increase by about 1500 yen per 10a
- 4) Compared to conventional cultivation, the use of organic materials can not only be expected to have the effect of suppressing the decrease in soil pH, but also lead to the maintenance and improvement of soil fertility.