

## 2年3作輪作体系のダイズ作を対象とした地力改善指標の確立

久野智香子<sup>1)</sup>・浅野智也<sup>2)</sup>・小田紫帆里<sup>3)</sup>・森崎耕平<sup>4)</sup>・武井真理<sup>5)</sup>・瀧 勝俊<sup>1)</sup>・大竹敏也<sup>1)</sup>

**摘要:**近年のダイズの収量低下の一因として、田畑輪換が長年続けられてきたことによる地力の低下が示されている。そこで、ダイズの収量向上対策として、洪積土壌での地力改善目標値と牛ふん堆肥の施用基準を策定した。ダイズの収量向上のためには土壌の可給態窒素を60~80 mgN kg<sup>-1</sup>に改善すると良いと考えられる。また、短期的な牛ふん堆肥の施用基準は、ダイズ作後20~40 Mg ha<sup>-1</sup>施用が適していると考えられる。さらに、2年3作輪作体系で牛ふん堆肥の施用による地力向上はダイズの生育だけでなく、コムギの収量向上にも効果があった。一方、イネを栽培する際、倒伏しないようにするために、慣行よりも化学肥料を減らす必要があると考えられる。

**キーワード:**ダイズ、田畑輪換、可給態窒素、牛ふん堆肥

## Establishment of an Index for Improving Soil Fertility in a Soybean Crop under a Two-Year, Three-crop Rotation System

KUNO Chikako, ASANO Tomoya, ODA Shihori, MORISAKI Kohei, TAKEI Mari,  
TAKI Katsutoshi and OTAKE Toshiya

**Abstract:** The decline in soil fertility due to the long practice of field rotation is one of the reasons for the recent decline in soybean yields. Therefore, as a measure to improve soybean yield, an objective value for improving soil fertility in Pleistocene soil and a standard for the application of cow manure were established. A soil nitrogen availability level of 60–80 mg N kg<sup>-1</sup> would be beneficial for improving soybean yield. The standard for cattle manure in the short term is considered to be suitable at applications of 20–40 Mg ha<sup>-1</sup> after soybean crops. In a two-year, three-crop rotation system, the application of cattle manure to improve soil fertility had an effect not only on soybean growth but also on wheat. When growing rice, it is considered necessary to use less chemical fertilizer than is customary in order to prevent the plants from falling.

**Key Words:** Soybean, Crop rotation system, Available nitrogen, Cattle manure

---

本研究の一部は日本土壌肥料学会中部支部第96回例会(2017年3月)及び第100回例会(2020年11月)において発表した。また、本研究は「農林水産省委託プロジェクト研究:多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発」により実施した。

<sup>1)</sup>環境基盤研究部 <sup>2)</sup>作物研究部(現園芸農産課) <sup>3)</sup>環境基盤研究部(現園芸農産課) <sup>4)</sup>作物研究部

<sup>5)</sup>環境基盤研究部(現農政課)

(2021.9.8受理)

## 緒言

近年、ダイズの収量が低下傾向にあるとされている<sup>1,2)</sup>。農林水産省が発表しているダイズ単収の推移<sup>3)</sup>をみると、2000年頃から全国的に低下傾向がみられる。ダイズの収量低下の一因として、田畑輪換が長年続けられてきたことによる水田土壌の地力低下があげられている<sup>4,5)</sup>。地力向上対策として有効な方法は有機物の施用が考えられるが、ダイズ作に適した地力改善目標値は明らかになっていない。特に西三河地域に広がる洪積土壌は、強粘質で固く締まりやすい土壌であるため、物理性の改善効果としても有機物の施用は有効であると考えられる。

県内の西三河地域で主に導入されているイネ-コムギ-ダイズの2年3作輪作体系では、コムギ収穫からダイズ播種までの期間が短いことから、ダイズ作前の有機物施用は難しく、有機物の施用時期としてはダイズ作後からイネ作前の時期が適していると考えられる。しかし、この時期に有機物を施用するためにはイネやコムギに対する影響も考慮する必要がある等、最適な有機物施用方法は明らかにされていない。

そこで、2年3作輪作体系における、有機物施用方法を明らかにし、ダイズ作での地力改善目標値を策定する。今回の試験では、イネ作は省力化や作業分散等の理由から大規模拡経営体で取り入れられている不耕起V溝直播栽培で行った。また、2年3作輪作体系での、イネ、コムギへの影響についても検討した。

## 材料及び方法

### 1 調査ほ場

調査ほ場は試験場内の作物研究部の2ほ場(A6ほ場及びB9ほ場 細粒質普通灰色台地土)及び現地ほ場(安城市25ほ場、刈谷市10ほ場)で行った。A6ほ場(以下Aほ場)はダイズ作付け後に牛ふん堆肥を現物当たり0 Mg ha<sup>-1</sup>、(以下0Mg区)、20 Mg ha<sup>-1</sup>(以下20 Mg区)、40 Mg ha<sup>-1</sup>(以下40 Mg区)施用する区を設けた。牛ふん堆肥の成分と散布日は表1に示した。B9ほ場(以下Bほ場)は、2007年～2015年に牛ふん堆肥20 Mg ha<sup>-1</sup>を0～8年連用し、可給態窒素が41～105 mg kg<sup>-1</sup>と

地力差をつけたほ場16区を用いた。コムギ作付前(2015年)に採取した土壌の化学性を表2に示した。

現地ほ場は農家慣行で栽培した。場内A、Bほ場は2015年～2019年にイネ(不耕起V溝直播栽培)-コムギ-ダイズの2年3作輪作体系で栽培した。Aほ場は2015年、2017年、2019年、Bほ場は2016年、2018年にダイズを作付けした。

### 2 栽培概要

ダイズの栽培品種は「フクユタカ」、条間75 cmで、Aほ場は2015年6月24日、2017年7月7日、2019年6月14日、Bほ場は2016年7月7日、2018年6月14日に播種した。イネの栽培品種は「コシヒカリ」、コムギの栽培品種は「きぬあかり」を用いた。

ダイズ作では化学肥料は施用しなかった。イネ作では不耕起V溝直播栽培専用肥料を用い、Aほ場は2016年90 kgN ha<sup>-1</sup>、2018年40 kgN ha<sup>-1</sup>、Bほ場は2017年、2019年どちらも60 kgN ha<sup>-1</sup>施肥した。コムギ作では基肥にBB234、追肥に硫酸を用い、Aほ場は2017年、2019年どちらも140 kgN ha<sup>-1</sup>、Bほ場は2016年、2018年どちらも160 kgN ha<sup>-1</sup>施肥した。

### 3 調査項目

#### (1) ダイズ作での牛ふん堆肥施用方法及び地力改善目標値の策定

ダイズの生育・収量調査、倒伏程度、窒素吸収量、ダイズ作付前土壌の化学性、ダイズ作付後土壌の物理性(仮比重)を測定した。倒伏程度は0：倒伏無し～5：完全倒伏を0.5きざみで11段階で評価した。

#### (2) 土壌の分析方法

可給態窒素は風乾土壌10 gを120 mL容ガラス瓶に量り取り、蒸留水3 mLを添加しアルミホイルで覆いをした後、定温器内で4週間、静置培養した。培養後、ガラス瓶に10%塩化カリウム溶液50 mLを加え30分水平振とう後ろ過した。ろ液は連続流れ分析装置(AA2型、ビーエルテック株式会社、大阪)を用いて、アンモニア態窒素をインドフェノール青吸光度法、硝酸態窒素を銅・カドミウム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光度法で測定した<sup>6)</sup>。

全炭素含量は炭素窒素分析装置(スミグラフNC22-F、株式会社住化分析センター、大阪)を用い乾式燃焼法で、可給態リン酸はトルオーグ法<sup>6)</sup>で測定した。可給態ケイ酸は風乾

表1 施用した牛ふん堆肥の化学性

散布日	水分	pH	EC	C/N	C	N	P	K	Ca	Mg	SiO <sub>2</sub>
	g kg <sup>-1</sup>	1:10	1:10		g kg <sup>-1</sup>						
2016年1月22日	339	10.1	9.4	13.6	350	26	17	44	30	11	132
2018年2月27日	335	9.7	7.0	14.7	360	25	18	52	26	13	134
2020年2月4日	380	9.7	6.7	13.9	367	26	16	53	27	13	113

注) 水分、pH、ECは現物当たり、それ以外は乾物当たり  
牛ふん堆肥の使用副資材:牛ふん、もみがら、おがくず

土1gにpH7.0リン酸緩衝液を加え、80°C30分で抽出後ろ過した液の一定量を取り、モリブデン青により測定した<sup>7-9)</sup>。

仮比重は、100 cm<sup>3</sup>採土円筒を用いて、作土層の土壌を採取し、乾燥後重量を測定し、単位容積当たりの乾土重量により算出した。

表2 試験ほ場(Bほ場)の土壌の化学性

牛ふん堆肥施用年	T-C	T-N	可給態窒素
	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
堆肥施用なし	11.4	1.1	46
2010~2013年	16.7	1.7	68
2009~2012年	22.9	2.2	86
2008~2015年	30.2	2.9	105
2007~2012年	23.2	2.3	86
堆肥施用なし	13.8	1.3	50
2010年	17.0	1.6	67
2009~2010年	13.3	1.3	53
2008~2011年、2015年	23.2	2.2	78
2007~2011年	18.6	1.8	76
堆肥施用なし	11.9	1.1	41
堆肥施用なし	11.3	1.1	45
2012~2014年	22.2	1.9	71
堆肥施用なし	14.3	1.3	57
2010~2013年、2015年	25.6	2.5	76
2010~2011年	16.2	1.6	53

土壌採取日:2015年10月8日

### (3) 2年3作輪作体系でのイネ、コムギの収量

Aほ場のダイズ、イネ、コムギの収量は、0 Mg区を100とした収量対比で比較した。Bほ場は、ダイズ、イネ、コムギそれぞれ作付け前土壌の可給態窒素80 mgN kg<sup>-1</sup>以上、60~80 mgN kg<sup>-1</sup>、60 mgN kg<sup>-1</sup>未満に分けて比較した。

## 結果及び考察

### 1 ダイズ作での牛ふん堆肥施用方法及び地力改善目標値の策定

2年3作輪作体系での有機物施用方法について検討した。Aほ場のダイズ作付前土壌の化学性を表3に示した。2017年(牛ふん堆肥1回施用)、2019年(牛ふん堆肥2回施用)のどちらも、0 Mg区と比較して20 Mg、40 Mg区のT-C、T-N、CEC、可給態リン酸、可給態窒素は高く、牛ふん堆肥の施用による土壌への化学成分供給が示唆された。

ダイズ子実重、茎莢重、大粒比率は0 Mg区と比較して40 Mg区が多かったが、有意差はなかった(表4)。2017年作の成熟期の主茎長は40 Mg区が長く、成熟期の窒素吸収量は多かった(表5)。主茎長が長く、窒素吸収量も増加していることから、牛ふん堆肥の施用によりダイズの生育量が増加すると考えられる。また、ダイズ作付前土壌の可給態窒素量を確認すると(表3)、0 Mg区と比較して20 Mg区、40 Mg区の方が高く、60 mg kg<sup>-1</sup>以上となり、土壌からの窒素供給量の増加がダイズの生育量の増加に影響したと考えられる。

次に、地力差をつけたBほ場での可給態窒素とダイズ成熟期の茎莢重の関係を検討したところ、土壌の可給態窒素が高くなると、成熟期の茎莢重は増加した(図1)。特に2018年は可給態窒素60 mg kg<sup>-1</sup>以上になると茎莢重の増加傾向が大きくなった。また、可給態窒素の違いによるダイズの子実重をみると、可給態窒素60~80 mg kg<sup>-1</sup>の試験区は、可給態窒素60 mg kg<sup>-1</sup>未満の試験区と同程度~やや多い収量であった(図2)。金子ら<sup>10)</sup>は、ダイズ連作10年以上で可給態窒素が40 mgN kg<sup>-1</sup>未満に減耗したほ場における土づくりは牛

表3 ダイズ作付前土壌の化学性

試験年	試験区	pH (1:2.5)	T-C	T-N	CEC	交換性			可給態リン酸	可給態窒素
						CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
			g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>				
2017 <sup>1)</sup>	40 Mg区	5.9	17.1	1.7	21.2	193	59	44	211.3	62.8
	20 Mg区	5.4	14.2	1.5	19.5	184	54	29	120.7	61.0
	0 Mg区	4.9	12.7	1.3	18.7	160	45	14	66.1	47.2
2019 <sup>2)</sup>	40 Mg区	6.7	22.7	2.1	17.0	276	82	70	599.0	68.6
	20 Mg区	6.4	16.9	1.6	16.0	250	73	47	244.7	68.1
	0 Mg区	5.3	12.2	1.2	14.8	202	57	16	82.7	38.4

1)土壌採取日:2017年6月16日

2)土壌採取日:2019年6月11日

表4 ダイズの収量調査結果

試験年	試験区	子実重 g m <sup>-2</sup>	茎莢重 g m <sup>-2</sup>	百粒重 g	大粒比率 %	主莖節数 節	分枝数 本 m <sup>-2</sup>	総莢数 莢 m <sup>-2</sup>	倒伏程度 <sup>1)</sup>	主莖長		
										開花期 cm	成熟 <sup>2)</sup> cm	
2017	40 Mg 区	262	260	34.3	53.3	15.3	53.9	700	2.3	45.6	57.4	a
	20 Mg 区	275	228	33.5	52.0	15.0	49.7	713	1.8	45.3	53.7	b
	0 Mg 区	256	224	31.9	50.2	15.5	52.5	676	1.5	39.8	52.6	b
2019	40 Mg 区	347	400	33.2	60.3	16.5	50.8	721	1.0	46.0	63.5	a
	20 Mg 区	313	378	29.8	48.7	16.5	47.9	675	2.0	47.8	63.4	a
	0 Mg 区	321	334	30.2	54.0	16.8	60.2	752	2.3	45.4	61.3	a

1) 倒伏程度は0(無)～5(甚)で評価

2) Tukey-Kramer 法により異符号間で有意差あり( $p<0.05$ )

表5 ダイズの窒素吸収量

試験年	試験区	窒素吸収量				
		子実 gN m <sup>-2</sup>	茎莢 gN m <sup>-2</sup>	合計 gN m <sup>-2</sup>		
2017	40Mg 区	15.0	a	2.0	a	16.9
	20Mg 区	15.2	a	1.3	b	16.5
	0Mg 区	14.1	a	1.4	b	15.6
2019	40Mg 区	19.0	a	2.8	a	21.8
	20Mg 区	16.4	a	2.6	ab	19.0
	0Mg 区	17.0	a	2.2	b	19.2

注) Tukey-Kramer 法により異符号間で有意差あり( $p<0.05$ )

ふん堆肥30 Mgha<sup>-1</sup>に加えて石灰窒素40 g m<sup>-2</sup>を同時に施用することによって播種前の可給態窒素を60 mgN kg<sup>-1</sup>、収量は250 g m<sup>-2</sup>程度を確保できている。今回の試験においても60 mgN kg<sup>-1</sup>未満の試験区と比較して、60～80 mgN kg<sup>-1</sup>の試験区のダイズの茎莢重の増加や子実重の増加がみられることから、土壌の可給態窒素は60 mgN kg<sup>-1</sup>以上が必要と考えられる。一方、生育が増加しすぎると、倒伏による収量低下が考えられる。倒伏程度と子実重の関係をみると、2016年では倒伏程度3.5以上では子実重が大きく減少した(図3)。倒伏程度は主莖長と関係があり、主莖長が長くなると倒伏程度は大きくなった(図4)。また、可給態窒素が高くなると、主莖長は長くなり、倒伏程度も大きくなる傾向であった(図5、6)。可給態窒素と倒伏程度の間をみると、可給態窒素が80 mgN kg<sup>-1</sup>以上では、倒伏程度が3.5を超える傾向があり(図6)、収量低下を防ぐためには、可給態窒素の上限値は80 mgN kg<sup>-1</sup>と考えられる。

ダイズの子実重をみると、生育が旺盛だった2016年では可給態窒素80 mg kg<sup>-1</sup>以上の試験区は、他の試験区と比較して子実重が低下し(図2)、倒伏が低収要因と考えられた。可給態窒素60～80 mg kg<sup>-1</sup>の試験区の収量はどちらの年も

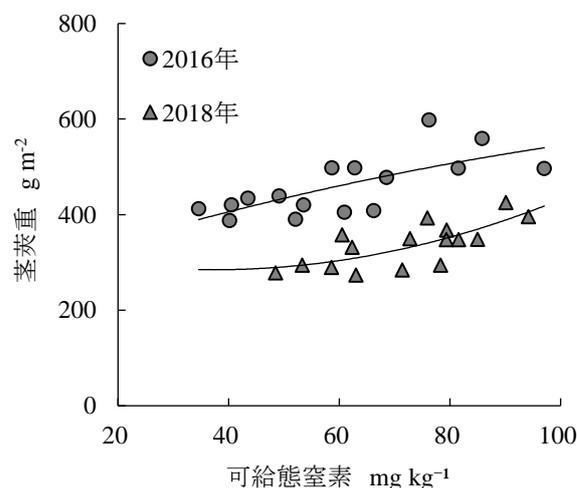


図1 可給態窒素と茎莢重の関係

安定的に収量が得られたため、土壌の有機物施用による改善目標値としては、可給態窒素60～80 mg kg<sup>-1</sup>が適当と考えられる。

現地ほ場の可給態窒素と子実重の関係をみると、バラつきが大きく明確な関係はみられなかった(図7)。しかし、2019年作の現地ほ場において、近接したほ場(同一播種日)間の試験結果をみると、可給態窒素が高い方が子実重は増加したことから、可給態窒素量が子実重に影響することが示唆された。場内試験と現地試験の結果から、可給態窒素量を60～80 mg kg<sup>-1</sup>に土壌改善することでダイズ増収効果があると考えられる。

前述したとおり、倒伏程度の増加は、子実重の低下要因となると考えられる。現地ほ場の可給態窒素と主莖長の関係をみると、バラつきが大きく明確な関係はみられなかった(図8)が、2019年作の現地ほ場において、近接したほ場(同一播種日)の試験結果をみると、可給態窒素が高い方が主莖長は長くなり、現地ほ場においても同様の結果となることが示唆された。従前、愛知県が行った調査結果<sup>11)</sup>では、愛知県内の土壌条件について、沖積地域では洪積地域に比較し倒伏し

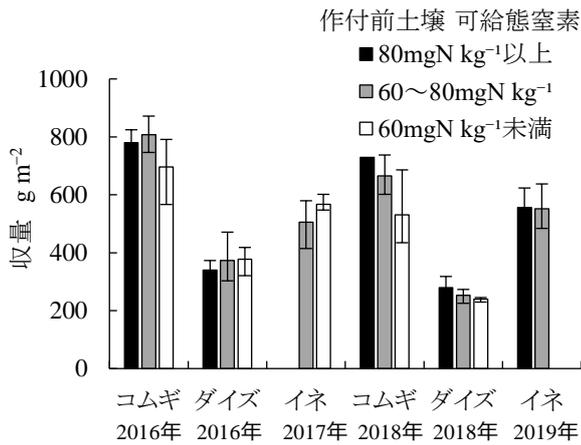


図2 地力差のあるほ場(Bほ場)での収量調査結果

注) 化学肥料施用量はコムギ160kgN ha<sup>-1</sup>、イネ60kgN ha<sup>-1</sup>

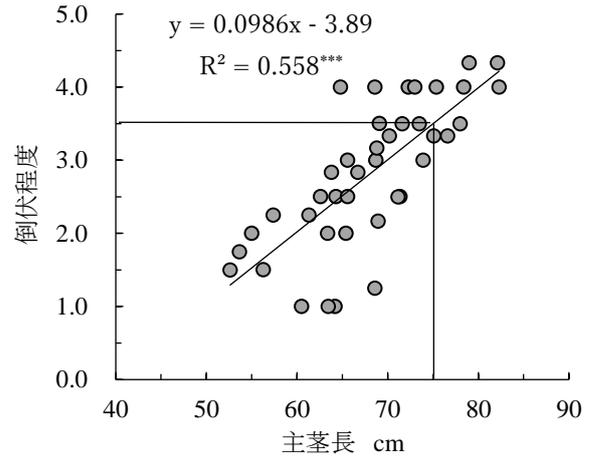


図4 成熟期の主茎長と倒伏程度の関係

注) A、Bほ場の結果、倒伏程度は0(無)~5(甚)で評価

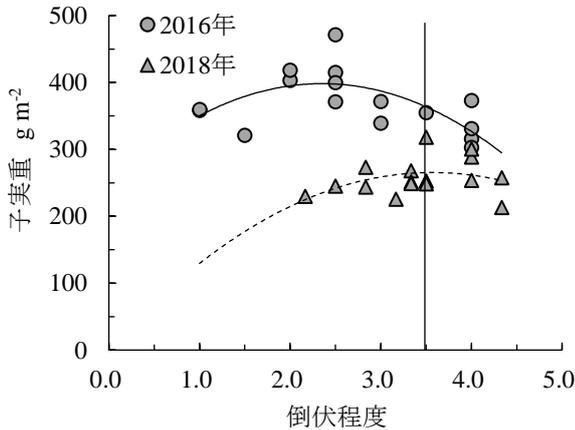


図3 倒伏程度と子実重の関係(Bほ場)

注) Bほ場の結果、倒伏程度は0(無)~5(甚)で評価

やすく、倒伏が西三河沖積の大きな低収要因としている。沖積土壌では倒伏の発生を招くことから、今回の試験結果である可給態窒素60~80 mg kg<sup>-1</sup>の目標値適用は洪積土壌のみとすべきと考えられる。

## 2 牛ふん堆肥施用による土壌の化学性・物理性改善効果

牛ふん堆肥の施用は窒素以外の成分も多く含まれているため、窒素以外の成分の改善効果についても検討した。可給態リン酸は牛ふん堆肥をダイズ作後1回20 Mg ha<sup>-1</sup>、40 Mg ha<sup>-1</sup>施用することにより、愛知県の土壌診断基準値<sup>12)</sup>の下限値である100 mg-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>以上となった(表3、図9)。牛ふん堆肥をダイズ作後2回20 Mg ha<sup>-1</sup>施用した場合は、土壌診断基準<sup>12)</sup>の上限値である400 mg-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>を超えなかったが、40 Mg ha<sup>-1</sup>を2回施用した場合上限値を超えた(表3、図9)。愛知県で生産される牛ふん堆肥に含まれるリン含量は4.2~28.5 g kg<sup>-1</sup>(平均10.1 g kg<sup>-1</sup>)<sup>13)</sup>と差がある。今回試験に用いた牛ふん堆肥は、平均よりも高いリンが含まれており、20 Mg ha<sup>-1</sup>、1回の施用で平均0.5 Mg-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>のリン酸が供給された。この量は、愛知県の農作物の施肥基準<sup>12)</sup>のイネ、コムギ、ダイ

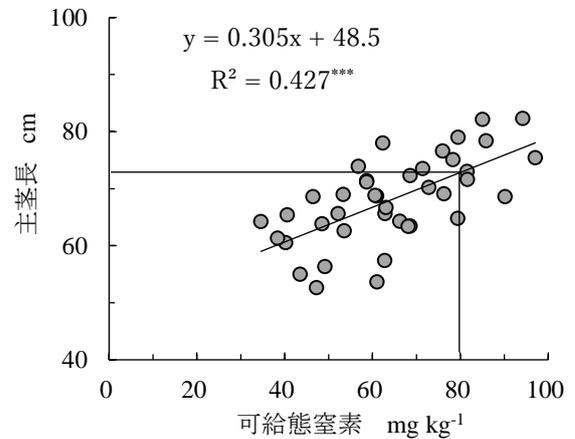


図5 可給態窒素と成熟期の主茎長の関係

注) A、Bほ場の結果

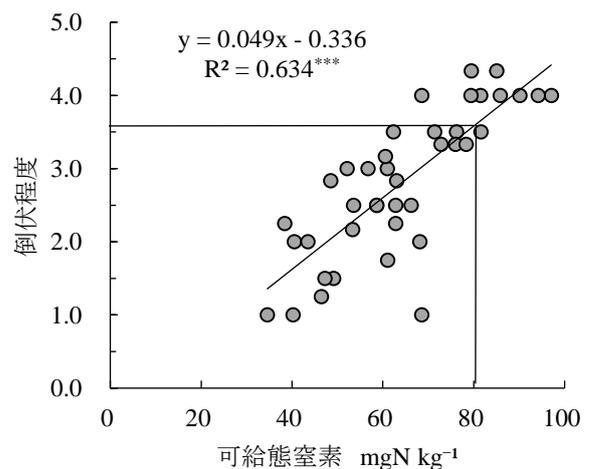


図6 可給態窒素と倒伏程度の関係

注) A、Bほ場の結果、倒伏程度は0(無)~5(甚)で評価

ズのリン酸施肥量を合わせた値よりも多い。牛ふん堆肥に含まれるリン含量によっては長期連用により、リン酸が過剰に蓄積することが危惧される。その場合、化学肥料の施用量を減らす等、土壌へ過剰にリン酸が蓄積しないよう留意する必要

がある。

可給態ケイ酸は牛ふん堆肥をダイズ作後2回20 Mg ha<sup>-1</sup>施用しても愛知県の土壤診断基準<sup>12)</sup>の下限値である100 mg-SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>を超えなかったが、40 Mg ha<sup>-1</sup>を2回施用した場合100 mg-SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>以上となった(図10)。水田土壤での不足が懸念される可給態ケイ酸については、今回の試験で用いた牛ふん堆肥20 Mg ha<sup>-1</sup>、1回の施用でケイ酸は平均1.6 Mg-SiO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>供給された。ほ場外に持ち出されるケイ酸量としては、もみ吸収量が考えられる。もみのケイ酸吸収量は0.2 Mg-SiO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>程度<sup>14)</sup>と考えられる。今回の試験で用いた牛ふん堆肥からのケイ酸供給量をもみ収奪分以上であったことから、土壤残存量が多く、可給態ケイ酸が増加したと考えられる。愛知県で生産される牛ふん堆肥に含まれるケイ酸含量は17.8~518.1 g-SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>(平均130.0 g-SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>)と差があり<sup>13)</sup>、すべての牛ふん堆肥で効果があるとは言えないが、もみ収奪分以上にケイ酸が含まれている牛ふん堆肥は可給態ケイ酸の改善効果があると考えられる。

有機物の施用は化学性の改善効果だけではなく、物理性の改善効果としても利用できる。有機物含量の指標となる全炭

素含量と仮比重の関係を図 11 に示した。ダイズ作付後の土壤全炭素含量が高くなると、仮比重は低くなった。そのため強粘質で固く締まりやすい土壤の物理性の改善効果としても有機物の施用は有効であると考えられる。

### 3 2年3作輪作体系でのイネ、コムギの収量

牛ふん堆肥の施用がない区を100としたAほ場の収量対比はダイズ98~108、イネ96~113、コムギ99~172であった(図12)。

Bほ場のダイズの収量は、2016年は作付け前土壤の可給態窒素80 m Ng kg<sup>-1</sup>以上の試験区で少なく、2018年は80 m Ng kg<sup>-1</sup>以上の試験区で多かった。イネの収量は2017年は、作付け前土壤の可給態窒素60 mg N kg<sup>-1</sup>未満の試験区で多く、2019年は80 mg N kg<sup>-1</sup>以上と60~80 mg N kg<sup>-1</sup>の試験区は同程度であった。コムギの収量は2016年、2018年どちらも60 mg N kg<sup>-1</sup>未満の試験区が少なかった(図2)。2年3作体系でのコムギは可給態窒素の高いほ場で収量が多くなる傾向にあると考えられる。イネについてはAほ場の2016年の結果ではすべての試験区で倒伏程度5.0となり、牛ふん堆肥の施

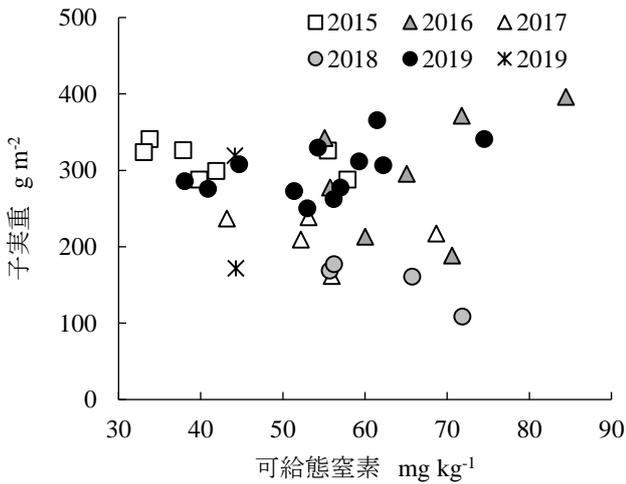


図7 可給態窒素と子実重の関係(現地ほ場)

注) 倒伏程度3.5以上を除く  
凡例●は同一播種日の近接したほ場

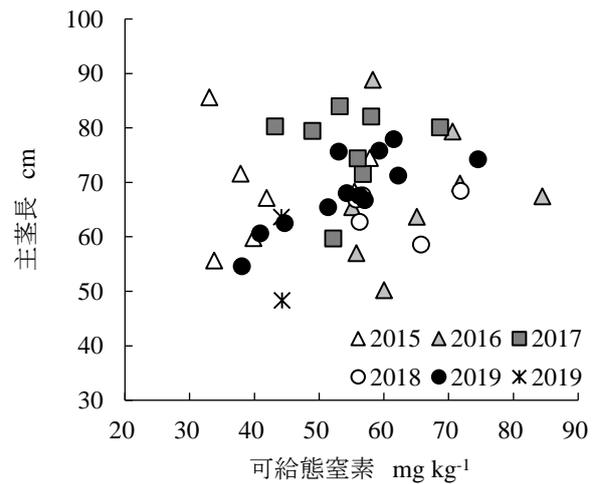


図8 可給態窒素と主茎長の関係

注) 凡例●は同一播種日の近接したほ場

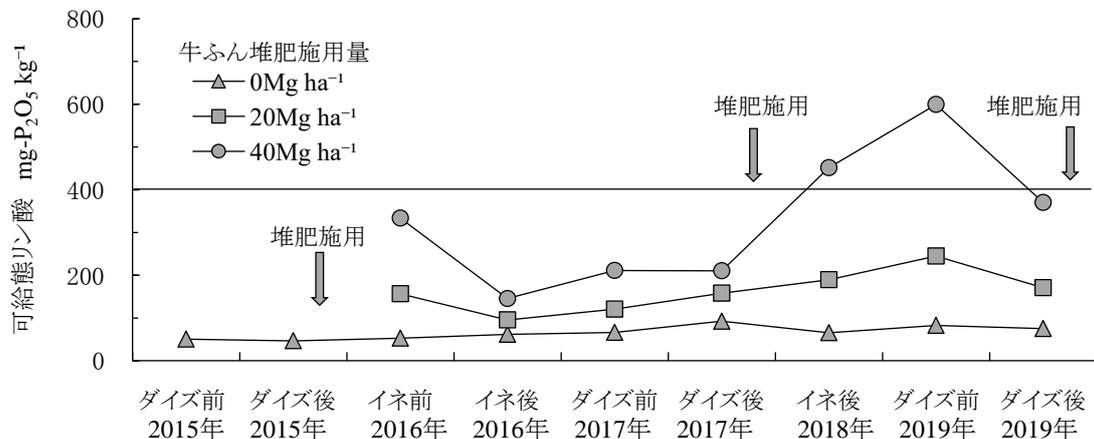


図9 牛ふん堆肥施用による可給態リン酸含量の推移(Aほ場)

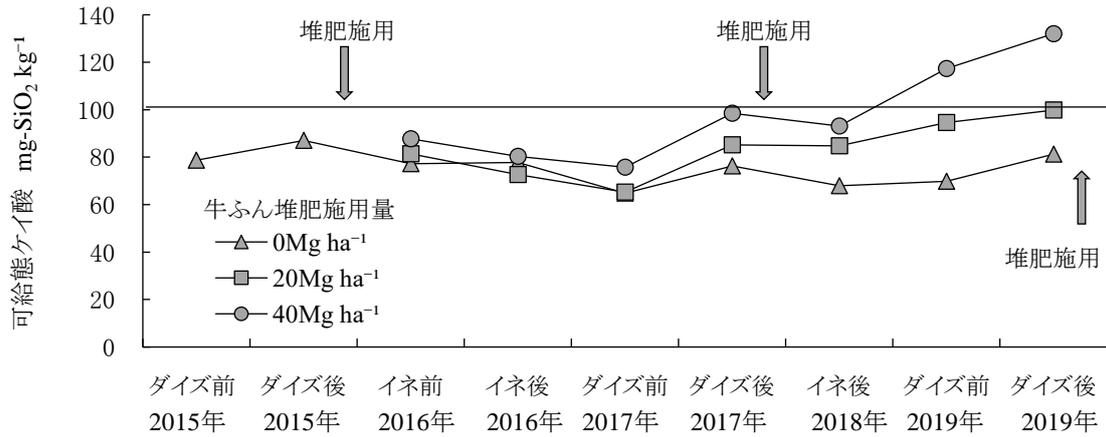


図10 牛ふん堆肥施用による可給態ケイ酸含量の推移(Aほ場)

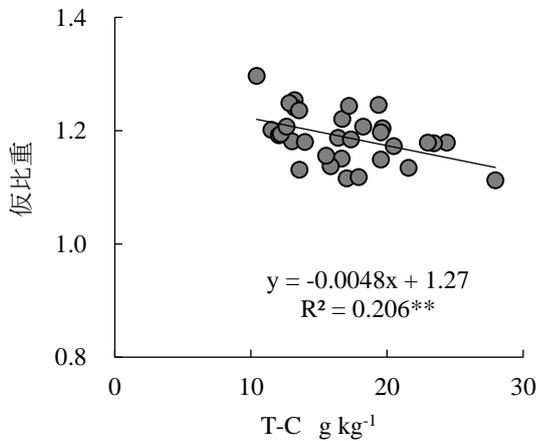


図11 ダイズ作付後の全炭素含量と仮比重の関係(Bほ場)

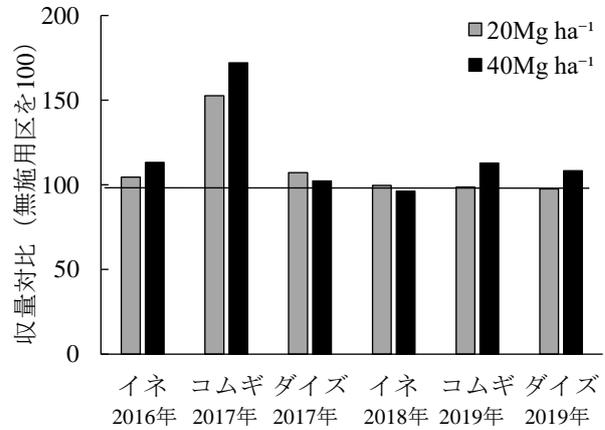


図12 牛ふん堆肥連用ほ場(Aほ場)の収量調査結果

注) 化学肥料施用量  
 水稻2016年90 kg N ha<sup>-1</sup>、2018年40 kg N ha<sup>-1</sup>  
 小麦140 kg N ha<sup>-1</sup>、ダイズは化学肥料の施用は無

用の有無にかかわらず生育が過繁茂であった。氏平ら<sup>15)</sup>は大豆跡作水稻は連作水稻に比べて初期生育が旺盛であり、基肥無窒素でも必要茎数の確保が容易としている。また、岡山<sup>16)</sup>は大豆跡水稻の窒素吸収量は、水稻連作田に比べて、最高分げつ期まで約1 g N m<sup>-2</sup>、その後収穫期までに2.5 g N m<sup>-2</sup>多く吸収していたとしている。本試験においても、Aほ場の培養窒素(湿土30°C4週間湛水静置培養)は2019年ダイズ作後では牛ふん堆肥の施用の有無にかかわらず60 mg N kg<sup>-1</sup>以上と高い値となり(表6)、標準量の施肥ではイネの生育が過剰になると考えられる。そのため、牛ふん堆肥の施用の有無にかかわらず、化学肥料の施用量を減らす必要があると考えられる。愛知県の施肥基準<sup>12)</sup>では、コシヒカリ(平坦部不耕起乾田直播 全量基肥)の場合、県内の標準的な地力の場合の施肥量として70 kg N ha<sup>-1</sup>としている。今回、Aほ場の2018年のイネ作は化学肥料の施用量40 kg N ha<sup>-1</sup>で、精玄米重577~599 g m<sup>-2</sup>であり、施肥量を3~4割減らしても十分な収量が得られると考えられる。

以上の結果から、本県洪積土壌における2年3作体系のダイズ作での地力改善目標値として、土壌可給態窒素が60~80 mg N kg<sup>-1</sup>が適当と考えられる。また、ダイズ作後に牛ふん堆肥20~40 Mg ha<sup>-1</sup>(現物当たり)を施用することにより土壌の可給態窒素が60 N kg<sup>-1</sup>以上となったことから、本施用法によ

表6 土壌採取時期による培養窒素の違い(Aほ場)

	培養窒素(湿土 30°C4 週間湛水静置)	
	2019年ダイズ作後	2020年イネ作後
	mg N kg <sup>-1</sup>	mg N kg <sup>-1</sup>
40 Mg ha <sup>-1</sup> 区	65	31
20 Mg ha <sup>-1</sup> 区	61	33
0 Mg ha <sup>-1</sup> 区	65	25

り土壌の可給態窒素の改善ができると考えられる。しかし、今回の試験は、牛ふん堆肥を2回施用した結果であり、長期連用により可給態窒素が80 mg N kg<sup>-1</sup>を超える可能性がある。このため、今後は長期連用について検討していく必要がある。

また、家畜ふん堆肥施用による、リン酸やケイ酸等の改善効果も確認された。一方、堆肥は成品により含まれる化学成分がバラつきがあるため、効果を判断するには、含まれる成分を把握することが必要と考えられる。また、ダイズの生育改

善をするためには、土壌の化学性だけでなく、物理性改善効果も必要であり、さらに効果の検討を進める必要がある。

2年3作輪作体系ではダイズの生育だけでなく、イネ、コムギの生育についても考慮する必要がある。今回の試験ではコムギについては有機物の施用により収量が向上する傾向があった。しかし、イネでは倒伏しないように、窒素肥料を半量程度に減らすことが必要と考えられる。

## 引用文献

1. 稲原誠. 富山県の農業と土壌肥料. 日本土壌肥料学雑誌. 77(2), 241-242(2006)
2. 服部誠, 南雲芳文, 佐藤徹, 藤田与, 樋口泰浩, 大山卓爾, 高橋能彦. 新潟県における水田転換畑ダイズの収量低下要因. 日本作物学会紀事. 82, 11-17(2013)
3. 農林水産省. 大豆関連データ集. 単収の推移. [https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_data/attach/pdf/index-46.pdf](https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/attach/pdf/index-46.pdf)(2021.5.10参照)
4. 住田弘一, 加藤直人, 西田瑞彦. 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壌肥沃度の変化. 東北農業研究センター研究報告. 103, 39-52(2005)
5. 新良力也. 全国の水田地力の現状および対策. 農業および園芸. 91(10), 987-991(2016)
6. 土壌環境分析法編集委員会. 土壌環境分析法. 博友社. 東京. p.1-427(1997)
7. 茂角正延, 橋田安正, 久保省三, 水落勁美. リン酸緩衝液抽出法による水田土壌の可給態ケイ酸評価法. 日本土壌肥料学雑誌. 73(4), 383-390(2002)
8. 久保省三. 水田土壌の新しいケイ酸評価法「中性PB法」の提案. 季刊肥料. (95), 58-62(2003)
9. 柳井政史, 吉田吉明, 清水義昭. 酢酸緩衝液抽出法による土壌の可給態ケイ酸のアスコルビン酸粉末を用いた比色定量法. 日本土壌肥料学雑誌. 67(3), 273-278(1996)
10. 金子文宜, 早見隆志, 橋田安正. ダイズ連作転換畑の可給態窒素増強対策と窒素施肥法. 日本土壌肥料学雑誌. 90(3), 207-211(2019)
11. 愛知県農業総合試験場. 農業の新技術. (77), 7-8(2004)
12. 愛知県農業水産局農業経営課. 農作物の施肥基準. 愛知県. V-3 (2021) <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/nogyo-keiei/sehikijun.html>(2021.5.10参照)
13. 日置雅之, 久野智香子, 北村秀教, 加藤保. 愛知県で生産される家畜ふん堆肥の化学組成. 愛知県農業総合試験場研究報告. (33), 237-244(2001)
14. 久野智香子, 大橋祥範, 糟谷真宏. 愛知県内水田土壌の可給態ケイ酸含量及び水稻のケイ酸濃度の実態. 愛知県農業総合試験場研究報告. (50), 51-54(2018)
15. 氏平洋二, 中野尚夫, 水島嗣雄. 大豆跡作水稻の生育の特徴と窒素施肥法. 日本作物学会中国支部研究集録. (29), 5-7(1988)
16. 岡山清司. 大豆跡水稻の施肥管理技術. 日本土壌肥料学会講演要旨集. (50), 124(2004)