

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2013

課題番号：21580017

研究課題名(和文) 水田における15年間連用施肥の残効消失過程に関する研究

研究課題名(英文) Vanishing Process of 15-year fertilization on the Paddy Field

研究代表者

片野 学 (Katano, Manabu)

東海大学・農学部・教授

研究者番号：80125468

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：転換火山灰土水田で、1993年度から施肥条件を無施肥2区(稲切株・イワ)と施肥7区(化学肥料・土着菌カ、EMカ、化学肥料実肥区・牛糞堆肥・牛糞堆肥+化学肥料等)の9種類に変更した施肥試験区を、16年目の2009年度以降5年間全試験区を無施肥でミネアサヒを20年間無農薬栽培した。

その結果、施肥期間中には移植後の葉身SPAD値と1株茎数の推移、収量と収量構成要素、精玄米中の蛋白質含量と品質評価値には無施肥2区と施肥7区間には顕著な差異がみられたが、無施肥にするとこれらの区間差は1年目以降で消失し続け、15年間の連用施肥残効は1年目で消失することが分かった。

研究成果の概要(英文)：Rice cv. Mineasashi was cultivated with no pesticides in the following nine different fertilization regimes as no fertilizer in two plots and in 7 plots fertilized by chemical fertilizers, and organic fertilizer during 15 years from 1993 to 2008 in the paddy field converted from volcanic ash soil upland field. In 2009, fertilization regimes in these nine plots changed under no fertilizer up to 2013.

The effects of applying fertilizers on rice growth, rice yield, and protein content of brown rice were observed and analyzed. Plots with fertilizers had so more tiller emergence that more rice yield and more protein content than plots with no fertilizer. However, mean rice yield with no fertilizer from 2009 to 2013 in 9 plot was almost the same. Judging from these results, the effect of continuous application of fertilizers during 15 years, regardless of chemical or organic, completely vanished in the first year when no application of fertilizer was started.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：生産環境農学・作物生産科学

キーワード：施肥残効 水稻 無施肥 収量 食味 有機農業 無農薬

1. 研究開始当初の背景

食の安心安全、農業の持続的発展と持続性、環境保全などの観点から国内外で有機農業が注目され、普及拡大している。欧米に遅れること10年、日本でも2001年(平成13年)4月1日から有機JAS法が実施され、「有機」表示は農林水産大臣が認可した法人格を持つ認証組織が認定した有機農産物、農産加工品にしか使用できないことになった。申請者は認証機関であるNPO法人・熊本県有機農業研究会の有機判定委員会の委員長として当初からこの制度の運営に深く関与してきた。

また、「有機農業の推進に関する法律」が衆参両院で全会一致、可決承認され、2006年(平成18年)12月16日、公布・施行された。こうして、有機農業関係者の積年の願いであった「有機農業の重要性を国が認知する時代」が到来した。2007年度(平成19年度)には、農林水産省は「有機農業推進計画」を立案し、有機農業総合支援対策として、平成20年度には4億5700万円の予算が計上され、全国における有機農業の振興の核となるモデルタウンの育成事業に着手した。都道府県でも平成23年度までに有機農業推進計画の策定が義務付けられているが、平成20年8月段階で策定を終了したのはわずかに11道県である。

化学合成肥料、化学合成農薬および遺伝子組み換え作物の使用を禁止(禁止資材)している有機農業を、長年にわたって国が認知しなかったことから、公的研究機関における調査研究活動の蓄積がほとんどないことを農林水産省は指摘している。この状況は農学関連学会においても同様であり、日本作物学会関係では、申請者が1985年、日本作物学会東北支部会報に公表した自然農法稲作に関する2論文が嚆矢であり、有機農業に関する調査研究の推進が強く求められている。

2. 研究の目的

「有機農産物の日本農林規格」(平成12年

1月20日制定、農林水産省告示第59号、通称、有機JAS法、平成13年4月1日実施、平成18年10月27日、一部改正、告示第1463号)第4条に、有機農産物の生産方法についての基準が明記されている。すなわち、有機農産物とは「多年生の植物から収穫される農産物にあってはその最初の収穫前3年以上、それ以外の農産物にあってはは種又は植付け前2年以上の間」、上記禁止3資材を使用せずに農産物の生産を行っている圃場で生産されたものである。また、禁止資材の使用を中止し、有機農業による栽培を開始して以後、2ないし3年の条件を満たさない圃場で生産された農産物は「転換期間中有機農産物」とされる。

日本における有機JAS法自体は、国際基準である国連FAOとWTOの共同委員会であるコーデックス・アリメンタリウスおよび世界有機農業運動連盟の基準に準拠して策定されたものである。しかしながら、禁止資材の残効が消失する「転換期間」の根拠である、化学肥料および農薬の残留に関する学術的証明はほとんどなされておらず、経験則から導かれたものである。

そこで、本研究では、1993年度に、慣行化学農法条件下で畑作物を栽培してきた東海大学農学部5番圃場(50a)を、4筆の水田に造成・転換した水田の内の1筆に、1994年度から、無農薬条件とし、施肥条件を下記の通り9段階に変更した試験区を作り、水稻を同一施肥条件下で15年間単作してきた水田を対象とし、16年目を迎える2009年度から平成2013年度まで5年間、9試験区すべてを無施肥で水稻を栽培した場合、水稻の生育、収量、玄米品質がどのように変化するかを明らかにすることを通して、「転換期間」に関する学術的根拠の一部を明らかにしようとする。

3. 研究の方法

供試水田は東海大学農学部 5 番圃場内の学内水田 No.4(8a)であり、1994 年度から 2008 年度までの 15 年間はイナワラ、化学肥料、有機質肥料の施肥条件を異にした 9 試験区とし、同一施肥条件下で施肥を行った。各年度、3~4 月期に水田全体をトラクターで 2 日ロータリ耕起後、波板で各試験区と灌漑水路を仕切り、施肥資材の流入移動を防止するようにした。その後、施肥資材を散布し、トラクターないし農具で土壌を耕起し肥料と土壌の混和に努め、移植前に湛水状態にしてトラクターないし歩行型 3 条動力除草機で入念に代掻きを行った。

敷設した波板は収穫後には撤去し、その後は無作付とし、耕起も行わなかったが、秋冬春期間中にスズメノテッポウを主力とした雑草生育は中庸であった。試験区作りは毎年同様に繰り返し行った。

以上のように 15 年間継続してきた施肥条件を変更した 9 試験区の施肥法と面積は下記の通りであった。

- * 1 区・稲株区：収穫直後にイナワラも搬出し、無施肥とした区 (79.6 m²)
- * 2 区・稲株+化学肥料区：収穫直後にイナワラ搬出、化学肥料施用 (基肥・中間追肥・穂肥の m²当たり成分) を窒素は硫安 (3+2+3g)、リン酸は過リン酸石灰 (10+0+0g) およびカリは塩化カリ (6+0+3) を施用した区 (79.6 m²)
- * 3 区・イナワラ区：イナワラを全量還元し、無施肥とした区 (75.0 m²)
- * 4 区・イナワラ+化学肥料区：イナワラ全量還元、2 区と同様に化学肥料を施肥した区 (75.0 m²)
- * 5 区・イナワラ+土着菌ボカシ区：イナワラ全量還元、米糠・ナタネ油粕・魚粉に竹藪表層部から採集した土着菌を添加し、アルコール臭が感知できるまで発酵させた有機質肥料 (促成堆肥、通称、ボカシ

と呼ばれる) を、全量基肥として 8gN/m² 相当量を施用した区、ボカシ製造は東海大学モニター農家、菊池市在住の茶専業農家・川口博明氏であった (72.9 m²)

- * 6 区・イナワラ+EMボカシ区：イナワラ全量還元、米糠・ナタネ油粕・魚粉に有用微生物群 (EM) を糖蜜で希釈した液を添加し、アルコール臭が感知できるまで発酵させた有機質肥料 (促成堆肥、通称、ボカシと呼ばれる) を、全量基肥として 8gN/m²相当量を施用した区、ボカシ製造は東海大学モニター農家、菊池市在住の茶専業農家・川口博明氏であった (72.9 m²)
- * 7 区・イナワラ+化学肥料実肥区：試験開始 4 年目の 1997 年度から追加した区であり、前 3 年間は無施肥で栽培していた、イナワラ全量還元、2 区と同様に化学肥料を施肥し、さらに、実肥として 3gN/m² 相当量の硫安を追肥した区 (142.6 m²)
- * 8 区・イナワラ+牛糞堆肥区：イナワラ全量還元、市販牛糞堆肥を、全量基肥として 8gN/m²相当量を施用した区 (134.1 m²)
- * 9 区・イナワラ+牛糞堆肥+化学肥料区：イナワラ全量還元、市販牛糞堆肥を、全量基肥として 8gN/m² および 2 区と同様に化学肥料を施用した 16gN/m² 施肥区 (138.4 m²)

灌漑水は地下水であり、水田に併設した大水槽に貯水後、No.4 水田の 6 か所の水口から灌水したが、施設の老朽化に伴って、水口は 1 か所とした。水温は四季を問わず 20 以下で、低水温の影響を回避するために水温上昇に努める水路作りに努めたが、水口に近い 1 区、2 区、3 区、4 区の一部では低水温による生育遅延が認められた。生育調査と収量調査を行うに当たっては低水温の影響が認められた部分は回避するように努めた。

稲作開始 16 年目を迎えた 2009 年度以降、施肥を継続してきた 7 試験区すべての施肥を

中止した。

供試品種はミネアサヒ、栽植距離は30×15cm、1.5×1.5×3cmのペーパーポットで育苗した第4~5葉抽出苗を1株3本植えて、2008年度は5/23、2009年度は5/22、2010年度5/21、2011年度5/19、2012年度は5/17、2013年度は5/16に手植した。移植1週間後から収穫期までの毎週、各区中央部1条×10株の草丈・茎数・葉齢・葉緑素含有量(以下、葉色SPAD値とする)について調査を行い、また出穂の様相も毎日調査し出穂期を特定した。籾の黄化が90%以上に達した収穫期(2008年度は10/6、2009年度10/16、2010年度10/12、2011年度10/7、2012年度10/4、2013年度は10/4)に収量および収量構成要素の調査を、常法に従って各区より連続3条×10株=30株を3ヶ所、合計90株と一株平均穂数近似代表3株を調査した。食糧庁の規格である粒厚1.70mmで篩選した収量調査で得られた精玄米の食味成分である蛋白質含有量をケット食味成分分析計NIRT Grain Tester AN820で分析した。

20年間、殺虫剤、殺菌剤および除草剤の散布は行わなかった。しかし、20年間、病害はほぼ皆無であったが、虫害に関しては、育苗箱への農薬施用を行わなかったために移植直後から飛来したイネミズゾウムシ成虫による葉身の食害ならびに産卵孵化した幼虫による不定根の食害が顕著に認められた。また、年度によって異なっていたが分けつ増加期に試験区北側畦畔部から侵入したイネクロカメムシによる茎葉部食害が畦畔側で発生したが補殺によって抑えた。2005年度以降、水田北側部分をニンニクの有機栽培試験圃場として畦畔部除草を徹底した結果、その後のイネクロカメムシ害は見られなくなった。さらに、注目されたのは試験最終年の2013年度に大発生がみられ、隣接した学内水田No.1とNo.2で顕著に認められた秋ウンカ被害も本試験水田で

は皆無であった。除草は歩行型2条除草器と手取りで行ったが、年度によって、除草管理不十分でコナギを主力とする雑草防除に不十分な年度もあった。しかし、本研究を開始した2008年度以降では移植2および3週間後に行った手による土壌表層部攪拌作業の徹底とその後の手取りによって雑草生育は極めて軽微であった。

これら9試験区で栽培してきた水稻品種「ミネアサヒ」の生育を見ると、施肥の有無と化学肥料か有機質肥料の種類によって移植1週間後から葉色の推移と分けつ発生・茎数増加の様相に顕著な相違が見られ、1株穂数、1穂籾数、登熟歩合、千粒重などの収量構成要素の内、1株穂数と1穂籾数にも差異が、さらに、収量および精玄米中タンパク質含量にも極めて大きな有意差が見出されてきた。

そこで、本研究では、9試験区で施肥を中止した場合、葉色の推移、茎数増加の様相、収量と収量構成要素ならびに玄米中タンパク質含量が、5年間でどのようになるかを明らかにすることによって、化学肥料のみならずボカシや牛糞堆肥などの有機質肥料の残効が年数とともにどのような過程を経て、消失していくかを明らかにすることである。

4. 研究成果

(1) 生育の様相：施肥の有無が移植、活着後の水稻体に及ぼす影響は、まず、葉身の葉緑素含量(SPAD値)に現れる。移植2週間後から4週間後の結果を比較すると、施肥した2008年度では移植2週間後から施肥の影響が明瞭に見られ、4週間後まで続き、5週間後には区間に有意差がなくなった。一方、2009年度の場合、移植2週間後以降、区間に若干の有意差が認められたが、連用施肥7区と無施肥区(1区と3区)との間には差は見られなかった。この傾向は移植4週間後まで続いた。

SPAD 値の上昇に伴って、分けつが発生し、1 株茎数の増加に施肥効果が見られる。施肥した 2008 年度の場合、移植 2 週間後から施肥区では分けつ発生が見られ、3 週間後にはすべての施肥区で茎数が増加していたが、無施肥区(1 区と 3 区)では分けつ発生がなく、1 株茎数が増加し始めたのは移植 4 週間後からであった。しかし、無施肥 1 年目の 2009 年度の場合には施肥の有無による区間差は判然としなくなった。

以上の SPAD 値と 1 株茎数の推移で得られた結果は、2010 年度以降 2013 年度までほぼ同様であり、9 試験区間の推移は同様であった。

(2) 収量と収量構成要素および玄米中タンパク質含量：気温 20 ・水分 15。5%換算精玄米重(収量)を見ると、施肥 15 年目の最終年であった 2008 年度の場合、施肥した 7 区と施肥しなかった 2 区との間には顕著な差異が認められたが、施肥を中止した 2009 年度では施肥区と無施肥区との間に有意差は見られず、施肥残効を認めることは困難であった。収量構成要素から収量決定要因を解析した結果、両年度ともに 1 株穂数であったが、施肥 7 区と無施肥 2 区との間に、2008 年度には明瞭な有意差が見られたが、2009 年度には差異は極めてわずかに認められた。

水分 15%換算精玄米中タンパク質含量は、2008 年度の場合、無施肥に比べ施肥区では高くなる傾向が明らかだったが、2009 年度では区間に明瞭な差は見られなかった。

以上の収量と精玄米中タンパク質含量で得られた結果は、無施肥 2 年目の 2010 年度以降、5 年目の 2013 年度までほぼ同様であった。

7 区を新設した 1997 年度から 2008 年度に及ぶ 12 年間における各区の㎡当たり平均収量を列記すると、無施肥の 1 区:302g と 3 区:319g であったが、施肥した 7 区では、8 区:399g、2 区:401g、4 区と 6 区:411g、5 区:

453g、7 区:464g、9 区:465g の順であり、区間に顕著な差異が認められた。また、有機質肥料、とりわけ、発酵させた促成堆肥であるボカシ肥は化学肥料と同等の収量を達成できることが注目された。一方、2009 年度から 2013 年度の無施肥 5 年間における平均収量は、1 区:335g、2 区:337g、3 区:357g、8 区:367g、5 区:374g、9 区:375g、7 区:383g、6 区:391g、4 区:406g の順となったが区間に見られた大差は縮小し、各年度とも収量調査を行った 3 か所の平均値間には有意差を見出すことはできなかった。

以上のように、15 年間の連用施肥の残効は、施肥中止 1 年目でほとんどなくなることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5 件)

1. 片野 學・佐内利彰 2014. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 5 報 無施肥栽培 5 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響. 日作紀 83 (別号 1): 30-31. 査読無.
2. 片野 學・金子紘子 2013. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 4 報 無施肥栽培 4 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響. 日作紀 82 (別号 1): 36-37. 査読無.
3. 片野 學・林 史倫 2012. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 3 報 無施肥栽培 3 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響. 日作紀 81 (別号 1): 14-15. 査読無.
4. 片野 學・中條智継・黒瀬大輔・青柳隆史 2011. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 2 報 無施肥栽培 2 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響. 日作紀 80 (別号 1): 16-17. 査読無.

5. 片野 學・黒瀬大輔・青柳隆史 2010. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 1 報 無施肥栽培 1 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響. 日作紀 79 (別号 1): 40-41. 査読無.

〔学会発表〕(計 5 件)

1. 片野 學・佐内利彰 2014. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 5 報 無施肥栽培 5 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響。日本作物学会、千葉大学西千葉校舎、2014 年 3 月 29 日。

2. 片野 學・金子絃子 2013. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 4 報 無施肥栽培 4 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響。日本作物学会、明治大学農学部、2013 年 3 月 29 日。

3. 片野 學・林 史倫 2012. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 3 報 無施肥栽培 3 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響。日本作物学会、東京農工大学農学部、2012 年 3 月 29 日。

4. 片野 學・中條智継・黒瀬大輔・青柳隆史 2011. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 2 報 無施肥栽培 2 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響。日本作物学会、東京農業大学厚木校舎、2011 年 3 月 30 日。

5. 片野 學・黒瀬大輔・青柳隆史 2010. 水田における 15 年間連用施肥の残効消失過程に関する研究 第 1 報 無施肥栽培 1 年目水田におけるミネアサヒの生育、収量、品質に及ぼす影響。日本作物学会、宇都宮大学農学部、2010 年 3 月 30 日。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片野 學 (Katano, Manabu)

研究者番号 : 80125468