

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23380191

研究課題名(和文)チャおよびイネにおける自然共生型の植物防除生産技術の開発

研究課題名(英文)Constriction of natural plant protection system for tea and rice

研究代表者

木村 園子ドロテア(Kimiura, Sonoko Dorothea)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60397015

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,200,000円

研究成果の概要(和文)：イネとチャを対象に有機・無農薬栽培の効果はなぜ不安定なのかという問題解決のために、肥培管理、植物生理、害虫防除、農業経済の観点から解析を行った。九州および関東地方における現地調査に基づき、東京農工大学および埼玉県農林総合研究センターにおいて、圃場実験を行った。茶の生産過程の技術標準化は部分的で、生産者の熟練の影響が強いことが明らかになった。化学肥料区は有機質肥料区よりカンザウハダニ、チャトゲコナジラミ、チャノキイロアザミウマの発生数が有意に増加したが、両区の葉の窒素含有率に有意な違いは認められなかった。環境および人的要因を考慮した有機肥料の使用が環境保全型農業に必要なことが示された。

研究成果の概要(英文)：The instability of organic agricultural practices was analyzed from aspects from agronomy, plant physiology, plant protection and agro-economy for rice and tea as model crops. Based on on-farm researches in Kyushu and Kanto region, field experiments were conducted at Tokyo University of Agriculture and Technology and Saitama Prefectural Agriculture and Forestry Research Center. Tea cultivation technology was not standardized and highly depending on the producers' skill. Population of red spider mite, tea spiny whitefly and yellow tea thrips increased significantly in chemical fertilizer treatment compared, while tea nitrogen concentration did not differ among the treatments. For environmentally friendly agriculture, utilization of organic fertilizer that takes into account environmental and anthropogenic factors is necessary.

研究分野：環境農学

キーワード：チャ イネ 害虫 亜酸化窒素ガス 肥培管理 窒素施肥

1. 研究開始当初の背景

有機・無農薬栽培は生物多様性を維持し、自然生態系の循環機能を最大限に生かすことで、結果として環境への負荷が小さく、生態系の多様性を保ったうえで農業生産を行うことを目標としている(IFOAM 2009)。理想的な条件下では、天敵等の機能が增大して病害虫の被害が減少し、同時に健康な植物による免疫力向上が多量な資材の投入を不要とさせる。しかし、実際の農業の現場では多くの環境要因が、病害虫防除・肥培管理体系の効果に影響を与える。農家の肥培管理体系は、土壌および植物の栄養状態・形態を変化させる。それにより、病害虫への抵抗性、温室効果ガスの放出量、地下水への養分の溶脱、そして、最終的な収穫物の収量・品質が決定される。これらの要因は互いに複雑に関連しており、個々の現象だけでなく、複合的な現象として解析する必要がある。しかし、現在の細分化された学問分野では、このような複合的な現象を解決することが難しく、有機・無農薬栽培においてどのようなメカニズムで病害虫が抑えられているのかあまり調べられていない。すなわち、肥培管理から害虫防除まで農業生産を複合的に扱った研究例は非常に限られている。有機・無農薬栽培では、どのような生産技術を用いるか生産者の経験に頼ることが多く、その効果も年次変動、地域変動が大きく不安定である。その不安定さの要因を、社会学的および自然科学的に解明することが求められている。

2. 研究の目的

よって、本研究では、日本の主要作物であるイネとチャをモデルケースとし、有機・無農薬栽培の効果はなぜ不安定なのか、という問題解決のために、肥培管理、植物生理、害虫防除、農業経済の観点から総合的に解析を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、(1) 有機・無農薬栽培管理技術の現状把握および解析、(2) 植物防除のメカニズムの解明および影響評価に分けて行った。

(1) 現状把握および解析は、熊本県および埼玉県・狭山市周辺を中心として、経営状況ならびに管理状況等に関する聞き取り調査および、茶葉の成分と土壌の現地調査を行った。茶業協会会員 10 件、製茶加工団体 1 件、製茶農家 5 件、ならびに、生葉売り 2 件を調査した。

(2) 植物防除のメカニズムの解明および影響評価は東京農工大学 FM 府中、FM 府中本町、および、埼玉県農林総合研究センター茶業研究所内圃場(2009 年以降農薬無散布)にて行った。

実験 1: FM 府中圃場に 無施肥区、慣行肥料区(堆肥 360 N kg/ha/年、硫安 600 kgN/ha/年)、化学肥料区(硫安 960 kgN/ha/年)

半減区(慣行の半量)を設定し、土壌の化学性への影響、カンザワハダニへの影響、および土壌からの温室効果ガスの放出量の連続測定を行った。カンザワハダニは、リーフプレートにおける接種実験ならびに茶幼木への接種によって行った。

実験 2: 茶業研究所圃場に有機区(発酵鶏糞、油粕施肥)、化成区(被覆尿素、被覆硫酸カリ、過リン酸石灰施肥)、無施肥区の 3 処理区を 6 反復ずつ設置し、チャトゲコナジラミ、チャノキイロアザミウマ、チャノミドリヒメヨコバイ、カンザワハダニについて調査を行った。また、茶葉内成分については窒素含有量は NC アナライザーを用いて、アミノ酸含有量、カテキン含有量は HPLC を用いて測定した。

実験 3: 水田における害虫発生メカニズムについて、ポット苗移植と慣行苗移植がイネ水ゾウムシに及ぼす影響を検討した。東京農工大学 FM 本町水田において葉齢 3、2 のポット苗及び慣行マット苗をそれぞれワグネルポット 27 個に 1 ポットあたり 1 株を移植した。移植後 4 日目にイネミスゾウムシ成虫を 0、1、3 頭/ポットでに放飼した。また、葉齢 4 のポット苗及び慣行マット苗を水田の一面に 1 株 3 本、21 株を 1 プロットとして移植した。ポット苗区と慣行苗区を交互に配置し、各苗区 6 プロットずつ設置した。

4. 研究成果

(1) 有機・無農薬栽培管理技術の現状把握および解析

茶園農家の経営面積は 100~400a、一番茶の生産量は 1070~1400 kg であった。280a の農家が最も効率が良く 50 kg/a であり、最も低い農家は経営面積 100a の 11 kg/a であった。窒素施肥量は全国平均より少なく 10a あたり 40 kg 代の値も多く、主に硫安が芽出し施肥として使われていた。有機質肥料としては、豚ふんおよび油かすが推奨されており、有機栽培圃場も存在した。

茶生産技術体系全体としては、生産過程の技術標準化は部分的にとどまり、生産者の熟練によって対応する局面がいまだ残存している。小規模経営が分散的に立地する同地域も、高度成長期以降、荒茶工場の生産ラインの大型化と、摘採機の高度化を段階的に果たしていった。これらはピーク労働を軽減させ、収穫と製造に一定の標準的な技術体系をもたらしたが、それらにおいても非標準の余地がある。特に製茶部門のうち蒸し過程における技術選択は商品個性を決定づけるとみる生産者が多くみられた。茶作部門の肥培管理においても、肥料や防除、品種の選択や、肥培管理の実施時期において、地域内の生産者に共通する方針が看取される一方で、樹勢や茶葉の成果への判断のもとに生産者が個別に対応を決定することが明らかとなった。

<製茶農家 生葉農家>の生産組織構成が崩壊しつつある。上のような状況下では、

生葉生産においても製茶農家の方針が遵守されることが重要となる。そのため、地縁・血縁関係にも支えられていた生葉農家からの原料購入も減少し、購入した場合も低価格帯商品の原料として位置づけられていた。こうした買葉の意義低下 = 「生産者の自己完結」は、上記の荒茶工場の処理能力向上と摘採技術の発達を背景に、製茶農家自身による管理可能な圃場規模が増大したことによって、製茶農家の借地対応を通じて進んでいる。かつて高水準の農地価格のもと、農地購入や借地（地代）を伴わなくとも原料増加・経営規模拡大を可能にする生葉農家は重要視されていたが、現在はその意義が低下していると結論付けられた。

(2) 植物防除のメカニズムの解明および影響評価

実験1：チャ幼木の化学肥料ポット栽培においては、窒素施肥量の増加に伴って新葉の全窒素量は増加し、新葉に接種したカンザワハダニの発育が早まった（図1）。一方、チャ幼木の窒素施肥量を等しくした堆肥あるいは化学肥料圃場栽培においては、堆肥区および化学肥料区ともに土壌の酸性化（pH 低下）、および養分量の増加（EC 増加）が認められたが、その変化量は化学肥料区の方が堆肥区よりも大きかった（表1）。葉の全窒素量は全炭素量と同様に無施肥区 < 化学肥料区 < 堆肥区の順に増加していたが、葉に接種したカンザワハダニの発育は堆肥区で遅れることが観察された。

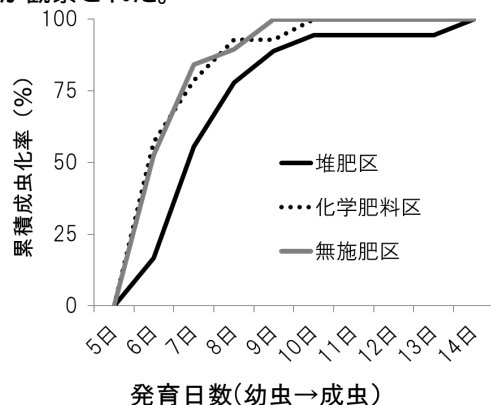


図1 肥料形態が異なる時のカンザワハダニ成虫率の推移

表1 圃場土壌の pH および EC
注) 平均値+標準偏差を示す。異記号間には5%水準で有意差があることを示す。

施肥区	pH(H ₂ O)	EC (mS/m)
堆肥区	5.6 ±0.5 ^b	8.8 ±0.6 ^b
化学肥料区	5.3 ±0.1 ^a	11.3 ±2.8 ^c
無施肥	5.7 ±0.2 ^b	6.5 ±1.0 ^a

全施肥量の半分が施用された1回目(3月)の施肥時ではなく、2回目(6月)の施肥時に最大の放出が見られた。最も高い放出は、化学施肥区で見られた。放出は、施肥を行った畝間だけではなく、樹木下からも見られ、樹木下からの放出量は全体の55%を占めた。施肥の横への移動も大きく貢献していることが明らかになった。これらの結果から、化学肥料、堆肥ともに窒素施肥量の増加に伴って茶葉の全窒素量を増加させるが、化学肥料はカンザワハダニの発育期間の短縮を、堆肥はその発育速度を低減させる可能性が示唆された。

ベイジアンネットワーク図とヒートマップ図では、カンザワハダニの発生とN20の発生量とも似ていることが明らかになった。これは、N20の発生量が、カンザワハダニの幼虫数、成虫などの総数に関連があることが示唆している。一般化線形モデルによる解析によっても、N20の発生量が増加すると、多くの害虫が増加する傾向がある事を示唆していた。

化学肥料区の2番茶の葉では、防御物質のカテキン類（ECG）が有意に低下していた（ $p < 0.001$ ）ことから、化学肥料に偏った茶園管理は、害虫の増加、引いては農薬量の増加、環境汚染物質やN20の発生量の増加、農地の劣化、健康被害の増加と続く負のスパイラルとなりうることを示している。一方、本報告書の有機肥料区のような自然共生型の管理は、これらの全てを軽減しうる事が確認された。特に、有機肥料区、化学肥料区との間で、1番茶、2番茶ともに、葉中のNに有意な差がみられなかったことは、品質を維持しつつ環境に配慮することが可能であることを示している。

実験2：チャトゲコナジラミは4月の抜け殻数、7月の幼虫数、被害葉数、9月の抜け殻数が化成区で有機区より有意に多く、化学肥料施肥により羽化率が高まり、発生が助長されている可能性があると考えられた（図2）。また、チャノキイロアザミウマの7月の二番茶芽における被害芽数、幼虫数は化成区で有機区より有意に多く、化学肥料施肥により幼虫の発生が助長され、被害芽が増加していることが示された。

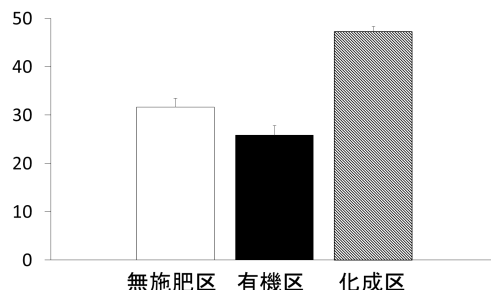


図2 施肥の違いによるチャトゲコナジラミの幼虫数(7月)数値は50葉あたり。垂直棒は標準誤差(n=6)。異なるアルファベット間には有意差あり(P<0.05)。

最も商業価値の高い1番茶の茶葉内窒素含有量は有機区と化成区で有意差は認められなかった(図3)。総アミノ酸含有量に有意差はないが Asp、Glu、GlnArg 含有量で有意差があった。カテキンは無施肥区で含有量が多い傾向が見られ、ECG 含有量は化成区で有機区より有意に少なかった。これらのことより、肥料形態の違いによって生じた茶葉中の個々のアミノ酸やカテキン量の変化が、害虫発生に影響を与えている可能性が考えられた。

実験3：圃場で栽培した水稲では、イネミズゾウムシ接種によって生育初中期(移植後40~50日)の茎数は非接種区に比べて低く推移した。接種区同士の茎数を比較すると、慣行苗区に比べてポット苗区の茎数は高く推移した。また、ポット実験においても、イネミズゾウムシ接種により、茎数、茎葉部乾物重、根部乾物重および出液量は低下したが、ポット苗区は慣行苗区に比べていずれの値も高い傾向がみられた。このように、ポット苗の利用はイネミズゾウムシによる初中期の生育に対する影響を軽減する可能性が示唆された。

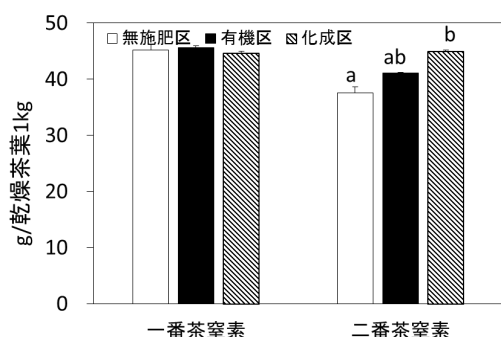


図3 1番茶および2番茶における茶葉の全窒素含有率。異なるアルファベット間には有意差あり(P<0.05)。

以上の結果より、有機肥料を適切に用いることにより、N₂O ガスの放出等の環境負荷が低減し、害虫防除が可能であることが明らかである。応用の際には環境および人的要因を考慮した有機肥料の使用が環境保全型農業に必要であることが示された。

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 3 件)

1. Oo A.Z., Win K.T., Theint E.E. and Bellingrath-Kimura S.D.: 2015. Within field spatial variation in grain yield and methane emissions from lowland rice in Myanmar. SpringerPlus4 (DOI 10.1186/s40064-015-0901-2)(査読有)
2. 北岡大知, 大津直子, 村瀬香, 小俣良介, 中島健太, 林 敦, 鈴木創三, 仲井まどか, 横山正, 木村園子ドロテア 2013:

化学肥料および発酵鶏糞堆肥が茶葉の窒素含量とカンザワハダニの発育に与える影響. 有機農業研究 5(2) 37-45(査読有)

3. Deng M., Shi X.J., Tian Y.H., Yin B., Zhang S.L., Zhu Z.L. and Kimura S.D. 2012: Optimizing Nitrogen Fertilizer Application for Rice Production in the Taihu Lake Region, China. Pedosphere 22, 48-57(査読有)

[学会発表](計 16 件)

1. 村瀬香, 小俣良介: 自然共生型の茶園害虫総合防除技術と今後の展望. 「チャの自然共生型の植物防除生産技術の開発」プロジェクト総括研究報告会、埼玉県農林総合研究センター茶業研究所 (埼玉県・狭山市) 2015年3月15日
2. 中坪美祐, 大津直子, 村瀬香, 木村園子ドロテア, 小俣良介: 肥料形態の違いによる茶園の害虫発生および茶葉内成分への影響. 平成26年度農林総合研究センター茶業部門成果発表会、埼玉県農林総合研究センター茶業研究所 (埼玉県・狭山市) 2015年2月20日
3. 村瀬香: 農薬と個体群構造が、遺伝的多様性と集団履歴に与える影響. 名古屋大学害虫制御学研究室研究集会、名古屋大学・東山キャンパス (愛知県・名古屋市) 2014年12月6日
4. 村瀬香: 農薬と個体群構造が、遺伝的多様性と集団履歴に与える影響. 名古屋大学害虫制御学研究室研究集会、名古屋大学・東山キャンパス (愛知県・名古屋市) 2014年12月6日
5. 中坪美祐, 木村園子ドロテア, 侯牡丹, 大津直子, 仲井まどか, 鈴木創三, 村瀬香, 中島健太, 小俣良介: 有機質肥料と化学肥料の違いによる茶園の害虫発生への影響. 日本茶業学会、八女市民会館おりなす八女 (福岡県・福岡八女市) 2014年11月19日~20日
6. HOU Mudan, SUZUKI Sohzoh, OHTSU Naoko, MURASE Kaori, ARAI Sachiho and BELLINGRATH-KIMURA Sonoko Dorothea: Influence of Nitrogen Fertilizer Application Practices on Nitrous Oxide Emission from Tea Soil in Japan. 第60回 日本土壌肥料学会、東京農工大学小金井キャンパス (東京・小金井市) 2014年9月9-11日
7. Bellingrath-Kimura S.D., Kobata Y., Tsunoda M., Dos Santos Jr. A., Oikawa Y., Guerini I.A. and Yamada M.: Soil organic carbon change due to agricultural land use in the tropics - comparison of case studies in Mozambique, Vietnam and Brazil -. 20th World Congress of Soil Science. June 8-13, 2014, Jeju Korea
8. Hou M., Murase K., Ohtsu N., Arai S. and

- Suzuki S. and Bellingrath-Kimura S.D.: Influence of nitrogen fertilizer application practices on nitrous oxide emission from tea soil in Japan. 20th World Congress of Soil Science. June 8-13, 2014, Jeju Korea
9. Oo A.Z., Win K.T., Theint E.E., Bellingrath-Kimura S.D.: Spatial and temporal variations in soil properties, plant growth and methane emission from lowland rice of Myanmar. 20th World Congress of Soil Science. June 8-13, 2014, Jeju Korea
10. 村瀬香、濱口京子: 伊藤嘉昭先生から学んだ、紳士で真摯な精神性。温故知新・昆虫生態学の先輩から学ぶ(2), 伊藤嘉昭先輩と愉快な仲間達。第58回日本応用動物昆虫学会大会、高知大学 (高知県・高知市) 2014年3月26-28日
11. 村瀬香: 農薬による遺伝的多様性減少過程と、復元パターンごとの回復過程の推定。第58回日本応用動物昆虫学会大会、高知大学 (高知県・高知市) 2014年3月26-28日
12. 鈴木創三・林 敦・大津直子・木村園子ドロテア・仲井まどか・村瀬香・小俣良介・中島健太: 堆肥および化成肥料を施用した幼苗茶畑土壌の酸性化および養分損失の比較 チャおよびイネにおける自然共生型の植物防除生産技術の開発。日本土壌肥料学会関東支部大会(東京大会)、東京大学農学部 (東京都・文京区) 2013年12月7-8日
13. 大津直子、北岡大知、村瀬香、林敦、鈴木創三、仲井まどか、小俣良介、中島健太、横山正、木村園子ドロテア: 化学肥料および発酵鶏糞堆肥が茶葉の窒素含量とカンザワハダニの発育に与える影響。日本土壌肥料学会名古屋大会、名古屋大学・東山キャンパス (愛知県・名古屋市) 2013年9月11-13日
14. 村瀬香: 大学生・市民のための実践Rを用いた環境・生態データ解析集中講習。名古屋市立大学附属生物多様性研究センター研究会、名古屋市立大学 (愛知県・名古屋市) 2013年9月14日
15. 山口史哉・本林 隆: ポット育苗した苗を移植した水稲におけるイネミズゾウムシの被害軽減効果。第13回日本有機農業学会大会 東京農工大学府中キャンパス (東京都・府中市) 2012年12月8-9日
16. 村瀬香: ベイジアンシミュレーションを用いた遺伝的多様性の回復過程の推定。第59回日本生態学会、龍谷大学瀬田キャンパス (滋賀県・大津市) 2012年3月17-21日

〔図書〕(計 1 件)

1. 木村園子ドロテア 3.3.6 章土地利用
他 土の百科事典 丸善出版 土の百科事典編集委員会編 2014 p84-85

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

日本農業新聞 (2015年2月19日掲載)

埼玉県農林総合研究所成果発表会

成果報告会の資料

<http://www.pref.saitama.lg.jp/b0909/documents/h26tyagyo.pdf>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木村園子ドロテア (Kimura, Sonoko)

Dorothea)

東京農工大学・大学院農学研究院・准教授
研究者番号: 60397015

(2) 研究分担者

本林隆 (Motobayashi, Takashi)

東京農工大学・大学院農学研究院・講師
研究者番号: 20262230

鈴木創三 (Suzuki, Sozoh)

東京農工大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号: 30137898

新井祥穂 (Arai, Sachiko)

東京農工大学・大学院農学研究院・講師
研究者番号: 40345062

大津直子 (Ohtsu, Naoko)

東京農工大学・大学院農学研究院・講師
研究者番号: 40513437

仲井まどか (Nakai, Madoka)

東京農工大学・大学院農学研究院・准教授
研究者番号: 60302907

村瀬香 (Murase, Kaori)

名古屋市立大学・准教授
研究者番号: 60396819

佐藤かんな (Sato, Kannna)

東京農工大学・大学院農学研究院・助教
研究者番号: 40456603