

【認定NPO法人】
特定非営利活動法人 無施肥無農薬栽培調査研究会

2024年度 研究報告会

開催日時：2025年3月16日（日）12：45～16：45

会場：Reimei Hall（京都市左京区吉田神楽岡町）

表題・報告者

- 異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の玄米収量と経年変化（2024年度）
…………… 森誠*・小林正幸（NPO無肥研） 1
- 長期無施肥無農薬栽培水田における異なる育苗方法が水稻の生育および収量に及ぼす影響
…………… 家田善太^{1*}・林政樹¹・多田光史^{1,2}・白岩立彦¹（¹NPO無肥研・²京大院農） 9
- 中耕除草回数の違いが長期無施肥無農薬栽培水稻の生育・収量に及ぼす影響（第4報）
…………… 林政樹^{1*}・丸田信宏¹・家田善太¹・多田光史^{1,2}・白岩立彦¹（¹NPO無肥研・²京大院農） 17
(休憩)
- 長期無施肥無農薬栽培水稻の生育・収量・品質の特徴（第2報）
…………… 丸田信宏^{1*}・多田光史^{1,2}・白岩立彦¹（¹NPO無肥研・²京大院農） 24
- 近隣慣行圃場との比較からみる無施肥無農薬栽培水稻の特徴
…………… 多田光史^{1,2*}・桂圭佑²・白岩立彦¹（¹NPO無肥研・²京大院農） 34
- 水稻有機栽培における深水管理の抑草効果を高める条件検討
および深水抵抗性関連遺伝子座の解析
…………… 磐佐まりな*・安達俊輔・大川泰一郎（東京農工大学大学院連合農学研究科） 37
(休憩)
- 無施肥無農薬栽培連作継続時のジャガイモの生育の調査（2024年度）
…………… 下平訓立*・倉島次郎*（NPO無肥研） 39
- 無施肥無農薬栽培、有機栽培および慣行栽培における茶園病虫害調査（第3報）
…………… 栗田光均^{1*}・多田光史^{1,2}・白岩立彦¹（¹NPO無肥研・²京大院農） 46
- 無施肥無農薬栽培が茶のカテキン含量および食味に及ぼす影響
…………… 多田光史^{1,2*}・白岩立彦¹（¹NPO無肥研・²京大院農） 52
- 無施肥無農薬栽培の茶に対する消費者評価 ―購入価格に着目した分析―
…………… 上西良廣^{1*}・小林正幸²・多田光史^{2,3}
(¹九州大学大学院農学研究院・²NPO無肥研・³京大院農) 54

異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の 玄米収量と経年変化（2024年度）

森 誠* 小林正幸

（NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会）

本会が認証する無施肥無農薬栽培圃場は日本全国に点在し、様々な立地条件の下、環境に適した作物を生産している。近年無施肥無農薬栽培（以下無施肥栽培）の調査研究が進められるようになったが、無施肥無農薬という独特の条件において生育・収量を左右する要素の解明や栽培技術の確立にはまだ至っていない。記録は過去にそれほど多く残されておらず、記録を残しておくことは今後の調査研究、無施肥栽培普及に役立つものと考えられる。

本報告では、以下の3種の収量調査（表1）結果、またその結果から3つの管理法についての考察を加えた。調査対象は福井県、滋賀県、京都府に位置する無施肥栽培水田にて行った。それらの水田は慣行栽培から無施肥栽培に切り替えて2年目の水田から36年間継続している水田など様々である。中には1951年以来無施肥無農薬栽培を継続してきた圃場の作土を2006年に移設して無施肥栽培を続けている圃場も含まれている。

収量調査は、1. 全刈り法、2. 坪刈り法、3. 株刈り法で検討を試みた。管理法については、坪刈り法の結果より（1）中干しの影響、（2）育苗方法の違いによる影響、株刈り法の結果より（3）冬期湛水時のアイガモロボ使用について検討を行った。

方法	調査開始年	調査圃場数	調査目的	考察
全刈り法	2013	13	坪刈り・株刈り法の裏付け	平年比較
坪刈り法	1977	4	収量調査	年次推移
株刈り法	2003	16	収量構成要素	前年・平年比、経年変化

1. 全刈り収量

NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会（無肥研）に登録された圃場面積と聞き取り調査から得た収量を単位面積当たりで示した（図1、表2）。2013年より全刈り法による調査で本年度の収量を示し、2024年の気象概況との関係を考察した。調査対象は13圃場である。

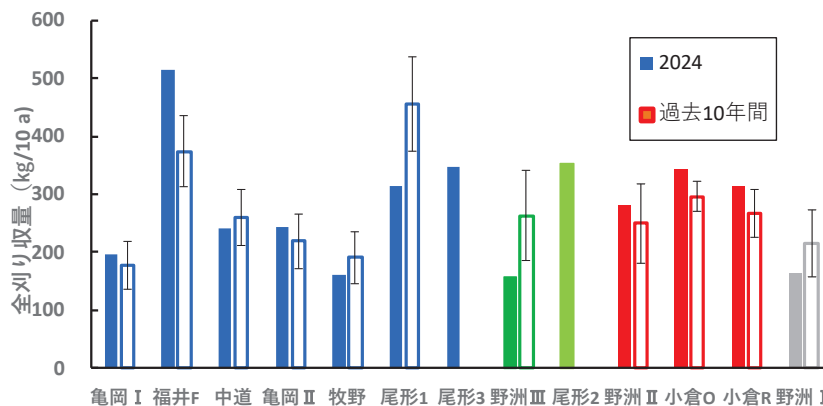


図1 調査水田全刈り収量（2024年と過去10年間の収量）

表2 2024年無施肥無農薬水田収量（全刈り法）

水田	住所	実施開始年	品種	収量 (kg/10a)	過去10年平均収量	備考
亀岡Ⅰ	京都府亀岡市	1994	コシヒカリ	195.9	177.0 ±41.7	
福井F	福井県越前市	1997	コシヒカリ	514.3	373.6 ±61.3	
中道	滋賀県野洲市	2007・2010	コシヒカリ	240.0	259.5 ±49.1	※1
亀岡Ⅱ	京都府亀岡市	2009	コシヒカリ	242.5	218.7 ±48.2	
牧野	福井県福井市	2009・2010	コシヒカリ	160.2	190.3 ±45.4	※2
尾形1	福井県越前市	2017	コシヒカリ	313.5	455.3 ±81.9	
尾形3	福井県越前市	2023	コシヒカリ	347.7		
野洲Ⅲ	滋賀県野洲市	1995	秋の詩	157.1	263.0 ±77.3	
尾形2	福井県越前市	2020	日本晴	353.1		
野洲Ⅱ	滋賀県野洲市	1995	ベニアサヒ	280.5	249.9 ±68.3	
小倉O	京都府宇治市	2003	ベニアサヒ	341.9	296.1 ±26.6	
小倉R	京都府宇治市	2003	ベニアサヒ	314.3	266.4 ±41.0	※3
野洲Ⅰ	滋賀県野洲市	1989	新羽二重糯	162.8	215.1 ±58.0	

※1 2筆の合算した値

※2 3筆の合算した値

※3 2006年に表層土約15cmを鋤取り隣接の畑へ盛土し、鋤取った所へ1951年から実施してきた栗東水田の表層土約15cmを運搬し移設

2024年の調査水田が位置する場所に近い地点（京都府京都市・滋賀県大津市・福井県今庄）の気象概況（図2，3）は、6月中旬から10月下旬までの気温（日平均，日最高，日最低）がそれぞれ平年よりも高く、8月下旬～10月下旬の日平均気温は1.8℃～6℃高かった。京都，滋賀では9月の日平均気温は25℃を超え特に京都は9月中旬の日平均気温が30℃を超え、平年より6℃高かった。梅雨入りが6月17日（近畿）6月22日（北陸）と平年より11日遅かった。京都府滋賀県の降水量は5月下旬，6月中・下旬が平年より多く，7月下旬から9月下旬の降水量は平年と比べて少なかった。福井県では5月下旬と6月下旬7月上旬中旬が平年と比べると多く7月下旬～9月下旬は平年と比べると少なかった。日照時間は5月上旬から9月上旬まで平年と比べて多かった。調査を行った全水田の平均収量は278.8 kg/10 aで過去10年間の平均収量が269.5 kg/10 aと比べると3%高かった。気温が高く，日照時間も多く，降水量は出穂期以降少なかったことが2024年の収量の維持につながった可能性を考えた。特に晩生品種のベニアサヒは出穂後の気候が生育に良い影響を与え，収量は増加したと考えた。

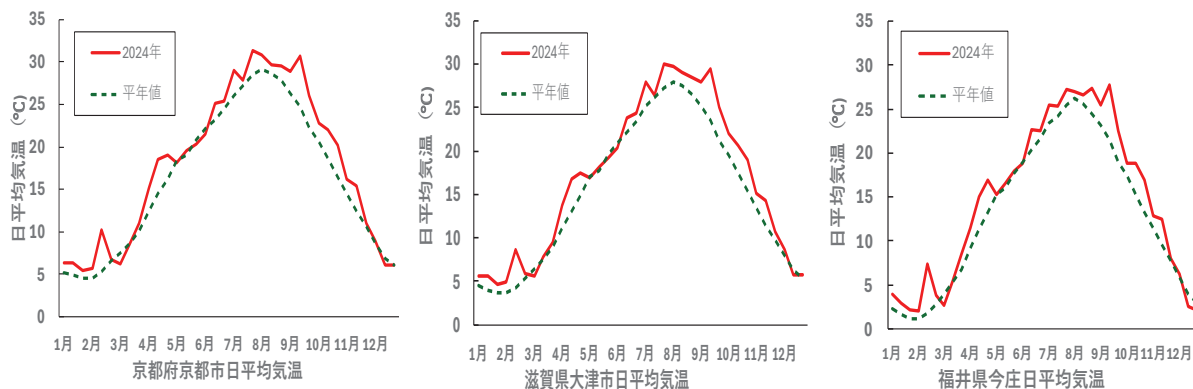


図2 調査水田（京都府，滋賀県，福井県）の日平均気温

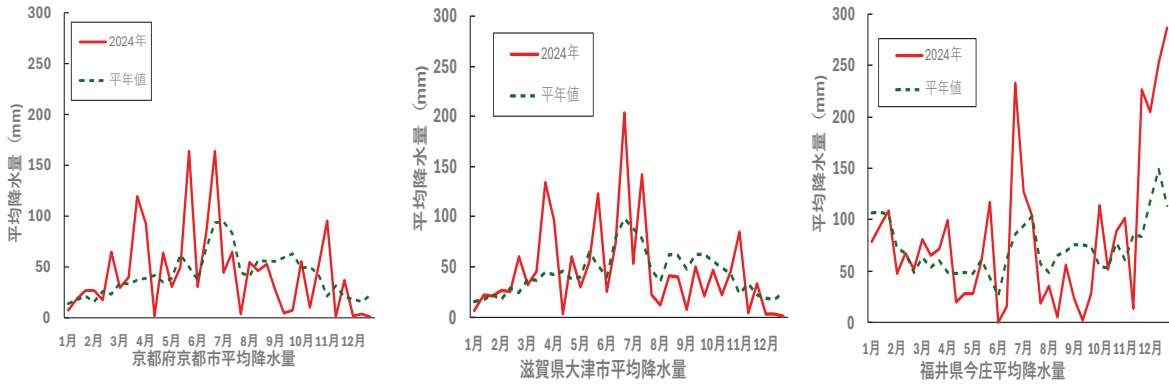


図3 調査水田（京都府，滋賀県，福井県）の平均降水量

2. 坪刈り収量

1977年より坪刈り法で収量調査を行っており，無肥研管理圃場で継続して調査を行っている。水田の対角線を4等分して3か所から一坪（3 m²）刈り取り収量を調査した。坪刈り法では4圃場で調査を行った。坪刈り法による調査では収量の年次推移を図4に示した。

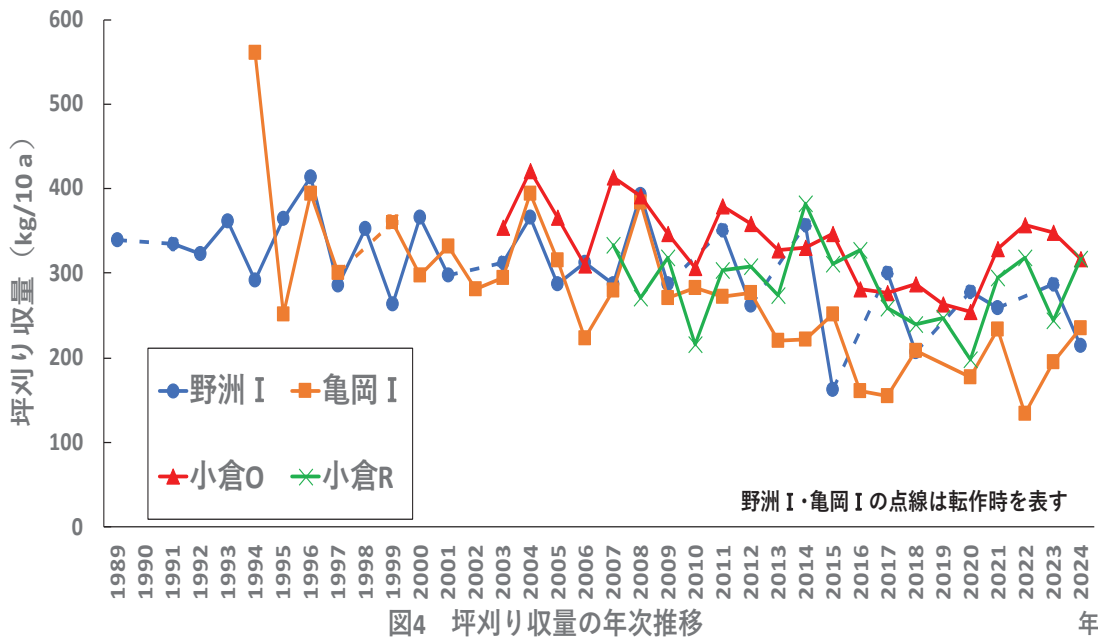


図4 坪刈り収量の年次推移

(1) 中干しの影響

無肥研管理圃場の野洲 I， 亀岡 I， 小倉 O・R は収穫時の作業性を考え 2016～2020 年の 5 年間は中干しを実施した。その結果 2015 年以前の収量よりも，収量が低い傾向がみられた。また小倉 O・R の収量が特に低下した 2010 年も中干しを行っていた。中干しを行なわなかった 2021 年からの 4 年間の収量は中干しを行った収量より高く推移した。長期無施肥栽培においては中干しを実施しない方が増収する傾向がみられるという報告（家田ら 2022）と符合する。しかし，中干しを実施しないことにより収穫時の作業性の悪化する可能性がある。

(2) 育苗方法の違いによる影響

無肥研では 2015 年迄は水田で苗代を作り、苗づくりを行っていた。2016 年からビニールハウス内で苗づくりを行っていた。発芽率や生育の速さ、水管理が容易なために畑苗代による苗づくりに変更したが、それが収量 2015 年迄の平均収量は 306.4 kg/10 a で 2016 年以降の平均収量は 252.1 kg/10 a と 22%低かった。収量低下の要因である可能性もあると考え、2024 年に調査（家田ら 2024）をおこなったが、水田苗代、ハウス苗代の違いは収量に影響しない結果となった。

3. 株刈り収量

2003 年より収量構成要素を調査する目的で株刈り法の調査を行っている。この調査では圃場間の違いおよび品種間の違いを示し、無施肥栽培開始年からの収量の経年変化も示した。水田の対角線を 4 等分して 3 か所から各連続 10 株、計 30 株を刈り取り、収量および収量構成要素を調査した。異なる 3 府県 5 地域の 16 圃場で栽培された 5 品種（コシヒカリ、秋の詩、日本晴、ベニアサヒ、新羽二重糯）の調査を行った（図 5、表 3）。

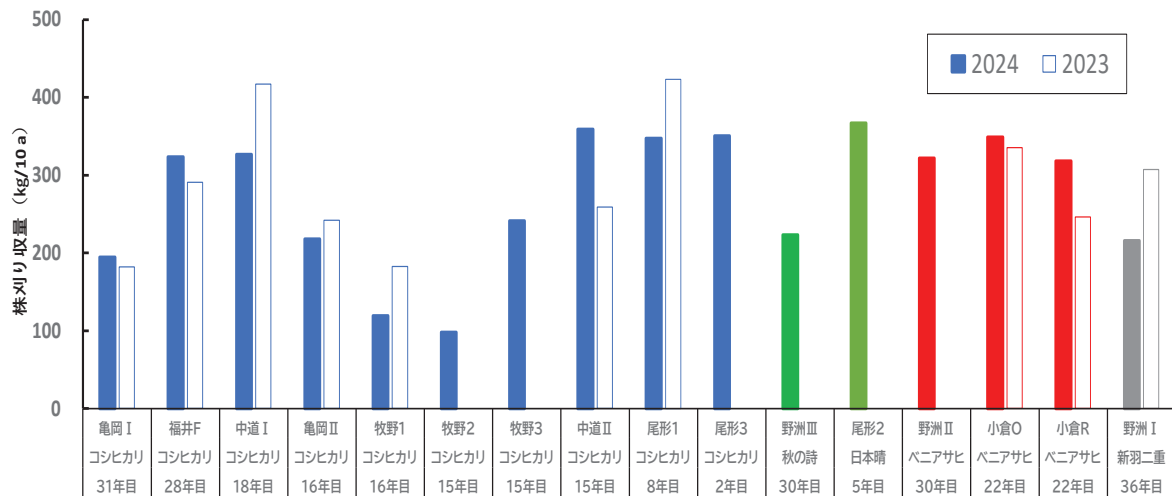


図 5 株刈り法の収量 2024 年と 2023 年の収量の比較

前年比、平年比

品種別にみると、早生品種のコシヒカリの 2024 年の平均収量は 2023 年と比べると 5%少なく、過去 10 年間の平均収量と比べて 4%少なかった。登熟歩合の測定は 2023 年度までは風選で行っていたが、本年度より塩水選で行った事により前年よりも低い値で現れ、1000 粒重は前年よりも高い値で現れた。

京都府亀岡市に位置する無肥研管理圃場の亀岡 I、亀岡 II は 2023 年の収量と比べると亀岡 I は 7%増、亀岡 II は 10%減少した。過去 10 年間の平均収量と比べて亀岡 I は 15%増、亀岡 II では 5%減少した。収量構成要素を見てみると亀岡 I では穂数が 6%増加した。一穂粒数は 30%低下した。亀岡 II では穂数は 11%、一穂粒数は 38%低下した。両水田とも前年は機械除草のみの所もあったが、本年度は水田全体を機械除草と手取り除草を行ない、除草を丁寧に行った事で収量が増加したものと考えられる。

福井県越前市にある福井 F の収量は前年比 11%増収であり、平年比 5%減収であった。穂数と一穂粒数は前年比 13%減少した。無施肥栽培 28 年目で 7a と小面積であるが、除草および栽培管理が十分に行われており、安定した収量となっている。

滋賀県野洲市にある中道 I・中道 II では、中道 I の収量は前年比 22%減少し、平年比 9%増加した。中道 II の収量は前年比 39%増加し、平年比でも 26%増加した。オーレック社の乗用型水田除草機 (WEED MAN) により田植え後 30 日後に 1 回、中道 II のみ 20 日後に 2 回目の除草が行われた。中道 I は前年比、穂数が 9%減、1 穂粒数が 26%減った。中道 II では前年比で穂数は 47%増え、1 穂粒数は 29%減った。

福井県福井市にある牧野 1 の収量は前年比 35%減少し、平年比で 31%減収した。前年比で穂数が 13%、1 穂粒数が 52%低下した。除草が十分に行われたとは言えず、今後さらに除草が十分に行われると収量の増加が期待される。牧野 2, 3 では本年初めて株刈り調査を行った。

福井県越前市尾形 1 の収量は前年比 18%減収であった。平年比 27%減少した。尾形 2 では中生品種の日本晴を栽培し、尾形 3 ではコシヒカリを栽培した。本年は前作の収穫後に秋耕を実施、12 月の 1 ヶ月間湛水した。落水後は春耕、代掻きが行われた。生育初期の除草が十分に行われた。また収穫前 2 週間前まで間断灌水が行われた。同圃場では、前年と本年は冬期湛水が実施されたが収量の増加とはならなかった。尾形 2・3 では歩行型機械除草と乗用型水田除草機 (WEED MAN) を併用し、さらに尾形 2 では手取り除草も行われている。無施肥開始 5 年目 (尾形 2) と 2 年目 (尾形 3) になる水田では本年初めて株刈り調査を行った。

滋賀県野洲市にある野洲 III では中生品種の秋の詩を栽培した。早期湛水深水栽培を実施し、本年も田植え 1 か月前から湛水し、代掻きを 3 回行い、田植えをした。雑草が繁茂し、生育は不良であった。平年比で 36%減少した。

野洲 II では晩生品種のベニアサヒを栽培した。前年の影響により生育初期に雑草が繁茂し分けつも少なく、稲も貧弱であったが、手取り除草を徹底的に行ったところ、イネの生育が回復し、本年は 293.4 kg/10 a の収量になった。

京都府宇治市小倉にある小倉 O, R では晩生品種のベニアサヒが作付けされた。収量は前年比で小倉 O は 4%、小倉 R は 29%増加した。平年比で小倉 O は 19%、小倉 R は 20%増加した。前年比で小倉 O, 小倉 R 共に穂数が小倉 O は 9%、小倉 R は 37%増加した。1 穂粒数は小倉 O で 7%増えたが、小倉 R は 21%低かった。小倉 O, 小倉 R にはジャンボタニシが生息しており、除草は無肥研直轄圃場の中では比較的容易であり、小倉 O は機械除草 1 回、小倉 R は機械除草 1 回のみ行った。雑草はほとんど発生せず除草作業は楽であった。本年 4 月中旬より小倉 R で苗代を作り、苗を育てていたのので、例年より 1 か月早く水を入れておりジャンボタニシの活動も早まったと推測され、田植え後苗の食害に悩まされ、欠株が多く確認されたが、周りの株が良く育ち、収量が確保出来た。

滋賀県野洲市の野洲 I では新羽二重糯を作付けした。収量は前年比で 30%減収した。平年比で 16%減少だった。前年比で穂数、一穂粒数がそれぞれ 19%、35%少なかった。野洲 I は前年に雑草が繁茂した影響で本年も除草に苦労した。残念ながら 2025 年度の作付けが終わり次第、地域全体が工業用地となり、野洲圃場での栽培が終了する。

表3 株刈り法による収量・収量構成要素および坪刈り収量と全収量(2024)

水田	住所	実施 開始年	実施 年数	品種	全乾物重 (g/m ²)		穂数 (本/m ²)		一穂粒数 (粒/穂)		登熟歩合 (%)		1000粒重 (g)		収量 (kg/10a)		過去10年間 平均収量 ※2 (kg/10a)	坪刈り 収量 (kg/10a)	全刈収 量 (kg/10a)
					前年比	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比					
亀岡Ⅰ	京都府亀岡市	1994	31	コンヒカリ	653.2 ± 32.3	26%	166.3 ± 2.9	6%	50.6 ± 5.4	-30%	59.3% ± 7.4%	-30%	23.4 ± 0.1	15%	194.5 ± 21.9	7%	169.7	235.5	195.9
福井F	福井県越前市	1997	28	コンヒカリ	873.1 ± 26.9	2%	191.1 ± 12.1	-13%	73.0 ± 2.4	-13%	82.7% ± 1.7%	-2%	22.9 ± 0.1	10%	323.3 ± 9.9	11%	339.5	345.1	514.3
中道Ⅰ	滋賀県野洲市	2007	18	コンヒカリ	816.5 ± 118.9	-19%	239.2 ± 22.0	-9%	60.7 ± 2.4	-26%	84.4% ± 3.1%	-9%	22.4 ± 0.2	6%	326.8 ± 43.4	-22%	299.5		240.0※3
亀岡Ⅱ	京都府亀岡市	2009	16	コンヒカリ	744.7 ± 6.7	9%	176.6 ± 5.1	-11%	52.3 ± 3.7	-38%	58.3% ± 5.7%	-31%	23.3 ± 0.2	14%	217.7 ± 17.1	-10%	229.9		242.5
牧野1	福井県福井市	2009	16	コンヒカリ	570.4 ± 42.5	-4%	167.2 ± 5.3	-13%	34.0 ± 5.7	-52%	48.5% ± 5.9%	-43%	20.4 ± 0.2	8%	119.1 ± 22.8	-35%	170.1		160.2※4
牧野2	福井県福井市	2010	15	コンヒカリ	366.5 ± 32.8		119.2 ± 9.6		36.8 ± 0.8		53.1% ± 3.3%		22.0 ± 0.6		98.1 ± 6.0				※4
牧野3	福井県福井市	2010	15	コンヒカリ	752.3 ± 60.9		197.8 ± 18.5		57.3 ± 2.3		66.4% ± 1.4%		21.7 ± 0.2		241.3 ± 12.7				※4
中道Ⅱ	滋賀県野洲市	2010	15	コンヒカリ	989.6 ± 81.9	50%	263.9 ± 23.7	47%	60.1 ± 3.8	-29%	80.2% ± 3.2%	-15%	22.6 ± 0.0	6%	359.2 ± 45.3	39%	284.1		※3
尾形1	福井県越前市	2017	8	コンヒカリ	914.9 ± 67.4	-16%	206.7 ± 12.1	-23%	73.6 ± 1.3	-17%	85.3% ± 2.2%	-4%	22.5 ± 0.3	9%	347.3 ± 16.2	-18%	466.1		313.5
尾形3	福井県越前市	2023	2	コンヒカリ	1006.8 ± 38.5		248.8 ± 6.1		62.5 ± 1.9		82.2% ± 0.6%		22.1 ± 0.1		350.4 ± 13.3				347.7
野洲Ⅲ	滋賀県野洲市	1995	30	秋の詩	789.4 ± 40.1		197.7 ± 8.6		45.6 ± 4.2		63.9% ± 2.5%		24.9 ± 0.6		223.1 ± 16.5		348.2	200.4	157.1
尾形2	福井県越前市	2020	5	日本晴	1064.9 ± 62.9		281.3 ± 14.5		56.2 ± 1.4		86.3% ± 1.1%		22.6 ± 0.2		366.8 ± 17.4				353.1
野洲Ⅱ	滋賀県野洲市	1995	30	ペニアサヒ	952.2 ± 48.7		162.3 ± 6.5		79.6 ± 5.6		77.0% ± 3.4%		24.1 ± 0.1		321.9 ± 20.4		293.4	274.9	280.5
小倉O	京都府宇治市	2003	22	ペニアサヒ	1025.6 ± 76.9	9%	171.9 ± 17.5	9%	93.2 ± 3.7	7%	90.8% ± 0.8%	-2%	23.8 ± 0.1	6%	349.0 ± 28.9	4%	285.3	316.4	341.9
小倉R	京都府宇治市	2003※	22	ペニアサヒ	897.3 ± 41.6	12%	173.9 ± 5.5	37%	81.8 ± 2.8	-21%	89.6% ± 0.3%	-2%	23.7 ± 0.1	8%	318.0 ± 22.8	29%	269.2	317.4	314.3
野洲Ⅰ	滋賀県野洲市	1989	36	新羽二重籾	686.0 ± 23.0	-33%	203.4 ± 6.9	-19%	42.3 ± 1.5	-35%	68.2% ± 0.5%	-25%	24.2 ± 0.1	12%	216.0 ± 8.5	-30%	257.1	214.7	162.8
平均					819.0 ± 50.1	4%	197.9 ± 11.1	1%	60.0 ± 3.1	-25%	73.5% ± 2.7%	-16%	22.9 ± 0.2	9%	273.3 ± 20.2	-3%	284.3	272.1	278.8

平均値±標準誤差 前年比

※1 2006年に表層土約15cmを鋤取り隣接の畑へ盛土し、鋤取った所へ1951年から実施してきた粟東水田の表層土約15cmを運搬し移設

※2 栽培期間が10年に満たない圃場は栽培年数の平均収量を表した

※3 2筆合算した値

※4 3筆合算した値

経年変化

無施肥栽培継続年の収量の経年変化(図6)をみてみると、福井Fは7年目以降の調査で、20年目以降の収量は比較的安定している。尾形1、牧野1は徐々に収量が低下している。中道Ⅰは収量の低下具合が比較的緩やかである。中道Ⅱでは7年目以降の数値ではあるが、こちらも収量の低下は比較的緩やかである。中道水田では最新式の機械除草の実施や冬期湛水などの管理方法の模索がなされていることが収量の低下を止めていると思われる。

株刈り調査は当初無肥研会員農家の収量・収量構成要素を目的に始め、坪刈り調査で収量調査を行っていた無肥研管理圃場では株刈り調査は行わなかった。2007年より無肥研管理圃場でも調査を行うようになった。無施肥開始初期の数値が無い、亀岡Ⅰは23年目以降、亀岡Ⅱは7年目以降の数値であるが、収量の傾向は微増の傾向がみて取れた。小倉は14年目以降であるが、収量の増加傾向がみられた。野洲は3年に一度転作が強いられ、転作の翌年は高い収量を得られるが、転作後2年目の収量が減少する傾向がみられる。転作時は無施肥栽培で野菜を栽培している。野洲Ⅰ

は新羽二重糯を継続して栽培をしているが、野洲Ⅱ、Ⅲでは栽培品種は様々である。転作があることで継続して栽培している水田とは違い収量は低下傾向がみられた。

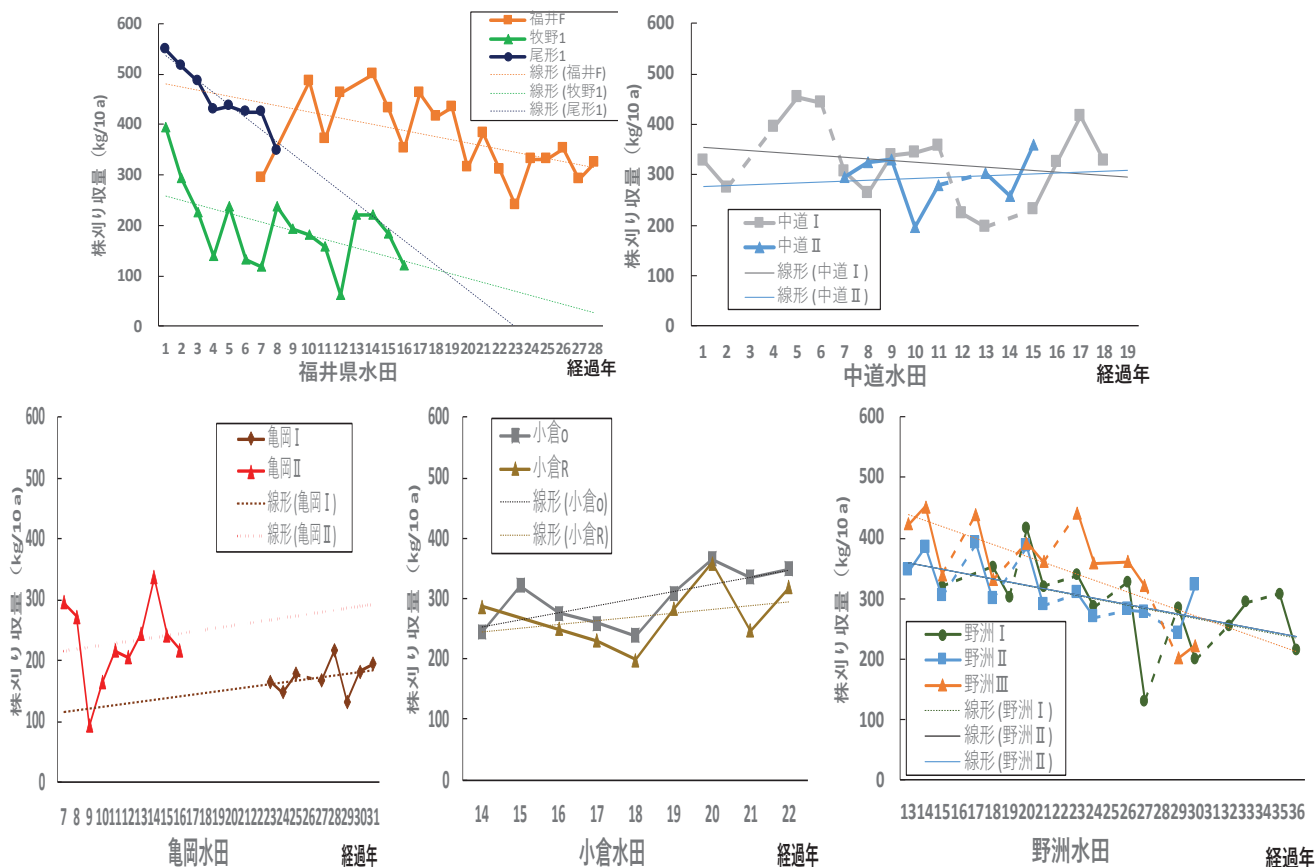


図6 株刈り法の収量の経年変化

(3) 冬期湛水時アイガモロボ稼働調査

中道水田では2022年以前までは春耕、代掻きと従来通り収穫前の水田管理を行って来たが、収量が徐々に低下してきた。またアイガモロボの実証実験に携われ、アイガモロボが稼働することでトロトロ層が出来ることに注目され、トラクターで行う代掻きをアイガモロボで出来ないかと思案され、2022年の収穫後の11月から冬期湛水を行い、アイガモロボを稼働された。冬期湛水、アイガモロボを稼働しなかった2022年迄の過去5年間の平均収量274.4 kg/10aと比べると、冬期湛水とアイガモロボを稼働させた2023年の収量は416.9 kg/10aと52%増加した。そこで2024年はアイガモロボが稼働する時に出来るトロトロ層が収量増加の要因なのではないかと考え調査を行った。調査は中道Ⅱで行った。アイガモロボが冬期湛水中稼働する区と稼働しない区を設け、と収量構成要素の比較を行った(図7, 表4)。

稼働区の収量は314.1 kg/10a、非稼働区の収量が402.4 kg/10aとなり稼働区が22%低い結果となった。収量構成要素は穂数、一穂粒数が12%多く、登熟歩合は6%低く、稼働区が少なかった。

アイガモロボ非稼働区は畦畔板等で区切ってはならず、稼働しない範囲の設定のみだった。アイガモロボが風で流され、非稼働区に入ることが確認されていた。アイガモロボが稼働すると水が濁るが、非稼働区も常時濁っていたので、アイガモロボが稼働することで出来るトロトロ層が、非稼働区でもある程度形成されたのではないかと推測された。調査自体の結果は正確ではないと考える。

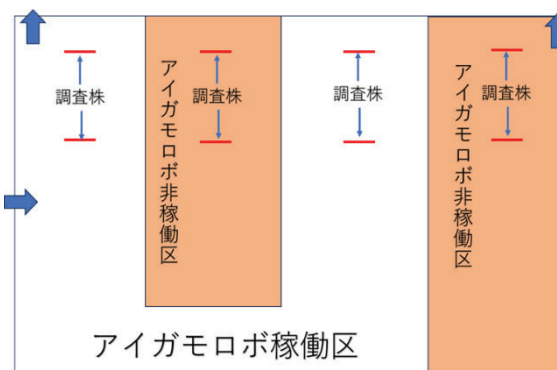


図7 中道Ⅱ調査区位置

冬期湛水を行った 2023、2024 年と冬期湛水を行わなかった 2022 年以前の収量を比べると中道Ⅰでは 36%、中道Ⅱでは 7%増加し、冬期湛水を行う方が収量は増加する傾向がみられた。しかしアイガモロボが稼働することが収量増加の要因になることは分からなかった。しかしアイガモロボがトラクター作業の回数軽減に繋がり、アイガモロボは自然エネルギーで動くので、経済的にも環境にも優しいと思われる。

表4 中道Ⅱ水田冬期湛水中アイガモロボの稼働の有無

	全乾物重 (g/m ²)		穂数(本/m ²)		一穂粒数(粒/穂)		登熟歩合	1000粒重(g)		収量(g/m ²)	
アイガモ稼働区	869.8	± 105.135	220.6	± 22.1	64.5	± 1.5	0.802	± 0.020	22.5	± 0.1	314.1 ± 20.1
アイガモ非稼働区	1009.9	± 78.419	250.1	± 13.7	72.9	± 0.2	0.852	± 0.019	22.5	± 0.1	402.4 ± 29.4

まとめ

無施肥栽培においては特に土壌養分を収奪する雑草の抑制と水管理は重要であり、水田を良く観察し、稲の生育状況に合わせて除草に入ることも必要である。収穫後の管理（冬期湛水など）は水田の管理環境に合わせて行うことも必要と思われる。今後も長期間調査を続けることで水管理や除草方法が収量に及ぼす影響の解明や無施肥栽培に適合した栽培管理の確立をめざしたい。

引用文献

家田善太・白岩立彦 (2022). 長期無施肥無農薬栽培水田における冬期湛水・中干しの有無が生育および収量に及ぼす影響 NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2021 年度研究報告会：20-26

家田善太・林政樹・多田光史・白岩立彦 (2024). 長期無施肥無農薬栽培水田における冬期湛水・中干しの有無が水稻の生育および収量に及ぼす影響 (第 2 報) NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2023 年度研究報告会：24-30

家田善太・林政樹・多田光史・白岩立彦 (2025). 長期無施肥無農薬栽培水田における異なる育苗方法が水稻の生育および収量に及ぼす影響 NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2024 年度研究報告会：9-16

長期無施肥無農薬栽培水田における異なる育苗方法が 水稻の生育および収量に及ぼす影響

家田善太^{1*}・林政樹¹・多田光史^{1,2}・白岩立彦¹

(¹NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会・²京都大学大学院農学研究科)

1. 緒言

無施肥無農薬栽培（以下、無施肥栽培）は化学肥料、農薬はもとより、有機質も人為的には施さず、自然界の天然供給物と灌水のみによる栽培を継続的にこなう栽培法である。育苗は古くから健全な水稻の生育に重要とされており（小野，久保，1958），無施肥栽培においても非常に重要であるが，育苗方法は NPO 無肥研の会員諸氏の判断でおこなっており，様々な技術がみられる。

慣行栽培においては，葉齢6以上の成苗の養成により増収が期待できることが定説であったが（香山，1962），近年は省力・低コストの栽培法や農薬，施肥の研究により，葉齢の違いによる収量には明瞭な差異はみられないとされている（山本，1997）。また，有機栽培においては，農薬を使用しないため病虫害や倒伏防止には葉齢 5.5 以上，草丈 15 cm 以上の強い苗が安定多収に必要とされる（稲葉，2007）。

無施肥栽培では生育初期の雑草抑制の観点から，移植後から深水管理を必要とし，丈の長い苗が必須となる。また，茎元の軸が太いほど発根力があり活着が良くなるため，長く太い苗が求められると考えた。

無肥研管理水田（野洲市，宇治市小倉町，亀岡市）ではマット育苗箱より播種間隔が広く苗の生育のよい，ポット育苗箱を使用している。慣行栽培ではポット内の培養土だけで養分供給が可能であるが，無施肥栽培の場合はポット下部の土壌（苗代）まで根を伸長させる必要がある。

2015 年までは水田にて保温折衷苗代（温床，トンネル）での育苗を実施していたが，トンネルを外すまで生育が確認できない，気温が低く良い苗に育たない等の課題があった。2016 年～2023 年はトンネルが不要で生育状況を確認でき，温度上昇の期待できるビニルハウスでの畑苗代（以下，ハウス苗代）での育苗を実施し苗が大きくなった印象がある。しかし，近年の気温上昇も伴ったビニルハウス内の高温化や，苗代の均平化の困難さ等による徒長苗や老化苗の発生や生育のバラツキがみられるようになってきた。また，無肥研管理水田ではハウス苗代での育苗を実施してからの収量低下が示唆された（森，小林，2024）ことから，より健全な苗を生育し，収量を上げることを目的とし，2024 年はトンネルを敷設しない普通水苗代での育苗を改めて実施した。

そこで，2 筆の長期無施肥栽培水田にて，普通水苗代とハウス苗代および（田植機の実用性は無いがポット育苗箱の制約がなく葉齢や草丈の高くなる苗と比較するため参考として）手撒き苗代を設置し，普通水苗代とハウス苗代のどちらが健全な苗の育苗方法か，また，それぞれの苗を使用したイネの生育と収量にどのような影響を与えるかを調査し，無施肥栽培に

適した育苗方法の検討を目的として比較試験を2024年におこなった。

2. 試験方法

供試圃場 滋賀県野洲市無施肥栽培試験水田（1995年より無施肥栽培を継続：以下、野洲3年に1度転作（2019年、2022年は畑作）。水深は移植から収穫の1ヶ月前まで7cm程度とした、手取り除草を3回おこなった。

京都府宇治市小倉町無施肥栽培試験水田（2003年より無施肥栽培を継続：以下、小倉）ジャンボタニシの被害の危険性から移植から3週間は水深を3cm程度としその後は収穫の1ヶ月前まで水深7cm程度とした。殆ど雑草はなく、土壌の攪拌のみを2回おこなった。

供試品種 ベニアサヒ（晩生品種，穂重型，長稈型）を使用した。

処理区 普通水苗代区，ハウス苗代区，手撒き苗代区の3区とし，栽培概要を表1に示した。

表1.栽培概要

水田	区	育苗場所	播種日	移植日	育苗期間
野洲	普通水苗代区	野洲の近接水田	04月13日	05月26日	43日間
	ハウス苗代区	野洲の近接ビニルハウス	04月20日	05月26日	36日間
	手撒き苗代区	野洲の近接水田	04月15日	05月26日	41日間
小倉	普通水苗代区	小倉の隣接水田	04月20日	06月01日	42日間
	ハウス苗代区	野洲の近接ビニルハウス	04月27日	06月01日	35日間
	手撒き苗代区	小倉の隣接水田	04月20日	06月01日	42日間

普通水苗代区，ハウス苗代区はみのる産業ポット育苗箱を使用し，育苗培土も移植先の圃場の土壌を乾かして使用した。普通水苗代区は動力均平機で苗代の均平化をおこなった。手撒き苗代区は本田でも使用する普通

水苗代の畝の一部にばら撒きで播種した。2筆とも7株×11条の調査区を5反復設け，その中央の2株×5条の10株を調査対象とした。各区とも3本苗を移植した（図1）。

3. 調査項目

3 (1) . 育苗調査項目

播種1週間後から移植まで1~2週間ごとに草丈を測定した。

移植前日に，30株を選抜し（N=5，6反復）葉齢，地上部長さ（以下，草丈），地下部長さ（以下，根長）を測定。また乾燥機（70℃，72時間）に投入して絶乾した後，地上部絶乾重（以下，草重），地下部絶乾重（以下，根重）を計測した。

処理効果の検定は分散分析によりおこ

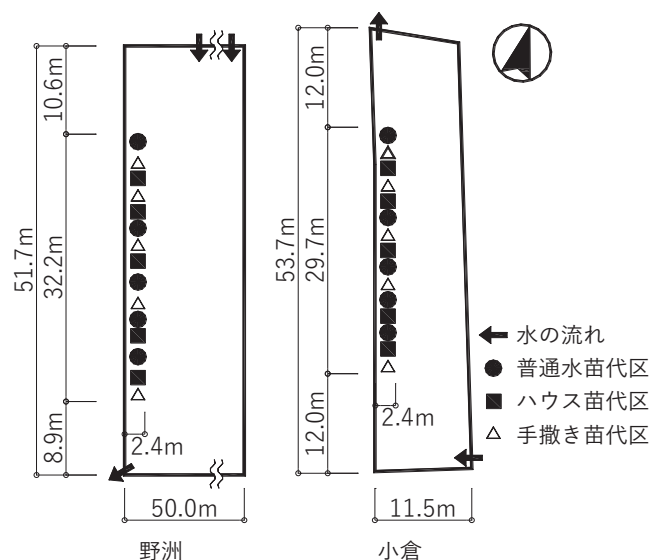


図1. 調査区位置

ない，統計ソフト「R 3.3.2」を用いた。

3 (2) . 生育調査項目

移植2週間後から収穫まで1~2週間ごとに茎数，草丈およびSPAD値（ミノルタSPAD-502を使用）を測定した。

3 (3) . 収量・形質調査項目

生育調査した株は，収穫後に全風乾重，一株穂数，最長草丈穂の稈長，穂長，節間長，風乾穂重および風乾籾重を測定した。各区の風乾穂重の平均的な3株を選抜統合し，比重1.06の塩水に入れ，よく攪拌し10分以上静置した後，沈下籾数と浮上籾数を測定した。選抜された株の沈下籾絶乾重，浮上籾絶乾重および藁絶乾重を計測した。収量は精籾重（沈下籾絶乾重×1.15）×0.83を風乾籾重の選抜と非選抜の案分で求めた。

処理効果の検定は分散分析によりおこない，統計ソフト「R 3.3.2」を用いた。

4. 結果

4 (1) . 苗の生育

葉齢，草丈，根長，草重，根重の測定した苗の素質，および苗の特性を最も総合的に表現しているとされる苗質指数：草重×葉齢 / 草丈（崔ら，2000）はすべて2筆の平均では，手撒き苗代区>普通水苗代区>ハウス苗代区の順で有意に高かった（表2）。

普通水苗代区，手撒き苗代区は移植直前まで草丈は生長したが，ハウス苗代区は，2筆とも播種後3週間以降の草丈の成長は殆どなく（図2），また，2筆合わせてポット育苗箱を

表2. 苗の素質

水田	区	葉齢	草丈 (cm)	根長 (cm)	草重 (mg/m ²)	根重 (mg/m ²)	苗質指数
野洲	普通水苗代区	4.42 ± 0.06 b	14.3 ± 0.4 cd	7.0 ± 0.3 a	92.7 ± 5.10 bc	38.3 ± 2.6 a	32.8 ± 1.3 bc
	ハウス苗代区	3.99 ± 0.08 c	12.7 ± 0.4 de	5.4 ± 0.3 b	63.0 ± 3.21 cd	17.3 ± 1.8 b	22.6 ± 0.6 cd
	手撒き苗代区	5.58 ± 0.06 a	16.9 ± 0.6 bc	13.0 ± 0.9	159.3 ± 26.96 a	60.0 ± 11.4	65.3 ± 12.8 a
小倉	普通水苗代区	4.59 ± 0.18 b	17.6 ± 1.2 b	7.0 ± 0.3 ab	103.0 ± 4.09 b	32.0 ± 1.0 a	27.1 ± 1.4 cd
	ハウス苗代区	4.27 ± 0.11 bc	11.3 ± 0.8 e	5.3 ± 0.3 b	46.3 ± 0.61 d	13.0 ± 1.0 b	17.6 ± 0.6 d
	手撒き苗代区	5.19 ± 0.12 a	22.3 ± 0.3 a	10.6 ± 0.6	183.3 ± 14.49 a	57.3 ± 4.7	42.7 ± 3.6 b
2筆 平均	普通水苗代区	4.48 ± 0.07 b	15.4 ± 0.7 b	7.0 ± 0.3 a	97.8 ± 5.10 b	35.2 ± 1.6 a	30.0 ± 1.2 b
	ハウス苗代区	4.13 ± 0.09 c	12.0 ± 0.5 c	5.3 ± 0.2 b	54.7 ± 3.21 c	15.2 ± 2.5 b	20.1 ± 0.9 c
	手撒き苗代区	5.39 ± 0.11 a	19.6 ± 1.2 a	11.8 ± 0.7	175.3 ± 26.96 a	58.2 ± 4.5	50.3 ± 5.8 a

平均値 ± 標準誤差 (N=5, 6 反復)

異符号間は有意差あり (Tukeyの多重比較検定5%水準)

根長，根重は苗の抜根に違いがある (ポット苗から，土壌から) ため手撒き苗代区は参考とした。

苗質指数 = 草重 × 葉齢 / 草丈

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05

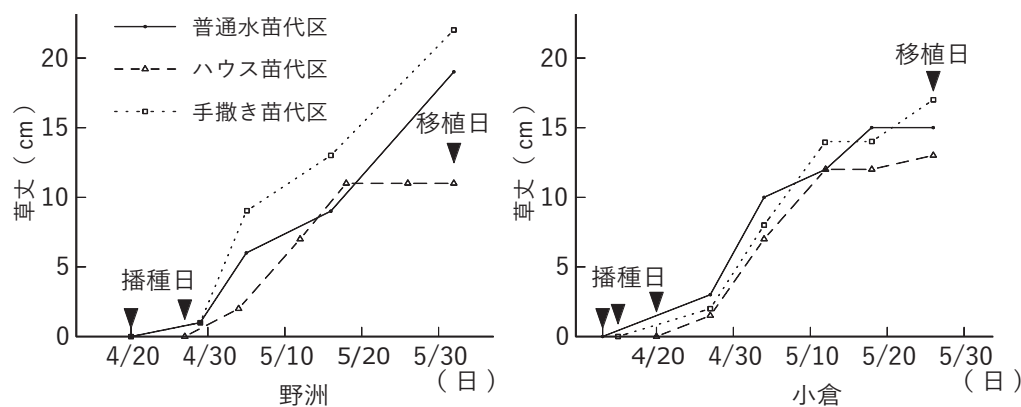


図2. 苗の草丈の推移

4枚使用したが、生育のバラツキは見られなかったため、苗代は均平であり育苗箱と苗床に空隙が生じたとは考えにくい。参考ではあるが、過去に同じビニルハウスで育苗した苗の葉齢と草丈を示した(表3)。2023年は品種が異なるものの育苗位置の違いにより草丈に差があり、生育に違いがあった。本試験(2024年)は野洲も小倉も草丈が比較的に低いことがわかる。

手撒き苗代区は、ポット育苗箱の制約がないため根が自由に伸び、草丈も苗質指数も有意に高くなった。

表3. ビニルハウスの育苗の葉齢と草丈(参考資料)

年	水田	品種	稈長	草型	早晚成	播種	移植	育苗期間	葉齢	草丈 (cm)
2024年	野洲	ベニアサヒ	長	穂重	晩生	4月20日	5月26日	36日	3.99 ± 0.08 b	12.7 ± 0.4 b
2024年	小倉	ベニアサヒ	長	穂重	晩生	4月27日	6月01日	35日	4.27 ± 0.11 ab	11.3 ± 0.8 b
2014年	亀岡	秋の詩	中	中間	中生	4月13日	5月17日	34日	4.55 ± 0.08 a	10.8 ± 0.4 b
2023年	小倉	ベニアサヒ	長	穂重	晩生	4月23日	5月28日	35日		12.3 ± 0.4 b
2023年	小倉B	ベニアサヒ	長	穂重	晩生	4月23日	5月28日	35日		15.9 ± 0.4 a
2023年	亀岡	コシヒカリ	中	中間	早生	4月15日	5月21日	36日		17.5 ± 0.8 a

平均値 ± 標準誤差

異符号間は有意差あり (Tukeyの多重比較検定5%水準)

育苗場所は全て、本試験と同じ野洲の近隣ビニルハウス

亀岡: NPO無施肥亀岡市試験水田

小倉B: 本試験の小倉に隣接する水田

2023年の草丈は写真判定

4 (2) . 収量および収量構成要素

収量および収量構成要素には、水田間には有意な差があるものの、処理区間には小倉の一穂粒数を除き、有意な差がなかった (表4) .

表4. 収量および収量構成要素

水田	区	収穫指数	穂数(本/m ²)	一穂粒数(粒/穂)	登熟歩合	1000粒重(g)	収量(g/m ²)
野洲	普通水苗代区	0.394 ± 0.004 b	202.4 ± 3.1 a	68.9 ± 3.1 d	0.772 ± 0.012 b	24.3 ± 0.7 a	337.7 ± 8.3 ab
	ハウス苗代区	0.398 ± 0.005 b	198.7 ± 7.9 a	71.1 ± 2.4 cd	0.775 ± 0.010 b	23.7 ± 0.1 ab	334.7 ± 14.3 ab
	手撒き苗代区	0.388 ± 0.012 b	186.2 ± 3.3 a	71.8 ± 2.0 cd	0.760 ± 0.023 b	23.4 ± 0.3 ab	313.6 ± 12.2 b
小倉	普通水苗代区	0.434 ± 0.011 a	197.6 ± 6.8 a	82.3 ± 1.5 b	0.881 ± 0.008 a	22.7 ± 0.1 b	369.2 ± 14.0 a
	ハウス苗代区	0.443 ± 0.003 a	204.4 ± 5.7 a	81.0 ± 1.9 bc	0.917 ± 0.006 a	23.1 ± 0.1 ab	381.9 ± 9.9 a
	手撒き苗代区	0.457 ± 0.005 a	177.4 ± 8.3 a	92.4 ± 2.4 a	0.914 ± 0.005 a	23.0 ± 0.1 ab	376.2 ± 15.0 a
水田		***	***	***	***	***	***
処理		ns	ns	*	ns	ns	ns
水田×処理		ns	ns	ns	ns	ns	ns

平均値±標準誤差 (N=10, 5反復)

異符号間は有意差あり (Tukeyの多重比較検定5%水準)

絶乾後水分補正 (15%)

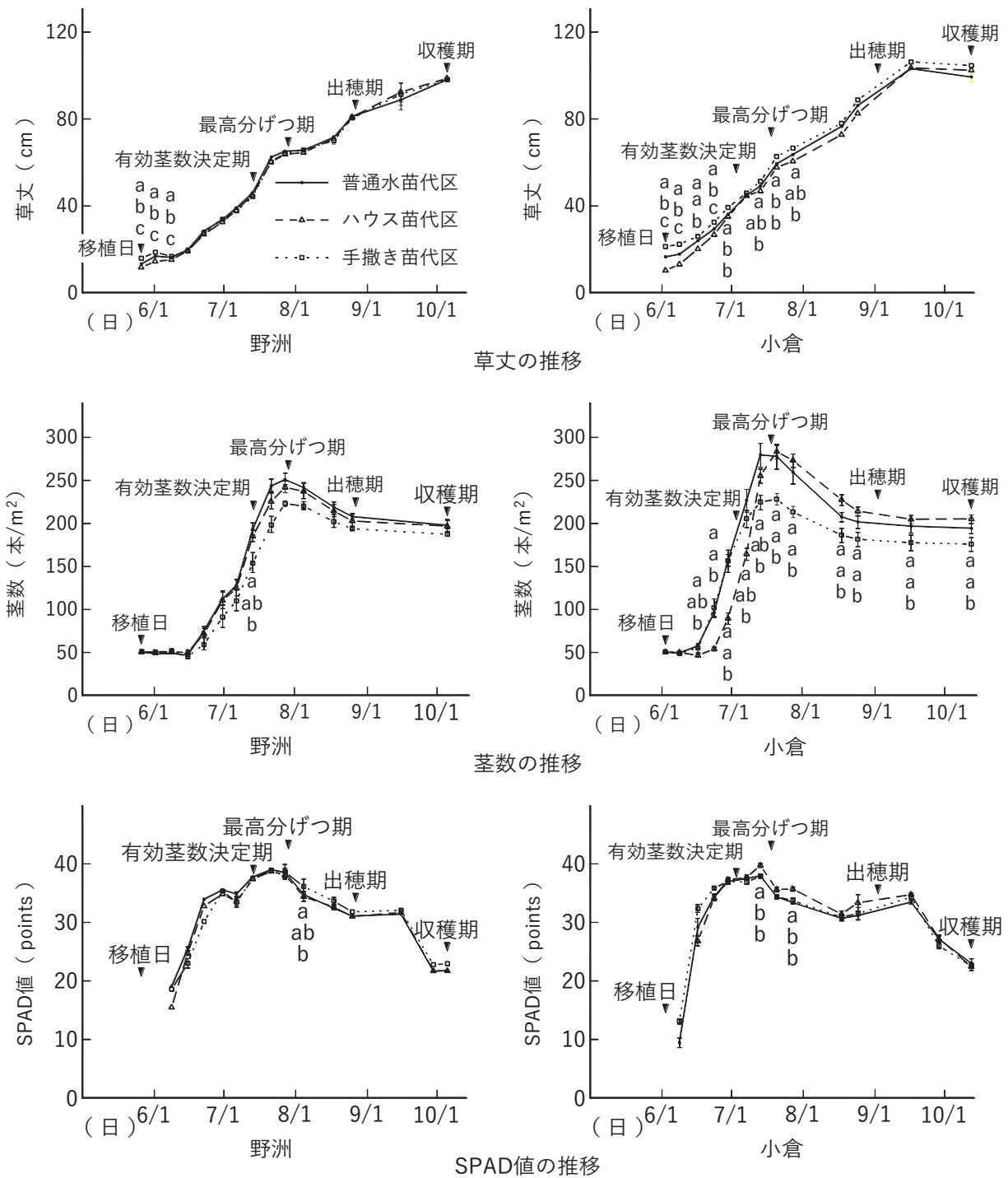
収量(g/m²)=精玄米重×0.83×栽植密度

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05,

4 (3) . イネの生育

野洲では、草丈の推移は生育初期には苗の草丈と同じ順 (手撒き苗代区>普通水苗代区>ハウス苗代区) で有意な差があったが、移植後3週目には有意な差がなくなり、そのまま収穫まで有意な差はなかった。茎数の推移は手撒き苗代区がやや他の2処理区より低く推移したものの有意な差がなく推移した。SPAD 値の推移もある時期を除いて有意な差がないまま推移した (図3) .

小倉では、草丈の推移は苗の草丈と同じ順 (手撒き苗代区>普通水苗代区>ハウス苗代区) で出穂期まで推移した。茎数の推移は有効茎数決定期までハウス苗代区が有意に低く推移した。これは、ハウス苗代区は移植時の草丈が短く (特に3本のうち草丈2, 3番目の苗) , ジャンボタニシの被害を受けたためと考えられた。しかし有効茎数決定期以降は逆にハウス苗代区が最も高く推移したが、その理由は不明である。最高分げつ期から収穫までは、手撒き苗代区が有意に低く推移したが、その理由も不明である。SPAD 値の推移は有意な差がないが有効茎数決定期以降はややハウス苗代区が高く推移した。



誤差バー：標準誤差 (N=10, 5反復)
 異符号間は有意差あり
 (Tukeyの多重比較検定5%水準)

図3. イネの生育の推移

5. 考察

5 (1) . 普通水苗代とハウス苗代の苗の素質

本試験では、測定した苗の素質の全てについて、ハウス苗代区の方が普通水苗代区より有意に低かった。畑苗代の方が水苗代より苗の素質に富むとするこれまでの知見（西尾ら、1978）と逆の結果となった。気象条件をはじめとする環境要因の違いから、栽培年により苗の生育が異なる可能性があるが、2024年については、ハウス育苗は草丈があまり生長せず短かった。それに対し、路地でおこなう普通水育苗は水が豊富で長い期間にゆっくり良質な苗が生育できたと考えた。

5 (2) . 苗の素質が収量に及ぼす影響

本試験の長期無施肥栽培では葉齢や苗質指数には有意な差があったが、収量および収量構成要素に差はなかった。これは初期の分けつ数に差が無かったことから活着力に差がなく、苗の草丈に差があっても、出穂期以降の生育には差がなくなり、それらから収量および収量構成要素には有意な差がなかったと考えられた。長期無施肥栽培では生育初期は特に根の発達が著しく（丸田ら、2024）倒伏や病虫害の不安が少ないため、苗質にかかわらず出穂期までには必要な養分供給ができると考えられた。

本試験の苗の素質の範囲内では、収量に差は無かったが、更に小さい苗では、移植直後の水管理が重要になり、みのる産業の田植え機に上手く掛からない可能性もあり、収量に差がでる可能性も考えられる。

6. まとめ

普通水苗代とハウス苗代のどちらが健全な苗：苗質指数であるかの究明を目的としたが、本試験結果では普通水苗代区の方がハウス苗代区より苗質指数有意に高かったが、2024年だけの結果の可能性はある。

そして苗質指数の高い苗を使用すれば増収に繋がると考えていたが、苗質指数には手撒き苗代区：普通水苗代区：ハウス苗代区=5：3：2の大差がついたが、収量には有意な違いはみられなかった。無施肥栽培では本試験の範囲の苗の素質であれば、収量に影響しないと考えられた。これが、2024年だけの結果なのか、無施肥栽培特有の現象なのか、慣行栽培でも同様のことがいえるのかは今後の研究課題である。

引用文献

- 稲葉光國（2007）無農薬・有機のイネづくり．農山漁村文化協会，78．
- 井上健一，湯浅佳織（2001）水稲品質食味要因の安定性に関する解析的研究 第1報 苗質がコシヒカリの初期生育と収量品質におよぼす影響．福井県農業試験場研究報告，第38号，8．
- 香山俊秋（1962）水稲の育苗技術．朝倉書店，166-167．
- 丸田信宏，多田光史，白岩立彦（2024）長期無施肥無農薬栽培水稲の生育・収量・品質の特徴．NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2024 年度研究報告会，10．

森誠, 小林正幸 (2024) 異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の玄米収量と経年変化 (2023 年度). NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2024 年度研究報告会, 5-6.

西尾敏彦, 藤井定吉 (1978) 水稻苗の物理的性質に関する研究 第 4 報 二・三の育苗条件が苗の物理的性質におよぼす影響. 日本作物学会紀事. 47 (1), 113.

小野雄, 久保清昭 (1958) 鹿児島県における水稻早期栽培と耕地事業. 農業土木研究, 25 卷 7 号, 442.

崔晶, 楠谷彰人, 豊田正範, 浅沼興一郎 (2000) 多収性水稻の品種生態に関する研究 苗質と本田初期生育との関係. 日本作物学会紀事. 69 (3), 312.

山本由徳 (1997) 作物にとって移植とはなにか 苗の活着生態と生育相. 農山漁村文化協会, 168.

中耕除草回数の違いが長期無施肥無農薬栽培水稻の 生育・収量に及ぼす影響（第4報）

林政樹^{1*}・丸田信宏¹・家田善太¹・多田光史^{1,2}・白岩立彦¹
(¹NPO 無肥研・²京大院農)

【背景および目的】

慣行栽培・有機栽培・無施肥無農薬栽培などあらゆる農法において、農作物と養分を競合する雑草の処理は収量確保の観点から重要だと考えられる。殊に人為的に肥料などの有機物を投入せず、除草剤などを用いない無施肥無農薬栽培（無施肥栽培）においては雑草管理は重要であると考えられる。

山形県にある無施肥栽培4年目の圃場で行われた先行研究では、水稻栽培において中耕除草作業は土壤の養分を奪う雑草を除去するという利点とともに、土壤の攪拌により土壤の表層で固定された窒素を微生物体として土中に取り込み、分解させる効果があることを認め、増収につながることを指摘している（粕淵・荒生 2021）。しかし、より長期間継続された圃場や他の地域、品種での報告はない。そこで、10年以上の長期間、継続的に無施肥栽培を行い、収穫後稲わらも水田から持ち出している京都府の圃場において、長期無施肥栽培における効果的な中耕除草回数を明らかにすることを目的として2021年よりNPO無肥研で調査を行っている。

これ迄の調査では、3水田で0回、2回、6回除草区を比較し、生育、収量、品質を調査した。また雑草を観察するとともに乾物重を測定した。その結果、3水田ともに除草回数が多いほど水稻の生育が優れ・収量が高く、単位面積で生産される水稻と雑草の乾物重の和（総植物乾物重）も同様の傾向が確認されたことから、中耕除草による除草効果とともに土壤攪拌により植物生産量が増加したことも示唆された。

2024年は更なるデータの蓄積とより効果的な長期無施肥栽培における中耕除草回数と時期を検討する為、例年と同様の調査を行ったと共に、新たな試みとして2回除草区に今迄の移植後3週目、6週目に加えて、新たな2回除草区（2週目、5週目）を設けた。

【材料および方法】

1. 供試水田について

実験は、京都府亀岡市のおたがい接する2水田（亀岡1、亀岡2）、京都府宇治市小倉の1水田の3筆で行った。それぞれの水田の概要は表1に示した。いずれの供試水田も、無施肥栽培開始年から1年も途切れることなく継続的に水稻栽培を行っている。収穫後、刈り株以外は圃場から持ち出し、有機質資材を含め全くの無肥料・無農薬条件で栽培を継続している。耕起は1月に冬耕、田植え約1ヶ月前に春耕、田植え前に荒代掻きと本代掻きを行った。用排水は分離されており、上流にある水田からの排水は入っていない。

表 1. 供試水田の概要

水田名	場所	環境	土壌分類	水源	無施肥栽培開始
亀岡1水田	京都府亀岡市	盆地	灰色低地土	貯水池および井戸	1993
亀岡2水田	京都府亀岡市	盆地	灰色低地土	貯水池および井戸	2009
小倉水田	京都府宇治市小倉	干拓地	強グライ土	宇治川	2003*

土壌分類は農業環境技術研究所「土壌情報閲覧システム」より

* 2006年に表層土約15cmをスキ取り隣接の畑に盛土し、スキ取ったところへ1951年より

無施肥栽培を実施してきた粟東水田の表層土約15cmを運搬し移設

2. 供試品種と栽培概要

供試品種は、コシヒカリ（亀岡1水田，亀岡2水田）とベニアサヒ（小倉水田）を用いた。籾種はそれぞれの圃場，もしくは近隣の無施肥無農薬栽培圃場で前年に収穫した籾を翌年に栽培することを継続的に行っているものを用いた。ポット育苗箱（ミノル産業製）に1ポット3粒で播種し，水田苗代で約40日間育苗した後，1株あたり3本を手植えで本田に移植した。栽植密度は16.8株/m²（株間18cm×条間33cm）。中干しは行わず，収穫約2～3週間前まで常時湛水状態を維持した。

3. 除草方法と試験区の設定

中耕除草はエンジン付き水田用小型管理機ミニエース（太昭農工機製 TG-ES，図1）で行った。2条分の除草ができる機械で，それぞれの除草時に例年同様1度ずつ走行した。各圃場に除草回数違う4区（0回区，2回(早)区，2回(遅)区，6回区。）をそれぞれ3反復ずつ設置した。それぞれの除草日は表2の通りである。中耕除草期間は，幼穂形成期にはいる移植6週間後までに，2回(早)区は移植後2週目と5週目（新設区），2回(遅)区は3週目と6週目（例年通り），6回区はおよそ1週間隔で行った。

表 2. 各水田における試験区ごとの除草日

亀岡1水田，亀岡2水田				小倉水田					
除草日	0回	2回(早)区	2回(遅)区	6回	除草日	0回	2回(早)区	2回(遅)区	6回
5/25				+6	6/8				+6
6/1		+13		+13	6/16		+14		+14
6/9			+21	+21	6/23			+21	+21
6/16				+28	6/29				+27
6/22		+34		+34	7/7		+34		+34
6/29			+41	+41	7/13			+40	+40

各3反復。数字は本田移植後の日数
雑草採取日は9/6,7

各3反復。数字は本田移植後の日数
雑草採取はジャンボタニシの被害により無し



図 1. 小型管理機ミニエース

4. 調査項目

①生育調査：本田移植後 2 週間目より、生育調査株について、莖数・草丈・SPAD 値（ミノルタ SPAD-502 を使用）を 1～2 週間ごとに測定した。

②雑草調査：雑草の発生程度観察および雑草採取は、収穫日もしくはその前日に行った。1 m²当たりの雑草を採取し地上部の乾物重を測定するとともに、写真を撮影した。

③収量調査：収穫後は、ビニールハウスで約 2 週間乾燥させた後、生育調査した全株について、収量構成要素を計測した。

全株において、穂数、各株の稈長+穂長が最も長いものの稈長、穂長、節間長を計測した。

各区 10 株の中から穂重が中庸な 3 株について塩水選を行い（比重 1.06）、登熟粒数、不稔粒数を数え、一穂粒数、登熟歩合を算出した。粒を乾燥させた後（乾燥は 70°C72 時間以上）、計算（0.83 倍した）により各区 10 株の収量、および千粒重を求めた（含水率を 15%に調整し算出）。さらに、上記の 3 株の藁を乾燥させ、そこから各区の藁重を算出した。）

処理効果の検定は分散分析により、処理区間差の検定は Tukey の多重比較により行い、ともに統計ソフト「R 3.3.2」を用いた。

【調査結果および考察】

1. 収量および収量構成要素

例年同様、実験は亀岡 1、亀岡 2 水田、小倉水田で行ったが、今年は小倉水田においてジャンボタニシの被害が深刻であり、試験区の苗の植え替えを頻繁に行った為、今年は亀岡 1、亀岡 2 水田のみの発表とする。

亀岡 1、亀岡 2 水田全体でみた玄米収量は例年同様、除草回数が多いほど高い傾向があり、0 回区と 2 回(早)区、2 回(遅)区、6 回区の間には有意差を確認した（表 3）。

しかし水田毎に見ていくと、亀岡 2 水田では除草回数が多い程、玄米収量が高い傾向にあるが、亀岡 1 水田では 2 回(早)区、2 回(遅)区よりも 6 回区の方が玄米収量がやや低くなった。

亀岡 1 水田において風乾粒重を調べたところ、除草回数が多くなるほど重くなっていたが、塩水選後の絶乾粒重を調べた結果は 6 回区よりも 2 回(早)区、2 回(遅)区の方が重くなっていた。この事から 6 回区において未熟粒が多かった事が原因であると考えた。

また亀岡 1、亀岡 2 水田ともに、今年から新たに設けた 2 回(早)区と 2 回(遅)区の間にはほぼ差は無いものの、2 回(遅)区の方がやや収量が多かった。

収量構成要素でも概ね例年同様の結果がみられ、除草回数が多いほど、全乾物重、収量は高い傾向にあった。穂数、一穂粒数、登熟歩合、千粒重には処理の違いによる一定の傾向は確認できなかった。

2022 年～2024 年の亀岡 1、亀岡 2 水田全体でみた時の 0 回除草区に対する 2 回(遅)区、6 回区の収量比はそれぞれ、123 %、140 %であるのに対して、2024 年における亀岡 1、亀岡 2 水田全体でみた時の 0 回除草区に対する 2 回(早)区、2 回(遅)区、6 回区の収量比は、124%、127 %、132%となり、概ね例年と同様の傾向がみられた。また 2022 年～2024 年間、全圃場でみた時の除

草回数による収量差は除草回数が多い程収量も多く、0回区と6回区の間には有意差を確認した。
(表4)。

表3. 2024年収量構成要素

水田	処理	全風乾重(g/株)		穂数(本/m ²)		一穂粒数(粒/穂)		登熟歩合	千粒重(g)		収量(g/m ²)		
K1	0回除草	35.9		180.7		50.3		0.76	21.6		193.7		
K1	2回除草 (早)	43.0		199.2		56.4		0.75	22.0		247.3		
K1	2回除草 (遅)	42.7		185.7		62.9		0.80	21.5		250.0		
K1	6回除草	46.5		203.1		53.8		0.70	21.7		235.5		
K2	0回除草	37.8		197.5		46.7		0.75	21.6		198.6		
K2	2回除草 (早)	47.2		229.5		48.2		0.67	21.9		241.9		
K2	2回除草 (遅)	44.5		216.6		52.0		0.77	21.9		247.4		
K2	6回除草	50.9		222.2		58.7		0.70	22.0		284.1		
平均	K1	42.0	a	192.2	b	55.9	a	0.75	a	21.7	a	231.6	a
	K2	45.1	a	216.5	a	51.4	a	0.72	a	21.9	a	243.0	a
除草回数	0回除草	36.8	C	189.1	A	48.5	A	0.76	A	21.6	A	196.1	B
	2回除草 (早)	45.1	AB	214.4	A	52.3	A	0.71	A	22.0	A	244.6	A
	2回除草 (遅)	43.6	B	201.2	A	57.4	A	0.78	A	21.7	A	248.7	A
	6回除草	48.7	A	212.7	A	56.3	A	0.70	A	21.9	A	259.8	A
水田		**	**		N. S.		N. S.		N. S.		N. S.		
除草回数		***	*		N. S.		N. S.		N. S.		**		
水田×除草回数		N. S.		N. S.		N. S.		N. S.		N. S.		N. S.	

平均値±標準誤差

異符号間は有意差あり (Tukeyの多重比較検定5%水準)

絶乾後水分補正 (15%)

収量(g/m²) = 精玄米重 × 0.83 × 栽植密度

表4. 2022~2024年収量構成要素

水田	年	処理	全風乾重(g/株)		穂数(本/m ²)		一穂粒数(粒/穂)		登熟歩合	千粒重(g)		収量(g/m ²)		
K1	2022年	0回除草	31.1		144.2		64.1		54.7	22.2		93.0		
		2回除草 (遅)	34.7		150.4		66.0		63.8	22.7		116.8		
		6回除草	42.4		178.5		69.9		66.7	22.6		140.5		
	2023年	0回除草	35.1		168.4		75.2		87.3	20.5		215.8		
		2回除草 (遅)	39.9		171.7		82.9		88.2	20.7		248.8		
		6回除草	43.1		182.9		87.9		88.0	21.2		266.6		
	2024年	0回除草	35.9		180.7		50.3		76.3	21.6		193.7		
		2回除草 (早)	43.0		199.2		56.4		74.9	22.0		247.3		
		2回除草 (遅)	42.7		185.7		62.9		79.7	21.5		250.0		
			6回除草	46.5		203.1		53.8		69.8		235.5		
	K2	2022年	0回除草	31.0		198.1		53.1		89.4	20.4		182.3	
			2回除草 (遅)	37.8		211.6		68.2		91.7	20.3		230.2	
6回除草			44.7		240.7		71.7		91.7	20.4		282.3		
2023年		0回除草	30.3		157.1		74.7		88.5	20.3		188.6		
		2回除草 (遅)	35.9		167.8		88.9		86.1	20.7		221.4		
		6回除草	41.0		181.8		87.5		89.0	20.8		269.2		
2024年		0回除草	37.8		197.5		46.7		75.2	21.6		198.6		
		2回除草 (早)	47.2		229.5		48.2		66.7	21.9		241.9		
		2回除草 (遅)	44.5		216.6		52.0		76.5	21.9		247.4		
			6回除草	50.9		222.2		58.7		70.3		284.1		
R		2022年	0回除草	66.2		182.9		90.5		95.2	23.2		356.6	
			2回除草 (遅)	70.6		196.4		88.3		95.2	22.8		397.6	
	6回除草		74.3		199.2		102.2		95.0	22.8		429.7		
	2023年	0回除草	58.5		161.6		86.7		93.9	22.1		239.6		
		2回除草 (遅)	63.8		170.0		94.1		94.3	22.0		305.7		
		6回除草	68.8		175.1		98.1		93.9	22.2		359.9		
平均	K1	39.4		176.5		66.9		75.0	21.7		200.8			
	K2	40.1		202.3		65.0		82.5	21.0		234.6			
	R	67.0		180.9		93.3		94.6	22.5		348.2			
除草回数	0回除草	40.7		173.8		67.7		82.6	21.5		208.5	B		
	2回除草 (遅)	46.2		183.8		75.4		84.5	21.6		252.2	AB		
	6回除草	51.5		198.0		78.7		83.1	21.7		283.5	A		

2. 雑草採取・総植物乾物重

亀岡 1, 亀岡 2 水田での雑草の種類は, コナギ, ホタルイが主であった。

雑草乾物重測定を行った亀岡 1, 亀岡 2 水田の調査区の収穫時の雑草地上部乾物重は, いずれにおいても除草回数が多いほど雑草乾物重は小さくなった (図 2)。この事により除草は適切に行われたと考えた。また同区の藁乾物重は, どちらも除草回数が増えるほど重くなる傾向がみられた, さらに, 雑草地上部乾物重と水稻地上部乾物重を合計した単位面積当たりの総植物乾物重は, 程度に違いはあるもののいずれの圃場においても概ね除草回数が多いほど重くなる傾向がみられた。これらのことから, 中耕除草による雑草効果だけでなく, 土壌攪拌により土壌の植物生産量が高くなったと考えた。よって, 多数回中耕除草を行うことにより, 無施肥栽培下で水稻生産量を上げることができると考えられた。これは, 例年と同様の傾向である。

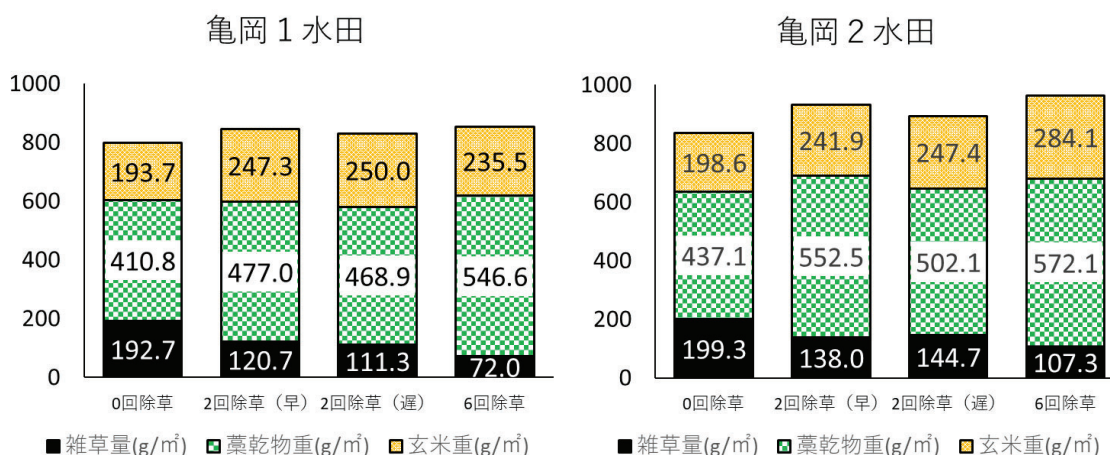


図 2. 1 m²あたりの総植物乾物重 (玄米重, 藁乾物重, 雑草乾物重)

3. 生育調査

亀岡 1, 亀岡 2 水田において, 例年は除草回数が多いほど最高分げつ期が遅い傾向がみられたが, 2024 年は除草回数の違いによる時期の差はみられなかった。

亀岡 1 水田においては, 最高分げつ期頃までは 2 回(遅)区だけが茎数がやや少ない傾向にあったが, 6~8 週目ころから出穂期 (亀岡 1, 亀岡 2 水田: 7/28 頃,) 頃までは 2 回(早)区, 6 回区, 2 回(遅)区, 0 回区に順に茎数が多く推移し, 出穂期頃以降の移植 11 週目あたりより, 6 回区, 2 回(早)区, 2 回(遅)区, 0 回区と, 除草回数が多い程茎数が多く推移し, 無効分げつも少なかった。

亀岡 2 水田において, 最高分げつ期ころ迄は 2 回(早)区, 2 回(遅)区, 6 回区, 0 回区に順で茎数が多く推移したが, あまり差は確認出来なかった。最高分げつ期ころより 2 回(早)区, 6 回区, 2 回(遅)区, 0 回区と, 概ね除草回数が多いほど茎数が多く推移した。また出穂期以降の移植後 11 週目ごろ迄は 2 回(早)区と他の区との差が大きかった。無効分げつ数においては 6 回区が一番少なかったが, 0 回区, 2 回(早), 2 回(遅)区の間では, あまり差は見受けられないものの, 0 回区の方が少なかった。

以上の事から亀岡 2 水田において, 2 回(早)区が他の区よりもやや生育が良いように見受けられ

る部分もあるが、概ね亀岡1、亀岡2水田ともに除草回数が多いほど水稻の生育が良好であったと考えた。

N 吸収の大小を反映する指標として求めた茎数×草丈×SPAD 値において、概ね例年同様いずれの水田、処理区とも出穂期前後の値が最も高く、処理区間差もその頃が最も大きかった。いずれの水田でも移植後7～9週間後以降は概ね除草回数が多いほど高く推移し、中耕除草により適切に雑草処理が行われた、もしくは土壌攪拌による養分供給が行われた、あるいはその両方により水稻の生育に好影響を与えたと考えた。

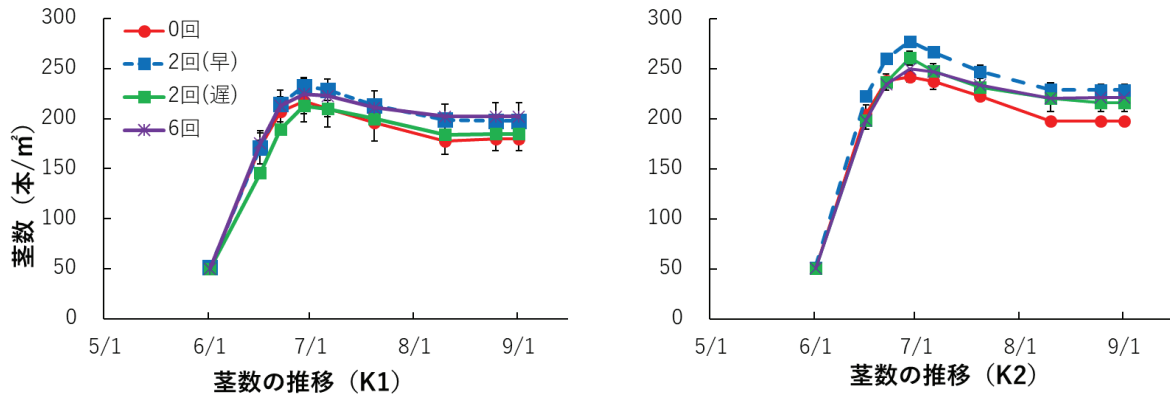


図3. 各水田の茎数の推移

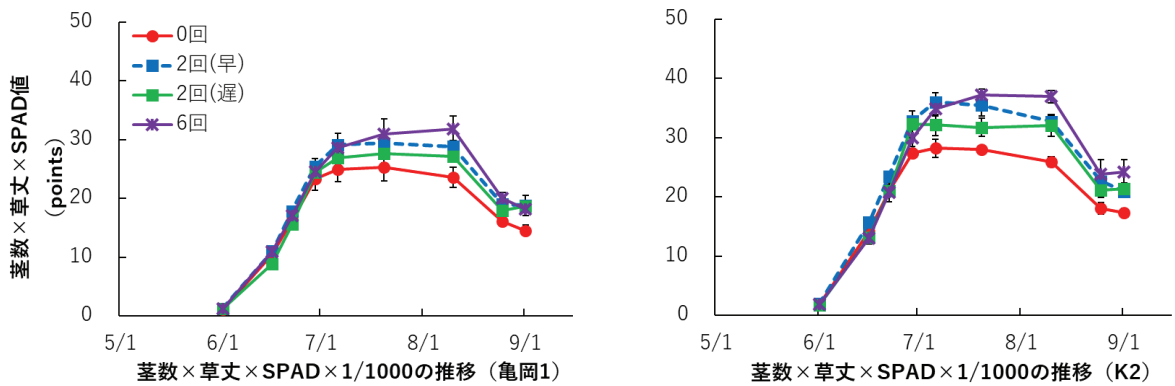


図4. 各水田の茎数×草丈×SPAD 値の推移

【まとめ】

本研究においては調査を行った亀岡1, 亀岡2水田において, 例年同様, 概ね除草回数が多いほど水稻の生育が優れ収量が高く, 単位面積で生産される水稻と雑草乾物重の総量も同様の傾向が確認された. よって中耕除草による除草効果とともに土壌攪拌により植物生産量の増加も示唆された.

効果的な長期無施肥栽培における中耕除草回数と時期については, 今回新たな試みとして, 除草区を例年の2回(遅)区に加えて2回(早)区も設けたが, 特筆すべき差は見受けられなかった. 除草回数が多い程収量が多い結果であるが, 2回区と6回区の間には有意差は無かった事. 2回区と6回区の収量差は12%程度である事, 6回除草だと2回区よりもさらに4回余分に除草に入る事等を考慮すると2回(早)区もしくは2回(遅)区が良いのではないかと考えた.

【引用文献】

荒生秀紀 2016. 無肥料・無農薬水田における多数回中耕除草とその効果. : 岩手大学大学院連合農学研究科生物生産科学専攻(山形大学)博士論文(未公刊)

粕淵辰昭・荒生秀紀 2021. 自然との共生をめざすコメ作り—江戸時代に学ぶ新農相—. 新農書 118-120

長期無施肥無農薬栽培水稻の生育・収量・品質の特徴（第2報）

丸田信宏^{1*}・多田光史^{1, 2}・白岩立彦¹

(¹NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会・²京都大学大学院農学研究科)

背景および目的

近年、環境に配慮した持続的な農業や健康への関心の高まり、資材価格高騰による投入資源の少ない無肥料栽培、環境や人体への負荷の小さい無農薬栽培が少しずつ広がりつつあるが、まだその耕作面積は限定的である。当 NPO が推奨している無施肥無農薬栽培（以下無施肥栽培）で水稻栽培を開始する生産者の最大の関心事として、この栽培法で得られる収量とコメの品質が挙げられる。より高い収量を得るための栽培法に関しては、慣行水稻栽培と異なる管理方法が無施肥栽培に適している可能性もある。その適切な管理方法に迫る一つのアプローチとして、無施肥栽培水稻の生育特徴を科学的につかむことだと考えた。また、品質に関しては慣行栽培と比較してその優位性を明らかにすることが有益だと考えた。そこで本実験では、慣行栽培水稻と比較しながら無施肥水稻の生育・収量・品質の特徴を明らかにすることを目的し、それが無施肥栽培普及の一助となると考えた。無施肥と慣行栽培水稻の比較実験は今までも数例あるものの、生育、収量、品質を個別に検証しているものが多く、総合的に評価した知見は少ない。さらに長期無施肥水田で実施した報告例もほとんどない。本実験は当 NPO 管理の無施肥栽培を 20 年以上継続している圃場および近隣の慣行栽培圃場において水稻の生育、収量および品質に関する比較調査を 2023 年より行っている。

2023 年に行った 3 地点の結果から、無施肥区の収量は慣行比 40-65%であったが、品質においては無施肥米が優っていた。2024 年は新たに食味官能評価も実施した。また、予備実験として総根長を測定したが、無施肥水田の根の発達を示唆する結果となった。過去にも無施肥栽培水稻が生育末期まで根部は健全かつ生長を持続することを報告している例(長谷川ら, 1979)もあるが、根重や総根長など地下部の詳細をさらに明らかにしていくために、2024 年は根部においても調査を行った。

材料および方法

1. 供試水田について

2023 年は近畿地方 3 地点で調査を行ったが、2024 年はそのうちの 1 地点でのみ実験を行った。本報告ではある巨椋池干拓地にある京都府宇治市圃場での 2 年間のデータを分析した。供試圃場は無肥研管理圃場と水路を隔て隣接する慣行栽培圃場で、無施肥圃場は 2023 年と 2024 年では隣り合った別の圃場を用いたが、栽培を開始した 2003 年は生育などに違いが確認されていたものの、近年は概ね同様の生育、収量が確認されているため、本実験では同質な圃場として扱った。用排水は分離されており、隣接水田からの排水は入っていない。

無施肥水田は 2003 年より途切れることなく継続して無施肥栽培を行っている。収穫後は刈り株以外は圃場から持ち出し、有機質資材を含め人為的に一切有機物を投入しない全くの無肥料・無農薬条件で栽培している。

慣行水田は、耕作者の管理方法で栽培し、収穫後は稲わらを土壤に還元している。肥料や除草剤は表1に記載したものを使用した。

表1. 供試水田管理 (2023・2024)

水田	栽培年	播種日	移植日	最高分蘗期	出穂期	収穫日	管理
無施肥	2023	4/23	5/28	7/4頃	9/1頃	10/22	・手取り除草を1~2回 ・中干しなし
	2024	4/20	6/2	7/14頃	9/2頃	10/14	・収穫後、稲わらを持ち出す ・灌漑水かけ流しの時期がある
慣行	2023	4/23	6/4	7/8頃	8/30頃	10/22	・「有機入りセラコートR355」(N:P ₂ O ₅ :K ₂ O=13:5:5) 45kg/10a、除草剤「エンペラージャンボ」250g/10a、 ・カメムシ防除「キラップ」3kg/10a
	2024	4/20	6/2	7/30頃	9/8頃	10/14	・中干しあり ・収穫後、稲わらを還元

2. 供試品種と栽培概要

供試品種はベニアサヒ（晩生・穂重型）を用いた。この品種は戦前の古い品種で、過去の実験や知見から無施肥栽培に適していると考えられる（丸田ら，2016-20；中井ら，1995）。無施肥水田で前年まで自家採種を継続している粳種を用い、ポット育苗箱（ミノル産業製）に1ポット3粒で播種し、水田苗代で約40日間育苗した後、1株あたり3本を手植えで無施肥水田および対照慣行水田に移植した。栽植密度は両水田とも16.8株/m²（株間33cm×条間18cm）である。

無施肥水田では中干しは行わず、収穫約3週間前まで常時湛水状態を維持した。除草は1~2回手取りで行ったが、水田に生息するジャンボタニシが雑草を食べるため、地表にほとんど雑草は確認されなかった。収穫後は稲わらを持ち出している。慣行水田の管理は圃場管理者の栽培法に従い（表1）、中干しを行った。稲わらは圃場に還元している。

3. 調査項目

調査は以下の4点について行った。

- (1) 生育調査 (2023・2024) : 各水田3区設け、それぞれ連続10株を測定対象とし、本田移植2週間後より、茎数・草丈・SPAD値（ミノルタSPAD-502使用）を1-2週間ごとに測定した。
- (2) 地上部および根部調査 (2024) : 最高分けつ期頃の7/15、出穂期頃の8/24、収穫期の10/14の計3回、生育調査区内で生育測定株とは別の生育中庸な3株を各回選び、株元の土壤に直径30cmの塩ビ管を20cmの深さで打ち込み、土壤とともにイネを根ごと採取し、土を洗い流した後、以下の3つの方法により調査した。
 - 1) 地上部および根部の姿を地上で、根部を水に浸して写真で記録した。
 - 2) 採取した根をルーツキャンで撮影し、その画像を根系解析専用の画像処理ソフトウェアWinRHIZO (Regent Instruments Inc. Quebec, Canada, 2022) を用いて直径別の総根長を測定した。
 - 3) 地上部、根部の乾物重（乾燥は70°C72時間以上行った）を測定し、R/T比（根乾物重を地上部乾物重で割った値）を計算により求めた。
- (3) 収量諸形質調査 (2023・2024) : 生育調査した全株を収穫後、ビニールハウスで約2週間乾燥させた後、収量構成要素を計測した。全株において、穂数、各株の稈長+穂長が最も長い

ものの稈長，穂長，節間長を計測した。以下の諸形質の求め方は2023年と2024年で変更点があった。(2023年：各区10株の平均的な穂数の3株について籾数，不稈籾数および精籾重を測定。区ごとに粗玄米重，玄米重(粒径1.8mm以上の玄米)，20g粒数(千粒重への換算)および水分率を計測。得られた玄米重量は15%水分に換算して収量とした。2024年：各区10株の中から穂重が中庸な3株について塩水選を行い(比重1.06)，登熟籾数，不稈籾数を数え，一穂籾数，登熟歩合を算出した。籾を乾燥(70°C72時間以上)させた後，計算(0.83倍)により各区10株の収量，および千粒重を求めた(含水率を15%に調整し算出)。さらに，上記の3株の藁を乾燥させ，そこから各区の藁重を算出した。

統計処理は要因の効果を判定するには分散分析，試験区間の比較にはTukeyの多重比較を用いた(Excelアドインソフト「Statcel 4」を用いた)。

(4) 品質評価(2023年・2024年。官能試験は2024年のみ)：3つの方法により品質評価を行った。

- 1) 玄米の食味値を静岡製機株式会社TM-3500を用いて水分，タンパク質，アミロース，脂肪酸度およびスコアを求めた。各指標は3回測定の平均値を求めた。
- 2) 炊飯米食味値を(株)サタケ食味鑑定団を用いて外観，硬さ，粘りより求めた。測定は滋賀県の農業経営技術コンサルタント佐々木茂安氏に依頼した。
- 3) 食味官能試験：パネラーは20代-80代の49名とした(2024年11月のNPO無肥研主催の懇親会参加者)。パネラーには品種や栽培条件など一切の情報を事前に知らせず，同じ型番の家庭用炊飯器で同条件で炊飯した無施肥米および慣行米の2種類を食し，一方(無施肥米)を基準としそれに対する他方(慣行米)の良否を総合評価，外観，粘り，硬さ，香りの5項目で判定した。基準とした無施肥米に対して慣行米の良否を同程度を0とし，それぞれの項目を+3から-3の7段階で評価してもらった。

4. 結果

(1) 生育調査

生育調査を行った茎数，草丈，SPAD値のいずれも，2023年，2024年ともに無施肥区は慣行区よりも低く推移し，慣行区に対する無施肥区の割合は概ね同程度であった(図1)。

生育調査を行った3項目の中で無施肥区と慣行区の差が最も大きかったのは茎数であり，無施肥区の最高分蘗数は，慣行区比約57-63%，最終の穂数は約58-60%であった。区間差が確認され始めたのは，移植4-6週間後頃であった。

草丈の無施肥区の収穫期における慣行区比は約81-83%であった。

SPAD値の推移は無施肥区と慣行区は類似傾向にあった。最も処理区間差が大きかった7月下旬は無施肥区は対慣行区比75-78%であった。

水稻の茎葉に吸収された窒素吸収量と相関が高いとされている「茎数×草丈×SPAD値」(以下窒素指標値)は，無施肥区と慣行区のグラフのピークは概ね同じ時期となった。値の差は移植6週間後頃から現れ，最高分けつ期以降は無施肥区は慣行区の概ね35-45%で推移した。

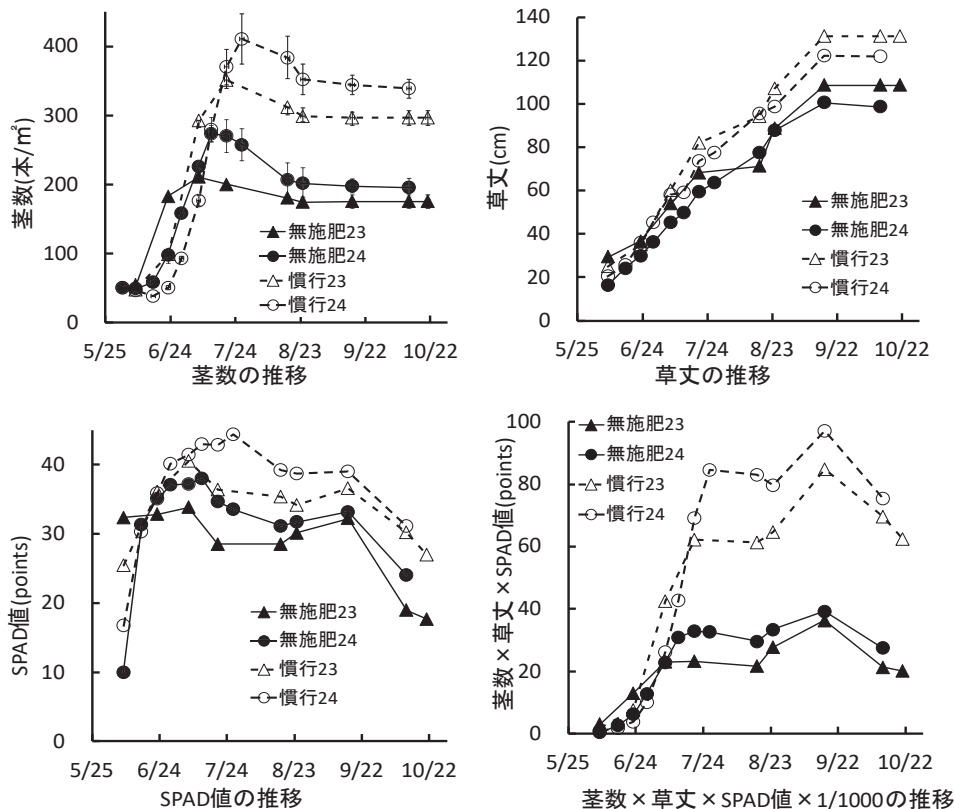


図 1. 生育調査結果 (2023・2024)

(2) 地上部および根部調査

1) 写真による記録

目視による根部の色は、無施肥区が慣行区に比べ赤褐色であった。また、無施肥区は慣行区よりも細い毛細根が多く確認され、根長測定のための洗浄過程でも、無施肥区は毛細根が慣行区よりも多かった。10/14の水中での観察では、無施肥区は慣行区よりも深くに伸びる長い根が多く、慣行区は地表付近の短い根が多く観察された。

2) 総根長

7/15には無施肥区が慣行区よりも総根長は長い傾向がみられ(図2)、それは0.5 mm以下の細かい根が多いためであった。8/24には両区間の差は小さくなり、10/14には区間差はほとんどなかった。

3) 乾物重

調査を行った3回とも、根部乾物重は無施肥区と慣行区に大きな差はなかったが(図3)、地上部乾物重は7/15には同程度であったものの、その後2回は慣行区が無施肥区よりも有意に重くなった。根部と地上部乾物重比であるR/T比は、調査を行った3回とも無施肥区が有意に高かった(いずれの時期も $p < 0.01$)。

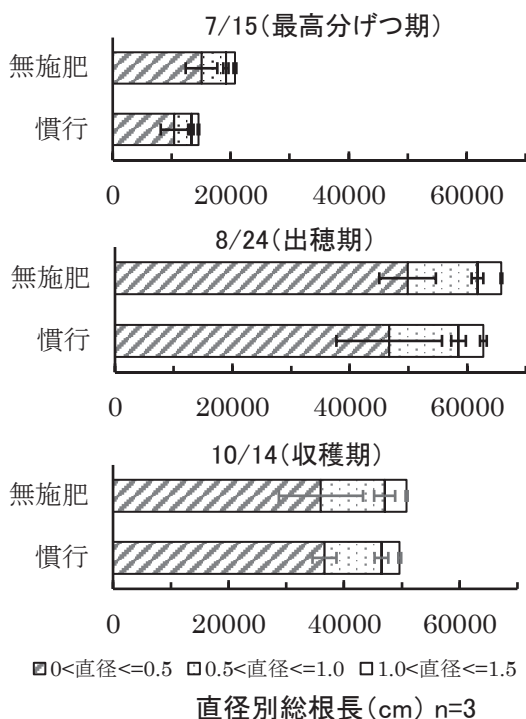


図2. 直径別総根長比較 (2024)

(3) 収量諸形質調査

表2. 収量構成要素 (2023・2024)

水田	収穫指数	穂数(本/m ²)	一穂粒数(粒/穂)	登熟歩合	1000粒重(g)	収量(g/m ²)
無施肥23	0.393 ± 0.00	175.1 ± 5.3	97.6 ± 3.03	0.939 ± 0.01	22.2 ± 0.08	359.9 ± 12.1
無施肥24	0.423 ± 0.01	199.2 ± 12.1	82.2 ± 2.23	0.870 ± 0.01	22.6 ± 0.17	369.5 ± 24.1
慣行23	0.354 ± 0.01	290.1 ± 11.0	93.3 ± 4.87	0.930 ± 0.01	22.9 ± 0.05	525.2 ± 12.9
慣行24	0.427 ± 0.04	336.7 ± 13.4	83.1 ± 6.27	0.919 ± 0.00	23.0 ± 0.24	643.9 ± 63.0
処理	n.s.	**	n.s.	*	*	**
年次	n.s.	*	**	**	n.s.	n.s.
交互作用	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.

平均値±標準誤差 **: p<0.01 *: p<0.05 n.s.:有意差なし (Tukey-Kramer 法)

玄米収量は、無施肥区の方が有意に低く、無施肥区は慣行区に対して57-70%程度となった(表2)。穂数と千粒重は慣行区が有意に大きかった。

収穫後の節間長の割合を比較したところ、無施肥栽培は慣行栽培に比べて生育後期に伸長する上位節間の割合が大きい傾向がみられた(図4)。

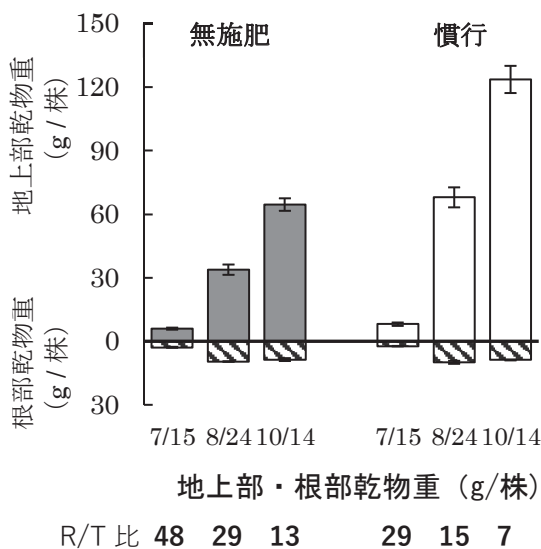


図3. 地上部および根部乾物重・R/T比(2024)

(4) 品質評価

1) 玄米食味

アミロース以外の項目は、2023年と2024年には同様の傾向がみられた(図5)。無施肥区の方が慣行区よりも高スコアであり、タンパク質と脂肪酸度が低かった。

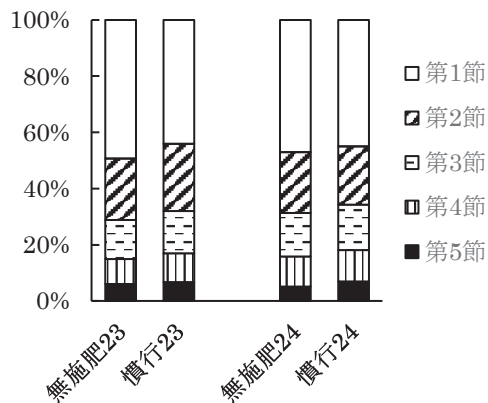
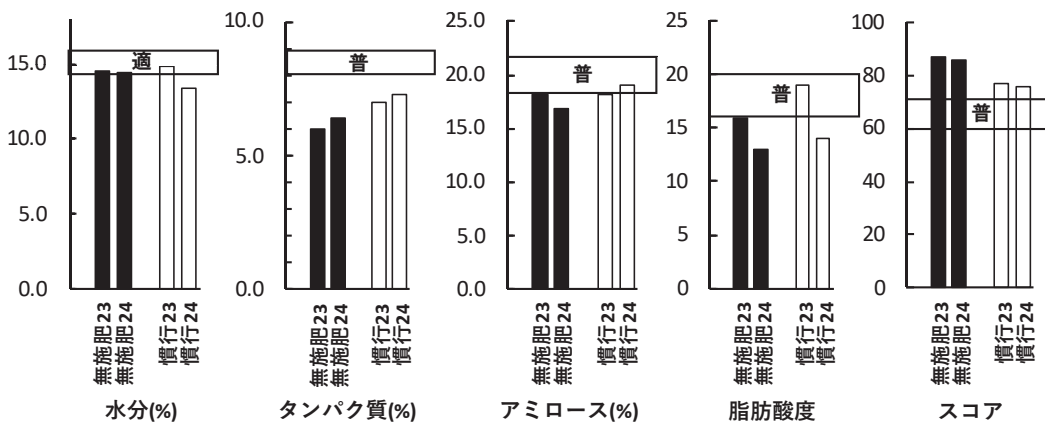


図4. 節間長割合比較 (2023・2024)



図内の適正值等は製造メーカーが示す指標値

図 5. 玄米食味分析結果 (2023・2024)

2) 炊飯米食味

全ての項目において兩年とも同様な傾向がみられ、食味鑑定値は慣行米より無施肥米が優れており、外観、粘りで優り、柔らかいという結果となった (図 6)。

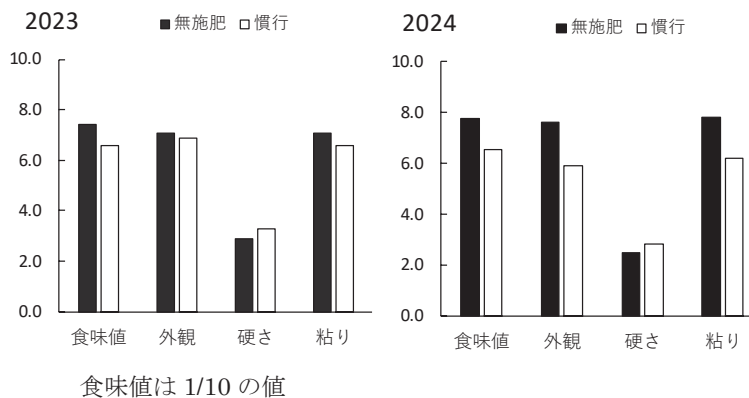


図 6. 炊飯米食味分析結果 (2023・2024)

(3) 食味官能試験

訓練された鑑定員ではなく、程度の数値を付けるのが難しいようであったため、本試験ではどちらが優れているかもしくは同等かのみで分類し分析を行った (図 7)。総合評価では、無施肥米の方が優れていると感じた人数は、全体の 61%となった。外観は、49%が無施肥米が優れているとし、20%が同程度とした。香りは、無施肥米、同程度、慣行米それぞれがおよそ 1/3 ずつとなり、違いは確認されなかった。粘りは、59%が無施肥米が優るとし、慣行米が優ると答えたのはわずか 16%であった。硬いと答えた人数は無施肥米が 22%であったのに対し、慣行米は 65%となった。

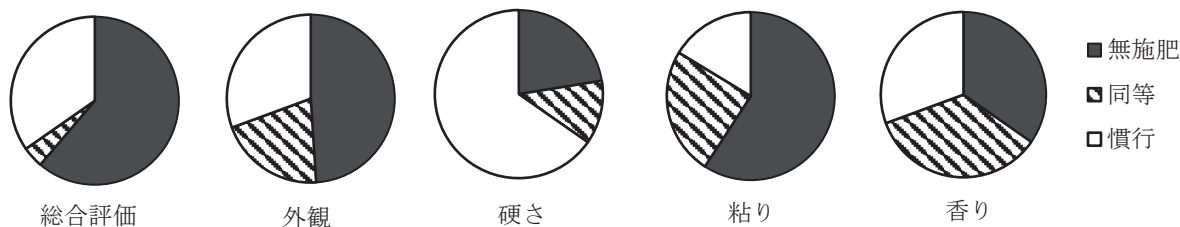


図 7. 食味官能試験結果 (2024) n=49 優れていると感じた人数を割合で示した。

5. 考察

(1) 地上部・根部の生育および収量に関して

生育期間中の窒素指標値が無施肥区は慣行区の概ね35-45%であったにもかかわらず、収量は57-70%程度であったことから、無施肥区の方が慣行区に比べて窒素養分を可食部に有効活用していると考えられた。その要因は、無施肥区は地上部の乾物重や草丈には大きな差があったのに対して、根部乾物重および総根長は同程度に発達していたからではないかと考えられた。根の観察より、慣行区は地表から浅い根が多く、無施肥区は地表から深くへ伸びる長い根が発達していることが推察されたが、無施肥栽培下では慣行栽培よりも根系が大きくすき床下層を貫通して深さ30 cmまで到達していたとする報告(片野ら, 1983)と一致している。慣行区は施肥されているために地表付近に養分が多くあり根は深くに伸びなくても十分養分を供給できたのに対し、無施肥区の土壌養分は限定的なため、養分を求めて地下深くに根が発達したと考えられた。ある一定の収量以上になると、根量が多いというだけでなく、下層根がどれくらい発達するかが重要になる(森田ら, 1988)との指摘もある。今回は深さ20 cmまでの調査であったが、今後さらに地表から深い土壌への調査が必要だと考えられる。また、7/15の根乾物重は無施肥区の方が高い傾向がみられたが、片野ら(1987)も移植後1ヶ月頃は無施肥水稻が根部を充実させることを報告しており、根部発達の時期にも過去の知見と一致点がみられた。地上部乾物重に対する根部乾物重の割合であるR/T比は、無施肥区が最高分けつ期以降収穫期まで有意に高かったことや、生育後期に伸長する上位節間の割合が無施肥区の方が大きいことから無施肥の方が倒伏に対しては強いと考えられた。

これらの結果から、無施肥栽培においては根部の生育が阻害されないような管理が大切であると考えられるが、それは耕起の方法、水管理などが挙げられるが、具体的なことは今後の研究課題である。また、収量は慣行区に比べて60%であるが、投入資材にかかるコストが慣行栽培より少なくて済むことより、経済的に持続可能な農法となる可能性がある。さらに根部発達により倒伏に対して強いことなどは、近年増加傾向にある大型台風や暴風などに対して栽培上大きなメリットであると言える。

(2) 土壌環境と根に関して

赤褐色の正体とその発生の要因

無施肥区の根は、生育期間を通して無施肥区が慣行区に比べ赤褐色を帯びていたが、鉄プラークによるものだと考えられた。水田の湛水条件では土壌中の酸素が乏しくなり、土中の鉄は酸化状態の三価鉄(Fe(III))から還元状態の二価鉄(Fe(II))へと変化し、イネなど湿地植物の根は通気組織を通じて酸素を漏出させるため、根圏では微小な好気条件が生じる。この酸素によってFe(II)は再びFe(III)に酸化され、水酸化鉄や酸化鉄として根の表面に沈着する。この沈着物が鉄プラーク(鉄の酸化被膜)と呼ばれ、赤褐色または橙赤色を呈するため根全体が赤く見える原因となっている(Tripathiら, 2014)。

鉄プラークが無施肥区で顕著に確認されたかの要因は以下の4つが考えられた。

①無施肥の根は健全で、慣行区よりも多くの酸素を根に供給した。

②無施肥では窒素やリンが欠乏しやすく、植物の根は不足要素を獲得するための適応を示す。特にリン(P)欠乏下では、細根の発達 (Lopez-Bucio ら, 2003) や根の通気組織発達によって酸素の放出量が増加し (Kirk & Le Van Du, 1997), 根圏の酸化状態が高まるが、根から放出された酸素により Fe(II)の酸化が促進される過程で水素イオンも副生するため、根圏は局所的に酸性化して土壌中のリン酸塩の溶解度が増し、植物はリンを取得しやすくなる (Haoran ら, 2024).

③中干を行っていないため、還元状態が慣行区より顕著であった。

④無施肥区はかけ流しの時期があり、灌漑水とともに酸素の供給が行われた。

この鉄プラークには、イネ根にとって有害な硫化水素や過剰な Fe(II)そのものを不溶化し、根を保護するため根腐れを防ぐ効果があり (農研機構, 2015), 無施肥栽培では認められなかった根腐れが慣行栽培で認められた事例もある (片野ら, 1983). 根の健全さが生育期間を通して保たれることは収量を確保するには重要であり、無施肥栽培の利点の一つと言える。

また、イネ植物体の細菌群集構造およびメタゲノム解析により、長年窒素肥料を施肥していない低窒素区の方が慣行施肥区よりも窒素固定に関わる細菌群の増加したこと、メタン酸化に関わる細菌群の相対存在比が上昇し、これらが大気中に放出されるメタンガスを減少させることなどを報告している例もある (平野ら, 2001; 南澤ら, 2013). 微生物や菌の働きを活かし、無施肥栽培が収量を維持できるだけでなく環境維持に関しても利点がある可能性が考えられる。

(3) 品質に関して

3つの品質評価で、無施肥米が慣行米に優れていることが示された。

玄米食味評価では、低タンパクであることが高スコアへの要因の一つであったが、同様の調査結果は奥村 (2003) も報告している。精白米のタンパク質含量が多くなると食味が低下することは古くから知られており、玄米中の窒素含量の多い物は食味評価値が低下し、実肥期の窒素施用が玄米中の窒素含量を増加させる (渋谷, 1991). これらの知見と今回の実験結果とは一致しており、上述の指摘がより明確となった。

炊飯米食味と食味官能評価からは、無施肥米は外観が良く、粘りがあり、柔らかく、総合的に優るといふ同様の傾向が確認できた。山下ら (1974) は窒素施肥の食味に及ぼす影響は、タンパク質含量の増大に伴って炊飯の粘性、弾性の低下と硬さの増加を招き食味の低下の原因になると報告しており、このことは玄米食味分析の結果より、無施肥米のタンパク質含量が少ない結果とも矛盾していない。訓練されていない官能試験者とは言え、機械が示す傾向と同様の結果が人の味覚で確認できたことになり、無施肥米のおいしさは消費者にはある程度感じる事ができると考えられる。

以上の結果から、無施肥米の品質の高さが機械による測定だけでなく、一般の人にもある程度確認できることが示唆された。このことは無施肥米の価値の一つであり、生産者は販売価格に反映させることができると考えられる。

6. 結論・今後の課題

無施肥水稻の特徴として、地上部は慣行水稻よりも小さいが、根部においては根重ならびに総根長は慣行栽培と同等もしくはやや優る発達が確認された。このことが、イネが生育期間中に吸収したエネルギーのロスを抑えてある程度の玄米収量確保へと結びつけている。さらに、根部の発達はイネを倒伏が起りにくい型にしており、台風など自然災害に対して有利であると言える。無施肥水稻はより広範囲にわたる根系の発達の可能性も示唆されたので、今後は根系についての研究もさらに進める必要がある。

また、無施肥水稻の根部に多く付着していた酸化による鉄プラークと思われる物質により根が有害物質から保護されること、根腐れを防ぐことも確認され、土壌内で生育末期まで健全な状態であることが示唆された。無施肥栽培は投入資材を減らすとともに、メタン排出の低減の可能性があることから環境にやさしい農法だと考えられる。無施肥米は高品質でおいしいとの結果となったこともこの栽培法の普及に寄与する要因の一つと言える。

今後は、さらなる根と土壌の関係や人間の健康に関する研究が進むことが望まれる。

謝辞：本研究を行うにあたり、慣行栽培圃場の一部を提供くださった北川正人氏、玄米食味計の使用を快諾くださった中道農園の中道唯幸氏、炊飯米食味値を計測くださった佐々木農研の佐々木茂安氏にご協力いただきました。心から感謝いたします。

引用文献

- Haoran Hu, Liyan Bi, Lei Wang, Fangdong Zhan, Xinran Liang, Li Qin, Yuan Li (2024) . The effects of different iron and phosphorus treatments on the formation and morphology of iron plaque in rice roots (*Oryza sativa* L). *Front. Plant Sci. , Sec. Crop and Product Physiology* Vol.14-2023
- 平野清・杉山智子・小杉明子・仁王以智夫・浅井辰夫・中井弘和 (2001). 自然農法におけるイネ品種の生長と根面および根内の窒素固定菌の動態. *育種学研究* 3 : 3-12.
- Jose Lopez-Bucio, Alfredo Cruz-Ramirez and Luis Herrera-Estrella (2003) The role of nutrient availability in regulating root architecture *Current Opinion in Plant Biology*, 6:280–287
- 片野学・佐藤宏・佐藤種治・佐藤正広 (1983) . 自然農法水田における水稻に関する研究. *日作東北支部報* 26.
- 片野学 (1987) . 自然農法水田における水稻栽培に関する研究X. 乾田・湿田における土壌の化学性ならびに水稻根群の形態形成について, 熊本県下の1事例. *九州東海大農紀要* 6 : 5-15.
- Kirk, G.J.D., & Le Van Du. (1997). Changes in rice root architecture, porosity, and oxygen and proton release under phosphorus deficiency. *New Phytologist*, 135(2): 191-200.
- Long-Jun Ding・Jian-Qiang Su・Hui-Juan Xu・Zhong-Jun Jia・Yong-Guan Zhu (2014) Long-term nitrogen fertilization of paddy soil shifts iron-reducing microbial community revealed by RNA-13C-acetate probing coupled with pyrosequencing. *ISME J.* 2014 Aug 29;9(3):721–734
- 丸田信宏・白岩立彦 (2020). 品種と水田の違いが無施肥無農薬栽培における水稻の生育・収量に及ぼす影響. 無施肥無農薬栽培調査研究会 2019 年度研究報告会 : 8-12.
- 南澤究・包智華・板倉学 (2013) . 作物根圏における窒素と微生物の相互作用. *土と微生物* 67-2. :49-53.
- 森田茂紀・菅徹也・山崎耕宇 (1988) . 水稻における根長密度と収量との関係. *日作紀* 57 (3) : 438-443.
- 中井弘和 (1995) . 自然農法 植物遺伝育種学実験法 谷坂隆俊編 朝倉書店, 東京:146-150.
- 農研機構 (2015). お米のよくある質問集 (東北農業研究センター) 農研機構ウェブサイト.

https://www.naro.go.jp/laboratory/tarc/rice_faq/growing/025142.html

奥村俊勝（2003）．無施肥栽培を続ける間に水田の窒素養分供給力（地力）は漸減するのか？ NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会平成 14 年度研究報告会：1-4

渋谷政夫（1991）．施肥と米の食味 食生活総合研究会誌 Vol.2 No.2

竹内史郎・奥村俊勝・長谷川浩（1979）．無施肥田と施肥田における水稻の生育反応の差異．近畿大学農学部紀要 12：135-140

Tripathi, R.D., Tripathi, P., Dwivedi, S., Kumar, A., Mishra, A., Chauhan, P.S., et al. (2014). Roles for root iron plaque in sequestration and uptake of heavy metals and metalloids in aquatic and wetland plants. *Metallomics*, 6(9): 1789-1795.

山下鏡一・藤本堯夫（1974）．肥料と米の品質に関する研究(2) 東北農業試験場研究報告 48：65-79

近隣慣行圃場との比較からみる無施肥無農薬栽培水稻の特徴

多田光史^{1,2*}・桂圭佑²・白岩立彦¹

(¹NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会・²京都大学大学院農学研究科)

農業生産における化学肥料および有機物の投入は地球環境汚染の大きな要因であり (Springmann et al., 2018)、肥料投入を減らした栽培法の確立は喫緊の課題である。化学肥料だけでなく有機物も投入しない無施肥無農薬栽培 (無施肥栽培) は究極の低投入農法であり、その持続可能性の解明は環境負荷の軽減および資源循環型農業の推進に貢献できると考えられる。無施肥水稻栽培においては、実施開始後は生産性が低下するが、一定年数を経過すると生産性が安定することが確認されている (Tada et al., 2023)。しかし、その無施肥水田が有する持続的な生産メカニズムは十分に解明されていない。そのメカニズムに関して、土壌と灌漑水の養分動態に関わる研究は一部でみられるが、物理的・生物学的要因を調査した例はほとんどみられない。さらに、これまでに報告されてきた研究では限られた圃場での調査にとどまっており、知見の一般化が難しい。そこで本研究では、収量構成要素の特徴 (実験①) および土壌特性 (実験②) の観点から、慣行水田に対する無施肥水田の特徴を明らかにすることを目的とした。

実験① 慣行水稻に対する無施肥水稻の収量構成要素の特徴

【材料および方法】京都府、滋賀県、福井県にわたる 7 地点 16 圃場の無施肥水田とその近隣の慣行水田において、収穫期に圃場 3 点から連続 10 株の株刈調査より収量・収量構成要素を調査した。品種は‘コシヒカリ’が最も多く 13 圃場、‘ベニアサヒ’が 4 圃場、‘キヌヒカリ’が 2 圃場、‘にじのきらめき’、‘日本晴’、‘新羽二重糯’、‘秋の詩’が 1 圃場ずつで栽培されていた。無施肥水田の継続年数は 10 年まで、11～20 年、21～30 年、31 年以上がそれぞれ 3、6、5、2 圃場であった。無施肥水田において、自動灌水装置を用いていない圃場に関しては減水深も調査した。

【結果および考察】収量および収量構成要素は、無施肥栽培の 16 圃場の平均で、収量 273.3 kg/10a、穂数 198.0 本/m²、一穂粒数 60.0、登熟歩合 73.5%、千粒重 22.9 g、収穫指数 0.381 であった。一方、慣行栽培 7 圃場の平均は、収量 559.2 kg/10a、穂数 332.7 本/m²、一穂粒数 75.2、登熟歩合 84.2%、千粒重 22.8 g、収穫指数 0.440 であった。千粒重以外は、慣行水稻に比べて、無施肥水稻で有意に低かった。近隣慣行水稻に対する無施肥水稻の割合を算出したところその範囲は、収量 18～73%、穂数 33～82%、一穂粒数 48～120%、登熟歩合 58～104%、千粒重 94～114%、収穫指数 52～110%となった。

穂数と一穂粒数の積をシンク容量、登熟歩合と千粒重の積をシンク充填率として、その 2 項目と前記の収量構成要素が収量にどのように影響を及ぼしているか、相関を調べたところ、千粒重以外は強い正の相関を示し、特にシンク容量が 0.98 と最も強い正の相関を示した。さらにシンク容量には、穂数が 0.89、一穂粒数が 0.71 と、穂数の方がより強い相関を示した。

これまでの無施肥栽培に関する研究において、収量が m² 当たり粒数 (本報告書でのシンク容量と同義)、特に穂数との間に高い正の相関関係があるとの報告があるが (細谷・杉山, 2016)、今回の調査結果は同様の結果を示した。シンク容量が高かった無施肥栽培 15 年以上で中道 1 および中道 2 水田は自動灌漑システムを導入し、今立水田は減水深 2.4 cm/day と大きかったので、

いずれも灌漑水の流入が多い可能性があり、この寄与を明らかにするのが今後の課題である。

実験② 慣行水田に対する無施肥水田の土壌の特徴

【材料および方法】土壌は春の入水前に各圃場5点から土壌を採取し、混和して1サンプルずつの土壌を風乾の後に篩でふるい、pH、交換性カリウム（カリ）、有効態リン酸（リン）、陽イオン交換容量（CEC）、Ca、Mg、石灰飽和度、塩基飽和度、交換性 Mn、交換性 B、交換性 Zn、交換性 Cu、電気伝導度（EC）、腐植含量（全 C）、全窒素（全 N）、硝酸態 N、アンモニア態 N、熱水抽出 N、交換性塩基、土性の分析を十勝農協連農産化学研究所に依頼した。

【結果および考察】土壌特性値は、窒素、リン、カリのうち、リン、カリは通常適正とされる値よりも顕著に低い圃場が多かった。一方で、窒素に関しては全 N、熱水抽出 N は慣行栽培に比べ低かったものの、無機態 N（硝酸態 N とアンモニア態 N の和）は無施肥栽培の 16 圃場のうち、10 圃場は適正值内であった。

京都府宇治市小倉では、2003 年から無施肥栽培を実施している小倉 O 水田と、2006 年まで 56 年間滋賀県栗東市で無施肥栽培を継続していた栗東圃場から表土を移設してきた小倉 R 水田が隣り合って管理されている。栗東水田から表土を移設して 20 年目を迎えたが、この 2 水田の間で、どのような違いがみられるのか比較したところ、土性、交換性塩基、無機態 N の組成、Cu、塩基飽和度、Mn、pH などに顕著な違いがみられた。このことから、20 年経過しても、表土は異なる状態と考えられた。

無施肥栽培を継続した場合に、どのように土壌特性が変化するかを検討するために、継続年数を 10 年未満（3 圃場）、11～16 年（5 圃場）、17～30 年（5 圃場）、31 年以上（3 圃場）に分類した。この時、上述したように、小倉 O と小倉 R は異なる状態と考えられたので、小倉 R は 1951 年からの無施肥栽培実施と考え、31 年以上に分類した。慣行栽培含め、5 グループ間で土壌特性値との間に違いがみられるか解析したところ、熱水抽出 N、全 N、全 C、EC では有意差がみられ（ANOVA）、熱水抽出 N と全 C では、慣行栽培に比べ、11～16 年、17～30 年、31 年以上区が有意に低かった。全 N では同じく、11～16 年、17～30 年で有意に低かった。

ステップワイズ法を用いて収量と関連のある土壌物理化学性を選抜したところ、電気伝導度（EC）、B、Mn、交換性 Ca が選抜され、それらを用いて無施肥水稻の収量を推定したところ、推定精度は $R^2=0.88$ となった。クラスター解析の結果、全窒素や全炭素が EC の近くに分類された。EC に着目すると、無施肥栽培の継続年数の増加に伴い、EC も概ね低下したが、近隣慣行圃場の値を基準にすると EC の低下速度には違いがみられた。今回の結果はほとんどが壤土で一部埴土が含まれる圃場を対象にした調査結果であり、土性の異なる圃場でも同様の傾向がみられるか、また EC の低下しにくさが何によって変わるのかなどは今後の課題である。

謝辞 本研究を遂行するに当たり、NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会の小林正幸様はじめスタッフの皆様、丸山茂子様、勝見さゆり様、牧野太平様、佳子様には土壌および株採取、減水深の調査のお手伝い含め調査に快くご協力いただきました。中道唯幸様、尾形言成様および各地近隣慣行水田の生産者様には土壌と株の採取を快く受け入れていただき、大変お世話になり

ました。本研究の一部は JSPS 科研費（24K23131）の助成を受けて実施しました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

水稲有機栽培における深水管理の抑草効果を高める条件検討および 深水抵抗性関連遺伝子座の解析

磐佐まりな*・安達俊輔・大川泰一郎
(東京農工大学大学院連合農学研究科)

水稲有機栽培においては、除草作業に多大な労力を要する。そのため、省力的で除草剤に代替し得る優れた抑草技術の開発が求められる。水稲の有機栽培で用いられてきた抑草技術のうち、深水管理は灌漑設備がある水田であれば簡便に実行可能な抑草効果の高い技術と考えられる。深水管理とは、水稲移植直後の水田の水位を 10~20 cm の深さに数週間保つ水管理方法で、タイヌビエを始めとした複数の水田雑草種を抑制できる。深水管理の最大の課題は、水稲の初期生育も抑制してしまうことである。これに対し、深水管理が広く行われていた近代以前の農業現場においては、草丈の大きな成苗を手植えすることで深水環境における水稲の生育抑制を回避してきた。近代以降、機械移植とともに普及した草丈の小さい稚苗や中苗は、移植直後の深水環境下で生育が制限される。そこで本研究では、機械移植における深水管理技術の高度化を目指し、現代の水稲栽培に適した新しい深水管理技術および水稲品種を育成する必要があると考えた。具体的には、最適な水位条件の検討ならびに水稲の深水抵抗性の遺伝的改良に取り組んだ。

第 1 実験では、水田雑草タイヌビエの生育抑制と水稲の生育維持を両立させる最適な水位条件を検討することを目的とし、人工気象器を用いて、異なる 3 段階の温度環境および 4 つの水位条件において、タイヌビエと水稲の成長量の違いを比較した。第 2 実験では、ゲノムワイドアソシエーション解析 (GWAS) により日本の温帯ジャポニカ 165 品種の深水抵抗性に関わる量的形質遺伝子座 (QTL) の同定を行った。

実験 1 イネ生育促進と水田雑草タイヌビエ生育抑制を両立する最適な水位条件の検討

【材料と方法】

水稲 (cv. コシヒカリ) と水田から採種したタイヌビエ種子をセルトレーに播種し、人工照明型環境制御チャンバーにおいて昼温/夜温条件 25°C/22°C で育苗した。草丈 9 cm 前後に成長した水稲と草丈 3 cm 前後に成長したタイヌビエを 500 mL のディスプレイカップにそれぞれ移植し、アクリル水槽内にて栽培した。移植後の昼温/夜温条件は、18°C/15°C、25°C/22°C、32°C/25°C の 3 条件とした。移植 2 日後からは土壌表面からの水位がそれぞれ 5、10、15、20 cm となるように注水し、16 日間水位を維持した (深水処理)。草丈と分げつ数を 2 日おきに測定するとともに、移植時および処理 8 日後、16 日後に植物体をサンプリングし、葉面積と地上部乾物重を測定した。実験はすべて 6 反復で行った。

【結果と考察】

18°C/15°C において、タイヌビエの成長は極めて遅く、処理 16 日後時点で水位による差はみら

れなかった。25°C/22°Cにおいて、水位 5 cm ではタイヌビエは抑制されず、水位 10 cm 以上では完全に抑制された。32°C/25°Cにおいて、水位 5 cm, 10 cm とともにタイヌビエは抑制されず、水位 15 cm, 20 cm では完全に抑制された。処理 16 日後の水稲の地上部乾物重は、いずれの温度条件においても水位 5 cm ならびに 10 cm で最大となったが、水位 15 cm, 20 cm では大きく抑制された。以上より、タイヌビエを完全に抑制しうる水位は温度環境によって異なること、高温環境でタイヌビエを完全抑制するには高い水位が必要であり、高い水位は水稲の生育も抑制する恐れがあることが示された。追加実験として、32°C/25°C条件において処理期間中の水位を段階的に変化させたところ、水位 10 cm (3 日間)→水位 20 cm (13 日間) 条件ではタイヌビエの完全抑制と水稲の生育促進を両立できることが明らかとなった。今後は、タイヌビエ以外の水田雑草に対する深水による防除効果、他の雑草防除技術や深水抵抗性品種との組み合わせなどを検討する。

実験 2 深水抵抗性関連形質の多様性および関連遺伝子座の同定

【材料と方法】

日本の水稲温帯ジャポニカ 165 品種を供試し、2020 年には 5 月 7 日、2021 年には 5 月 6 日に播種した。東京農工大学農学部附属 FS センターの水田において、それぞれ 5 月 21 日、5 月 19 日に移植した。活着後より約 4 週間 20 cm の深水条件にした深水区と浅水区を設けた。草丈を処理前、処理中、処理後に経時的に測定した。分げつ数を処理 17 日後 (2021 年のみ) と処理 33 日後に測定した。GWAS は統計ソフトウェア R の rrBLUP パッケージを利用して実施した。処理 33 日後に各区から 8 株ずつサンプリングを行い、乾物重を測定した。

【結果と考察】

草丈は浅水区では一定の速度で伸長した一方、深水区では処理 10 日後までは急速に伸長し、その後緩やかな伸長を示した。深水処理区に分げつ数は、処理 17 日後は浅水区に比べて減少したがその後回復した。雄町、農林 41 号、赤米 (長崎)、上州といった在来品種は育成品種に比較しても草丈が高く、分げつ数が少ない傾向にあった。日本の温帯ジャポニカ 165 品種の深水区の地上部バイオマス量は広い品種間差異がみられた。草丈と分げつ数はバイオマス量と高い相関があり、これら形質が深水抵抗性に関連する形質であることが示された。深水区のイネを対象とした GWAS によって第 3 染色体上に草丈に関する QTL が、第 4 染色体上に分げつ数に関する QTL が検出された。両ゲノム領域にはそれぞれジベレリン生合成に関わる遺伝子 *OsGA20ox1*、葉身・分げつ等の形態形成に関わる遺伝子 *NAL1* が含まれていた。両方のゲノム領域が変異型である品種は、両方とも参照型である品種に比べ、深水処理終了後のバイオマス生産量が高いことがわかった。

以上より、細やかな水位制御と水稲品種の深水抵抗性の遺伝的改良により、深水管理による除草効果を高められることが示唆された。今後、農業現場に導入していくためには、実環境を想定した検証試験や複数の優れた技術の組み合わせの検討が必要と考えられる。

無施肥無農薬栽培連作継続時のジャガイモの生育の調査（2024年度）

下平訓立* 倉島次郎*

（NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会）

背景と目的

同一の作物の栽培を連続して行う時に、収量の低下や病害の発生などの連作障害が生じる場合があることが知られている。ジャガイモは栄養バランスに優れ健康食として目されるなど主要な作物の一つであるが、ウィルス病や疫病をはじめとして病害の発生が多く、このために連作障害が出やすいとされている。一方、同じナス科に属するトマトや、ダイズなど一部の畑作物においての無施肥無農薬栽培では、連作でも一定の収量を確保し、高品質な農産物を生産している事例が報告されている。無施肥無農薬栽培での安全な作物を安定的に生産することは生産者・消費者にとって有益である。肥料や農薬を施さない条件下ではウィルス病や疫病などの障害を何らかの形で回避できるなどの可能性も考えられるが、実際に無施肥無農薬栽培の畑作で連作を行なった場合の詳細な調査例はあまりみられない。そこで本研究を以下の2つの目的で2019年に開始した。

① 無施肥無農薬栽培がジャガイモの連作に及ぼす影響の調査

一般に連作障害が生じやすいとされているナス科のジャガイモ栽培において、無施肥無農薬の環境が生育・収量にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする。

② 無施肥無農薬栽培に適するジャガイモ品種の探索

耐病性に優れるとされるジャガイモの品種では連作障害が出にくい可能性がある。無施肥無農薬栽培の環境に適する品種の探索を行う。

調査に用いた圃場について

長野県東筑摩郡朝日村と滋賀県野洲市の無肥研圃場の2ヶ所で、一部共通の複数の品種の栽培を行っている。2019年の予備調査開始以降、化成・有機肥料等の人為的な投入は行わず、野洲市圃場の二期作区以外は、年間1作のみで裏作は行わず収穫後は休耕とした。2020年までは品種の追加や反復区画の設定などで圃場内での植え付けの位置を変更した部分がある。両圃場で10年程度を目安に連作栽培し調査を行う計画である。

1. 朝日村圃場での調査

材料と方法

- ・ 場所／長野県東筑摩郡朝日村圃場（無施肥栽培：2019年から）
- ・ 品種／
 - ◎無施肥区：男爵・キタアカリ・デジマ・ホッカイコガネ・ピルカ・とうや・こがね丸・アンデス赤（8品種：2019年開始）マチルダ・グランドペチカ・タワラワイズ・タワラマゼラン・タワラ小判・タワラヨーデル・タワラムラサキ（7品種：2021年開始）
 - 施肥区／男爵・キタアカリ・デジマ・こがね丸・アンデス赤（5品種：2021年開始）
- ・ 施肥区について／2021年はN,P₂O₅,K₂O各8.74 kg/10aを種芋の底に施肥。2022年はN,P₂O₅,K₂O各8.74 kg/10aを畝に投入し耕耘、さらにN:P₂O₅:K₂O:MgO=7.65:10.71:9.18:3.06 (kg/10a)を種芋の底に施肥。2023・2024年はN,P₂O₅,K₂O各8.74 kg/10aを畝に投入し耕耘、N:P₂O₅:K₂O:MgO=7.10:9.95:8.52:2.84 (kg/10a)を種芋の底に施肥。追肥・農薬の散布等は行っていない。
- ・ 調査項目／種イモの総重量及び1株毎のイモの収穫時の総重量・個数
- ・ 栽培管理／発芽後2本仕立て マルチは使用せず除草を兼ねて1～2回土寄せ 4月下旬～5月上旬に順次植え付け、枯れ上がってから収穫

- ・雑草の管理／初期は耕耘、以降刈り払い・搬出、秋期～春期は放置
- ・種イモの管理／初年に男爵・キタアカリ・デジマは他所にて無施肥栽培のイモ、その他は一般市販品を購入。施肥区は無施肥栽培2年経過時の種イモを使用。収穫後、品種・区別に保存して次年に使用（休眠明け以降は可能な限り冷蔵保存）

朝日村圃場について

一般施肥栽培（高原野菜等）の後、約10年の間に所有者が少なくとも1回以上は堆肥を投入し耕起のみを行っていた圃場で2019年よりジャガイモの無施肥栽培を開始した。品種の追加による栽培区域の拡大、反復区画化などを行い2024年は15品種で調査を行った。土質は火山灰土で排水性は良好である（図1）。

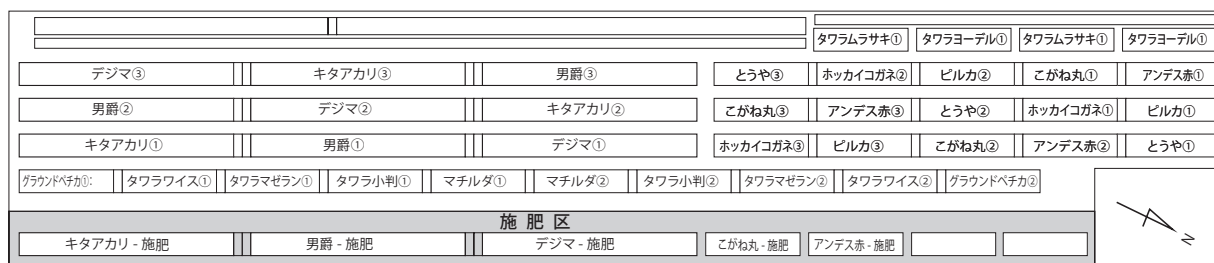


図1 朝日村圃場の作付け様式（2024年）

朝日村圃場での結果と考察

① 無施肥無農薬栽培がジャガイモの連作に及ぼす影響について

無施肥区の収量は2023年と比べておおむね横ばいで、大幅な増減はみられなかった（図2）。

男爵などの品種で出芽後に株元が腐り、後発の芽が成長するまで生育が遅れるものが数株見られた。また、2023年の無施肥区において最も多収であったマチルダは、計22株中8株が生育期間の中頃までに立枯れたことで減収となった。その原因が種イモの状態によるものか土壌病害によるものなのか現時点では不明である。

朝日村圃場における全ての品種の開始1年目から6年目ごとの総収量の平均を表すと、無施肥区では、前年比で2年目は約31%、3年目は約42%の減収になり、4年目は約5%の増収、5年目は約10%の減収、6年目の本年度は約8%の減収となり、4年目以降はほぼ横ばいの値を示している（図3）。

施肥区での開始4年目の2024年の収量は2023年比約18%の減収となった（図3）。品種ごとの収量の傾向はデジマ以外は無施肥区とほぼ同様となっている（図2）。なお本年も目立った病害は観察されなかったが殺虫剤や消毒薬を使用していないため、今後の病害の発生に注意して観察していきたい。

② 無施肥無農薬栽培に適するジャガイモ品種の探索について

図6は、品種ごとに調査開始3年目以降の収量の平均を示したものである。無施肥区において高かったのは、こがね丸、マチルダ、ピルカ、ホッカイコガネ、デジマと中生から晩生の品種が多く、男爵、キタアカリ、とうや等の早生品種はやや劣る傾向が改めて確認された。施肥区の品種の傾向もほぼ同様であるが、共通の品種での施肥区に対しての無施肥区の平均収量の割合を比較すると、早生品種の男爵は21.9%、キタアカリは22.4%であるが、中生・晩生品種では、こがね丸が41.7%、デジマは32.8%、アンデス赤は41.7%となった（図7）。比較的気温の低い時期に生育の期間がある早生品種においては、両区での利用可能な土壌中の養分量に差があるのではないかと考えられるが、病害などの可能性も含めて検証は出来ていない。

各年の気象条件の違いを考慮する必要があるが、現在までの6年間の調査結果からこの圃場では生育期間を長く保ち得る中生から晩生品種の方が無施肥栽培の収量面においては向いているのではないかと考えられる。

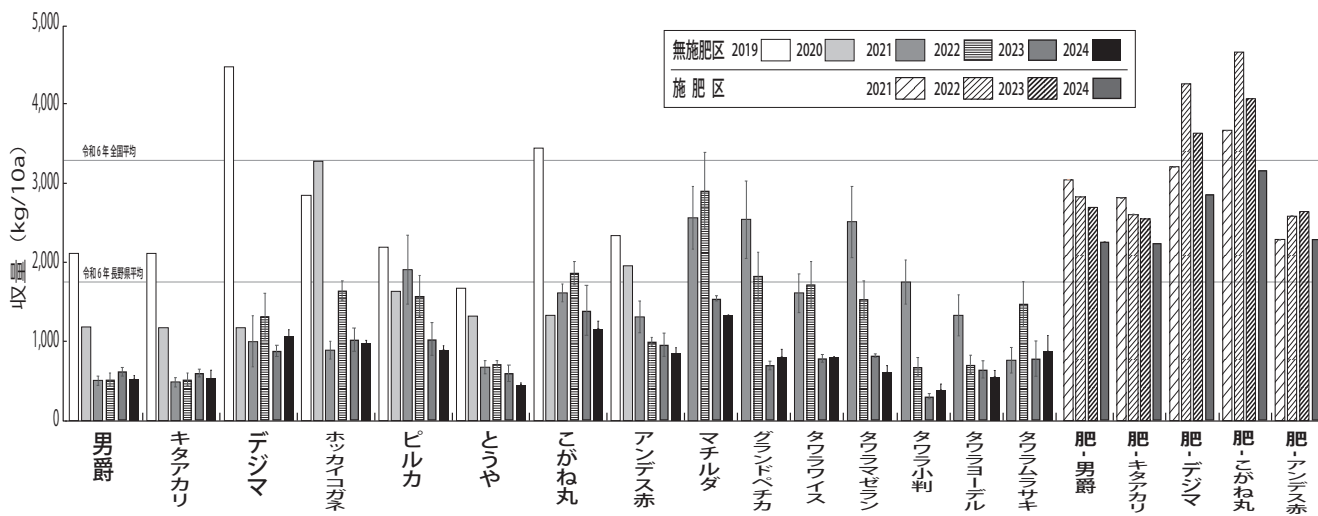


図2 朝日村／2019～2024年の単位面積当たり収量 (kg/10a)

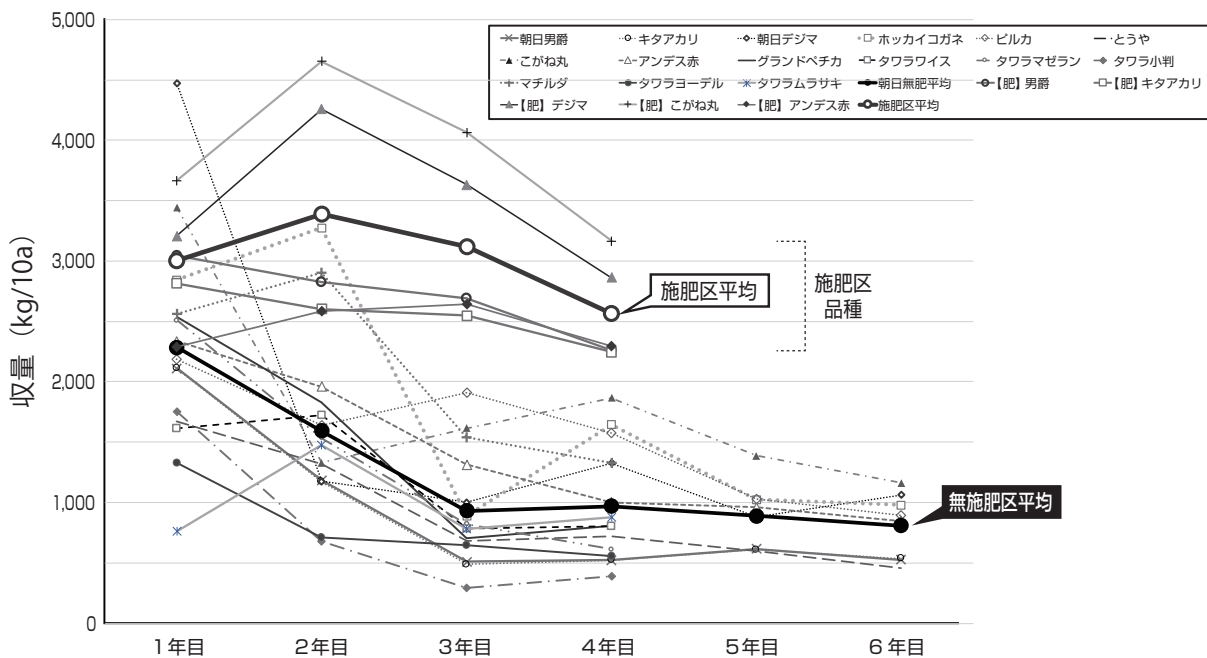


図3 朝日村無施肥区・施肥区での連作1～6年目の単位面積当たり収量の推移 (kg/10a)

・その他／前年の2023年、早生品種であるキタアカリの中で晩生品種と同程度に枯れずに残った1株があったため、その種イモから5株を栽培した所、通常の株よりも良好な生育でキタアカリ全体と比較すると2倍程度の収量であった。播種時に混入の可能性もあり現在は遺伝子型の確認等が出来ていないが、来期も株を増やして栽培し調査を行いたい(図4)(図5)(表1)。



図4 良好な生育が見られたキタアカリ区の株

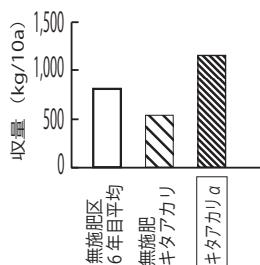


図5 無施肥区キタアカリ全体との収量の比較

表1 キタアカリ1株ごとの収量 (g)

	通常のキタアカリ			キタアカリα					通常のキタアカリ			
株番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
芋総重量	294	234	245	727	432	215	676	111	299	261	121	338
芋個数	6	10	9	9	5	5	9	3	9	5	5	8

平均収量／キタアカリ(無施肥区全体)： 535.7 kg/10a
 キタアカリα(5株)： 1152.5 kg/10a

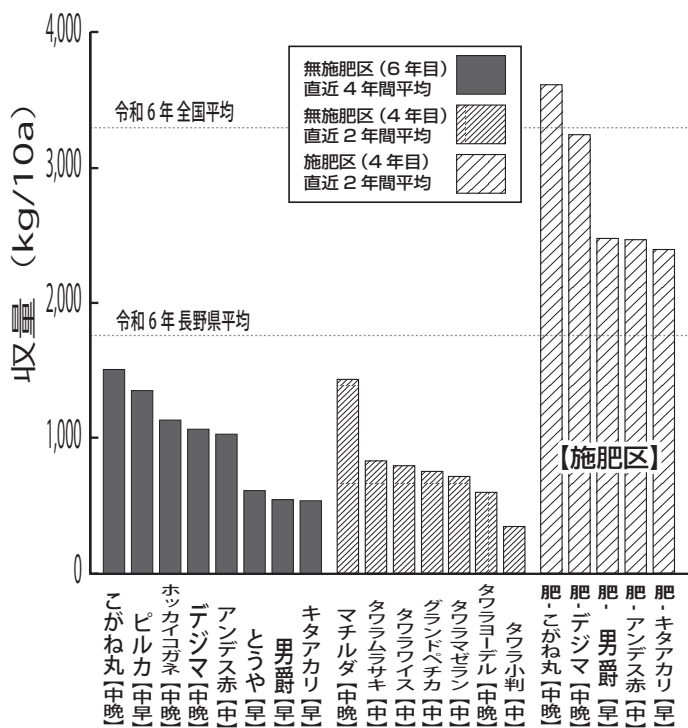


図6 朝日村圃場におけるジャガイモ品種毎の年平均収量

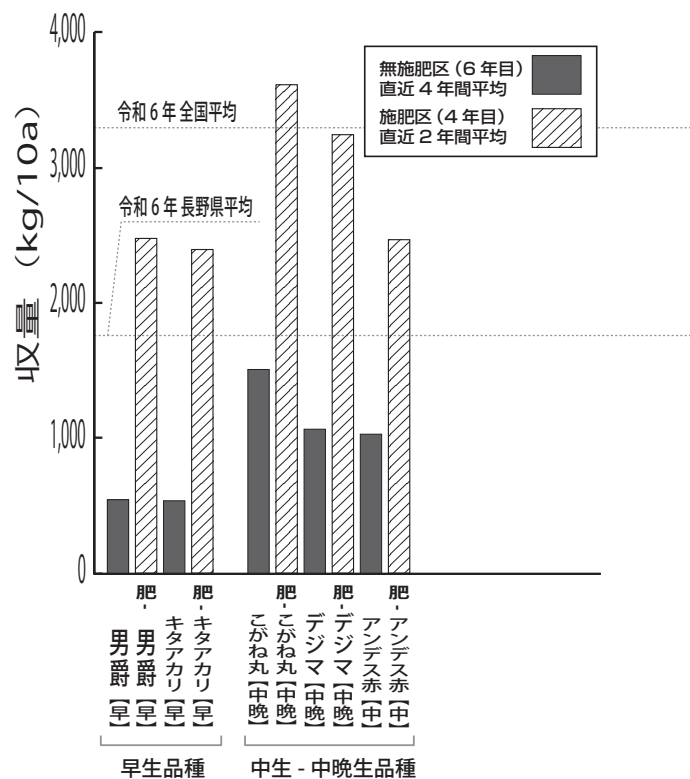


図7 年平均収量の無施肥区・施肥区共通品種間の比較

表2 2024年 朝日村圃場 収量一覧

圃場	年数	肥料	品種	反復数	有効株数	有効総芋重量(g)	芋個数(数/株)	芋重量(g/株)	単位面積収量(kg/10a)	植付日	熟期
朝日	6年目	無施肥	男爵	3	69	13,622.0	5.0 ±0.0	197.4 ±15.9	526.5 ±42.4	4月29日	早生
朝日	6年目	無施肥	キタアカリ	3	69	13,860.5	5.2 ±0.4	200.9 ±38.7	535.7 ±103.3	4月29日	早生
朝日	6年目	無施肥	デジマ	3	69	27,524.5	5.2 ±0.4	398.9 ±32.9	1,063.7 ±87.7	4月29日	中晩生
朝日	6年目	無施肥	ホッカイコガネ	3	27	9,897.0	4.8 ±0.1	366.6 ±13.7	977.5 ±36.4	4月29日	中晩生
朝日	6年目	無施肥	ピルカ	3	27	9,068.5	6.2 ±0.0	335.9 ±19.8	895.7 ±52.8	4月29日	中早生
朝日	6年目	無施肥	とうや	3	27	4,601.5	5.5 ±0.2	170.4 ±7.9	454.5 ±23.0	4月29日	早生
朝日	6年目	無施肥	こがね丸	3	27	11,761.5	4.8 ±0.8	436.4 ±35.7	1,161.6 ±95.1	4月29日	中晩生
朝日	6年目	無施肥	アンデス赤	3	27	8,576.5	6.0 ±0.2	317.6 ±28.9	847.1 ±77.0	4月29日	中生
朝日	4年目	無施肥	グランドベチカ	2	18	5,439.0	4.9 ±0.4	302.2 ±36.2	805.8 ±96.6	4月29日	中生
朝日	4年目	無施肥	タワラويس	2	18	5,436.5	4.3 ±0.1	302.0 ±0.9	805.4 ±2.3	5月4日	中生
朝日	4年目	無施肥	タワラマゼラン	2	18	4,129.5	4.2 ±0.4	229.4 ±32.0	611.8 ±85.4	4月29日	中生
朝日	4年目	無施肥	タワラ小判	2	18	2,620.5	5.6 ±0.4	145.6 ±27.6	388.2 ±73.5	4月29日	中生
朝日	4年目	無施肥	マチルダ	2	18	8,983.0	10.2 ±1.2	499.1 ±2.0	1,330.8 ±5.3	4月29日	中生
朝日	4年目	無施肥	タワラヨーデル	2	18	3,740.0	6.6 ±0.7	207.8 ±30.3	554.1 ±80.7	5月4日	中晩生
朝日	4年目	無施肥	タワラムラサキ	2	18	5,935.5	4.5 ±0.2	312.4 ±53.3	879.3 ±195.9	5月4日	中生
			平均			9,013.1	5.5 ±0.4	294.8 ±25.0	789.2 ±70.5		
朝日	4年目	施肥	男爵	1	23	19,522.0	9.9	848.8	2,263.4	5月12日	早生
朝日	4年目	施肥	キタアカリ	1	23	19,360.5	11.3	841.8	2,244.7	5月12日	早生
朝日	4年目	施肥	デジマ	1	23	24,680.5	8.8	1,073.1	2,861.5	5月12日	中晩生
朝日	4年目	施肥	こがね丸	1	9	10,678.0	9.6	1,186.4	3,163.9	5月12日	中晩生
朝日	4年目	施肥	アンデス赤	1	9	7,756.0	11.2	861.8	2,298.1	5月12日	中生
			平均			16,399.4	17.4	962.4	2,566.3		

平均値±標準誤差

2. 野洲圃場での調査

材料と方法

場所／滋賀県野洲市無肥研圃場（無施肥栽培：甘藷 2018／ジャガイモ 2019～）

品種／男爵・デジマ

調査項目／イモの総重量・個数・草丈の推移を計測

調査区／春作のみを行う男爵区、デジマ単作区、春作と秋作どちらも行うデジマ二期作区の3区をそれぞれ3反復設けた（図8）各区19株を植付、両端1株ずつを除外した17株を調査対象とした。



各区両端1株はボーダー個体とし、収量には含めない

（図8）作付け様式

種イモは、単作区は前年収穫のイモを使用、デジマ二期作区は前作収穫のイモを使用した。60g前後の良質なイモを選別し、催芽は植付1ヶ月前より、日当たりのよい室内の棚の上に蓆を敷き萌芽させた。

（植付け時期と収穫時期）春作の植付けは3区とも3月初旬～中旬に行い、収穫は男爵区が6月中旬～下旬、デジマ単作区とデジマ二期作区（春）が6月下旬～7月中旬となった。デジマ二期作区（秋）の植付けは9月初旬～中旬に行い、収穫は11月下旬～12月中旬となった（表3）。

（表3）植付・収穫時期

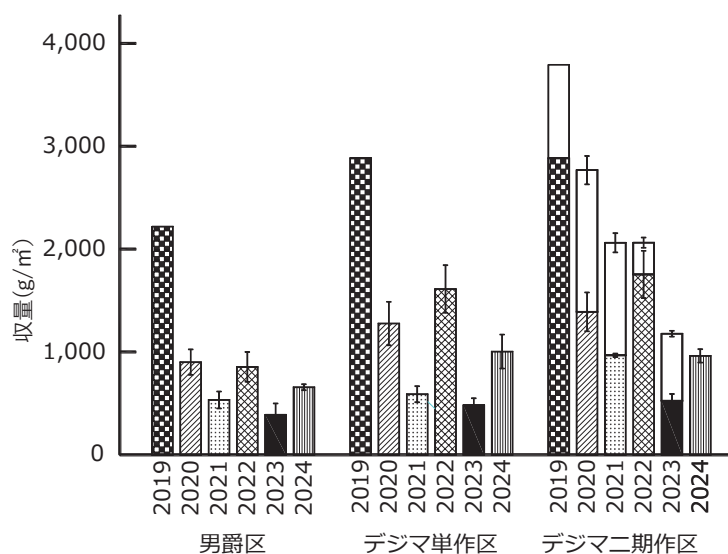
	男爵区	デジマ単作区	デジマ二期作区（春作）	デジマ二期作区（秋作）
植付	3月初旬～中旬	3月初旬～中旬	3月初旬～中旬	9月初旬～中旬
収穫	6月中旬～下旬	6月下旬～7月中旬	6月下旬～7月中旬	11月下旬～12月中旬

（栽培管理）野洲圃場は排水性が悪い為、畝高さ30cmにトラクターで耕耘整地した、また霜や降雨を防ぐ為出芽まで透明ビニールを畝にかぶせる、秋作も降雨はあるが透明ビニールは地温が高くなる為、被せないで行った。

野洲市圃場での結果と考察

2019年から2024年の春作の収量は、デジマ単作区と二期作区は同程度であり、次いで男爵区の順で推移した。3区すべて同じ増減傾向となり、1年目から3年目まで減収し、4年目は増収し5年目は減収また6年目はわずかに増収となった（図9）（表4）。

収量図のデジマ二期作区収量は、春作の収量に秋作の収量を積み上げて示しており、年次別総収量は減少傾向にみえ、デジマ二期作区は秋作も行うため土壌養分を作付けごとに消費し、土壌養分減少のため単作区よりも二期作区の収量が少なくなる可能性もあると考えたが、デジマ単作区と二期作区の春作収量が概ね同程度であることから、そのような結果とはならなかった、その要因ははっきりしていない。2022年秋作は前年に比べ収量が大きく減少したが、これは種イモが萌芽不十分なままで植付けした為だと考えた、また2024年の秋作では種イモが萌芽しなかった為に作付けできなかった、これらのことから休眠期間のサイクルがずれている事が考えられるので、二期作区の種イモは前作と前年の種イモを保管しておく等の対策が必要になると考えられる。中晩生品種のデジマ単作区、デジマ二期作区（春）と早生品種である男爵区の収量では、中晩生品種であるデジマ単作区と二期作区（春）の方が多いと云える、これは中晩生品種の生育期間が長いためであると考えている。



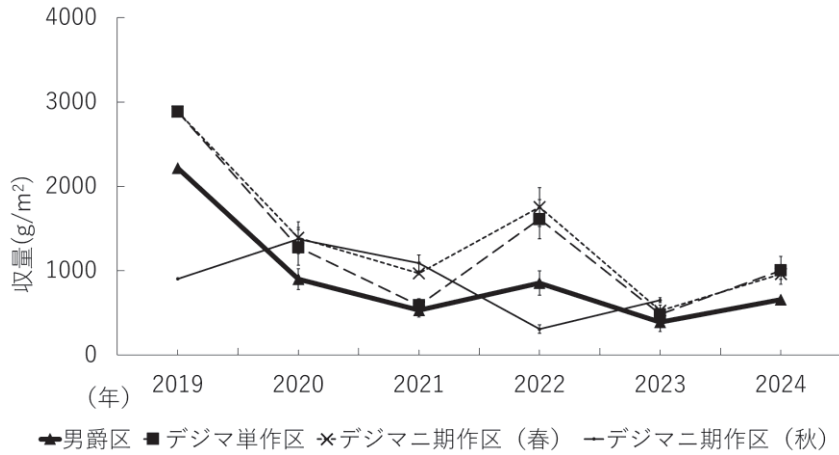
平均値±標準誤差 (N=17, 3 反復)
 デジマ二期作区は下段が春作, 上段が秋作を示す。
 2024デジマ二期作区の秋作は植付けなし。

(図 9) 2019～2024 年積み上げ式収量

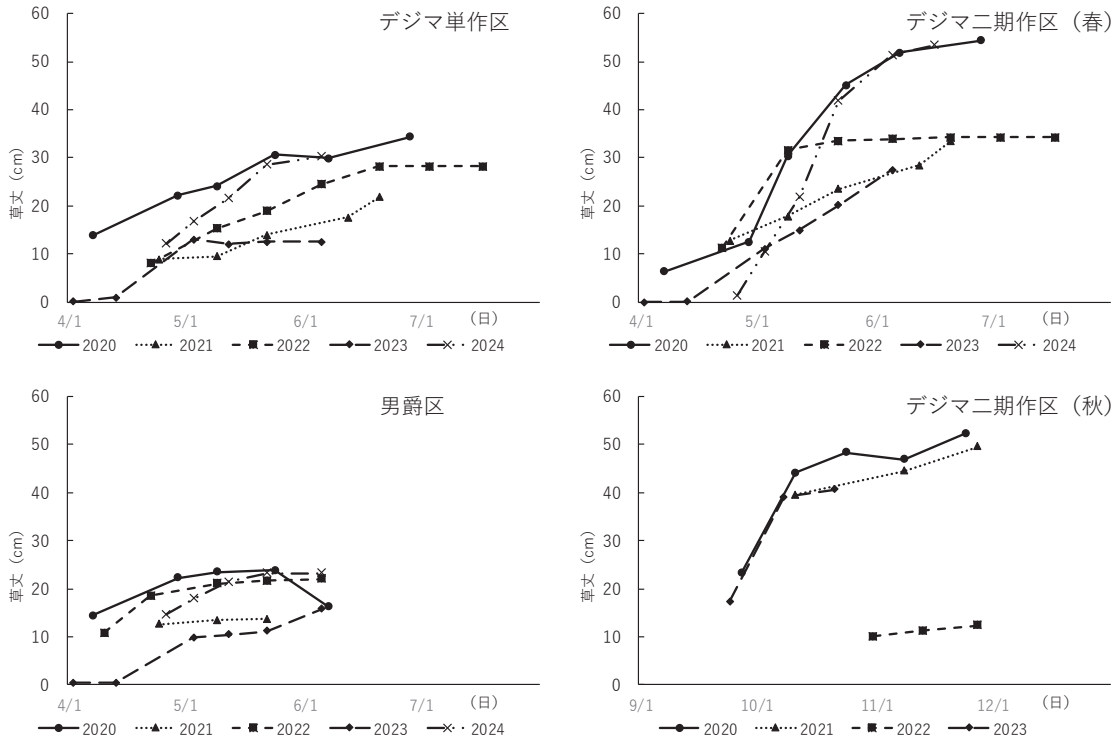
(表 4) イモの重量と個数

品種	年	収量(g/m ²)	個数(個/m ²)
男爵区	2019	2,219	22.7
	2020	901 ± 123.6	18.6 ± 1.3
	2021	534 ± 82.6	17.9 ± 1.5
	2022	855 ± 145.1	11.9 ± 0.7
	2023	390 ± 110.0	12.1 ± 1.2
	2024	658 ± 29.1	9.8 ± 0.2
デジマ単作区	2019	2,887	13.5
	2020	1,277 ± 211.3	13.5 ± 1.9
	2021	590 ± 77.8	12.7 ± 0.4
	2022	1,613 ± 231.7	14.1 ± 0.7
	2023	484 ± 67.7	11.8 ± 0.8
	2024	1,005 ± 164.6	11.1 ± 1.2
デジマ二期作区 (春)	2019	2,887	13.5
	2020	1,391 ± 188.5	8.8 ± 0.7
	2021	969 ± 16.8	7.0 ± 0.1
	2022	1,754 ± 230.0	11.9 ± 1.3
	2023	527 ± 66.0	6.6 ± 0.8
	2024	963 ± 65.1	8.5 ± 0.5
デジマ二期作区 (秋)	2019	905	
	2020	1,376 ± 137.9	11.1 ± 0.8
	2021	1,093 ± 93.6	8.5 ± 0.5
	2022	308 ± 50.0	5.5 ± 0.5
	2023	652 ± 28.5	8.7 ± 0.5
	2024		

平均値±標準誤差 (N=17, 3 反復)



(図 11) 2019～2024 年作付け毎収量



(図 12) 草丈の推移

まとめと今後の方針

- ・ 朝日村・野洲市の両圃場の連作開始6年目までの無施肥栽培区での収量については、3年目までは減収する品種が多く、4年目以降は、品種間で増減の差があるが、増減の幅は小さい結果となった。
- ・ 両圃場ともに中生から晩生品種のほうが早生品種よりも収量が多い傾向にある。
- ・ 今後は、病害発生状況、土壌養分や土壌含水率の調査および食味などの品質面についての調査を行うなどして、無施肥無農薬栽培の可能性をさらに追及していきたい。

無施肥無農薬栽培、有機栽培および慣行栽培における茶園病虫害調査(第3報)

栗田光均*¹・多田光史^{1,2}・白岩立彦¹

(¹NPO 無肥研・²京大院農)

緒言

茶は、古くから飲料、嗜好品として親しまれており、また近年、抹茶を使用したデザート・ドリンクへの人気が高まっていることもあり、需要が高まっている。

茶生産の現状として、通年、種々の病虫害による被害が問題となり、それら病虫害防除のため多量の農薬が1年を通して使用されている。農薬の多使用により、茶園周辺の環境汚染が懸念される。また、化学肥料の施肥量も多いため、肥料の流出によっても環境汚染につながり、多施肥による茶園内土壌のリン酸過剰が問題視されている。一方で、消費者の農産物に対する安全志向・健康志向が高まり、農薬および化学肥料の使用量の低減、不使用の茶が求められている。

無施肥無農薬栽培（以下、無施肥栽培）は、エネルギー・資源使用量を抑制することが期待でき、低環境負荷型の農法であるため、以上の課題の解決に有効であると考えられる。

長期無施肥無農薬栽培茶は、病虫害の被害が少ないと言われているが（上嶋氏ならびに片木氏、私信）、調査例は無く知見に乏しい。また、無施肥栽培を長期継続すると独自の生態系が構築されると考えられるが、無施肥茶園において調査例が少なく、やはり知見に乏しいのが現状である。そこで本研究は無施肥無農薬栽培における茶樹病虫害の発生動態の解明を目的として有機栽培および慣行栽培との比較調査を行った。研究3年目である本年は初年度同様、茶樹における重要病虫害の被害調査、および主だった害虫を中心とする昆虫の個体数調査に加え、害虫の天敵であるクモの個体数調査も実施した。

材料・方法

1. 調査圃場

本調査では、調査圃場として表1に示す4圃場（上嶋茶園無施肥、上嶋茶園慣行、片木茶園無施肥、片木茶園有機）において調査を行った。上嶋慣行圃場では、2022年は6回、2023年は3回、2024年は2回農薬散布、施肥は2022年が6回、2023年は5回、2024年は4回おこなわれた。片木有機圃場では、無農薬で有機肥料のみが年に4回施肥された。

表1 調査圃場の概要

圃場	品種	栽培開始年	生産地
上嶋無施肥	コマカゲ	1998年	京都府綴喜郡井手町有王
上嶋慣行	ヤブキタ	2013年頃改植	京都府相楽郡和束町白栖
片木無施肥	ヤブキタ	2006年	滋賀県甲賀市信楽町下朝宮
片木有機	ヤブキタ	1975年	滋賀県甲賀市信楽町宮尻

無施肥圃場（上嶋無施肥、片木無施肥）については開始年から無施肥栽培が継続されている。

2. 調査方法

本調査では、病害虫被害の調査に関して茶樹病害虫巡回調査票に基づく調査、重要害虫の個体数調査に関して黄色粘着トラップによる調査の2種類実施した。本報告書に示す調査結果の調査期間は2022年6月17日～2024年12月1日であった。調査の詳細を以下に記す。

2-1. 茶樹病害虫巡回調査

茶業研究所と病害虫防除所で用いられている茶樹病害虫巡回調査票をもとに2022年6月17日から2023年7月31日の期間は約20日おきに、2023年8月10日から2024年12月1日の期間は約10日おきに調査を行った。本調査票では、以下の4種類の調査方法により重要病害虫の発生状況を調査した。

50 cm×50 cm 枠（コドラート）調査：1辺50 cmの枠を茶樹の表面に置き、コドラート内の樹冠上層葉を対象に、以下の病害虫被害葉数をカウントした。対象病害は炭疽病、もち病、網もち病、輪斑病、新梢枯死症、灰色かび病、対象虫害はチャノコカクモンハマキ、チャノホソガ、カスミカメとした。各圃場4か所で本コドラート調査を行った。

1芯3葉・50芽調査：1芯3葉の芽を圃場全体からランダムに50芽選び、以下の害虫被害葉をカウントした。対象虫害はチャノホソガ、チャノミドリヒメヨコバイ（ウンカ）、チャノキイロアザミウマ（スリップス）、コミカンアブラムシ、カスミカメ、カンザワハダニであった。

クワシロカイガラムシ生息数調査：圃場全体で20回葉をかき分け、茶樹の枝におけるクワシロカイガラムシの存否割合を調査した。

チャトゲコナジラミ寄生程度調査：茶樹の裾部の葉裏に寄生しているチャトゲコナジラミの幼虫数を調査票にしたがい、1葉あたりの寄生葉虫数が0匹の時は0、1～9匹の時は1、10匹以上の時は2として記録し、発生量指数を下記の通り計算した。

(発生量指数 = $N_0 \times 0 + N_1 \times 1 + N_2 \times 2$ 、N:葉数)

2-2. 黄色粘着トラップ

アクリル板に1辺10cmの黄色粘着シートを貼り付けたものをトラップとし、茶樹冠面に対して垂直になるようにトラップを設置した。各圃場、5カ所ずつ設置し約10日後トラップを回収した。頻度は、2-1と同様に、2023年8月から10日に変更した。トラップに付着した主だった害虫を判別・カウントし、各圃場5枚のトラップの平均値をグラフにまとめた。

2-3. クモたたき落とし

A4サイズのトレーを茶樹下部に設置し、上部の株を5回たたき落としくモを捕獲した。これを各圃場10箇所で行い、体長と個体数をグラフにまとめた。この調査は、2023年8月より、10日に一度実施した。

結果・考察

1. 茶樹病害虫巡回調査

本調査では多くの病害虫を対象として調査を行ったが、他病害虫による被害葉数が比較的少ないため、コドラート調査より炭疽病の被害を以下では取り上げた。

・炭疽病(コドラート調査)

炭疽病の病葉数は3年とも一番茶時期の6月以降に無施肥圃場(上嶋無施肥、片木無施肥)において病葉数が増加し、片木有機および上嶋慣行においては概ね低く推移した(図1)。無施肥圃場において、初年度はわからなかったが、4月から被害葉数が減少し、一番茶収穫時期である

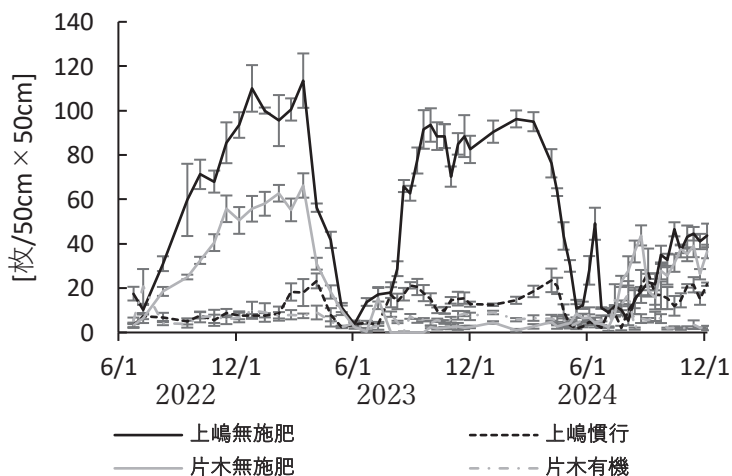


図1 炭疽病病葉数(コドラート調査)

5月上旬では、有機圃場および慣行圃場と遜色ないほど減少した。また、片木無施肥圃場において2023年7月下旬、上嶋無施肥圃場において6月中旬に更新（深刈り）の実施以降、被害数が減少した。これは感染源である被害葉がなくなったためであると考えられる。

2. 黄色粘着トラップ

トラップで捕獲された主な害虫として、スリップス、チャノミドリヒメヨコバイ、チャトゲコナジラミ、コミカンアブラムシ、ツマグロオオヨコバイが確認された。はじめに、捕獲したすべての虫の合計数を図2に示す。

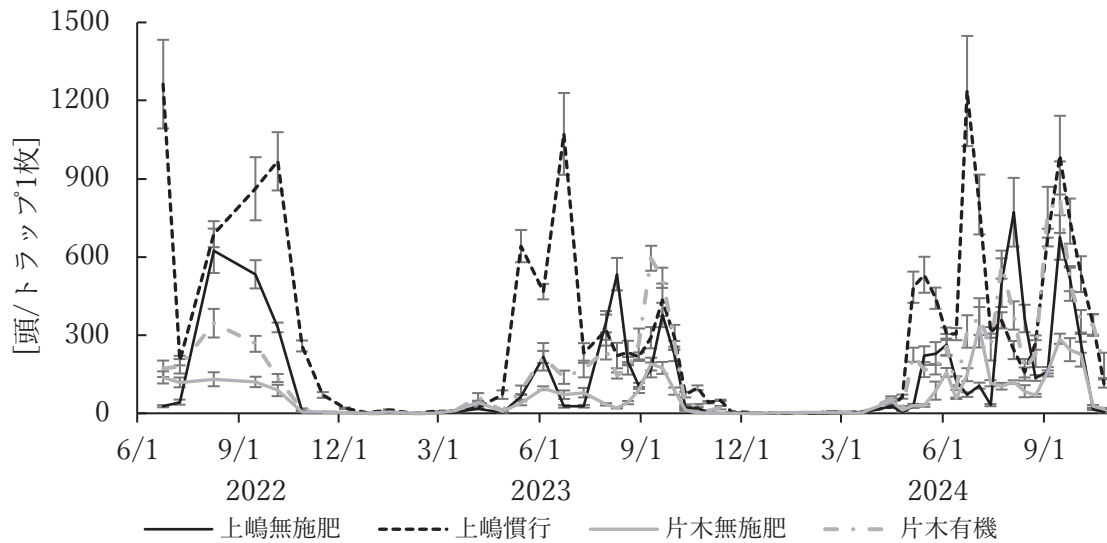


図2 全個体数

図より、調査期間中虫の発生は5月から10月までが多く、11月から一番茶の収穫がはじまる4月まではほとんどなかった。また、2022年は調査頻度が低いため、以降の調査結果では2023、2024年の5~10月の結果を示す。

全頭数に占める重要害虫の割合を上記の期間で有意差検定を実施した結果を図3に示す。分散分析を行ったところ5%水準で異符号間に有意差があった。これより、上嶋慣行>片木有機>無施肥の順に害虫割合が低くなった。

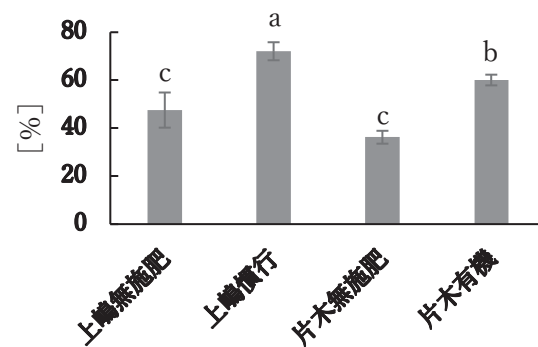


図3 害虫割合

次に特に捕獲数が多かったスリップスとチャトゲコナジラミの調査結果について図4、5にそれぞれ示す。

スリップスの個体数(図4)は、2年とも6月に上嶋慣行圃場で大量に発生し、8月に上嶋無施肥圃場で発生していた。また、チャトゲコナジラミの個体数(図5)も、5月上旬に上嶋慣行圃場で多く発生し、8月に上嶋無施肥圃場で多く発生した。一番茶の収穫は、慣行圃場で先に行われおり、収穫に用いる機械等は同じものが使用されている。これより、慣行圃場での作業の際に機械に付着した害虫が、無施肥圃場に持ち込まれた可能性が考えられた。片木茶園では有機圃場と無施肥圃場を比較した際、同時期に発生が確認できたが総じて無施肥圃場での発生が少なかった。

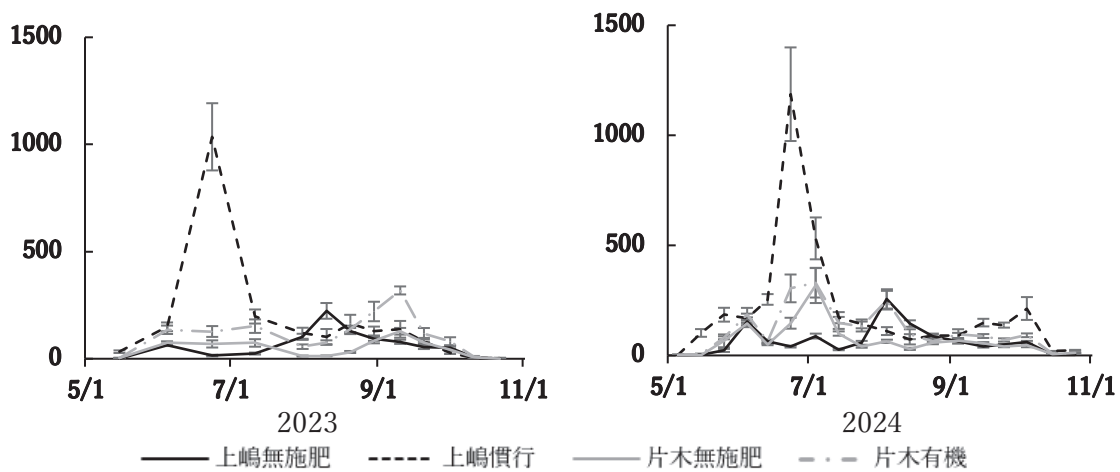


図4 スリップス個体数

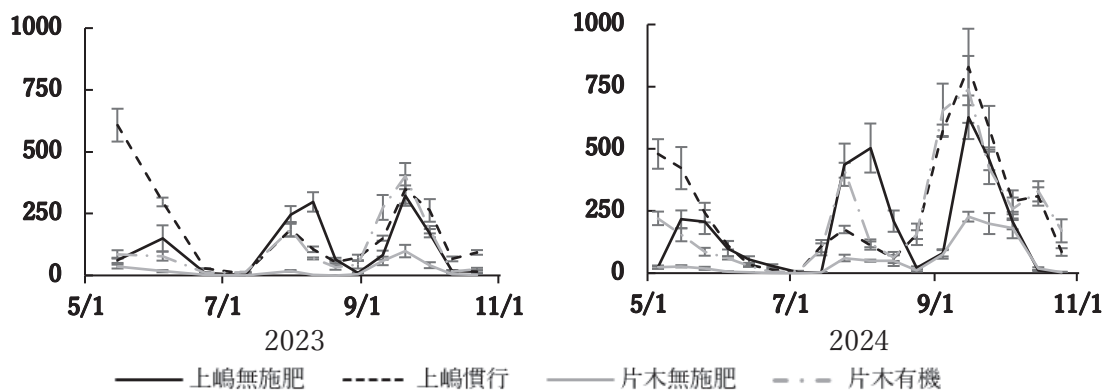


図5 チャトゲコナジラミ個体数

3. クモたたき落とし

調査期間で捕獲したクモの合計を図6に示す。図より、有機圃場での個体数が最も多く、次に無施肥圃場、慣行圃場に少なくなった。体長別では、4mm以上の大きい個体は無施肥、有機、慣行の順に多く、無施肥圃場では農薬による個体数の減少がなく、長期間圃場に生息していると考えられる。

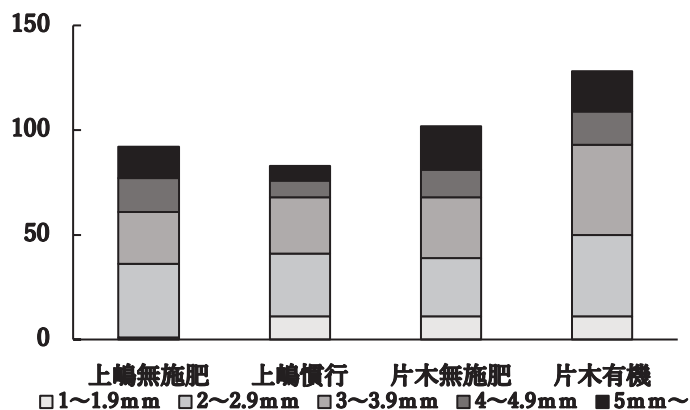


図6 クモ体長別個体数

まとめ・今後の展望

今回、無施肥、有機および慣行栽培茶園における病害虫被害、重要害虫等の計数を行った。炭疽病は4月から一番茶収穫までに減少しており、深刈りを実施することで被害数を抑えられることが示唆された。害虫の発生については、茶園間で比較すると無施肥圃場での発生が少なく、一時的な増加要因として他圃場より持ち込まれた可能性が考えられた。また、黄色粘着トラップで捕獲した全個体数に占める害虫の割合は分散分析を行った結果、上嶋慣行>片木有機>上嶋無施肥>片木無施肥の順に低くなることを検定できた。クモの体長別個体数では、有機>無施肥>慣行の順に多く、大型のクモは無施肥圃場で多く生息していたことから、害虫の天敵であるクモが無施肥圃場では長く多く生息していると考えられた。

本調査では、捕獲したほかの虫については同定が十分にできていない虫も多い。また、新しく叩き落とし方による蜘蛛の調査も現在開始している。これらのことを留意しながら今後継続して調査していきたい。

本調査を実施するにあたり、調査圃場に協力くださった、園主の相楽郡和束町上嶋伯協氏、甲賀市信楽町片木明氏、ならびに貴重なご助言をいただいた京都大学農学研究科の日本典秀教授に対し、厚く感謝申し上げます。

無施肥無農薬栽培が茶のカテキン含量および食味に及ぼす影響

多田光史^{1,2*}・白岩立彦¹

(1)NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会・(2)京都大学大学院農学研究科)

近年、茶は米国や EU 等における健康志向や日本食への関心の高まり等を背景に、その輸出額が大きく増加し、2023 年の輸出額は過去最高を記録している（農水省、2024）。中でも抹茶の需要が拡大しているほか、無農薬無化学肥料栽培（有機栽培）茶に対するニーズも高い。有機栽培は、「みどりの食糧システム戦略」に推し進められるものの、害虫発生が多いことが指摘され（熊本県農研センター・茶研、2001）、動物性堆肥など悪臭が問題となるケースもある。一方で、環境負荷を低減し、持続可能な農業としての無施肥無農薬栽培（無施肥栽培）が注目されるようになってきている。持続可能性および生産物の安全性を求めめるためには無施肥栽培が有機栽培よりも適していると考えられるが、知見は限られる。

これまで、慣行栽培および有機栽培との比較より、無施肥栽培茶園において、一番茶の収量はそれほど低くないこと（栗田ら、2019；佐波ら、2020）、害虫割合が低いこと（栗田ら、2024）などが報告されているが、製造された茶葉の品質に関する研究は行われてこなかった。そこで、無施肥栽培茶の特徴を品質面より明らかにすることを目的として 2 種類の実験を行った。第一に、苦渋味に強い影響を及ぼし、健康機能性としても知られるカテキン類の調査を行った（実験①）。第二に、NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会農産展の参加者の協力を得て、無施肥栽培茶 2 種類を含む 4 種類の飲み比べを実施することで、官能評価も行った（実験②）。

実験① カテキン含量に及ぼす栽培条件、品種、製法の影響

目的 無施肥栽培が茶のカテキン含量に及ぼす影響を評価する。

材料および方法

京都府井手町および和束町（宇治茶）、滋賀県甲賀市（朝宮茶）、奈良県奈良市（大和茶）の 3 地区 4 農家を中心に、無施肥栽培、有機栽培、慣行栽培の茶製品（計 13 サンプル）を供試し、「エピカテキン（EC）」「エピガロカテキン（EGC）」「エピカテキンガラレート（ECg）」「エピガロカテキンガラレート（EGCg）」「メチル化カテキン（EGCgMe）」の 5 種類のカテキン類を HPLC により定量した（反復数 3）。品種は「やぶきた」が 10 サンプルで最も多く、「こまかげ」「在来実生」「やぶきた実生」が 1 サンプルずつ含まれていた。13 サンプルのうち、12 サンプルは煎茶で、1 サンプルのみ碾茶であった。標品は全て富士フィルム和光純薬より購入した。

結果および考察

メチル化カテキンはどのサンプルからも検出されなかった。

碾茶はカテキン総量が有意に低かった。碾茶を除いた茶（煎茶）のカテキン総量には、産地、栽培法、品種のうち、産地が強く影響を及ぼした（三元配置分散分析、 $P < 0.01$ ）。煎茶中では、大和茶 \geq 朝宮茶 \geq 宇治茶の順でカテキン総量が多く、大和茶と宇治茶の間では有意な差がみられた（TukeyHSD 法、 $P < 0.05$ ）。また、煎茶のうち品種と栽培法が

カテキン類で最も量の多い EGCg 含量に及ぼす影響を調べたところ、品種のみで有意な差がみられ (ANOVA、 $P<0.05$)、こまかげに比べ、やぶきた実生および在来実生は EGCg 含量が有意に高かった (TukeyHSD、 $P<0.05$)。やぶきたに絞って栽培法が EGCg 含量に及ぼす影響を産地ごとに検討したところ、朝宮茶では慣行>有機=無施肥であったが、宇治茶と大和茶では無施肥 \geq 有機 \geq 慣行の順に多くなっていた。

実験② 大和茶 4 種類における官能評価

目的 無施肥栽培茶への嗜好性を調査する。

材料および方法

実験①の大和茶 4 種類 (巽氏無施肥・巽氏慣行・土岐氏無施肥・土岐氏無施肥) を用いて水出しにより抽出した。それぞれ小さい紙コップに入れ、種類が分からない状態で被験者に飲んでもらい、それぞれの香り、うま味、苦渋味、総合評価を各 4 段階で評価してもらった。さらに 4 種類の中から My best tea を選んでももらった。アンケート用紙には、年代と性別を自己申告で記入してもらった。この官能評価は 2024 年 11 月 17 日 NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 農産展の来場者から、希望者を募り実施した。

結果および考察

合計 72 名の被験者から回答を得られた (以下、無回答も含むため総数が 72 にならない場合がある)。グループ A および B (性別による違い) は 32 名および 35 名、10~20 代、30~40 代、50~60 代、70~80 代がそれぞれ 20 名、15 名、25 名、10 名であった。My best tea は土岐氏有機 (23 名)、土岐氏無施肥 (17 名)、巽氏慣行 (同)、巽氏無施肥 (10 名) の順になり、土岐氏有機は香り、うま味、苦渋味、総合の平均値が順に 2.54、2.81、2.93、2.93 であり、同じく土岐氏無施肥は 2.34、2.74、2.83、2.81、巽氏慣行は 2.44、2.61、1.97、2.70、巽氏無施肥は 1.89、2.27、2.23、2.46 だった。この結果からは、うま味が高いほど総合評価が高くなる傾向がみられた。

カテキン類は苦渋味に関わるとされるが、今回は苦渋味がそれほど総合評価に影響が無く、今回、カテキン含量を官能評価の結果と関連付けて考えるのは難しかった。

My best tea の結果に対して、年代、性別のクロス集計を行ったところ、50~60 代でグループ間に差がみられ、グループ A はグループ B に比べて、巽氏無施肥を選びやすいという結果が得られた。来年度も実施したく考えており、傾向を慎重に確認したい。

以上より、カテキン含量は製法、品種ほどではないものの無施肥栽培でカテキン含量に差がみられ、宇治茶と大和茶では慣行栽培と有機栽培よりも EGCg 含量が多くなっていた。また、官能評価では水出しでもあり評価の難易度は高かったと思われるが、一部興味深い結果もみられた。今後、より詳細な検討を加えて、無施肥栽培茶の特徴を明らかにしたい。

謝辞 本研究を遂行するに当たり、巖田建商店の巖田建様、早映様、茶農家の上嶋伯協様、片木明様、巽直弥様、土岐太郎様、京都大学大学院農学研究科 及川彰先生、林由佳子先生、品質評価学分野の学生さん、2024 年農産展にて飲み比べに参加頂いた皆様に大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

無施肥無農薬栽培の茶に対する消費者評価 —購入価格に着目した分析—

上西良廣^{1*}・小林正幸²・多田光史^{2,3}

(¹九州大学大学院農学研究院・²NPO 無肥研・³京都大学大学院農学研究科)

問題意識と課題

2015年の国連サミットでSDGs（持続可能な開発目標）が採択され、世界的に持続可能な社会の実現への関心が高まっている。日本では農林水産省が「みどりの食料システム戦略」を策定しており、環境負荷を低減した農業の重要性が高まっている。

無施肥無農薬栽培は有機資材も投入しないことから環境負荷が極めて小さい栽培方法である。そのため、無施肥無農薬栽培を普及することで、持続可能な社会の実現に資すると考えられる。技術普及にあたっては、農業経営が持続可能であることが大前提であり、無施肥無農薬栽培農産物の高付加価値化の可能性および効果的な販売戦略について明らかにすることが重要である。

以上をふまえて本研究では、無施肥無農薬栽培の茶を対象として、価格面で高く評価する消費者の特徴を明らかにすることを目的とする。

データおよび方法

本研究は、NPO 法人無施肥無農薬栽培調査研究会（以下、無肥研）と共同で実施したアンケート調査を用いる。本調査は、無肥研が主催する農産展・講演会の来場者を対象として、対面で実施した。実施日は2024年11月17日である。無施肥無農薬栽培の水出し煎茶（巖田建商店が販売する「がぶ飲み煎茶」）を提供し、嗜好性評価および購入上限価格などについて尋ねた。調査票は、回答者の基本属性、試飲した茶の嗜好性評価、購入上限価格、茶に関する日常行動などの質問項目（大問10問、全2頁）で構成される。本調査により、144名の回答を得た。

分析方法は、まず各項目の単純集計を行い、購入上限価格に関する回答結果をふまえてグループ分けを行う。次に、購入上限価格と基本属性との関係、購入上限価格と茶に関する日常行動との関係について、それぞれカイ二乗検定とクラスカルウォリス検定により分析する。

分析結果と考察

回答者の基本属性は、性別について女性の割合が約7割、年代について20代と50~70代が多く、茶全般の好き嫌いについては「好き」が最も多く（45.7%）、次いで「非常に好き」（35.7%）であった。茶が好きな人（非常に好き、好き、やや好き）は約94%と大多数を占めた。

表1は、試飲した煎茶（がぶ飲み煎茶）に対する評価結果である。「好き」が最も多く、次いで「非常に好き」となっており、肯定的な評価（非常に好き、好き、やや好き）をした人は約94%と大多数を占める。このことから、大多数の人が無施肥無農薬栽培の煎茶を受容していることが明らかとなった。購入上限価格については、1500円、1300円、1000円が各25%程度を占めることから、1301円以上を「高価格」グループ（37.6%）、1300円を「現状維持」グループ（25.6%）、1299

円以下を「低価格」グループ (36.8%) として 3 グループに分け、グループ間の違いを明らかにする。

表 2 は、購入上限価格と基本属性 (性別、年代) との関係に関する結果である。性別と購入価格は有意な結果とはならなかった。年代と購入価格は有意な結果が見られ、低価格帯について 10-20 代は多く、70-80 代は少ない結果となった、このことから、若年層 (10-20 代) は低価格志向である一方、70-80 代は低価格という側面に価値を見出しておらず、無施肥無農薬などの商品的価値を評価していると考えられる。

表 3 は、購入上限価格と茶に関する日常行動との関係に関する結果である。茶葉で煎茶を飲む頻度について、「高価格帯」の人は「低価格帯」よりも高頻度で飲んでいることが明らかとなった。つまり、日常的に茶葉で煎茶を飲んでいる人は、無施肥の茶を高価格で購入しても良いという結果であり、日常的に飲んでいるからこそ、こだわり農産物に価値を見出すと考えられる。

日常的に茶葉で煎茶を飲んでいる人は、無施肥の茶を高価格で評価していた。このことから、無施肥無農薬栽培の煎茶の販売拡大およびさらなる高付加価値化を実現するために

は、日常的に茶葉でお茶を飲んでいる人に対して、無施肥無農薬栽培などの商品的価値を訴求するのが有効であると考えられる。

本研究に残された課題は、以下の二点である。第一に、試飲した茶に対する自由回答記述 (テキストデータ) を用いて、テキストマイニングを実施することで、消費者が評価している側面を解明することが必要である。第二に、嗜好性調査の際に、回答者の価値観や日常行動についてさらに詳しく尋ねた上でグループ分けすることで、回答者をさらに詳細に分類して分析する必要がある。

謝辞

消費者調査の実施にあたり、巖田建商店に大変お世話になりました。また、アンケート調査に、ご回答くださった皆様に厚く御礼申し上げます。

表1 試飲したお茶に対する評価

	項目	割合(%)	度数
試飲したお茶の嗜好性 (n=144)	非常に好き	33.3	48
	好き	47.2	68
	やや好き	13.9	20
	どちらでもない	3.5	5
	やや嫌い	1.4	2
	嫌い	0.0	0
試飲したお茶の購入上限金額 (n=133)	非常に嫌い	0.7	1
	3000	0.8	1
	2600	0.8	1
	2000	3.0	4
	1800	1.5	2
	1700	0.8	1
	1575	0.8	1
	1500	27.8	37
	1400	1.5	2
	1320	0.8	1
	1300	25.6	34
	1200	3.0	4
	1100	1.5	2
	1000	24.8	33
	900	2.3	3
800	1.5	2	
700	0.8	1	
500	2.3	3	
購入したくない	0.8	1	

表2 購入上限価格と基本属性との関係

		低価格帯 ~1299円	現状維持 1300円	高価格帯 1301円~
性別	男性	38.1	34.5	31.9
	女性	61.9	65.5	68.1
	合計	100	100	100
年代**	10~20代	33.3	14.7	18.0
	30~40代	16.7	11.8	28.0
	50~60代	39.6	47.1	28.0
	70~80代	10.4	26.5	26.0
	合計	100	100	100

注：カイ二乗検定を実施した結果、**は5%水準で有意であることを示す。有意であった項目に対して、調整済み残差分析を実施し、有意に高いセルを太字、有意に低い項目を太字斜字で示した（5%水準）。

表3 購入上限価格とお茶に関する日常行動との関係

		低価格帯 ~1299円	現状維持 1300円	高価格帯 1301円~
飲む頻度	ペットボトルのお茶	3.30	2.37	3.06
	ティーバッグのお茶	3.00	2.50	2.62
	茶葉で煎茶	3.42 a	4.34	4.69 b
	茶葉でほうじ茶	5.31	6.06	5.52
茶葉の煎茶を買う頻度		2.25 a	3.15 b	2.70

注1：ほぼ毎日(7点)、週に1回(6点)、2週間に1回(5点)、月に1回(4点)、2か月に1回(3点)、年に数回(2点)、飲まない(1点)の平均評価得点を算出。

注2：クラスカルウォリス検定を適用し、その後Bonferroni調整によって群間の大小を比較した。異なるアルファベット間には有意水準5%で有意差があることを示している。