

【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

2022 年度 研究報告会

開催日時：2023 年 3 月 12 日（日）13：00～16：30

会 場：Reimei Hall（京都市左京区吉田神楽岡町）

表 題 ・ 報 告 者

1. 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（2022年度）
..... 森誠*・小林正幸（NPO無肥研） 1
2. 無施肥無農薬栽培水稻の品質評価（資料提供）
..... 丸田信宏（NPO無肥研） 6
3. 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2報）
..... 丸田信宏¹*・白岩立彦^{1,2}（¹ NPO無肥研・² 京大院農） 11
4. 長期無施肥無農薬栽培水田におけるアイガモロボの雑草抑制効果と収量への影響
..... 家田善太¹*・林政樹¹・白岩立彦^{1,2}（¹ NPO無肥研・² 京大院農） 17
5. 茶園における無施肥無農薬の土壌調査—土壌化学及び土壌微生物群集
..... アンドレ・フレイレ・クルス（京都府立大学生命環境科学研究科） 25
6. UAV 画像を用いた長期無施肥無農薬水田内の生育・収量変動の評価【第3報】
..... 岩橋優¹*・小林正幸²・森誠²・本間香貴³
（¹ 京大院農・² NPO無肥研・³ 東北大学院農） 26
7. 無施肥圃場におけるイネ共生微生物の実態調査と有用共生菌の同定
..... 木戸將太・足立旭・藤雅子・横手美樹・鈴木雄心・永易将弘・西條雄介*
奈良先端科学技術大学院大学（植物免疫学研究室） 28
8. 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
..... 栗田光均¹*・多田光史²・白岩立彦^{1,2}（¹ NPO無肥研・² 京大院農） 31
9. 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（2022 年度）
..... 下平訓立*・倉島次郎（NPO無肥研） 38
10. ダイズ茎疫病発生と癒傷反応との関連
..... 多田光史*・白岩立彦（京都大学大学院農学研究科） 43

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（2022 年度）

森 誠^{1*} 小林正幸¹

（NPO 無肥研）

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、収量調査の結果について紹介する。収量調査は福井県、滋賀県、京都府および兵庫県に位置する無施肥栽培水田の結果をまとめた。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29年間継続的に栽培を続けている水田など様々である。また2006年に作上を1951年以来無施肥無農薬栽培を継続してきた圃場の作土と入替え以降無施肥栽培を続けている圃場も含まれている。収量は（1）株刈り法で12圃場（収量構成要素を含む）（2）坪刈り法で5圃場のデータを示した。

収量調査

1977年より坪刈り法で収量調査を行い、2003年より収量構成要素を調査する目的で株刈り法でも調査を行っている。全刈収量と坪刈り・株刈り調査で得た収量は多少の違いはあるものの概ね一致している（図1）。

ここでは株刈り法による調査で圃場間の違いや品種の違いを示し、又無施肥開始初年からの収量の経年変化も示した。坪刈り法による調査では経年変化を示した。

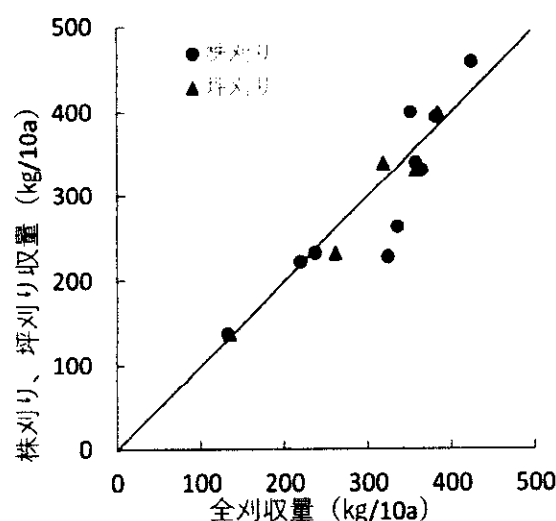


図1 2022年の全刈収量と株刈り法・坪刈り法における収量との関係

(1) 株刈り収量

表1 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(2022)

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)	一穂穂数 (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)
福井F	福井県越前市	1997	26	コシヒカリ	871±27.6	248±8.5	82.5±2.3	88.6±0.3	21.9±0.0	352±18.8	316	384	400
中道I	滋賀県野洲市	2007	16	コシヒカリ	953±50.3	236±16.7	66.8±2.8	93.6±0.5	21.3±0.0	324±27.3	262		228※3
亀岡II	京都府亀岡市	2009	14	コシヒカリ	881±34.4	240±12.4	89.9±4.4	91.2±1.6	20.8±0.0	336±12.9	185		262
牧野	福井県福井市	2009	14	コシヒカリ	760±21.3	238±12.3	69.3±2.1	83.4±0.6	19.0±0.0	220±10.3	285		222
中道II	滋賀県野洲市	2010	13	コシヒカリ	856±56.2	238±12.4	64.4±2.1	93.1±0.8	21.8±0.1	304±32.9	162		228※3
尾形	福井県越前市	2017	6	コシヒカリ	1030±47.2	303±12.0	93.2±2.6	86.2±1.0	21.3±0.0	424±19.5	483		459
亀岡I	京都府亀岡市	1994	29	秋の詩	699±38.5	175±10.1	73.8±3.5	65.4±3.0	22.1±0.2	132±24.6	177	173	138
小倉R	京都府宇治市	2003※1	20	ベニアサヒ	1014±40.1	174±7.0	103.0±1.9	93.6±0.8	21.8±0.0	358±30.5	264	295	358
小倉O	京都府宇治市	2003	20	ベニアサヒ	949±50.2	187±9.3	98.2±2.7	93.6±0.4	22.2±0.1	366±34.4	281	329	319
上田	京都府京都市	2021	2	農林16号	1334±85.0	179±9.3	120.1±4.1	91.4±1.1	22.2±0.2	517±31.9	478		424
野洲VII	滋賀県野洲市	2003	20	新羽二重籾	768±30.3	222±10.9	58.8±2.8	91.9±1.1	21.8±0.1	237±6.2	384	259	226
成田	兵庫県豊岡市	2018	5	新羽二重籾	1034±36.6	265±10.1	73.4±1.8	93.5±1.0	22.2±0.1	382±19.7	353		395
平均					928±43.1	225±10.9	82.8±2.8	88.8±1.0	21.5±0.1	329±22.4	302	288	320

※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栗東水田の表層土約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 中道IⅡ合算した値

平均値±標準誤差

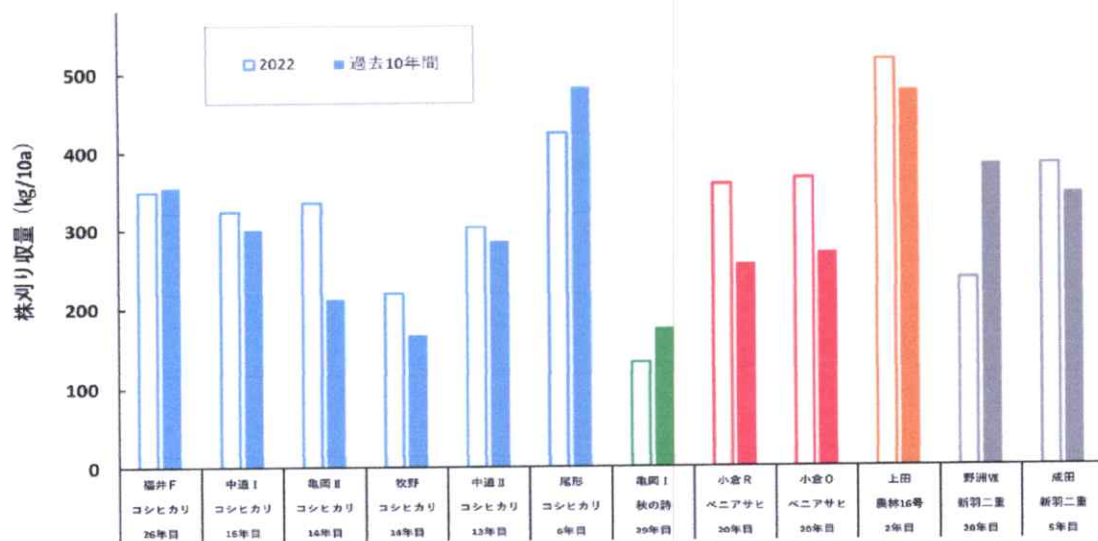


図2 株刈り法の収量と過去10年間平均収量の比較

水田の対角を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4府県7地域の12圃場で栽培された5品種（コシヒカリ、秋の詩、ベニアサヒ、農林16号、新羽二重）の調査を行った（表1、図2）。

2022年は、7月下旬から8月上旬に高温多照、逆に8月中下旬が日照不足気味であったが、稲作期間全体としては概ね良好とされ、近畿や福井県の作況は平年並みだった。調査を行った全水田の平均収量は321 kg/10aで前年の303 kg/10aと比べると6%多かった。このことから2022年は前年と比べると天候が概ね良好であったことも加え、栽培管理が上手くいったことが影響したと考えられる。

品種別に見てみると、早生品種のコシヒカリの2022年の平均収量は過去10年間の平均収量と比べて10%多かった。福井県の直轄水田（福井F）は過去10年間の平均収量と比べて1%減収した。収量構成要素を見てみると穂数は過去10年間と比べて26%多かったが、1穂粒数は12%減、登熟歩合が2%低下した。無施肥栽培26年目の福井Fは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と思われる。中道氏水田Ⅰ（中道Ⅰ）は過去10年間の平均収量と比べて本年は8%多かった。（前年比は40%増加）。雑草の管理に苦労され、無施肥に切り替えて6年目以降の平均収量は250 kg/10a未満の収量だったが、オーレック社の乗用型水田除草機を上手く活用され、雑草の抑草等の技術面を研究され、本年は324 kg/10aの収量になった。中道氏水田Ⅱ（中道Ⅱ）は過去10年間の平均収量と比べると7%多く、穂数が17%増えた。牧野氏水田（牧野）は過去10年間の平均収量と比べると31%増収した。本年は穂数が過去10年間と比べると29%増加した。本年より種籾の塩水選をしっかりと実施され、稲の初期生育が良かった事で穂数が増えた要因の1つだと考えられる。本年も除草がまだまだ十分に行われたとは言えず、今後さらに雑草処理がしっかりと行われると収量の増加が期待される。尾形氏水田（尾形）の収量は424 kg/10aと収量が多かったが、無施肥に切り替えてからの5年間の平均収量と比べ12%の減少であった。圃場に使用されてきた肥料分が減少したと思われる。除草が十分に行われていることが、多収量の一因だと思われ、今後の収量の推移を見ていきたい。亀岡Ⅱ水田は過去10年間の平均収量と比べると58%増加した。過去10年間の収量構成要素を比べると穂数が24%多かった。この水田は多数回中耕除草の試験水田でもあるので、水田の半分（水尻側）を機械除草のみで除草を行い、残り半分（水口側）は手取り除草のみで除草を行った。生育初期の除草が手取り除草、機械除草共に効果があった要因の一つと考えられる。

亀岡Ⅰ水田は中生品種の秋の詩を栽培した。132 kg/10aとかなりの低収量の結果になった。この水田も亀岡Ⅱ水田と同様に水田の半分で機械除草と手取り除草を行い見た目にも手取り除草を行った側の生育が良く収穫を期待していたが、カメムシ被害により多くの穂が立ったまま、実らず収量が少なくなった。周りの水田は早生品種が多く栽培され、収穫が終了し、中生品種の秋の詩を栽培している亀岡Ⅰ水田と数枚の水田が残り、カメムシが集中したのではないかと推測した。又、機械除草のみを行った所は雑草が多く残り、カメムシの被害が多く発生しており、雑草が繁殖していると、虫害の被害が手取り除草側の収量は157 kg/10aであり、機械除草側は83 kg/10aと手取り除草側が86%多い結果となった。

小倉R、Oでは晩生品種のベニアサヒを栽培した。収量は過去10年間の平均収量と比べるとR

水田は 36%増加し、O 水田は 30%増加した。過去 10 年間の収量構成要素と比べると R、O 水田共に 1 穂粒数が多く、(R 水田は 25%、O 水田は 13%) 登熟歩合も高かった。(R 水田が 5%、O 水田は 4%)。上田氏水田(上田)は耕作放棄地(年に数回耕起あり)を無施肥で栽培され、本年度 2 年目になるが、晩生品種の農林 16 号を栽培した。2021 年は 478 kg/10a、2022 年は 517 kg/10a と高い収量であったが、無施肥栽培に転換 2 年目で、どのように収量が推移していくかを見ていきたい。

野洲Ⅶ、成田水田では新羽二重糯を栽培した。野洲Ⅶ水田は過去 10 年間の収量を比べると 38%の減収であった。この水田ではアイガモロゴを用いた雑草抑制の試験(家田報告)をおこなった。雑草が水田全体に繁茂し生育は不良であった。この地域では 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傾向があり、本年度は転作 1 年目であったが、除草が十分に行われないと過去 6 回の転作 1 年目の平均収量と比べると 19%減収した。成田氏水田(成田)の収量は過去 5 年間の収量と比べ 8%増収した。1 穂粒数が過去 5 年間と比べ 9%多かった。成田水田は無施肥に切り替えて 5 年目だが、他の水田と違い増減の度合いが少なく、本年度は初年度の収量と比べても 4%増収した。今後も長期間の調査でどのような収量の推移を見ていきたい。

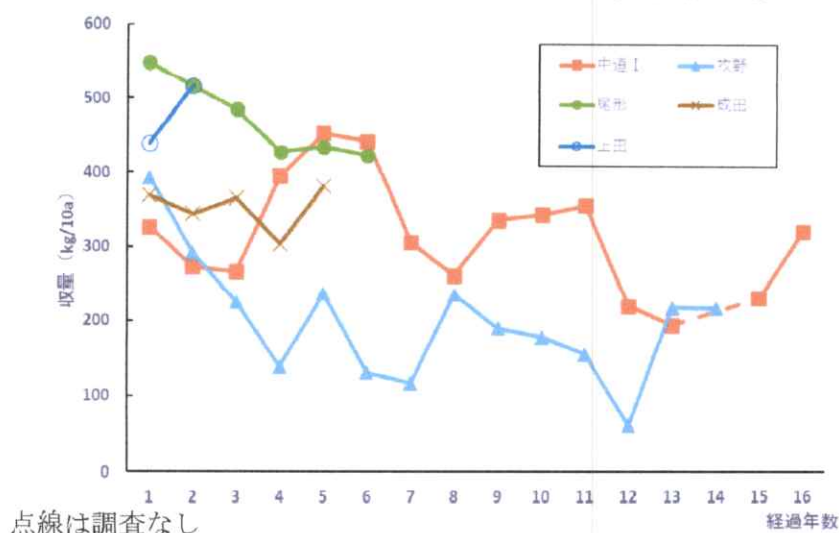


図 3 株刈り法の収量の無施肥開始年よりの経年変化

無施肥栽培開始年から調査を行っている 5 水田の収量の経年変化(図 3)をみると、中道Ⅰ水田は初年から 3 年迄に収量が減少した後 4 年、5 年目で収量が増加したが、その後増減を繰り返している。本年度は 16 年目になるが初年の収量を超えた。牧野水田は本年度で 14 年目になるが、初年から雑草管理に苦勞され、収量は低下し、無施肥開始 12 年目に 100 kg/10a を下回るようになった。13 年目以降深water管理や、多数回中耕除草等に取り組み結果、収量は回復傾向にある。尾形水田は無施肥栽培に切り替えて 6 年目になり、収量の低下は見られるが、除草作業は十分に行われ、収量は 400 kg/10a を超えている。成田水田は無施肥栽培に切り替えて 5 年になるが、収量の増減の程度が他の水田と比べると緩く、本年度は初年度の収量を上回った。今後どのような推移をしていくのか注目したい。上田水田は耕作放棄地(年に数回耕起あり)を無施肥で栽培され、本年度 2 年目になるが、500 kg/10a を超える高い収量になっている。今後上田水田がどのような収量の推移をしていくか注目したい。

(2) 坪刈り収量

収量の変遷(図4)では2021年度に報告したが無肥研直轄圃場の亀岡I、小倉OR水田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年以前の収量の低下度合いよりも、さらに収量の低下度合いが進んだ様に思われる。また2010年小倉(O,R)水田の収量が低下時も中干しを行っている事も確認した。中干しを行なわなかった2021, 2022年は収量が増加した。2年間のみの結果しかないが長期無施肥栽培においては中干しを実施しないことの方が収量の増収傾向がみられる(家田2021)。中干しを実施しないことにより収穫時の作業性の悪化の可能性があるので、労力が増える事がある。

今後も長期間調査を続けることで収量の低下の原因(水管理、雑草処理等)究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。



亀岡I・福井F・野洲VIIの点線は転作時を表す

図4 坪刈り収量の変遷

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。今後も長期間調査を続けることで水管理や除草方法による収量の影響の究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 (2021) 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
- 家田 (2022) 長期無施肥無農薬栽培水田におけるアイガモロボの雑草の抑制効果と収量への影響

無施肥無農薬栽培水稻の品質評価（資料提供）

丸田信宏

（NPO 無肥研）

無施肥無農薬栽培水稻の品質評価を玄米食味、炊飯米食味、穀粒判別の3つの方法で試みた。
試料は2022年11月20日に行われたNPO無肥研主催の農産展に出品された玄米を用いた。

1. 玄米食味

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。

（1）2022年の結果

表1. 玄米における食味値（2022年調査分）

栽培地	実施開始年	品種	水分 (%)	タンパク質 (%)	アミロース (%)	脂肪酸度	スコア	2021年の スコア
長野県上伊那郡	2009	コシヒカリ	14.1	6.1	18.9	16.0	85	
長野県上伊那郡	2009	コシヒカリ	13.9	5.7	19.0	16.0	90	
長野県上伊那郡	2012	コシヒカリ	13.9	6.3	18.8	16.0	85	
長野県木島平	1998	コシヒカリ	14.0	4.9	18.5	14.0	98	92
福井県越前市	1997	コシヒカリ	13.7	6.3	17.6	11.0	87	80
福井県越前市	2017	コシヒカリ	14.3	6.4	15.9	10.0	87	78
福井県福井市	2009	コシヒカリ	14.1	5.9	18.2	13.0	87	91
滋賀県野洲市	2010	コシヒカリ	13.9	5.4	15.8	9.0	98	92
京都府亀岡市	2009	コシヒカリ	14.9	5.4	15.6	13.0	94	92
兵庫県豊岡市	2018	コシヒカリ	13.5	5.5	17.1	10.0	95	85
京都府亀岡市	1993	秋の詩	14.2	5.7	18.1	15.0	90	
福井県越前市	2017	日本晴	13.2	6.2	17.6	12.0	88	87
京都府南丹市	2015	日本晴	13.8	6.2	18.9	17.0	84	87
石川県羽咋市	2020	日本晴	13.6	5.5	9.8	16.0	89	86
石川県羽咋市	2021	銀坊主	14.2	5.6	18.5	18.0	89	85
宮城県石巻市	2007	瑞穂の夢	14.5	6.8	18.0	18.0	80	
宮城県石巻市	2010	亀の尾	14.3	5.7	18.4	16.0	89	
宮城県石巻市	2007	ササシグレ	13.9	5.3	19.4	16.0	92	
京都府宇治市	2003	ベニアサヒ	14.0	6.1	17.1	12.0	89	85
京都府宇治市	2003	ベニアサヒ	14.6	5.5	16.8	14.0	94	85
京都府京都市	2021	農林16号	12.6	6.1	17.6	8.0	90	92
長野県木島平	2003	農林48号	14.0	5.4	18.5	14.0	92	
平均			14.0	5.8	17.5	13.8	89.6	86.9
参考データ（2022年栽培米）								
京都府亀岡市	慣行栽培	キヌヒカリ	14.3	6.7	16.6	15.0	81	
滋賀県野洲市	有機栽培	コシヒカリ					84	
滋賀県野洲市	有機栽培	ササニシキ					95	

7 府県, 10 品種, 22 供試体のデータを測定した。(参考として京都府亀岡市の慣行栽培米, 滋賀県野洲市の中道氏より提供いただいた有機栽培米の食味スコア掲載した。) 全体的にタンパク含量および脂肪酸度が低く, いずれの産地, 品種ともに概ねメーカーが示している指標 (図 1) と照らし合わせると高いスコアとなった (表 1)。スコアへの寄与率が最も高かったのはタンパク質となった (t 値=-16.2) (データ略)。

日本米産では 65-75 点が基準になっており, 70-80%の人が美味しいと認める 70 点以上の良質米作りを目標す (米・食味鑑定士協会) という考え方や, (株) つくば分析センターの 2012-2019 年に調査が行われた 3149 サンプルの平均値が 77 であったこと, 米・食味鑑定士協会が主催する新米の食味鑑定による国際コンクールの一次審査は同機を使用して 85 点以上が通過するなどということを考慮すれば, 平均 89.6 というスコアは高いと言える。

(2) 経年比較

2019-2022 年の玄米食味スコアを比較した。

2019 年 5 府県 11 品種 28 供試体

2020 年 6 府県 8 品種 21 供試体

2021 年 7 府県 8 品種 21 供試体

2022 年 7 府県 10 品種 22 供試体

年次間差はあるものの, 平均 83.4-89.6 と高いスコアになった。このことから, 無施肥無農薬栽培米は気象, 産地, 品種に関わらず概ね高いスコアであると考えられる。

2. 炊飯米食味

京都府および滋賀県の NPO 直轄圃場 2 か所 4 水田 3 品種 4 供試体の炊飯米食味値を外観, 硬さ, 粘りより求めた。(新鮮度は新米として統一的に見るため 10 点とし, 計測していない。) 測定は佐々木研究所農業経営技術コンサルタント佐々木氏に依頼した。測定には (株) サタケ食味鑑

図 1. 測定値の目安 (静岡製機 (株) 2012)

玄米水分	適正				
	14.5		16.0		
タンパク質	適正				
	8		9		
アミロース	良い	普通	劣る		
	18		22		
脂肪酸度	良い	普通	劣る		
	16		20		
スコア	劣る	やや劣る	普通	やや良い	良い
	50	60	70	80	

表 2. (株) つくば分析センターによる食味成分試験結果のまとめ (2012-2019 年)

試験成分	n=3149		
	平均値	最小値	最大値
水分	14.6	11.2	17.8
タンパク	7.3	5.1	11.6
アミロース	18.3	13.2	22.3
脂肪酸度	18.5	5.0	29.0
スコア (食味値) ※1	77	44	95

※1 精米のデータを含む

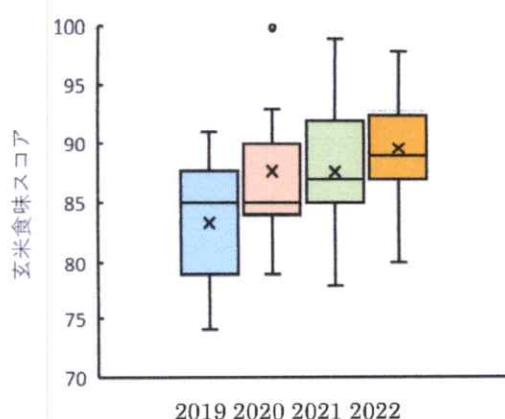


図 2. 年次間の玄米食味値 (2019-2022)

定団を用いた。同機での点数の上限は 99 点である。以下は測定者佐々木氏より教示頂いた同機に関する知見である。

表 3. 炊飯米における食味値 (2022 年調査分)

栽培地	実施開始年	品種	外観評価	硬さ評価	粘り評価	鮮度評価	食味鑑定値
京都府亀岡市 (K1)	1993	秋の詩	8.70	2.00	8.20	10	85.60
京都府亀岡市 (K2)	2009	コシヒカリ	9.00	1.90	8.00	10	87.10
京都府宇治市 (O)	2003	ベニアサヒ	6.80	2.70	6.60	10	72.10
京都府宇治市 (R)	2003	ベニアサヒ	7.30	2.10	6.60	10	75.10

- ・同機ではご飯の外観と硬さ、粘り、柔らかさのバランスでみられるので、水をしっかり吸っても柔らかくなりにくいお米で点数が高い。
- ・コシヒカリで 80 点～85 点が多く、良食味米は 90 点以上、コンクール入賞品は 93 点くらいである。(入賞は 810 サンプル中、3 サンプル位の割合)
- ・コンクール高得点の米の硬さは 1.3～1.8、粘りは 9.11 以上であるのに対し、今回の全サンプルの平均はそれぞれ 2.46, 8.44 といずれも高かった。
- ・品種により高スコアのもの、そうでないものがある。

炊飯米食味鑑定値は、概ねコシヒカリ、秋の詩、ベニアサヒの順に高くなり、品種の特性がスコアに表れた。観点別でも、外観はこの順になり、硬さはこの順に柔らかくなった。

玄米食味値と炊飯米食味値には強い正の相関 ($r=0.74$) がみられた (図 3)。コシヒカリは両スコアは近い値になったが、秋の詩、ベニアサヒは玄米食味値よりも炊飯米食味値が低いスコアとなった。これは、両測定器ともコシヒカリを基準に作られていること、炊飯することにより実際に食べる状態に近づき、品種の特性が玄米よりも炊飯の方がよりはっきり表れたことが要因だと考えられる。

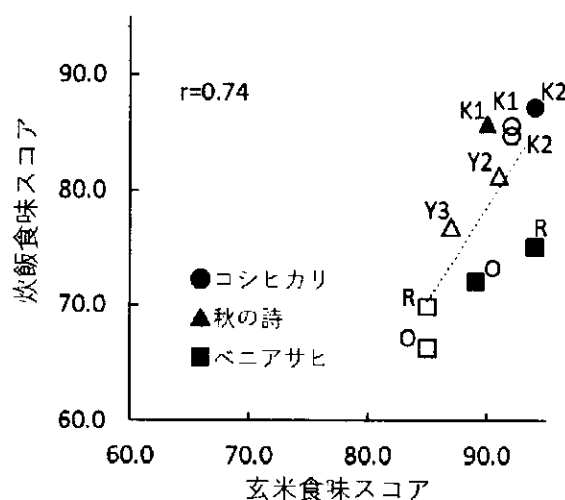


図 3. 玄米食味値と炊飯米食味の関係 (マーカーの白抜きは 2021 年、黒塗りは 2022 年の結果)

3. 穀粒判別

株式会社サタケ製の穀粒判別器 RGQI 100B を用い、10 品種 22 水田の無施肥米の整粒、着色粒、死米、胴割粒、碎粒、白未熟の割合を求めた。(参考として京都府亀岡市の慣行栽培米の結果を掲載した。) 各指標は 3000 粒測定の結果である。

農水省の基準では死米率の上限が 1 等で 7% に対し、無施肥米は平均 0.2% と顕著に低かった。これは施肥を行わないため、稲が無駄な穂や稈をつけず、登熟させていることが理由として考えられる。

表 4. 穀粒判別器による米の評価と等級

栽培地	実施開始年	品種	整粒	計	死米	着色粒	胴割粒	砕粒	白未熟
長野県上伊那郡	2009	コシヒカリ	74.0	7.2	0.0	0.3	5.7	0.4	0.8
長野県上伊那郡	2009	コシヒカリ	71.5	10.0	0.0	0.2	8.1	0.9	0.8
長野県上伊那郡	2012	コシヒカリ	73.4	8.0	0.0	0.1	6.2	0.6	1.1
長野県木島平	1998	コシヒカリ	72.2	6.4	0.0	0.4	1.0	0.7	4.3
福井県越前市	1997	コシヒカリ	65.3	6.8	0.0	0.0	2.4	1.1	3.3
福井県越前市	2017	コシヒカリ	48.3	16.5	0.1	0.4	8.4	0.1	7.5
福井県福井市	2009	コシヒカリ	49.0	8.8	0.1	0.1	5.5	1.1	2.0
滋賀県野洲市	2010	コシヒカリ	43.3	22.6	0.1	1.0	0.1	0.3	21.1
京都府亀岡市	2009	コシヒカリ	49.4	16.1	0.3	0.9	1.4	0.3	13.2
兵庫県豊岡市	2018	コシヒカリ	60.7	7.3	0.1	0.1	0.3	0.3	6.5
京都府亀岡市	1993	秋の詩	77.0	5.6	0.5	2.0	0.2	0.9	2.0
福井県越前市	2017	日本晴	73.7	3.2	0.2	0.2	0.6	0.4	1.8
京都府南丹市	2015	日本晴	80.8	5.8	1.7	0.6	0.3	0.5	2.7
石川県羽咋市	2020	日本晴	85.0	3.6	0.1	0.3	0.4	1.6	1.2
石川県羽咋市	2021	銀坊主	67.4	10.3	0.0	0.3	0.3	1.3	8.4
宮城県石巻市	2007	瑞穂の夢	84.7	8.5	0.0	0.1	2.3	1.1	5.0
宮城県石巻市	2010	亀の尾	70.9	17.0	0.1	0.9	5.5	0.6	9.9
宮城県石巻市	2007	ササングレ	78.7	12.9	0.0	0.9	6.7	0.5	4.8
京都府宇治市	2003	ベニアサヒ	65.9	15.5	0.3	0.7	3.2	0.7	10.6
京都府宇治市	2003	ベニアサヒ	64.9	17.4	0.1	0.8	0.1	3.0	13.4
京都府京都市	2021	農林16号	52.1	29.3	0.1	2.9	2.2	1.7	22.4
長野県木島平	2003	農林48号	57.3	25.9	0.0	3.0	2.4	1.9	18.6
平均			66.6	12.0	0.2	0.7	2.9	0.9	7.3

参考データ（2022年栽培米）

京都府亀岡市	慣行栽培	キヌヒカリ	54.2	21.0	0.2	2.1	4.2	0.9	13.6
--------	------	-------	------	------	-----	-----	-----	-----	------

表 5. 玄米の検査規格（農水省）

項目 等級	最 低 限 度		最 高 限 度							
	整 粒 (%)	形 質	水 分 (%)	被害粒、死米、着色粒、異種穀粒及び異物						異 物 (%)
				計 (%)	死 米 (%)	着色粒 (%)	異 種 穀 粒			
							もみ (%)	麦 (%)	もみ及び麦を除いたもの(%)	
1 等	70	1等標準品	15.0	15	7	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2
2 等	60	2等標準品	15.0	20	10	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4
3 等	45	3等標準品	15.0	30	20	0.7	1.0	0.7	1.0	0.6

一方、無施肥米の着色粒の割合が農水省の基準値に比してやや高い。この基準値に関しては、健康や味に影響はないが、1等米の基準は、着色粒の混入をほぼゼロにするよう求めており、見た目を重視するあまり、過剰な農薬散布につながっているとして、一部の農家や消費者からは規定の廃止を求める声が上がっているとの報告がある（小林 2019）。見た目のみ重視して、成分検査もほとんど行われていない今の制度は安全性を求める消費者ニーズに逆行しているとの声もある。一部の水田ではカメムシによる害だと考えられる着色粒があり、品質は下がるがとしても、多くは概ね1.0%前後と低い値であり、農薬を使用しない無施肥栽培ではしっかり栽培管理された

米であると考えられる。

京都府南部，滋賀県産の早生および晩生品種（慣行栽培キヌヒカリも同様）に白未熟が多かったのは，地域及び品種が限定されていることから，その地域における登熟期の低日照もしくは高温障害などの気象要因の可能性があるが，はっきりしたことはわからない。

4. 最後に

様々な角度から無施肥無農薬栽培米の品質評価を行ったが，最も大切なのは機械による評価ではなく，舌で味わうことである。おいしさに加え無農薬で安心して食べることが出来るということも消費者にとっては大切なことである。実際に化学物質に対して過敏な人が無施肥無農薬米を食べられるという報告もされている。まだまだ無施肥無農薬栽培米の流通量は少ないが，今後は慣行栽培との比較も含めた調査を行い，品質に関するデータをさらに蓄積していきたい。

謝辞：本研究を行うのにあたり，中道農園の中道唯幸氏，佐々木農業研究会の佐々木茂安氏には食味計，粒質判別機の使用をご快諾いただき，炊飯食味の分析に協力いただき，さらにそれぞれご自身の経験から食味に関する知見やデータを教えて頂き，ご意見，ご助言もいただきました。ここに記して深く感謝いたします。

【引用文献】

- ・静岡製機（株）（2011）食味分析資料 お米の成分・特性と品質
- ・米・食味検定士協会 お米豆知識 食味スコアについて 米・食味検定士協会ホームページ
<https://www.syokumikanteisi.gr.jp/sample/bootstrap/Initio/chishiki-syokumi.html#ac>
- ・株式会社つくば分析センター 解説資料 食味品質評価票について
- ・農林水産省 政策統括官（2019）穀粒判別器の概要
- ・小林由比（2019） 米の等級下げる「着色粒」規定廃止求める声上がる 東京新聞 web
<https://www.tokyo-np.co.jp/article/12167>

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2報）

丸田信宏^{1*}・白岩立彦^{1,2}

(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壌の養分を奪う雑草を除去するという利点とともに、土壌の攪拌により土壌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、分解させることにあ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、水稻増収のために適切な中耕除草の時期、回数を明らかにすることを目的として調査している。

2021年は、0回、2回、6回除草区を比較し、3水田で早生のコシヒカリもしくは晩生のベニアサヒを栽培して、生育、収量、品質を調査した。0回、2回、6回除草区を比較すると2回除草区の収量が高かった。それは除草の効果はある程度認められたものの、除草の強度が強すぎたため、6回除草区では稲の生育抑制につながったことが示唆された。

そこで本年は、除草の強度を昨年よりも小さくして除草を行い、雑草を観察するとともに乾物重を測定した。

【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（K1、K2）、京都府宇治市小倉の1

水田（R）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、田植え前約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。

2. 供試品種と栽培概要

供試品種は秋の詩（K1水田）、コシヒカリ（K2水田）とベニアサヒ（R水田）を用いた。稲種

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
K1	京都府亀岡市	盆地	灰色低地土	貯水池および井戸	1994
K2	京都府亀岡市	盆地	灰色低地土	貯水池および井戸	2009
R	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15 cm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栗東水田の表層土約15 cmを運搬し移設

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粳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、ハウス内の畑苗代で約35日間育苗した後、1株あたり3本を手植えて本田に移植した。栽植密度は16.8株/m²（株間33cm×条間18cm）。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1度ずつ走行した（2021年は同じ場所を往復

して除草した）。各圃場に除草回数の違う4区（0回区、1回区、2回区、6回区。2021年は1回区なし）をそれぞれ3反復ずつ設置した（図2）。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、1回区は移植6週間後、2回区はおよそ3週間隔、6回区はおよそ1週間隔で行った。反復1区にのみ、生育調査とは別に雑草採取区を設けた。

表2. 各水田における試験区ごとの除草日

除草日 (K1,2)	0回	1回	2回	6回	除草日 (R)	0回	1回	2回	6回
5/21				+6	6/1				+9
5/29				+14	6/8				+16
6/5			+21	+21	6/14			+23	+23
6/11				+27	6/22				+30
6/19				+35	6/29				+37
6/25		+41	+41	+41	7/6		+44	+44	+44
7/3	雑草採取日				7/10	雑草採取日			
数字は本田移植後の日数					数字は本田移植後の日数				



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、茎数・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、6回目除草約1週間後と収穫日にそれぞれ行った。両日とも1m²当たりの雑草を採取し乾物重を測定するとともに、写真で記録した。除草期後の雑草採取は根部を含む重量を、収穫日は地上部の重量をそれぞれ求めた。
- ③収量調査：収穫後は、ビニールハウスで約2～4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。各10株の平均的な穂数の3株について粒数、不稔粒数および精粒重を測定した。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した。得られた玄米重量は15%水分に換算して収量とした。また、収量調査区の10株において、粒重、粗玄米重および水分率を計測した。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。（統計はExcelアドインソフト「Statcel 4」を用いた）

【調査結果および考察】

1. 生育調査

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。出穂時期と除草回数の間には一定の傾向はみられなかった(表3)。

水田間に差の程度や確認された時期の違いはあるものの、生育調査3項目で最も処理区間差がはっきり現れたのは茎数であった(図2)。K1では移植5週間後、K2では移植6週間後、RはK1、K2ほどははっきりした差はないが移植7週間後より区間差がみられた。K1、K2では6回除草区が他の区よりも最高分げつ期頃から20%程度多く推移した。除草回数が多いほど茎数が多く、最高分げつ期も遅かったことから、除草回数が多いほど水稻の生育が活発であったと考えられた。

N吸収の大小を反映する指標として求めた茎数×草丈×SPAD値は、いずれの水田、処理区とも出穂期頃の値が最も高く、処理区間差もその頃が最も大きかった(図3)。いずれの水田でも移植後5週間後以降は概ね除草回数が多いほど高い値となり、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られた。

2021年は移植4～6週間後以降2回除草区よりも6回除草区の茎数が少なく、茎数×草丈×SPAD値も低く推移した。その要因として2021年には①除草回数が多すぎた、②除草時期が早すぎた、③除草により過度の断根が起こった、のいずれかと考えたが、2022年は除草強度を弱くしたため2021年のような結果とならなかったことから、過度な除草強度が稲の生育を妨げたと考えた。適切な除草強度であれば、回数が多い方が稲の生育にプラスに働くといえる結果となった。

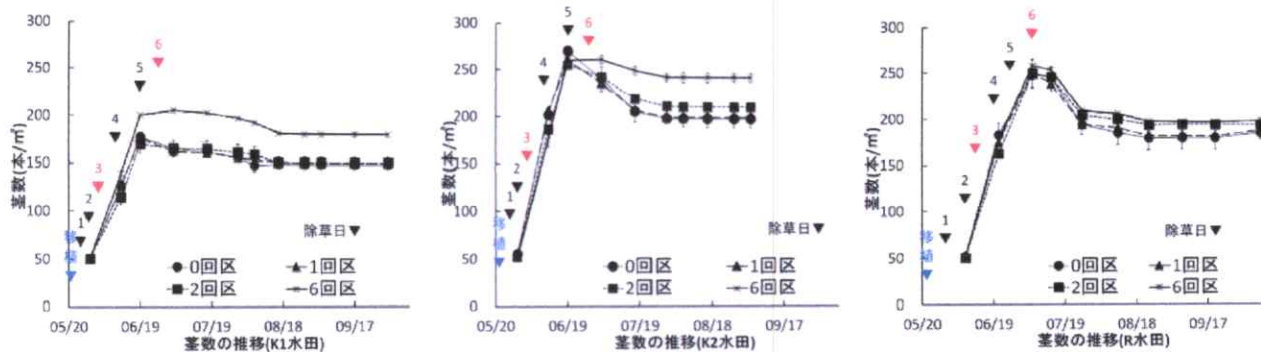


図2. 各水田の茎数の推移

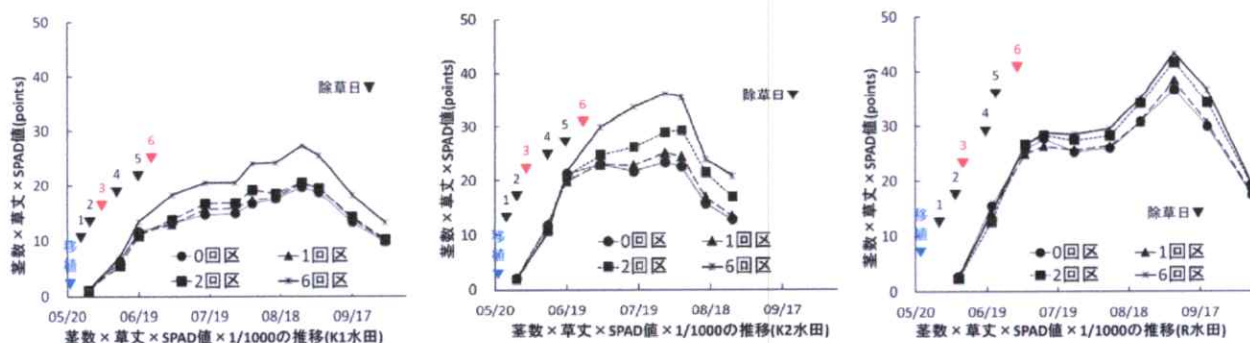


図3. 各水田の茎数×草丈×SPAD値の推移

2. 雑草量および種類

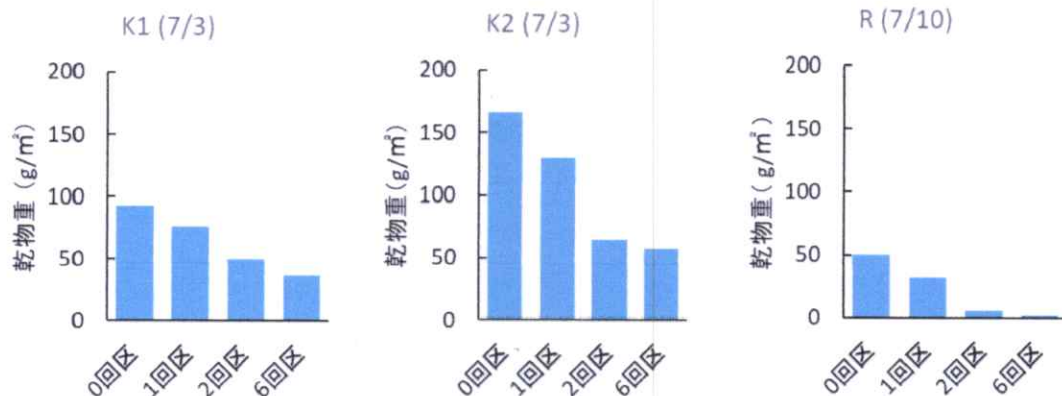


図 4. 田植え後約 7 週間後の雑草乾物重(根部を含む)

雑草乾物重はいずれの水田においても、除草回数が多いほど少なくなった(図 4)。このことより、除草は適切に行われていたと考えられる。雑草の種類は、K1, K2 ではコナギが最も多く、続いてホタルイが多かった。R ではほぼ全てホシクサであった。R で雑草量が K1, K2 に比べて少なかったのは、例年のように R 水田内に生息するジャンボタニシが雑草を食すことも要因の一つだと考えられた。ジャンボタニシは稲を食すこともあるが、2022 年の調査区内はほとんどそれらの害は確認されなかった。R 水田での茎数、茎数×草丈×SPAD 値の処理区間差が K1, K2 に比べて小さかったのは雑草量が水田全体で少なかったことが要因であると考えた。さらにコナギは窒素養分を多く収奪すると言われていることから、雑草の種類の違いも要因の一つだと考えた。また処理区間の水稻生育の差が顕著になる時期が水田により異なることも雑草の種類により繁茂する時期が異なることが影響していると考えた。

3. 収量および収量構成要素

玄米収量は 3 水田とも除草回数が多いほど高い傾向があり、0 回区・1 回区と 6 回区の間には有意差が確認された(表 4)。収量構成要素では概ね除草回数が多いほど穂数は多い傾向があり 6 回区が他の区よりも有意に多かった。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。生育調査の茎数×草丈×SPAD 値は、それが最高値を示した出穂期頃の値で比較すると 0 回除草区に対する 6 回除草区の値は K1 で 136 %、K2 で 156 %、R で 118 %であったが、同区の収量比は K1 で 151 %、K2 で 155 %、R で 120 %とほぼ同程度となり、生育調査結果と収量結果に対応がみられた。

2021 年と 2022 年の両年で

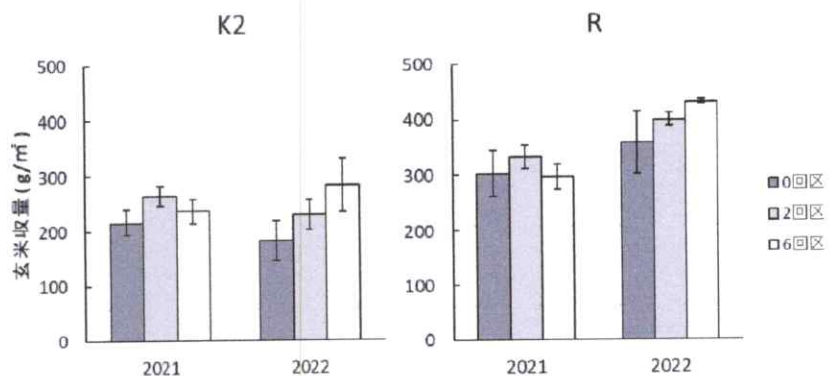


図 5. 2021, 2022 年玄米収量比較

同水田、同品種、同処理区で調査を行った K2 と R の 0, 2, 6 回区の収量を比較してみると、両水田とも 2021 年は 2 回除草区が最も収量が高かったが、2022 年は除草回数が多いほど収量が高くなった(図 5)。このことから、除草の際、過度の断根を行わない範囲の適度な除草強度であれば、中耕除草回数が多いほど収量が高いことが示唆された。

表 4. 収量構成要素

水田	区	全乾物重 (g/株)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒/穂)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米収量 (g/m ²)
K1	0回区	31.1 ±02.4	144.2 ±02.4	64.1 ±03.7	54.7 ±4.3	22.2 ±00.1	93.0 ±09.7
	1回区	32.4 ±03.2	149.3 ±03.9	69.1 ±03.2	65.6 ±3.7	22.4 ±00.3	118.6 ±18.5
	2回区	34.7 ±00.8	150.4 ±05.4	66.0 ±03.5	63.8 ±0.5	22.7 ±00.1	116.8 ±03.0
	6回区	42.4 ±01.2	178.5 ±05.1	69.9 ±05.1	66.7 ±7.7	22.6 ±00.1	140.5 ±21.4
K2	0回区	31.0 ±02.8	198.1 ±03.4	53.1 ±03.3	89.4 ±0.9	20.4 ±00.1	182.3 ±21.7
	1回区	32.9 ±03.3	198.7 ±09.3	63.0 ±04.0	93.4 ±0.4	20.3 ±00.3	211.9 ±25.9
	2回区	37.8 ±03.4	211.6 ±08.1	68.2 ±02.5	91.7 ±1.2	20.3 ±00.1	230.2 ±15.3
	6回区	44.7 ±03.3	240.7 ±10.1	71.7 ±03.8	91.7 ±0.6	20.4 ±00.1	282.3 ±27.9
R	0回区	66.2 ±06.0	182.9 ±13.3	90.5 ±01.9	95.2 ±0.7	23.2 ±00.3	356.6 ±32.3
	1回区	65.5 ±02.6	182.9 ±04.4	91.6 ±04.3	95.7 ±0.5	22.8 ±00.1	368.4 ±16.9
	2回区	70.6 ±00.5	196.4 ±02.8	88.3 ±01.1	95.2 ±0.3	22.8 ±00.0	397.6 ±06.7
	6回区	74.3 ±00.3	199.2 ±02.4	102.2 ±03.2	95.0 ±0.9	22.8 ±00.1	429.7 ±02.0
平均	K1	35.1 b	155.6 c	67.3 b	62.7 b	22.5 b	117.2 c
	K2	36.6 b	212.3 a	64.0 b	91.6 a	20.4 c	226.7 b
	R	69.2 a	190.4 b	93.2 a	95.3 a	22.9 a	388.1 a
	0回区	42.8 b	175.1 b	69.2 b	79.8 a	21.9 a	210.6 b
	1回区	43.6 b	177.0 b	74.6 ab	84.9 a	21.9 a	233.0 b
	2回区	47.7 ab	186.1 b	74.2 ab	83.6 a	22.0 a	248.2 ab
	6回区	53.8 a	206.1 a	81.3 a	84.5 a	22.0 a	284.2 a
除草回数		***	***	**	n. s.	n. s.	***
水田		***	***	***	***	***	***
除草回数×水田		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

平均値±標準誤差

数字のあとの同じアルファベットは、Tukeyの多重比較検定 (5%水準) により、有意差なしを示す。

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

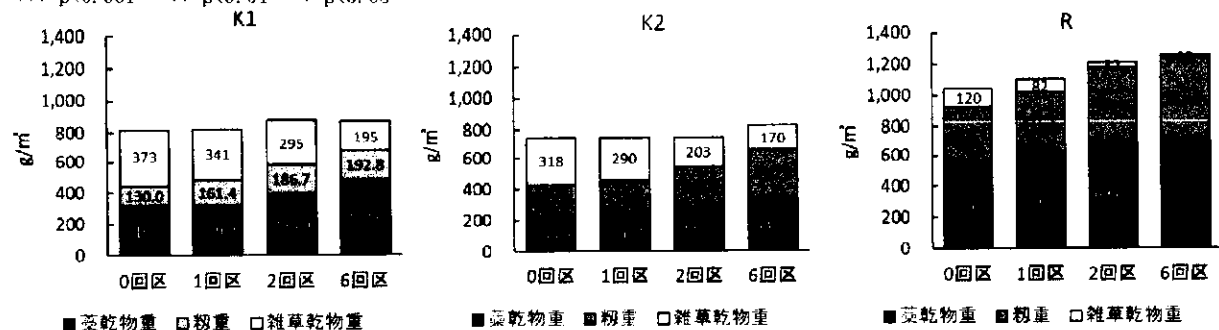


図 6. 1 m²当たりの総植物生産量 (茎乾物重、籾重、雑草乾物重)

雑草乾物重測定を行った各水田反復 1 の収穫時の雑草地上部乾物重は、3 水田いずれにおいても除草回数が多いほど雑草量は少なくなった (図 6)。また、同区の茎乾物重および籾重は、どちらも除草回数が多くな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全乾物重を合計した単位面積当たりの総植物生産量は、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られた。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。

さらに、K1, K2 水田内には本調査とは別実験の手取り除草を行った区があり、連続 10 株×4 反復から求められた収量はそれぞれ K1 で約 217 g/m², K2 で約 416 g/m²となった。これは各水田の中耕除草 6 回区の約 150%となる。これは手取り除草による雑草効果、土壌攪拌の効果、あるいはその他の要因による影響が考えられるが、同水田でさらなる増収の可能性が示唆された。今後は水管理等による抑草技術と合わせてさらに探索していく必要がある。また、本実験では除草回数の違いによる総植物生産量の差には水田間に違いがみられた。これは各圃場の土壌養分や微生物の違いが影響している可能性もあり、今後の研究課題である。

【結論】

本研究においては調査を行った 3 水田ともに除草回数が多いほど水稻の生育が優れ・収量が高かった。また単位面積で生産される水稻と雑草の総量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壌攪拌により植物生産量が増加したことも示唆された。除草の強度は 2021 年と 2022 年では異なるため、生育・収量結果は処理による同様の結果は確認されなかったため、今後も調査を続けて確認する必要がある。

【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)
- 粕刈辰昭・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田における アイガモロボの雑草抑制効果と収量への影響

家田善太^{1*}・林政樹¹・白岩立彦^{1,2}

(¹NPO 無肥研・²京大院農)

1. 緒言

無施肥無農薬栽培（以下、無施肥栽培）においては言うまでもなく除草剤を使用しない。無施肥栽培を継続するに従い雑草量は減少する傾向にあるが、完全には無くならないため除草が大きな課題である。

手取り除草は除草能力は高いが、多大な人力を要し現代農業での実用性に欠ける。また除草により根を損傷することもあり、それが生育および収量にどのような影響を与えるかを調べた事例は少ない。

次に、様々な除草機が開発されているが、手取り除草と比べるとどうしても除草漏れが多くなる。また無施肥栽培にて手取り除草と生育や収量を比較した事例は少ない。

手取り除草は労力がかかり、機械除草機は水田の大きさや気候により向き不向きもあり除草能力の高い大型除草機は高価である。そこで近年開発され注目されている除草技術として自動抑草ロボット“アイガモロボ”（有機米デザイン（株）・井関農機（株））が挙げられる。

アイガモロボは水田の水面を走行する際に水を濁らせることにより、水面下では光合成をしにくくなる環境を作り、雑草が生えるのを抑制する（中村，2022）とされており、太陽光パネルを搭載し自走するため、水面に搬入した後はほとんど労力がかからない。

そこで本試験では、アイガモロボの除草効果をはじめ、労働時間、イネの生育、収量に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする実証実験をおこなった。実験では同一水田内に機械除草区、手取り除草区も設け、各除草方法の特性を比較した。

2. アイガモロボの概要

有機米デザインと井関農機の業務提携により販売されている。

WiFi と GPS を使用し水田内を自動運転。常時スマートフォンでアイガモロボの稼働状況と移動軌跡を確認可能であり、また移動軌跡の設定や変更も可能である。

移植後からイネの草丈が 30 cm までの生育期間に稼働し、草丈がそれ以上生長するとアイガモロボに絡まり停滞（スタック）する。

活着が良く水没しない草丈の苗を使用すること、水田が均平であること、水位を 6 cm 以上に保つことが、アイガモロボが停滞せずに稼働する条件である。

希望小売価格は 551,100 円（税込）となっている（<https://products.iseki.co.jp/kanren/aigamo/>）。

3. 試験方法

3 (1) . 本試験の概要

供試水田：滋賀県野洲市無施肥栽培試験Ⅶ番水田（2003 年より無施肥栽培，2021 年は 3 年毎の転作により畑作）。

供試品種：新羽二重糯、移植日：2022 年 5 月 8 日、収穫日：9 月 24 日。

水田は水はけが悪く、やや砂質土系の土壌であり、風が比較的強く吹きやすい。

アイガモロボの特性上、狭い水田での稼働が困難であり、また細かく調査区を分けられない

ため供試水田：1,095 m²をアイガモロボ区：930 m²と機械除草区（以下、機械区）：83 m²、手取り除草区（以下、手取区）：82 m²を畦畔板で区分けした。連続する10株（条間33 cm，株間18 cm，栽植密度 16.8 株/m²）を調査株とし、アイガモロボ区：7 地点，機械区：3 地点，手取区：3 地点を設けた（図1）。

アイガモロボ区は6時から16時まで（設定したコースを10周し15分休止を繰り返す）を移植日（5月8日）から（6月11日）の34日間稼働した。

機械区は水田用小型管理機ミニエース（太昭農工機製 TG-ES 希望小売価格 155,510 円〔税込み〕）を使用し2回（5月28日，6月18日）除草した。

手取区は2回（5月21日，6月4日）手取り除草した。

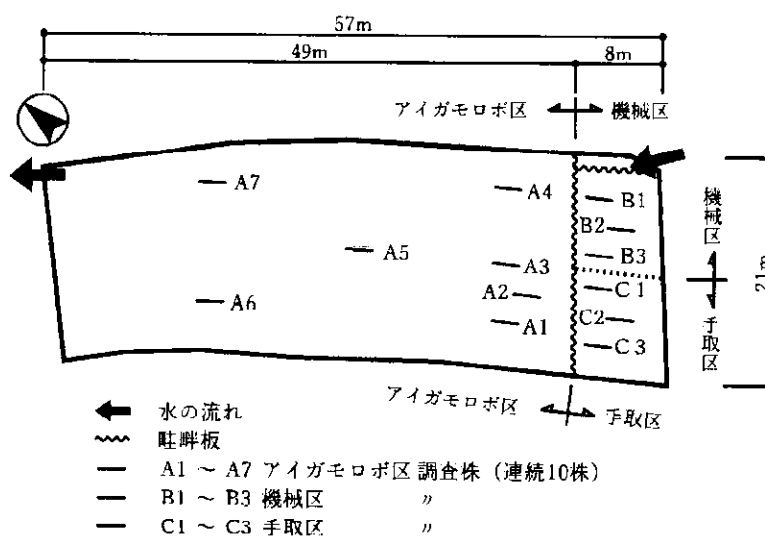


図1. 試験位置図

4. 調査項目

4 (1) . 生育調査項目（本試験）

移植から収穫まで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。

1m×1m の枠内の雑草を最高分け時期（6月25日）と収穫日（9月24日）に採取し乾物重を測定した。アイガモロボ区は目視で雑草量の多，中，少の区域が確認されたので多，中，少のそれぞれから1ヶ所ずつ計3ヶ所，機械区と手取区はそれぞれ1ヶ所から採取した。

ただしアイガモロボ区の北側畔付近はイネの葉色が黄化し，7月15日に手取り除草したため収穫日にはアイガモロボ区の雑草量多い箇所での採取は行わなかった。

4 (2) . 収量・形質調査項目

生育調査した株は，収穫後に穂数，稈長，穂長，節間長，全乾物重，穂重および籾重を測定した。各区の平均的な穂数の3株について籾数，不稈籾数および精籾重を測定した。また，区ごと（10株の集計）に粗玄米重，玄米重（粒径 1.8 mm 以上の玄米），20 g 粒数（1000 粒重への換算）および水分率を計測した。

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 の統計検定により行い，ともに統計ソフト「R 3.3.2」を用いた。

5. 参考試験の概要

供試水田：京都府亀岡市無施肥栽培試験 K1 水田（1994 年より無施肥栽培），供試品種：秋の詩，移植日：2022 年 5 月 15 日，収穫日：10 月 1 日。

供試水田：京都府亀岡市無施肥栽培試験 K2 水田（2009 年より無施肥栽培），供試品種：

コシヒカリ，移植日：2022 年 5 月 15 日，収穫日：9 月 4 日。

機械区は水田用小型管理機ミニエース（太昭農工機製 TG-ES）を使用し 2 回（6 月 5 日，6 月 25 日）除草した。手取区は 3 回（5 月 29 日，6 月 5 日，6 月 25 日）手取り除草した。

収穫期に収量のみを調査した。連続する 10 株（条間 33 cm，株間 18 cm，栽植密度 16.8 株 / m²）を調査株とし，機械区：3 反復，手取区：2 反復を設けた。

6. 結果と考察

6 (1) . アイガモロボの稼働

移植から 2 日間は水深を 6 cm としたがアイガモロボが頻繁に停滞した。3 日目以降に水深を 8~10 cm としてからは停滞頻度が減少した。供試水田はレーザーレベルを使用せずに客土整地した水田であり多少の高低差があったためと考えられた。

スマートフォンでアイガモロボの移動軌跡を調べると水田の北側畔際や西側で停滞することが多かったため，その部を軌跡から外した（図 2）。これは野洲市試験水田は強風により畔際に移動した後の反転が比較的上手くいかないこと，アイガモロボが畔際で停滞しやすいこと，など考えられるが本試験では明らかにされていない。アイガモロボの稼働により水田の泥を掻き上げ周辺水面は濁るが，暫くすると徐々に濁りが少なくなり（アイガモロボの休止を含め）30 分程で殆ど濁りは無くなった。これは試験水田が比較的砂質土壤であることも一因と考えられるが，今回の観察からは 30 分で水田を 1 周する必要があると考えられた。

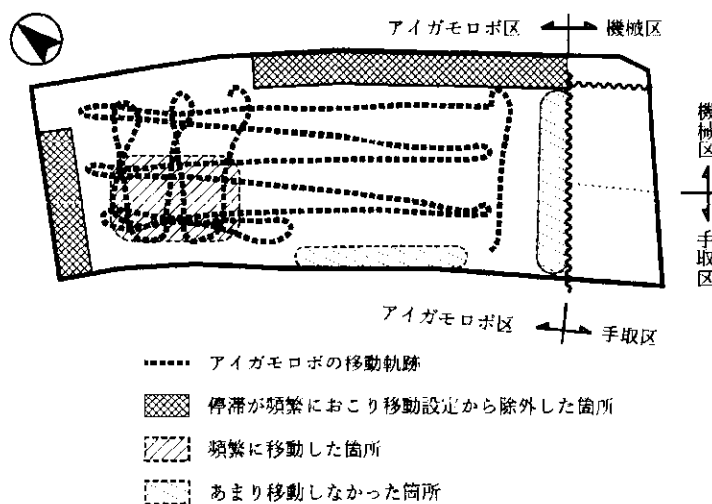


図2. 5月13日アイガモロボの移動軌跡

6 (2) . 雑草量

アイガモロボ停止日（6月11日）のアイガモロボ区の雑草の生育を目視で比較すると雑草量の多少が箇所により異なり，概ね多，中，少に 3 分類した（図 3，4）。アイガモロボが比較的多く移動した水田中央から北西側の雑草量が少なかった（図 3）。これは北西方向へ風が吹くことが多いことが原因したと推測した。また，停滞が多く軌跡

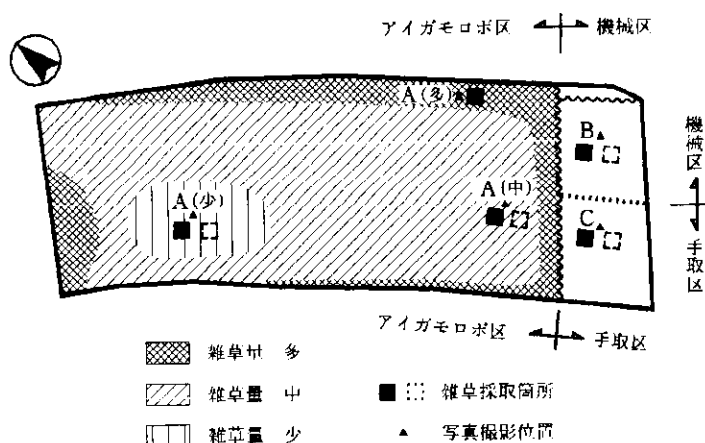


図3. アイガモロボ区の雑草量位置図

設定から外した部分の雑草量が多かった。目視ではアイガモロボ区の雑草量（少）と機械区，手取区の雑草量に違いはみられなかった（図4）。

6月11日

アイガモロボ停止日

6月25日

最高分げっ期（雑草採取日）

7月10日

アイガモロボ停止1ヶ月後

アイガモロボ区
A (多)



アイガモロボ区
A (中)



アイガモロボ区
A (少)

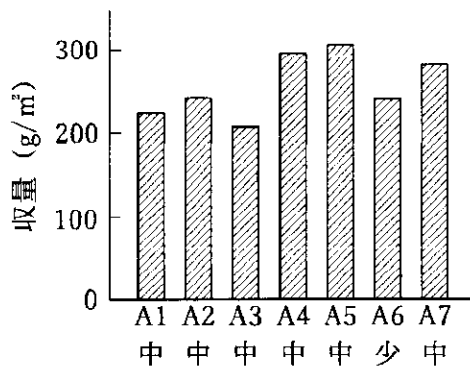


図4. 雑草の発生状況

アイガモロボ停止1月後（7月10日）に測定した5ヶ所には目視でも明らかな雑草量の違いがみられた。

アイガモロボ区の7ヶ所の調査区の内、A6のみ雑草量（少）区域で残りは全て雑草量（中）区域であり雑草量（多）区域には調査区は無かった。

雑草量の少ないA6の収量が他の調査位置と比較して高くはなく、アイガモロボ区内は雑草量よりも位置の違いが収量に影響したと考えられた（図5）。



A1～A7：調査区
中：雑草量（中）、少：雑草量（少）

図5. アイガモロボ区の調査位置別収量

採取した雑草は主に多年生雑草のホタルイ類（以下、ホタルイ）と一年生雑草のコナギ類（以下、コナギ）に分けられた。雑草採取した地点によりホタルイとコナギの割合に違いがあるが、ホタルイとコナギの和の乾燥重を比較すると、最高分げつ期も収穫日もアイガモロボ区＞機械区＞手取区の順で多く、手取り除草が最も除草の効果があった（図6）。アイガモロボ区と機械区ではコナギに比べホタルイが多かったが、手取区では他の2区に比べホタルイの乾燥重が顕著に少なく、ホタルイの除草についてはアイガモロボと機械による除草は手取り除草よりも効果が劣ると考えられた。

6 (3) . 労力

手取区と機械区のそれぞれ除草労力時間2回の和は手取区が機械区の約4倍の時間がかかり、16.7時間/10a となった（表1）。

6 (4) . 収量および収量構成要素

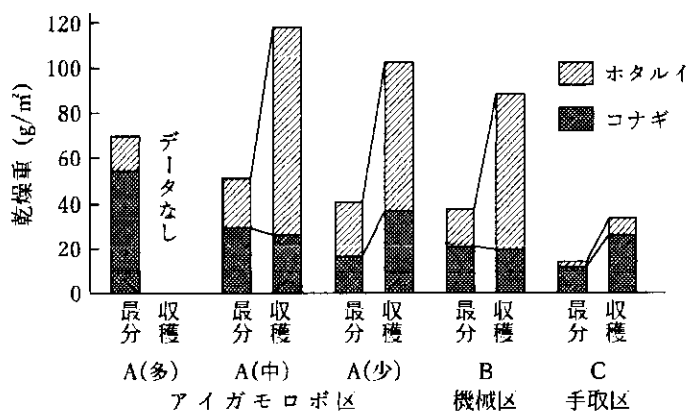
収量は手取区がアイガモロボ区および機械区より有意に高かった（表2）。収量構成要素で

表2. 収量および収量構成要素

区	穂数(本/m ²)	一穂粒数(粒/穂)	登熟歩合	1000粒重(g)	収量(g/m ²)
アイガモロボ区	261.2 ± 9.3 b	53.2 ± 1.3 a	93.2% ± 0.1% a	22.3 ± 0.17 a	256.6 ± 14.2 b
機械区	275.0 ± 7.8 b	51.8 ± 0.3 a	91.3% ± 0.3% b	21.6 ± 0.16 b	268.7 ± 8.6 b
手取区	334.5 ± 6.2 a	51.8 ± 0.7 a	92.7% ± 0.7% a	21.6 ± 0.05 b	345.3 ± 12.0 a

平均値±標準誤差

異符号間には有意差あり（Tukeyの多重比較検定5%水準）。



1 m × 1 m の枠内の雑草を全て採取。
最分：最高分げつ期（6月25日）、収穫：収穫口（9月24日）に採取。
70℃72時間乾燥後測定。
A(多)は7月15日に手取り除草実施のため収穫日の雑草採取は無し。

図6. 雑草の乾物重

表1. 除草労力時間

区	除草労力時間 (h/10a)		
	1回目	2回目	計
アイガモロボ区	—	—	—
機械区	2.0	2.0	4.0
手取区	7.1	9.6	16.7

機械区の除草は83m²の区内を1回走行、1人で実施。

手取区の除草は82m²の区内を中程度の実施者2名での平均。

は手取区の穂数がアイガモロボ区および機械区より有意に高く、収量が高くなった要因と考えられた。

アイガモロボ区と機械区を比べると収量では有意差は無いが機械区が多く、収量構成要素は穂数では機械区が多いが、一穂粒数、登熟歩合、1000粒重はアイガモロボ区が多かった。このことから、アイガモロボの稼働期間である初期生育は雑草と共にイネの生長も抑制されたが、生育後期はアイガモロボ区の方が良く生長したと考えられた。

6 (5) . 参考試験を含む手取区と機械区の収量

本試験（野洲Ⅶ）および参考試験（亀岡 K1,K2）の機械区と手取区の収量を比較すると、いずれも手取区が機械区より有意に高かった（図7）。

特に亀岡圃場（K1,K2）ではその差が顕著に大きかった。これは手取り除草の回数が本試験2回に対し参考試験が3回と多かったことで根際に刺激を与えたことがイネの生長を活性化させたこと、圃場特性などが起因した可能性があるが本試験では明らかにされていない。

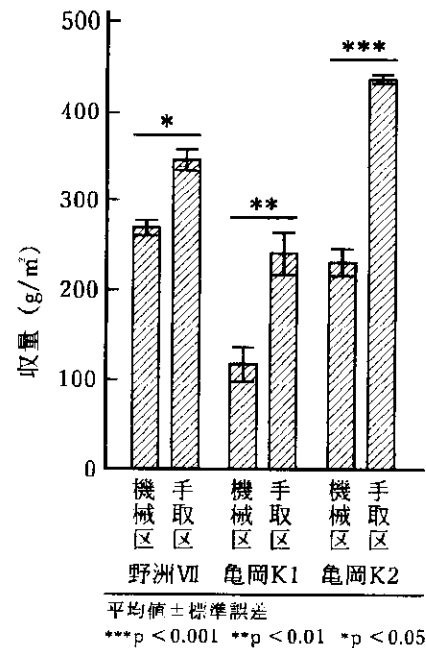


図7. 機械区と手取区の収量

6 (6) . 労力と収量の関係

労力をかけるほど雑草量が少なくなり収量が高くなった。アイガモロボを導入する水田の面積を 30a 程度が適正と判断して3区の収量や労力を対価で比較した。2015 年当時の無施肥栽培米の生産者米価 5,000 円/10 kg（上西ら，2016）を流用，アイガモロボ，機械除草機の減価償却を 10 年，除草に要する人件費を 2,000 円/h に設定し総合評価を算出すると手取区が最も高くなった（表3）。生産者米価や人件費の設定条件により総合評価は変わるが一つの目安と考えた。

表3. 30aあたり生産効率の総合評価

区	生産者米価(ア) (円/30a)	機械費(イ) (円/10年)	燃料費(ウ) (円/30a)	人件費(エ) (円/30a)	総合評価 (円/ha)
アイガモロボ区	384,800 (-)	55,100	-	-	329,700 (-)
機械区	403,000 (105%)	15,500	1,000	24,000	362,500 (110%)
手取区	517,900 (135%)	-	-	100,200	417,700 (127%)

() : アイガモロボ区を1とした割合 (%) .
総合評価: (ア) - (イ) - (ウ) - (エ) .

算出条件

- ・栽培面積: 30a.
- ・無施肥栽培米の生産者米価: 5,000 円/10 kg (2016年調べ) .
- ・アイガモロボ，機械除草機の減価償却: 10年.
- ・燃料費以外の維持費は考慮せず.
- ・人件費: 労働時間 (h/30a) × 2,000(円/h).

7.まとめ

供試水田は風が比較的強い地域に立地し，また比較的砂質土壌であったことからアイガモロボには比較的の不向きであったと考えられたが生育初期の雑草抑制が期待できると考えられ

た。

アイガモロボに比較的不向きと考えられた供試水田でも、機械除草と同程度の除草効果があり収量に有意差がなかったことから、粘性土壌で風の影響が少ない水田であれば、除草効果が上がり増収となる可能性も考えられるが、本試験では明らかにされていない。

アイガモロボ区も機械区もホタルイが多く残存したが、草丈が長いホタルイが多いと収穫時にコンバインに絡まり作業効率が悪くなるだけでなく、残留種子が次年度以降のホタルイの増加および減収に繋がる恐れがあり、アイガモロボや機械除草はホタルイの多い水田には不向きと考えられた。

アイガモロボの弱点としてはイネの草丈が 30 cm に生長する期間までしか稼働できないことが挙げられるが、水面が濁っていれば雑草の抑制効果があることも分かった。また深水管理にすれば水田の表層数 cm にできるトロトロした粒子の細かい泥の層ができる（NTT ドコモ、2021）とされることから、深水管理すればアイガモロボと同様に水面を濁らせ雑草の光合成を抑制する可能性があり今後の調査課題としたい。

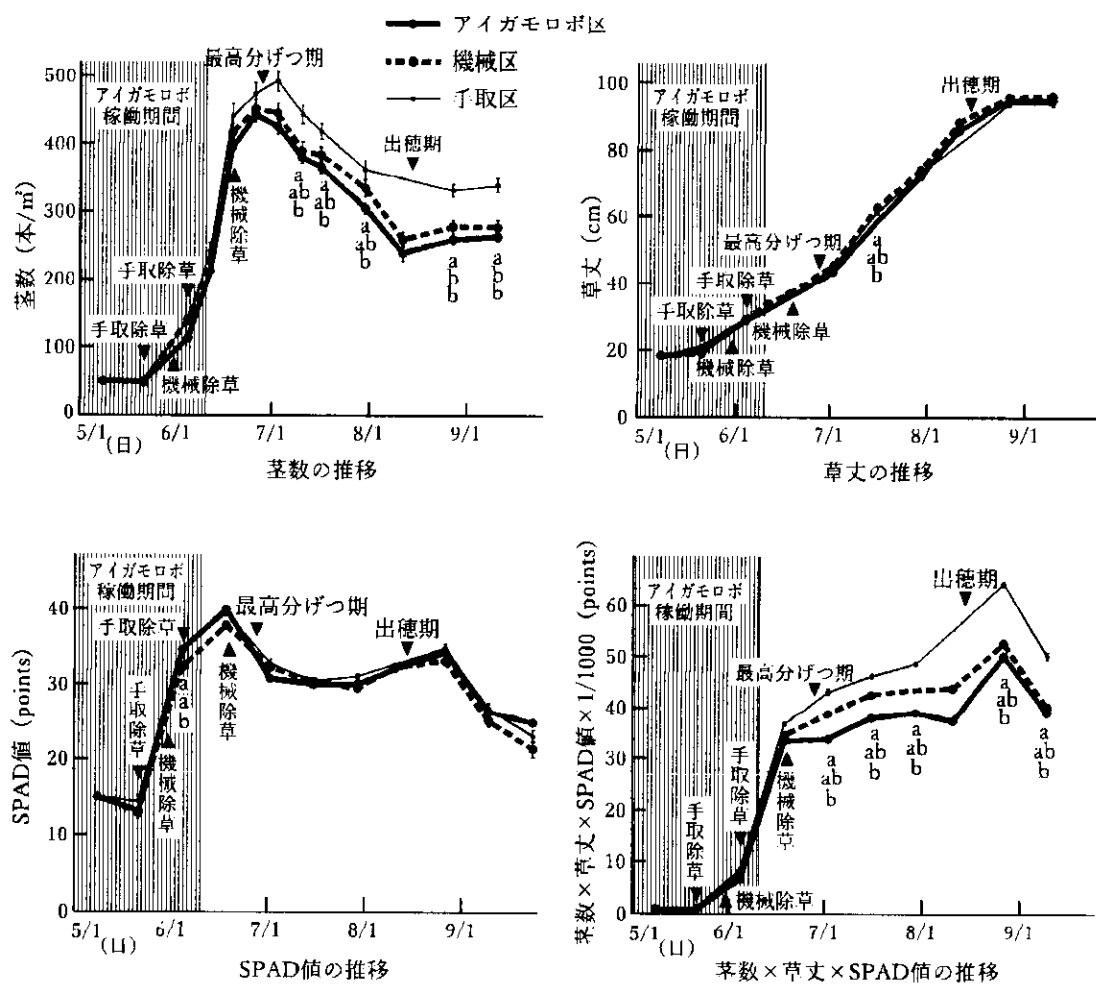
収量的にも除草能力的にも手取り除草に勝るものはないとの試験結果となったが、手取り除草の弱点は労力と時間を要することである。それでも労力を少なくなる方法が無いか、例えば本試験での手取区は 2 回除草としたが、1 回除草にした場合は 2 回除草より収量が低くなるのか、またその 1 回の除草時期をどの時期にすれば効率（除草作業の時間と収量の関係）が上がるか、さらに株元だけを手取り除草し労力を抑えた場合の効率なども今後の調査課題としたい。

参考文献

中村哲也（2022）田んぼの厄介ごとを「アイガモロボ」が泳いで解決。元・日産技術者がめざす農業の未来，<https://techable.jp/archives/182429>。

上西良廣・小林正幸（2016）無施肥無農薬栽培の生産実態と生産拡大に関する分析。NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2015 年度研究報告会，36。

NTT ドコモ（2021）水稲有機栽培における早期湛水深水管理の雑草防除抑草技術体系のご紹介，<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/youuki/attach/pdf/210303organicseminar-18.pdf>



誤差バーは標準誤差を示す。
異符号間には有意差あり (Tukeyの多重比較検定5%水準)。

補図1. イネの生長推移

茶園における無施肥無農薬の土壌調査—土壌化学及び土壌微生物群集

アンドレ・フレイレ・クルス 1

1 京都府立大学生命環境科学研究科

細菌群集の特性評価は、微生物が土壌の栄養生物循環に与える影響の可能性を考えると生態学的に見て必要不可欠である。特に、窒素、リン、炭素、pHなどの土壌の化学的性質に強い影響力を持つとみられる。2022年から2023年にかけて、京都府および滋賀県の5つの茶園の上部の有機物を除いた土壌（表層より0～20 cm）から、慣行栽培・有機栽培・無施肥無農薬栽培の3つのシステムに分けて土壌サンプルが収集された。これらのサンプルから、細菌群集 16S rDNA 遺伝子に基づき、イルミナ MiSeq250bp シーケンスを使用して土壌細菌群集を調査した。また、施肥に関連して特性化された土壌化学物質を測定した。その結果、*Alphaproteobacteria*, *Bacilli* および *Acidobacteria* の3種類は、ほとんどのサンプルに存在する主要な綱であった。しかしながら、*Pseudomonas* においては、無施肥無農薬栽培土壌で割合が顕著であった。細菌群集の多様性についても、無施肥無農薬栽培土壌が高かった。上記のような分類群が多く発生したが、土壌の化学的性質に関しては、全窒素とリン酸吸収係数は、有機栽培システムで高かった。また、酵素活性に関して、 α -グルコシターゼは、有機栽培システムで高く、続いて無施肥無農薬栽培、有機栽培の順となった（Table 1）。これらのデータにより、土壌特性を維持しつつ、無施肥茶園の生産量が確保可能であることが判明した。

キーワード：細菌多様性； お茶； イルミナ； メタゲノム； 土壌； 化学

Table 1 – 茶園栽培システムにおける科学特性

	慣行栽培	有機栽培	無施肥無農薬栽培
pH	3.9	4.5	4.2
全窒素	0.24	0.52	0.76
リン酸	410	952	1050
有リン酸	49.7	54.3	42.5
α -グルコシターゼ	154	210	196

UAV 画像を用いた長期無施肥無農薬水田内の生育・収量変動の評価【第 3 報】

岩橋優¹・小林正幸²・森誠²・本間香貴³

(¹京都大学院農, ²NPO 無肥研, ³東北大学院農)

無施肥水田において、湛水深や耕起深度が収量に影響を及ぼすことが知られており(家田・桑田 2016 等)、圃場全体で最適な栽培管理を目指す試みが続けられている(伊吹ら 2018 等)。

2020 年、2021 年の研究で UAV(Unmanned Aerial Vehicle)画像の色情報を用い、圃場内の収量変動が把握できる可能性が示され、地表面マップ(Digital Surface Model; DSM)を用いた圃場内の高低差との関連が示唆された。しかし生育期間の湛水深を反映しているかは明らかでなく、出穂前や出穂期において RGB 画像のみによる生育評価には限界もあった。

よって 2022 年は、DSM と湛水深の関係を調査するとともに、マルチスペクトル画像を用い植生指数による生育および収量の圃場内変動の評価を試みた。

【調査概要】

NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会(無肥研)の管理する圃場を対象とし、UAV(P4 Multispectra, DJI)を用いて、圃場全体の RGB 画像およびマルチスペクトル画像(高度 15m, 30m)を撮影した(表 1)。また、7 月 23 日に各圃場 10~15 点の湛水深および、位置情報を記録した。12 月 6 日に対空標識を設置して空撮を行うとともに、標識の位置情報を記録し DSM 作成に用いた。

表 1 調査水田と調査日。

圃場	品種	米養成長期	出穂期	収穫期
亀岡(K1)	秋の詩	7 月 23 日	8 月 19 日	9 月 28 日
亀岡(K2)	コシヒカリ	7 月 23 日	—	9 月 4 日
小倉(R・O)	ベニアサヒ	7 月 23 日	8 月 31 日	10 月 8 日

【解析方法】

UAV 画像のオルソ合成には Metashape(Agisoft)を用い、解析には QGIS および R Studio を使用した。湛水深(D)、実測標高(E)、DSM から算出した計測点の標高(A)について、圃場ごとに平均値を算出し、平均値と各点の差(D_n , E_n , A_n)を比較した。坪刈り調査から全乾物重と玄米収量を得て、坪刈りを行った部分の各時期の植生指数(EVI2; 近赤外光と赤色光の反射率を用いる指標)の平均値を算出し関連を調べた。EVI2 および DSM の 1m×1m メッシュ(平均値)を作成した。

【結果および考察】

O・R および K1 水田では DSM より水口から水尻へと傾斜がみられた。 D_n に対し、同時に計測した E_n は強い相関を示し($r=0.89$, $p<0.01$)、誤差の指標である RMSE も 1.00 であった(図 1A)。一方、DSM から推定した A_n は D_n と有意な相関はなかったが(図 1B)、最も誤差の大きかった K2 水田を除くと相関が認められた($r=0.36$, $p<0.05$)。K2 は DSM に変動が大きく、生育期間から測量時まで地表面の状態が変化した可能性がある(図 2)。小倉圃場(R・O 水田)において、坪刈りから推定した玄米収量には 121g m^{-2} の差があった(図 3)。各時期の EVI2 は、収量の高かった地点 RA および OC において高く推移した(図 4)。一方、K1 水田では玄米収量の高かった 3 地点は出

穂期の EVI2 が高い傾向を示したものの、その他の調査日には明瞭な関係が認められなかった。両圃場において、全乾物重の方が EVI2 との相関が高かった。R 水田において出穂前から水口付近の EVI2 が高く、O 水田は南西側 3 分の 1 程度の EVI2 が高い傾向があった。DSM では R・O 両水田で水口から水尻にかけて標高が低くなったため、両水田における生育差を生じさせる要因は圃場内の高度差とは別にあると考えられた。亀岡圃場については K2 において機械除草を行った部分の EVI2 が高い傾向を示したが、生育や収量との関連は明らかではなかった。

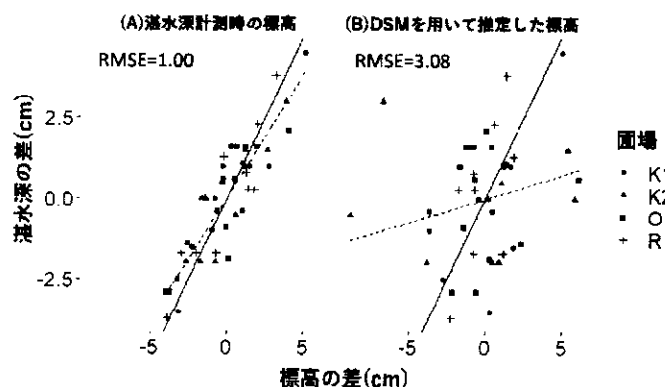


図1 湛水深および実測標高または DSM から推定した標高の水田毎平均値と各地点の差(n=47).

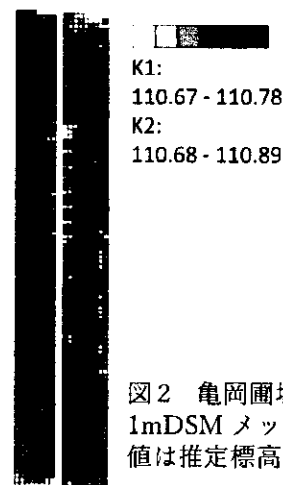


図2 亀岡圃場の1×1mDSM メッシュ. 値は推定標高.

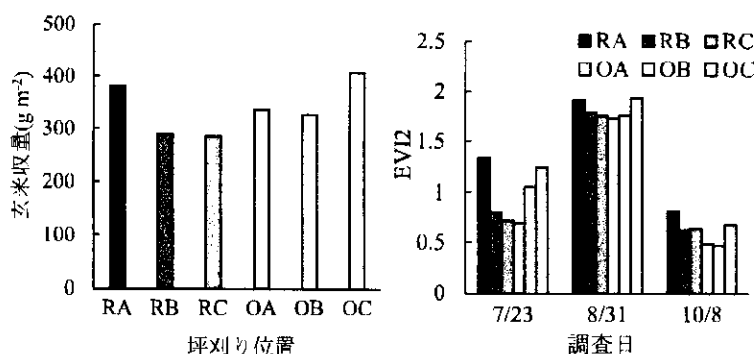


図3 小倉圃場の坪刈り位置別の玄米収量(左).

図4 坪刈り位置の EVI2 平均値(右).

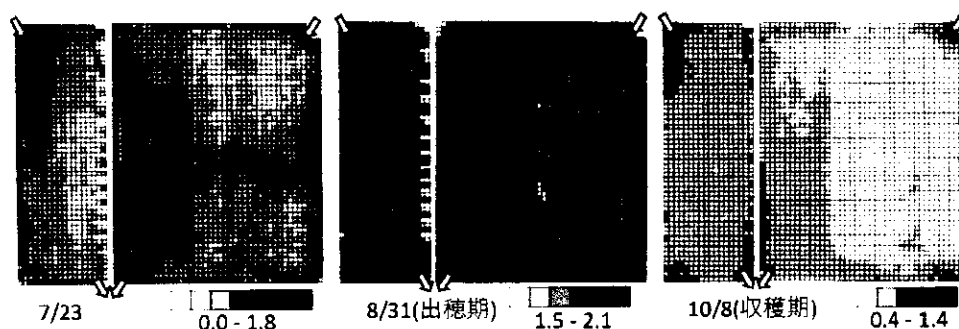


図5 小倉圃場の EVI2 メッシュ(グリッドサイズは1m). 矢印は水口, 水尻を示す.

<引用文献>

- 家田・栗田 2016. 分けつ数の抑制が無施肥栽培水稻の生育に及ぼす影響. NPO無施肥無農薬栽培調査研究会 2015 年度研究報告
 岩橋・小林・森・丸田・白岩・本間 2021. UAV 画像を用いた長期無施肥無農薬水田内の生育・収量変動の評価. NPO無施肥無農薬栽培調査研究会 2020 年度研究報告
 岩橋・小林・森・本間 2022. UAV 画像を用いた長期無施肥無農薬水田内の生育・収量変動の評価【第2報】. NPO無施肥無農薬栽培調査研究会 2021 年度研究報告

無施肥圃場におけるイネ共生微生物の実態調査と有用共生菌の同定

奈良先端科学技術大学院大学（植物免疫学研究室）

木戸將太、足立旭、藤雅子、横手美樹、鈴木雄心、永易将弘、西條雄介*

1. 目的と背景

植物は、体内に多様な微生物の集団を宿しており、環境変化に応じて共生微生物集団の菌組成を変化させている。共生微生物の中には、植物の栄養吸収、成長や環境適応に寄与する有用菌も含まれる。京都府宇治市小倉にある無施肥圃場は、15年以上（客土自体は数十年）無施肥でありながら、慣行栽培圃場の70-80%の収量を保持しており、そこではイネが無施肥栽培環境に適した共生微生物集団を成立させて、土壤栄養の獲得に利用していることが予想される。

2. 優良無施肥圃場におけるイネ共生微生物の実態調査

京都府宇治市小倉の無施肥無農薬圃場と隣接する有施肥圃場において、2018年から2021年までの4年間にわたり、イネの根における共生微生物集団の実態調査を行った（図1）。根の内部に生育する共生微生物集団を調査した結果、施肥の有無及びイネの生育ステージの進展に伴って、共生微生物集団の菌組成が大きく変化することが明らかになった（図2）。

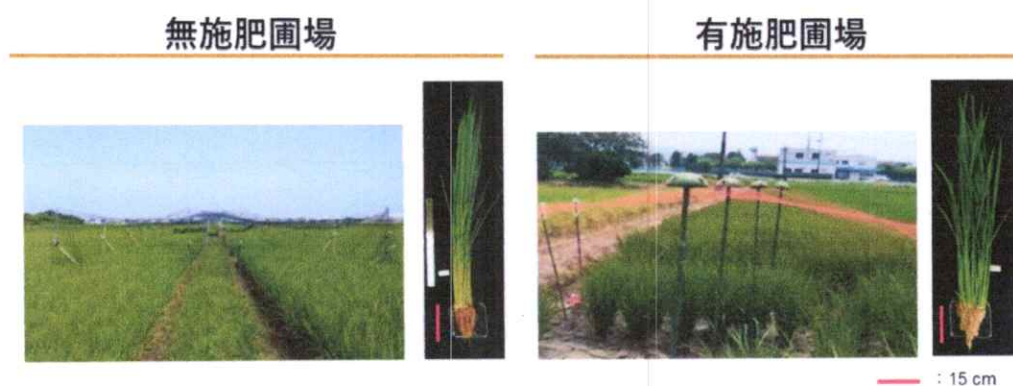


図1 野外無施肥・有施肥圃場におけるイネ栽培の様子
隣接する無施肥圃場（2006年から無施肥無農薬栽培を継続）及び有施肥（慣行）圃場における、播種後14週目の圃場の様子と栽培したイネ（ヒノヒカリ）の様子（2020年度）。

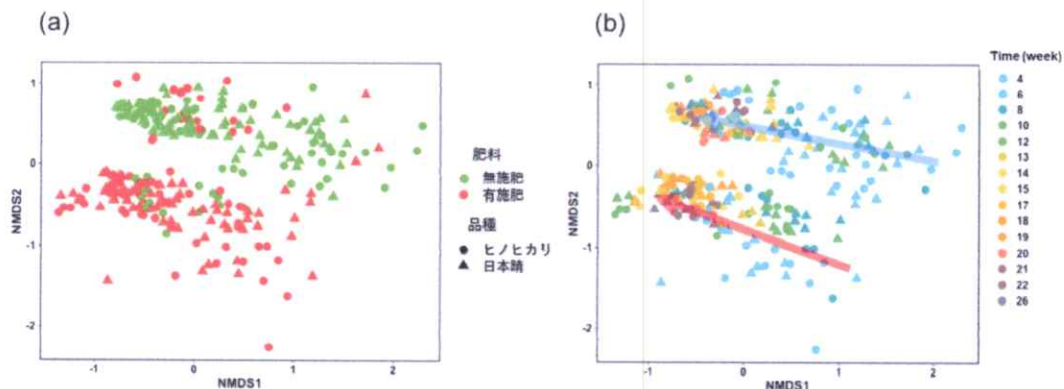


図2 施肥・生育ステージに依存した根の共生微生物集団の菌組成の変化
 施肥の有無で根に共生する微生物集団の菌組成は異なり (a)、それぞれがイネの生育ステージが進むにつれて異なる組成へと収束する様子が伺えた (b)。各点は各サンプルに該当し、点と点の距離が離れるほど微生物の集団組成の差が大きくなることを示す。

3. 施肥の有無を判別する機械学習モデルの構築

土壌及び作物の栄養状態を把握し、適切なタイミングで適量の施肥を行うことは重要である。しかし、土壌栄養は圃場の場所によっても不均一に散在するため、正確に土壌栄養成分の分析を測定し、状態を診断することは困難である。一方、植物は土壌栄養条件に応じて根の共生微生物の集団組成を変化させるため、それを指標として植物の栄養状態の診断が可能になると期待された。そこで、上述の共生微生物の集団組成データ (図2) を教師データとして用いた機械学習を行い、特定のイネ根サンプルが無施肥圃場由来か有施肥圃場由来かを判別するモデルを構築することに成功した (図3)。

本研究により、イネ根の共生微生物集団のプロファイルが得られれば、施肥の有無の判別が可能になることがわかった。今後は、他の圃場で栽培したイネに対しても、あるいは異常気象など、どの程度の環境変動があっても有効であるかを検証するとともに、さらに判定精度の向上並びに調査コストの軽減を目指すことが重要である。

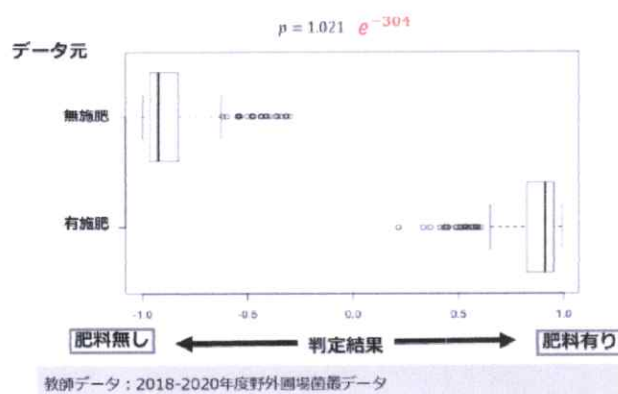


図3 無施肥圃場と有施肥圃場を判別する機械学習モデル

4. イネ共生細菌の単離と有用菌株の同定

無施肥圃場における根の共生細菌について、600 菌株以上を単離し、rRNA 遺伝子シーケンス解析により分類情報も得て、共生細菌ライブラリを構築した。幼苗への接種試験による、単離菌の機能評価を行い、イネ成長促進細菌を同定した（図4）。本年より、これらの共生細菌を接種して生育が促進された苗を野外圃場に栽培し、イネの生育や収量等への影響に関する調査を複数圃場で進める計画である。

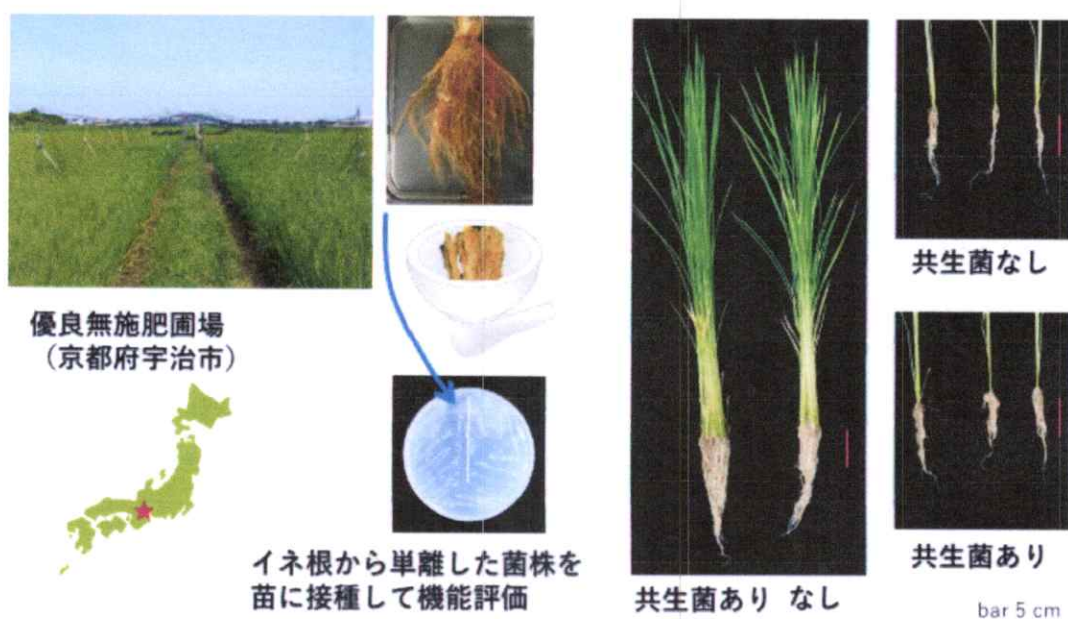


図4 イネ共生細菌の単離と苗接種試験による共生機能の評価

5. 謝辞

本研究は、キヤノン財団等からの研究支援にもとづいて実施した。

無肥研の皆様方におかれましては、京都小倉圃場等での調査にあたり、ご協力に厚く御礼申し上げます。今後もしばらくご支援のほど、どうぞよろしくお願い致します。

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

桑田光均^{*1}・多田光史²・白岩立彦^{1,2}

(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ことが考えられるが、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。そこで本研究は茶園の昆虫相における長期無施肥栽培の特徴を明らかにすること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。研究初年度である今年は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ならびにその天敵を中心とする昆虫の個体数調査を行った。

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、年に 6 回ずつ農薬散布ならびに施肥がおこなわれた。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

圃場	品種	栽培開始年	生産地	面積(a)	収穫日
上嶋無施肥	コマカゲ	1998 年	京都府綴喜郡井手町有王	24	5/10
					6/10
					7/17
上嶋慣行	ヤブキタ	2013 年頃改植	京都府相楽郡和束町白栖	25	4/29, 30 10/14
片木無施肥	ヤブキタ	2006 年	滋賀県甲賀市信楽町下朝宮	10	5/14
					6/13
片木有機	ヤブキタ	1975 年	滋賀県甲賀市信楽町宮尻	12	5/6
					5/23
					6/18
					10/25

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、重要害虫の頭数調査に関して黄色粘着トラップによる調査の二種類実施した。調査期間は6月17日～12月26日であった。調査の以下に詳細を以下に記す。

2-1. 茶樹病害虫巡回調査

茶業研究所と病害虫防除所で実際に用いられている茶樹病害虫巡回調査票をもとに20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：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：チャノコカクモンハマキ、チャノホソガ、カスミカメ。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：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。

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指数に基づき、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と記した。

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、茶株表面に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7～10日後トラップを回収した（2-1同様、20日毎に設置）。トラップに付着した主だった害虫ならびにその天敵を判別・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。

結果・考察

1. 茶樹病虫害巡回調査

本調査では多くの病虫害を対象として調査を行ったが、他病虫害による被害葉数が比較的少ないため（という理由から、）コドラート調査より炭疽病、50芽調査よりスリップスの被害のみ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8月以降で無施肥圃場（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のみ増加傾向がみられた理由は、圃場管理にあると考えられる。調査期間中において、上嶋無施肥では、7月17日、片木無施肥では6月の調査期間前に収穫を行い、それ以降収穫あるいは茶樹刈り落とし作業をしていない一方で、上嶋慣行では、10月14日に収穫、10月11日に裾刈り、11月19日に刈りならし整地をされた。また、殺菌剤を4/20にムッシュゴールド、7/9と9/13にスコア顆粒水和剤、8/21にインダーフロアブルを散布された。片木有機では、7/10に深刈りを行い、10/24に収穫が行われた。これより、無施肥圃場では6～7月の収穫後、放任状態だったため罹病葉が取り除かれず、次なる感染源となり、発生が増加していったと考えられる。

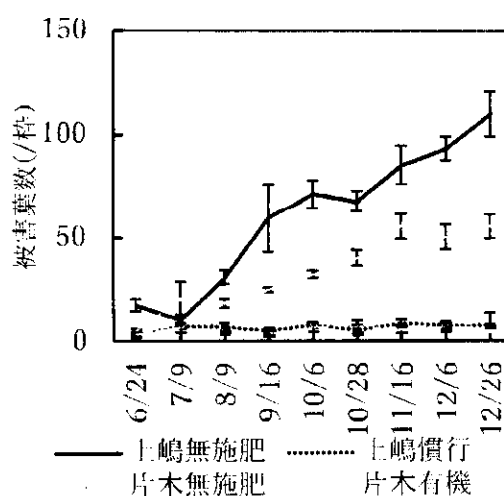


図1 炭疽病病葉数（コドラート調査）

・スリップス被害 (50 芽調査)

スリップスによる被害葉数は、調査期間中を通して概ね上嶋慣行で一番多く、その次に片木有機が多かった (図 2)。また、9 月以降は、無施肥栽培での被害葉数が低く推移した。

7 月上旬、10 月上旬で発生が急激に増加したが、これはそれぞれ二番茶、秋番茶の収穫期にあたり、スリップス被害が増加すると言われている時期と一致した。

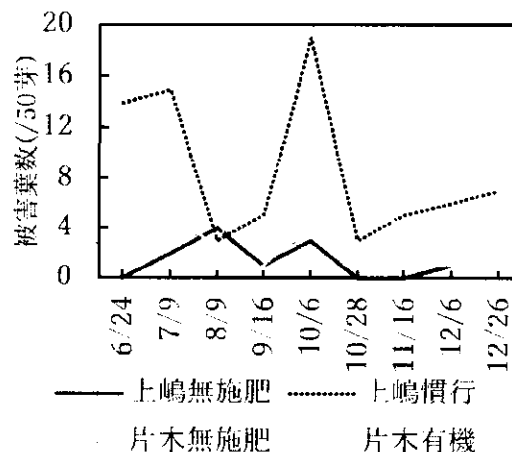


図 2 スリップス被害葉数 (50 芽調査)

・クワシロカイガラムシ寄生株調査

図 3 より、6 月では無施肥圃場での寄生株数が多かった。また、8 月以降は慣行圃場で多くみられ、他圃場ではあまりみられなかった。

・チャトゲコナジラミ程度別葉数

チャトゲコナジラミの寄生葉数は調査期間を通して概ね慣行圃場で多かった (図 4)。

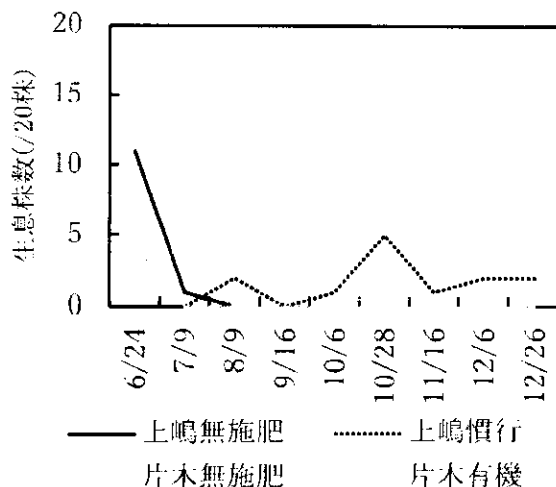


図 3 クワシロカイガラムシ生息数

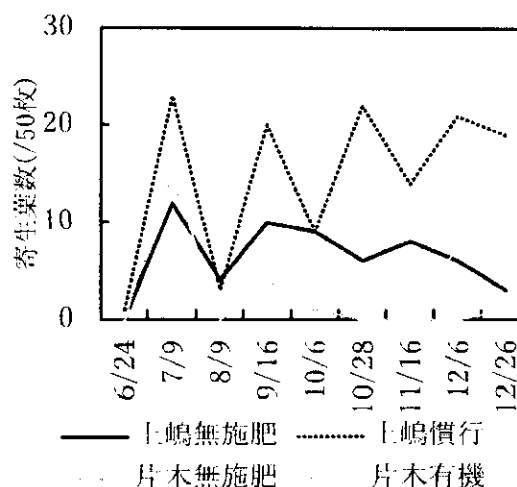


図 4 チャトゲコナジラミ寄生葉数

2. 黄色粘着トラップ

トラップで捕獲した主だった害虫として、チャノキイロアザミウマ、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。また、上記の害虫を捕食する天敵として、ヒメハナカメムシ、シルベストリコバチ、クモ類が確認された。(備考に写真を示す)

スリップスの頭数は、6月から8月の間で、上嶋慣行で多かった(図5)。9月より、全圃場を通して発生がほとんどみられなくなった。

チャトゲコナジラミは7月24日～8月9日に設置した時のみ上嶋無施肥で一番多くみられたが、それ以外の期間では上嶋慣行で最も多かった(図6)。概ね調査期間を通して、上嶋慣行>上嶋無施肥>片木有機>片木無施肥の順で捕獲され、農家ごとには無施肥圃場で発生が少なかった。

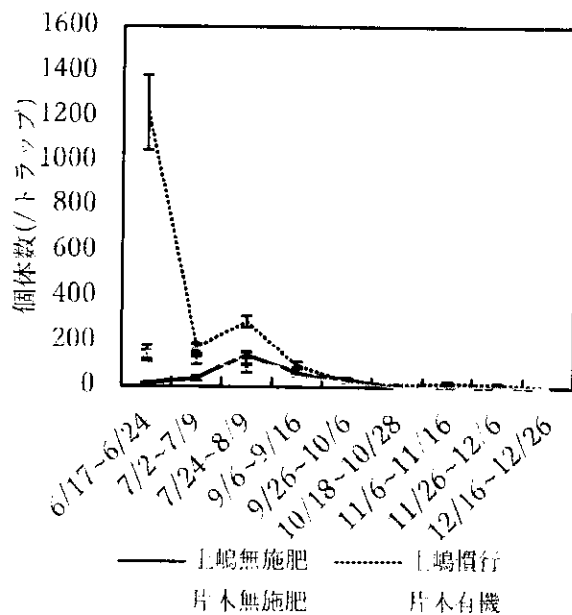


図5 スリップス頭数

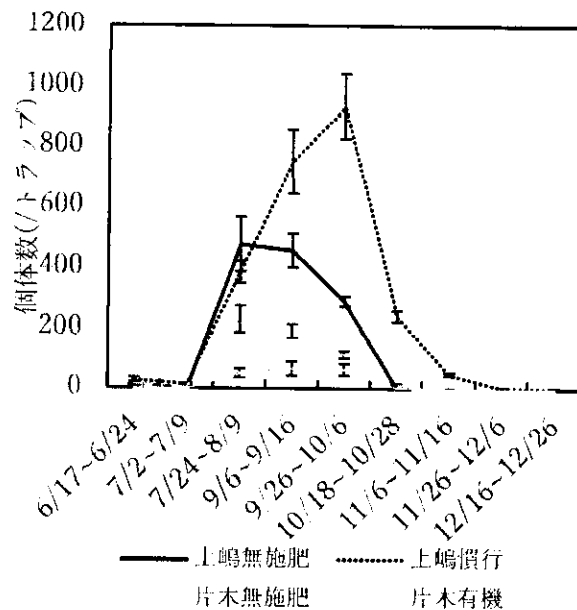


図6 チャトゲコナジラミ頭数

また、トラップにより捕獲されたすべての虫の計数結果を図7に示した。図7より、上嶋慣行では調査期間を通して最も多くなった。10月中で虫の発生はほとんどみられなくなった。概ね上嶋慣行>上嶋無施肥>片木有機>片木無施肥の順となり、チャトゲコナジラミの結果が反映されたと考えられる。

虫の発生がみられた6月から10月において、全頭数に占める重要害虫の割合を図8に示した。上嶋慣行>片木有機>片木無施肥>上嶋無施肥の順に害虫割合が低かった。上嶋慣行では期間を通してほとんどが害虫であり、一方上嶋無施肥では7月下旬～8月上旬を除き、重要害虫の割合が顕著に低かった。

図5～7において、各農家内で比較すると上嶋無施肥と上嶋慣行ではほとんど上嶋慣行が害虫の個体数が多く、片木無施肥と片木有機では片木有機が害虫の個体数が多かった。

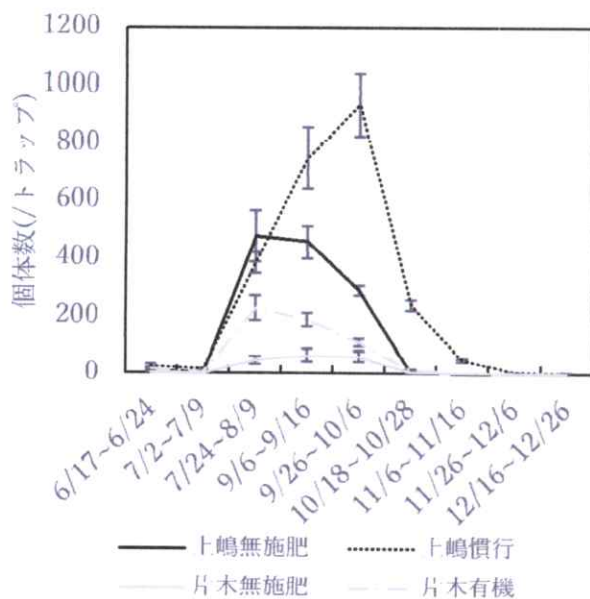


図 7 全中頭数

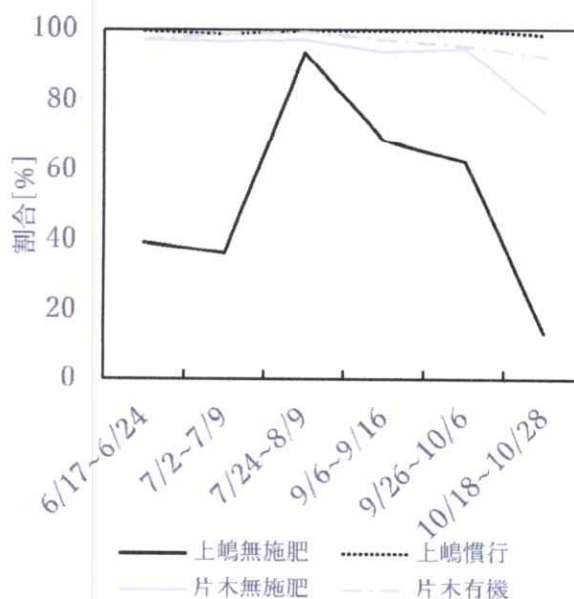


図 8 害虫割合

結論・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虫害被害、重要害虫等の計数を行った。炭疽病被害葉数に関しては、無施肥で多くみられたが、他の被害葉数、害虫頭数では慣行で多く観察された。また、生息する虫に占める害虫の割合は慣行＞有機＞無施肥の順に低くなった。特に上嶋無施肥圃場は無施肥栽培を 25 年間の長期に亘って継続されている圃場であり、その圃場において害虫の割合が明らかに低かったことは非常に興味深い。しかし、ここでみられたその他の虫については同定が十分にできていない虫も多い。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に対し厚く感謝申し上げます。

備考

本報告で取り上げた病虫害について

・炭疽病

原因菌（糸状菌）が侵入することで、褐色の壊死斑を生じ、葉面の大部分に及ぶ大型病斑を形成する。発病葉は落葉しやすく、葉枯れによる成葉の機能低下によって樹勢が衰えることで減収につながる。（原色 作物病虫害百科 第2版 3 チャ・コンニャク・タ



図 備 1 炭疽病

バコ他)

- ・スリップス

スリップス(図 備2)は若葉・芽を加害し、その線状の被害痕は成葉になっても残る。被害葉は硬化し、小型となり、ひどい場合は若葉が落葉し、芽が萌芽しなくなるなどの影響が出る。

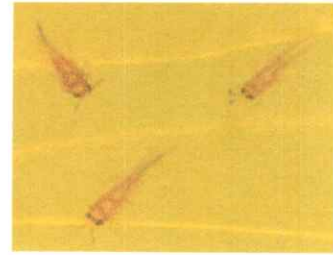


図 備2 スリップス

- ・クワシロカイガラムシ

クワシロカイガラムシ(図 備3)は、寄生すると茶の生育が悪くなり、新芽収量が減収する被害が出る。雄繭の発生期には幹や枝に白色の繭がついているのが発見できる。



図 備3 クワシロカイガラムシ

- ・チャトゲコナジラミ

チャトゲコナジラミは、成虫と幼虫が葉を吸汁し、幼虫の寄生密度が著しく高いときに落葉することがある。幼虫が排泄する甘露により下葉にすす病が発生し、製茶品質が低下する。



図 備4 チャトゲコナジラミ



図 備5 左より チャノミドリヒメヨコバイ
シルベストリコバチ、ヒメハナカメムシ

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 (2022 年度)

下平訓立* 倉島次郎

(NPO 無肥研)

背景と目的

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一方、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。しかし、無施肥無農薬で連作を行なった場合の調査例はほとんどみられない。本研究は以下の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

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。トマト、ダイズなど一部の畑作物において無施肥無農薬栽培では連作でも一定の収量を確保している事例がある。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ではどのような生育になる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。

材料と方法

場所／滋賀県野洲市無肥研圃場・長野県東筑摩郡朝日村圃場（無施肥栽培：4年目）

品種／男爵（野洲市・朝日村）／デジマ単作（野洲市・朝日村）／デジマ二期作（野洲市）

その他13品種（朝日村）

施肥区／5品種（朝日村）2021年はN:P:K 各8.74 kg/10aを種芋の底に施肥。2022年はN:P:K 各8.74 kg/10aを畝に投入し耕耘、さらにN:P:K:Mg=7.65:10.71:9.18:3.06 (kg/10a)を種芋の底に施肥した。追肥・農薬の散布等を行っていない。

調査項目／種イモ重量及び1株毎のイモの収穫時の総重量・個数（野洲市・朝日村）、草丈の推移と収穫時の地上部の乾燥重量（野洲市）

圃場について

野洲市圃場／一般施肥栽培の後の休耕地で2018年に無施肥栽培（サツマイモ）を開始した後、2019年よりジャガイモを栽培した。排水性がやや悪いため約30cmの高畝で管理をしている（図1）。

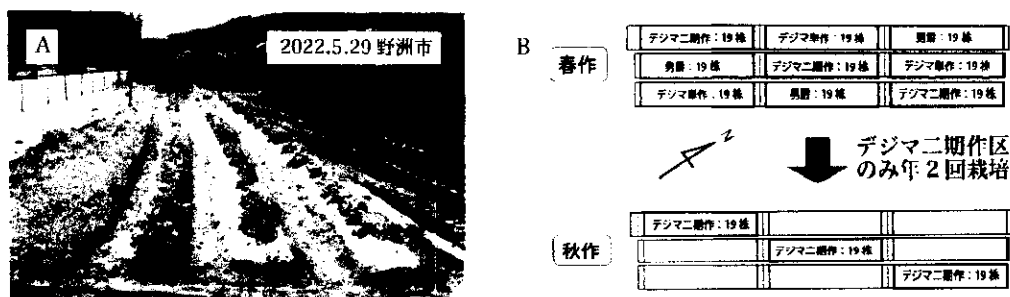


図1 野洲圃場の畝の様子 (A) と作付け様式 (B) (2022 年)

朝日村圃場／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2022年は15品種を栽培した。火山灰土で排水性は良好である（図2）。

				タワラムラサキ	タワラコーデル	タワラムラサキ	タワラコーデル
デジマ①: 25株	キタアカリ①: 25株	男爵①: 25株	とうや①	ホッカイコガネ①	ヒルカ①	こがね丸①	アンデス赤①
男爵②: 25株	デジマ②: 25株	キタアカリ②: 25株	こがね丸②	アンデス赤②	とうや②	ホッカイコガネ②	ヒルカ②
キタアカリ③: 25株	男爵③: 25株	デジマ③: 25株	ホッカイコガネ③	ヒルカ③	こがね丸③	アンデス赤③	とうや③
タワラムラサキ④	タワラコーデル④	タワラムラサキ④	タワラコーデル④	マチルダ④	マチルダ④	タワラムラサキ④	タワラコーデル④
施肥区				こがね丸④	アンデス赤④		
キタアカリ-施肥: 25株	男爵-施肥: 25株	デジマ-施肥: 25株	こがね丸④	アンデス赤④			

図2 朝日村圃場の作付け様式 (2022 年)

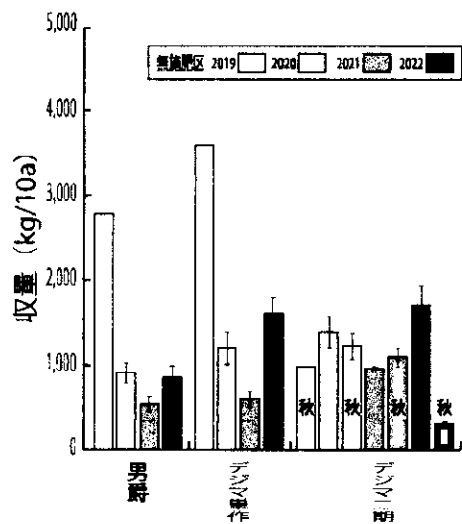


図3 野洲市／2019～2022年の単位面積当たり収量 (kg/10a)

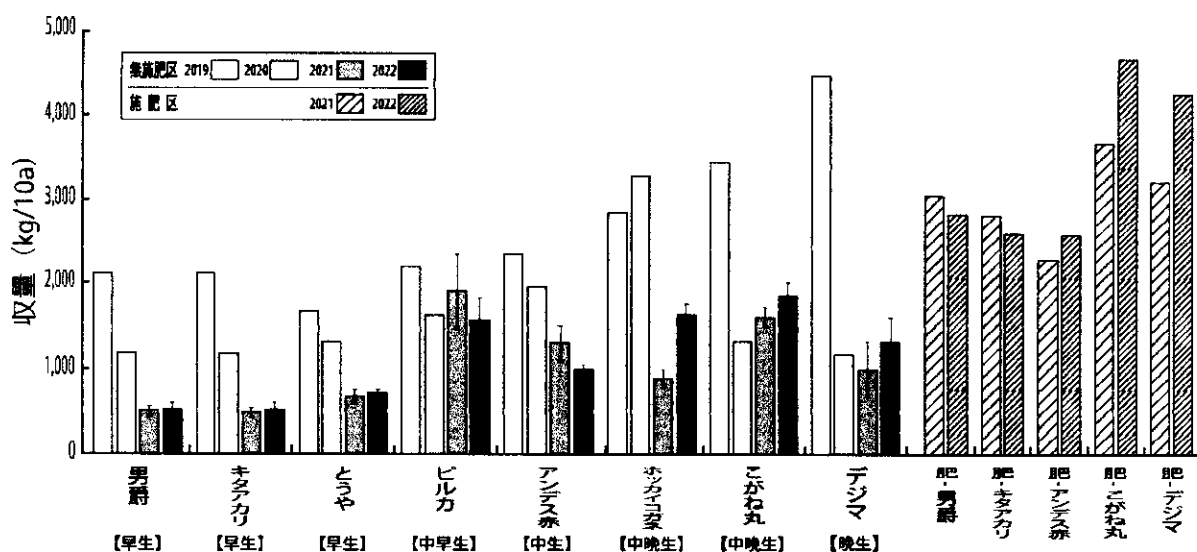


図4 朝日村／2019～2022年の単位面積当たり収量 (kg/10a)

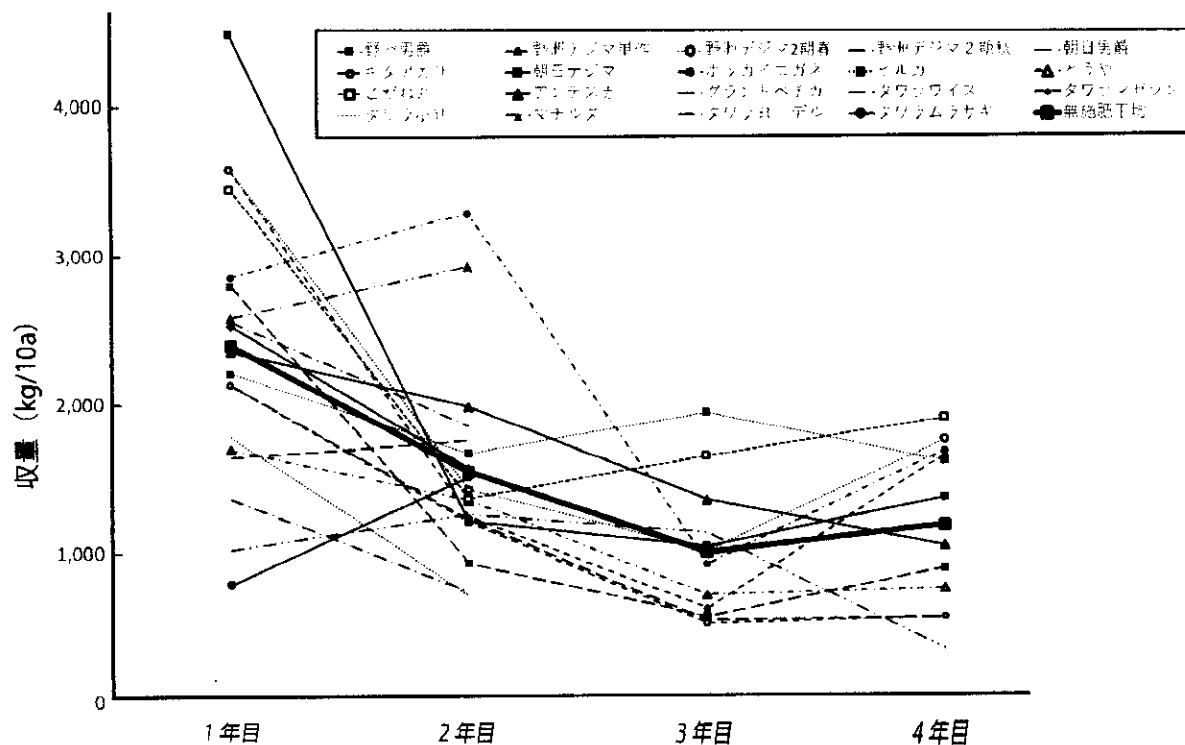


図5 野洲・朝日村無施肥区での連作1～4年目の単位面積当たり収量の推移 (kg/10a)

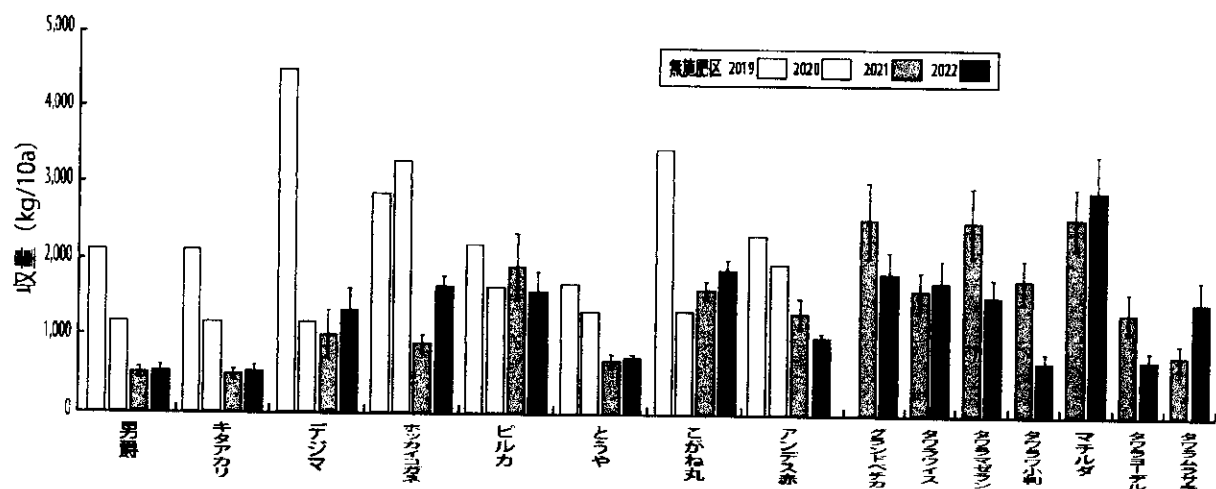


図6 朝日村／2019～2022年の15品種の単位面積当たり収量 (kg/10a)

表1 2022年 野洲・朝日圃場 収量一覧

圃場	年次	肥料	品種	反復数	有効株数	有効穂数(株)	平均数(kg/株)	標準偏差(kg/株)	単位面積収量(kg/10a)	播種日	熟期
野洲	4年目	無施肥	男爵	3	51	18,321	5.0 ± 0.3	359.2 ± 24.1	855 ± 195	3月6日	早生
野洲	4年目	無施肥	デジマ単作	3	51	34,546	5.9 ± 0.4	677.4 ± 109.7	1,613 ± 256	3月6日	晩生
野洲	4年目	無施肥	デジマ2期春	3	51	36,771	5.0 ± 0.2	735.4 ± 29.7	1,717 ± 313	3月6日	晩生
野洲	4年目	無施肥	デジマ2期秋	3	51	5,603	2.3 ± 0.3	129.5 ± 20.3	308 ± 27	9月11日	晩生
平均						24,060	4.6 ± 0.3	475 ± 45.9	1,123 ± 198		
朝日	4年目	無施肥	男爵	3	69	13,485	3.2 ± 0.1	195.4 ± 9.0	521 ± 116	4月24日	早生
朝日	4年目	無施肥	キタアカリ	3	69	13,560	3.8 ± 0.2	196.5 ± 8.7	524 ± 108	4月24日	早生
朝日	4年目	無施肥	デジマ	3	69	34,300	4.8 ± 0.2	497.1 ± 26.3	1,326 ± 408	4月24日	晩生
朝日	4年目	無施肥	ホッカイコガネ	3	23	16,648	5.7 ± 0.4	616.6 ± 40.3	1,544 ± 174	4月26日	中晩生
朝日	4年目	無施肥	ビルカ	3	23	15,921	6.2 ± 0.4	589.7 ± 63.2	1,572 ± 368	4月26日	中早生
朝日	4年目	無施肥	とや	3	23	7,276	4.7 ± 0.3	269.5 ± 18.0	719 ± 52	4月26日	早生
朝日	4年目	無施肥	こがね丸	3	23	18,913	5.6 ± 0.3	700.5 ± 43.5	1,868 ± 209	4月26日	中晩生
朝日	4年目	無施肥	アンデス赤	3	23	10,152	5.8 ± 0.5	376.0 ± 35.0	1,003 ± 69	4月25日	中生
朝日	2年目	無施肥	グラントベチカ	2	18	12,334	7.1 ± 0.7	685.2 ± 62.3	1,827 ± 428	4月29日	中生
朝日	2年目	無施肥	タワラワイズ	2	18	11,648	5.1 ± 0.2	647.1 ± 32.9	1,726 ± 407	4月29日	中生
朝日	2年目	無施肥	タワラムゼラン	2	18	10,360	6.1 ± 0.9	575.6 ± 70.8	1,535 ± 331	4月29日	中生
朝日	2年目	無施肥	タワラム小判	2	18	4,593	5.5 ± 0.4	255.2 ± 37.3	680 ± 164	4月29日	中生
朝日	2年目	無施肥	マチルダ	2	18	19,603	14.1 ± 0.6	1,089.0 ± 71.5	2,904 ± 681	4月29日	中生
朝日	2年目	無施肥	タワラヨードル	2	18	4,788	5.4 ± 0.6	266.0 ± 28.1	709 ± 166	4月29日	中晩生
朝日	2年目	無施肥	タワラムラサキ	2	18	9,959	4.6 ± 0.3	553.3 ± 55.7	1,475 ± 404	4月29日	中生
平均						13,569	5.8 ± 0.4	501 ± 40.2	1,336 ± 273		
朝日	2年目	施肥	男爵	1	23	24,380	7.4 ± 0.5	1,060.0 ± 67.9	2,827	5月5日	早生
朝日	2年目	施肥	キタアカリ	1	23	22,450	9.3 ± 0.4	976.1 ± 59.7	2,603	5月5日	早生
朝日	2年目	施肥	デジマ	1	23	36,728	11.8 ± 0.5	1,596.8 ± 84.9	4,258	5月5日	晩生
朝日	2年目	施肥	こがね丸	1	9	15,712	12.1 ± 1.7	1,745.8 ± 189.3	4,655	5月5日	中晩生
朝日	2年目	施肥	アンデス赤	1	9	8,730	8.8 ± 0.8	969.9 ± 53.7	2,587	5月5日	中生
平均						21,600	9.9 ± 0.8	1,270 ± 91.1	3,386		

平均値・標準偏差

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

野洲市圃場での春作については、前年同時期に比べ、デジマ単作区は約2.5倍、デジマ二期作区は約1.6倍の増収となった(図3)。男爵は次第に減収していたが前年を上回り2年目(2020年)に近い収量となった。デジマ単作区、デジマ二期作区はいずれも2年目(2020年)を超える収量となった。本地域の2022年春の気候は低温・小雨傾向であったため、比較的冷涼で乾燥した気候を好むとされるジャガイモにとって好条件だった可能性がある。またデジマ単作区よりもデジマ二期作区の方がやや収量が多かった。

無施肥区の全ての品種の開始1年目から4年目ごとの総収量の平均を表すと2年目・3年目は前年比約36%づつの減収になったが、4年目は約18%の増収となった(図5)。

2022年秋のデジマ二期作区は大幅な減収となったが、原因は種芋の出芽が遅れ、植え付け適期を過ぎ、半数程度を出芽しないまま植え付けたため大幅に生育が遅れたこと(図7)、連作によるウィルス病や疫病の影響、春作の収穫時期の遅れや気温などの気象条件の影響、などのいくつかの要因が考えられる。2023年春作向けの種芋は順調に出芽しているため引き続き同条件で調査を行い今期の課題とする。

朝日村の無施肥区では前年同時期に比べ、ホッカイコガネは約1.8倍、デジマは約1.3倍の増収となった。野洲圃場で増収した男爵は、ほぼ横ばいとなった。キタアカリ・とうやなどの早生系品種では収量が低い傾向がある。

施肥区については男爵・キタアカリの2品種は減収、デジマ・こがね丸・アンデス赤は増収となった(図4)。施肥量の増加の影響も考えられる。品種ごとの収量の傾向は無施肥区と同様となった。目立った病害は観察されなかったが本調査では殺虫剤や消毒薬は使用しないため、今後の病害の発生などにも留意して観察して行きたい。

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

多品種を栽培している朝日村圃場では、品種間で前年比の収量の傾向に差がみられた。(図6)男爵・キタアカリ・とうや、は低収量・横ばいの結果になり、デジマ・ホッカイコガネ・こがね丸は増収となった。ピルカ・アンデス赤は減収となった。横ばいまたは減収した品種は草丈が低く早期に枯れてしまう傾向がみられ、一方で増収した品種は生育期間が長く保たれ、花・実をつけるなどの共通点がみられた。各年の気候の違いを考慮する必要があるが、水稻等と同様にじっくり生育する中生～晩生タイプが無施肥栽培に向いている可能性も考えられる(図4)。

長崎県の依氏が天然の変異種から育種し、「病気に強く減農薬・少肥料での栽培が可能で有機栽培向き」とされているグラントベチカやタワラマゼランなどの6品種について無施肥での適性を探るため2021年から試験的に栽培しているが、2年目の結果は、品種間で増減収の差があり、また同品種内でも草勢にばらつきが認められるものもあった。スウェーデンより過去に導入され同じく病害に抵抗性が強いとされるマチルダは地上部がよく繁茂し生育良好で、初年(2021年)より高い収量を示している。

まとめ

気象条件の影響も考えられるが4年連作の品種では3年目と比較すると横ばいか増収となるものが多かった。無施肥栽培で連作を続ける中でどのような生育になるのか数年は継続して調査を行いたい。

ジャガイモの栽培にあたって基本的には栽培地の気候・気温に適する品種を選定する事が重要だが、さらに無肥料連作の環境に適合する品種を用いることにより生育が向上する可能性がある。現在市販されている一般栽培向け品種は施肥・農薬の使用を前提に育成されたものであると考えられるため、必ずしも無施肥栽培に適合していない可能性も考えられる。

これまでは収量に重点をおいて調査してきたが、今後は植物体の成分、水分含有量の計測、食味試験などの品質面についての調査も検討したい。

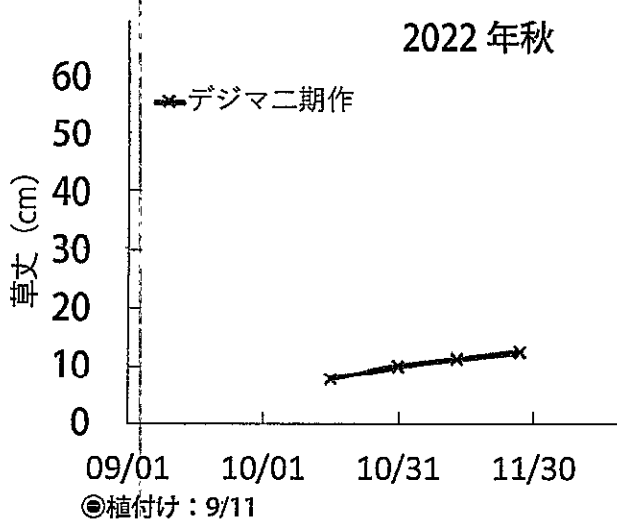
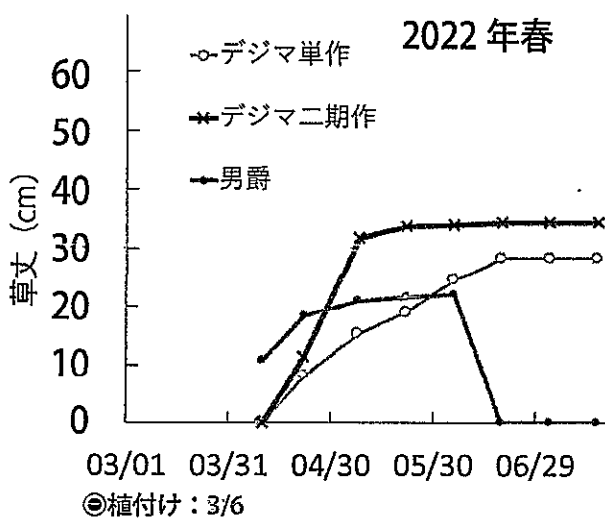
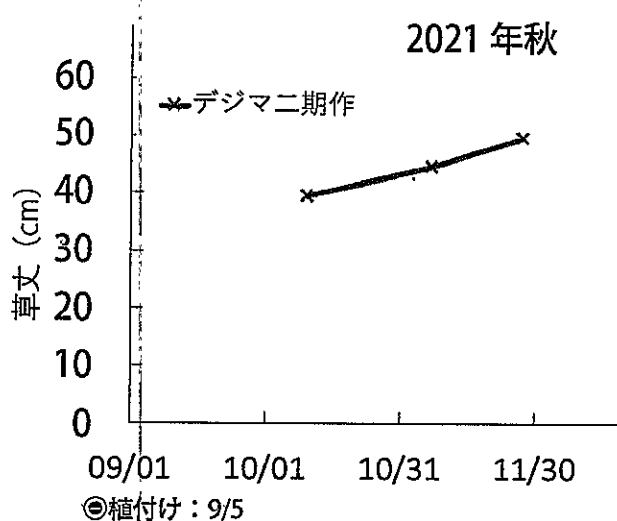
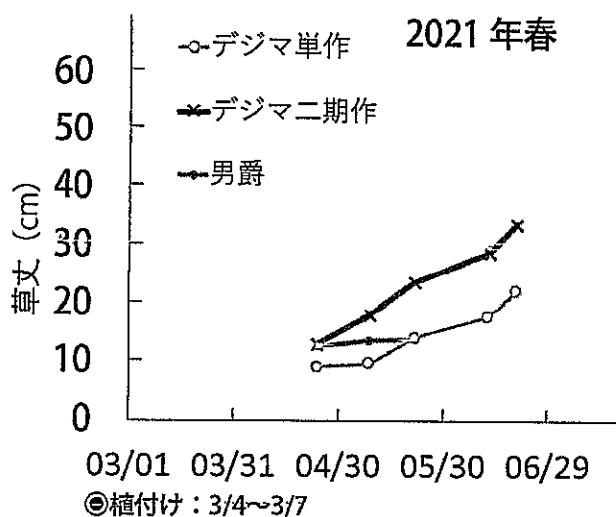
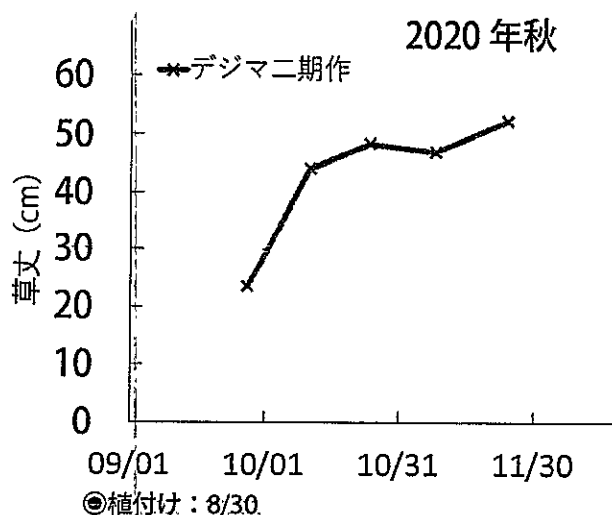
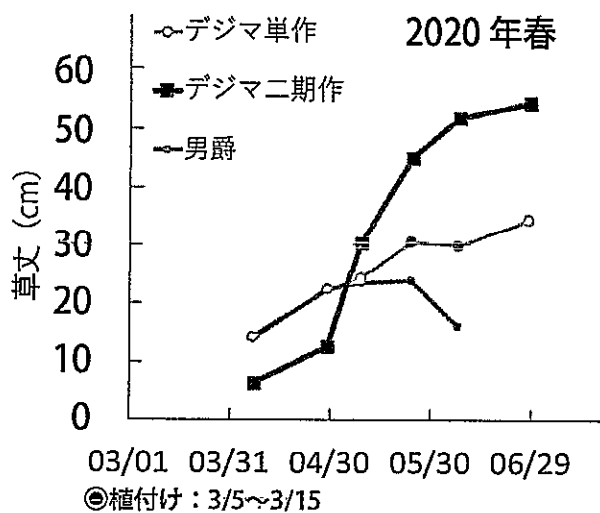


図7 野洲園場 草丈の推移

ダイズ茎疫病発生と癒傷反応との関連

多田光史*・白岩立彦

(京都大学大学院農学研究科)

ダイズ茎疫病(茎疫病)は卵菌類の *Phytophthora sojae*(茎疫病菌)によりもたらされる防除困難な重要土壌病害であり, 世界中で増加傾向にある. 持続的な防除には耕種的防除を含めた総合防除が必要とされる. しかし, 耕種的防除の基礎となる栽培学的知見は限られ, 一般によく知られる湛水と茎疫病発生との関係も必ずしも明瞭ではない(Tada et al., 2021a). 一方で植物体の傷が重要な助長要因であることが示唆されている(Tada et al., 2021b).

植物には一般に傷が発生するとそれを癒す反応(癒傷反応)がみられる. 原因物質として, 中でもリグニンとスベリンが広く知られ, いずれも病原菌の侵入を阻害することが知られている. それら癒傷物質の蓄積については木本植物, あるいはジャガイモの塊茎において研究が進んでいる一方で, 一年生作物の植物体における癒傷反応に関する知見は乏しい.

本研究では, ダイズの生育初期における傷と茎疫病発生との関連をより詳細に明らかにするために傷処理後経過時間と枯死率の関係を調査した. また枯死率低減に寄与する物質を明らかにするために主要な癒傷物質であるリグニンとスベリンが傷口に蓄積するまでの所要時間を調査した.

実験1 傷処理後経過時間と枯死率の関係

- 目的 癒傷反応が茎疫病発生に及ぼす影響を明らかにする.
- 仮説 傷処理～菌接種の間隔が長いほど枯死率が低下する.
- 材料 エンレイ, 茎疫病菌 (Ps060710-3-1, 農研機構上越研究拠点より分譲)
- 方法 混和土壌 1 L(バーミキュライトと京都大学農学研究科附属京都農場の土が 4:1)を詰めた 1/10,000 a ワグネルポットに 12 粒ずつ種子を播種した(実験は 5 回実施). 播種後 7 日目に一部の個体(無傷区)を除いて貫通傷を与え, 無傷と有傷を含む全個体に対して遊走子を接種源とする菌接種を行った(Akamatsu et al. (2019) の方法を一部改変). その際, 傷処理から菌接種までの時間は 0–24 時間の間で行った(一区当たり N=29–36).
- 結果 8–94%の個体が枯死し, 傷処理から菌接種までの間隔が長くなるほど枯死率が低下した. 20 時間以降は無傷個体と差がなくなった. なお, 無傷個体への接種では枯死率が 33–36%(1–2 回目), 0–3%(3–5 回目)と実験により異なった. しかし, この原因はよく分からなかった.
- 考察 湛水により菌の遊走子嚢の形成が開始される(Tyler, 2007). このことと以上の結果より, 傷の発生から 20 時間以内に湛水が生じると感染リスクが高くなると考えられた.

実験2 リグニンおよびスベリンの蓄積に要する時間の調査

目的 リグニンとスベリンが傷口に蓄積するまでの所要時間を調査する。

材料 エンレイ

方法 実験1と同様の混和土壌1Lを充填した1/10,000 aワグネルポットに、6粒ずつ種子を播種した。播種後6日目あるいは7日目に各ポット3個体ずつ胚軸に鉛直方向に約2cmの貫通傷を与え、7日目の傷処理の直後から72時間湛水処理を行った。湛水処理開始から72時間後まで4時間ごと、96時間後および8日後に傷箇所を含む胚軸を採取し、FAA固定液を用いて固定した。固定したサンプルからプラントミクロームを用いて厚さ100 μ mの傷口切片を作成した。リグニンはフロログルシノール塩酸法により染色し、スベリンはスーダンレッドを用いて染色した。表皮および皮層の内、傷口に接する細胞数(平均13個)、ならびにそのうち染色がみられた細胞数を計数し、染色割合(=染色がみられた細胞数/傷口に接する細胞数)を算出した(反復数6)。

結果 リグニンは早くから蓄積し、32時間以降は65%以上の細胞に染色がみられた。一方、スベリンはリグニンに比べて遅くに蓄積を開始し、76時間以降は60%以上の細胞に染色がみられた。特に約80%の細胞が染色されたのは、リグニンにおいて40時間、スベリンにおいては96時間だった。また、傷処理直後に湛水を行った場合、24時間後に湛水を行った場合と比べて、リグニンの蓄積が相対的に緩やかになる傾向がみられた。

考察 **湛水後24.5時間**で菌は植物体に侵入すると考えられる(Enkerli et al., 1997; Newhook, 1998)。これに対し、癒傷物質は菌の侵入を防ぐことで枯死率を低減すると考えられる。今回の結果から、接種・湛水の**20時間**前に傷処理をしたと仮定すると、傷口にリグニンおよびスベリンがほぼ完全に蓄積されるのは、それぞれ**湛水後20時間、76時間**と考えられる。このことと菌が侵入すると推定される時間とを比較すると、これまでに確認された枯死率の低減に寄与しているのはスベリンよりもリグニンの可能性が高いと考えられる。また、湛水のタイミングによりリグニンの蓄積動態が変化する傾向がみられたことから、湛水処理が癒傷反応に影響を及ぼすことが示唆された。

以上より、癒傷反応により茎疫病発生が低減し、それまでには20時間を要することが示された。これは傷発生後20時間以内に湛水が生じると感染リスク高まることを示唆する。また、傷処理後40時間でリグニンが、同じく96時間でスベリンが蓄積することが示されたことから、癒傷反応による茎疫病発生の低減にはリグニンが寄与する可能性が示された。さらにリグニンの蓄積動態には湛水が影響を及ぼす可能性がある。

今後は、上述の湛水条件を含めて癒傷反応に関わる環境要因を明らかにすることで、茎疫病発生を低減する栽培技術の確立につなげていきたい。