

NPO無施肥無農薬栽培調査研究会

2018 年度研究報告会

開催日時：2019 年 3 月 17 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（2018年度）
..... 小林正幸（無肥研） 1
2. 移植時期と水管理の違いが無施肥無農薬栽培水稻の生育および収量に及ぼす影響
..... 家田善太¹・栗田光雄^{1,2}・白岩立彦²（¹無肥研・²京大院農） 7
3. 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（第4報）
..... 丸田信宏¹・栗田光雄^{1,2}・白岩立彦²（¹無肥研・²京大院農） 16
4. 長期無施肥栽培茶園の総合研究
..... 栗田光雄・小野豊・小林正幸（無肥研） 25

(休憩)
5. ダイズの初期生育に及ぼすダイズ茎疫病菌接種と短期湛水の影響
..... 多田光史¹・白岩立彦²（¹京大農・²京大院農） 29
6. 農業分野におけるリモートセンシング
..... 本間香貴¹・牧雅康²（¹東北大学大学院農学研究科・²東北工業大学工学部） 33
7. イネ圃場の施肥量は共生微生物に影響を与えるのか？～縁の下の力持ち、共生微生物～
..... 藤雅子・Yuniar Devi Utami・清水幸子・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） 35
8. 無施肥無農薬水田および慣行防除水田における環境構造の解析
..... 高林純示（京大生態学研究センター） 36

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 (2018 年度)

小林正幸（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。無施肥無農薬栽培の記録は過去に於いてそれほど多く残されておらず、その資料を記録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、10 年以上継続的に調査を続けている水田と慣行栽培から無施肥栽培に切り替えて 1~2 年になる水田があるなか、福井県、滋賀県、兵庫県および京都府に位置する無施肥無農薬栽培水田における 2018 年の収量結果をまとめた。

参考として 2018 年の気象庁発表の京都市気象データを（表 1）と（図 1）に示した。水稻収量は（1）坪刈り法によるもの 7 圃場（表 2）、（2）株刈り法によるもの 19 圃場（収量要素を含む）（表 3）、（3）全刈り法によるもの 18 圃場（表 4）について、それぞれ収穫時に常法にしたがって調査した。その中で収量を経年記録しているのは、坪刈り法の 6 圃場 20 年間（図 2）、であった。

気象概要

作物の生育と収量に影響を及ぼす要因の一つとして天候が上げられる。2018 年は 7 月初旬の豪雨、夏の高湿や 7 月 29 日、8 月 23 日、9 月 4 日、9 月 30 日と 4 度の台風接近があり気象条件は異常と言える年であった。以下京都市に於ける気象の概要をまとめた。

平均気温 1 月下旬~2 月上旬までの平均気温は平年より約 2℃低く推移したが、3 月上旬~8 月下旬までは 5 月上旬と 6 月中を除いて平年より(0.6℃~3.2℃)高い日が見られた。9 月は雨天、曇天、台風の影響で平均気温がやや低くなった。10 月はほぼ平年並の気温で、11 月、12 月はやや高く推移した。特徴的なのは 7 月中旬から 8 月下旬まで高温が続いたことである。

日照時間 1 月中旬~8 月下旬まで平年と比べて総体的に日照時間は長く 2 月+48.2h、3 月+55.9h、4 月+18.0h、5 月+4.0h、6 月+25.7h、7 月+70.7h、8 月+24.2h であった。特に目立って日照時間が長かったのは 3 月下旬の+36.2h、梅雨明け 7 月中旬の+40.9h、7 月下旬の+31.0h だった。ただ 9 月は台風の接近と曇天、雨天の日が多く日照時間は 9 月上旬-27.8h、中旬-24.4h、下旬-25.0h と少なく推移した。10 月は平年と比べ上旬、中旬共にそれほど差は見られなかった。

降水量 水稻栽培期間中（3 月~10 月）の降水量（1621mm）は平年の降水量（1343mm）より 20%多かった。期間中を通して 8 月と 10 月以外はどの月も平年より多く、特に 7 月初旬(342mm)の豪雨と 4 度の台風による雨量が大きく影響した。年間の総降水量は平年の 1635mm に対して 2018 年は 1770mm で 8%多かった。

気象まとめ 2018 年の栽培期間中（5 月中旬~10 月中旬）の天候は平均気温で平年と比べ

+0.6℃、日照時間では105%、降水量は121%であった。時期別に見ると本田移植後の5月中旬から6月上旬までは好天に恵まれ平均気温で平年比+0.9℃、日照時間は+16.5hと共に平年を上回った。梅雨の期間は短く6月下旬から7月上旬であったが、7月上旬の豪雨は342mmの降水量を記録した。年間を通して平年と比べ平均気温が高かったのは3月(+2.1℃)、4月(+2.1℃)、5月(+0.4℃)、7月(+2.1℃)、8月(+0.8℃)で、低くなったのは1月(-0.6℃)、2月(-0.9℃)、6月(-0.9℃)、9月(-0.7℃)であった。特徴的なのは7月中旬～8月上旬の30日間の平均気温が30℃を越え、最高気温の平均が36℃を越えさらに最低気温の平均も25℃を越えたことと台風が4度接近、上陸したことは作物に大きな影響を与えた。

表1 2018年京都市気象データ

		気温(℃)						日照時間(h)		降水量(mm)	
		日平均		日最高		日最低					
1月	上旬	4.7	(4.9)	8.2	(9.4)	1.8	(1.6)	33.9	(44.7)	18.0	(11.0)
	中旬	5.0	(4.1)	9.7	(8.3)	1.5	(0.7)	44.5	(43.8)	17.0	(17.5)
	下旬	2.2	(4.6)	6.4	(8.7)	-0.9	(1.1)	53.6	(41.3)	7.5	(26.8)
2月	上旬	2.5	(4.7)	6.8	(9.1)	-0.7	(1.4)	55.1	(38.2)	22.5	(20.0)
	中旬	4.3	(4.8)	9.3	(9.3)	0.1	(1.3)	57.8	(41.2)	0.0	(37.7)
	下旬	7.0	(7.1)	12.7	(11.9)	2.2	(3.0)	53.4	(38.7)	1.0	(28.1)
3月	上旬	9.4	(7.6)	14.2	(12.3)	5.0	(3.8)	46.0	(39.1)	92.0	(38.5)
	中旬	11.0	(9.3)	17.5	(15.0)	5.3	(4.2)	65.9	(53.1)	27.5	(37.5)
	下旬	12.3	(9.5)	19.2	(15.1)	6.4	(4.7)	100.7	(64.5)	37.5	(34.3)
4月	上旬	14.5	(12.7)	20.9	(18.4)	9.0	(7.6)	59.1	(55.1)	25.0	(45.7)
	中旬	15.7	(14.3)	21.5	(20.0)	10.7	(9.4)	61.3	(55.7)	74.5	(48.0)
	下旬	18.8	(15.8)	25.2	(21.6)	13.5	(10.5)	78.1	(64.7)	61.5	(41.2)
5月	上旬	17.6	(18.4)	22.5	(24.4)	13.5	(13.2)	51.9	(62.9)	78.0	(25.1)
	中旬	20.5	(19.3)	26.4	(25.4)	15.3	(13.8)	70.1	(70.9)	70.5	(49.3)
	下旬	21.9	(21.1)	27.0	(26.8)	17.4	(16.3)	68.5	(60.7)	38.5	(68.3)
6月	上旬	22.6	(21.9)	27.2	(27.1)	18.2	(17.5)	62.5	(53.0)	91.0	(38.4)
	中旬	21.6	(23.5)	26.2	(28.4)	18.2	(19.4)	40.7	(43.9)	65.5	(64.6)
	下旬	26.0	(24.5)	31.4	(29.2)	21.8	(21.0)	52.9	(33.5)	52.5	(89.0)
7月	上旬	27.0	(26.4)	31.2	(31.0)	23.9	(22.9)	36.7	(37.9)	342.5	(69.1)
	中旬	31.3	(28.1)	37.4	(33.1)	26.4	(24.5)	91.9	(51.0)	0.0	(100.5)
	下旬	30.9	(28.5)	36.4	(33.8)	26.9	(24.8)	90.6	(59.6)	26.0	(51.5)
8月	上旬	30.1	(29.3)	36.1	(34.6)	25.8	(25.6)	62.3	(63.3)	0.0	(57.6)
	中旬	28.4	(29.0)	33.9	(34.4)	24.5	(25.0)	66.3	(60.2)	26.0	(65.8)
	下旬	29.9	(27.6)	35.0	(32.4)	26.2	(24.0)	71.3	(52.2)	86.5	(41.8)
9月	上旬	25.5	(25.9)	29.3	(30.9)	22.5	(22.3)	23.6	(51.4)	209.5	(68.7)
	中旬	23.7	(24.6)	27.2	(29.5)	20.9	(20.7)	26.9	(51.3)	61.5	(84.4)
	下旬	21.7	(22.5)	25.6	(27.4)	18.5	(18.5)	27.1	(52.1)	119.5	(66.6)
10月	上旬	22.1	(20.9)	26.4	(25.7)	18.3	(17.0)	51.1	(49.2)	21.0	(48.0)
	中旬	18.1	(18.6)	22.7	(23.6)	14.5	(14.5)	47.9	(55.0)	2.5	(43.0)
	下旬	16.2	(16.7)	22.0	(21.5)	11.6	(12.7)	71.7	(51.2)	12.0	(65.6)
11月	上旬	16.1	(14.5)	21.0	(19.3)	12.1	(10.4)	50.4	(46.1)	20.5	(19.9)
	中旬	13.4	(12.2)	17.8	(16.7)	9.5	(8.6)	46.2	(43.2)	0.0	(43.5)
	下旬	11.0	(10.5)	15.9	(15.1)	6.9	(6.5)	47.3	(44.9)	2.0	(21.0)
12月	上旬	11.1	(8.3)	15.0	(13.0)	7.8	(4.3)	30.1	(52.1)	14.5	(17.4)
	中旬	7.1	(6.7)	10.9	(10.9)	3.7	(3.2)	37.1	(39.5)	35.5	(21.8)
	下旬	6.6	(5.8)	10.4	(9.9)	3.3	(2.4)	47.3	(46.3)	10.5	(27.7)

気象庁発表の京都市の気象データをもとに作成。()は2008年～2017年の平均値

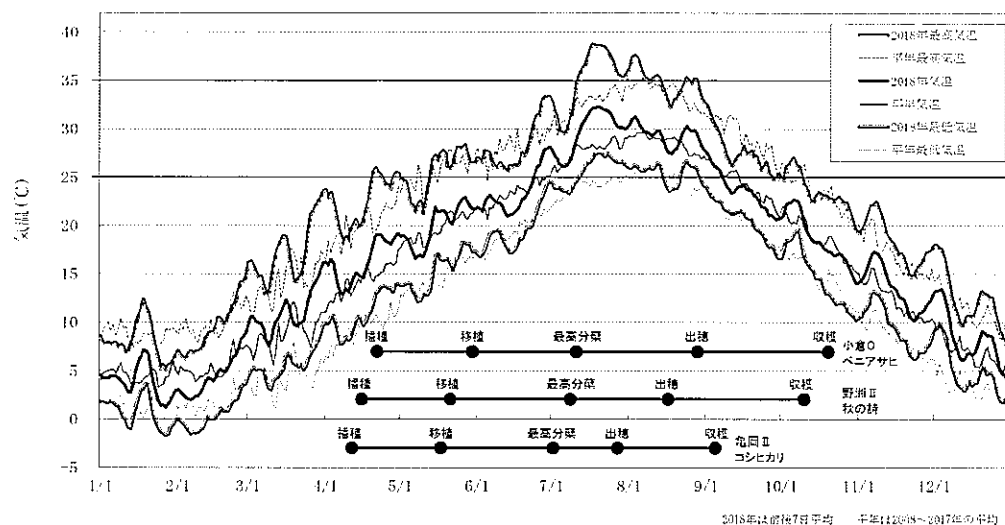


図1 京都市日平均気温（気象庁調べ）

水稲収量

2018年の無施肥無農薬栽培水稲の収量を調査法別に以下にまとめた。

坪刈り法（表2）は栽培地や栽培品種の異なる7水田で調査した。栽培品種は新羽二重、ベニアサヒ、秋の詩、農林16号、コシヒカリの5品種である。実施場所ごとの特徴をまとめると、野洲市の野洲Ⅰ(206.3kg/10a)ではもち米新羽二重を栽培している。この圃場は3年毎に転作となり2016年はダイズと蔬菜の栽培を行い2017年は水稲（新羽二重）を栽培していた。過去10年間の平均収量は 275.3 ± 71.7 kg/10a（±以下は標準偏差）と変動が大きい水田である。宇治市小倉のO(287.8kg/10a)水田、R水田(240.2kg/10a)ではどちらも晩生品種のベニアサヒを栽培している。O・R水田それぞれ過去10年間の平均収量は 324.2 ± 35 kg/10aと 293.9 ± 48 kg/10aであり、どちらの水田もかなりの減収になったのは開花最盛期9月4日の台風21号の影響で未熟米や不稔粒が多く出たことに因るものである。京都府亀岡市のK・Ⅰ(208.7kg/10a)では秋の詩を栽培している。K・Ⅰの過去10年間の平均収量は 232.3 ± 47.1 kg/10aで変動が大きい。ちなみに2018年は猪による獣害の影響があった。京都市山科区のY・Ⅰ(272.6kg/10a)とY・Ⅱ(258.5kg/10a)ではそれぞれ晩生品種の農林16号とベニアサヒを栽培している。過去10年間の平均収量はY・Ⅰで 250.9 ± 31.6 kg/10a、Y・Ⅱでは 236.7 ± 40 kg/10aある。これらの水田は市街地で周りを家屋に囲まれ日照条件などが悪く、小石混じりの耕土で不利な条件といえる。2018年は開花期に台風に見舞われたが周囲の家屋が風よけになりその被害はほとんど見られなかった。一番収量の多かったのはコシヒカリを栽培している福井県越前市のF(335kg/10a)で、7aと小面積であるが除草や水管理など栽培管理が充分行われている。また過去10年間の平均収量は 391.7 ± 45.5 kg/10aであった。2018年は前年(395.5kg/10a)より15%の減収となった。

収量の経年推移(図 2)では、どの水田も年毎に増減が見られる。変動係数を見ると亀岡 K-I の 25%を除いて 10~15%の範囲内である。慣行栽培において収量に影響される要因は天候に寄ることが多いが、無施肥栽培では天候の關係の他に水田雑草や水管理がある。ちなみに今回坪刈りの調査に当たった 7 圃場については除草作業や水管理が充分なされていた。

表2 2018年水稻収量調査(坪刈り法)

生産者	実施場所	実施 開始年	自家採種 年数	品種	全乾重 (g/m ²)	萬乾重 (g/m ²)	精初重 (g/m ²)	精玄米重 (g/m ²)	推定玄米重 (kg/10a)	過去10年の 平均推定収量 (kg/10a)	備考
無肥研	滋賀県野洲市 野洲 I	1989	26	新羽二重	661	399	262	208	206.3	275.3 ±71.7	
無肥研	宇治市小倉 O	2003	64	ベニアサヒ	917	559	357	290	287.8	324.2 ±35.0	
無肥研	宇治市小倉 R	(1951)	64	ベニアサヒ	794	496	298	241	240.2	293.9 ±48.0	注 1
無肥研	京都府亀岡市 K-I	1993	12	秋の詩	700	443	257	202	208.7	232.3 ±47.1	
上田修一	京都市山科区 Y-I	1965	44	農林16号	750	417	333	272	272.6	250.9 ±31.6	注 2
上田修一	京都市山科区 Y-II	1965	64	ベニアサヒ	717	402	315	260	258.5	238.3 ±40.0	注 2
丸山茂子	福井県越前市 F	1997	12	コシヒカリ	917	501	415	331	335.0	391.7 ±45.5	

推定玄米重は水分15%で補正した。

注 1 2003年より無施肥栽培していた水田の表層土約15cmをスキ取り、そこへ1951年より無施肥栽培を継続していた水田(栗東市辻)の表層土約15cmを2006年12月に移設した。

注 2 市街地にあり生育期間中、住宅の陰になることが多い。

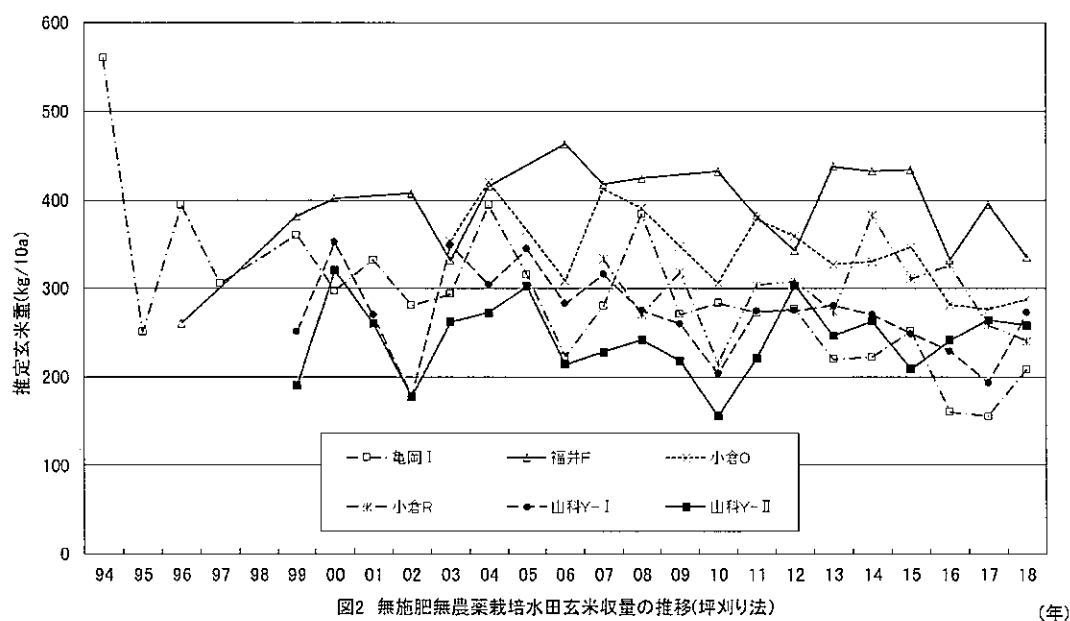


図2 無施肥無農薬栽培水田玄米収量の推移(坪刈り法)

(年)

株刈り法(表 3)で調査を行った 19 圃場において大きな収量差(163.7~516.7kg/10a)がみられた。その原因として気象条件、立地条件の違い、除草や水管理などの栽培管理、品種の適合性、地力の差(天然由来による土壤養分量の差)が考えられる。また慣行栽培より無施肥栽培に切り替えて 2~3 年くらいは過去に於ける施肥の残効の影響がある。

調査圃場で栽培されていた品種はコシヒカリ、秋の詩、ベニアサヒ、農林 16 号、新羽二重の 5 品種である。調査圃場で一番多く作られている早生品種のコシヒカリを見てみると、株刈り法では $310.8 \pm 119.8 \text{ kg/10a}$ と圃場により大きな差が見られた。目立って収量の多いのは尾形水田(516.7 kg/10a)であるが、無施肥に切り替えて 2 年目で施肥の残効と土壤養分量の多さが考えられ、さらに雑草と水管理が充分なされていたことが高収量をもたらしたと思われる。収量の少ない亀岡 K-II (163.7 kg/10a)と牧野水田(179.9 kg/10a)は、どちらも雑草が多く除草が充分でなかったことが考えられる。総体的にコシヒカリについては 1000 粒重が例年に比べ 93%と粒が小さくなり収量に影響した。原因は出穂後の 7 月下旬~8 月上旬にかけて昼夜間の高温が影響したと考えられる。晩生品種のベニアサヒは小倉 O(276.2 kg/10a)、R(249.7 kg/10a)と山科 II (249.6 kg/10a)の 3 水田であるが、O、R 水田は開花期に台風に遭い不稔粒や未熟米が多く出た結果収量が伸びなかった。山科 II は 1 穂粒数、登熟歩合、1000 粒重ともに充実しているが 1 株穂数が 7.5 本と茎数不足が問題となった。山科 I の晩生品種農林 16 号(275.9 kg/10a)は山科 II のベニアサヒと同じような傾向が見られた。中生品種の秋の詩は野洲 II (269.0 kg/10a)、野洲 III (358.0 kg/10a)、亀岡 K-I (177.4 kg/10a)と 3 個所の調査を行った。野洲 II と野洲 III は隣接する水田であるが、野洲 II の穂が小さく粒数(58.7 粒/穂)が少ないため収量に影響した。亀岡 K-I は登熟歩合(72.3%)が悪く低収量となった。もち米新羽二重は野洲 I (199.6 kg/10a)、豊岡 I (368.8 kg/10a)、豊岡 II (259.4 kg/10a)の 3 個所の調査を行った。野洲 I は無施肥栽培 29 年になるが 3 年毎に転作を強いられ 2016 年畑作、2017 年は稲作(新羽二重)であった。低収量であるのは 1 穂粒数(49.8 粒/穂)が少ないためである。豊岡 I、II は 2018 年より慣行栽培から無施肥栽培に切り替えた水田で今後も調査を続けて行きたい。

表3 2018年水稻収量要素調査結果(株刈り法)

品種	水田	実施年数	住所	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)	収獲係数
コシヒカリ	亀岡 II	2009	京都府亀岡市	459.2 ± 20.7	141.6 ± 5.8	82.1 ± 3.0	$84.4\% \pm 1.1\%$	19.3 ± 0.1	163.7 ± 7.7	$52.4\% \pm 0.6\%$
コシヒカリ	木戸口 II	2006	滋賀県東近江市	994.8 ± 42.4	298.0 ± 13.8	68.2 ± 2.1	$95.2\% \pm 0.5\%$	20.9 ± 0.1	405.1 ± 18.3	$52.9\% \pm 0.3\%$
コシヒカリ	木戸口 III	2010	滋賀県東近江市	948.9 ± 33.6	268.8 ± 11.6	82.3 ± 1.6	$92.1\% \pm 0.5\%$	21.5 ± 0.1	422.8 ± 14.8	$58.2\% \pm 0.3\%$
コシヒカリ	中道 I	2007	滋賀県野洲市	626.8 ± 37.3	200.8 ± 11.7	62.0 ± 1.8	$91.4\% \pm 0.9\%$	20.3 ± 0.1	222.2 ± 13.8	$49.3\% \pm 0.5\%$
コシヒカリ	中道 II	2010	滋賀県野洲市	887.7 ± 51.0	254.2 ± 14.6	74.3 ± 1.8	$93.2\% \pm 0.6\%$	21.0 ± 0.1	329.4 ± 19.6	$50.8\% \pm 0.7\%$
コシヒカリ	福井 F	1997	福井県越前市	845.9 ± 28.7	197.6 ± 5.2	96.7 ± 5.1	$89.8\% \pm 0.8\%$	19.1 ± 0.0	309.3 ± 11.5	$50.6\% \pm 0.3\%$
コシヒカリ	中村	2003	福井県大野市	602.3 ± 60.5	162.3 ± 14.1	98.0 ± 4.0	$92.2\% \pm 0.8\%$	18.8 ± 0.2	248.2 ± 27.1	$58.2\% \pm 0.7\%$
コシヒカリ	牧野	2009	福井県福井市	547.6 ± 19.2	153.6 ± 6.3	91.1 ± 2.7	$90.5\% \pm 0.3\%$	18.2 ± 0.1	179.9 ± 6.9	$53.1\% \pm 0.3\%$
コシヒカリ	尾形	2017	福井県越前市	1290.5 ± 50.0	350.7 ± 15.9	85.6 ± 1.8	$91.0\% \pm 0.9\%$	21.0 ± 0.1	516.7 ± 18.9	$54.3\% \pm 0.3\%$
ベニアサヒ	小倉 O	2003	宇治市小倉	875.5 ± 25.2	184.9 ± 5.9	87.2 ± 2.9	$90.7\% \pm 1.3\%$	21.7 ± 0.1	276.2 ± 7.4	$43.2\% \pm 0.4\%$
ベニアサヒ	小倉 R	1951	宇治市小倉	810.7 ± 39.2	176.9 ± 8.8	75.4 ± 2.5	$91.9\% \pm 1.2\%$	21.8 ± 0.1	249.7 ± 11.4	$41.0\% \pm 0.3\%$
ベニアサヒ	上田 II	1965	京都市山科	609.5 ± 31.0	124.7 ± 9.7	92.4 ± 9.3	$97.5\% \pm 0.6\%$	23.1 ± 0.1	249.6 ± 13.0	$51.4\% \pm 0.6\%$
農林16号	上田 I	1965	京都市山科	691.2 ± 67.4	138.2 ± 13.1	102.8 ± 4.6	$96.2\% \pm 0.1\%$	23.0 ± 0.0	275.9 ± 25.7	$50.7\% \pm 0.7\%$
秋の詩	亀岡 I	1993	京都府亀岡市	649.3 ± 30.1	153.7 ± 6.1	85.0 ± 3.4	$72.3\% \pm 4.8\%$	23.3 ± 0.2	177.4 ± 9.6	$40.2\% \pm 1.1\%$
秋の詩	野洲 II	1995	滋賀県野洲市	901.8 ± 48.0	240.6 ± 12.5	58.7 ± 2.4	$91.8\% \pm 0.9\%$	21.6 ± 0.1	269.0 ± 13.6	$39.9\% \pm 0.5\%$
秋の詩	野洲 III	1995	滋賀県野洲市	976.4 ± 55.0	227.8 ± 13.7	81.7 ± 5.1	$91.3\% \pm 0.5\%$	21.8 ± 0.1	358.0 ± 19.7	$47.4\% \pm 0.4\%$
新羽二重	野洲 I	1989	滋賀県野洲市	628.7 ± 23.9	223.2 ± 8.8	49.8 ± 2.1	$92.3\% \pm 1.0\%$	20.2 ± 0.1	199.6 ± 7.7	$43.7\% \pm 0.4\%$
新羽二重	成田	2018	兵庫県豊岡市	1011.7 ± 41.0	298.3 ± 11.9	61.0 ± 7.0	$86.8\% \pm 5.3\%$	22.0 ± 0.1	368.8 ± 14.6	$50.8\% \pm 0.2\%$
新羽二重	平峰	2018	兵庫県豊岡市	878.6 ± 41.9	267.9 ± 14.8	57.4 ± 2.8	$92.4\% \pm 0.7\%$	21.4 ± 0.2	259.4 ± 13.3	$41.1\% \pm 1.0\%$

平均値±標準偏差

全刈り法(表4)では産地、品種、実施開始年の異なる18圃場の収量を参考資料としてまとめた。収量(kg/10a)は登録面積と収穫量を聞き取り調査から求めたものである。

表4 2018年無施肥無農薬水田収量(全刈り法)

No	生産者	産地	品種	実施開始年	収量 (kg/10a)	5年平均 (kg/10a)
1	無肥研	滋賀県野洲市Ⅰ	新羽二重	1989	147.8	202.6 ±78.8
2	無肥研	滋賀県野洲市Ⅱ	秋の詩	1995	196.5	300.9 ±77.1
3	無肥研	滋賀県野洲市Ⅲ	秋の詩	1995	241.2	330.1 ±68.0
4	無肥研	京都府亀岡市K1	秋の詩	1993	121.3	190.0 ±50.7
5	無肥研	京都府亀岡市K2	コシヒカリ	2009	187.7	212.6 ±74.3
6	無肥研	京都府宇治市	ベニアサヒ	2003	235.0	306.7 ±63.9
7	上田修一	京都市山科区	農林16号	1965	258.2	246.7 ±21.0
8	上田修一	京都市山科区	ベニアサヒ	1965	199.9	251.6 ±34.5
9	丸山茂子	福井県越前市	コシヒカリ	1997	337.4	395.5 ±45.5
10	沢昌弘	滋賀県東近江市	コシヒカリ	2010	108.8	246.0 ±87.3
11	木戸口利雄	滋賀県東近江市	コシヒカリ	2010	350.0	348.2 ±47.4
12	牧野太平	福井県福井市	コシヒカリ	2009	199.5	186.8 ±32.5
13	牧野太平	福井県福井市	コシヒカリ	2010	178.8	184.3 ±34.1
14	中村孝太郎	福井県大野市	コシヒカリ	2003～2011	241.0	298.2 ±51.9
15	尾形言成	福井県越前市	コシヒカリ	2017	600.0	557.2 ±60.6
16	平田守	京都府南丹市園部	日本晴	2012～2015	328.6	341.8 ±34.9
17	中道唯幸	滋賀県野洲市	コシヒカリ	2007	252.8	293.1 ±24.9
18	成田市雄	兵庫県豊岡市	新羽二重	2018	288.6	

まとめ

近年毎年のように異常気象を言われているが2018年も7月上旬の豪雨、その後の高温続きにより早生品種(コシヒカリ)は高温傷害を受け、9月初旬の台風で晩生品種(ベニアサヒ)の授精不良で不稔粒や未熟米が出て大きな影響を受けた年であった。このような異常気象下において収量だけでなくそれらの品質についても問題があり、今後は無施肥無農薬栽培米の品質を慣行栽培米と比較し調査する必要がある。無施肥無農薬栽培において植物体に必要な養分は、人為的に供給されないの、水、空気、太陽光、また微生物などの天然資源に由来されることになり、生育期間の長い晩生品種が優位と思われるが、栽培品種については慣行栽培でも言われているように、天候の変化に伴うリスクを避けるためと消費者のニーズに合わせることも考慮し、早生、中生、晩生の品種を使い分けて栽培することが望ましく思われる。また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、水田を良く観察し初期除草を怠らず、稲の生育状況に合わせて除草に入ることが必要である。

移植時期と水管理の違いが無施肥無農薬栽培水稻の 生育および収量に及ぼす影響

(2018 年度無施肥無農薬栽培における水稻栽培比較試験)

家田善太^{1,0}・栗田光雄^{1,2}・白岩立彦^{1,2}(¹NPO 無肥研・²京大院農)

1. 主旨・経緯

無施肥無農薬栽培(以下, 無施肥栽培)によって収量を安定的に確保するためには土壌養分が作物の生育期間中にバランスよく利用されることが必要になってくる. 水稻作において無施肥栽培を長期間継続すると生育の後期まで作物の根が健全に機能して養分を吸収することが認められている(竹内, 1979). 一方で生育の前期に養分を利用して茎数を増加させた場合に生育後期に利用する養分が不足する為か不稔が増えて増収に繋がらない事が認められた(家田, 2013). そこで生育前期の生長を抑制し生育後期の生長を促進することが収量の増減に及ぼす影響を調べるために(茎数増加を抑制するといわれている)深水栽培を 2016 年, 2017 年に試みた. 生育期間の長いベニアサヒ(晩生品種)や秋の詩(中生品種)は生育後期(最高分蘗期以降の幼穂発育期, 登熟期とする)の生長を促したことにより増収の可能性が示唆されたが, 生育期間が短いコシヒカリ(早生品種)は幼穂発育期(最高分蘗～出穂期)が十分に確保出来なかったこともあり, 収量の差は認められなかった.

また, 2013 年に 2 筆の小倉無施肥栽培試験水田で移植時期を 14 日間異にして行なった比較試験ではベニアサヒ, 秋の詩に移植時期の違いによる収量に

表1. 「2013年」品種別, 移植時期別の収量および収量構成要素

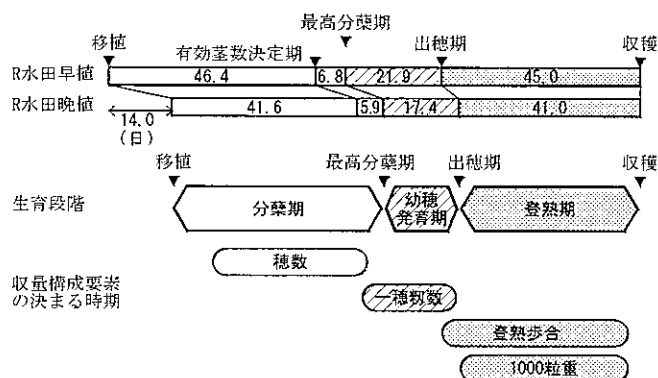
品種	水田	移植時期	穂数 (本/㎡)	一穂初数 (粒/穂)	登熟歩合	1000粒重 (g)	収量 (g/㎡)
ベニアサヒ (晩生)	〇水田	早植	193.0 ± 7.0 eg	2.41 ± 0.04 a	95.0% ± 1.1% a	22.5 ± 0.0 ab	364.2 ± 12.3 ab
		晩植	236.8 ± 7.3 cd	2.09 ± 0.05 bcd	96.2% ± 0.4% a	22.7 ± 0.1 ab	379.8 ± 13.8 ab
	R 水田	早植	171.2 ± 5.7 g	2.20 ± 0.04 b	94.6% ± 0.8% ab	22.0 ± 0.1 c	287.5 ± 9.2 c
		晩植	182.4 ± 5.4 fg	2.02 ± 0.05 d	94.5% ± 1.7% ab	22.9 ± 0.2 a	283.8 ± 8.5 c
	移植時期の分散分析:		ns	***	ns	ns	ns
秋の詩 (中生)	〇水田	早植	223.1 ± 12.1 ce	2.09 ± 0.04 ac	93.0% ± 0.8% ac	22.8 ± 0.1 ab	371.3 ± 17.7 ab
		晩植	299.7 ± 7.4 a	1.70 ± 0.03 cd	92.0% ± 0.5% ac	22.3 ± 0.1 bc	403.4 ± 9.8 a
	R 水田	早植	209.6 ± 10.7 cef	1.72 ± 0.05 cd	88.0% ± 1.0% c	22.5 ± 0.1 ab	288.4 ± 16.2 c
		晩植	195.3 ± 3.8 eg	1.80 ± 0.02 bcd	91.4% ± 0.5% ac	22.4 ± 0.1 bc	276.9 ± 5.5 c
	移植時期の分散分析:		ns	ns	ns	*	ns
コシヒカリ (早生)	〇水田	早植	241.6 ± 9.0 c	1.94 ± 0.05 ab	92.1% ± 2.3% ac	19.9 ± 0.2 de	366.6 ± 20.8 ab
		晩植	280.3 ± 7.5 ab	1.52 ± 0.06 c	91.2% ± 0.4% ac	20.1 ± 0.1 d	330.7 ± 11.3 bc
	R 水田	早植	199.5 ± 7.0 eg	1.88 ± 0.06 ad	95.3% ± 0.4% ab	19.5 ± 0.1 e	291.5 ± 10.7 c
		晩植	200.3 ± 5.6 deg	1.52 ± 0.04 bcd	89.7% ± 1.3% bc	19.7 ± 0.1 de	238.6 ± 8.7 d
	移植時期の分散分析:		ns	**	*	ns	**

平均値±標準誤差

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

ns, *, **, *** 分散分析により, それぞれ有意差なし, 5%, 1%, 0.1%水準で有意差ありを示す。

有意な差は無かったが、コシヒカリは晩植より早植の方が収量が有意に多かった(表1)。また収量構成要素では、晩植より早植の方が一穂粒数(主に幼穂発



育期に決定)が有意に多く、登熟歩合(主に登熟期に決定)が有意に高かったことから、移植時期を早めたことにより生育後期(幼穂発育期、登熟期)の期間が長くなり(図1)養分を多く供給できたことが増収に繋がったと考えた。

図1. 2013年の生育期間および収量構成要素の決まる時期
参考: (栗原, 2000)

そこで本年は、コシヒカリ(無肥研登録水田で最も多く栽培されている品種)の増収につながる栽培法を探るため、

- 一; 「移植時期を早め[生育後期の期間]を確保する」。
 - 二; 「深水処理を施し[生育後期の生長]を促進する」。
- この二点を目標に比較試験を行なった。

2. 試験方法

2-1. 設置・育苗条件

亀岡市無施肥栽培試験水田(以下、亀岡)、野洲市無施肥栽培試験水田(以下、野洲)の2筆の圃場に次に示す6条9株の調査区を亀岡2反復、野洲3反復設置した(図2)。

育苗は本田で通常用いているポット育苗箱を用い、ビニールハウス畑苗代でおこなった。本田への移植は1株1本の苗を手植えた。

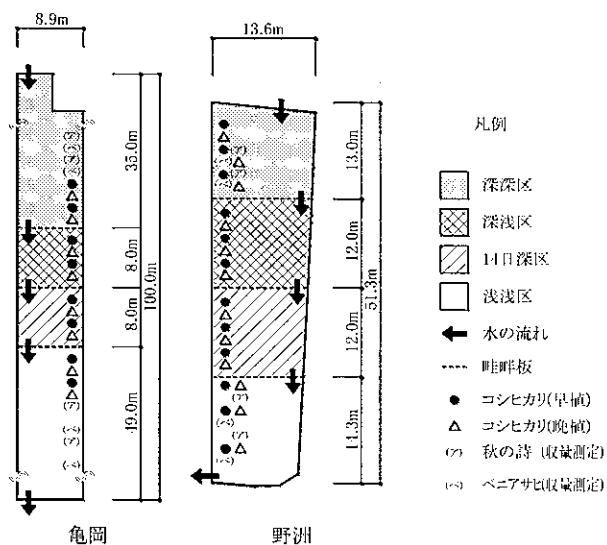


図2. 植付位置

2-2. 移植時期

供試品種はコシヒカリ(早生)を用いた。

以下に示す移植時期の異なる 2 種を設けた.

亀岡：播種 4 月 8 日, 移植 5 月 6 日, 葉齡 3.7, 苗高 15.6mm(以下, 早植)

播種 4 月 8 日, 移植 5 月 13 日, 葉齡 4.4, 苗高 17.8mm(以下, 晩植)

野洲：播種 4 月 8 日, 移植 4 月 29 日, 葉齡 3.7, 苗高 10.7mm(以下, 早植)

播種 4 月 14 日, 移植 5 月 20 日, 葉齡 4.7, 苗高 18.8mm(以下, 晩植)

2-3. 水管理

それぞれの水田を畦畔板で 4 分割し以下に示す水管理の異なる 4 区を設けた (図 3).

- ・ 常時標準湛水(水深 7cm)区(以下, 浅浅区)
- ・ 最高分蘗期深水湛水(水深 15cm)区(以下, 14 日深区)
- ・ 前期深水湛水後期標準湛水区(以下, 深浅区)
- ・ 常時深水湛水区(以下, 深深区)

亀岡と野洲の圃場(2 筆)に移植
時期(2 種)×水管理(4 区)の 8 処理
区を設けた.

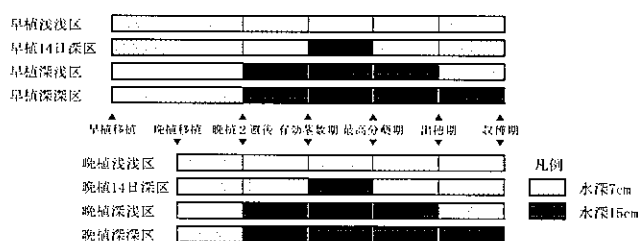


図3. 水深切替時期

処理効果の検定は分散分析により, 処理区間差の検定はチューキーの多重比較により行い, とともに統計ソフト「R 3.3.2」を用いた.

2-4. 予備試験

ベニアサヒと秋の詩について, 亀岡と野洲の圃場(2 筆)に 2 区の水管理(浅浅区, 深深区)を 2 反復設けた(その他の条件は 2-1 と同じ). また移植時期は本試験の晩植と同じとした.

3. 調査項目

3-1. 生育調査項目

各区 10 株を定めて移植から出穂 2 週間後まで 1 週間毎に茎数および草丈を, また移植から収穫まで 1 週間毎に SPAD 値(ミノルタ SPAD-502 を使用)を測定した(出穂～出穂 1 週間後を除く).

3-2. 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1.8mm以
 上の玄米)、20g粒数および水分率を計測した。

なお予備試験の株は収穫後に粗玄米重、玄米重(粒径1.8mm以上の玄米)、お
 よび水分率を計測した。

4. 生育調査

4-1. 生育ステージ

水管理処理毎に早晚植の「最高分蘗期から出穂期」(幼穂発育期)を比較す
 ると、亀岡(移植時期7日間差)では早植の方が晩植より0.3から6.0日長くな
 ったが、野洲(移植時期21日間差)では逆に早植の方が晩植より1.1から3.0
 日短くなった(図4)。これにより移植時期を早めても地域やその年の気象等に

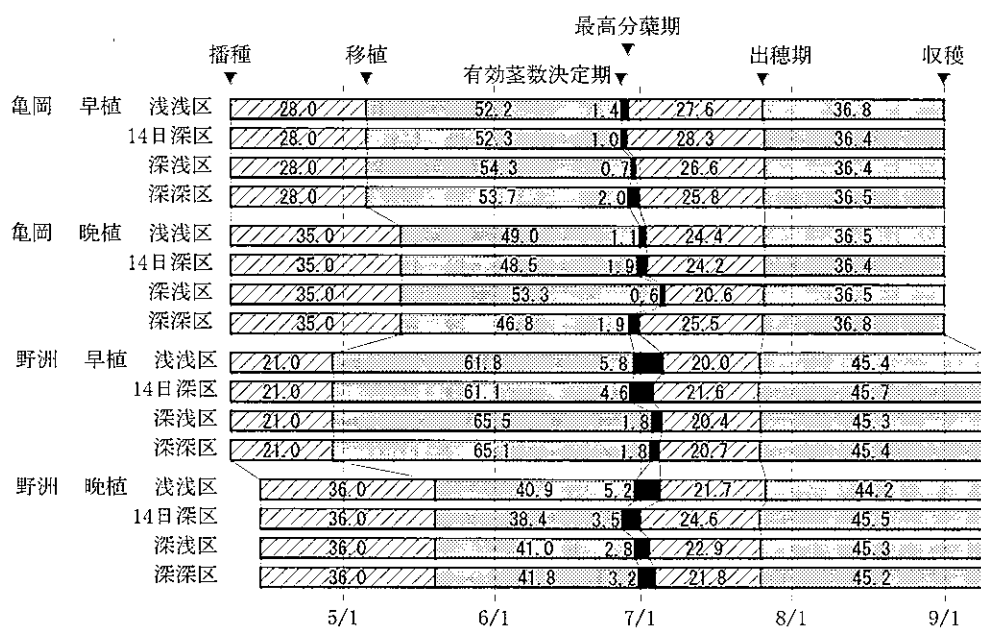


図4. 生育ステージ

より必ずしも「最高分蘗期から出穂期」(幼穂発育期)が長くはならないと考
 えられる。

4-2. 窒素供給量

植物体(稲)の窒素保有量の指標として茎数×草丈×SPAD 値(推定)の推移を比較すると, 亀岡と野洲では全く異なった傾向となった(図 5, 6).

亀岡では生育初期はどの区も顕著な差が無いが, 最高分蘗期から収穫ま

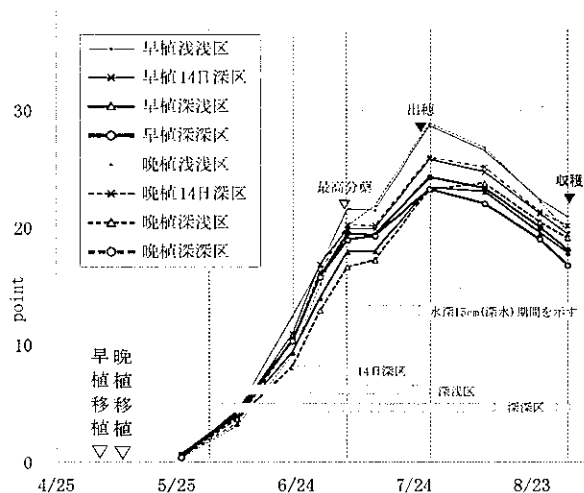


図5. 茎数×草丈×SPAD値の推移(亀岡)

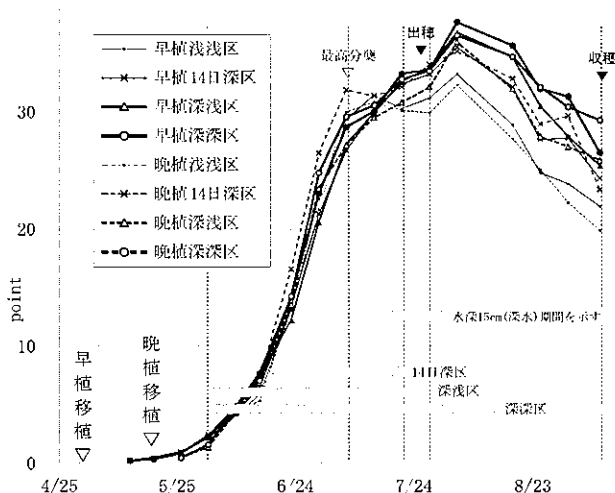


図6. 茎数×草丈×SPAD値の推移(野洲)

で早浅浅区, 晚浅浅区が他の区より高く推移した. これにより深水処理を施しても生育後期の生長(窒素供給)は促されなかったと考えられる.

野洲では生育初期はどの区も顕著な差が無いが, 出穂期 5 日前から収穫まで早植深深区, 晚植深深区が他の区より高く, 早植浅浅区, 晚植浅浅区が他の区より低く推移した. これにより深水処理を施すことにより生育後期の生長(窒素供給)が促されたと考えられる.

4-3. 有効茎歩合

有効茎歩合を比較すると, 亀岡では早植, 晚植とも水管理区間に有意な差はなかった(表 2).

野洲も有意な差はないが早植, 晚植とも深浅区が最も高く、次いで深深区、14 日深区の順で高く、浅浅区が最も低かった. これは有効茎歩合が高いほど生育後期の養分供給を促し無効

表2. 有効茎歩合

水田	移植時期	水処理	有効茎歩合
亀岡	早植	浅浅区	97.0% ± 1.4% ab
		14日深区	97.1% ± 1.2% ab
		深浅区	98.0% ± 1.2% a
		深深区	94.8% ± 1.9% ac
	晚植	浅浅区	98.9% ± 0.8% a
		14日深区	98.0% ± 0.9% a
		深浅区	97.5% ± 1.1% a
		深深区	93.8% ± 2.1% ac
野洲	早植	浅浅区	90.1% ± 1.9% bc
		14日深区	95.3% ± 1.1% ab
		深浅区	97.9% ± 0.8% a
		深深区	94.0% ± 1.9% ac
	晚植	浅浅区	88.5% ± 1.7% c
		14日深区	88.6% ± 1.5% c
		深浅区	95.3% ± 1.2% ab
		深深区	94.1% ± 0.9% ac

分蘖が減少したと考えると、図 6 が示した窒素供給量の推移と符合している。

4-4. 遅れ穂

遅れ穂が多く発生し、亀岡の早植深浅区と晩植深浅区の 2 区が有意に多かった(表 3)。

亀岡の深浅区は出穂期の 2 日後(7 月 28 日)に水深を 15cm から 7cm に切替えたこと、および出穂期後 10 日間の日照時間が平年より非常に長かったこと

表3. 遅れ穂出現率

水田	移植時期	水処理	遅れ穂出現率	
亀岡	早植	浅浅区	0.0% ± 0.0%	de
		14日深区	1.2% ± 1.4%	ee
		深深区	35.3% ± 4.5%	b
		深深区	8.2% ± 2.7%	ee
	晩植	浅浅区	1.1% ± 0.7%	ee
		14日深区	1.8% ± 1.5%	ee
		深深区	57.6% ± 2.1%	a
		深深区	1.9% ± 0.9%	ee
野洲	早植	浅浅区	2.0% ± 1.3%	ee
		14日深区	10.5% ± 2.5%	e
		深深区	4.4% ± 1.7%	ee
		深深区	7.9% ± 2.4%	cd
	晩植	浅浅区	0.3% ± 0.3%	de
		14日深区	0.0% ± 0.0%	e
		深深区	0.0% ± 0.0%	e
		深深区	2.4% ± 1.4%	ee

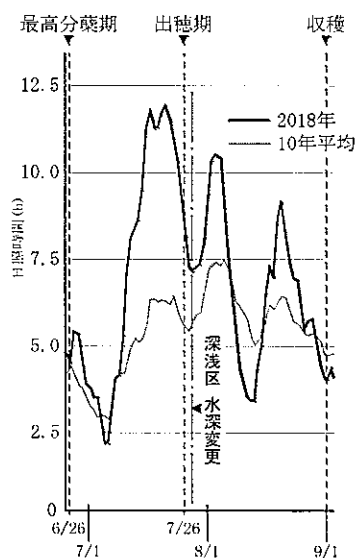


図7. 園部町日照時間
(気象庁データ)

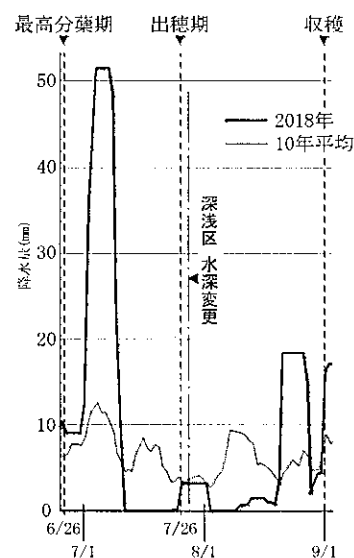


図8. 園部町降水量
(気象庁データ)

により、出穂期後の生育が促進(養分を多く吸収)したと考えられる(図 7)。その時期に通常登熟に要す養分を分蘖に費やしたが、出穂期後 10 日～20 日の日照時間が平年より短かく且つ収穫前 10 日間(登熟期後半)の降雨量が非常に多かったこと(図 8)から、十分な登熟が行われず遅れ穂となったと考えられる。

地域やその年の気象も影響されるが、コシヒカリの場合、深水から出穂後に浅水に変えるのは遅れ穂が発生する危険性が高いことが考えられる。

5. 収量・形質調査

5-1. 収量および収量構成要素

亀岡では晩植深浅区, 早植深浅区, 早植深深区, 晩植深深区, の4区はこの順で極端に収量が少なかった(表4). これは早晩植とも深浅区は遅れ穂が多く,

表4. 移植時期別, 水管理別の収量および収量構成要素

水田	移植時期	水処理	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒/穂)	登熟歩合	1000粒重 (g)	収量 (g/m ²)
亀岡	早植	浅浅区	151.5 ± 7.0 be	88.5 ± 1.9 abc	88.0% ± 1.0% a	20.2 ± 0.0 bd	240.9 ± 14.4 ab
		14日深区	138.9 ± 8.6 de	104.3 ± 4.9 a	90.8% ± 0.7% a	20.8 ± 0.1 a	232.5 ± 13.7 ab
		深浅区	186.0 ± 13.2 bc	71.0 ± 5.7 cd	48.3% ± 6.6% c	18.5 ± 0.2 f	78.6 ± 12.1 de
		深深区	143.9 ± 8.1 ce	91.1 ± 4.9 abc	72.3% ± 3.5% b	18.8 ± 0.1 f	140.2 ± 7.8 ce
	晩植	浅浅区	150.7 ± 3.8 be	97.7 ± 2.8 ab	83.4% ± 3.1% ab	20.2 ± 0.0 bc	211.9 ± 1.4 ac
		14日深区	143.9 ± 7.0 ce	93.9 ± 0.9 abc	89.6% ± 0.9% a	20.5 ± 0.0 ab	225.6 ± 17.3 ab
		深浅区	282.0 ± 13.5 a	58.6 ± 1.5 d	35.6% ± 4.6% c	18.6 ± 0.2 f	64.2 ± 3.7 e
		深深区	130.5 ± 5.2 e	96.7 ± 4.2 abc	76.4% ± 4.1% ab	19.6 ± 0.1 e	163.1 ± 7.9 bcd
野洲	早植	浅浅区	168.9 ± 7.8 be	90.4 ± 3.6 abc	87.1% ± 0.8% a	20.0 ± 0.1 cde	247.8 ± 8.6 a
		14日深区	182.4 ± 10.6 bc	86.5 ± 3.3 abc	82.7% ± 1.5% ab	19.7 ± 0.1 e	199.1 ± 6.9 ac
		深浅区	176.8 ± 8.3 bcd	90.8 ± 3.8 abc	84.9% ± 1.3% ab	20.0 ± 0.1 cde	231.7 ± 10.3 ab
		深深区	185.7 ± 8.0 b	96.3 ± 4.2 abc	87.9% ± 1.2% a	20.2 ± 0.0 bd	236.0 ± 26.8 ab
	晩植	浅浅区	180.1 ± 4.0 bc	86.7 ± 3.4 abc	87.5% ± 0.7% a	19.9 ± 0.1 cde	235.5 ± 13.5 ab
		14日深区	180.1 ± 6.8 bc	83.2 ± 3.1 bc	88.8% ± 1.3% a	19.8 ± 0.0 de	220.4 ± 7.8 ab
		深浅区	175.6 ± 6.8 bcd	82.0 ± 8.2 abc	83.3% ± 4.7% ab	19.9 ± 0.1 cde	229.9 ± 17.2 ab
		深深区	190.8 ± 5.5 b	78.2 ± 3.4 bd	85.5% ± 1.1% ab	19.7 ± 0.0 e	215.3 ± 14.1 ac
水田			***	ns	***	***	***
移植時期			**	ns	***	ns	ns
水管理			***	***	***	***	***
水田×移植時期			*	ns	ns	ns	ns
水田×水管理			***	***	***	***	***
移植時期×水管理			**	ns	*	***	ns
水田×移植時期×水管理			***	ns	ns	ns	ns

平均値±標準誤差

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

ns, *, **, *** 分散分析により、それぞれ有意差なし, 5%, 1%, 0.1%水準で有意差ありを示す。

早晩植とも深深区は遅れ穂が多くはないが, 4区とも1000粒重が小さく登熟歩合も低かったことから, 登熟期の生長が不調であったと考えられる。

その4区以外の12区(亀岡4区, 野洲8区)の収量には有意な差は無かった。

5-2. ベニアサヒと秋の詩の収量

予備試験の収量を比較すると, いずれ(野洲;ベニアサヒ, 亀岡;秋の詩, 野洲;秋の詩)の収量も深深区の方が浅浅区より8~26%多く, 有意な差はないが, 深深区の方が収量が多くなる傾向があると考えられる(表5), これは, これまでの調査と同様の傾向であった。

表5. 品種別, 水処理別の収量(晩植)

品種	水田	水処理	収量 (g/m ²)
ベニアサヒ	亀岡	浅洲区	註1
		深深区	註1
秋の詩	野洲	浅洲区	350.1 ± 7.3 ab
		深深区	418.9 ± 3.1 a
	亀岡	浅洲区	207.2 ± 20.1 cd
		深深区	223.4 ± 20.7 cd
野洲	浅洲区	278.0 ± 17.5 bc	
	深深区	350.9 ± 20.9 ab	
コシヒカリ	亀岡	浅洲区	211.9 ± 1.4 cd
		深深区	163.1 ± 7.9 d
	野洲	浅洲区	235.5 ± 13.5 cd
		深深区	215.3 ± 14.1 cd
平均値±標準誤差			註1 被害のため未測定

6. 考察

6-1. 移植時期

亀岡, 野洲とも, 早植と晩植で収量を比較しても有意な差は見られなかった。亀岡では早植が晩植より 7 日間早く移植しているが播種日が同じ, また野洲では早植が晩植より 21 日間早く移植しているが播種日が 6 日間しか変わらなかった。このことが生育経過の違いを小さくしたかもしれない。ただし, 同水田, 同水管理の早植と晩植を詳細に比較すると, 亀岡の深深区および野洲の 14 日深区以外の 6 区間で早植の方が晩植より収量が多かったことから, コシヒカリは圃場条件や気象にもよるが, 少しでも早く移植することが増収に繋がると考えられる。

6-2. 水管理

亀岡では深浅区, 深深区の収量が低く全乾物重も小さかった。

野洲の生育過程では深水処理によって生育後期に多く養分供給された可能性も示唆されたが, 収量および収量構成要素には有意な差は見られなかった。深浅区, 深深区は浅浅区より全乾物重が重く, 稈長が長かったが収穫係数は低

表6. 移植時期別, 水管理別の品質関連形質

水田	移植時期処理	全乾物重 (g/株)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	収穫係数
亀岡	早植 浅浅区	38.8 ± 1.8 ab	64.9 ± 0.6 ab	20.2 ± 0.3 ab	52.9% ± 0.4% ac
	14日深区	39.3 ± 2.2 ab	65.6 ± 0.7 abc	20.1 ± 0.3 ab	50.0% ± 0.6% bce
	深浅区	32.6 ± 2.1 b	64.9 ± 0.9 ad	19.4 ± 0.4 ac	33.6% ± 1.4% h
	深深区	33.7 ± 1.6 b	66.3 ± 0.9 ab	20.1 ± 0.3 ab	42.0% ± 1.0% fg
	晩植 浅浅区	37.2 ± 1.6 ab	63.1 ± 0.6 bd	20.4 ± 0.3 a	52.0% ± 0.9% ac
	14日深区	37.8 ± 1.6 ab	64.4 ± 0.5 bd	19.6 ± 0.3 ac	50.4% ± 0.6% bce
	深浅区	36.1 ± 2.9 ab	62.7 ± 0.8 bd	19.8 ± 0.3 ab	35.9% ± 2.4% gh
	深深区	33.7 ± 1.7 b	65.2 ± 0.8 abc	20.1 ± 0.3 ab	45.0% ± 1.1% deg
野洲	早植 浅浅区	37.5 ± 2.2 ab	61.3 ± 1.3 d	19.8 ± 0.2 ab	56.5% ± 2.3% a
	14日深区	36.3 ± 2.6 ab	62.3 ± 0.7 cd	19.1 ± 0.2 ac	49.3% ± 1.7% cef
	深浅区	40.7 ± 1.9 ab	65.3 ± 0.7 abc	19.9 ± 0.2 ab	50.9% ± 0.6% bcd
	深深区	44.8 ± 2.7 a	68.5 ± 0.7 a	20.0 ± 0.2 ab	45.5% ± 1.2% eg
	晩植 浅浅区	37.1 ± 1.0 ab	61.2 ± 0.7 d	19.7 ± 0.2 ab	55.0% ± 0.6% ab
	14日深区	37.8 ± 1.7 ab	65.1 ± 0.5 abc	19.1 ± 0.2 bc	50.1% ± 1.1% bce
	深浅区	38.6 ± 1.6 ab	63.6 ± 0.6 bd	19.5 ± 0.2 ac	51.6% ± 0.8% ac
	深深区	41.6 ± 1.7 ab	66.2 ± 0.6 ab	18.4 ± 0.3 c	45.4% ± 1.3% eg
水田		**	ns	***	***
移植時期		ns	*	*	ns
水管理		ns	***	*	***
水田 × 移植時期		ns	ns	*	ns
水田 × 水管理		***	***	*	***
移植時期 × 水管理		ns	*	*	ns
水田 × 移植時期 × 水管理		ns	ns	ns	ns

平均値 ± 標準誤差

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

ns, *, **, *** 分散分析により、それぞれ有意差なし, 5%, 1%, 0.1%水準で有意差ありを示す。

かった(表6)。これにより稲体は大きいが充実した籾が稔るだけの登熟期の日数が不足していたとも考えられる。

よって、コシヒカリには深水処理を施しても増収となる効果が薄いと考えられる。

6-3. まとめ

早生品種のコシヒカリは生育期間そのものが短いので生育後期の生長促進が比較的現れにくいと考えられ、「無施肥栽培は栽培期間が長い品種ほど収量が高い傾向が見られた」(丸田, 2017)ことと通じる。しかし、早植を晩植と同程度の育苗期間とすれば最高分蘗期が早まり生育後期の期間が長くなる可能性もあり、今後の調査課題としたい。

晩生品種のベニアサヒ、中生品種の秋の詩は過去の試験と同様に生育後期の生長促進により増収の可能性があると考えられる。

よって、無施肥栽培イネの特長として認められてきた「末期まで生長が持続する秋優り型」(竹内, 1979)である特性をより活かす為には、以下の2点が重要であると考えられる。

- ・生育期間の長い品種を選び「生育後期の生長を促す」栽培法を検討する。
- ・生育期間の短い品種は移植時期を早めるなど「生育期間(特に後期)を長くする」栽培法を検討する。

引用文献

- ・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差異. 近畿大学農学部紀要, 12:135-140.
- ・家田善太・栗田光雄・白岩立彦(2013)移植時期と水管理の違いが無施肥無農薬栽培水稻の生育および収量に及ぼす影響. NPO 無肥研 2012年度研究報告会資料:26-31.
- ・栗原浩・蓬原雄三・津野幸人・山田盾(2000)作物栽培の基礎. 農山漁村文化協会:104, 142.
- ・丸田信宏・栗田光雄・白岩立彦(2017)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(第3報). NPO 無肥研 2016年度研究報告会資料:7-13.

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(第4報)

丸田信宏¹・栗田光雄^{1,2}・白岩立彦^{1,2}(¹NPO 無肥研・²京大院農)

古来より作物を栽培する場合に2つの適応性を考慮して品種の選択が行われてきた。一つは栽培される場所の自然環境に対する適応性であり、それは気象条件や土壌条件など、諸々の自然科学的制限要因をもち、最終的に玄米収量で数量化できる作物生産性である。もう一つは、社会・経済的適応性で、食味や品質などの違いによる消費ニーズに帰結するものである(2004 古賀)。

無施肥無農薬栽培調査研究会(以下無肥研)では京都府と滋賀県に数筆ある試験圃場で無施肥栽培試験を継続して実施しており、水稻は京都府宇治市小倉、亀岡市および滋賀県野洲市の3か所にある水田で栽培している。それらの圃場で無施肥栽培に適した品種は何なのか、また消費するのに好まれるのはどのような品種であるのかを探るために調査を行っている。

作物生産性に関する調査では、滋賀県栗東町において6品種を比較し、無施肥田では穂重型と晩生の品種が高い収量性を示したことを報告し(奥村ら(1979))、特に無施肥栽培にて長期継代してきたベニアサヒの無施肥水田への適応性の高さを認めている。2015年の実験では、無肥研圃場3か所4水田において、早晚性や草型の異なる3品種(コシヒカリ、秋の詩、ベニアサヒ)を比較栽培したところ、ベニアサヒは4つの供試水田全てで収量が高く、かつ水田間による収量のばらつきが少なかった(2015年度報告会資料参照)。2016年には、前記の3品種に、ヒノヒカリ、農林16号を加えた5品種で同様の調査をおこなった結果、品種の早晚性では、晩生>中生>早生の順に有意に収量が高いことが認められた(2016年度報告会資料参照)が、2017年は品種間に収量差が見られなかった。

昨今は気象の年次変動が大きく、それぞれの年の結果が限定的なものかどうなのかを見るために、2018年も3地域、合計5筆の水田で、おのおの5品種の比較栽培をおこなった。本報では2018年の調査結果と共に、2015~2017年の調査結果を含めて考察する。また2017年は、品種選択のもう一つの側面、経済的適応性の要因である食味や外観の違いを調べるため食味官能試験を行ったが、2018年は食味計を用いた検査を行った。その結果も併せて報告する。

【材料および方法】

表 2. 供試水田の概要

表 1. 供試品種の特性				水田名	場所	環境	土壌分類	水源	無施肥栽培開始
品種名	稈長	草型	早晩性	K1	京都府亀岡市	盆地	灰色低地土	貯水池および井戸	1993
コシヒカリ	中	中間	早	K2	京都府亀岡市	盆地	灰色低地土	貯水池および井戸	2009
秋の詩	中	中間	中	Y3	滋賀県野洲市	沖積平野	灰色低地土	家棟川	1995
ヒノヒカリ	中	中間	中	Y7	滋賀県野洲市	沖積平野	灰色低地土	家棟川	2003
ベニアサヒ	長	穂重	晩	O	京都府宇治市小倉	干拓地	強グライ土	宇治川	2003
農林16号	長	穂重	晩	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年より実施してきた栗東水田の表層土約15cmを運搬し移設

表 3. 供試水田と栽培品種ごとの調査状況(2015-2018)

供試水田	K1					K2					Y3					Y7					O					R						
	品種	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	
2015年		○	○		○		○	○		○		○		○		○		○	○		○		△	○		○						
2016年		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
2017年		○	△	△	△	△	○	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○
2018年		○	○	○	×	×	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	△	△

○: 収量調査まで行えた

△: 収量調査が正確に行えなかった

×

栽培したが、収穫できなかった

空欄: 栽培していない

表 4. 試験区分および栽培概要(2018)

供試水田	品種	調査区	播種日	本田移植日	最高分蘗期	出穂期	収穫
K1水田 (京都府亀岡市)	コシヒカリ	K1コシ	4/8	5/13	7/2	7/26	9/2
	秋の詩	K1アキ	4/8	5/13	7/13	8/21	9/30
	ヒノヒカリ	K1ヒノ	4/8	5/13	7/2	8/19	9/30
	ベニアサヒ	K1ベニ	4/8	5/13	7/2	8/31	*
	農林16号	K1ノウ	4/8	5/13	7/2	8/31	*
*獣害のため収穫できなかったが、適期は10/13頃であった。							
K2水田 (京都府亀岡市)	コシヒカリ	K2コシ	4/8	5/13	6/30	7/26	9/2
	秋の詩	K2アキ	4/8	5/13	7/3	8/17	9/30
	ヒノヒカリ	K2ヒノ	4/8	5/13	7/2	8/16	9/30
	ベニアサヒ	K2ベニ	4/8	5/13	6/29	8/28	*
	農林16号	K2ノウ	4/8	5/13	7/1	8/25	*
*獣害のため収穫できなかったが、適期は10/13頃であった。							
Y3水田 (滋賀県野洲市)	コシヒカリ	Y3コシ	4/14	5/20	7/6	7/23	9/9
	秋の詩	Y3アキ	4/14	5/20	7/8	8/14	10/7
	ヒノヒカリ	Y3ヒノ	4/14	5/20	7/16	8/15	10/7
	ベニアサヒ	Y3ベニ	4/14	5/20	7/11	8/25	10/21
	農林16号	Y3ノウ	4/14	5/20	7/12	8/24	10/21
O水田 (京都府宇治市小倉)	コシヒカリ	Oコシ	4/21	5/29	7/10	7/25	9/3
	秋の詩	Oアキ	4/21	5/29	7/17	8/21	10/3
	ヒノヒカリ	Oヒノ	4/21	5/29	7/12	8/22	10/3
	ベニアサヒ	Oベニ	4/21	5/29	7/11	8/29	10/14
	農林16号	Oノウ	4/21	5/29	7/10	8/27	10/14
R水田 (京都府宇治市小倉)	コシヒカリ	Rコシ	4/21	5/29	7/9	7/25	9/3
	秋の詩	Rアキ	4/21	5/29	7/14	8/22	10/3
	ヒノヒカリ	Rヒノ	4/21	5/29	7/14	8/22	10/3
	ベニアサヒ	Rベニ	4/21	5/29	7/11	9/1	10/14
	農林16号	Rノウ	4/21	5/29	7/12	8/31	10/14

実験には早生の「コシヒカリ」、中生の「秋の詩」「ヒノヒカリ」、晩生の「ベニアサヒ」「農林16号」の5品種を用いた。それぞれの品種の概略を表1に示した。(育苗,栽培管理は2015年度報告会資料参照)

供試水田は,京都府亀岡市の2水田(K1,K2),滋賀県野洲市の2水田(Y3,Y7),京都府宇治市小倉の2水田(O,R)の6筆で,いずれの水田も,付近を水田に囲まれた水田地帯にある。それぞれの水田の概要は表2に示した。Y3,Y7は転作の為,水稻栽培が行なえない年があった(表3)(Y3は2016年に大豆,Y7は2015,18年にキャベツなどの蔬菜をいずれも無施肥無農薬栽培で行った)。2018年の試験区分および栽培概要は表4に示した。(2018年のK1,K2のベニアサヒ,農林16号は獣害のため収穫できず)

・調査項目

- ①それぞれの水田に各品種の栽培区を2反復設け,本田移植後7日目より,それぞれ連続10株について,茎数・草丈・SPAD値を1~2週間おきに測定した。また,灌漑水のEC値(ミノルタ SAPD-502を使用)を計測した。
- ②生育調査した全株について,収穫後に収量諸形質を計測した。統計処理は要因の効果を判定するには分散分析,試験区間の差の比較にはチューキーの多重比較を用いた。
- ③食味は静岡製機株式会社の食味分析計 TM-3500 を用い,3回の平均値を求めた。

【試験結果および考察】

生育期間の比較

1)穂数・最高分蘗数比較

表5. 各水田の穂数,最高分蘗数,有効茎歩合(2018)

	K1			K2			Y3			O			R			平均		
	穂数 本/株	最高分蘗 本/株	有効茎歩合 %	穂数 本/株	最高分蘗 本/株	有効茎歩合 %	穂数 本/株	最高分蘗 本/株	有効茎歩合 %	穂数 本/株	最高分蘗 本/株	有効茎歩合 %	穂数 本/株	最高分蘗 本/株	有効茎歩合 %	穂数 本/株	最高分蘗 本/株	有効茎歩合 %
コシヒカリ	9.0	9.0	99.5	10.5	11.4	93.4	10.5	12.4	86.8	13.5	14.4	93.3	12.0	13.3	90.8	11.1 b	12.1 c	92.8 a
秋の詩	9.8	10.1	96.5	11.9	12.6	94.6	11.7	13.5	85.8	14.2	15.3	92.6	13.0	13.8	92.4	12.1 a	13.0 ab	92.4 a
ヒノヒカリ	9.3	10.5	90.4	11.1	13.4	85.0	10.7	13.4	79.6	12.5	14.3	87.2	11.3	13.3	84.1	11.0 b	13.0 bc	85.3 b
ベニアサヒ	8.2	9.1	90.2	10.2	12.7	81.3	9.8	12.1	81.1	11.5	14.6	79.2	9.7	13.0	75.5	9.9 c	12.3 bc	81.5 c
農林16号	8.8	10.0	89.1	11.7	14.8	79.8	10.5	13.5	79.5	11.3	14.8	76.1	10.5	13.5	77.4	10.5 bc	13.3 a	80.4 c
平均	9.0 d	9.7 c	93.2 a	11.1 c	13.0 b	86.8 b	10.6 c	12.9 b	82.6 c	12.6 a	14.7 a	85.7 bc	11.3 b	13.4 b	84.0 bc	10.9	12.7	86.5

	穂数	最高分蘗数	有効茎歩合
品種	**	**	**
水田	**	**	**
交互作用	ns	ns	*

ns,*,** 分散分析によりそれぞれ有意差なし,5%,1%水準で有意差ありを示す。

2018年の穂数, 最高分蘗数の多い品種は, 水田により異なった(表5). 全5水田を平均すると, 品種間比較では穂数は秋の詩が最も多く, それに次いでコシヒカリ, ヒノヒカリの順に多い傾向が見られた. 最高分蘗数は農林16号, 秋の詩, ヒノヒカリにおいて多い傾向が見られた. 有効茎歩合は交互作用が認められたが, 晩生種の農林16号, ベニアサヒが低かった(無効分蘗が多かった). 水田間で比較すると, 5品種全て0水田で最高分蘗数, 穂数が多い傾向が見られた. 一方K1水田は最高分蘗数, 穂数ともに最も少なかった. これらは5品種全てで同じ傾向が見られた.

調査を行った5品種の中で晩生種の有効茎歩合が他の3品種に対して相対的に低かったことは, 2015年から2018年の4年間, 概ね同様の結果が見られた. このことから, 品種特性の相対的な差異は気象にあまり左右されないと言える.

2) 出穂日比較

表6. 移植日から出穂期までの日数(2015-2018)

供試水田 品種	K1					K2					Y3					O					R				
	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	コシ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ
2015年	63	98		100		70	98		95		69	87		85		67	88		97						
2016年	73	96	92	102	101	72	94	96	100	98						63	84	85	91	89					
2017年	57	84	84	94	94	57	80	84	90	89	68	89	89	98	97	59	82	87	88	91	62	83	88	93	90
2018年	74	100	98	110	110	74	96	95	107	104	64	86	87	97	96	57	84	85	92	90	57	85	85	95	94

移植日から出穂日までの日数を比較すると, 2018年はK1, K2でその日数が調査を行った4年間で最も長く, その傾向はベニアサヒ, 農林16号の晩生品種に顕著に見られた(表6). 一般的に水稻の出穂は高温年に早まり, 冷涼年には遅れるとされ, また自然日長下では相対的に晩生種ほど比較的感光性が強い(細井1976)としている. 供試水田に近い京都府園部町の気象庁のデータによると, 2018年の7月初旬から8月中旬までの平均気温, 日照時間ともに調査を行った4年間で最高であった. しかし, 晩生種の出穂が遅かった. その要因として考えられるのは, 異常な高温により, 積算温度の限界値を越えたためにそのような現象が見られたのではないかと考えられる.

表7. 京都府園部町の旬別平均気温

	2015	2016	2017	2018
7/1 - 7/10	22.7	26.2	25.2	25.6
7/11 - 7/20	26.7	25.2	26.6	28.5
7/21 - 7/31	26.5	25.8	27.0	28.5
8/1 - 8/10	28.6	27.3	27.4	27.4
8/11 - 8/20	25.4	26.7	25.9	25.8
平均	26.0	26.2	26.4	27.2

表8. 京都府園部町の旬別日照時間(h/旬)

	2015	2016	2017	2018
7/1 - 7/10	20.1	46.4	37.4	41.0
7/11 - 7/20	51.9	48.7	59.5	97.3
7/21 - 7/31	55.3	74.6	40.5	96.1
8/1 - 8/10	94.2	101.4	61.9	75.9
8/11 - 8/20	39.1	72.8	46.4	63.5
平均	52.1	68.8	49.1	74.8

3) 推定窒素保有量

稲の推定窒素保有量の指標として、茎数×草丈×SPAD 値の推移を水田間で比較した(図 1)。水田の場所が違うために、気温や水温、水質の違いによる影響は受けているが、それぞれの品種は同じ粳種を用い、ほぼ同時期に栽培していることから、ある程度各水田の特徴を表していると考えられる。K1,K2 における推定窒素保有量は、生育初期の増加はゆるやかで低い値を取るが、生育後期まで増加し続け、特に K2 においては高い数値にまで増加する。このことから、これらの水田では、生育期間の長い晩生種、茎数に収量が依存しにくく、生育後期の養分供給が有利に働く穂重型品種が適していると示唆される。

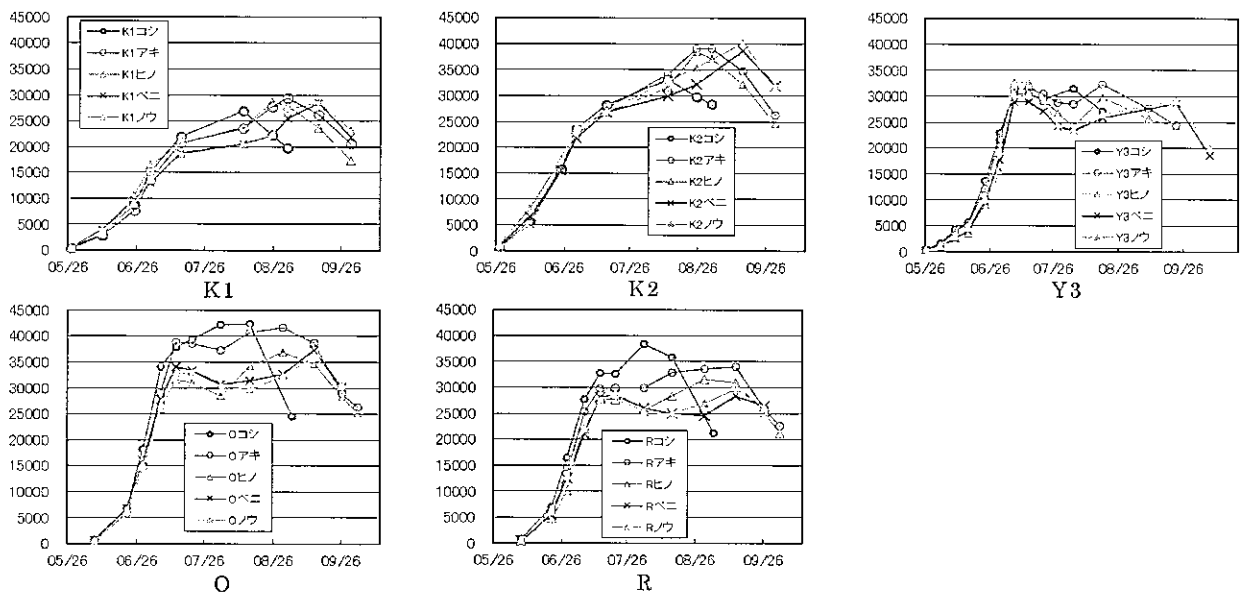


図 1. 各水田における茎数×草丈×SPAD 値(2018)

収量諸形質の比較

2018 年の収量構成要素を表 9 にまとめた。K1,K2 では、ベニアサヒ、農林 16 号の 2 品種は収穫期に猪の獣害のため収量が測定できなかった。また、9 月 4 日に関西地方を直撃した台風 21 号が O,R の晩生品種の出穂後 1 週間以内と重なったため、褐変穂や葉の損傷が確認され、収量に影響したと考えられる。このように、各水田で状況が異なるため、水田別に考察を進める。

1) Y3 水田内の品種間比較(2018)

供試水田 5 筆の中、5 品種全ての収量が測定できたのは Y3 だけであったので、Y3 内で品種の比較を行うと、生育期間の長い品種の収量が高い傾向が見ら

表 9. 調査区別収量構成要素(2018)

供試水田	調査区	全乾物重 (g/株)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒/穂)	粒数 (粒/m ²)	登熟歩合	1000粒重 (g)	推定収量 (kg/10a)
K1水田	K1コシ	37.2 ±0.45	150.7 ±0.60	99.0 ±0.91	14,912	83.4% ±0.00	20.0 ±0.21	211.9 ±1.01
	K1アキ	48.0 ±2.22	165.0 ±2.38	85.9 ±0.09	14,178	76.1% ±0.07	23.4 ±0.06	207.2 ±14.20
	K1ヒノ	49.8 ±1.31	156.6 ±3.57	102.2 ±0.44	16,002	85.3% ±0.01	21.7 ±0.14	220.9 ±2.31
	K1ベニ	*	*	*	*	*	*	*
	K1ノウ	*	*	*	*	*	*	*
K2水田	K2コシ	45.1 ±0.15	175.9 ±0.60	93.2 ±0.82	16,390	89.8% ±0.00	21.2 ±0.03	296.6 ±9.28
	K2アキ	65.4 ±0.15	199.5 ±7.74	102.7 ±7.57	20,492	83.2% ±0.02	23.1 ±0.07	280.1 ±15.93
	K2ヒノ	63.5 ±0.18	186.9 ±1.19	100.8 ±1.57	18,845	70.2% ±0.02	22.0 ±0.15	224.8 ±5.79
	K2ベニ	*	*	*	*	*	*	*
	K2ノウ	*	*	*	*	*	*	*
Y3水田	Y3コシ	36.9 ±1.35	176.8 ±3.57	86.7 ±5.12	15,322	87.8% ±0.01	20.1 ±0.12	233.4 ±16.35
	Y3アキ	54.6 ±1.64	196.1 ±7.74	77.0 ±2.41	15,111	89.8% ±0.03	21.6 ±0.10	278.0 ±12.35
	Y3ヒノ	51.0 ±1.44	180.1 ±10.71	82.2 ±8.10	14,812	91.5% ±0.02	20.9 ±0.11	261.8 ±7.24
	Y3ベニ	61.0 ±0.39	164.1 ±0.60	106.9 ±4.99	17,547	90.8% ±0.00	22.6 ±0.08	350.1 ±5.15
	Y3ノウ	60.6 ±1.22	175.9 ±1.79	98.7 ±2.93	17,371	91.4% ±0.01	22.9 ±0.07	346.6 ±5.70
O水田	Oコシ	51.8 ±1.50	226.4 ±5.36	90.8 ±1.12	20,558	89.1% ±0.01	19.9 ±0.01	310.5 ±10.62
	Oアキ	65.7 ±0.32	238.2 ±20.83	68.4 ±7.99	16,289	90.3% ±0.02	23.0 ±0.06	357.7 ±10.73
	Oヒノ	59.3 ±0.05	210.4 ±1.19	81.6 ±1.74	17,173	89.6% ±0.00	21.5 ±0.07	285.7 ±6.01
	Oベニ	66.7 ±0.71	192.8 ±7.74	96.0 ±2.80	18,500	86.7% ±0.01	21.7 ±0.25	289.7 ±20.11
	Oノウ	63.0 ±0.47	190.2 ±1.19	91.3 ±0.49	17,364	85.7% ±0.02	21.4 ±0.01	268.9 ±1.77
R水田	Rコシ	44.4 ±0.89	202.0 ±3.57	91.5 ±0.06	18,491	80.0% ±0.04	18.4 ±0.30	231.9 ±22.53
	Rアキ	51.6 ±0.37	218.0 ±10.12	70.9 ±2.99	15,465	91.0% ±0.01	22.3 ±0.18	277.8 ±3.19
	Rヒノ	50.4 ±0.24	189.4 ±4.17	73.2 ±0.19	13,862	85.8% ±0.02	21.0 ±0.04	238.1 ±3.19
	Rベニ	56.5 ±2.93	163.3 ±9.52	92.1 ±2.92	15,045	87.0% ±0.00	22.3 ±0.12	270.6 ±10.57
	Rノウ	55.0 ±0.09	175.9 ±5.36	86.9 ±6.14	15,290	89.1% ±0.00	21.6 ±0.12	233.0 ±3.06

*獣害のため収穫できず。

平均±標準誤差

れた(図 2). 収量構成要素から, 晩生種の穂数は多くないものの, 単位面積当たりの粒数, 千粒重も大きかったために収量が多かったことから, 品種の特性もあるが生育後期まで養分供給が十分に行われていたことが, 収量が多い要因になったと考えられる.

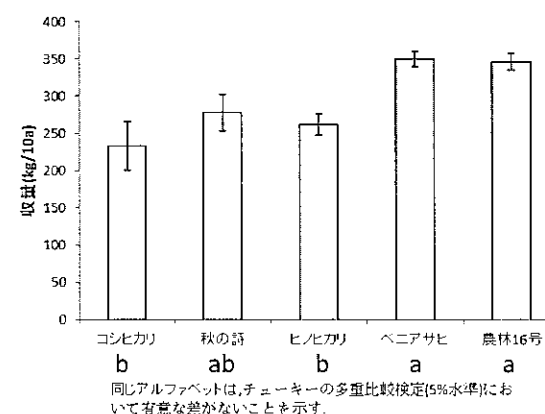


図 2. Y3 水田の推定収量(2018)

2) O, R 各水田内の品種間比較(2018)

2018 年, O と R では晩生種の出穂期前後に台風が襲来したこと, またそれらの品種に褐変穂が確認されたことなどから, 晩生種の収量が台風の影響を受け減

収となったと考えられる。水稻が暴風に最も弱い時期は穂ぞろい後 2-10 日くらいの時期で、不稔粒が多くなり減収する(坪井 1974)としている。そして、開花後 6 日から 11 日後頃の暴風では着色米と同時に小粒米の増加(坪井 1961)を認めている。そこで 2 つの方法で台風の被害がなかった場合の収量を求めてみた。1 つは、登熟歩合・完全米率・1000 粒重データより求めた。2018 年と過去 1~3 年のデータを比較すると、それぞれ数%~10%程度低い値となった(表 10)。これらが過去と同程度の値であったと仮定し計算すると、O 水田ベニアサヒ 356.8kg、農林 16 号 362.0kg、R 水田ベニアサヒ 299.2kg、農林 16 号 274.2kg となった。もう 1 つの方法は、穂重/全乾物重で求められる収穫係数をもとに計算した。2017 年 2018 年を比較すると、中生種はほぼ同程度であったのに対して、晩生種は概ね減少していた(表 11)。晩生種の収穫係数を昨年と同じと仮定して収量を求めると、O 水田ベニアサヒ 370.1kg、農林 16 号 325.3kg、R 水田ベニアサヒ 283.6kg、農林 16 号 271.0kg となった。これらのことから、台風被害がなければ晩生種もある程度収量を確保できたと考えられる。

表 10. 2015-2018 年 O,R 水田における晩生種の登熟歩合,完全米率 1000 粒重

供試水田 品種	登熟歩合(%)				完全米率(%)				1000粒重(g)			
	O		R		O		R		O		R	
	ベニ	ノウ	ベニ	ノウ	ベニ	ノウ	ベニ	ノウ	ベニ	ノウ	ベニ	ノウ
2015年	95.1				97.3				23.8			
2016年	93.8	94.3			93.3	96.5			22.4	23.7		
2017年	95.4	94.9	94.6	91.5	96.2	96.8	94.8	95.7	23.2	23.5	22.6	22.9
2018年	86.7	85.7	87.0	89.1	90.3	87.4	94.5	88.5	21.7	21.4	22.3	21.6

表 11. 2017・2018 年 O,R 水田における収穫係数(%)

供試水田 品種	O				R			
	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ	アキ	ヒノ	ベニ	ノウ
2017年	43.3	41.0	43.7	42.7	43.4	43.1	40.1	41.0
2018年	43.9	41.0	37.8	38.1	43.5	39.7	39.0	37.4

2)4 年間の品種別・水田別収量比較

獣害,鳥害,台風被害,栽培管理の不具合による減収した株などを除いた 2015 年~2018 年の 1 株収量を品種別・水田別で示した(図 3)。

品種別では、分散分析一元配置によると、ベニアサヒ^a,農林 16 号^{ab},秋の詩^{bc},ヒノヒカリ^{cd},コシヒカリ^dとなり、晩生,中生,早生と生育期間が長い品種ほど有意に収量が高かった。

水田間にも有意に差があり,Y7^a,Y3^b,O^c,K2^c,K1^d,R^dの順に収量が高かった。Y3,Y7 水田の各品種の 1 株収量の変動幅が大きいのは、3 年に 1 度転作があり、

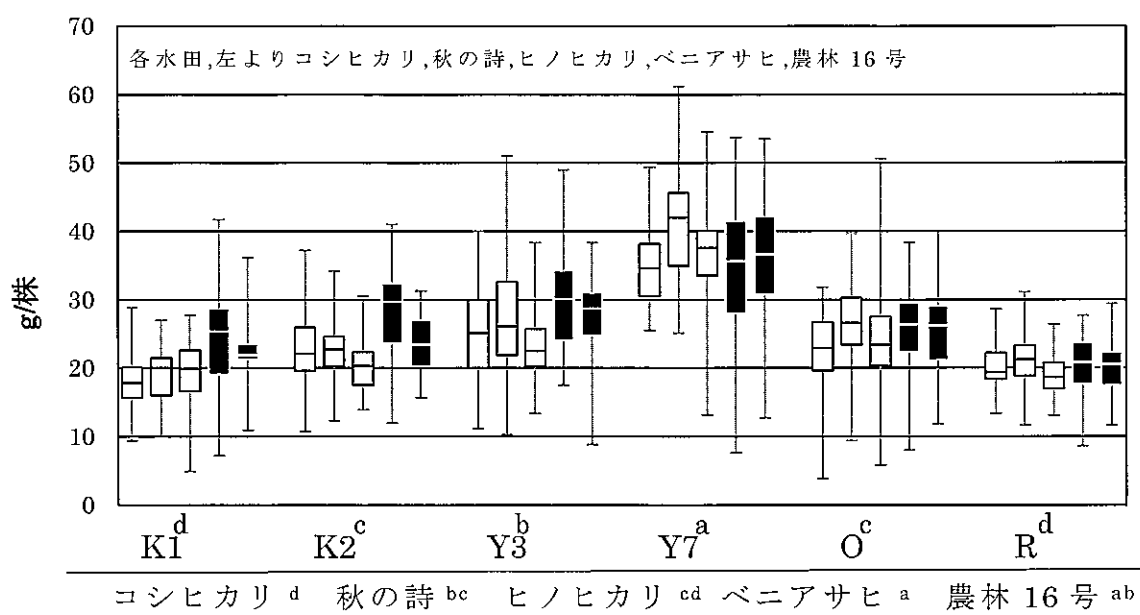


図 3. 水田別・品種別 1 株粒重(2015-18)

転作後 1 年目と 2 年目の間に大きな収量差があることが要因として考えられる。K1, K2 は他の水田に比べて相対的に収量は低い、晩生種の収量は早生・中生種よりも顕著に高い。これは推定窒素保有量の比較で述べたように、K1, K2 水田では生育期間が長い品種に適していると考察したことと一致する。

食味計試験

自然条件に対する適応性(収量面)だけでなく、品種選択のもう一面である社会・経済的条件、消費ニーズ(味・品質)の適応性を探る一つの手段として、食味計によるスコア測定を行った。実験は2018年11月25日、滋賀県の篤農家中道氏の食味計(静岡精機製)で行った。

表 12. 食味計によるスコア(2018)

調査区	品種	水分(%)	タンパク質(%)	アミロース(%)	脂肪酸度	スコア
K1	コシヒカリ	16.0	7.0	17.9	16	72
	秋の詩	15.7	6.9	19.9	18	71
	ヒノヒカリ	15.5	6.4	19.4	14	77
	ベニアサヒ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	農林16号	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
K2	コシヒカリ	15.0	6.8	17.5	12	77
	秋の詩	15.9	7.1	19.5	17	67
	ヒノヒカリ	15.5	7.0	18.6	14	73
	ベニアサヒ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	農林16号	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Y3	コシヒカリ	14.8	6.3	17.6	10	83
	秋の詩	14.5	6.4	18.7	10	80
	ヒノヒカリ	14.6	6.4	18.5	10	81
	ベニアサヒ	14.7	7.0	19.4	11	74
	農林16号	14.7	6.9	19.6	11	75
O	コシヒカリ	16.0	6.3	16.8	14	81
	秋の詩	15.6	6.4	18.3	14	79
	ヒノヒカリ	16.0	6.6	18.4	15	76
	ベニアサヒ	16.5	6.9	19.7	20	70
	農林16号	16.5	7.0	19.6	14	69
R	コシヒカリ	14.4	6.8	17.5	8	78
	秋の詩	14.9	6.4	18.6	12	80
	ヒノヒカリ	14.9	6.6	17.7	9	79
	ベニアサヒ	15.2	6.8	19.9	13	73
	農林16号	15.4	6.9	19.5	13	72

測定値の目安(望ましい値) 本機械に関して

水分(%)	14.5-16.0
タンパク質(%)	8.5以下
アミロース(%)	20.0以下
脂肪酸度	20mgKOH/100g以下
スコア	70以上

品種間比較では、硬質米である ベニアサヒ、農林16号はどの項目においても概ねメーカーが定める望ましい値の範囲内の結果とはなったものの、同水田内では他の3品種と比べると全ての項目において劣る数値となった。

水田間比較では、概ね $Y3 \geq 0$, $R \geq K1, K2$ となった。推定収量と食味計の結果を併せて考慮すると、各水田に適した品種があることが示唆されたが、この食味計の結果は2018年のみの記録であるので、今後も引き続き調査を行う必要がある。

【今後の研究課題】

この4年間の調査で、無施肥栽培においては生育期間が長い晩生種の収量が高い傾向がみられたが、生育期間が長いため台風などの天災、獣害など減収につながるリスクも高くなる。また、食味計のスコアなども晩生種は他の品種よりも低いため、消費者のニーズから考えると栽培品種として選ぶかどうかは一考を要する。複数年にわたり様々な圃場で多くの品種を比較栽培することで、それぞれの圃場で無施肥栽培に収量面及び品質面で適した品種の選定ができる可能性も示唆されているので、それぞれの圃場での品種選定の要因を探る考察をさらに進めていきたい。また、2018年は酷暑、複数の台風が襲来するなど異常な気象下での調査であったため、今後も調査を続け、気象の変動にも適応性の高い品種なども探っていきたい。

【引用文献】

- ・古賀義昭 2004. 品種選択の戦略—品種適応の構造. 「稲作大百科Ⅰ 総説/形態/品種/土壌管理」(東京:社団法人 農山漁村文化協会):318-319
- ・長谷川浩・竹内史郎・奥村俊勝 1979 近畿大学農学部紀要, 12 141-147
- ・細井徳夫 1976. 気象要因による水稻生育の変動性に関する研究 育種学雑誌要旨集 26(4) 328~338
- ・坪井八十二 1974. 暴風によるイネの生育時期別減収率
- ・坪井八十二 1961. 農業技術研究所報告 8 号「水稻の暴風被害に関する生態学的研究」 1-156

長期無施肥栽培茶園の総合研究

栗田光雄・小野豊・小林正幸

無施肥無農薬栽培調査研究会

【緒言】

日本食の中でお茶は欠かせない存在であるが、国内の茶産業は、市場の需要飽和による価格の低迷や生産現場での高齢化など、日本農業全体がかかえる問題点を共有している。さらに茶葉生産現場では、これまで生産量と品質を確保するために農地への多量の肥料と農薬の投入が行われており、近隣への環境負荷の増大が問題視されたり、消費者による健康志向の動向が懸念されている。茶産業では、国外における日本食ブームや国内の粉末茶需要の拡大に応じた取り組みなどが行われているが、さらに需要を掘り起こすためには、生産物の差別化・差別化が必要になる。その中で、10年以上の長期にわたって無施肥無農薬で茶葉を生産している圃場も複数存在しており、それぞれに継続的な生産を行い、慣行栽培茶とは異なった消費者のニーズに応えた茶製品を供給している。ところがそれら長期無施肥栽培茶園の農学的な調査・研究はこれまでほとんど行われてこなかった。そこで、茶栽培農家の協力のもと、長期無施肥栽培茶園の特性を把握するために、複数年継続した調査を計画した。

茶葉生産には収量のみならず品質も重要な要素になるが、調査初年はそれぞれの茶園の茶生産の概要を把握するために、茶葉収量とN栄養などの無機養分の動態との関係を調査した。将来的には圃場の土壌微生物を含めた生物群構造や、圃場内の昆虫の生息実態、雑草の発生状況の違いを比較し、収穫された茶葉のアミノ酸などの分析や、味や香り、色などの試験を通した品質評価、さらに農業経済的な側面を含めて、無施肥栽培茶栽培の特質を生産者と消費者との双方の視点から総合的に明らかにすることを目的とする。



図1 供試茶園



施肥区 (2018年5月24日撮影) 無施肥区 (2018年6月2日撮影)

図2 上嶋茶園



施肥区 (2018年5月15日撮影) 無施肥区 (2018年5月15日撮影)

図3 片木茶園

【調査概要】

1. 調査対象

上嶋茶園 (京都府和束)

施肥区: N34.8006° E135.8753°, 品種ヤブキタ, 収穫 2 週間前から遮光

無施肥区: N34.8078° E135.8731°, 品種コマカゲ, 1998 年から無施肥栽培

片木茶園 (滋賀県朝宮)

施肥区: N34.8767° E135.9567°, 品種ヤブキタ, 無農薬有機栽培

無施肥区: N34.8536° E135.9731°, 品種ヤブキタ, 2005 年から無施肥栽培

2. 調査方法

栗田 (2006) は, 茶樹と同様の多年生の樹木である桑を対象として長期無施肥栽培における土壌および桑葉生産と生産調査を行った. 同調査で用いられた解析方法を準拠して本調査も始めることにした.

(1) 収量

各圃場の 3 地点から, それぞれ畝に直角に 20cm の幅で, 農家が収穫する直前に摘採した. 収穫は, 上嶋茶園の施肥区および片木茶園では 1 番茶, 親子番茶, 2 番茶の 3 期間であったが, 上嶋茶園の無施肥区のみは 2 番茶を収穫しなかった. それぞれの収量測定地における株間, 株張, 株高を用いて, 生鮮物重および乾物 (70°C 48 時間乾燥) 重を単位面積当の収量に換算した.

(2) 収量構成要素

各圃場に, 20cm 角の区を 15 地点設け, 収穫適期に試験区の茶葉を収穫し, 芽数, 芽重, 全収穫量 (生鮮物および乾物) を計測した. N, P, K, Mg, Ca などの量については, 京都大学作物研究室に測定を依頼

している。

(3) 土壌調査

各圃場の3地点から、上層（地表下10cm）と下層（地表下30cm）とを春と秋に採取する。採取した土壌は、仮比重や粒径分布などの物理性およびpH、EC値、全N、全C、交換態 NH_4^+ 、可給態 PO_4^{3-} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 濃度などの化学性を測定する予定である。

3. 結果および考察

(1) 収量および収量構成要素

上嶋茶園では、1番茶および親子番茶の収量は、施肥区に対して無施肥区が、それぞれ新鮮物で33%および1%、乾物で28%および11%多かった。片木茶園では、1番茶、親子番茶、2番茶の収量が、施肥区に対して無施肥区では、新鮮物で25%、48%、73%少なく、乾物で16%、49%、72%少なかった。収量を単位面積当たり芽数と100芽重に分けてみると、1番茶ではそれらの大小に一定の傾向はみられないが、親子番茶では芽数が施肥区において多くなった（図省略）。

このように、前年からの養分を利用する率が高い1番茶と、当年に吸収した養分を利用する割合が高いそれ以降の時期とでは、施肥区と無施肥区との間に差がみられ、無施肥区では芽重が少なくなったのに対して、施肥区では芽数を増やすことで収量を維持する傾向がみられた。

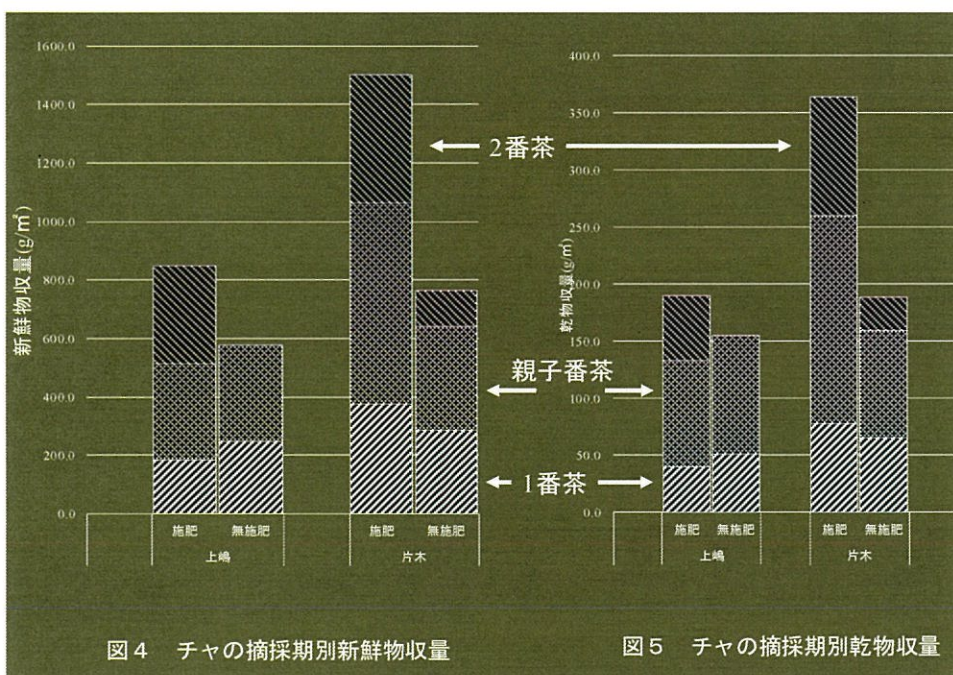


図4 チャの摘採期別新鮮物収量

図5 チャの摘採期別乾物収量

(2) 土壌分析および植物体分析（参考）

土壌全窒素（N）、全炭素（C）、可溶性カルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）およびカリウム（K）含量を分析し、施肥区の値に対する無施肥区の値の割合を求めた。無施肥区的全Nと全C含量は施肥区に比べて、上嶋茶園では同等または上回り、片木茶園では明らかに低かった。Ca、Mg、K含量は、一部の例外を除いて無施肥区が施肥区よりも明らかに低かった。

一番茶（5月上中旬、全体）、親子番茶（5月下旬、新葉・成熟葉別）、10月9日（葉・茎別）に摘採し

た試料の窒素濃度は 1.7% から 4.7% の範囲であり、1 番茶と 10 月 9 日の試料では無施肥区の値が施肥区より低かったが、親子番茶の摘採試料では逆に無施肥区の方が高い傾向があった。

これらの結果はさらに検証が必要と思われるものの、長期間無施肥の茶園であっても、収穫葉の窒素含量が施肥区に比べて必ずしも低くない事例が存在することを示唆している。

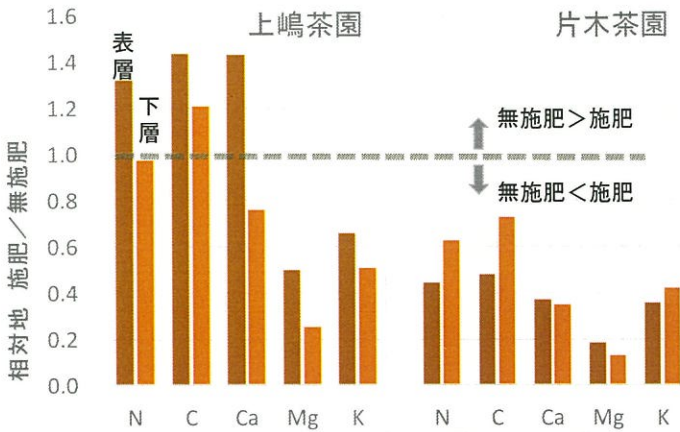


図 6 無施肥茶園の土壌化学性（施肥茶園の値に対する相対値
表層：土壌表面から0～10cm，下層：10～30cm

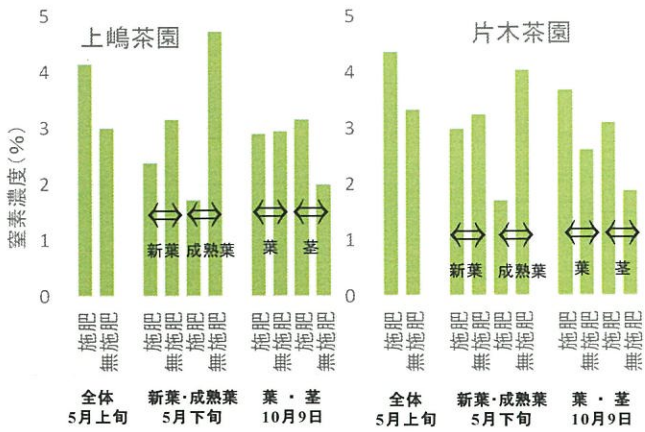


図 7 チャの時期別摘採試料（全体，葉，または茎）の窒素含有率

(3) 収益性

収益性では、1 番茶が他の時期よりも高いこともあり、上嶋茶園では施肥区が 2 番茶を収穫したことで、無施肥区と施肥区はほぼ同程度の収益があがると想定された。片木茶園では無施肥区が施肥区よりも 35% ほど収入は少なくなったが、無施肥区では肥料や有機物、農薬などの散布を行わないので、それらの経費を考慮すると、収益性には大きな差はなくなると考えられた。

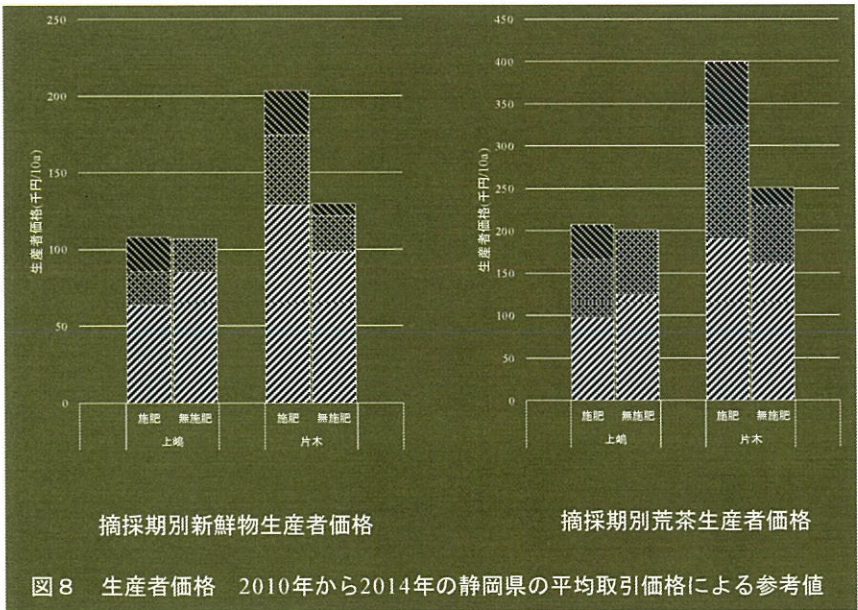


図 8 生産者価格 2010 年から 2014 年の静岡県内の平均取引価格による参考値

ダイズの初期生育に及ぼすダイズ茎疫病菌接種と短期湛水の影響

多田光史^{1*}・白岩立彦² (¹京大農, ²京大院農)

【緒言】

ダイズ (*Glycine max*) は国内において 8 割以上は排水性の悪い水田転換畑で栽培されているため、降雨が続く場合は土壌の過剰水分にともなう被害 (湿害) を受けやすい。湿害は、急激な吸水による子葉損傷・出芽不良、低酸素による根の養水分吸収力の低下、過湿後の乾燥時の土膜形成と土壌硬化、無酸素状態 (土壌還元) がもたらす化学障害などがあるが、加えて土壌病害の増加も深刻とされている。

特に土壌病原菌の一種であるダイズ茎疫病菌 (*Phytophthora sojae*, 以下、茎疫病菌) によるダイズ茎疫病 (以下、茎疫病) は防除困難で全国各地で発生が増加傾向にあり、湿害との関連が指摘されている (向畠ら, 2003)。一般的に茎疫病に対しては、播種前の農薬施用を主とする化学的防除法、茎疫病抵抗性遺伝子を有するダイズ品種を栽培する方法、および畝立栽培による過湿条件回避を主とする耕種的防除法が行われる。ただし、無施肥無農薬栽培においては化学的防除法は行われず、また自家採種が多くみられることから抵抗性品種の導入機会も乏しいと思われる。そこで、無施肥無農薬栽培において選択可能な耕種的防除法に着目した。

本研究は茎疫病被害を抑制する栽培条件を解明し、それに基づいた茎疫病菌の耕種的防除法の確立を目標とする。本年は研究初年度として茎疫病菌接種により人為的に茎疫病を発生させる実験系の確立を第一の目的とし、そのことを検討するために茎疫病菌接種と短期湛水の組合せがダイズの初期生育に及ぼす影響を調査した。併せて生育期間の違いと土壌の違いがそれぞれどのように関連するかも調査した。

【材料および方法】

ダイズ品種‘エンレイ’を容量 1.9 L のポット (深ポリ 5 号) を用いて栽培した。施肥はハイポネックス液肥 (N:P₂O₅:K₂O = 5:10:6) 2000 倍希釈液をポット当り 250 mL 相当量を播種約 2 週間後に行った。病原体として中央農研北陸研究拠点より分譲を受けたダイズ茎疫病菌 (*Phytophthora sojae*) の 2 系統‘菌 A’および‘菌 B’ (仮名) を供試した。エンレイはいずれの系統に対しても強い抵抗性を示す遺伝子をもたないことが分かっている。

V8 寒天培地を用い、9 cm シャーレ内で 25°C の暗所にて 2 週間培養したプレート 1 枚を蒸留水 200 mL とともにミキサーで約 40 秒破碎したものをダイズの初生葉出葉期ごろに灌注接種した。短期湛水区については、茎疫病菌接種直後から地表+2 cm の水位を 72 時間維持し、それ以降は -11~13 cm の水位を維持した。栽培実験は 2 回行った。詳細は以下の通りである。

実験1：7月2日にバーミキュライトを詰めたポットに4粒ずつ播種し、同16日に施肥した。7月30日と8月25日に採取調査を行った。ただし8月1日に間引きを行った。

実験2：土壌が水田土壌、バーミキュライトおよびホワイトバーミキュライトの3つの実験区を用意し、9月15日に1ポットに7粒播種した。10月4日に施肥し、同18日に水田土壌区、同20日に残りの実験区の採取調査を行った。このとき実験1-28DAS区の生育ステージとほぼ同じになるようにした。

調査項目は各プロットにおいて枯死個体割合（枯死個体数/個体数）を算出したほか、全個体について地上部乾物重、地下部乾物重および最長根長を測定し、一部の個体について一次側根数を計測した。

【結果と考察】

1. 初期生育に及ぼす茎疫病菌接種と短期湛水の影響

茎疫病菌接種によって実験1では枯死個体がみられなかったが、実験2では最大61%の個体が枯死したプロットもみられた(表2)。これは実験2で相対湿度が高くなったためだと考えられる。枯死個体を除いた生存個体にはダイズ茎疫病に特徴的な褐変壊疽の病徴が観察され、最長根長をはじめとした多くの形質において生育阻害がみとめられた(表1)。今後、PCR分析等による感染確認の方法を確立する必要があるが、枯死率および生育に及ぼす接種効果が有意であり特徴的病徴も観察されたことから、本実験系で発病を促すことが可能であると考えられた。枯死率が低い理由については、供試菌株の病原性（後述）を含めた検討が必要である。

短期湛水は実験2の地上部乾物重や最長根長の極めて限られた項目に生育を阻害する効果がみられた(表1)。

茎疫病菌接種と短期湛水の交互作用は最長根長をはじめとしたいくつかの形質でみとめられた(表1)。この場合の交互作用は短期湛水を行わなかった実験区で茎疫病菌接種区は無接種区と差がないが、短期湛水を施すと菌接種を施した2つの接種区あるいは一方のみ、特に菌B接種区に無接種区との差がみられたというものだった。ただし、この交互作用は顕著とはいえなかった。

2. 供試菌株について

実験1より、栽培期間が長くなると菌A接種区は無接種区と生育の違いがなくなり回復傾向がみられた(表2)。

本実験を通して、菌B接種によっては特に短期湛水区において生育阻害がみられたが、菌A接種によっては生育阻害もみられた一方で、生育阻害があまりみられないプロットも少なくなかった。これらから供試した菌Aに対してエンレイが弱い抵抗性を有していること、または菌株の病原性が弱まっていることが示唆された。現段階では発病個体から病原菌を再分離し、病原性を回復させる必要があると考えられる。

3. 土壌による接種効果の違い

実験2より、土壌の違いが茎疫病菌接種により枯死に至らしめる効果に違いのある傾向がみられた(表2)。一方、生存個体の初期生育を阻害する傾向には土壌による違いがなかった。土壌の違いによって枯死個体割合が違ったのはホワイトバーミキュライトが他の土壌よりも粒径が著しく大きいためではないかと考えられる。このことから土壌粒径を茎疫病被害に関わる環境要因の一つとして考えることが示唆された。

【まとめ】

本年の発病に影響する栽培条件に関して予備的に行った実験では、茎疫病菌接種により枯死個体が発生し、病徴が確認され、初期生育も阻害されることが示唆された。このことから、人為的に茎疫病を発生させられることが間接的には示された。

また、発病に関して水分条件以外に土壌粒径と相対湿度という環境要因と、ダイズ品種という遺伝要因とが関連していることが示唆された。

しかし一方で、菌接種から生育阻害または枯死に至るまでには感染、発病、進展(重篤化)の3つの段階があり、菌接種と生育阻害との間には段階ごとに様々な要因が複合的に関わっていることが予想され、現在の実験系は茎疫病被害を抑制する条件の検討をするのに不十分であると考えられる。

今後の研究の方針として被害抑制条件の解明は実験系の確立と並行すべきであると考えている。具体的な進め方としては、上述の要因の検討を通して菌接種処理によって100%枯死する条件を確立し、その条件を起点としてどのような環境要因により被害を抑制できるかを明らかにしていきたい。

表1 実験1-28DASと実験2に関する分散分析の結果

実験	処理	地上部 乾物重	地下部 乾物重	最長根長	一次 側根数
1	短期湛水	†	*	N.S.	*
	菌接種	N.S.	*	***	**
	湛水×菌	*	N.S.	†	**
2	短期湛水	***	N.S.	*	N.S.
	菌接種	*	*	***	***
	湛水×菌	***	*	***	N.S.

実験2に関しては土壌の違いを考慮していない。有意差検定はANOVAによる。

N.S.: $p \geq 0.10$, †: $p < 0.10$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$.

表2 枯死個体割合，地上部および地下部乾物重，最長根長および一次側根数

実験	採取調査日	土壌	水分条件	<i>P.sojae</i>	地上部 乾物重 (g)	地下部 乾物重 (g)	最長根長 (cm)	一次 側根数
1	28DAS	V	適湿区	無接種	1.17	0.56	47.1	64.1
				菌A	1.21	0.63	31.3	45.1
				菌B	1.18	0.62	30.8	49.5
			短期湛水区	無接種	1.32	0.62	49.1	48.3
				菌A	1.18	0.64	32.3	48.5
				菌B	1.20	0.67	28.4	44.5
	54DAS	V	適湿区	無接種	4.10	1.53	54.5	53.3
				菌A	4.41	1.43	57.0	52.9
				菌B	3.12	1.17	39.7	44.7
			短期湛水区	無接種	3.95	1.51	48.9	47.6
				菌A	4.36	1.39	47.1	46.9
				菌B	3.11	1.06	39.4	44.6
2	35DAS	F	適湿区	無接種	1.26	0.29	25.8	45.9
				菌A	1.23	0.29	24.2	34.0
				菌B	1.38	0.32	29.6	27.6
			短期湛水区	無接種	1.06	0.27	25.5	42.8
				菌A	0.95	0.30	23.3	38.6
				菌B	0.84	0.25	21.9	33.9
			適湿区	無接種	1.20	0.26	27.3	35.8
				菌A	1.27	0.28	26.3	23.3
				菌B	1.26	0.25	26.6	27.0
		V	短期湛水区	無接種	1.21	0.27	29.2	37.8
				菌A	1.21	0.28	25.1	24.4
				菌B	1.09	0.24	23.3	20.6
			適湿区	無接種	0.74	0.20	23.0	27.0
				菌A	0.94	0.21	22.8	25.4
				菌B	0.78	0.20	22.1	19.6
			短期湛水区	無接種	1.07	0.28	26.5	30.4
				菌A	0.75	0.23	21.4	25.4
				菌B	0.49	0.18	19.5	20.8

V：バーミキュライト，F：水田土壌，W：ホワイトバーミキュライト

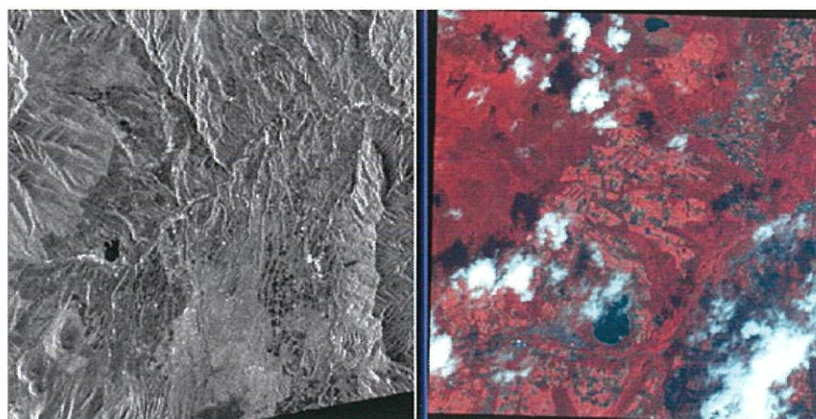
農業分野におけるリモートセンシング

本間香貴¹⁾・牧雅康²⁾

(¹⁾東北大学大学院農学研究科・²⁾東北工業大学工学部)

リモートセンシングとは日本語で遠隔計測との訳語が割り当てられており、物体などを非接触で計測することを表している。身近な例では気象衛星ひまわりがあり、テレビなどでは雲の様子が写っているだけに過ぎないが、実は多種多様なセンサーが積み込まれており、様々な計測値を基に気象現象が推定されている。また、電子レンジや人の接近を感知する電灯などには熱赤外線を感知するセンサーが利用されており、そうしたものもリモートセンシングの一種である。農業分野では1980年代より研究が行われており、近年では衛星を使ったコメの品質管理や、ドローンを使った水稻の生育評価などが実用化されつつある。

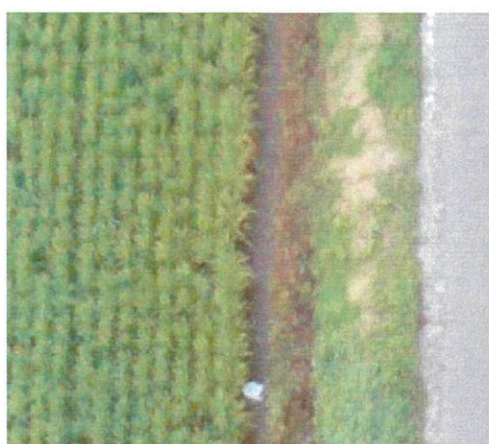
リモートセンシングには受動型と能動型があり、受動型では太陽を光源（電磁波源）とし物体が反射する電磁波を計測するものと物体が放射する電磁波（熱赤外線）を計測するものがある。能動型では電磁波（海洋などでは音波も使われる）を放射しその反射を計測する。植物の場合可視光では緑色の波長の反射率が高いため、私たちの目には緑色に見えるが、実は私たちの目に見えない近赤外を多く反射しており、受動型の反射波計測では近赤外域の計測が主に行われる。受動型の放射波計測では物体の温度を測ることができる。植物の場合気孔を開いて蒸散を行っているが、干ばつや病害虫などによりストレスを受けると気孔を閉じ蒸散が減るため温度が上昇する。それによって植物が受けているストレス程度を指標化することができる。衛星を使った可視域や近赤外域の計測では雲により観測したい地点が見えないという問題がある。能動型の反射波計測では合成開口レーダーという計測方法があり、レーダー波は雲を透過するため農業向きの観測方法として技術開発が進んでいる。誤差が大きいため作物の生育評価に対してはより一層の研究が必要ではあるものの、水田面積の把握や水稻の移植日推定については技術として確立し、実用化が検討されている。



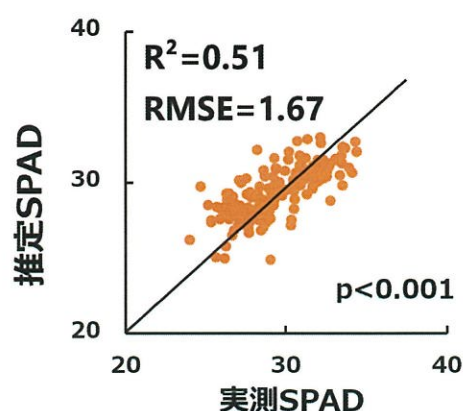
第1図. 衛星画像の例. (左) 合成開口レーダ画像, (右) 可視+近赤外画像. 右側では雲が映っているが, 左では雲を通して地表面の様子が見える.

近年ではドローンの価格が下がり、それに応じて種々のアプリも提供され、手軽に利用できる技術となりつつある。手ごろな価格で市販されている機体では、撮影高度にもよるが数 ha を 10 分程度で撮影することができる。これまでに地上付近でのリモートセンシングではどのように上からのデータを取得するかが課題で、長いパイプを利用したりクレーン車を利用したりしてきたが、その問題がほぼ解決したと言える。ドローン利用の最大のメリットは上空からの様子を把握できるところにあり、生育斑や雑草の発生などを視認することは可能である。

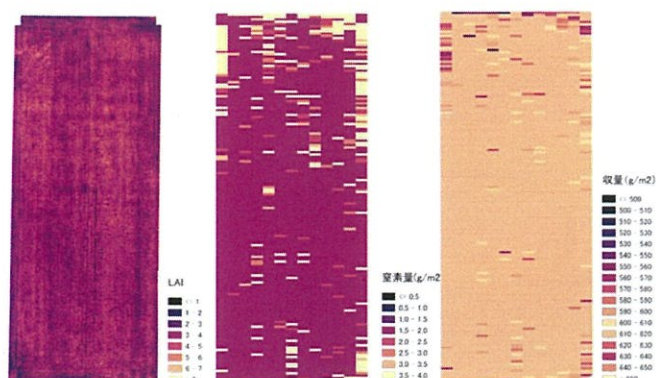
一方で農業分野においてドローンを使った種々の民間サービスが開始されつつあるが、多くの場合上空からの見た目を提供しているにすぎず、相対的な指標でなく量的な指標として提供する手法の確立が必要である。著者らの研究グループではドローンを用いたリモートセンシングにシミュレーションモデルを組み合わせ、栽培管理支援情報の提供を試みており、本講演ではその一端を紹介する予定である。2019 年度は NPO 無肥研の管理水田での調査を計画しており、来年度の報告会ではその成果を見せたいと考えている。



第 2 図 ドローン画像の例。地上 50m より撮影。稲の株や畦畔の様子が視認できる。



第 3 図 ドローン画像の解析例。適切な画像処理により、葉の葉緑素の濃さ（SPAD 値）が推定できる。



第 4 図 シミュレーションモデルも加えた解析例。ドローン画像より葉面積を推定し（左）、他の時期のデータも加え必要な追肥量を推定し（中）、収量推定を行った（右）。

イネ圃場の施肥量は 共生微生物に影響を与えるのか？

～ 縁の下の力持ち、共生微生物 ～

奈良先端科学技術 大学院大学 (植物免疫学 研究室)

藤 雅子, Yuniar Devi Utami, 清水 幸子, 西條 雄介

植物は、病原微生物を認識すると免疫応答を誘導する仕組みを備える一方で、体内に常に無数の微生物の集団を宿している。それらの中には、植物の栄養吸収、成長や環境適応に寄与する共生微生物もいる。共生微生物の活用は、農薬や肥料の量を減らした環境保全型の農業という観点から高い期待を集めているものの、植物と微生物の共生関係は条件によって容易に変動するため共生効果が不安定という問題点も残る。植物の免疫応答の制御に関与し、共生関係を左右する要因の一つとして栄養条件がある。圃場においては、イネの根の共生微生物の組成は成長するにつれて変化することが報告されているが (Edwards et al, 2018)、圃場の栄養（施肥量）が共生微生物の組成に影響をあたえるのかはよくわかっていない。

そこで本研究では、無施肥無農薬圃場（京都 小倉）を含む、各地の圃場で栽培されたイネの根から共生細菌集団の DNA を抽出し、それぞれの共生細菌の存在比やサンプル間の類似性について施肥量との関連性を調査した。その結果、施肥量によって根の共生細菌の組成が変化していた。さらに、可食部である玄米についても調査したところ、表層に多数の細菌が生息しており、親イネの施肥量によってその組成に違いが生じることがわかった。しかしながら、これらの変化がイネにもたらす作用は未だに不明である。この課題に迫るべく、今後は施肥なしの圃場で存在比が高かった共生微生物に着目し、植物の生育に有益な機能を持つことが推測される菌の単離・接種実験を試みる。本研究で得られた知見をもとに、微生物と栄養環境に基づいた植物の免疫制御機構について解明を進めることは、植物の環境適応戦略に関する理解や、環境条件によって共生効果が変動する微生物資材の安定利用にもつながると期待される。

動物・植物群集並びに地下部における微生物群集は、相互に連携し直接・間接的な効果を及ぼしあうネットワーク構造を形成している。このようなネットワーク構造の総体は「生物環境構造（フィトバイオーム）」と呼ばれている。作物の場合、圃場に対する計画的な農薬散布や施肥（慣行農業）によって生物環境構造が人為的・継続的に規定されており、その中での生産性の向上が求められてきている。一方、無施肥・無農薬の圃場では、より自然に近い生物環境構造が形成されており、その中で慣行農業に比肩しうる安定した生産性を実現させている場合がある。このような場合「無施肥・無農薬圃場における生物環境構造」と「慣行圃場における生物環境構造」との比較で、安定性を実現させる生態学的構造を解明することが期待できる。本研究は、無施肥無農薬水田（京都市小倉）およびそれに隣接する慣行防除水田を利用し、各水田における（１）地上部の生物環境構造の生態学的時系列解析、（２）地上部生物環境構造由来の情報化学物質の有機化学学的時系列解析、および（３）それら時系列データの経験的動的モデルによるデータ解析を実施した。