

# 水稻－タマネギ体系での大規模有機水稻栽培の実証

森川隆久 木村浩 白石豊 大森誉紀

## Verification of large-scale organic cultivation of paddy rice used crop rotation of paddy rice-onion

MORIKAWA Takahisa, KIMURA Hiroshi, SHIRAIISHI Yutaka and OOMORI Takanori

### 要 旨

2014年～2016年の3年間、機械化が可能な水稻－タマネギ体系による大規模有機水稻栽培の実証試験を行った。水稻の5作型・品種において、機械除草により雑草の発生が顕著に抑制されるとともに、中干し前の深水管理により有効茎歩合が高まることで、愛媛県的水稻の平均収量 50.8kg/a (中国四国農政局, 2016) 並みの収量が得られた。このことから、機械除草と深水管理の組み合わせにより、大規模有機水稻栽培が可能となることが実証された。

また、タマネギ後作の有機水稻栽培においては、施肥量の増加により収量は増加するが、玄米タンパク質含有率も増加して食味が低下した。さらに、施肥量の増加により倒伏程度が大きくなる傾向がみられたことから、過剰施肥により過繁茂となることで、トビイロウンカによる被害が助長された可能性が示唆された。そのため、タマネギの後作の有機水稻栽培では、タマネギ栽培での堆肥や肥料の残効を考慮して、慣行的水稻栽培における県の施肥基準よりも減肥する必要があると考えられる。

キーワード：水稻，有機栽培，機械除草，深水管理

### 1. 緒言

農産物への安全・安心志向が高まるなか、生産現場では農薬や化学肥料を使用しない有機農業が実践されている。しかし、有機農業は、収量・品質が不安定なことや労力がかかるなどの理由から、愛媛県下では全耕地面積の 0.8% (愛媛県農林水産部農産園芸課調べ、有機農業の実態調査；平成 28 年) での実施に留まる。そのため、愛媛県では「愛媛県有機農業推進計画」(平成 28 年 4 月策定)により、有機農業を実践する農業者の確保・育成に努めるなど、環境と調和した農業を推進している。

愛媛県農林水産研究所では、2014年から2016年までの3年間、有機農業大規模経営体の育成を目指し、機械化が可能な「水稻－タマネギ体系」で高収益を目指した大規模有機栽培技術の確立を図り、地域の有機農業推進体制を支援することを目的に実証試験を実施した。

有機栽培の大規模化を図る上で問題となるのは、除草作業にかかる労力であり、次いで病害虫の防除である。これを解決するために機械

除草と深水管理という2つの技術を中心として作業体系を組み立てた。機械除草については、近年、乗用の高精度水田用除草機が開発され、市販されている(三浦ら, 2015)。また、深水管理では多くの水田雑草の発生が抑制されること(中澤, 1993)、茎数が抑えられて太茎となること(薄井, 2004)から、深水管理は雑草や病害虫の発生抑制に有効と考えられる。

そこで、機械除草と深水管理を組み合わせた水稻－タマネギ体系での大規模有機水稻栽培の実証試験を行い、水稻の収量性や品質とあわせて、雑草や病害虫の発生状況について調査した。また、水稻－タマネギ体系において、タマネギ栽培で施用された堆肥や肥料の残効が水稻の生育に与える影響については未調査であったため、タマネギ跡栽培における水稻の適正施肥量についても検討した。

### 2. 材料および方法

#### 2.1 機械除草と深水管理が水稻の生育、収量および品質に及ぼす影響

「水稲-タマネギ体系」は移植・定植期と収穫期の組み合わせで図1に示す5作型・品種を想定し、それに対応する水稲の各作型・品種(表1~3)について試験を行った。

農林水産研究所内の水田ほ場にて、普通期「にこまる」は2015年のみ実施し、他の4作型・品種は2014~2016年の3年間、同一ほ場の連年使用で実施した。

種子は温湯消毒(60℃・10分間)を行ったものを用い、肥料は基肥、穂肥ともに粒状ナタネ油粕を施用した。また、栽植密度は条間30cm, 株間18cm(18.5株/m<sup>2</sup>)とした。

機械除草は、M社製の乗用機械除草機RTX-30を使用し、初回は田植後、苗が活着する約1週間後に行い、その後約1週間おきに3~5回行った。

深水管理は中干し前の約10日間、水深を10cmとした。一方、慣行の浅水管理は、同時期の水深を2~3cmとした。なお、各品種・作型における前作、施肥量、作業実施日は表1~3に示した。

試験区は、雑草の発生が問題となる早期栽培では、機械除草の有無と水管理方法が異なる機械除草-深水区、機械除草-浅水区、無除草-深水区、無除草-浅水区の4区を、その他の作型では全て機械除草を行い、深水区および浅水区の2区を設け、各区3反復とした。

調査項目は、雑草の種類と発生本数、穂数、有効茎歩合、千粒重、収量、紋枯病発生株率とした。ただし、雑草の種類と発生本数は早期栽培のみについて、2014年6月24日、2015年5

月28日、2016年5月31日に1m<sup>2</sup>当たりの雑草の種類と本数を調査した。

穂数および有効茎歩合は、各試験区5株について調査した。なお、有効茎歩合は収穫期の穂数を最高分けつ期の茎数で除した値を百分率として算出した。

千粒重は、各試験区60株を収穫し粒径1.8mm以上の玄米に調整した1,000粒の重量を測定し、水分を14.5%に補正した値を求めた。

収量は、各試験区60株を収穫して玄米とし、粒径1.8mm以上の玄米を選別後、重量を測定し、水分を14.5%に補正した値を求めた。ただし、2014年と2015年は無除草-深水区については調査を行わなかった。

紋枯病発生株率は、2015年と2016年の普通期「ヒノヒカリ」のみ実施し、紋枯病の発生を目視で確認できた株の発生率を調査した。

## 2.2 タマネギ跡水稲栽培における施肥量が生育・収量・品質に及ぼす影響

試験は農林水産研究所内の有機タマネギの後作となる水田ほ場で、2014年~2016年の3年間、同一ほ場を連年使用して行った。供試品種は「ヒノヒカリ」、作型は普通期栽培とした。種子は、温湯消毒(60℃, 10分間)を行ったものを用い、田植は2014年6月18日、2015年6月18日、2016年6月22日に行い、栽植密度は条間30cm, 株間18cm(18.5株/m<sup>2</sup>)とした。肥料は基肥、穂肥ともに粒状ナタネ油粕を施用し、化学肥料は不使用とした。

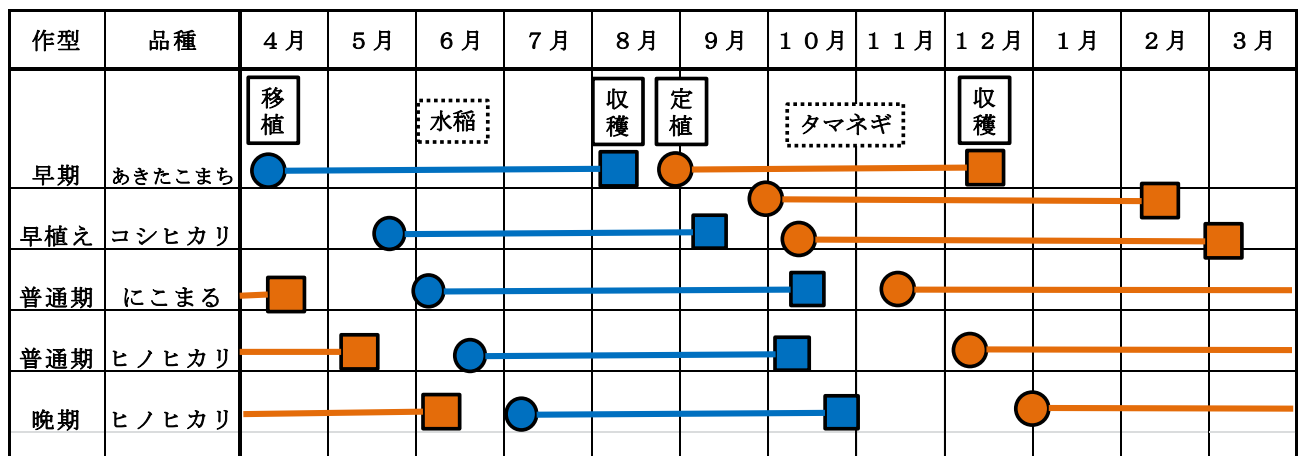


図1 愛媛県内で想定される水稲-タマネギ体系

表1 各作型・品種の前作, 施肥量, 作業実施日 (2014年)

作型	早期	早植え	普通期	晩期
品種	あきたこまち	コシヒカリ	ヒノヒカリ	ヒノヒカリ
前作	—	—	ハダカムギ	有機タマネギ
基肥 (Nkg/10a)	4	3	4	4
穂肥 (Nkg/10a)	4	4	4	—
田植え日	4/25	5/23	6/18	7/8
機械除草日	5/2, 5/8, 5/15, 5/22, 5/29	5/23, 5/29, 6/6	6/25	7/17
深水開始日	5/30	6/23	7/14	7/24
深水終了日	6/8	7/3	7/24	8/2
中干し開始日	6/9	7/4	7/28	
中干し終了日	6/16	7/14	8/1	

表2 各作型・品種の前作, 施肥量, 作業実施日 (2015年)

作型	早期	早植え	普通期	普通期	晩期
品種	あきたこまち	コシヒカリ	にこまる	ヒノヒカリ	ヒノヒカリ
前作	有機タマネギ	有機タマネギ	ハダカムギ	—	有機タマネギ
基肥 (Nkg/10a)	2	1.5	4	4	2
穂肥 (Nkg/10a)	2	1.5	4	4	—
田植え日	4/10	5/21	6/10	6/18	7/6
機械除草日	4/17, 4/24, 5/1, 5/8, 5/14	5/27, 6/4, 6/12	6/16, 6/23, 7/1	6/23, 7/1, 7/8	7/10, 7/15
深水開始日	5/15	6/19	7/3	7/9	7/29
深水終了日	5/24	6/28	7/13	7/18	8/7
中干し開始日	5/25	6/29	7/21	7/27	8/10
中干し終了日	5/29	7/14	7/30	8/1	8/18

表3 各作型・品種の前作, 施肥量, 作業実施日 (2016年)

作型	早期	早植え	普通期	晩期
品種	あきたこまち	コシヒカリ	ヒノヒカリ	ヒノヒカリ
前作	有機タマネギ	有機タマネギ	—	有機タマネギ
基肥 (Nkg/10a)	2	2	4	2
穂肥 (Nkg/10a)	2	—	4	2
田植え日	4/11	5/20	6/17	7/8
機械除草日	4/18, 4/25, 5/2, 5/9, 5/16	5/26, 6/2, 6/9	6/23, 6/30, 7/7	7/14, 7/21, 7/28
深水開始日	5/17	6/21	7/8	8/8
深水終了日	5/26	6/30	7/19	8/22
中干し開始日	5/30	7/1	7/29	8/23
中干し終了日	6/8	7/12	8/5	8/26

表 4 有機タマネギ跡水稲における年次別の試験区構成(普通期‘ヒノヒカリ’)

年次	施肥量(基肥+穂肥;Nkg/a)
2014	0+2, 0+4, 0+6, 2+2, 2+4, 2+6, 4+2, 4+4, 4+6
2015	0+2, 0+4, 2+2, 2+4, 4+2, 4+4
2016	0+0, 2+2, 2+4, 4+2, 4+4

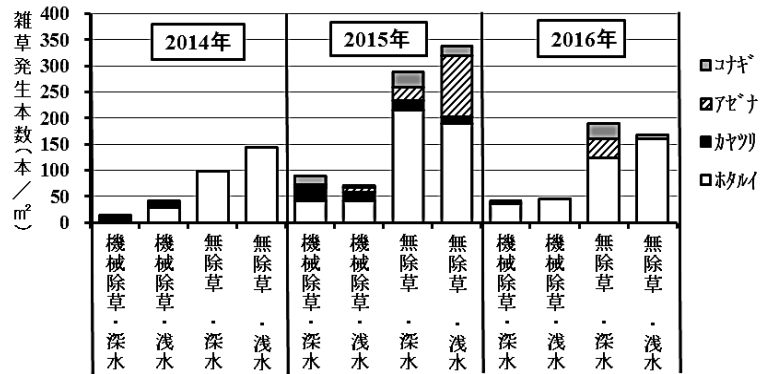


図 2 各試験区における雑草発生本数(早期栽培‘あきたこまち’)

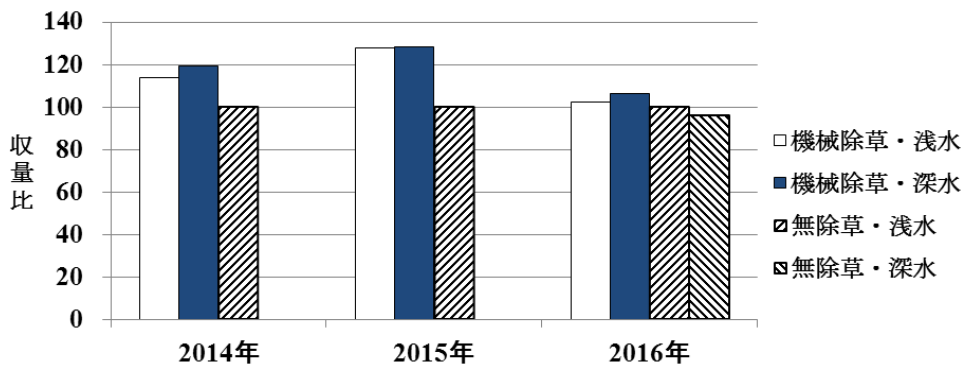


図 3 各試験区における収量の比較(早期栽培‘あきたこまち’)

注) 収量比: 無除草-浅水区の収量を 100 とした場合の対比

また、欠株を防止するために除草剤の施用と慣行防除を行った。除草剤は田植えから約 1 週間後に投げ込み一発剤を使用し、防除については、2014 年のみ、スクミリンゴガイの防除剤を施用した。

試験区は基肥と穂肥の施用量(基肥は N 成分で 0~4kg/10a, 穂肥は 0~6kg/10a)の組み合わせが異なる試験区を 2014 年は 9 区, 2015 年は 6 区, 2016 年は 5 区設け(表 4), 1 区 3 反復とした。

調査項目は収量, 玄米タンパク質含有率, 倒伏程度とした。収量は精玄米で粒径が 1.8mm 以上の精玄米の重量を測定し, 水分 14.5% に補正した値を求めた。玄米タンパク質含有率は, 静岡製機 PS-500 で測定し, 水分 14.5% に補正した値を求めた。倒伏程度は, 収穫直前に直立した状態(0)から, 完全に横倒しとなっている状態(5)までの 6 段階とし, 目視により判定した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 機械除草と深水管理が水稲の生育・収量・品質に及ぼす影響

早期栽培における各試験区の雑草発生本数を調査した結果, 機械除草については, 大きな抑草効果が見られたが, 深水の効果については明らかではなかった(図 2)。また, 残草種の構成について, 2014 年はカヤツリグサ, ホタルイ, 2015 年はコナギ, アゼナ, カヤツリグサ, ホタルイ, 2016 年はコナギ, アゼナ, ホタルイ, であった(図 2)。

早期栽培における各試験区の収量について調査した結果, 2014, 2015 年は機械除草を行った 2 区の方が無除草-浅水区よりも収量が高い傾向がみられた。一方, 2016 年は試験区の間には明確な関係はみられなかった(図 3)。また, 機械除草-深水区と機械除草-浅水区の収量は同程度となり, 水管理の違いが収量に及ぼす影響は明らかでなかった(図 3)。なお, 早植

表5 機械除草における年次、作型・品種、水管理別の有効茎歩合 (%)

年次	作型	品種	水管理		
			深水	(比較)	浅水
2014	早期	あきたこまち	80	>	72
	早植え	コシヒカリ	73	>	67
	普通期	ヒノヒカリ	80	>	72
	晩期	ヒノヒカリ	85	>	81
2015	早期	あきたこまち	74	>	73
	早植え	コシヒカリ	81	>	74
	普通期	ヒノヒカリ	90	>	88
	普通期	にこまる	77	>	63
	晩期	ヒノヒカリ	77	>	67
2016	早期	あきたこまち	74	>	68
	早植え	コシヒカリ	77	<	79
	普通期	ヒノヒカリ	—		—
	晩期	ヒノヒカリ	—		—

注) 有効茎歩合 (%) = 収穫期の穂数/最高分けつ期の茎数×100, — : データなし

表6 機械除草における年次、作型・品種、水管理別の穂数 (本/m<sup>2</sup>)

年次	作型	品種	水管理		
			深水	(比較)	浅水
2014	早期	あきたこまち	373	<	409
	早植え	コシヒカリ	369	>	344
	普通期	ヒノヒカリ	311	<	313
	晩期	ヒノヒカリ	384	>	354
2015	早期	あきたこまち	420	<	460
	早植え	コシヒカリ	373	<	393
	普通期	ヒノヒカリ	308	>	305
	普通期	にこまる	316	<	328
	晩期	ヒノヒカリ	398	>	336
2016	早期	あきたこまち	363	>	350
	早植え	コシヒカリ	333	>	317
	普通期	ヒノヒカリ	322	>	315
	晩期	ヒノヒカリ	418	>	389
分散 分析	年次	ns			
	作型・品種	**			
	水管理	ns			

注) 分散分析の欄の\*\*は1%水準で有意, nsは有意差なし

え栽培, 普通期栽培, 晩期栽培で機械除草を行ったところ, 問題となる雑草の発生は見られなかった(データ不掲載)。

機械除草により, 雑草の発生が抑制される傾向がみられたことから, 水管理の違いが収量性や病害発生程度に及ぼす影響を検討するため,

機械除草を行った各作型・品種の深水区および浅水区について, 有効茎歩合, 穂数, 千粒重, 収量, 紋枯病発生株率を比較した。

その結果, 有効茎歩合は2016年の早植え‘コシヒカリ’を除いて, 深水区が浅水区よりも大きくなった(表5)。

穂数は 2014 年の早植え‘コシヒカリ’，晩期‘ヒノヒカリ’，2015 年の普通期‘ヒノヒカリ’，晩期‘ヒノヒカリ’，2016 年の早期‘あきたこまち’，早植え‘コシヒカリ’，普通期‘ヒノヒカリ’，晩期‘ヒノヒカリ’の 8 作型・品種で，深水区が浅水区よりも多くなった．一方，2014 年の早期‘あきたこまち’，普通期‘ヒノヒカリ’，2015 年の早期‘あきたこまち’，早植え‘コシヒカリ’，普通期‘にこまる’の 5 作型・品種では，穂数は深水区が浅水区よりも少なくなり，水管理の違いと穂数との明確な関係はみられなかった（表 6）．

千粒重は，2016 年の早植え‘コシヒカリ’を除いて，深水区が浅水区よりも大きくなったが，水管理による差はみられなかった（表 7）．収量は，2015 年の普通期‘ヒノヒカリ’を除いて，深水区が浅水区よりも大きくなり，水管理による差がみられた（表 8）．この深水区での収量について，愛媛県の 2016 年産水稲の平均収量 50.8kg/a（農林水産省中国四国農政局，2016）を基準として比較すると，基準比 81～142 となり，機械除草と深水管理の組み合わせにより，基準の 8 割以上の収量が得られることが示された（表 9）．

紋枯病発生株率は，深水区が浅水区よりも大幅に減少した（図 4）．

以上より，2014 年～2016 年の実証試験の結果から，水稲の有機栽培において，機械除草により雑草の発生が顕著に抑制され，中干し前の深水管理により有効茎歩合が高まることで穂数が減少せず，愛媛県における水稲の平均並みの収量が得られることが示された．このことから，水稲-タマネギ体系における水稲の有機栽培では，機械除草と深水管理の組み合わせにより，大規模栽培が可能であると考えられる．

### 3.2 タマネギ跡水稲栽培における施肥量が生育、収量及び品質に及ぼす影響

タマネギ後作での水稲の有機栽培において，水稲の収量と施肥量合計（基肥と穂肥の施肥量の合計）との関係をみた結果，施肥量合計の増加にともない，収量は増加した（図 5）．また，水稲の食味の指標となり，7%以下が望ましいとされる（若松，2010）玄米タンパク質含有率と施肥量合計との関係をみた結果，施肥量合計の増加にともない，収量は増加した（図 5）．

また，水稲の食味の指標となり，7%以下が望ましいとされる（若松，2010）玄米タンパク

表 7 機械除草における年次，作型・品種，水管理別の千粒重（g）

年次	作型	品種	水管理		
			深水	(比較)	浅水
2014	早期	あきたこまち	22.1	>	21.6
	早植え	コシヒカリ	23.4	>	22.9
	普通期	ヒノヒカリ	21.7	>	21.6
	晩期	ヒノヒカリ	21.6	>	21.5
2015	早期	あきたこまち	20.9	>	20.8
	早植え	コシヒカリ	22.3	>	22.2
	普通期	ヒノヒカリ	22.4	>	22.1
	普通期	にこまる	24.1	>	23.8
	晩期	ヒノヒカリ	21.5	>	21.4
2016	早期	あきたこまち	21.7	>	21.5
	早植え	コシヒカリ	21.3	<	22.5
	普通期	ヒノヒカリ	21.9	>	21.8
	晩期	ヒノヒカリ	21.1	>	20.7
分散分析	年次	**			
	作型・品種	**			
	水管理	ns			

注) 分散分析の欄の\*\*は 1%水準で有意，ns は有意差なし

表8 機械除草における年次、作型・品種、水管理別の収量 (kg/a)

年次	作型	品種	水管理		
			深水	(比較)	浅水
2014	早期	あきたこまち	54.0	>	51.5
	早植え	コシヒカリ	48.7	>	47.3
	普通期	ヒノヒカリ	40.8	>	39.0
	晩期	ヒノヒカリ	59.2	>	52.6
2015	早期	あきたこまち	60.0	>	59.8
	早植え	コシヒカリ	53.5	>	52.1
	普通期	ヒノヒカリ	46.7	<	50.6
	普通期	にこまる	71.9	>	69.0
	晩期	ヒノヒカリ	60.0	>	51.8
2016	早期	あきたこまち	67.4	>	65.0
	早植え	コシヒカリ	52.3	>	50.6
	普通期	ヒノヒカリ	57.0	>	55.0
	晩期	ヒノヒカリ	43.7	>	43.6
分散分析	年次	**			
	作型・品種	**			
	水管理	*			

注) 分散分析の欄の\*は5%水準で有意, \*\*は1%水準で有意, nsは有意差なし

表9 機械除草—深水管理における各作型・品種の収量範囲と収量水準

作型	品種	2014年～2016	収量水準
		年の収量範囲 (kg/a)	(基準を100と した対比)
早期	あきたこまち	54.0～67.4	106～133
早植え	コシヒカリ	48.7～53.5	97～107
普通期	にこまる	71.9	142
普通期	ヒノヒカリ	40.8～57.0	81～114
晩期	ヒノヒカリ	43.7～60.0	87～120

注) 収量水準における基準は愛媛県全体の水稻の平均収量 50.8kg/a

(中国四国農政局, 2016年) とした

普通期‘にこまる’は2015年のみ調査, 他は2014年～2016年調査

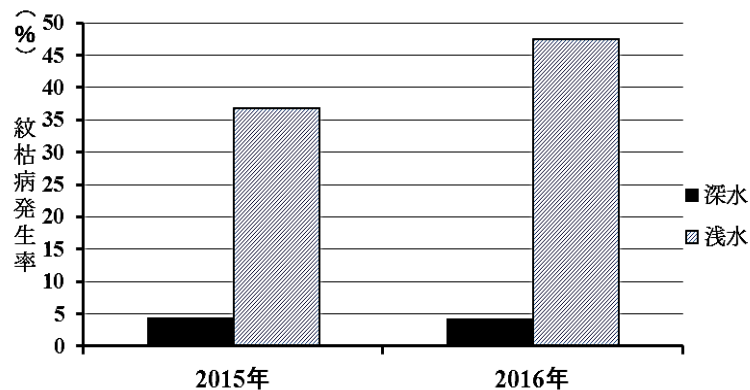


図4 機械除草における水管理別の紋枯病発生株率 (普通期‘ヒノヒカリ’)

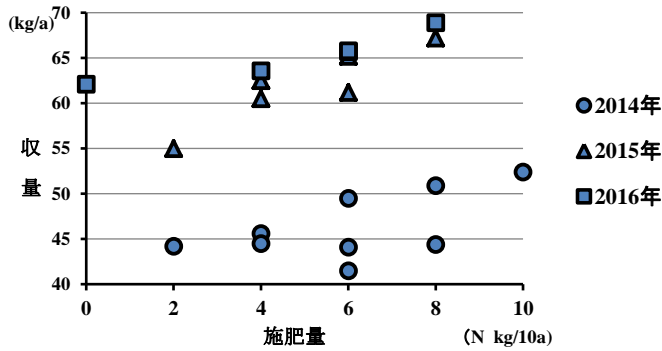


図5 タマネギ跡水稲における施肥量（基肥＋穂肥）と収量との関係

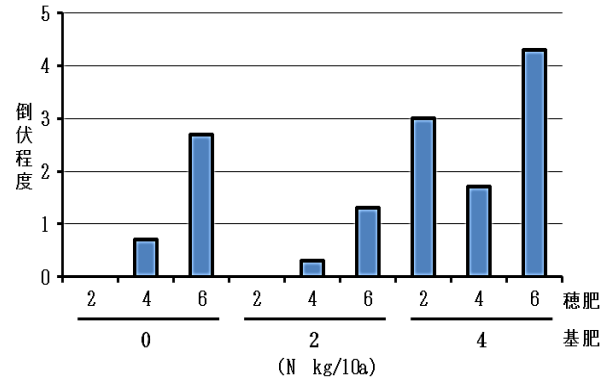


図7 タマネギ跡水稲における施肥量と倒伏程度との関係（2014年）

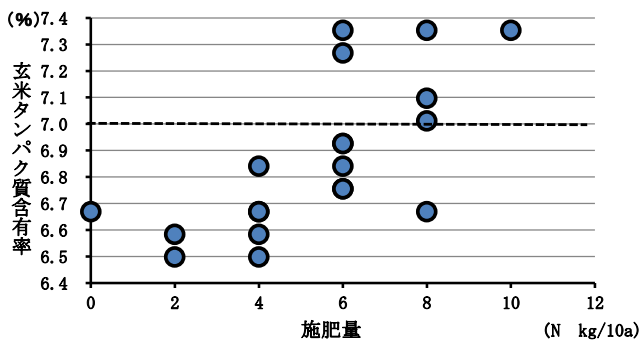


図6 タマネギ跡水稲における施肥量（基肥＋穂肥）と玄米タンパク質含有率の関係（2014年～2016年）

質含有率と施肥量合計との関係をみた結果、施肥量合計の増加にともない、玄米タンパク質含有率は増加した（図6）。

倒伏程度については、2014年にのみ倒伏がみられ、その原因はトビイロウンカによる食害と推察された。2014年における施肥量合計と倒伏程度との関係をみた結果、施肥量合計の増加にともない倒伏程度も増加し、施肥量合計が窒素成分量 6kg/10a 以上の場合に倒伏が顕著となる傾向がみられた（図7）。農林水産研究所では、2013年度の冬期湛水による有機水稲栽培試験において、トビイロウンカによる坪枯れが発生し、この時も施肥量の増加にともなって坪枯れ面積が拡大したことが確認されている（大森，武智，2014）。一方、イネを過繁茂にさせず通風を良好にすると、トビイロウンカの増殖はゆるやかになることから（那波，2004），トビイロウンカの被害を軽減して倒伏を抑制するためには、過剰施肥を行わないことにより、過繁茂を防ぐ重要性が示唆された。

したがって、愛媛県の水稲における標準施肥

量（合計量）は‘ヒノヒカリ’では窒素成分量 8kg/10a（愛媛県施肥基準平成 29 年度版）であるが、タマネギ後作での普通期‘ヒノヒカリ’の有機栽培では、県平均程度の収量を確保し、玄米タンパク質含有率を 7%以下にするとともに、倒伏の発生を抑制するためには、施肥量合計で窒素成分量 4kg/10a 以下にする必要があると考えられる。ただし、タマネギ後作での水稲の有機栽培における各作型・品種の適正な施肥量については、今後、詳細な検討が必要である。

以上より、タマネギ後作での水稲の有機栽培においては、施肥量を増やすと、収量は増加する一方で、玄米タンパク質含有率も増加して食味が低下するとともに、過繁茂によりトビイロウンカの被害が助長され、倒伏が増加する可能性があることから、慣行の水稲栽培における県の施肥基準よりも少ない施肥量で栽培を行う必要があると考えられる。

#### 引用文献

愛媛県農林水産部農業振興局農産園芸課



- (2017) : 愛媛県施肥基準 2.  
三浦重典, 内野彰, 野副卓人, 田澤純子, 吉田隆延, 水上智道, JEONG Bum-Hee, WAN Xiao-Chun, 仲川晃生, 中谷敬子, 澁谷知子, 白石昭彦, 今泉智通, 青木大輔, 松岡宏明(2015): 機械除草と米ぬか散布等を組み合わせた水稲有機栽培体系の抑草効果と収量性. 中央農業総合研究センター研究報告 24, 5-69.
- 中澤伸夫(1993): 深水栽培. 農業技術大系 作物編 2-② イネ基本技術 522 の 9 の 44-48.
- 那波邦彦 (2004) : イネ トビイロウンカ 病害虫防除・資材編 1 農文協 362 の 2.
- 農林水産省中国四国農政局 (2016) : 平成 28 年産水稲の収穫量 (中国四国地域). 農林水産統計 1.
- 大森誉紀, 武智和彦(2014): 2013 年度に冬期湛水有機栽培水田において発生したトビイロウンカ (*Nilaparvata lugens Stal*) 被害. 愛媛農林水産研究所研究報告 第 6 号 10-15.
- 薄井勝利(2004): 深水 (水中) 栽培. 農業技術大系 作物編 2-② イネ基本技術 506 の 68-79.
- 若松謙一 (2010) : 暖地水稲の登熟期間の高温が玄米外観品質に及ぼす影響. 鹿児島農総セ研報. 4. 91-125.