

3 研究成果

1) フェロモン剤による害虫防除

(1) コンフューザーNを利用したナシ減農薬栽培の実証及びモデル防除体系

①背景・ねらい

ナシ栽培では、ナシヒメシンクイを中心としたチョウ目害虫の被害が問題となり、これまで殺虫剤散布が主として行われてきた。近年、これらチョウ目害虫に対し防除効果が高く、環境への影響も少ない複合交信かく乱剤が登録になり、普及しつつある。そこで、ナシ栽培園において、この複合交信かく乱剤の連年処理と殺虫剤の体系化による現地実証を行った。

②結果の要約

集団観光ナシ（幸水・豊水の混植）園（無袋で9mm目合いのネット栽培）5.4ha内に、2000~2002年はコンフューザーP（注：現在、販売されていない）を180本/10a、2003年はコンフューザーNを200本/10a、それぞれ処理し（以下これを処理区とする）、その地区から直線距離で約1km離れた0.7haのナシ園（以下これを無処理区とする）とモニタリングトラップによる誘殺数や被害果の発生状況を比較した。その結果、処理区において、同剤導入4年目には、無処理区より殺虫剤を2回削減しても、ナシヒメシンクイによる被害果の発生がみられなくなった（表1）。また、同剤導入前の1999年と導入4年目の2003年を比較すると殺虫剤の散布が1/2に削減され、被害果の発生もみられなかった（表2）。以上の結果を踏まえ、表3のようなモデル防除体系を考案した。なお、このモデル防除体系での10a当たりの農薬費（愛媛県農薬標準小売価格を基に算出 試験実施当時）は、散布量を250 $\frac{\text{リットル}}{\text{ヘクタール}}$ /10aとした場合14,206円となり、慣行防除（2004年愛媛たいき農協栽培指針より）での13,978円に比べ、228円割高となる。

③結果の具体的数値

表1 コンピューターN処理の有無とチョウ目害虫による被害及び殺虫剤散布暦(2003年)

試験区	被害果数*	散布回数	殺虫・殺ダニ剤散布暦												
			3月		4月		5月			6月			7月		
			下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
処理	0 (1)	5	ダズバン水			サイアノックス水			(コンN)			ラーベソF	スミチオン水	パロックF	(コンN)
無処理(慣行)	0 (0)	7	ダズバン水			サイアノックス水			サイアノックス水			ラーベソF	スミチオン水	パロックF	スカトF

注1) 8/8に幸水、8/18に豊水を各1200果(計2400果)ずつ調査した。左の数値は主要3種チョウ目害虫による被害果数と、()内数値はモモノゴマダラノメイガによる被害果数を表す。

(コンN)はコンピューターN処理を表す。

表2 年次別の殺虫剤散布回数と3種チョウ目害虫 1) 及びカメムシ類被害

試験区	年	3月～収穫までの散布回数			調査果数	被害果率	
		殺虫剤	殺ダニ剤	合計		ナシヒメシクイ	カメムシ類
処理	1999	8(6)	2	10	—	—	—
	2000	11(8)	1	12	4187	0.00	3.40
	2001	8(3)	2	10	2000	0.15	0.30
	2002	9(7)	1	10	2000	0.00	0.50
	2003	4(1)	1	5	2400	0.00	0.13
無処理(慣行)	1999	8(6)	2	10	—	—	—
	2000	—	—	—	—	—	—
	2001	6(3)	2	8	2000	0.10	0.10
	2002	9(7)	1	10	2000	0.00	0.25
	2003	6(2)	1	7	2400	0.00	0.17

注1) チャハマキとチャノコカクモンハマキによる被害果はなかった。

注2) 網掛けをした年は、カメムシ多発年を表す。

注3) 調査品種は幸水と豊水、時期は8月上旬と中旬の2回

()内の数値はナシのカメムシ類に適用のある剤の散布回数

表3 複合交信かく乱剤を用いたナシ殺虫剤削減モデル防除体系

月	旬	上段 : 対象害虫
		下段 : 農薬名(処理濃度・量)
3	下	ハマキムシ類 ダズバンDF (3,000倍)
	4	下 アブラムシ類 サイアノックス水和剤 (1,000倍)
5	上	クワコナカイガラムシ デナボン水和剤50 (800倍)
	下	チョウ目害虫 コンピューターN (100本/10a)
6	上	シクイムシ類 サイアノックス水和剤 (1,000倍)
	上	ハダニ類 パロックフロアブル (2,000倍)
7	上	クワコナカイガラムシ スミチオン水和剤40 (1,000倍)
	下	チョウ目害虫 コンピューターN (100本/10a)



写真1 フェロモン剤設置状況

2) 柑橘のバイオリサカミキリ

(1) 天敵糸状菌の広域・連年処理によるゴマダラカミキリの防除

①背景・ねらい

本種の防除は、成幼虫を対象に年数回の薬剤散布や捕殺が行われている。しかし、成虫の発生期間が1ヶ月以上の長期にわたり、しかも幼虫が穿孔性であること、防除薬剤の残効性が短いことなどのために十分な防除効果が得られていない。こうした中で、成虫に対して高い殺虫効果を示す天敵糸状菌（ポーベリア・ブロンニアティ）が発見され、この菌を不織布シート上で培養した微生物農薬（バイオリサ R・カミキリ（試験実施当時。現在は、「バイオリサ・カミキリ」）：以下不織布という）が開発された。この不織布は約1ヶ月間、安定した感染力があり、成虫がこの菌に触れると1~2週間で発病し、適当な温湿度があると体表は菌糸で覆われ、木に掴まったまま硬直して死亡する（写真1）。そのため、脱出直後の成虫に効率よく感染させることができれば、産卵防止・抑制効果が期待でき、翌年の発生数を減少させることができる。そこで、本不織布を広域に連年処理した場合の防除効果について検討した。

②結果の要約

不織布を2.5cm幅×50cm長（八幡浜市、温州ミカン1.3ha）及び5cm幅×50cm長（松山市、宮内伊予柑3ha）にそれぞれ切り取り、1樹あたり1本を6月上旬にカンキツ樹の株元部分に巻き付ける形で処理した（写真2）。そして、その後の食入幼虫数を調査して、防除効果を判定した。その結果、図1に示すように処理2~3年後には処理区の食入幼虫数は、無処理区の1/2~1/8以下に抑えることができ、本糸状菌の防除効果が極めて高いことが確認された。

なお、ゴマダラカミキリ成虫は移動性が大きいので、地域ぐるみで取り組み、大面積を処理するのが効果的である。

③結果の具体的数値



写真1

天敵糸状菌

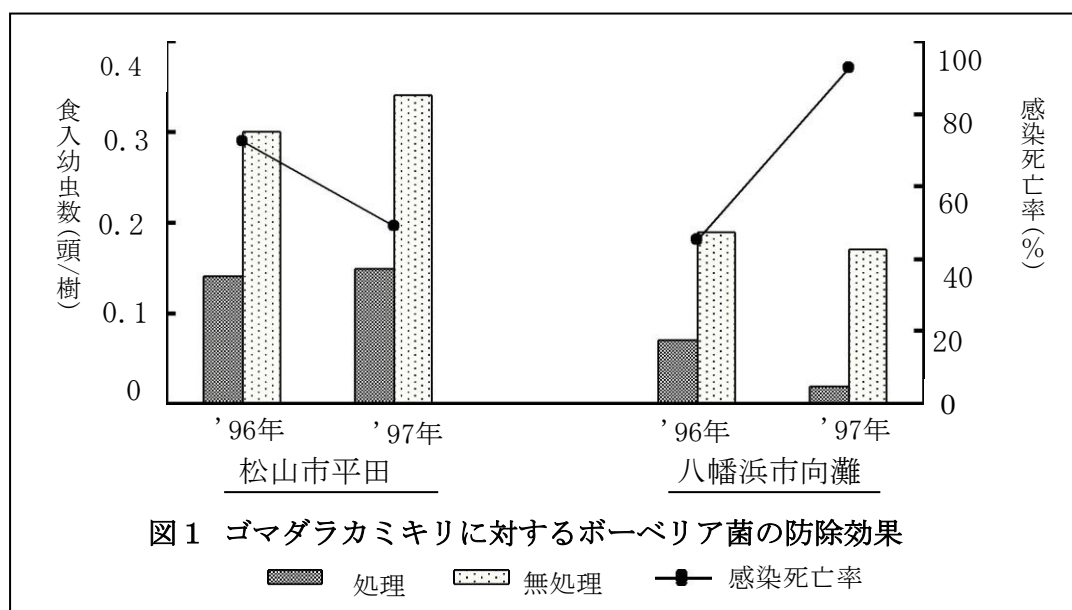
により死亡したゴマ
ダラカミキリ成虫



写真2

不織布

(バイオリサ R
・カミキリ)
処理状況



3) 防蛾灯によるナシの夜蛾防除対策

(1) 背景・ねらい

モモ、ナシなどの7月下旬から9月に収穫期を迎える果樹では、アケビコノハやアカエグリバなどのヤガによる被害が問題となる。ヤガは幼虫の間は雑木林で生息し、成虫になると果樹園に飛来し収穫直前の果実を吸汁加害する。雑木林が多い中山間地域の果樹園では、何も対策を講じないと収穫皆無になることも珍しくない。果樹園へ夜間に飛来するというヤガの生態から、農薬による対策は困難である。防除効果の高い対策としては、園地を防虫ネットで被覆しヤガの侵入を防ぐ方法があるが、資材コストが高いことに加えて、ネットを広大な果樹園に設置するための労力負担が発生する。特に夏から秋にかけては台風シーズンとなることから、台風接近の度にネットを取り外し、通過後に再びネットを設置する必要があるため、労力負担は多大となる。その他の対策としては、黄色灯（防蛾灯）を使った防除法がある。これはヤガの複眼が照明下では明適応に変化して活動が鈍ることを利用した方法であるが、設置コストはネット被覆に比べて安価で、その後の維持管理に要する労力も不要である。そこで、防虫ネットに替わる省力的な防除方法として防蛾灯の効果について実証を行った。

(2) 結果の要約

農林水産研究所果樹研究センター（松山市下伊台町）のナシほ場（20a）において、防蛾灯（光防大師 GN 型、（株）光バイオ）2基を設置した（写真1）。防除効果の確認のため、対照区として防蛾灯の影響を受けないキウイフルーツほ場に収穫期を迎えた豊水100個をタマネギネットに入れて吊り下げ（地上約1.8m）、2018年8月24～30日まで設置した（写真2）。その結果、被害果率は、対照区で15.0%に達したのに対し、防蛾灯を設置したほ場では、幸水5.8%、豊水3.4%となり、被害を低く抑えることができた（表1）。なお、調査期間中に飛来を確認したヤガはアケビコノハ、アカエグリバ、ヒメエグリバ（写真3）で、防蛾灯の設置コストは75,847円/20aであった（表2）。

(3) 結果の具体的数値



写真1 防蛾灯設置ほ場



写真2 対照区の様子（豊水）

表1 試験結果 (2018年)

品種名	被害果率 (%)	備考
幸水	5.8	調査規模：8樹、566果、収穫日8月10日
豊水	3.4	調査規模：18樹、3,428個、収穫日8月23～31日
豊水 (対照区)	15.0	調査規模：100果、設置期間8月24～30日

表2 設置費用 (1基あたり)

機材名	価格
黄色グローブ球	37,800円
高圧ナトリウムランプ	11,664円
安定器	11,340円
支柱、自動点滅器など)	15,203円
合計	75,847円

※光源寿命約24,000時間、1基で20aをカバーできる。

※電気代 (1基) 5円/h × 10時間 × 90日間 = 約4,500円

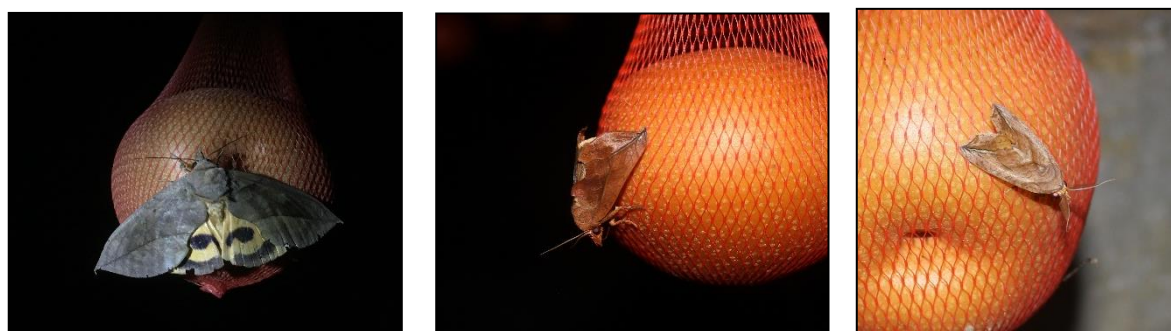


写真3 飛来したヤガ (左からアケビコノハ、アカエグリバ、ヒメエグリ)

4) 無農薬による冬春トマト栽培試験

消費者のブランド・本物志向、健康・安全志向等ニーズが多様化するなかで、高付加価値のある野菜の生産を目指し、平成11年から14年にかけて無農薬による冬春トマトの栽培試験を行った。記載する内容は主にこの試験によるものである。実際には個々の施設に発生する病害虫に合わせた技術を導入する必要がある、また、病害虫の発生状況等冬春トマトを取り巻く状況が大きく変化しつつあるので、現状に合うように技術を変化させながら利用していく必要がある。

(1) 灰色かび病・菌核病

灰色かび病の発病に好適とされる条件は湿度93~95%、結露時間5時間以上とされていることから、ハウス内環境を改善することによる発病抑制効果について検討した。ハウス内温度を昇温(暖房機の点火設定温度12℃)し、籾殻燻炭を畝上等へ敷き詰めることにより、対照ハウス(暖房機の点火設定温度10℃)より湿度が10%程度低く推移し発病果の発生が抑制された。籾殻燻炭の除湿効果を持続させるために、畝にポリマルチを行った後に施用すると良い。籾殻燻炭の施用直後に葉縁の枯死(ガス害)が見られたが、一過性でその後の生育への影響は無かった。通路への籾殻燻炭の処理は、作業時に籾殻燻炭が粉碎され果実の汚れ等を招くことがあるので注意する。また、ハウスの被服資材に紫外線カットフィルムを用いることにより、一般農ビを用いたハウスより灰色かび病・菌核病の発生が少なく推移した。

(2) 葉かび病

葉かび病も多湿状態を好み95%以上の湿度で発生が多くなるとされる。灰色かび病・菌核病の項で述べたハウス内環境の改善策を実施し、ハウス内湿度を80%以下の時間が長くなるようにすることにより発生が抑制された。

近年、葉かび病に対する微生物農薬が登録されてきているが、試験実施時には登録のあるものが無かったため効果については検討していない。また、無機銅剤(商品名:ドイツボルト-A)による初期からの定期的(約10日間隔)な防除は葉かび病の抑制に有効であった。

葉かび病に対する抵抗性品種が販売されており、栽培試験を行った結果、罹病性品種が多発する条件でも桃太郎ファイト(株)・マロック(株)等では、無発病や発病しても軽微であり発病抑制効果は高く、無農薬栽培においては有効であると考えられる。その後、抵抗性品種を犯す葉かび病菌(レースの異なる菌株)の存在が明らかになっているので、導入にあたっては注意が必要である。

(3) うどんこ病

灰色かび病・葉かび病の発生を抑えるべく施設内を低湿度にすると、うどんこ病の発生が多くなり対策が必要となる。塩化カリウムを加用し電解水生成装置により得られる強酸性電解水(pH2.7)を強アルカリ水(pH10.5)と混合しpH3.2以上に調整した強酸性電解水を約1週間間隔で連続散布すると防除効果が高い。しかし、pHが3.2より低い場合は葉や果実に小褐点の傷害が発生し、また、pHを高くしすぎると防除効果が劣った。強酸性水の利用以外の方法では、葉面散布用ケイ酸資材(商品名:ケイリカ)の定期的(約1週間)な散布も強酸性水と同等の防除効果が得られた。いずれの方法も合成農薬の代替技術として実用性があるが、発病初期からの定期的な散布が必要となってくる。

(4) 病害全般

発病葉や発病果は伝染源となるのでこまめに取り除くことはもちろんのこと、不用な葉はできる限り取り除き通風や採光を良くし、ハウス内の環境を良くすることが重要である。また、各種病害に対する抵抗性品種があるので、これらを積極的に利用するのも有効な手段である。

(5) オシッコジラミ

ハウス開口部に防虫ネットを設置することにより、チョウ目害虫の被害はほとんど防ぐことができる。

この様な中で発生の多い害虫としてコジラミ類が上げられ、当時県内で優占種であったオシッコジラミの防除対策について検討した。

オシッコジラミに対し防虫ネットの目合いを 0.6 mm にすることで侵入防止効果があり、また、紫外線カットフィルムも侵入防止効果が認められた。これらの対策を実施した上で、施設内において発生が認められた場合には天敵の放飼が有効であった。天敵製剤は効果を発揮するまでに時間がかかることから放飼時期が重要で、オシッコジラミの寄生が認められ始めた初期にオシッコジラミ 50 匹(1 枚) / 23 株を 1 週間間隔で 4 回放飼すると急激なオシッコジラミの増加を抑えることができた。また、低温期(17℃ 以下)では、オシッコジラミの寄生率が低く効果が上がりにくい。このため、放飼に適した温度になるまで強めの摘葉を行うことである程度のオシッコジラミの密度抑制が可能であった。

(6) トマトビダニ

主要病害の発生を抑えるため湿度を低く維持し合成農薬の散布を控えると、トマトビダニの発生がたびたび認められるようになってくるが、トマトビダニに対する有効な防除手段は少ない。登録のある天敵製剤や微生物農薬も無いことから、薬剤の散布による対応が必要である。発病葉や茎をできるだけ除去した上で硫黄(商品名:イワフコブル)やデンプン液剤(商品名:粘着くん液剤)を散布するとある程度の実用的な効果が得られ、散布はスポット散布では再生が速かったことからハウス全体の防除必要と考えられた。

(7) カバコジラミ類・黄化葉巻病

試験実施当時、黄化葉巻病の発生は県下で認められなかったが、最近では海岸に面した平坦部では多くの地域で黄化葉巻病の発生が認められるようになった。このことから、トマトに寄生するコジラミ類もカバコジラミ類が主になってきていると考えられる。発病後は本病に対する有効な手段が無いことから、防除は媒介虫であるカバコジラミ類の対策が中心となる。本虫に対してはハウス開口部に 0.4 mm 以下の目合いの防虫ネットを設置することが有効である。これはカバコジラミ類を含む多くの害虫に対し侵入防止効果が高い。施設内で黄化葉巻病の発生を認められた場合には、発病株を早急に除去するとともにカバコジラミ類の成虫に有効な農薬の散布が必要であり、合成農薬の使用無しに対応するのは非常に困難と考えられる。

また、黄化葉巻病に対する抵抗品種の開発が進み、現在、大玉、ミニを合わせて 10 種類以上の抵抗性品種が市販されている。以前に比べると食味も果色においても優れる品種が多くなってきており、これら抵抗性品種の利用も有効である。

5) 無化学肥料による露地キャベツおよびレタスの栽培

春まきレタス（3月上・中旬）および夏まきキャベツ（8月中旬）を堆肥と有機質肥料を併用して栽培した。堆肥として2タイプの資材を用いた。ひとつは稲わら、麦わらおよび雑草を3か月堆肥化したもの（植物性堆肥と記述する）、もうひとつはオガクズ牛糞堆肥とオガクズ豚糞堆肥（堆きゅう肥と記述する）を半々に混合したものである。10a当たり有機質肥料として油かす600kgと骨粉200kgを堆肥とともに施用した。

3か年（平成2～4年度）の結果を見ると、10a当たり植物性堆肥を4tと有機質肥料を施用すると慣行区（化学肥料区）と同等の収量であった。また、堆きゅう肥8tと有機質肥料の併用も慣行区と同等の収量であった。堆肥と有機質肥料の併用は効果的であると考えられた。

表 堆肥の施用がキャベツとレタスの収量に及ぼす影響 (kg/10a)

区	平成元年度		平成2年度		平成3年度	
	夏キャベツ	秋キャベツ	レタス	キャベツ	レタス	キャベツ
堆肥	1,227	1,811	659	567	583	1,228
化学肥料	1,147	1,697	570	1,606	276	1,191

注) 平成元年度は植物性堆肥(稲わら、雑草および麦わらを3か月間堆積した堆肥を夏、秋作キャベツに10a当たり2.6tずつ、局所施用)、平成2年度はレタスとキャベツに4tずつ局所施用した。平成3年度はオガクズ牛糞とオガクズ豚糞を半々に混ぜた堆肥を両野菜に4tずつ施用した。

堆肥8tの施用で土壌中の炭素、窒素、リン酸および塩基類の増加がみられたものの、これらの内でもリン酸と塩基類の増加が著しかった。堆きゅう肥を10a当たり8t施用すると、塩基バランスにおいて著しい加里過剰を示したが、2tおよび4t施用の場合はほぼ適正な塩基バランスを示した。

野菜の生育期間中における、土壌の無機態窒素の推移状況を見ると、堆きゅう肥を施用した区の硝酸態窒素量は慣行区に比べて著しく多く、高い含量で推移した。レタス栽培期間中の土壌の硝酸態窒素濃度は、キャベツ栽培期間中より高い値で推移した。加里過剰対策としては、土壌診断により堆肥の過剰投入を避けるとともに、加里成分の少ない有機質肥料を併用することが有効と考えられる。

表 堆肥の施用が土壌の化学性に及ぼす影響 (mg/100g)

区	平成2年度							平成3年度						
	pH	T-C	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	pH	T-C	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
堆肥	6.4	3.1	0.22	210	235	44	61	6.7	4.4	0.33	360	318	99	107
化学肥料	6.6	2.1	0.16	344	324	32	29	6.2	2.2	0.17	131	302	32	35

注) 平成2年度はレタス(植物性堆肥4tと油かす600kg、骨粉200kgを施用)跡地、平成3年度はキャベツ(オガクズ牛糞とオガクズ豚糞を半々に混ぜた堆肥を10a当たり8t施用)跡地である。

表 堆肥の施用が土壌の無機態窒素含量の推移に及ぼす影響 (平成3年、mg/100g)

区	4月			5月		8月	9月		10月	
	9日	16日	30日	7日	21日	20日	2日	17日	3日	18日
堆肥	9.9	22.0	23.2	21.4	11.6	5.8	10.4	14.4	16.2	0.8
化学肥料	15.5	8.3	3.8	2.8	2.1	1.8	5.0	2.8	7.9	4.9

注) 平成3年度、レタスおよびキャベツに堆肥(オガクズ牛糞とオガクズ豚糞を半々に混ぜた堆肥)を10aあたり8tずつ施用した。

6) 水稲—タマネギ体系での大規模有機水稲栽培の実証

(1) 技術の概要

平成 26 年～平成 28 年、機械化が可能な水稲—タマネギ体系による大規模有機水稲栽培の実証試験を行った。

(2) 水稲の収量性について

水稲の 5 作型・品種において、機械除草と深水管理により雑草の発生が顕著に抑制された (図 1)。また、中干し前の深水管理により有効茎歩合が高まることで、愛媛県の水稲の平均収量 50.8kg/a (中国四国農政局, 2016) 並みの収量が得られた (表 1)。

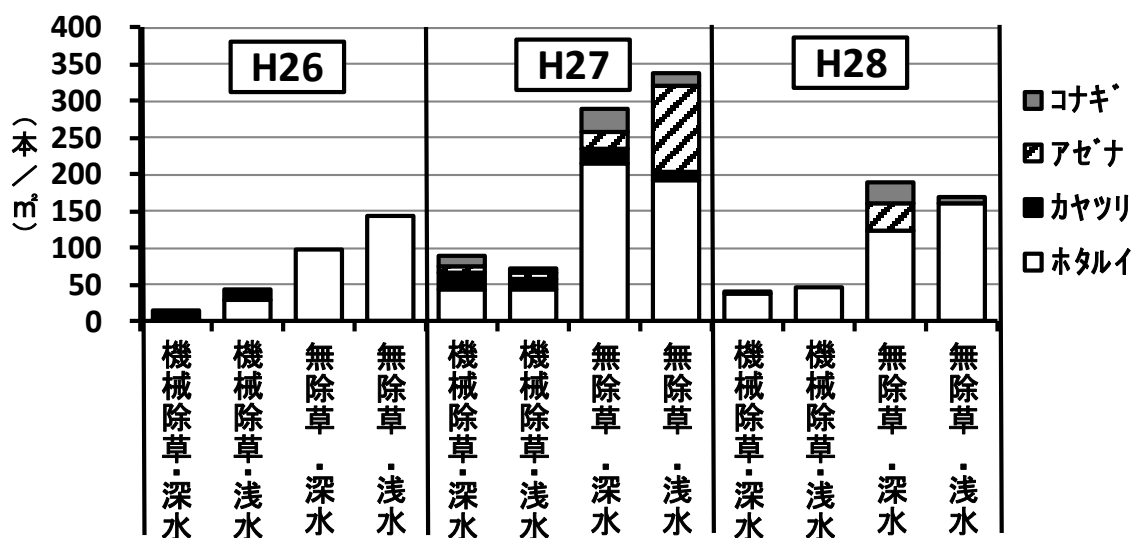


図 1 各試験区における雑草発生本数 (早期栽培、'あきたこまち')

(3) タマネギ栽培の水稲への影響について

図 2 に示す通り、県内では、幾つかの栽培体系が考えられるが、タマネギ後作の有機水稲栽培においては、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、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。このため、タマネギの後作の有機水稲栽培では、タマネギ栽培での堆肥や肥料の残効を考慮し、慣行の水稲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た。

表1 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
H26	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
H27	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
H28	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	*			

分散分析の *は5%水準で有意、**は1%水準で有意、nsは有意差なし

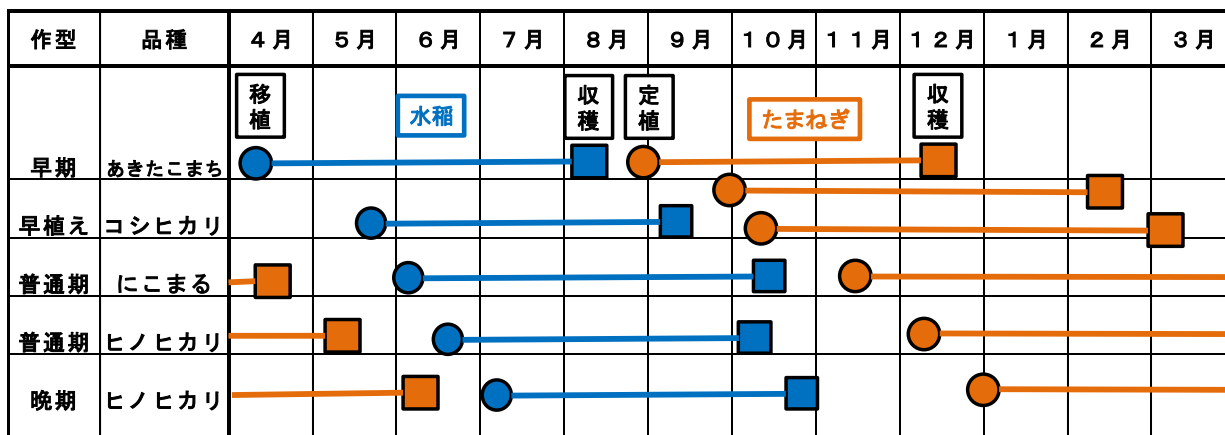


図2 県内で想定される水稲-タマネギ栽培体系

7) 天敵を利用したいちご害虫総合管理技術

いちご栽培において、天敵製剤を利用した害虫の管理技術を紹介する。

(1) ハダニ類

多発するとクモの巣を張ったようになり、株が萎縮して収量に影響が出る。小葉当たり1～3頭みられると防除が必要である。

性質の違う2種の天敵を、時期を変えて放飼することにより、それぞれの特性を活かして密度をコントロールする。

① 天敵の種類と放飼する時期

下表のようにビニール被覆して早い時期にミヤコカブリダニを放飼する。

このカブリダニはハダニ類以外も餌にして生存できる特徴があり、花粉やアザミウマ類の幼虫も捕食する。

年明け以降は1カ月おきに2回、チリカブリダニを放飼する。

チリカブリダニはハダニ類の探索、捕食能力に優れ、ミヤコカブリダニは飢餓耐性が強い。

表 カブリダニ類の放飼時期 (例)

放飼時期	天敵の種類	放飼頭数 (10a)
1 1月上旬	ミヤコカブリダニ	2000～6000頭
1 月中旬	チリカブリダニ	
2 月中旬	チリカブリダニ	

② 試験例

図1に試験例を示す。

カブリダニを放飼しても、いちごの株上でなかなか確認できないが、ハダニの発生が増えるに従って、株上でカブリダニもみられるようになる。

ミヤコカブリダニの増加やチリカブリダニの放飼によって、ハダニ類の数は減少していく。

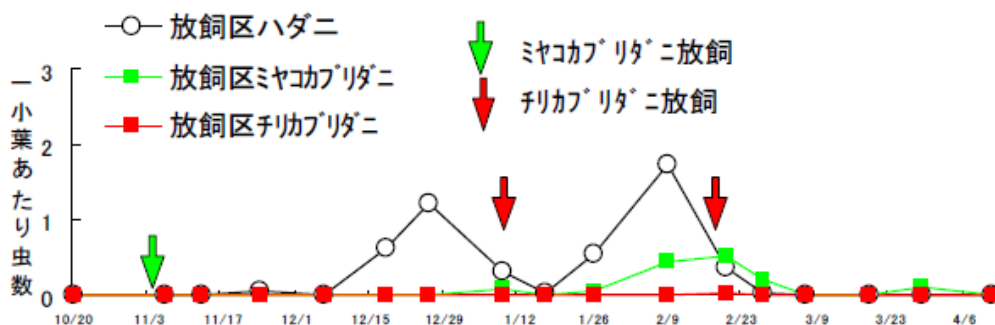
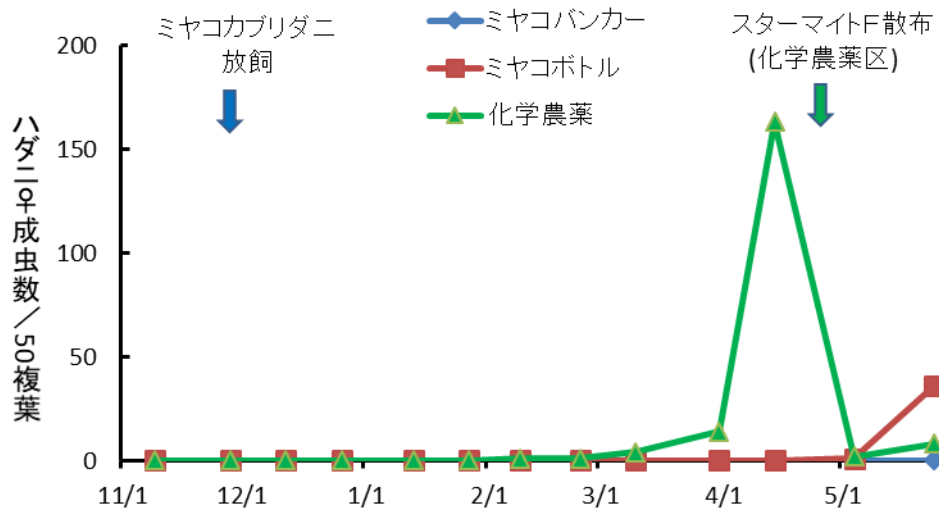


図1 A圃場におけるハダニとカブリダニの発生消長

近年、ミヤコカブリダニの放飼法としてミヤコバンカーが普及し始めている。バンカーシートの中に、ミヤコカブリダニのパック製剤、黒フェルト、保水資材を入れて、イチゴ栽培畝の上に立てて設置する。シートの中は天敵の隠れ場所、産卵場所となり、湿度の保持、農薬の影響の低減等の効果がある。このため、バンカーシートの中でミヤコカブリダニが増殖し、長期間にわたって放出されるため、ミヤコカブリダニ単独で放飼するより高い防除効果が期待できる。



ミヤコバンカーによるハダニ類の防除効果 (農水研, 2016 年作)



カブリダニの放飼状況

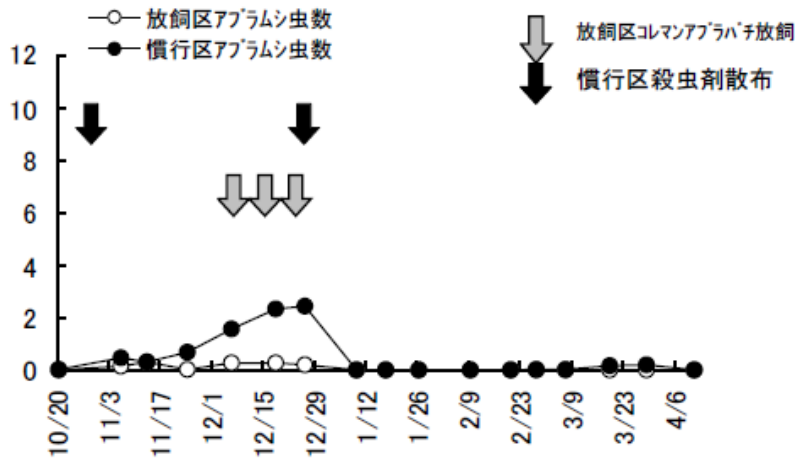
(2) アブラムシ類

アブラムシ類は天敵であるコレマンアブラバチを1週間間隔で2～3回放飼することにより密度を下げることができる。

注意点：放飼時期はハウス内で発生を確認したらすぐ。

ヒゲナガアブラムシ類が発生した場合は寄生しないので、天敵の種類をシヨクガタマバエにかえるか、気門封鎖型農薬等を散布する。

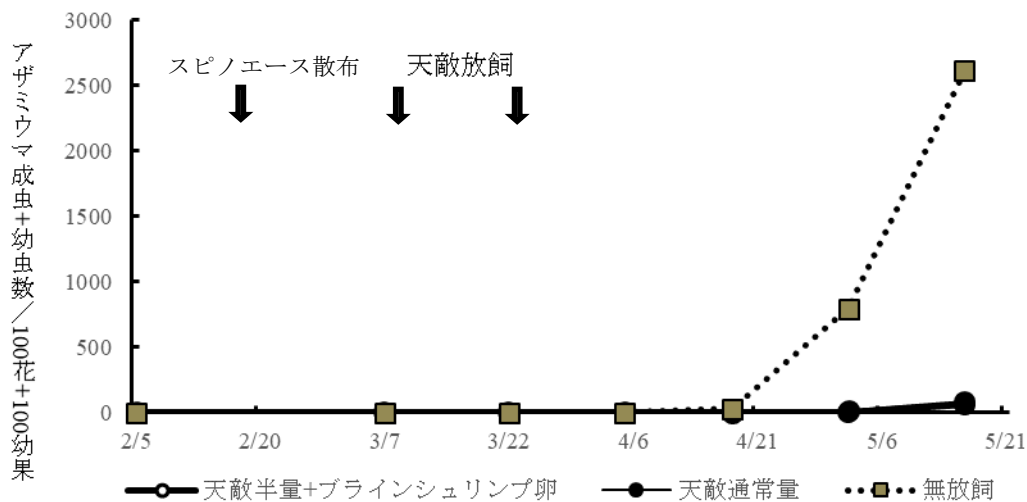
最近は、バンカープラント法が導入されるようになった。これは、栽培作物を加害しない生物を天敵の餌としてその寄主植物とともにハウス内に持ち込む方法で、アブラムシがまだ発生しない時期から待ち伏せしてアブラムシを攻撃できることから安定した効果が期待できる。アブラムシ類のバンカーは市販されており、イネ科植物のみに寄生するムギクビレアブラムシとその寄主であるコムギとがセットになっている。コレマンアブラバチの場合、3回放飼するよりバンカーと1回放飼を組み合わせたほうが安価になることからコスト削減にもなる。



H18 A圃場におけるアブラムシ発生消長

(3) アザミウマ類

アザミウマ類の天敵製剤としてアカメガシワクダアザミウマが登録されている。本剤は捕食性のアザミウマ類で、アザミウマ類に対して効果の高い剤で防除を行った後に、3月に2回放飼を行うことにより、作の終了時までアザミウマ類の密度上昇、被害果の発生を抑えることができる。天敵の増殖を助けるブラインシュリンプ卵と併用することにより、天敵の使用量を半減することが可能で、コスト削減を図ることができる。



アカメガシワクダアザミウマの放飼がアザミウマ類の発生に及ぼす影響(今治市, 2018 年作)

(4) 天敵を効果的に利用するために

- ①天敵放飼の基本はゼロ放飼である。天敵放飼前に天敵に影響のないあるいは影響日数の短い剤を散布し、害虫の密度をできる限りゼロに近い状態まで落としておく。
- ②ハダニ類の発生は育苗期からの持ち込みが大半を占める。育苗期の防除を徹底して行い、本圃への持ち込みをできる限り少なくする。定植時の灌注剤施用も有効である。
- ③ミヤコカブリダニやその餌のすみかになるので、稲藁やもみ殻をハウス内に敷く。
- ④天敵に影響のある農薬を使用しない。天敵放飼前においても影響日数の長い剤は使用を控える。特に影響日数の長い剤は育苗期から使用を控える必要がある。
- ⑤他の害虫も含めて、防虫ネットや粘着シート、フェロモン設置など、ハウス内への侵入・増殖を抑えるよう工夫する。

8) 有機農業による水稲、野菜の栽培

(1) 水稲の各種有機栽培方法の実証と比較

①水稲布マルチ直播栽培によるコシヒカリの有機栽培実証

基本技術 1 : マルチ栽培利用技術

「水稲布マルチ直播栽培」は、二枚の不織布の間に種籾をサンドイッチ状に挟み込んだ布マルチシート(幅:1.1m、長さ:100m)を均平にした水田に展開しながら敷設するもので、育苗や田植作業が不要な省力栽培技術である。布マルチが雑草を押しつぶし枯死させるので、除草剤を使わない水稲栽培が可能となる。布マルチシートは、丸三産業株式会社(大洲市徳森)で製造販売を行っている(水稲用布マルチシートによる雑草防除効果の詳細については、本マニュアル 2 防除関係 4) 落ち綿マルチ 雑草防除 の項を参照)。



布マルチシートに封入される種子は主に‘マキタ超コシヒカリ’や‘マキタ超早生コシヒカリ’などがあるが、ここでは愛媛県の奨励品種である‘コシヒカリ’を用いて実証栽培を行った。

基本技術 2 : 有機質肥料施用技術

水稲布マルチ直播栽培の基肥施用は、油かすや発酵鶏糞を均平・代かき作業前に行う(水稲布マルチ直播栽培の理論と実際 ハンドブック)。本実証試験では、水稲布マルチ直播栽培に適した施肥量を把握する目的で、油かすの施用量試験を行った。

耕種概要

平成 22 年度に実施した実証栽培の耕種概要は次のとおり。

1 圃場の均平化 (平成21年12月24日)	2 基肥施用 (平成22年4月30日)
	
春までに代かきをし、圃場を均平化しておく。	4月2日に落水し、支障なく歩ける程度まで圃場を乾かした(雑草が生え始めたが、その後の作業には支障はなかった)。

3 布マルチシートの敷設 (5月6日)



7人が約2時間かけ19 a の試験圃場に布マルチシートを敷設。

4 布マルチシートの風対策



敷設作業や布浮かべ時の風対策として、細いプラ棒で布を突き刺し固定するとともに、布に十分量を散水。

5 深水・布浮かべ (5月6日~5月26日)



布と土が密着しないよう5~10cmの湛水管理。

6 落水・着土はじめ (5月26日)



落水・着土は、田植と同じ工程。葉が2枚抽出した時期に落水すると、シートの中の雑草は押しつぶされた。

7 落水・土固め期 (5月26日~6月13日)



布が真っ白に乾くまで乾燥させ、根を深く張らせる。苗を指で引っ張り、根付いていることを確認。

8 生育中期



中干しを7月1日から16日まで行い、以降は間断灌水とした。

12 収穫期（9月7日）



収穫前にカヤツリグサなどが少量発生したが、コナギやヒエなどの雑草は抑草。穂肥を施用した区では、倒伏株も見られたが、コンバイン収穫の妨げとはならなかった。

雑草の発生状況

収穫期の雑草の生育と種類では右図のようにホタルイとカヤツリグサが発生し、ヒエやコナギの発生は見られなかった。

布マルチは、敷設後約50日で資材は分解するとされているので、収穫時期になるとマルチの雑草抑制効果は弱くなり、ホタルイやカヤツリグサなどの細葉の雑草が発生した。

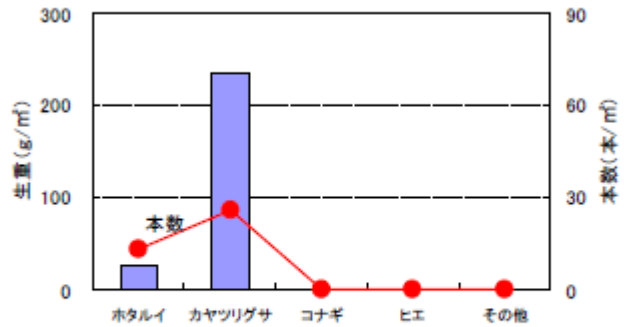


図1 布マルチ栽培における収穫期の雑草の種類と生育

生育・収量

収量は、基肥と穂肥を窒素成分で各3kg/10aの油かすを施用した区で最も高くなったが、穂肥を施用した区はいずれも倒伏した。本実証試験圃場の土壌は、砂壤土で地力は高い方ではないが、コシヒカリの布マルチ栽培では基肥だけの施用とし、窒素成分は3～6kg/10aとするのが良いと考えられる。

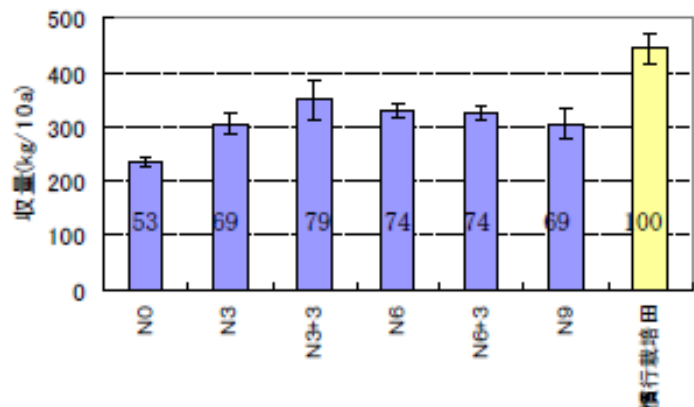


図2 布マルチ栽培における施肥量と収量
(図中の数値は慣行収量に対する指数)

導入上の留意点

布マルチ直播栽培では、高価な田植機が不要なため、固定費が低くなり、低コストな栽培が可能である。このため、これから水稻の有機栽培に取り組もうとしている初心者にも容易に取り組める水稻栽培であると言える。一方で、布マルチシートの敷設には、通常2~3人の組み作業が必要となるので、計画的な作業が必要となる。

水田の条件として、落水・着土の時期に田を完全に干すことができることが必要。

導入のための準備として、水田に布マルチシートを浮かべる期間に十分な水深が確保できるよう、モグラ穴などをふさぎ、畦からの漏水を防いでおくことも必要。布マルチシートの敷設前には、代かきなどをして田面は均平しておく必要がある。

この栽培法は、土壌表面への直播なので、倒伏しやすくなる。多収を狙わないで、肥料は控えめにすることが必要である。

②水田用乗用除草機を用いたコシヒカリの有機栽培実証

基本技術 1：機械除草技術

水田雑草の防除法のうち、物理的な除草技術として、機械除草があり、除草機械は、乗用型や歩行型、除草方式によって揺動・回転式や固定タイン式などに分類される。

本実証試験では、水田用乗用除草機のうち、比較的廉価な固定タイン式除草機(下右図)を用いて試験を行った。なお、乗用除草機による除草幅は田植機の条数に合わせて選定する必要がある。

揺動・回転式除草機

(独) 農研機構生研センター資料から



株間はレーキを揺動させ、条間はローターを回転させて除草する。どちらも動力を用いる。

固定タイン式除草機



株間は固定式タイン(針金様部品)で水稻の株元の土壌表面を引っかき雑草を浮き上がらせ、条間はカゴローターを転がして草を押込む。

基本技術 2：二回以上の代かき

水田雑草の防除法のうち、耕種的な除草技術として、2回代かきや深水管理、米ぬか等資材散布などがある。本実証試験では、荒代かきは5月6日(田植3週間前)と5月19日の2回、本代かきは5月26日に、田植は5月28日に行った。

基本技術 3：温湯種子消毒技術

愛媛県の奨励品種である‘コシヒカリ’を用いて実証栽培を行った。

種子は、籾ネットに3kgずつ小分けし、25L容の角バットに溜めた60℃の湯に15分浸漬した。籾を入れると温度が下がるので、すぐに差し湯をし、温度を正確に60℃に維持した。時々、籾ネットを揺さぶり、籾の中ほどまで60℃の湯が行き渡るようにした。



基本技術4：有機質肥料施用技術

本実証試験では、油かすを基肥に 60kg/10a、穂肥にも 60kg/10aを施用した。窒素成分では、基肥3kg/10a、穂肥3kg/10aとなる。

耕種概要

平成22年度に実施した実証栽培の耕種概要は次のとおり。

<p>1 田植（5月28日）</p>  <p>‘コシヒカリ’の稚苗（5月6日播種）を移植。荒代かきは5月6日と5月19日、本代かきは5月26日に行った。</p>	<p>2 機械除草1回目（6月8日）</p>  <p>苗が活着する移植 10日後から除草を始めた。水管理は、慣行の水田と同じ浅水で管理。</p>
<p>3 機械除草2回目（6月15日）</p>  <p>初回の除草から1週間後に2回目の除草を行った。水管理は慣行水田と同じで、やや浅水管理とした。</p>	<p>4 機械除草4回目（6月29日）</p>  <p>機械除草の3回目を6月22日に、4回目を6月29日に実施した。水管理は慣行水田と同じで、間断かん水とした。</p>

5 出穂期 (8月18日)

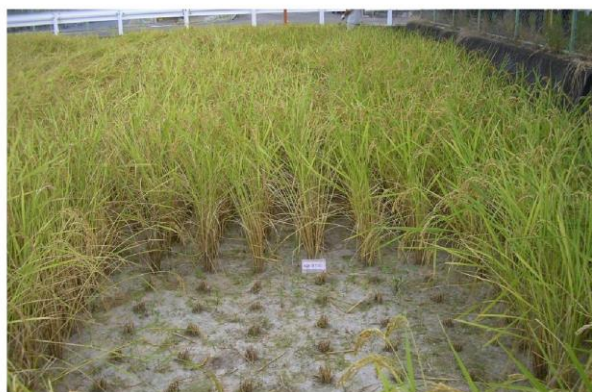


出穂後の圃場の周囲には、ホタルイやコナギ、カヤツリグサ等様々な水田雑草が生えている。



一方、水稻群落の中では、圃場の奥まで、出穂期の水稻株元に雑草は生えていない。

6 収穫期 (9月2日)



坪刈後の地面にはアゼナやミソハギなどの広葉雑草は見られたが、コナギなどの雑草はほぼ抑草できた。圃場の周囲や大きな欠株のあった場所には色々な雑草が繁茂していた。



雑草の発生状況

収穫期の雑草は、圃場内の水稻が生育している部分では、右図のようにその他（広葉）雑草の発生が見られたが、コナギなどの発生は見られなかった。

圃場の周囲や大きな欠株のあった場所には種々の雑草が繁茂していた。

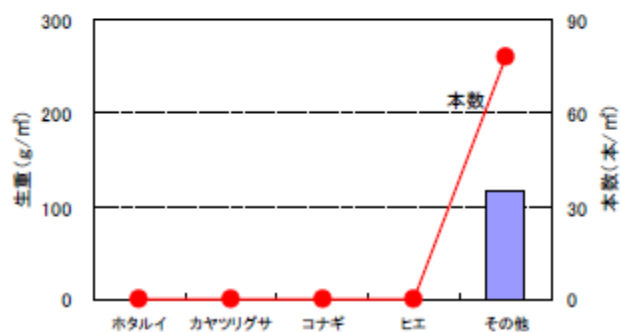


図1 機械除草栽培における収穫期の雑草の種類と生育

生育・収量

本実証試験圃場の土性は砂壌質で地力は高い方ではない。肥料は、機械除草区では油かすを、慣行栽培田では化成肥料を用いた。

機械除草区では、穂数は慣行と同等の 263 本/m²であったが、登熟歩合はやや低く 74%であり、収量は慣行よりやや少ない程度であった。

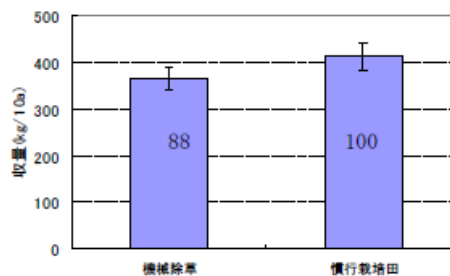


図1 機械除草栽培における収穫期の雑草の種類と生育
(図中の数値は慣行収量に対する指数)

導入上の留意点

有機栽培での除草法は、2回代かき、深水管理、米ぬか等の散布、アイガモの利用などあるが、機械除草の導入は県内では多くはない。機械除草は、機械の導入にコストがかかるものの、少ない労力で広い面積の雑草管理が可能である。



乗用除草機の踏み潰しによる連続欠株の様子

しかし、水稻の欠株増加や株間の雑草などの問題点も残されている。水稻の欠株の原因は、除草機の車輪による株の踏み潰しや押し倒しであるため、押し倒しの場合、多くは回復するものの、踏み潰しの多くは欠株になる。

本実証試験で供試した乗用除草機では、水稻の欠株率は枕地での機械旋回部分だけにみられ、この範囲では約 22%であった。しかし、長辺が100mの圃場で換算すると、直進部分では欠株はみられないことから、圃場全体で見

た場合は欠株率は2%となり、大きな減収の要因にはならないと思われる。なお、水稻の葉が茂り、群落が維持できていれば、雑草の発生はなかったが、圃場周辺や大きな欠株のある場所では、雑草が繁茂したことから、これらが次作以降の雑草の増加に関わることが考えられる。機械除草作業で除草できなかった雑草は、できるだけ手取り除草することが望ましいと考えられる。

本実証試験では、従来慣行栽培等により雑草が適正に管理されていた圃場では機械除草の効果は高かったが、雑草密度が極めて高い圃場では機械除草の抑草効果は認められなかった。このことから、安定して効果を得るには、機械除草に、2回代かき、深水管理、米ぬか等の散布など、他の除草技術と組み合わせることが必要と思われる。

③雑草繁茂田における冬期湛水による雑草抑制効果の実証

基本技術 1：冬期湛水

冬期湛水は収穫後から翌春の代かきまで湛水にしておくことで、「冬水たんぼ」などとも言われる。東北や北陸などの地域では、冬に日本へ渡ってくる水鳥の生息環境として重要な役割があるとされる。近年は、湿地に生息する多様な生物の生息地にもなると考えられており、自治体なども参画し、多面的機能の発揮をねらった取組が全国で広がっている。

冬期湛水は、雑草抑制効果もあるとされている。そこで、本実証試験では雑草密度が極めて高い雑草繁茂田で雑草抑制効果を検証し、その効果を確認した。

基本技術 2：二回以上の代かき

水田雑草の防除法のうち、耕種的な除草技術として、2回代かきや深水管理、米ぬか等資材散布などがある。本実証試験では、荒代かきを5月6日（田植3週間前）と5月19日の2回行い、本代かきを5月26日に、田植を5月28日に行った。

基本技術 3：温湯種子消毒技術

愛媛県の奨励品種である‘コシヒカリ’を用いて実証栽培を行った。

種子は、籾ネットに3 kgずつ小分けし、25L容の角バットに溜めた60℃の湯に15分浸漬した。籾を入れると温度が下がるので、すぐに差し湯をし、温度を正確に60℃に維持した。時々籾ネットを揺さぶり、籾の中ほどまで60℃の湯が行き渡るようにした。



基本技術 4：有機質肥料施用技術

本実証試験では、油かすを基肥に60kg/10a、穂肥にも60kg/10aをそれぞれ施用した。窒素成分で、基肥3kg/10a、穂肥3kg/10aとなった。

耕種概要

平成22年度に実施した実証栽培の耕種概要は次のとおり。

2009年9月に有機田に畔塗り機で土畦畔を作り、冬季湛水区は同年12月25日に代かきし、中干し（2010年7月1日から自然落水）まで湛水を保った。その後5月28日にコシヒカリを移植した。基肥と穂肥は各N3kg/10aとし、肥料は油かすを用いた。

1 冬期湛水中 (22年2月3日)



21年12月24日に代かきし、これ以後湛水した。
(手前が実証区となる湛水区、奥側が対照区
となる乾田区)

2 冬期 (早春) 湛水中 (22年4月19日)



春になると、田面に雑草や藻が生育してきた。

3 冬期湛水圃場の田面 (5月24日)



土壌の色はやや黒味かかった灰色でトロトロ
層ができています。荒代かきは5月6日と5月19
日に行った。

4 冬期乾田圃場の田面 (5月24日)



土壌の色は明るく、サラッとした感触。荒
代かきは5月6日と5月19日に行った。

5 田植 (5月28日)



‘コシヒカリ’の稚苗 (5月6日播種) を移植
した。本代かきは5月26日に行った。

6 田植時の土壌の色

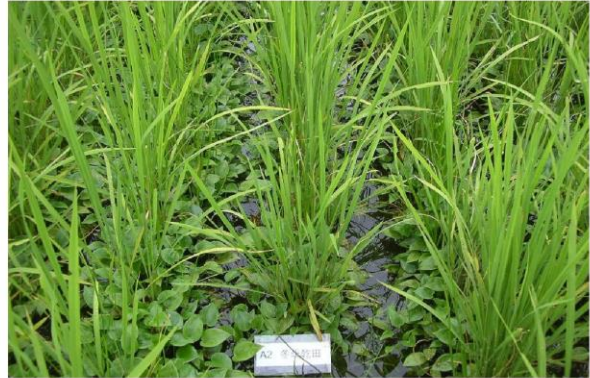


左が冬期湛水。土壌の還元が進み黒っぽい。
右が冬期乾田。土壌はまだ酸化状態で土色は
明るい。

7 生育中期の雑草の生育 (7月30日)



冬期湛水の区では圃場の隅々まで雑草の発生はなかった。



左と同一圃場の冬期乾田管理の区では、コナギやホタルイが群生していた。



冬期湛水の区では、坪刈跡の部分に水田雑草は見られなかった。冬期乾田に比べ、同じ施肥量でも収穫時期が1週間遅くなった。



冬期乾田の区では、収穫後の株下にコナギが繁茂していた。成熟期は9月2日。

生育・収量

本実証試験では、冬期湛水区の収量は慣行の67%と低収であった。

冬期湛水では雑草害はなかったことから、低収要因は次のことが考えられた。

冬期湛水と慣行の施肥窒素量はともに基肥3kg/10a、穂肥3kg/10aであったが、冬期湛水では出穂期LAIが大きく、出穂期が1週間遅く、成熟期も遅れたことから、肥料過多

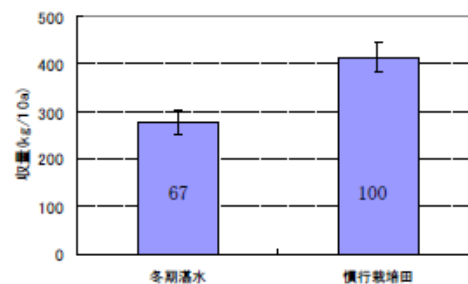


図1 冬期湛水における水稲の収量

で過繁茂となり、一穂粒数や登熟歩合の低下となったものと考えられる。また、本実証試験圃場は、長期にわたって有機栽培を続けてきた圃場であり、三方を林や池の堤防に囲まれた水田であるため、カメムシ類が多発したことも減収要因の一つと思われる。

表1 水稲の収穫期の生育と出穂期 LAI

区	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	わら重 (kg/10a)	粒重 (kg/10a)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (/本)	登熟歩合 (%)	出穂LAI (m ² /m ²)
湛水	8/10	9/8	560	417	275	81	55	3.1
慣行	8/5	9/1	595	537	235	91	78	2.8

出穂期LAIは8月9日に調査

雑草の発生状況

収穫期の雑草は、冬期湛水では発生しなかったが、同じ圃場の対照区である冬期乾田には、著しい量のコナギとカヤツリグサが発生した。

冬期湛水による雑草抑制の理由はまだ不明で、今後検討することとしているが、いわゆる「トロトロ層」の形成と関係が深いものと考えられる。

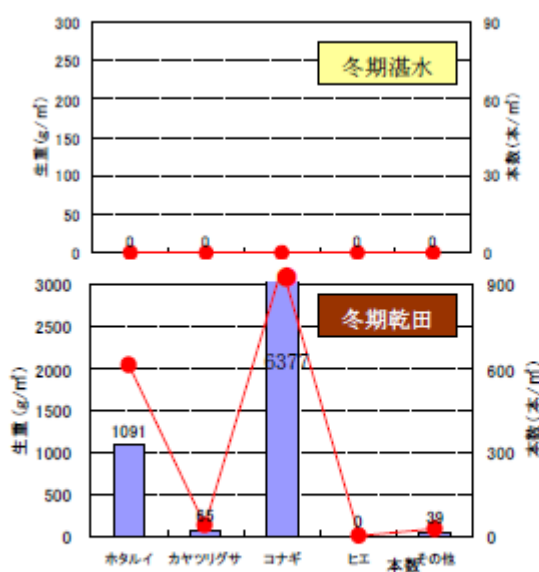


図1 冬季湛水田(上)と冬季乾田(下)の収穫期の雑草の種類と生育

導入上の留意点

冬期湛水は圃場の隅々まで確実に抑草でき、特別な機械も不要なことから、稚苗移植栽培で有機栽培を行う場合には、大変有効な方法であると考えられる。

しかし、冬期に灌漑し、湛水する必要があることから、用水路からの自然流下水が利用できる等、利水の便がよい圃場であることが必要となる。また、河川等から取水する場合は、電力やエンジンポンプなどの利用が求められる。

水利条件が整った水田であっても、冬期湛水することによって隣接田への漏水が懸念されるので、周辺農家の理解や協力も必要となる。

④作型分散と機械除草と深水管理の組み合わせによる水稲有機栽培の規模拡大

基本技術 1：複数品種・作型の組み合わせによる規模拡大技術

水稲の複数の品種と作型を組み合わせることで労力の分散化が図られ、有機栽培においても規模拡大が可能となる。本実証試験では、水稲-たまねぎ体系において愛媛県の奨励品種である4品種（あきたこまち、コシヒカリ、ヒノヒカリ、にこまる）を4作型（早期、早植え、普通期、晩期）5体系で栽培を行い、400～700 kg/10 a の安定した収量を得ることができる（表1）。

表1 有機栽培が可能な作型・品種と収量

作型	品種	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	収量 (kg/10a)	水稲-たまねぎ体系でのたまねぎの定植時期
早期	あきたこまち	△	-----	-----	-----	■			550～650	8月下旬より可能
早植え	コシヒカリ		△	-----	-----	-----	■		450～550	9月下旬より可能
普通期	にこまる			△	-----	-----	-----	■	650～700	11月上旬より可能
普通期	ヒノヒカリ				△	-----	-----	■	400～550	10月下旬より可能
晩期	ヒノヒカリ					△	-----	-----	450～500	11月中旬より可能

△移植 ■収穫

基本技術 2：機械除草と深水管理の組み合わせによる除草技術

大規模有機栽培を行う上で最も労力がかかるのは除草作業であり、水田用乗用除草機を用いて条間を攪拌することにより、大きな抑草効果がある。機械除草は、田植後1週目から7日おきに3～5回行う（図1）。あわせて、中干し前の10日間深水管理を行うことにより抑草効果がやや高まる（表2）。

機械除草のポイントは第1回目の開始時期で、田植後苗が活着したら速やかに実施することである。活着までの日数の目安は、早期栽培では移植後7～10日、早植え栽培では6～7日、普通期栽培では4～5日、晩期栽培では3～4日である。



図1 乗用除草機による除草作業

表2 早期栽培における3か年の雑草発生本数と収量の対比（対無除草・浅水）

試験区		H26		H27		H28	
		雑草本数	収量	雑草本数	収量	雑草本数	収量
機械除草	深水	10	119	33	128	25	106
機械除草	浅水	30	114	29	128	28	103

注) 雑草の主な草種は、ホタルイ、カヤツリグサ、コナギ、アゼナ

基本技術 3：深水管理による過繁茂抑制と病害軽減技術

中干し前の10日間、水深を10 cmに保って深水管理を行うことによって、生育前半の分げつが抑制され、最高分げつ期の茎数が減少し（図2）、生産能力の高い太い茎が多くなる（図3）。その結果、深水管理で有効茎歩合が高まり（図4）、慣行の浅水管理と同等以上の収量を確保することができる（図5）。

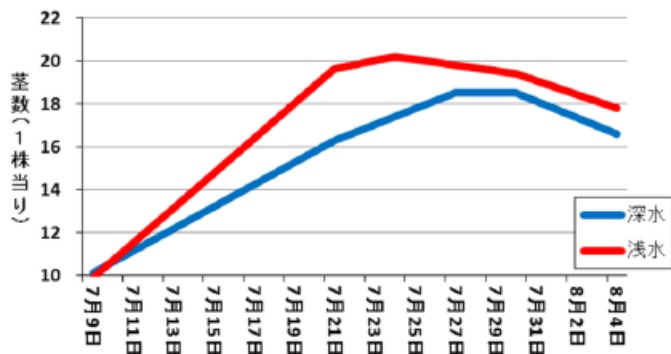


図2 水管理の違いと茎数の推移
(H27 普通期 ヒノヒカリ)



深水区: 径 2.1mm 浅水区: 径 1.8mm

図3 水管理の違いと茎の太さ

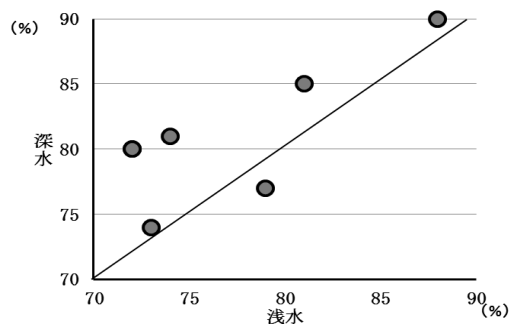


図4 同一年度・作型内における深水と浅水の有効茎歩合の関係 (3か年)

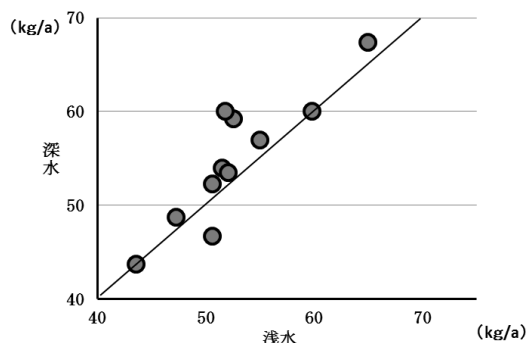


図5 同一年度・作型内における深水と浅水の収量の関係 (3か年)

さらに、深水管理により過繁茂が抑えられることで、病害虫に強い株づくりが可能で、特に紋枯病の発生が軽減されることから農薬を使用できない有機栽培では有効である (図6)。

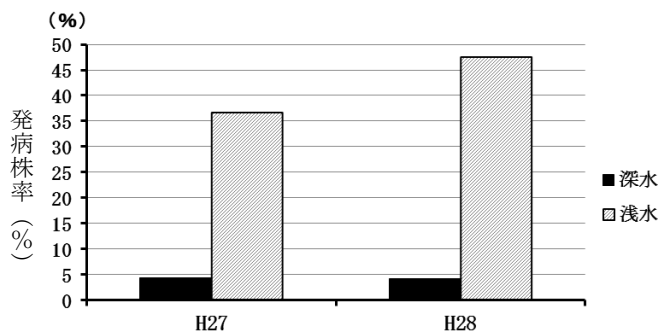


図6 水管理の違いによる紋枯病発生株率の相違 (普通期 ヒノヒカリ)

基本技術4：有機質肥料施用技術

肥料は油かすを使用する。施肥量が多いと、生育が旺盛になり、葉色も濃くなることから、ウンカ類を誘引し、トビイロウンカによる坪枯れを助長する恐れがある。また倒伏の危険も高まる (図7)。玄米タンパク質含有率が高くなり食味の低下を招くことから、玄米タンパク質含有率を7%以下を目標とすると施肥量の総量は窒素成分で10a当たり6kgを超えないことが望ましい (図8)。

たまねぎ跡では、前作の残肥を考慮して通常の半量とし、10a当たり窒素成分で基肥2kg、穂肥2kgの計4kg (コシヒカリでは基肥1.5kg、穂肥1.5kg、計3kg) とする。前作がない場合は、10a当たり窒素成分で基肥4kg、穂肥4kgの計8kg (コシヒカリでは基肥3kg、穂肥3kg、計6kg) とする。

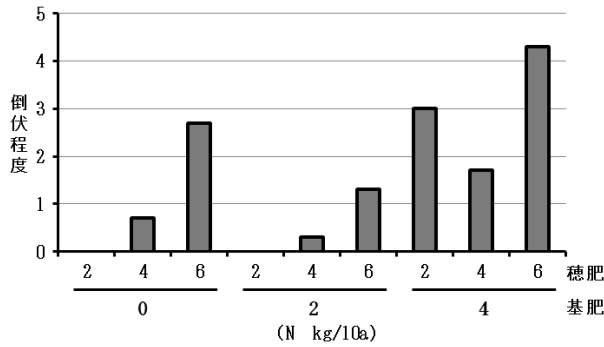


図7 施肥量と倒伏程度の関係 (H26年)

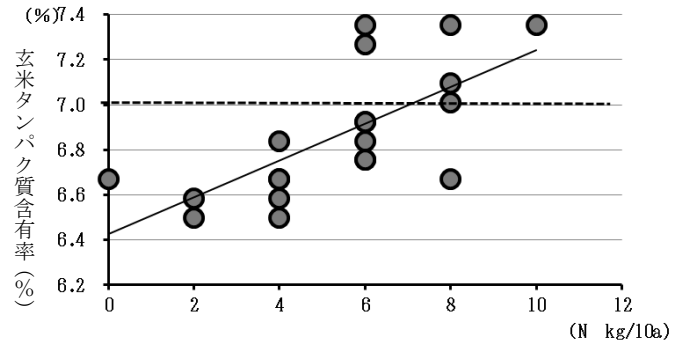


図8 施肥量と玄米タンパク質含有量の関係 (3か年・各作型)

まとめ

水稲の大規模有機栽培は、水稲の複数品種を用いた作型分散で可能であり、機械除草と深水管理により、省力的に雑草の発生を抑制することができる。機械除草+深水管理で、収量の減少は見られず、早期から晩期にわたり有機栽培で慣行と同等の収量を得ることができる。

導入上の留意点

- 1) 機械除草に使用する乗用除草機は田植機の乗数に合わせて選択する必要がある。
- 2) 中干し前の深水管理にあたっては、特に減水深の大きなほ場では、水深を保つためにこまめな入水を心がける。

(2) 有機 JAS 認定資材等を用いた県内主要露地野菜の有機栽培実証

①マルチ栽培を利用した有機タマネギの周年栽培と小型機械化体系の栽培実証

☆ 土づくりと施肥

堆肥は、完熟食品残渣堆肥を10 a 当たり 3 t 施用した。散布にはマニユアスプレダを用いた。堆肥は、事前に購入し堆積しておくか、1 ヶ月以上前に圃場へすき込んでおくと、堆肥の腐熟が不十分な場合に発生する窒素飢餓による生育不良や有害動植物の発生などに起因する害を回避することができる。

基肥には、有機 J A S 認定の粉状水酸化苦土（エコマグ）を10 a 当たり160kg、また有機質肥料として魚ぼかし（N5%）を10 a 当たり240kg、鶏ふん（N2.5%）を10 a 当たり 1 t、それぞれ圃場全面に散布した。散布にはいずれもライムソワを用いた。マルチ栽培なので追肥は行わなかった。鶏ふんの窒素肥効率は既存のデータから冬春栽培では 50%とし、鶏ふん由来の有効窒素量は 12.5kgと見積もった。魚ぼかしの施肥窒素量12kgと合計すると、窒素成分は10 a 当たり24.5kgで、愛媛県施肥基準とほぼ同じ。

☆ 品種・作型

品種には、12月どり作型では‘シャルム’、3月どり作型では‘浜笑’、6月どり作型では‘ネオアース’を用いた。

‘シャルム’は、3月14日に温室内に播種し6月2日にセット球を掘り上げ、風乾、冷蔵後、8月28日に定植した。定植は、マルチに穴を開けた後、手作業で植え穴にセット球を移植した。

‘浜笑’は、8月25日に288穴のセルトレイに播種し、10月4日に定植した。定植は、2条往復歩行型半自動移植機を用いた。

‘ネオアース’は、10月2日に288穴のセルトレイに播種し、12月15日に同様に機械で定植した。

☆ 雑草対策

雑草対策としてマルチ栽培を行った12月どりでは地温を下げる効果がある白黒マルチを用いた。3月どりと6月どりでは保温効果がある黒マルチを用いた。いずれの作型も、施肥・耕起後、畝たて成型マルチャで畝たてと同時にポリマルチを展開した。畝間は歩行型一輪管理機が通る程度の広さを取り、



管理機を適宜、畝間を通すことで畝間に生える雑草の機械除草作業を行った。実証試験圃場内の作業用通路では、バックホーのフロントバケットを使って適宜ホー除草を行った。

タマネギの栽植様式は、畝幅 1.5m で株間が 12 cm~18 cm で、4 条植えとしたため、栽植本数は 10a 当たり 15,000 本~22,000 本。マルチ栽培では植え穴をあけて移植する必要があるため、タマネギのように植え付け本数が多い場合は、機械移植が大変有利。

☆ 病害虫対策

12 月どりと 3 月どりの作型では、秋にシロイチモジヨトウが発生したので、随時捕殺した。病害の発生はなかった。6 月どりの作型では、害虫の被害はなかったが、病害(特に白色疫病)が危惧されたので、銅剤 (ドイツボルドー A) を 2 月から 5 月まで毎月 1 回、予防散布した。

貯蔵病害の回避やキュアリングのため、収穫後は直ちにコンテナに入れ、風通しが悪くならないように温室内に積み重ね、予措乾燥し、調製した。

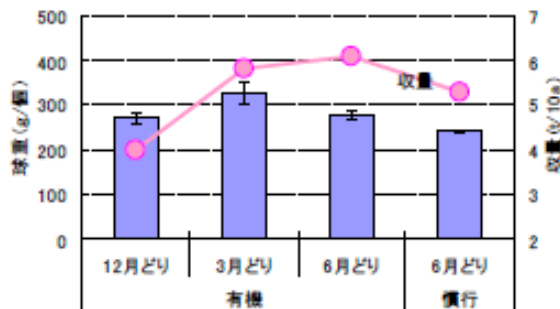


図1 タマネギのリン茎重(球重)

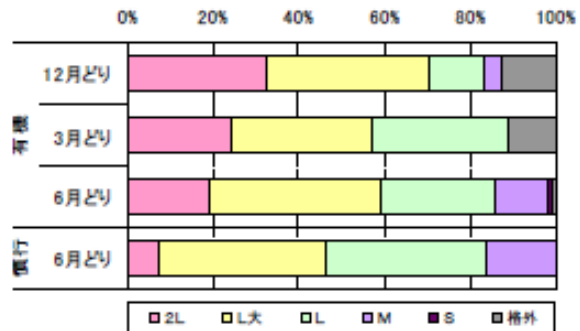


図2 タマネギのリン茎の階級別割合

タマネギの球重は、いずれの有機栽培の作型も、6 月どりの慣行栽培と同等以上であった。6 月どりの栽植本数が他の作型より多いので、収量は 6 月どりの有機栽培が最も多くなった。

タマネギの階級別割合では、L 以上の大玉の割合は、有機栽培のいずれの作型も 6 月どりの慣行栽培もほぼ同じで 80% 以上あった。

☆ 導入上の留意点

本実証試験ではシロイチモジヨトウ防除は捕殺で対応したが、有効な B T 剤もあるので定期的に利用すれば防除効果が期待できる。銅剤は予防的に使用する薬剤であるため、定期的な散布を心がけることで、発病抑制が期待できる。

有機タマネギで大規模にマルチ栽培を行うには、移植機を利用すると定植作業の効

率を格段に向上する。移植から収穫まで小型機械化体系で生産すると、生産費のうち固定費は増加するが、栽培面積が30 a 以上では小型機械化体系の導入が可能であると考えられる。

除草対策にはマルチ栽培は有効な方法。また、マルチ被覆には、地温を下げたり、保温するなど他の効果もあるので、マルチの特徴を活かすことで、作型を分化させ、有機タマネギを周年で生産できる。松山市場の平均単価は、12月から3月で高いことから、早期出荷は収益向上が期待できる。

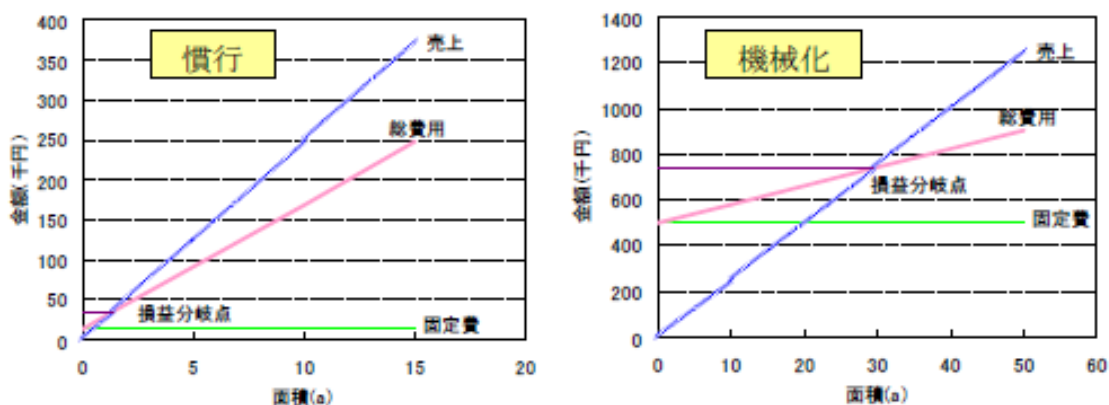
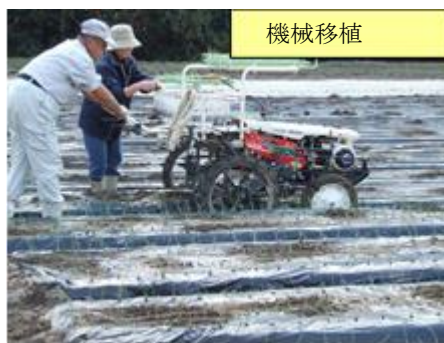


図3 損益分岐点グラフ (左：慣行、 右：有機小型機械化体系)

試算の前提(10a 当たり)：

慣行 (露地栽培、家族労働主体で移植・収穫時に雇用労働、変動費 156 千円 (種苗 26、肥料 18、農薬 39、材料 3、雇用 70)、固定費 13 千円 (一般農機償却 13)、収量 5t、単価 50 円/kg)

小型機械化体系 (有機マルチ栽培、家族労働主体で移植・収穫作業は小型機械化体系、変動費 81 千円 (種苗 26、肥料 32、農薬 10、材料 13、雇用 0)、固定費 498 千円 (一般農機償却 13、移植機償却 132、収穫機償却 195、ピッカー償却 158)、収量 5t、単価 50 円/kg)



②生物農薬利用と適期栽培を利用した機械化体系による春キャベツの有機栽培実証

☆ 土づくりと施肥

堆肥は、完熟食品残渣堆肥を10 a 当たり 3 t 施用した。散布にはマニユアスプレダを用いた。堆肥は、事前に購入し堆積しておくか、1ヶ月以上前に圃場へすき込んでおくと、堆肥の腐熟が不十分な場合に発生する窒素飢餓による生育不良や有害動植物の発生などに起因する害を回避することができる。

基肥には、有機 J A S 認定の粉状石灰質肥料（エコマグ）を10 a 当たり160kg、また有機質肥料として魚ぼかし（N5%）を10 a 当たり300kg、鶏ふん（N2.5%）を10 a 当たり 1.25 t、それぞれ圃場全面に散布した。散布にはいずれもライムソワを用いた。マルチ栽培なので追肥は行わなかった。鶏ふんの窒素肥効率は既存のデータから冬春栽培では50%とし、鶏ふん由来の有効窒素量は約15kgと見積もった。魚ぼかしの施肥窒素量15kgと合計すると、窒素成分で10 a 当たり30kgとなり、愛媛県施肥基準と同じ。

☆ 品種・作型

品種には、春系キャベツの金系‘201号’‘YR春空’と、カンラン系キャベツの‘YRのどか’‘YR天空’の4品種を用いた。

10月14日に128穴のセルトレイに播種し、12月8日に定植した。収穫は、春系キャベツが5月11日、カンラン系キャベツが6月1日。

☆ 雑草対策

雑草対策としてマルチ栽培を用いた。施肥・耕起後、畝たて成型マルチャで畝たてと同時に黒ポリマルチを展張した。畝間には防草シートを敷き、畝間に生える雑草の除草作業の省力化を図った。実証試験圃場内の作業用通路では、バックホーのフロントバケットを使って適宜ホー除草を行った。



☆ 病虫害対策

害虫対策には、B T 剤の散布とフェロモン剤の設置で対応した。B T 剤にはゼンターリ顆粒水和剤を用い、3月29日と4月19日に散布した。フェロモン剤はハスモンヨトウの対策としてフェロディンS Lを用い、キャベツ定植後から実証試験圃場の四隅に設置した。

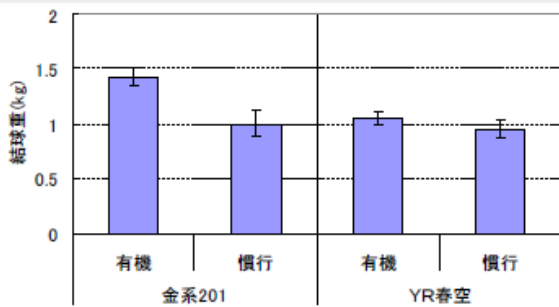


図1 春系品種の結球一個重

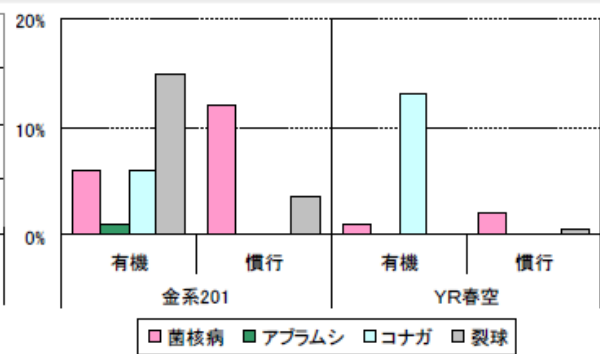


図2 春系品種の病害虫等被害球割合

春系品種では、‘金系201号’は収量や品質では優れるが、‘YR春風’は菌核病や裂球が少ないことから、有機栽培で作りやすい品種であることが分かった。なお、コナガは外葉のみに発生したので、調整すれば収穫物に問題はなかった。

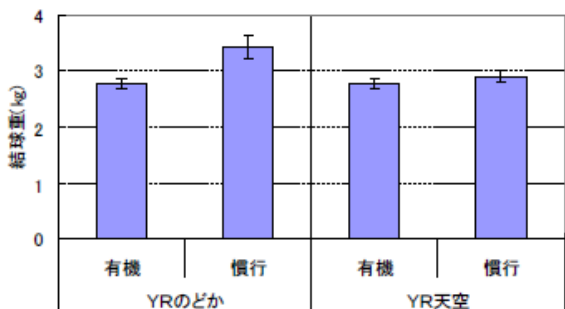


図3 カンラン系品種の結球一個重

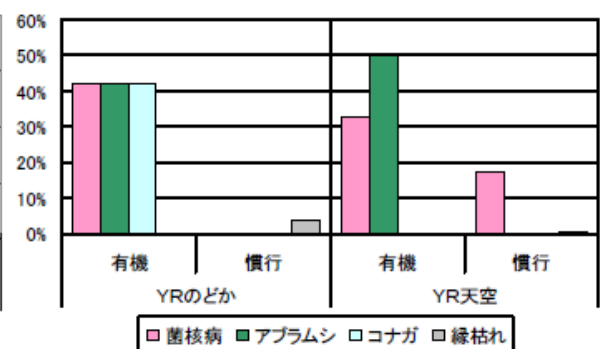


図4 カンラン系品種の病害虫等被害球割合

カンラン系品種では、‘YRのどか’も‘YR天空’も収量性では優れるが、両品種とも有機栽培でのみ菌核病やアブラムシの発生が多くなった。

☆ 導入上の留意点

春キャベツの有機栽培では、5月に収穫する作型が病害虫の発生が少ない作型なので、‘YR春空’などの強健で腐敗の少ない品種を選定すると有機栽培に取り組みやすいと思われる。

B T剤は散布しても害虫はすぐには死なず、また、老齢幼虫には効果は小さいことから、若齢幼虫を見つけたら直ちに使用することで防除効果を高める。また、B T剤は抵抗性の問題がないため、定期的な利用が可能。

フェロモン剤（フェロディンS L）は、直接害虫を殺すのではなく、害虫の雄成虫を誘引し捕獲するので、誘引トラップは周辺に遮るものがないところへ設置するとともに、広い面積で利用するほど効果は上がるとされている。

③耐病性品種や有機 JAS認定資材を複合的に用いた夏秋露地キュウリの有機栽培

☆ 土づくりと施肥

堆肥は、完熟牛糞堆肥を10 a 当たり 2 t 施用した。堆肥は、事前に購入し堆積しておくか、1 ヶ月以上前に圃場へすき込んでおくと、堆肥の腐熟が不十分な場合に発生する窒素飢餓による生育不良や有害動植物の発生などに起因する害を回避することができる。

基肥には、有機質肥料として魚ぼかしを10 a 当たり600kg圃場全面に施用した。追肥にも魚ぼかしを使用し、収穫始め期と収穫開始1ヵ月後の2回、それぞれ10 a 当たり200kg施用した。追肥時にはマルチを株元まで上げ、畝の肩から通路にかけて均一に魚ぼかしを散布する。施肥量は愛媛県施肥基準と同じ。

☆ 品種・作型

品種には、‘夏すずみ’と‘うどんこつよし’を用いた。‘夏すずみ’は営利栽培用品種の中では比較的耐病性の強い品種。‘うどんこつよし’はうどんこ病に耐性が強い家庭菜園用品種。キュウリは病害虫に弱く、有機栽培は難しい野菜とされているが、耐病性品種を用いることで長期間収穫が可能となる。

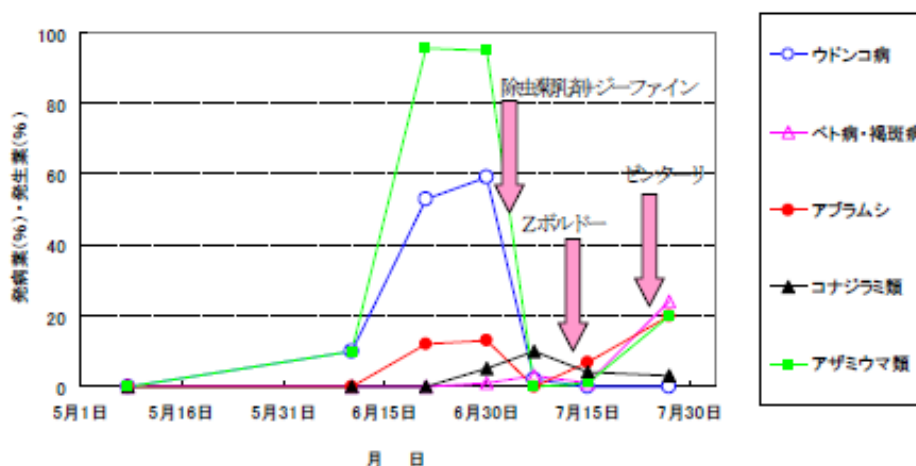
本実証試験は、普通露地作型で行った。定植は5月8日で、収穫期間は6月11日～7月30日。

☆ 雑草対策

雑草対策には、ポリマルチ、稲わらを用いた。作畝の後、畝をシルバーポリマルチで被覆し、畝間には稲わらを敷き詰めた。なお、圃場内の作業用通路には防草シートを敷き詰め、除草作業の省力化を図った。

☆ 病害虫対策

防除に使った資材と、‘夏すずみ’における病害虫の発生の推移は下図のとおり。



6月中～下旬に、アザミウマ類やアブラムシ、うどんこ病の発生が増加したので、7月1日に除虫菊乳剤（除虫菊乳剤3）と銅剤（ジーファイン水和剤）を使用したところ、これらの発生葉率や発病葉率は低下した。

べと病、褐斑病が7月に入り発生し始めたので、7月8日に銅剤（Zボルドー）を散布したが、7月下旬には多発し、収穫を打ち切った。

7月下旬にウリノメイガの発生が見られたので、BT剤（ゼンターリ顆粒水和剤）を7月15日に散布し、多発生にはならなかった。

うどんこ病耐病性品種の‘うどんこつよし’では、6月のうどんこ病発病葉率は平均26%であったが、‘夏すずみ’では56%であり、耐病性品種では発病は少なくなった。

	6月のうどんこ病発病葉率	総収量 (t/10a)	A品率
夏すずみ	56%	7.1 t	60%
うどんこつよし	26%	9.0 t	51%

☆ 導入上の留意点

銅剤は予防的に使用する薬剤であるため、定期的な散布を心がけることで発病抑制が期待できる。

BT剤はチョウ目害虫のみに効果があり、老齢幼虫には効果は小さいが、若齢幼虫には効果は高いため、発生状況をみて適期に使用することが必要。また、BT剤は抵抗性の問題がなく回数制限がないため、定期的な利用が可能。



④耐病接木苗の利用と土づくりによるスイカの有機栽培

☆ 土づくりと施肥

圃場の排水性を高めるため、作付前の冬期に暗渠排水工事を自己施工した。さらに、透水性を良好にするため、この暗渠に直交するよう2 m間隔で深さ約30cmの位置に弾丸暗渠を設置する組み合わせ暗渠とした。

堆肥は、完熟牛糞堆肥を10 a 当たり 2 t 施用した。堆肥は、事前に購入し堆積しておくか、1 ヶ月以上前に圃場へすき込んでおくと、堆肥の腐熟が不十分な場合に発生する窒素飢餓による生育不良や有害動植物の発生などに起因する害を回避することができる。

基肥には、有機質肥料として魚ぼかしを10 a 当たり 460kg圃場全面に施用し、追肥は行わなかった。施肥窒素量は愛媛県施肥基準（窒素成分で 23kg/10a）と同じ。

☆ 品種・作型

穂木品種には、‘夏武輝’を用いた。台木にはカボチャ台木品種を用いた。スイカでは、ユウガオ台木の方が着果は安定し、品質も良くなるとされている。しかし、ユウガオ台木では生育初期に炭そ病が発生することがあり、つる割病への耐病性はカボチャ台木の方が広く安定していることからカボチャ台木を選定した。

定植は5月18日で、収穫期間は7月30日～8月11日。

☆ 雑草対策

雑草対策には、ポリマルチ、稲わらを用いた。施肥後、株の周囲を黒ポリマルチで被覆し、ツルの伸長にあわせて十分に稲わらを敷き詰め地面が見えないようにした。なお、実証試験圃場内の作業用通路には防草シートを敷き詰め、除草作業の省力化を図った。

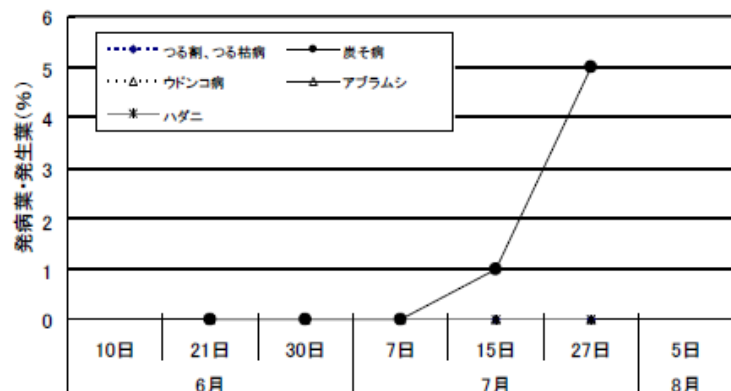
☆ 雑草対策

耕種的防除として上記の排水対策、耐病性台木剪定、マルチ・敷きわらを行った。病虫害の発生の推移は右図のとおりで、収穫直前に葉に炭そ病が発生したが、防除は行わなかった。収量は 4.1 t/10a。

☆ 導入上の留意点

日当たり、通風、排水の良い畑に、密植を避けて栽培すると

ともに、銅剤を定期的に予防散布し、草勢を保つことが有効とされている。敷きわらは早めに、かつ十分に行い、土からの病原菌のはね上がりを防ぐことが効果を高める。



⑤BT剤を利用したスイートコーンの有機栽培

☆ 土づくりと施肥

堆肥は、完熟牛糞堆肥を10a当たり2t施用した。堆肥は、事前に購入し堆積しておくか、1ヶ月以上前に圃場へすき込んでおくと、堆肥の腐熟が不十分な場合に発生する窒素飢餓による生育不良や有害動植物の発生などに起因する害を回避することができる。

基肥には、有機質肥料として魚ぼかしを10a当たり540kg圃場全面に施用し、追肥は行わなかった。施肥窒素量は愛媛県施肥基準（窒素成分で27kg/10a）と同じ。

☆ 品種・作型

品種には、‘キャンペラ86’を用いた。‘

5月17日に72穴のセルトレイに播種し、6月2日に定植した。収穫は7月27日～8月2日。

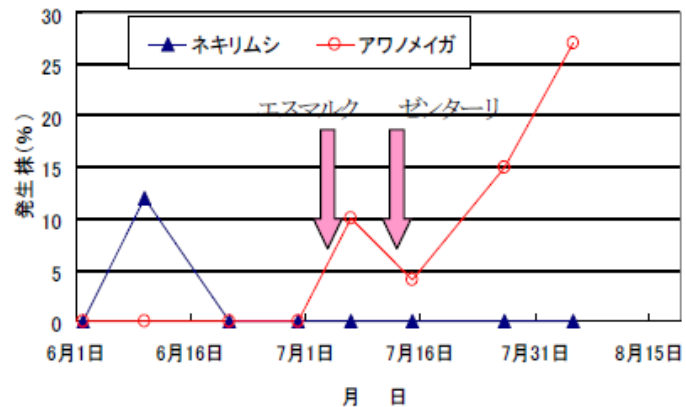
☆ 雑草対策

雑草対策には、ポリマルチ、稲わらを用いた。作畝の後、畝をシルバーポリマルチで被覆し、畝間には稲わらを敷き詰めた。なお、実証試験圃場内の作業用通路には防草シートを敷き詰め、除草作業の省力化を図った。

☆ 病害虫対策

防除に使った資材と、病害虫の発生の推移は右図のとおり。

ネキリムシは定植直後から発生したので、被害株の株元の土壤中に潜んでいる幼虫を探し捕殺した。アワノメイガが7月から、スイートコーンの葉に発生し始めたので、BT剤を7月7日と15日に散布し小さな幼虫を防除したが、収穫直前には発生は多くなった。総収量は2.5t/10aで、A品率は70%。



☆ 導入上の注意

BT剤はチョウ目害虫のみに効果があり、老齢幼虫には効果は小さいが若齢幼虫には効果が高いため、発生状況を見て適期に使用することが必要。また、BT剤は抵抗性の問題がなく回数制限はないため、定期的な利用が可能。

ネキリムシ対策として移植栽培を試験したが、今回の結果では効果は見られなかったため、作付予定地では予め除草し、前作からの期間も十分に空けることで被害の回避が期待できる。

⑥ ネット被覆と耐病性品種を利用したハクサイの有機栽培

☆ 土づくりと施肥

堆肥は、完熟牛糞堆肥を10 a 当たり 2 t 施用した。堆肥は、事前に購入し堆積しておくか、1 ヶ月以上前に圃場へすき込んでおくと、堆肥の腐熟が不十分な場合に発生する窒素飢餓による生育不良や有害動植物の発生などに起因する害を回避することができる。

基肥には、有機質肥料として魚ぼかしを10 a 当たり 600kg 圃場全面に施用し、追肥は行わなかった。施肥窒素量は愛媛県施肥基準(窒素成分で 30kg/10a) と同じ。

☆ 品種・作型

品種には、‘晴黄 65’ を用いた。この品種は、べと病に耐病性の品種とされている。

8月25日に 128 穴のセルトレイに播種し、9月15日に定植した。収穫は11月22日。

☆ 雑草対策

雑草対策には、ポリマルチ、稲わらを用いた。作畝の後、畝をシルバーポリマルチで被覆し、畝間には稲わらを敷き詰めた。なお実証試験圃場内の作業用通路には防草シートを敷き詰め、除草作業の省力化を図った。

☆ 病虫害対策

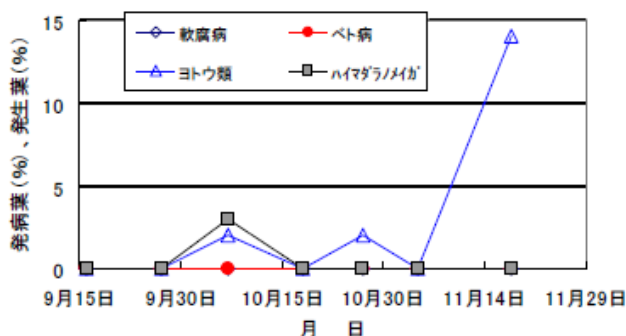
害虫防除には 0.4 mm 目合いのネットを被覆した(上図)。病虫害の発生の推移は下図のとおり。

べと病は発生しなかった。ハイマダラノメイガは 10 月になって発生したので株の成長点に潜んでいる幼虫を探し、捕殺した。ヨトウムシ類が収穫直前に多発生となったため、総収量は 9.9 t/10 a で、可販率は 35%。



☆ 導入上の留意点

ネットの目合いは小さいと害虫の侵入効果は高いが、隙間から害虫が侵入しないようにするために裾は土で埋めるなどの措置が必要。BT 剤を併用することで害虫防止効果が高まることを期待できる。



(3) 高収益大規模有機栽培技術確立試験

①水稲－たまねぎ体系での高収益大規模有機栽培実証

平成 26 年度から 28 年度まで、有機農業大規模経営体の育成を目指し、機械化が可能な「水稲－たまねぎ体系」で高収益を目指した大規模化有機栽培技術を確立し、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。

1. 有機栽培による水稲－たまねぎ体系の多様な作型事例

(a) 複数の作型を組み合わせることで規模拡大が可能

水稲－たまねぎの二毛作体系では、複数の作型を効果的に組み合わせることで労力が分散化され、有機栽培による水田のフル活用と規模拡大が可能になった。

具体的な作型事例は以下の図のとおり、水稲の 4 品種×4 作型（5 体系）と、たまねぎの 6 品種×6 作型（6 体系）を組み合わせることができる。

ただし、実際に導入する場合には、育苗や圃場準備、出荷調整などの作業体系も考慮した上で、それぞれ地域の気候や労働条件に合わせた作型を採用する必要がある。

作型 (水稲+たまねぎ)	水稲 品種	たまねぎ 品種	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
早期+セット	あきたこまち	シャルム	●	水稲作型				●	●	●	たまねぎ作型				
早植え+(超)極早生	コシヒカリ	トップゴールド 305 など 貴錦、浜笑 など		●	水稲作型				●	たまねぎ作型					
普通期+極早生	ヒノヒカリ	同上	■		●	水稲作型				●	たまねぎ作型				
普通期+早生	にこまる	アドバンス など		■	●	水稲作型				●	たまねぎ作型				
晩期+中晩生	ヒノヒカリ	ネオアース など		■	■	●	水稲作型				●	たまねぎ作型			

(b) 各作型の特徴や病害虫の発生リスク

ア. 水稲

【8月収穫：早期栽培】‘あきたこまち’で対応。カメムシ対策に注意。

【9月収穫：早植え】‘コシヒカリ’で対応。倒伏しやすい品種なので、施肥量を控えめにし、紋枯病の発生に注意。

【10月収穫：普通期・晩期】‘にこまる’‘ヒノヒカリ’で対応。紋枯病の発生やトビロウソクによる倒伏・坪枯れに注意。

イ. たまねぎ

【年内収穫：セット栽培】定植苗にはセット球の養成が必要。9月の秋雨、台風による軟腐病の発生リスクが高まるので、排水対策が重要。

【2～4月収穫：極早生】最も病害虫発生リスクの少ない作型だが、分球等格外球の発生率が高い傾向。青切り収穫では手作業による選別収穫。

【5～6月収穫：貯蔵用】4月の高温多湿条件により、べと病の発生リスクが高まる。アザミウマ類の発生が多く、ネギ産地の近くでは栽培不可。最も機械化の導入が可能な作型。

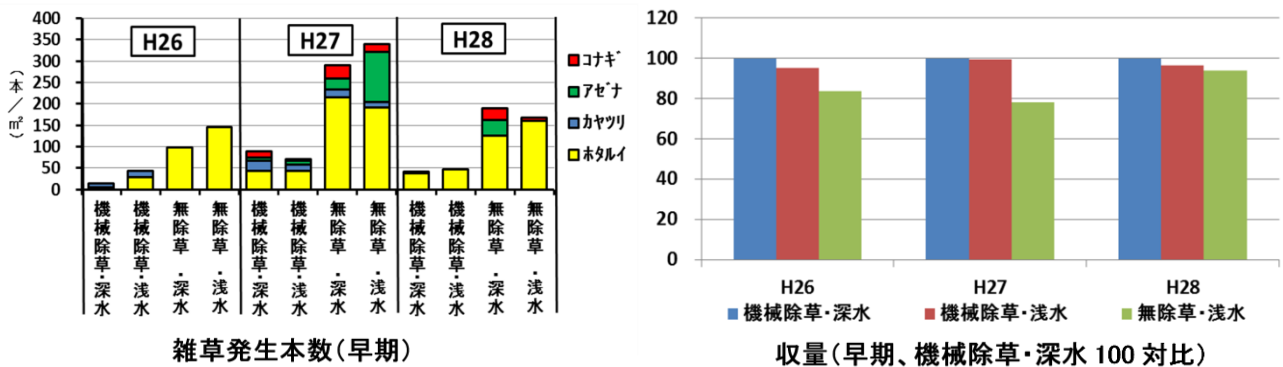
2. 有機水稻：規模拡大のポイントと基本的な栽培体系

(a) 大規模栽培に対する基本的な考え方

大規模有機栽培を行う上で重要なことは除草作業にかかる労力であり、次いで病害虫防除に関することである。これを解決するために除草機による機械除草と深水管理との2つの技術を中心に作業体系を組み立てた。

(b) 機械除草により、雑草を抑えて収量アップ

機械除草は、乗用の機械除草機を用いて条間を攪拌することにより除草を行う方法で、大きな雑草抑制効果がある。また、雑草を抑制することにより、収量を高めることができる。



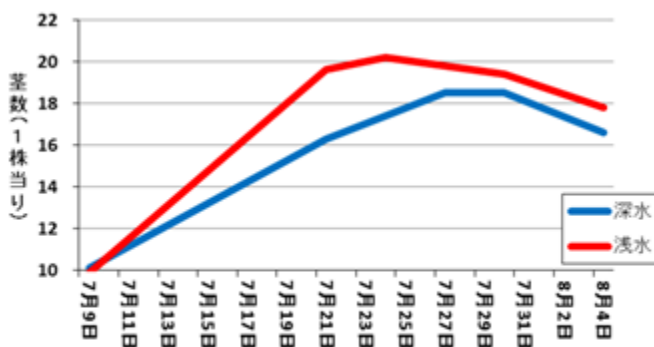
(c) 深水管理で、過繁茂を抑えて丈夫な株づくり

深水管理は、中干し前の10日間ほど水深10cmで水管理を行う技術で、慣行に比べ初期の分けつは減少するが、無効分けつが抑制されて太い丈夫な茎となり、有効茎歩合が高まるため、最終的な穂数は同等になり、慣行並みの収量が確保できる。

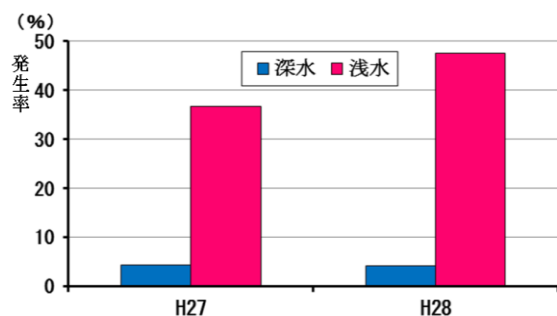
さらに、深水管理により過繁茂が抑えられることで、病害虫に強い株づくりが可能で、特に紋枯病の発生が軽減されることから、農薬を使用できない有機栽培では特に有効である。



深水区: 径 2.1mm 浅水区: 径 1.8mm
水管理の違いと茎の太さ(短径)の関係



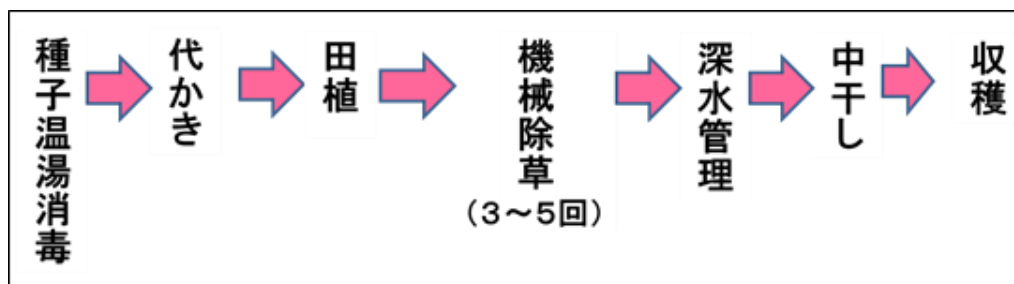
深水と浅水の茎数の推移(H27普通期ヒノヒカリ)



水管理による紋枯病発生株率の相違(普通期 ヒノヒカリ)

(d) 有機水稻の基本的な栽培体系

ア. 作業の流れ



イ. 耕種概要

肥料は油かすを使用し、たまねぎ跡栽培の場合は残肥を考慮して通常の半量とし、10a 当たり窒素成分で基肥 2kg、穂肥 2kg の計 4kg（コシヒカリは基肥 1.5kg、穂肥 1.5kg、計 3kg）とし、前作の残肥がない場合には、10a 当たり窒素成分で基肥 4kg、穂肥 4kg の計 8kg（コシヒカリは基肥 3kg、穂肥 3kg、計 6kg）とする。栽植密度は条間 30cm、株間 18cm（18.5 株/m²）。

ウ. 種子温湯消毒

種子消毒は農薬が使えないので、温湯消毒を行う。対象病害虫は、ばか苗病、いもち病、もみ枯細菌病、褐条病、苗立枯細菌、イネシンガレセンチュウ。

手順は、種もみを 60℃のお湯で 10 分間処理後、直ちに水道水で冷却する。その後は慣行栽培と同様に浸種、催芽、出芽処理を行う。

エ. 代かき

◎田植の 2 日前厳守

代かきは田植の 2 日前を厳守。代かきから田植までの期間が長くなると、雑草の発芽が進み、除草労力が増大する。

◎均平性を保つ

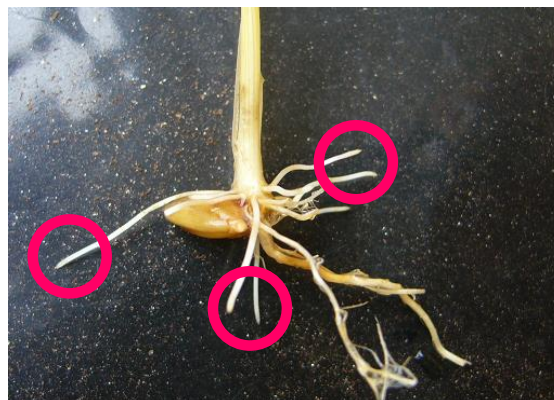
田面に凸凹が多くなると、地表面が水面上に露出した部分から雑草が生えやすくなるので、できるだけ田面を均平にならすことが必要である。

オ. 機械除草

機械除草は、田植後約 1 週目から 7 日おきに 3～5 回行う。乗用除草機は 4 条用と 6 条用があり、田植え機の条数に合わせて選択する。



乗用機械除草機



新根の発生(赤丸の部分)

機械除草のポイントは第1回目の開始時期が重要で、田植後、苗が活着したら速やかに機械除草に入る必要がある。移植された苗は、数日後に株元から新根が発生して活着する。活着までの日数の目安は、早期栽培で移植後 7～10 日、早植え栽培で 6～7 日、普通期栽培で 4～5 日、晩期栽培で 3～4 日である。

カ. 水管理

田面が水面上に露出すると雑草が生えやすくなるので、なるべく田面を出さないように慣行栽培よりも細心の注意を払って水管理を行う。

◎水管理のポイント

中干し前の約 10 日間、水深を 10cm に保って深水管理を行う。特に減水深の大きな圃場では、水深を保つためにこまめな水入れを心がける。

中干し後は、間断灌水、落水、収穫と慣行栽培と同じ管理手順となる。

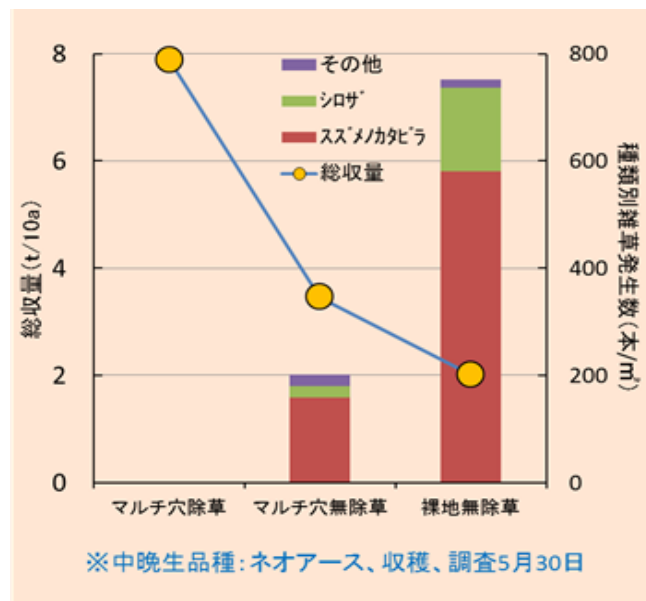
3. 有機たまねぎ：規模拡大のポイントと基本的な栽培体系

(a) 有機たまねぎ栽培の規模拡大に必要な条件

たまねぎは、雑草との競合に特に弱いので、有機栽培ではマルチ栽培が前提となる。また、規模拡大のためには、積極的に機械を導入して農作業の省力化、効率化を図るとともに、多様な作型を組み合わせることで農作業の分散化を図る必要がある。

(b) マルチで雑草対策

マルチによるたまねぎの有機栽培では、植え穴の除草を怠ると収量が大きく低下する。特に、春先から地上部の生育が旺盛となる 4 月以降に収穫する作型での影響が大きくなる。植穴除草は、雑草発生後の早い時期から手作業で行う。また、うね間の雑草は、放任状態では圃場内の雑草種子密度が高まることになるので、小型の管理機や刈払機などを利用して除草する必要がある。このように、たまねぎの有機栽培では、除草作業に最も労力を要するので、早め早めの除草を心掛けることが重要である。



有機たまねぎ栽培におけるマルチの効果(H26)
(雑草発生数と収量の関係)

(c) 農作業の省力化、効率化のための技術体系

ア. 小型機械化体系の導入

有機栽培では農薬による苗床消毒ができないので、育苗は機械定植にも対応できるセル育苗とする。

定植や収穫、コンテナ回収に使用するたまねぎ専用の歩行型作業機械と収穫後に使用するたまねぎ専用の調製機、選果機などを導入することで、農作業の大幅な効率化を図ることができる。さらに、出荷時期を調整するための乾燥貯蔵庫を導入すると効果的な出荷が可能になる。



有機たまねぎの小型機械化体系による作業手順

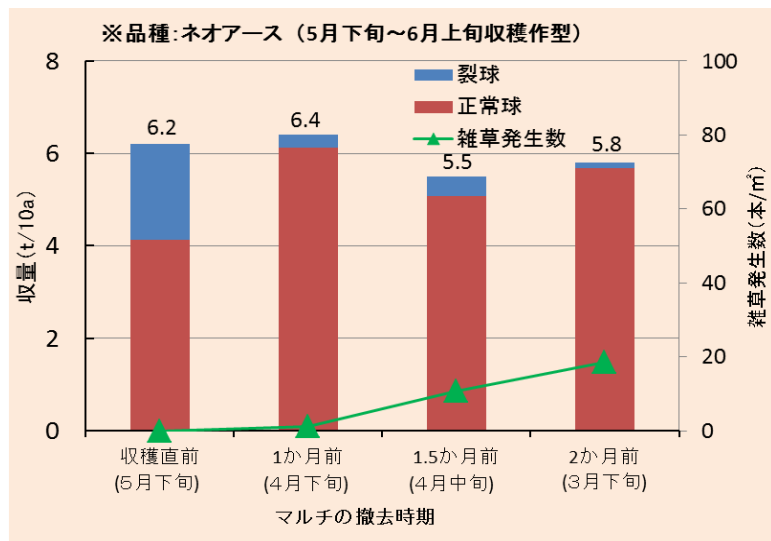
イ. マルチの事前撤去による収穫作業の効率化と品質向上

マルチは機械による一斉収穫の作業効率を著しく低下させることから、4月収穫以降の作型では事前に撤去する必要がある。

マルチの撤去は地上部の生育が進んでいない時期ほど作業は容易になるが、撤去が早すぎると収量が低下することから、撤去時期は収穫予定時期の1か月前を目安とする。この時期であれば葉はまだ直立状態なので、撤去作業も容易で、収穫までに雑草がうねの上に繁茂することもない。

さらに、収穫の遅い作型では、収穫までにマルチ内が高温になり易く、裂球発生の原因になる場合があるので、マルチの事前撤去は品質向上のためにも有効である。

なお、3月までに収穫する作型は、抜き取り収穫となるためマルチの事前撤去は不要である。逆に、マルチにより地温が確保され、生育促進効果が期待できる。



マルチの事前撤去時期と収量・品質の関係(H27)

(d) 有機たまねぎの基本的な栽培体系と注意点

ア. 有機たまねぎの栽培体系

有機たまねぎの栽培体系(実証事例)

品 種	は種	定植	収穫			
			時期	目標収量 (t/10a)	方法	
セット	シャルム	3月上旬	8月下旬	10月中旬～年内	4	葉身倒伏: 手で抜取り
超極早生	トップゴールド305	8月中旬	10月上旬	2月中旬～	5	青切り: 手で抜取り選別
極早生	貴錦、浜笑	8月下旬	10月中旬	3月上旬～	5	青切り: 手で抜取り選別
極早生	同上	9月中旬	11月中旬	4月中旬	5	葉身倒伏: 機械一斉収穫
早生	アドバンス	9月下旬	12月上旬	5月上旬	6	葉身倒伏: 機械一斉収穫
中晩生	ネオアース	10月上旬	12月中旬	5月下旬～6月上旬	6	葉身倒伏: 機械一斉収穫

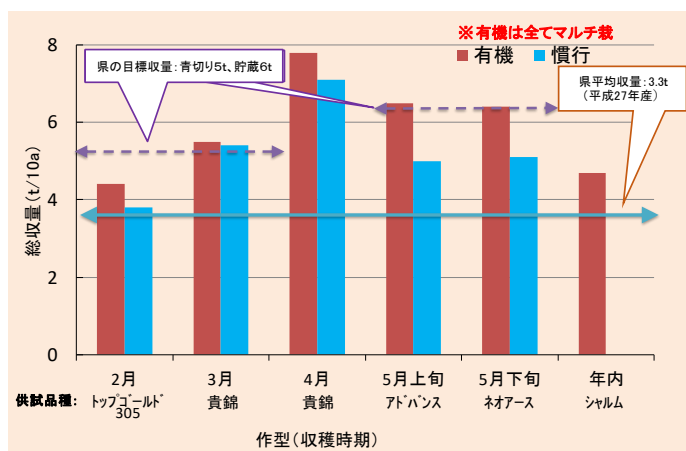
栽培品種は、早晩生や市場性などを考慮して、それぞれの作型に対応したものを選定する。育苗は基本的にセル(288穴)育苗とし、8月下旬から12月まで順次定植することで、年内から翌年の6月まで連続して収穫することができる。

収穫方法は、年内から3月収穫の作型では、低温期で玉太りが揃わないことから、大きさを選別しながら手で抜取る作業となるが、4月収穫以降の作型では、葉身の8割程度が倒伏した段階で、機械による一斉収穫が可能になる。

有機栽培では慣行栽培に比べ病害虫の発生リスクが高まることになるが、有機JASで認められた銅剤やBT剤を利用して計画的に防除することで、慣行と同等以上の収量を得ることができる。

イ. 有機たまねぎの栽培条件

水田におけるたまねぎ栽培では排水対策が重要で、水稻収穫後は速やかに弾丸暗渠や額縁明渠を施工すると、その後の天候に左右されないで定植準備を計画的に行うことができる。特に排水良好な土壌を好むたまねぎは定植後の生育が良好となる。



たまねぎ各作型における慣行と有機栽培との収量比較

有機たまねぎの栽培条件 (10aあたり)

		年内収穫(セット)	2～6月収穫
マルチの種類		白黒マルチ	黒マルチ
栽植様式		畝幅150cm、条間20cm、4条植え	
栽植密度		17,700本(株間15cm)	22,200本(株間12cm)
施肥	資材	・発酵鶏糞(N2.7%)666kg ・魚粉(N7%) 160kg	・発酵鶏糞(N2.7%)1000kg ・魚粉(N7%) 240kg
	N施用量*	20.2 kg	30.4 kg
	方法	全量基肥(追肥なし)	
堆肥		食品残さ堆肥: 3t	

*発酵鶏糞の窒素利用率を50%としてN施用量を換算

基本的な栽培条件は慣行栽培に準ずるが、有機たまねぎはマルチ栽培のため、施肥は全量基肥とする。使用する有機質肥料は、発酵鶏糞と魚粉を組み合わせ、窒素成分で20~30kg/10aを施用する。また、同時に土づくりやリン酸、カリ成分を補うために堆肥を3t/10a程度投入する。

4. 有機による水稲-たまねぎ体系の経営評価（事例）

(a) 経営評価（試算）

有機栽培は慣行栽培に比べ、雑草管理等に多大な労力を要するが、水稲-たまねぎの二毛作体系では複数の作型を効率的に組み合わせることで、労力の分散化が図られ、有機栽培による規模拡大やそれに伴う所得確保が可能となる。

今回、水稲-たまねぎの二毛作体系において労働力を考慮した作型の組合せによる有機栽培事例の収益を試算した結果、1ha規模で581万円の所得となった。

(b) 試算の前提条件

水稲-たまねぎ体系で家族経営を想定し、早期あきたこまち-セット栽培（年内収穫）を各々10a、早植エコシヒカリ-極早生（3月収穫）を20a、普通期ヒノヒカリ-早生（5月収穫）を30a及び晩期ヒノヒカリ-中晩生（6月収穫）を40aで設定した4つの作型を組み合わせ、計1ha規模で試算した。なお、6月収穫たまねぎは、各作型の中で最も貯蔵性の高い品種であり、労働力を要する出荷調整作業が分散できるため最大面積とした。松山市の北条地区などでは、水稲の田植とたまねぎ収穫の調整が十分可能となる作業体系である。

水稲-たまねぎの有機二毛作体系における複数作型による1ha規模での経営モデル

有機栽培 作型	水稲							たまねぎ							1ha 規模 所得 (千円)
	10a当たり ^c							10a当たり ^c							
水稲 +たまねぎ (収穫時期)	単価 ^a (kg/円)	単収 (kg/10a)	粗生産額 (千円)	経営費 (千円)	所得 (千円)	面積 (a)	所得 (千円)	単価 ^a (kg/円)	単収 (kg/10a)	粗生産額 (千円)	経営費 (千円)	所得 (千円)	面積 (a)	所得 (千円)	
早期あきた+セット栽培（年内）	428	480	205	77	128	10	128	110	3,300	363	237	126	10	126	
早植コシ +極早生（3月）	410	480	197	77	120	20	240	148	4,600	679	237	442	20	883	
普通期ヒノ+早生（5月）：貯蔵	395	480	190	82	108	30	323	121	6,300	762	237	525	30	1,574	
晩期ヒノ +中晩生（6月）：貯蔵	395	510	202	82	120	40	478	124	6,100	753	237	516	40	2,065	
計						100	1,169						100	4,648	
慣行栽培に対する有機栽培の比率 ^b	1.9	1						1.3	1						

a 単価：基本となる慣行栽培の単価は、水稲はJA全農愛媛県本部の買取価格。たまねぎは松山中央卸売市場の県内産単価（H26、H27の平均）をもとに設定。

b 慣行栽培に対する有機栽培の比率：【単価】有機水稲は佐賀県、有機たまねぎは北海道資料をもとに設定。【単収】実証試験の実績をもとに設定。

c 経営費：県経営指標をもとに、有機栽培実証による機械整備や物財費を考慮して算出。

(c) 試算活用の留意点と課題

有機栽培の規模拡大制限要因として、水稲では機械除草、たまねぎでは植穴・畝間除草や出荷調整作業などがある。作型体系の組み合わせでは、育苗や圃場準備、出荷調整等の作業体系、地域の気候や労働条件を考慮する必要がある。

また、有機農産物は、価格により所得が変動するため、まず、流通経路により一定の価格水準を確保することが重要となる。

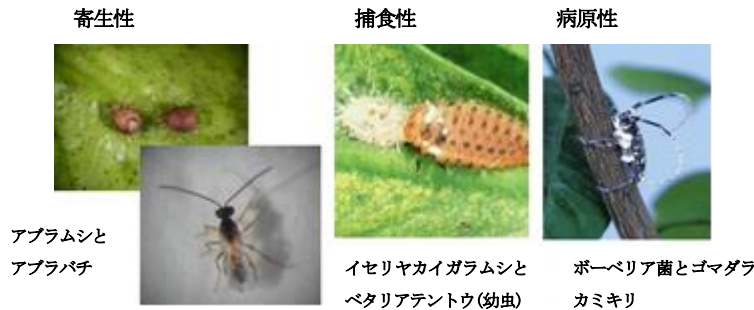
これらを考慮したうえで、経営全体の所得が向上する作型の組合せと面積配分を検討していく必要がある。

9) 有機栽培かんきつ園における天敵相

農薬散布の少ないかんきつ園では、天敵が害虫に対し強く影響を及ぼしていることが明らかになっており、これらの中には、ヤノ初カラムシやミントゲコジラミなど特定の害虫に強く働く導入天敵から、昔から日本にいる土着天敵まで、様々な種類の天敵がいる。

(1) 天敵とは？

害虫の死亡要因となる生物のことで、ミヤカ等だけでなく、病気などもこれにあたる。



一般に寄生性天敵は、害虫との関係が決まっている者が多く、捕食性天敵は、1種の天敵が様々な害虫を食べることが多いようです。

(2) 導入天敵 (海外から日本に人為的に導入した天敵)

① ヤノ初カラムシの天敵



脱出口が多く見られる場合は、寄生蜂が強く働いている証拠です。

② ベタリアカラムシの天敵



③ ミントゲコジラミの天敵



※これらの天敵は現在、配布等は行われてないが、県内広域に分布しており、必要な場合は、発生の多い場所から枝ごと持ち帰るなどして自園に導入する。

3) 土着天敵 (日本に昔から存在する天敵)

① ミンダニの天敵

ミンダニには、カブリダニ類のほか、ハダニアザミウマやヒメダニカブリゲシハ初カなど数種の有力な天敵がいる。カブリダニ類は捕食性のダニ類で、かんきつ園ではミコカブリダニのほかニセアゴカブリダニやコズケカブリダニなど数種が活動していることを確認している。

※ハダニアザミウマ、ヒメダニカブリゲシハ初カ、キシクヒメテントウはカブリダニ類に比べ、ミンダニの捕食量が多い天敵であるが、移動性が高いため、ミンダニが見られない園地では殆ど見られない。カブリダニ類はハダニの天敵の中では園地への定着性が高いと考えられるが、その中でミコカブリダニは比較的農薬に強い反面、飢餓に弱く、ミンダニの発生が無い園地では殆ど見かけられない。ミンダニの発生が減少した有機栽培園では、様々なものを餌とするニセアゴカブリダニの発生が主となる。



カブリダニ類
(ミヤコカブリダニ)



ハダニアザミウマ



ヒメハダニカブリ
ケシハネカクシ



キアシクロ
ヒメテントウ

②フジコカイガラムシの天敵



クロバチ類



タマバエ類 (幼虫)

県下ではフジコナカイガラムシの天敵は寄生蜂のクロバチ類が最も広く分布しているが、タマバエ類が優占する地区もあります。

③アブラムシ類の天敵

アブラムシ類は寄生蜂の他、多くの捕食性天敵が見られる。テントウムシ類は様々な色や大きさのものが園内で確認される。



寄生されたアブラムシ (マミー:左) とアブラハチ (右)



ヒラタアブ (幼虫)



ナメトリ (幼虫)



テントウムシ類 (左からヨコヒメテントウ、ダシクテントウ、ヒカメテントウ、ナメトリ)

④広食性の天敵

カゲロウ類やテントウムシ類はアブラムシ類だけでなく、カイガラムシ類の幼虫など雑多な害虫を捕食するものもいる。クモ類は有機栽培園では非常に多く種類が存在し、環境の多様性を表す指標生物であるだけでなく、多くの害虫を捕食していると考えられる。



左:カイガラムシを捕食しているカゲロウ類幼虫と
右:カゲロウ類の卵 (うどんげの花)



ジョウゴクモ



ナメトリ類

10) 市販キットを用いた病害の簡易検定

(1) 病気の診断

病気の診断は、まず生産者が目視で葉や茎等に発生した病徴を観察することから始まる。しかし、ほ場では複数の病気が混在したり、天候やほ場条件により発生する生理障害なども多く、目視による観察のみで診断することは非常に困難であることから、現場で実施できる簡易で迅速な診断法が求められている。そこで、既に市販されているイムノストリップキットを利用した診断方法について紹介する。

(2) イムノストリップキット (Agdia 社) の概要

血清診断法の1つであり、植物病原を検査紙で診断できる検査キットである。

① セット内容 (図 1)

- ・免疫試験紙 25 本入り
- ・緩衝液入りサンプルバッグ 25 袋
- ・取扱説明書

② 特徴

- ・少量のサンプルで迅速な診断が可能：30 分以内
- ・DAS-ELISA 法とほぼ同等～やや劣る精度 (参考資料：表 1)
- ・特別な機器は不要で、現場で診断可能 (参考資料：表 2)

③ 準備物 (図 2：①～③)

- ・検査キット (試験紙、サンプルバッグ)、マジック、ハサミ

④ サンプル採取 (図 2：④)

- ・病気によって全身感染、局部感染など、菌濃度が均一でない場合もあることから、サンプルは、病徴部を含めて採取する。
- ・サンプルの適量は、緩衝液 3 ml に対して 5% (葉：約 3 cm 角) とする。

⑤ 使用方法 (図 3)

- ・採取したサンプルを、袋の内張りメッシュの間に入れる。
- ・袋の外側からサンプル片を磨砕し、緩衝液が着色するまで汁液を抽出する。
- ・試験紙をサンプル袋内の右端 (メッシュのない透明の部分) に挿入し、その先端 (5mm 程度の部分に白い矢印↓線あり) を抽出液に浸漬する。

⑥ 検定結果 (図 3)

- ・菌やウイルスが存在する場合 (陽性) は、赤色の線が 2 本 (上：対照、下：病原の存在) 現れる。
- ・菌が存在しない場合 (陰性) は、赤色の線が 1 本現れる (上の線)。
- ・下の線 (病原) のみ現れた場合や線が 1 本も現れない場合、検定は無効である。
- ※赤色の線が現れるまでに、30 分程度要する場合がある (通常は 2～3 分程度)。
- ※薄い陽性であっても発色が認められた場合は、病原の存在を意味する。

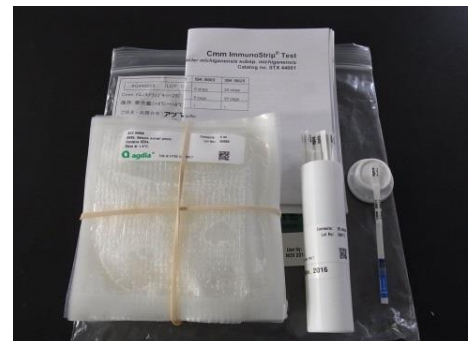
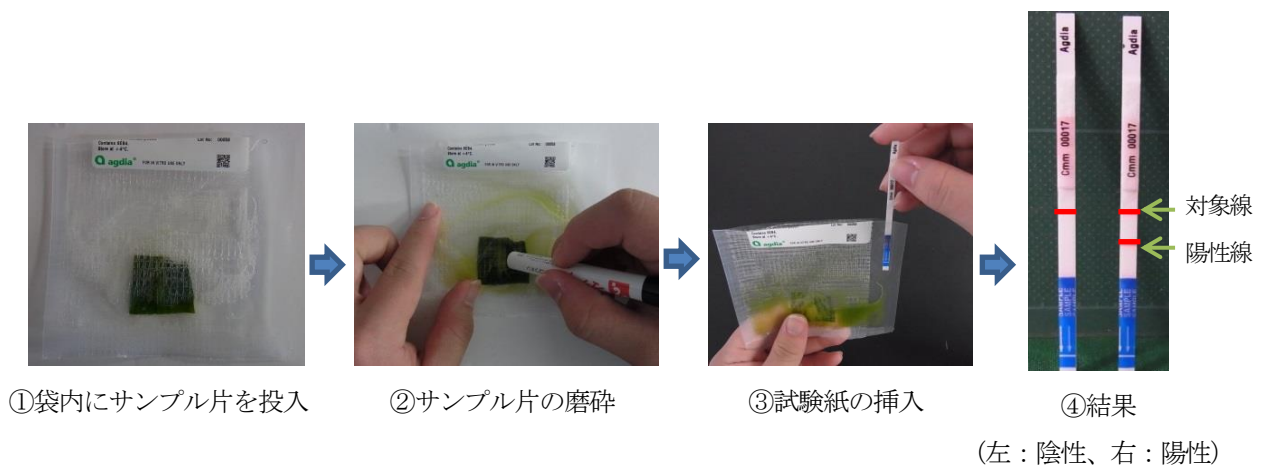


図1 イムノストリップキット (Agdia 社)



(3) イムノストリップキットの種類と参考価格など

- ・2021年2月現在、ウイルス（33種）、細菌（5種）、糸状菌（1種）に対して販売されている（冷蔵庫で保管）。
 - ・参考価格：約25,000円（1検査分：約1,000円）
 - ・製造元：Agdia社製
 - ・国内輸入元：アヅマックス株式会社
東京営業所：東京都中央区日本橋茅場町3-2-10
 - ・県内の取扱いは、理化学機器等を扱っている業者で購入可能である。
- ※国内在庫がない場合は、発注後約3～4週間要する場合があります。

参考文献等

- 1) Agdia社 イムノストリップキット取扱説明書
- 2) アヅマックス(株) イムノストリップキット商品名称(対象病原)病名一覧

【参考資料】

農林水産研究所で2013～2015年度に実施したトマトかいよう病を対象に、イムノストリップキットの精度や現地実証を行った結果について紹介する。

(1) イムノストリップキットの検出精度

本キットの精度を確認するため、トマトかいよう病発病株の小葉（病徴・無病徴部）の磨砕液をもとに段階希釈液を作成し、血清診断法の中で精度が高いとされる DAS-ELISA 法と比較した結果、同等からやや劣る傾向であった。

表1 イムノストリップキットとDAS-ELISA法による発病株^{※1}からのトマトかいよう病菌の検出

検定方法	病徴の有無 ^{※2}	希釈倍率 ^{※3}								
		10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹
イムノストリップキット	有	+	+	+	+	+	+	-	-	-
DAS-ELISA ^{※4}		+	+	+	+	+	+	-	-	-
イムノストリップキット	無	+	+	+	+	-	-	-	-	-
DAS-ELISA ^{※4}		+	+	+	+	+	-	-	-	-

※1: トマトかいよう病菌懸濁液を有傷接種して作成した株。

※2: 発病株から採取した主枝の小葉(病徴あり)とわき芽の小葉(病徴なし)。病徴は、葉脈間の褐変。

※3: トマトの葉(小葉2枚)を10倍量のPBSTで磨砕した原液を、所定濃度に希釈しサンプルとした。

※4: 健全株の磨砕液をblankとして、基質添加後一晩の吸光値が0.1以上のものを陽性と判定した。

(2) 現地で採取した発病株を用いたトマトかいよう病菌の検出状況と実証

イムノストリップキットを用いて、初期の発病株の部位別の検出状況を調査した結果、病徴の有無に関わらず、根、茎、複葉、果梗部、果皮、花および生長点の各部位から検出が可能であった。ただし、無病徴のサンプルでは、病原を示す赤色の線が現れるまでに30分程度を要した。

また、現地実証において、本キットは無病徴の株でも検出が可能で、本病の早期発見に有効であった。特に、曇雨天後の晴天時に発生する生理障害（葉の脱水症状、葉脈間の褐変）との区別に有効があった。

表2 イムノストリップキットによる初期の発病株^{※1}からのトマトかいよう病菌の検出部位

開花段数	展開葉数(枚)	根	茎		複葉(健全葉)			病徴のある複葉(36枚目)		果梗部	果皮	花	生長点
			株元	27枚目直下	30枚目	42枚目	47枚目	病徴部	無病徴部	9段目	11段目	12段目	
12	47	+ ^{※2}	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

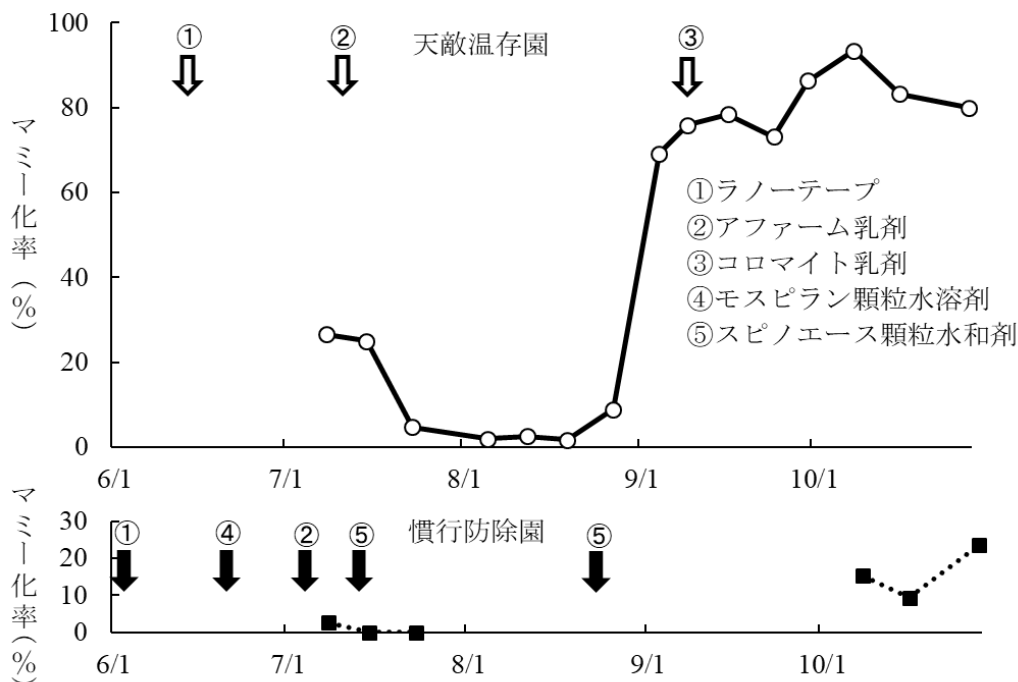
※1 現地で採取した複葉1枚中の小葉2枚に病徴(脱水症状)がある株。

※2 +: 陽性、 -: 陰性。

11) 夏秋トマトやイチゴでの天敵の利用

近年は国内外の天敵を商品化したものが主に野菜類の害虫防除資材として市販されており、その土地にもともと分布している土着天敵の利用も始まりつつある。ここでは、久万高原町の夏秋トマト栽培において、コナジラミ類対策として活用可能なオンシツツヤコバチを紹介する。本種は外国からの導入天敵であるが、久万高原町においては本種が定着しており、殺虫剤の使用体系を見直すことで天敵を主体とした防除を行うことが可能。

天敵温存園では、7月上旬には天敵寄生率が約26%だったが、薬剤の影響で7月下旬～8月下旬の天敵寄生率は10%以下に低下した。9月に入り天敵寄生率が急上昇し、10月まで70%以上を維持している。それに対して、慣行防除園では、7月の天敵寄生率は3%以下と低く、10月でも9～23%と、作期の終盤でも天敵寄生率の顕著な上昇は見られなかった（第1図）。天敵の寄生率が70%以上であれば、防除を行わなくても天敵のみでコナジラミ類の発生を抑えることが可能とされている。



第1図 オンシツコナジラミの天敵寄生率の推移

矢印はコナジラミ類対象の防除を示す

天敵を温存した防除体系をとるためには天敵に影響のない殺虫剤（選択性殺虫剤）の選択が大切になってくる。トマトの主要害虫に対して使用可能な、天敵に影響の少ない殺虫剤の例を第2表に示した。

第1表 天敵を温存した防除体系で使用可能な薬剤

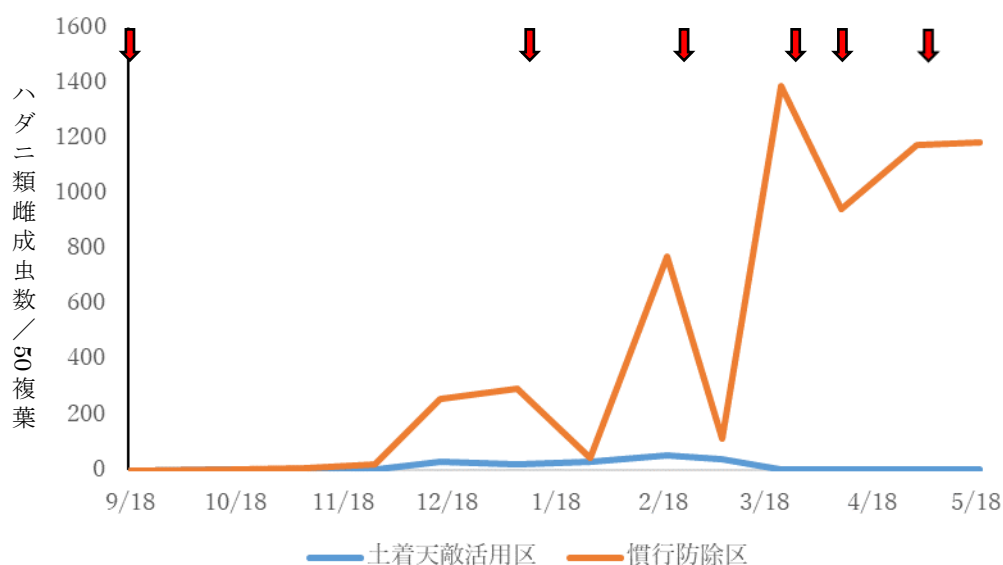
コナジラミ類	ラノーテープ、クリアザールフロアブル、コロマイト乳剤、アニキ乳剤
チョウ目害虫	BT剤、フェニックス顆粒水和剤
ハモグリバエ類	トリガード液剤、マッチ乳剤
アザミウマ類	カスケード乳剤、マッチ乳剤
トマトサビダニ	クリアザールフロアブル、ダニトロンフロアブル

イチゴのハダニ類の土着天敵を利用した防除法に関する試験例を以下に示した。

イチゴの主要害虫ハダニ類は薬剤抵抗性が発達しやすく、安定して効果の高い殺ダニ剤は限られる状況である。ハダニ類にはカブリダニ類、ハダニアザミウマをはじめとして様々な土着天敵が存在し、ハダニの発生を制御している。ところが、慣行の防除体系では土着天敵に影響の強い剤も使用されるため、土着天敵の効果がうまく発揮されていない。

そこで、土着天敵に影響の少ない殺虫剤のみで防除体系を組み立てて防除したところ、本圃での殺ダニ剤使用なしでハダニ類の発生を低密度に抑えることが可能であった。これに対して慣行防除区では、殺ダニ剤を6回使用したにもかかわらず、作の後半には多発状況が続いた（第2図）。

土着天敵を活用した防除は、農家に余分なコストや労力が発生せず、理想的な防除手段と考えられる。



第2図 防除体系の違いがハダニ類の発生に及ぼす影響

矢印は慣行防除区での殺ダニ剤の処理を表す

12) 指標生物による農業に有用な生物多様性の評価

(1) 農業における生物多様性

持続的な農業を実現するための重要な資源の一つとして、EUをはじめとする国々では「農業に有用な生物の多様性」が認識されてきている。日本においても「農林水産省生物多様性戦略」が策定され、減農薬栽培や IPM など環境保全を重視した様々な取り組みがなされてきたが、これらの取り組みの効果を定量的に評価する方法が無かった。そこで、指標生物を利用してその効果を定量的に評価する方法を開発した。

(2) 指標生物

天敵は餌となる生物が多く多様であれば、発生数や種類が多くなる。このため、農薬など農業技術の影響を強く受けるものを指標とすれば、調査園の生物多様性を評価できるのではないかと考えられた。そこで、ピットフォールトラップ(以下 PFT)、黄色粘着トラップ(以下 YT)、払落とし、見取りの調査法を用い、慣行栽培や有機栽培など様々な園地において天敵の発生を調査した(調査方法等の詳細は農業環境研究所のホームページ参照、<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/shihyo/>)。その結果、有機栽培など生物多様性が高いと考えられる園地で発生の多い天敵が明らかとなり、これらを指標生物とした。選抜された指標生物は、テントウムシ類(ダニヒメテントウ類除く)、トビコバチ類、ハネカクシ類、シテムシ類、アリ類、地上徘徊性クモ類、カブリダニ類(ミヤコカブリダニ除く)、樹上造網性クモ類の8生物群である。この内、カブリダニ類やトビコバチ類は小型のためマイクロルーペや顕微鏡等の専用の道具が必要となり、分類はやや難しい。



写真1 PFTの設置状況



写真2 YTの設置状況

(3) 調査時期及び評価法

調査は、6月下旬から8月に2週間以上の間隔で3回以上行う。評価は、指標生物毎の平均捕獲・確認数で行う。なお、トビコバチ類やカブリダニ類を除く6、7種の指標生物でも評価はできる。表1に示す指標生物の捕獲・確認数に応じて、0~2点の点数を与え、それらの合計値をその園の生物多様性スコア(合計点数)とする。

指標種は、県内に分布する普通種の捕食生物で広食性であるものが多く、特定の害虫に対する影響が強いものでは無いが、これまでの調査から、生物多様性スコアの高い(概ね6以上のスコア)園地ではミカンダニが多発した事例は少なく、天敵の活動が高いことが示されている。

表1 指標生物の基準値

調査方法	指標種	捕獲・確認数とスコア		
		0点	1点	2点
YT	テントウムシ類(キアシヒメテントウ除く)	0.01<	0.01~0.04	≤0.04
YT	トビコバチ類	0.1<	0.1~0.57	≤0.57
PFT	地上徘徊性クモ類	0.48<	0.48~0.86	≤0.86
PFT	ハネカクシ類	0.15<	0.15~0.18	≤0.18
PFT	シテムシ類	0.01<	0.01~0.16	≤0.16
PFT	アリ類	3.04<	3.04~3.88	≤3.88
見取り	樹上造網性クモ類	0.3<	0.3~1.64	≤1.64
払い落とし	カブリダニ類(ミヤコカブリダニ除く)	0.23<	0.23~1.24	≤1.24

※) YT: 20cm×10cmのシート1日あたり捕獲数、PFT: 1トラップ1日あたり捕獲数

見取り: 樹容積1m³あたり確認数、払い落とし: 1樹4枝・3樹あたり捕獲数 にそれぞれ換算