

有機栽培畑輪作における地力推移・作物収量・病害虫発生 の特徴と雑草抑制対策

誌名	北農
ISSN	00183490
著者名	谷藤,健 笛木,伸彦 安岡,眞二 三宅,規文 小野寺,鶴将 清水,基滋 白旗,雅樹
発行元	北海道農事試験場北農會
巻/号	85巻3号
掲載ページ	p. 232-240
発行年月	2018年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



<試験成績・研究成果>

有機栽培畑輪作における地力推移・作物収量・病害虫発生の特徴と雑草抑制対策

谷藤 健* 笛木 伸彦** 安岡 眞二*** 三宅 規文**
小野寺鶴将*** 清水 基滋*** 白旗 雅樹**

要 旨

春まき小麦、ばれいしょ、大豆の有機畑輪作により土壌物理性の改善が認められた。各作日とも収量は慣行栽培より低下したが、堆肥施用による改善効果が見られた。慣行栽培より発生が多かった病害虫は、春まき小麦の赤かび病、大豆の苗立枯病、タネバエおよびマメシクイガであった。また春まき小麦において、生育前半の3～4ないし5回の機械除草は残草量の低減に効果が高かった。

はじめに

食の安全・安心への関心の高まりから有機農産物の需要は増加し、また低投入で持続可能な資源循環型農業の構築も求められていることから、有機農業への関心と期待は高い。これに対応し、道立農業試験場（現道総研農業試験場）では2004年から有機農業に関する試験研究を開始し、畑作ではばれいしょの有機栽培法に関する成績がとりまとめられたところである（北海道農政部2007, 田村ら2012, 2015, 清水ら2017）。しかしながら、畑作物の場合、輪作を行って長期的に土壌管理を行うことが前提であり、麦類や豆類等も含めた畑作における合理的な有機輪作体系を確立する必要がある。現状として、輪作体系の中で有機栽培が土壌理化学性の変化や養分供給能の消長、病害虫の発生に及ぼす影響など不明な点は多く、また、地力に応じた適切な施肥法や病害虫防除に有効な有機資材に関する情報も少ないことから、有機畑輪作の実践が土壌環境や病害虫発生に与える影響を評価し、より効率的な施肥法、病害虫対策を提

示する必要がある。そこで、畑輪作有機栽培を行った際の地力、収量性および病害虫発生の推移および特徴を明らかにし、あわせて機械除草の効果も検討することを目的として本試験を行った。

試験方法

1. 有機畑輪作の概要

十勝農業試験場内の、有機JAS基準における「有機栽培」に該当する圃場（淡色黒ボク土）を用い、2007～2010年の4ヶ年にわたって試験を実施した。春まき小麦、ばれいしょ、大豆の3輪作とし、隣接して野生種エンバクーばれいしょ交互作区を設けた。これらの圃場はさらに4区に分割し、①慣行区（化学肥料施肥・化学農薬防除）、②有機区（有機質肥料（豆屑、米ぬか等を原料とした市販ぼかし肥（A肥料）、および蒸製骨粉）のみ。堆肥の施用なし）、③有機・堆肥施用区（有機質肥料、堆肥施用（牛ふんバーク堆肥、1.5 t/10a/年）、④有機・堆肥倍量施用区（同、3 t/10a/年）とした。なお、堆肥の施用は試験初年目（春施用）を除き、前年秋に行った。

2. 土壌理化学性

春の耕起前に各区（作物×処理）の作土層から採土管にて土壌80mlを採取し、土壌物理性（容積重、三相、透水係数）を測定した。また別途採取した土壌を風乾し、土壌化学性分析に供した。分析値の統計処理は「Excel統計」を用い、分散

*道総研十勝農業試験場（現同中央農業試験場）

Ken TANIFUJI

**道総研十勝農業試験場 Nobuhiko FUEKI,

Norifumi MIYAKE, Masaki SHIRAHATA

***道総研十勝農業試験場（現 同北見農業試験場）

Shinji YASUOKA, Kakumasa ONODERA,

Motoshige SHIMIZU

分析および Tukey の方法による多重比較検定を行った。以下、輪作圃場における各比較検定も同様である。

3. 輪作圃場における各作物の施肥法

1) 春まき小麦

(1) 供試品種「はるきらり」

(2) 施肥量 (N : P₂O₅ : K₂O (kg/10a), 以下同じ) 慣行区 9 : 15 : 7.5, 有機区 9.0~9.3 : 15.0~15.8 : 3.6~4.1 (2009年よりA肥料の保証成分変更。以下同じ)

2) ばれいしょ

(1) 供試品種「さやあかね」(2008年のみ種いもを入手できず、同じ疫病抵抗性品種「花標津」を用いた)

(2) 施肥量 慣行区 8 : 20 : 14, 有機区 7.9~8.2 : 19.8~20.0 : 2.6~3.0

3) 大豆

(1) 供試品種「トヨハルカ」

(2) 施肥量 慣行区 2 : 16.8 : 8.7, 有機区 2.6 : 15.8 : 0 (蒸製骨粉のみを施用)

4. 病害虫に関する試験

1) 有機栽培におけるコムギ赤かび病被害の品種間差

「はるきらり」「春よ恋」「ハルユタカ」の3品種を、上記の有機区(堆肥なし)の方法に準じて栽培し、病穂率、発病小穂率の調査を行った。また、各区収穫物整粒(2.2mm)中のデオキシニバレノール(DON)分析(協和メデックス委託)を行った。

2) 土壌中のセンチュウ動態

上記輪作圃場において、作付前・作付後に土壌を採取(1区当たり9カ所から採取したものを混合)し、それぞれにセンチュウ密度を計数した(25g中頭数)。

3) 有機質肥料の施用と大豆のタネバエ被害との関係

「トヨハルカ」を供試し、播種前の堆肥施用の有無、有機質肥料の種類(①グアノ ②魚粕+グアノ ③蒸製骨粉 ④鶏ふん+グアノ)により8処理のタネバエ被害個体率を調査した(2007年)。

および、魚粕施用量4段階(0, 2, 5, 12.5kg/10a)での比較も行った(2008年)。

4) その他病害虫

輪作圃場において、小麦はコムギうどんこ病、ばれいしょはジャガイモ疫病・ナストビハムシ・コメツキムシ、大豆ではダイズ苗立枯病・ダイズべと病・マメシクイガの発生量または被害程度を調査した。

5. 機械除草法(春まき小麦)

1) 供試品種および栽培法

「はるきらり」を、輪作圃場の有機区(堆肥なし)の方法に準じて栽培した。畦間は2通り(30cm: 広畦 12.5cm: 狭畦)である。

2) 除草機

玉カルチ(広畦用, 写真1左), スプリング除草ハロー(NK3C, 狭畦用, 写真1右)の2種を用いた。

3) 除草処理

5月初旬~6月初旬にかけて6回(2007, 2008年)ないし5回(2009, 2010年)の除草処理期を設定し、その中で3~6回の処理を行った後、6月下旬の残草量を無除草区と比較した。

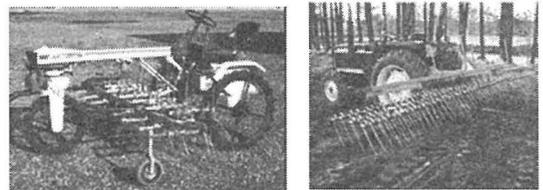


写真1 小麦除草に供試した除草機
(左: 玉カルチ (広畦用)
右: 除草ハロー (狭畦用))

試験結果

1. 有機畑輪作栽培が土壌理化学性に及ぼす影響

各試験処理区における各年次作付前の作土の物理性を表1に示した。二元分散分析(試験処理×供試作物)の結果、供試作物間の差は小さかったことから、試験処理間の比較のみを行った。

試験期間内に処理間で有意差が生じるに至った項目は液相率、気相率であり、慣行区対比で有機各区の液相率は低く、気相率は高くなった。それ

表1 各試験処理の継続が土壌物理性に及ぼす影響

試験年次	処理区	容積重 g/100mL	気相率 (pF1.8, %)	液相率 (pF1.8, %)	固相率 %	有効水分 (%)	透水係数 (cm/sec)
2007	慣行	79.5	24.7	46.2	29.1	13.2	-
	有機	80.9	22.8	47.1	30.1	16.4	-
	有機・堆肥	79.8	23.1	44.8	32.1	14.9	-
	有機・堆肥倍量	81.8	22.7	45.2	32.1	15.7	-
2008	慣行	75.9	35.1	41.3	23.6	13.2 b	-
	有機	79.3	32.5	42.9	24.6	14.3 a	-
	有機・堆肥	77.9	34.1	41.7	24.2	14.1 ab	-
	有機・堆肥倍量	77.8	33.6	40.7	25.8	14.1 ab	-
2009	慣行	77.9	26.4	41.4 a	32.2	13.9 a	8.8E-03
	有機	77.3	28.3	39.2 ab	32.5	12.1 b	9.2E-03
	有機・堆肥	76.8	28.3	39.4 ab	32.3	12.1 b	1.0E-02
	有機・堆肥倍量	74.9	30.7	38.1 b	31.2	12.6 b	9.9E-03
2010	慣行	95.5	19.1 b	44.8 a	36.2	10.1	2.5E-03
	有機	90.0	24.9 ab	42.2 ab	33.0	10.2	3.1E-03
	有機・堆肥	87.2	26.4 a	41.3 b	32.3	10.0	4.2E-03
	有機・堆肥倍量	88.6	27.0 a	40.8 b	32.2	10.2	3.8E-03

慣行区は2008年以降場所を変更したことから、2007年の慣行区の値および統計解析結果(斜字部分)は参考データ。

土壌試料の採取は耕起前の4月中旬に行った。異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。

により、容積重および固相率の対慣行比も低下し、有機栽培により土壌物理性は改善する傾向がみられた。なお、堆肥施用レベル間の差は小さかった。有効水分は各試験処理による影響が判然としなかった。透水係数は有機区が慣行区よりやや高い傾向を示したものの、最終年次においても有意差はなく、透水性に及ぼす影響は明らかではなかった。

また、土壌化学性を表2に示した。堆肥施用レベルの差が最も反映されており、交換性塩基は有機区(堆肥なし)において低い傾向となり、カリは堆肥連用によってかなり過大となった。総炭素量、総窒素量、熱抽窒素および有効態リン酸(トルオーグリン酸)の差異についても、慣行と有機の相違ではなく、堆肥施用の影響が大きかった。リン酸吸収係数は慣行より有機がやや低くなる傾向であったが、堆肥施用量との関係は判然としなかった。

2. 有機輪作栽培における生育および収量性

1) 春まき小麦

春まき小麦の収量を表3に示した。2007年有機区の子実収量は、慣行区に比べ有機区(堆肥なし)は明らかに劣ったが、堆肥施用により慣行並に増収した。しかし、2009年は6月上中旬の極端な低温・寡照および7月の記録的な多雨により、2010

表2 各試験処理の継続が土壌化学性に及ぼす影響

試験年次	処理区	pH	EC	総炭素	総窒素	熱抽窒素	トルオーグリン酸	リン酸	交換性塩基(mg/100g)			CEC (me/100g)
			mS/cm	(%)	(%)	mg/100g	mg/100g	吸収係数	CaO	MgO	K ₂ O	
2007	慣行	6.0 a	0.05	2.3 b	0.17 b	2.9 b	3.7 b	1526 a	137 a	16.2	8.2 b	11.8
	有機	5.7 b	0.06	2.5 a	0.20 a	3.9 a	6.2 a	1448 b	101 b	14.9	15.7 ab	12.2
	有機・堆肥	5.7 b	0.06	2.6 a	0.20 a	3.9 a	5.7 a	1482 ab	98 b	14.7	16.7 a	11.7
	有機・堆肥倍量	5.7 b	0.06	2.6 a	0.20 a	4.1 a	6.3 a	1428 b	91 b	14.3	17.8 a	11.6
2008	慣行	5.8 a	0.16 a	2.0 b	0.26	4.8 b	6.6 a	1389 ab	112 a	19.1 a	31.7 ab	10.2
	有機	5.5 b	0.09 b	2.2 a	0.27	4.9 b	4.9 b	1345 ab	97 b	13.2 b	28.1 b	10.5
	有機・堆肥	5.6 b	0.11 b	2.1 ab	0.27	5.1 ab	5.6 ab	1420 a	99 ab	14.7 b	31.7 ab	10.5
	有機・堆肥倍量	5.6 b	0.11 b	2.2 a	0.26	5.4 a	6.2 ab	1254 b	98 ab	14.9 b	38.4 a	10.1
2009	慣行	5.9 a	0.12 a	2.1 b	0.26 b	3.9 c	8.1 b	1440 a	125 a	24.2 a	23.6 b	10.1 b
	有機	5.6 b	0.07 b	2.1 b	0.26 b	4.1 c	7.5 b	1308 bc	99 c	14.5 c	19.6 b	10.0 b
	有機・堆肥	5.8 a	0.10 a	2.2 ab	0.28 ab	4.8 b	9.2 b	1394 ab	112 b	18.6 b	33.1 a	10.5 ab
	有機・堆肥倍量	5.9 a	0.12 a	2.5 a	0.29 a	5.8 a	12.2 a	1263 c	118 ab	21.8 ab	38.2 a	10.9 a
2010	慣行	5.9 a	0.13 a	2.1 b	0.22 c	4.2 b	11.4 b	1433 a	160 a	37.3 a	39.3 b	12.7 a
	有機	5.7 b	0.07 b	2.1 b	0.23 bc	4.2 b	11.0 b	1380 ab	134 b	23.0 b	29.1 b	10.6 b
	有機・堆肥	6.0 a	0.11 a	2.3 ab	0.25 ab	5.6 ab	18.7 a	1406 a	138 ab	20.4 b	55.1 a	11.8 a
	有機・堆肥倍量	6.1 a	0.11 a	2.4 a	0.27 a	6.5 a	19.2 a	1321 b	151 ab	23.0 b	64.2 a	11.9 a

慣行区は2008年以降場所を変更したことから、2007年の慣行区の値および統計解析結果(斜字部分)は参考データ。

土壌試料の採取は耕起前の4月中旬に行った。異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。

表3 春まき小麦の収量調査結果

試験年次	試験区	子実重 (製品) (kg/10a)	同左 指数	千粒重 (g)	タンパク (%)	容積重 (g/L)	養分吸収量(kg/10a)		
							N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2007	慣行	463 a	100	39.5	10.9	827	11.0 a	4.3	14.4
	有機	354 b	76	40.9	10.2	827	7.8 b	3.8	9.5
	有機・堆肥	417 a	90	40.8	11.0	827	9.1 ab	4.2	14.8
	有機・堆肥倍量	433 a	93	40.2	10.7	828	9.7 ab	4.2	17.6
2009	慣行	336 a	100	37.9 a	11.4 b	852	10.4	4.0 ab	12.1
	有機	215 b	64	34.8 b	12.1 ab	835	7.8	3.4 b	9.3
	有機・堆肥	214 b	64	35.0 b	12.1 ab	842	7.6	3.6 b	9.7
	有機・堆肥倍量	234 b	70	33.3 b	12.6 a	836	9.9	4.6 a	16.5
2010	慣行	342 a	100	39.4	11.8	837	9.9 a	4.9 a	17.2 a
	有機	221 b	65	40.9	11.2	837	5.4 b	3.3 b	7.6 b
	有機・堆肥	252 b	74	39.4	12.2	833	7.5 ab	4.2 ab	13.2 ab
	有機・堆肥倍量	255 b	74	38.6	12.2	831	7.7 ab	4.5 ab	15.1 a

2008年は播種トラブルによる廃耕により欠測。
異なるアルファベットは試験区間に5%水準で有意差があることを示す。
製品歩留の有意差検定は2010年のみ。

年は登熟期間を通じた高温により低収となった。両年とも堆肥施用効果は見られたものの、慣行区より収量性は有意に低かった。2010年は生育初期の低温も影響し、この時期の養分吸収が十分に行われなかったことに加え、止葉期以降の急激な高温により登熟期間も短縮したことが減収要因として推察された。

品質については、千粒重、タンパク含有率(近赤外分析計)で一部有意差があり、またタンパク含量は堆肥施用により若干増加したものの、全般には有機栽培による影響は小さかった。

各養分吸収量については必ずしも収量レベルを反映せず、有機区は慣行区より低収にも関わらず差は小さかった。これは、麦稈中の含有率が有機区と慣行区、または堆肥施用レベルにより異なったことによるもので、特にリン酸含有率は有機が慣行より高く、カリ含有率は堆肥施用レベルに応じ高まる傾向が認められた(データ省略)。この傾向は子実には認められなかったことから、有機区では吸収養分の子実への転流が抑制される傾向にあったと考えられた。

表4 ばれいしよの収量調査結果

試験年次 供試品種	試験区	規格内収量 t/10a	同左 指数	規格内率 (重量%)	デンプン価 (%)	養分吸収量(kg/10a)		
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2007 「さやあかね」	慣行	2.32	100	70.2	18.0 a	5.5	4.8 a	16.9 ab
	有機	2.21	96	82.4	14.6 b	4.9	2.8 b	13.6 b
	有機・堆肥	2.30	100	65.3	13.6 b	5.9	3.6 ab	17.9 a
	有機・堆肥倍量	2.74	117	69.8	13.8 b	6.0	4.7 a	20.2 a
2008 「花標津」	慣行	2.00 a	100	50.1	14.3 bc	8.1 a	3.7 a	17.2 a
	有機	1.50 ab	75	50.5	16.6 a	5.3 b	3.1 ab	12.1 b
	有機・堆肥	1.20 b	60	45.4	15.0 b	5.0 b	2.9 b	12.0 b
	有機・堆肥倍量	1.00 b	50	37.7	13.9 c	4.8 b	3.0 b	11.7 b
2009 「さやあかね」	慣行	2.80 a	100	65.4	17.3 a	9.1 a	5.5 a	21.9 a
	有機	1.60 b	57	62.1	17.1 a	5.8 b	3.1 c	13.3 c
	有機・堆肥	1.70 b	61	56.7	16.4 b	5.7 b	4.2 b	15.9 bc
	有機・堆肥倍量	1.80 b	64	56.2	16.2 b	6.4 b	4.4 b	17.5 b
2010 「さやあかね」	慣行	2.40 a	100	74.3 b	12.9	6.7 a	5.2 a	15.6 a
	有機	1.90 b	78	81.7 ab	13.4	4.4 c	3.6 b	10.6 c
	有機・堆肥	2.20 ab	92	85.0 a	13.0	5.3 b	4.3 b	13.7 b
	有機・堆肥倍量	2.30 ab	96	84.9 a	12.7	6.6 a	4.3 b	13.9 b

異なるアルファベットは試験区間に5%水準で有意差があることを示す。
規格内率の有意差検定は2010年のみ。

表5 大豆の収量調査結果

試験年次	試験区	製品子実 (kg/10a)	同左指数	百粒重 (g)	養分吸収量(kg/10a)		
					N	P2O5	K2O
2007	慣行	215 a	100	38.7	14.5	2.2	6.6 b
	有機	171 b	80	39.4	14.5	3.2	8.1 ab
	有機・堆肥	159 b	74	41.2	14.9	3.2	9.0 a
	有機・堆肥倍量	160 b	74	39.4	15.2	3.3	8.8 a
2008	慣行	296 a	100	37.3	21.5 a	4.2 a	9.8 a
	有機	75 b	53	36.6	12.1 c	2.3 c	5.2 c
	有機・堆肥	84 b	59	37.6	13.5 bc	2.7 bc	6.3 bc
	有機・堆肥倍量	135 b	79	38.4	17.9 ab	3.8 ab	8.9 ab
2009	慣行	316 a	100	37.2 a	18.1 a	3.6 a	9.7 a
	有機	9 b	3	33.3 ab	2.9 b	0.7 b	1.7 b
	有機・堆肥	9 b	3	30.6 b	2.9 b	0.6 b	1.8 b
	有機・堆肥倍量	10 b	3	31.3 b	3.1 b	0.7 b	2.0 b
2010	慣行	321 a	100	40.6 ab	20.1 a	5.0 a	12.7 ab
	有機	106 b	33	37.5 b	11.2 c	2.9 b	6.7 b
	有機・堆肥	124 b	39	41.2 a	15.7 b	4.3 a	10.2 ab
	有機・堆肥倍量	139 b	43	41.2 a	16.0 b	4.4 a	10.8 a

異なるアルファベットは試験区間に5%水準で有意差があることを示す。

2) ばれいしょ

ばれいしょの収量を表4に示した。規格内収量は、2008年以降、有機区は慣行区よりも低収傾向であったが、2010年は慣行区に小さいものが多く発生し、規格内率が有機区より低かったことから、無堆肥区を除き有機は慣行と同等であった。2010年は、生育期の異常高温の影響を受けて塊茎への養分供給が低下した年であるが、塊茎数が少なかった有機区（3区平均個数で慣行比63%）において

表6 害虫による大豆の食害

試験年次	試験区	屑子実割合 (重量%)	屑子実内訳(重量%)		
			マメシキイガ	カメムシ	その他*
2007	慣行	13.5 b	4.7 b	1.4 b	7.4 c
	有機	35.1 a	23.7 a	2.6 ab	8.7 ab
	有機・堆肥	38.5 a	26.2 a	2.6 ab	9.6 a
	有機・堆肥倍量	39.5 a	27.7 a	4.1 a	7.7 bc
	慣行	10.2 b	8.3 c	1.9 b	-
	有機	58.1 a	54.1 a	4.0 ab	-
	有機・堆肥	56.7 a	53.0 ab	3.7 ab	-
	有機・堆肥倍量	48.4 a	42.9 b	5.6 a	-
	慣行	2.2 b	1.6 b	0.0	0.6
	有機	80.6 a	79.8 a	0.2	0.6
	有機・堆肥	83.5 a	82.9 a	0.0	0.5
	有機・堆肥倍量	80.5 a	79.1 a	0.4	1.0
	慣行	19.5 b	15.8 b	0.8 b	2.9
	有機	48.9 a	44.1 a	2.8 a	2.0
	有機・堆肥	56.8 a	50.0 a	3.7 a	3.1
	有機・堆肥倍量	53.5 a	46.3 a	3.2 a	4.0

異なるアルファベットは試験区間に5%水準で有意差があることを示す。

* 主に未熟粒、割れ粒

は1個あたり重量が確保されたためと推察された。また、デンプン価は堆肥施用で低下する傾向が見られた。

いもの養分吸収量は総収量の傾向を反映し、2008年以降の有機区は慣行区より低かった。有機区では堆肥施用により吸収量は高まり、特にカリ吸収において比較的明瞭な傾向を示した。

3) 大豆

大豆の生育および収量

を表5に示した。粗収量は2008年以降、慣行区が有機区より有意に優ったが、有機区においては、2007年および、全区著しい低収となった2009年を除いて堆肥施用効果が認められ、施用レベルに対応して収量の改善が見られた。有機区の製品子実重は全年次において慣行区より著しく劣る結果となった。道内で多発傾向にあったマメシキイガ食害を主とする屑子実割合の増加が要因であり、各年度において甚大な被害が発生していた(表6)。

各養分吸収量については、収量レベルを反映しいずれも慣行区が最も高く、有機区内では堆肥施用レベルにほぼ従う順序となった。

3. 有機輪作栽培における病害虫の発生状況

1) コムギ赤かび病

春まき小麦の有機栽培における赤かび病発生の品種間差は、病穂率および発病小穂率とも「ハルユタカ」>「春よ恋」>「はるきらり」の順であった(表7)。子実中DON濃度は、2007年はいずれの品種においても暫定基準値(1,100ppb)未満であったが、2009年は、暫定基準値を下回ったのは「はるきらり」のみであった。以上のことから、有機栽培において「はるきらり」の赤かび病に対するリスクは比較的低いと考えられた。しかしながら、別試験で「はるきらり」に*F. graminearum*を接種した(2009年)ところ、無防除区のDON濃度

表7 有機栽培におけるコムギ赤かび病の品種間差

調査年次	栽培方法	品種	病穂率 (%)	発病小穂率 (%)**	子実中DON濃度 (ppb)
2007	慣行	はるきらり	16.9	1.1	80
		有機	26.2	1.6	372
	有機	春よ恋	34.1	1.9	209
		ハルユタカ	62.5	4.1	504
2009	慣行	はるきらり	0.8	0.1	-***
		春よ恋	0.5	0.0	-
	有機	ハルユタカ	3.0	0.2	-
		はるきらり	3.8	0.6	315
2010*	慣行	春よ恋	5.7	1.2	1109
		ハルユタカ	16.0	3.2	1375
	有機	はるきらり	44.0	2.0	99
		はるきらり	61.1	3.7	466

* 2010年は輪作圃場における参考値。
 ** 発生菌種割合(2007簡易調査)は、慣行：F.graminearum 14.3%、M.nivale 71.4%、有機：F.graminearum 40.0%、M.nivale 40.0%。
 *** 「-」は未調査

は化学農薬防除区と比較して大幅に上回り、暫定基準値を超えた(データ省略)ことから、DON産生菌が優占する場合には「はるきらり」でも汚染リスクは高まると予想された。

2) 土壌中のセンチュウ動態

試験圃において確認されたセンチュウはネグサレセンチュウ、ネコブセンチュウ、ピンセンチュウ、自由生活種のセンチュウであり、このうちネグサレセンチュウと自由生活種のセンチュウ密度が高かった。小麦、ばれいしょ、大豆の輪作体系におけるネグサレセンチュウ密度の推移(図1)は、大豆の作付で大幅に増加、ばれいしょで若干

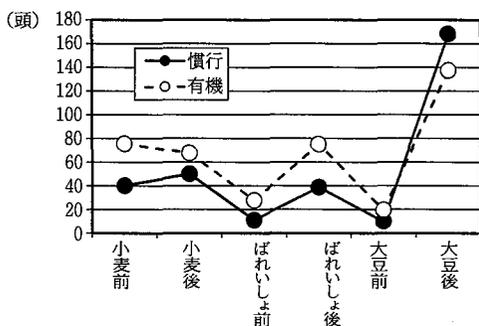


図1 3輪作体系におけるネグサレセンチュウ密度の推移 2007~2010年における各作物作付前後の密度の平均値。有機は各堆肥レベル区を込みにした値である。

の増加が認められ、春まき小麦では判然としなかった。また、越冬後のネグサレセンチュウ密度は常に減少する傾向が認められ、輪作体系においてネグサレセンチュウ密度は各年の試験前後において一定の範囲内で推移する傾向が認められた。また、野生種エンバクとばれいしょの交互作用においては、ばれいしょ作付け後に若干増加するがエンバク作付け後は大幅に低下し、試験期間を通して低く保たれた(データ省略)。

3) 有機質肥料の施用とタネバエ被害の関係

堆肥施用区および無施用区における被害個体率を表8に示した。堆肥施用区における被害個体率は魚粕+グアノ区で29%と高かったが、その他の処理区では低く抑えられた。堆肥無施用区においても同様に、魚粕+グアノ区で14%と高かった。なお、いずれの処理区においても播種前の堆肥施用により被害個体率はやや高まった。

表8 有機質肥料の種類と大豆に対するタネバエ被害状況(2007年)

	グアノ	魚粕+グアノ	蒸製骨粉	鶏ふん+グアノ
堆肥施用	5.0	29.0	5.0	5.5
堆肥無施用	3.0	14.0	1.0	0.0

数値は被害個体率(%)を示す。

また、魚粕施用量(0~12.5kg/10a)とタネバエによる被害個体率の関係を見たところ(データ省略)、魚粕無施用区に対し、施用区では用量の多少に関わらず被害程度は大幅に高まり、約30~40%減収した。

4) その他病虫害

その他比較調査を行った病虫害のうち、慣行区より発生が多かったのはダイズ苗立枯病、大豆のマメシンクイガ(表6)であった。逆に、慣行区より少なかったのはコムギうどんこ病、ダイズべと病であった。一方、ジャガイモ疫病、ばれいしょのナストビハムシおよびコマツキムシは有機区と慣行区で発生程度に差は認められなかった(マメシンクイガ以外はデータ省略)。

4. 有機栽培における春まき小麦の機械除草法

図2に各処理による残草量(無除草区対比)を示した。除草ハロー区では小麦の4葉期まで3回

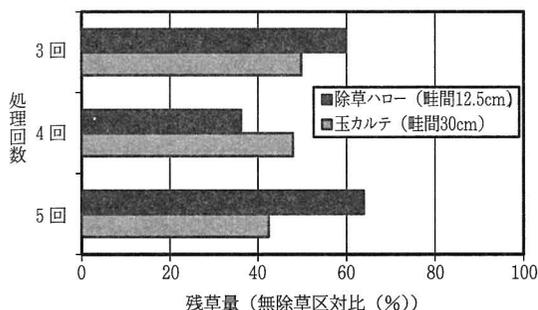


図2 春まき小麦における機械除草効果 (年次 (2007~2010) および設定仕様平均)

無除草区に対する残草量比。処理は5月初旬～6月初旬。残草量調査は6月中下旬。除草ハロー5回目は茎葉損傷のリスクから2009年以降実施せず。

以上の処理を行うことで概ね残草量がおおむね60%以下となった。玉カルチは残草量が概ね50%弱であるが、グラフは年次および設定仕様込みの平均値であり、最終年の2010年仕様（畦間レーキ装着に加え、畦幅に合わせてタインの位置を微調整）では、残草量30%以下と効果が向上した。

考 察

1. 畑輪作有機栽培における各作物の収量水準

有機輪作栽培において、各作物の収量水準は慣行栽培に比べて概ね低下した（表3～5）。施肥成分レベルは慣行とほぼ合致させているものの、有機質肥料の場合、低温となりやすい生育初期に養分供給が緩慢であることが収量差の大きな要因として考えられる。作物別の慣行区に対する有機区の収量レベル（総収量平均）は、春まき小麦で70%、ばれいしょで70～80%、大豆では65%程度で概ね推移したが、ばれいしょは既往の成績（2007）に示した収量比レベル（80～94%）をやや下回り、大豆は2009年のような極端な低収年（15%）が出現するなど、慣行との収量比率においても不安定要因を含むことが示唆された。

2. 畑輪作有機栽培における地力の維持・向上および収量改善に向けた堆肥の有効性と活用法

有機栽培による土壤理化学性への影響として、特に物理性の変化が明らかとなった。すなわち、慣行区との相対比較における気相率の上昇（図3）等や、それにとまなう容積重の減少である。これ

らの点は、有機栽培の継続により土壤の粗孔隙が増加したことを示すものであり、また堆肥施用レベルによる差は小さかったことから、有機栽培自体による何らかの効果の存在が考えられた。例えば、有機栽培と慣行栽培の大きな違いの1つは雑草発生量であり、雑草の根域や鋤込み量の増加等によって土壤物理性が変化した可能性も推察された。雑草発生に起因する土壤物理性の改善は、競合による養分収奪を考慮すれば生産力向上とは一致しないものの、適正な雑草管理を前提とした場合は、土壤物理性の改善・保持と収量性とのバランスを維持することは可能と考えられた。また、

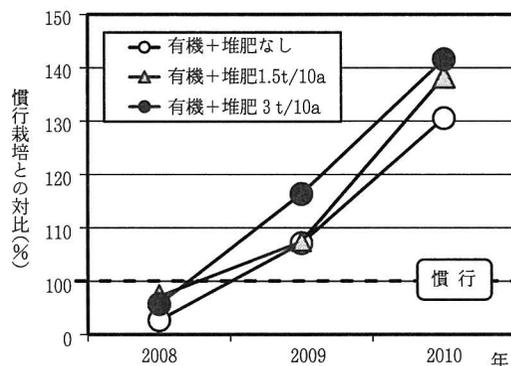


図3 有機畑輪作による土壤の気相率の変化 (慣行栽培対比)

このことは有機栽培においても土壤物理性改善に対する緑肥の有効性を示唆する。輪作圃場に隣接して設置した野生種エンバク-ばれいしょ交互作用において、エンバク鋤込み翌春（2010年）の土壤物理性を輪作圃場と比較したところ、固相率および有効水分に有意差が認められるなど、物理性はさらに改善する傾向を示した（データ省略）。

本試験において堆肥施用区は、有機栽培における養分供給不足を補い、収量性を改善する目的で設けた。堆肥施用によって慣行区と同等レベルに達したケースは少なかったものの、有機区内の比較において堆肥施用による収量改善傾向は認められた。ただし、効果は作物によって異なり（図4）、春まき小麦では施用当初から効果が見られ、その後も持続する傾向であったのに対し、ばれいしょでは効果は認められたものやや不安定であった。

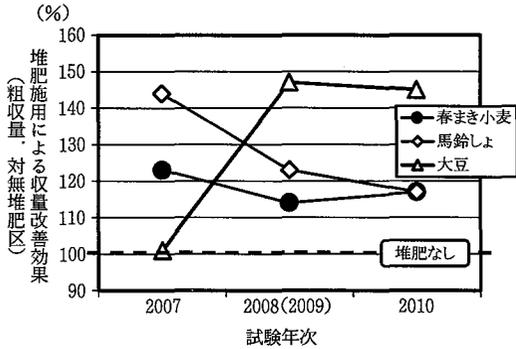


図4 堆肥施用（3t/年）による有機栽培作物の収量性改善効果

大豆においては施用当年の効果は認められず、効果の発現には年次経過を要した。本試験では、堆肥は作付作物に関わらず毎年連用したが、ばれいしょまたは大豆作付前の施用については、上記の理由のほか、ばれいしょではデンプン価の低下や二次成長、そうか病を助長する懸念があり、大豆では堆肥施用直後はタネバエ被害を誘発する危険があるなど、各障害の発生リスクも大きいことから避けた方が良く、施用初年目からの増収およびタンパク含量の向上といったメリットが期待できる春まき小麦作付前の施用が最も望ましいと考えられた。

以上、有機栽培においても、輪作体系の中での堆肥施用の継続は、中長期的スパンでの土壤理化学性向上、および各作物の収量性改善に有効である。ただし、過剰な施用は効率的な養分吸収や環境保全の観点からも不適切であることから、「北海道施肥ガイド2015」（2015）に示す限界施用量（単年施用の場合5t/10a）に留意する必要がある。

3. 有機畑輪作における病虫害への対応

本試験から得られた、有機畑輪作において留意すべき病虫害と対応について表9に示した。小麦

の赤かび病に対しては、DONによる汚染が比較的少ない「はるきり」を選択することによりリスク低減が期待できるものの、本品種程度の抵抗性ではDONの暫定基準値を超過するリスクは残ると考えられた。ばれいしょの疫病については、ほ場抵抗性が強い「さやあかね」を供試したことでいずれの年次においても問題となる発生には至らず、有機栽培における同品種の適性（田村ら2012）が確認された。ただし、気象条件により疫病の多発が予想される場合は、JAS有機栽培で使用可能な水酸化第二銅水和剤の散布を検討する必要がある（北海道農政部2007、清水ら2017）。大豆については、ダイズ苗立枯病による枯死個体率が慣行栽培よりも有機栽培で高かった。有機栽培で本病被害が多発する要因については不明であるが、本病は播種後の低温や土壌が多湿条件となった場合に発生が助長される（清水・児玉2010）ので、極端な早まきを避け、地温が十分に上昇してから播種することが有機栽培では特に重要である。タネバエの発生は、年次・地域によって甚発生する可能性があることに留意するとともに、魚粕を用いると顕著な被害の増加が見られたことから、有機資材の選択と施用時期には注意を要する。マメシクイガについては、表6の通り、有機区において整粒歩留を著しく低下させた。本種は大豆に依存して発生することから、前年度に近隣ほ場で大豆が作付けされている場合に多発生する可能性があり、その場合著しい減収となることがあるため、大豆で有機栽培を行う場合には地域における前年度の作付および発生状況を考慮する必要がある。ネグサレセンチュウについては、各作物の作付前後で特有の動態を示すが、有機栽培においても、輪作の維持により適正範囲にコントロール

でき、緑肥エンパクの導入によってさらに抑制効果が期待できると考えられた。

表9 輪作各作物の有機栽培で問題となる病虫害と対応

作物・発生病虫害		リスクの状況、対処方法
春まき小麦	赤かび病 (DON汚染粒)	「はるきり」では比較的低い。ただし条件によってはDONの暫定基準値超過のリスクが高まる
ばれいしょ	疫病	抵抗性品種がきわめて有効。「さやあかね」で問題なし
大豆	苗立枯病	播種後低温や多湿土壌で要注意
	タネバエ	魚粕施用は発生助長。堆肥も前作以前の施用が安全
	マメシクイガ	発生地域ではリスク高い。近隣圃場での状況に注意

4. 畑輪作有機栽培における機械除草の効果と課題

有機栽培春まき小麦において、玉カルチでは畦間レーキの装着、畦幅に合わせたタインの微調整によって高い除草効果が得られた。除草ハローでは、5葉期以降はトラクタのタイヤ踏圧による小麦の損傷が目立つことから4葉期までの処理としたが、この期間3回以上の処理を行うことで残草量が概ね60%以下となった。収量性についても、処理区は無処理区よりも高く（データ省略）、機械除草によって雑草の影響を低減させ、減収を回避することが可能と考えられた。また労働投下量についても、本試験における春まき小麦（輪作圃場）栽培期間では約100人時/10a（4ヶ年平均）、うち機械除草可能な6月中旬までは約40人時/10a（同）であったが、機械除草処理の場合、この期間における労働投下量は約0.5人時/10aと試算され、全栽培期間でも一定の省力効果が期待された。

一方、供試した除草機は機械除草の主な作用（「引き抜き」、「埋没」、「切断」）のうち、「引き抜き」であるティンを中心とした構成となっており、これは雑草の乾燥枯死による死滅によって効果を発揮することから、処理後の土壌水分の影響が大きく、既往の研究成果（北海道農政部2002）でも示されたように、降雨のパターンによっては、「引き抜き」後の雑草が処理後の降雨によって再生し、処理効果が不安定となるケースが生じた。さらに、光競合による雑草抑制の面でも、肥効が

緩慢で初期生育量が不足しやすい有機栽培では、慣行栽培ほどの効果は得にくいと考えられた。これら不安定要因の軽減のためには、輪作体系の全作物を通じた除草作業によって圃場全体の雑草種子密度を低減させておくことが重要であり、このため、他作物での機械除草の効果を高める手法についても今後検討する必要がある。

引用文献

- 1) 北海道農政部（2002），固定ティン型株間除草機の特性と調整技術，平成14年普及奨励ならびに指導参考事項，257-259
- 2) 北海道農政部（2007），食用ばれいしょの有機栽培における安定生産技術，平成19年普及奨励ならびに指導参考事項，221-223
- 3) 北海道農政部（2015），北海道施肥ガイド2015，p71
- 4) 清水基滋，児玉不二雄（2010），ダイズ苗立枯病の発病におよぼす低温の影響，北日本病虫研報61：43-46
- 5) 清水基滋，田村元，角野晶大（2017），北海道における有機栽培ばれいしょの安定生産技術 3. ジャガイモ疫病の防除対策，北農84：145-149
- 6) 田村元，加藤淳，清水基滋，竹内晴信（2012），北海道における有機栽培ばれいしょの安定生産技術 1. 収量・品質に対するジャガイモ疫病発生の影響と品種選択の効果，北農79：34-39
- 7) 田村元，中津智史，竹内晴信，加藤淳（2015），北海道における有機栽培ばれいしょの安定生産技術 2. 有機質肥料の施肥方法，北農82：274-278