ISSN　2185－0437

山口県農林総合技術センター研究報告

第４号

平成２５年３月

BULLETIN　OF　THE　YAMAGUCHI　PREFECTURAL　AGRICULTURE & FORESTRY

GENERAL　TECHNOLOGY　CENTER

No. 4

March, 2013

Yamaguchi Prefectural Agriculture & Forestry General Technology Center

Ouchi mihori, Yamaguchi city, Yamaguchi prefecture, Japan

山口県農林総合技術センター

山口県山口市大内御堀

山口農林総技セ研報

Bull. Yamaguchi Agri

Fore Gene Tec Cent

山口県農林総合技術センター研究報告(平成 25 年３月)

目　　　次

401 山口県産アシタバのカルコン類含量とORAC値
岡崎　亮・片川　聖……………………………… 1

402 山口県産牛肉中のカルノシンとアンセリン、遊離カルニチン含量
岡崎　亮・西村隆光……………………………… 6

403 疎植栽培が水稲の生育、収量、品質に及ぼす影響
第１報　疎植栽培における主要品種の生育特性
池尻明彦・中司祐典・前岡庸介…………………… 11

404 疎植栽培が生育、収量および品質に及ぼす影響
第２報　水稲疎植栽培における窒素施肥量の削減が収量､品質に及ぼす影響
池尻明彦・中司祐典・前岡庸介・井上　興・本田善之…… 19

405 小麦「ニシノカオリ」と「ふくさやか」における播種遅れに対応した施肥法
池尻明彦・木村晃司・中司祐典…………………… 29

406 山口県における未利用資源を活用したブルーベリー培地栽培技術の確立
中谷幸夫・藤山昌三・渡辺卓弘・大崎美幸・木村一郎…… 39

407 ガラス化保存法を用いたウシ低ランク胚の生存性向上技術の改良（第２報）
田中昌子・中島伸樹・竹下和久・藤井陽一……………… 49

408 イネソフトグレインサイレージの省力的な調製技術
藤井友子・秋友一郎・岡村由香…………………… 55

409 戻したい肥の生産と利用に関する研究
堤明理・大賀友英・秋友一郎……………………… 61

410 肥育豚への飼料用米給与が発育及び肉質に及ぼす影響(第２報)
堤明理・島田芳子・秋友一郎・岡村由香・藤井友子・
岡崎　亮…………………………………………… 65

山口県産アシタバのカルコン類含量とORAC値

岡崎　亮・片川　聖

The Chalcones Content and the ORAC in Ashitaba, *Angelica keiskei,* Cultivated in the Yamaguchi Prefecture

Akira OKAZAKI , Satoshi KATAGAWA

Abstract: The chalcones content and the ORAC, antioxidant value, in ashitaba plant, *Angelica keiskei,* cultivated in the fields of Hagi city and yamaguchi city were investigated and got the following results about different harvest seasons, fresh plants and dried powders, stems and leaves and under-ground parts.

About the chalcones content in the plants, 4-hydroxyderricin was 94 mg/100 g dry matter and xanthoangelol was 300 mg/100 g, total content was 394 mg/100 g in the above ground part, as well as in the below ground part, 253 mg/100g, 501 mg/100 g, 754 mg/100 g. In the heat dried powder, the contents were in the below ground part 42 mg/100 g, 127 mg/100 g, 169 mg/100 g and in the above ground part 154 mg/100 g, 296 mg/100 g, 450 mg/100g.

About 40 to 50% of chalcones content decreased in the powdering process.

ORAC value was 267 μmolTE/g in the above ground part and 53 μmolTE/g in the below ground part of the plants, therefore antioxidant values were higher in the above ground part than the below ground part. In the heated dry powder, values in the plant barely changed, 254 μmolTE/g and 58 μmolTE/g.

ORAC value of the above ground part was about five times of the under ground. This reverse trend to the content of chalcones was probably due to another antioxidant component.

Key Words : functionality, antioxidant, component, powder
キーワード：機能性，抗酸化，成分，粉末

緒　言

アシタバは、セリ科シシウド属の多年草で葉や茎を切ると黄色い汁が出るが、この汁液の成分であるカルコン類が機能性成分（抗酸化性、抗がん活性、抗菌作用、セルライト解消作用、抗糖尿病作用等）として注目されている。また、山口県内の企業において、この機能性に着目したアシタバのパウダー加工品の開発が取り組まれている。しかしながら、県内で栽培されたアシタバのカルコン類含量を調査したデータは無く、パウダー製品のカルコン類含量についても不明である。そこで、県産アシタバについて、茎葉及び地下部の収穫時期別のカルコン類含量及びパウダー加工後のカルコン類（4-ヒドロキシデリシンとキサントアンゲロール）含量を調

査した。併せて機能性として抗酸化値(ORAC値)を調査した。

材料および方法

1 供試材料

山口県萩市紫福（標高 154m）及び山口市佐山（標高10m）で栽培されたアシタバ（品種：源生林アシタバ）を用いた。それぞれの栽培概要は以下のとおりである。

萩市紫福産のアシタバは、セル成型苗を平成22年６月に定植し、平成22年10月22日（秋）及び平成23年５月19日（春）に収穫した。山口市佐山産のアシタバは、セル成型苗を平成22年６月に定植し、平成22年11月 4日（秋）及び平成23年５月19日(春)に収穫した。圃場内で生育の良いものを５株選定し、根部ごと掘り起こして収穫した後、根部を水道水でよく洗浄し泥を落として用いた。

それぞれの産地で採取されたアシタバについて、地上部と地下部、秋に収穫した物と春に収穫した物に区分し、新鮮物として真空凍結乾燥粉末を、粉末化製品として加熱乾燥粉末を用い、カルコン類含量と抗酸化値を分析した。

2 分析方法

1) 試料の調製

(1) 真空凍結乾燥粉末

洗浄後よく水切りしたアシタバを、茎葉部と根部に分けて真空凍結乾燥機(FD)で乾燥した後、コーヒーミルで粉砕して分析用試料とした。なお、各部位とも５株をまとめて乾燥粉末化し１試料とした。また、乾燥前後の重量差から乾物率を求めた。

(2) 加熱乾燥粉末

茎葉部と根部に分けたアシタバを長さ約30ｃｍに裁断し、90～95℃の熱水中で１分間加熱し色止めとした。加熱後は直ちに水道水で冷却し、かごに入れてよく水切りした。さらに､約３cm幅に切断したものを180℃の加熱水蒸気で５分間加熱し殺菌処理とした。その後 70℃で１晩温風乾燥後冷却し、コーヒーミルで粉砕して分析試料とした。収穫物同様、５株をまとめて乾燥粉末化し１試料とした。

2) カルコン類含量

カルコン類含量は、馬場らの方法（馬場ら,2007）により4-ヒドロキシデリシンとキサントアンゲロール含量を測定し、それらの合計をカルコン類含量とした。粉末試料100mgにメタノール10mLを加え、20分間超音波抽出を行った後遠心分離し、フィルター(0.45μm)でろ過し、液体クロマトグラフィー(HPLC、島津LC10Ai)で分析した。HPLC条件は以下のとおりとした。キサントアンゲロール及び4-ヒドロキシデリシンの標準物質は、(株)日本生物・科学研究所より購入したものを用いた。

HPLC条件
- カラム：STR-ODS2 (4.6mmI.D.×250mm)
- 移動相：56%アセトニトリル
- カラム温度：40℃
- 流速：0.9mL／分
- 検出器：UV330nm
- 注入量：10μL

3) 抗酸化値

抗酸化値は、食品機能性評価マニュアル集第Ⅱ集((社)日本食品科学工学会)の方法に基づいて行った。すなわち、粉末試料1gを正確に秤量し、海砂5gと混合後、高速溶媒抽出装置(ASE200、Dionex)を用いて、ヘキサン：ジクロロメタン(1：1)で抽出後、続けてアセトン：水：酢酸(70：29.5：0.5)で抽出し、得られたアセトン:水:酢酸抽出液を50mLに定容後フィルター(0.45μm)でろ過し､測定液とした。

測定は、ORAC法により行った。すなわち、96well マイクロプレートを用い、抽出液 20μL、フルオレセイン溶液 200mL を加え、37℃に保ったプレートリーダーを用いて、フルオレセインの蛍光強度(励起波長：490nm、測定波長 535nm)を測定し、その後、AAPH 溶液75μL を加えて振とう攪拌後、添加２分後から２分間隔で 90 分間蛍光強度の経時変化を測定した。記録したグラフの曲線下面積を算出し、粉末1g当たりのTrolox相当量(μmolTE／g)としてORAC値を表示した。

結果及び考察

1 調査した株の概要

調査したアシタバは、１株当たり葉数は３枚から多いものでは６枚あり、平均すると４枚であった。各株の最大葉長は、63cm から最大 93cm で､平均すると 79cm であった｡地際部の太さは、平均長径 3.4cm、短径 3.2cm であった。１株当たりの平均重量は 444g であり、地上部が平均 276g、地下部が平均 150g と地上部の方が 1.84 倍重かった。（第１表）

2 カルコン類含量

部位別、収穫時期別、産地別の乾物当たり収穫物中カルコン類含量及び乾燥粉末中カルコン類含量を表２に示した。収穫物中の乾物当たりカルコン類含量は、地上部では 4-ヒドロキシデリシンが平均 94mg／100g、キサントアンゲロールが 300mg／100g、合計 394mg／100g であり、地下部では同様に 253mg／100g、501mg／100g、合計 754mg／100g であった。カルコン類含量は地下部に多く地上部の約２倍の濃度で含まれていた。成分毎に見ると 4-ヒドロキシデリシンよりもキサントアンゲロールの方が多く、その比率は地上部位では約 1:3、地下部では約 1:2 であった。（第２表）

産地別で見ると、秋収穫物では地上部、地下部共に山口市産よりも萩市産で多く含まれていたが、春収穫物では、地上部は山口市産の方が多く､地下部は萩市産の方が多く含まれていた。さらに収穫時期別では、秋収穫物よりも春収穫物で多く含まれており、部位毎に濃度を比較すると、萩産の地上部で約 1.3 倍、山口市産の地上部では約 3.6 倍の違いがあった。（第２表）

乾物率から生鮮物あたり含有量に換算すると､地上部が 49mg／100g､地下部が 120mg／100g

第１図　調査したアシタバ

となる。株あたりに換算すると、地上部重が 276g、地下部が 150g であるから、それぞれ 135mg、180mg となり、併せて 315mg／株となる。

熱水及び加熱水蒸気処理後加熱乾燥し粉末化すると、いずれの区分においてもカルコン類含量が減少した。減少割合（歩留まり）は、地上部が 25.4～58.2%､地下部が 54.7～65.0%であった。カルコン類は加熱により分解することが報告されており、pH7 の場合 100℃湯浴 60 分で 19%、120℃オートクレーブ 60 分では 63%が分解している（渡邉,2006）。本調査でも 35～45%の減少が見られたため、今後乾燥粉末化の条件を検討する必要がある。また、23 年春収穫の地上部の歩留まりが 25.4%と他の区に比べて極端に低いが、これは、前処理の際に地上部を切断する大きさがやや小さかったため切断面積が多くなり、熱水及び加熱水蒸気処理中に切断面からの流亡が多くなった可能性も考えられる。前処理時に切断する場合は大きさに注意が

第1表　調査に用いた株の重量　　g ／株

		全重	地上部重	地下部重	枯葉等	地上部乾物重	地下部乾物重
萩市	22年秋	444	263	146	35	28	18
	23年春	405	246	143	78	32	26
	平均	424	255	144	56	30	22
山口市	22年秋	487	350	132	5	39	18
	23年春	442	247	181	67	32	31
	平均	464	298	157	36	36	25
全平均		444	276	150	46	33	23

注）根際から上方約５ｃｍで切断し、上下それぞれ地上部・地下部とした。

第２表　アシタバのカルコン類含量とＯＲＡＣ値

種　類	生産地	部　位	収　穫 時　期	4-ヒドロキシデリシン mg/100g	キサントアンゲロール mg/100g	カルコン類含量（両者合計） mg/100g	カルコン類の加熱乾燥粉末歩留 ％	乾物率 ％	生鮮物当たりカルコン類含量 mg/100gFW	ＯＲＡＣ値 μmolＴＥ/gDW
真空凍結乾燥粉末	萩市	地上部	22年秋	79	235	314		10.8	33.9	238
			23年春	76	328	404	―	13.0	52.5	297
			平均	77	282	359		11.9	42.7	268
		地下部	22年秋	164	418	582		12.3	71.4	44
			23年春	361	730	1092	―	18.0	196.8	45
			平均	262	574	837		15.1	126.7	45
	山口市	地上部	22年秋	48	139	187		11.2	21.0	256
			23年春	172	495	668	―	13.0	86.7	278
			平均	110	317	427		12.1	51.8	267
		地下部	22年秋	151	299	450		14.0	62.9	75
			23年春	336	555	891	―	16.9	150.8	48
			平均	243	427	670		15.5	103.6	61
	平均	地上部		94	300	393		12.0	48.5	267
		地下部		253	501	754		15.3	120.4	53
加熱乾燥粉末	萩市	地上部	22年秋	40	129	168	53.5			209
			23年春	20	83	103	25.4	―	―	253
			平均	30	106	135	39.5			231
		地下部	22年秋	112	266	378	65.0			54
			23年春	204	393	597	54.7	―	―	59
			平均	158	330	488	59.8			56
	山口市	地上部	22年秋	23	86	109	58.2			222
			23年春	86	212	298	44.7	―	―	330
			平均	55	149	204	51.4			276
		地下部	22年秋	90	188	278	61.7			66
			23年春	210	335	545	61.2	―	―	52
			平均	150	262	411	61.4			59
	平均	地上部		42	127	170	43.1			254
		地下部		154	296	449	59.6			58

必要である。地下部の歩留まりはいずれも 60％程度であり、地上部よりも高く変動も小さかった。

本調査では、アシタバのカルコン類含量は地上部が乾物当たり 393mg／100g、地下部が 754mg／100g であったが、東京都で栽培されている八丈系統のカルコン類含量が、400mg／dried leaves 100g 弱（図からの読み取りなので細かい数値は不明）との報告（馬場ら,2007）と比較すると、本調査におけるアシタバはこれらと大差ないと考えられる。また、高カルコン含有系統の造成に関するデータとして示された図では、平均的系統で 500 mg 強、少ない系統で 400mg 弱、多い系統では 700 mg 強程度含有するとされており、それらと比べると少ない。季節的変動があることも報告されており、冬期に低く夏期に高くなる傾向があるとしているが、本調査でも 10～11 月に採取したものより 5 月に採取したものでカルコン類含量が多い傾向にあった。

3 ORAC 値

抗酸化性の評価として ORAC 値を測定した。測定結果は、部位別、収穫時期別、産地別に乾物あたりμmolTE／g として表示した。（第２表）一般に植物性食品でよく使用されるアセトン・水・酢酸抽出液での ORAC 値は、収穫物では、地上部が 267μmolTE／g、地下部が 53μmolTE／g、加熱乾燥粉末では、地上部が 254μmolTE／g、地下部が 58μmolTE／g と、地上部で高く地下部で低かった。カルコン類含量は地下部の方が多かったが、ORAC 値は、地上部の方が地下部より約５倍高かった。このことは、ORAC 値で表される抗酸化値は、カルコンによるものではなく、何か他の成分によるものであると考えられるが、本調査では他の成分分析は行っていなため、さらなる調査が必要である。

産地別、収穫時期別では、特に傾向は見られなかった。

謝　辞

ORAC 値の分析を快く引き受けてくださった山口県立大学看護栄養学部栄養学科、人見恵理教授及び分析を担当して下さった同学科学生に感謝します。

摘　要

萩市紫福と山口市佐山で栽培された県産アシタバについて、茎葉及び地下部の収穫時期別のカルコン類含量及びパウダー加工後のカルコン類含量を、また、機能性として抗酸化値（ORAC 値）を調査し、以下の結果を得た。

1 調査したアシタバは、平均株重 444ｇ、葉数約４枚、最大葉長 73cm、地際部径 3.5×3.3cm であった。

2 カルコン類含量は、収穫物の乾物当たり地上部が 4-ヒドロキシデリシン 94mg／100g、キサントアンゲロール 300 mg／100g、合計 394 mg／100g、地下部が同様に 253 mg／100g、501 mg／100g、754 mg／100g であった。

3 加熱乾燥粉末では、地上部が同様に 42 mg／100g、127 mg／100g、169 mg／100g、地下部が 154 mg／100g、296 mg／100g、450 mg／100g であった。

4 粉末化処理の工程でカルコン類含量が 40～50 ％減少した。

5 カルコン類含量は、地上部より地下部で、秋収穫物より春収穫物で多かった。

6 産地別では、山口市産より萩産の方が多かった。

7 ORAC 値は、収穫物の乾物当たりで地上部が 267 μmolTE／g、地下部が 53μmolTE／g であり、地上部の方が抗酸化値は高かった。

8 加熱乾燥粉末では、254μmolTE／g、58μmolTE／g であり、収穫物での値とほとんど変わらなかった。

9 ORAC 値は、地上部が地下部の約５倍高かった。また、カルコン類の含有量とは逆の傾向であり、カルコン類とは別の抗酸化成分によるものと考えられた。

引用文献

馬場きみ江．谷口雅彦．芝野真喜雄．南晴文．2007．アシタバの成分と系統育成．分析化学．58（12）:999-1009.

渡邉文生．2006．加工処理がアシタバに含まれるカルコン類の残存性に及ぼす影響．東京都立食品技術センター研究報告.15:14-16.

山口農技センター研報 (Bull.Yamaguchi Agri Fore Gene Tec Cent) 4 : 6-10. 2013

山口県産牛肉中のカルノシンとアンセリン、遊離カルニチン含量

岡崎　亮・西村隆光

Anserine and Carnosine Contents and Free Carnitine Content in Beef Produced in Yamaguchi Pref.

Akira OKAZAKI, Takamitsu NISHIMURA

Abstract: Carnosine and anserine contents and free carnitine content in beef from Yamaguchi prefecture were studied and got the following results.

Carnosine and anserine were contained 289–481mg/100g in the longissimus thoracis muscle, and 451–594mg/100g in semimembranosus muscle. The contents of carnosine and anserine in the longissimus thoracis muscle of the Japanese Polled, *Mukakuwashu*, were richer than that of the Japanese Black, *Kurogewashu*.

Free carnitine was contained 86–226mg/100g in the longissimus thoracis muscle and 81–211mg/100g in the semimembranosus muscle. The content of free carnitine in the longissimus thoracis muscle of the breeding cattles was richer than that of fattening cattle. In the longissimus thoracis muscle of the Japanese Black and the Japanese Polled and in the semimembranosus muscle of the Japanese Black, it was richer in muscle of breeding cattle than that of fattening cattle.

Carnosine and anserine contents and free carnitine content did not change during storage at 3 ℃.

Key Words : meat, functionality, component, Japanese Black, Japanese Polled
キーワード：食肉，機能性，成分，黒毛和種，　無角和種

緒　言

牛肉において、脂肪交雑の良い高級な霜降り肉は高値で取引されているが、脂肪交雑の程度の低いものは安価な市場価格しか付かない。まして経産牛ではさらに評価が低い。また、山口県固有の無角和種は、赤身肉が多く、ヘルシーで美味しい牛肉として販売されているが、価格が低迷し生産数も減少傾向である。しかしながら、消費ニーズのなかには赤身肉を好む層が存在するとされており、そのような消費者による赤身肉の消費拡大が期待される。その場合、赤身肉の良いところ、優位性を消費者にもっと PR する必要があり、そのためには食味や栄養性のみならず、健康機能性などを多面的に評価する必要がある。

カルノシンとアンセリンは、魚肉や鶏肉中に多く含まれ、抗酸化作用、抗疲労作用等の効果がある機能性成分として知られているが、牛肉中にも多く含まれている。また、カルニチンは

脂肪を燃焼する機能性成分として知られており、牛や羊などの反芻動物の肉に特に多く含まれている。これらは、筋肉中すなわち牛肉の場合では赤身肉に多く含まれている成分である。

そこで、無角和種や経産牛などの赤身肉を健康面で高付加価値化することを狙いとし、牛肉中のカルノシン、アンセリン、遊離カルニチン含量を調査した。また、それらの成分含有量の貯蔵（熟成）中の変化について調査した。

材料および方法

1 供試牛

黒毛和種は、平成17年から平成21年の間に、当センター畜産技術部で肥育し、出荷された去勢肥育牛６頭及び経産牛として出荷された雌牛６頭を用いた。無角和種は、同期間の間に畜産技術部及び県内生産者から出荷された去勢肥育牛３頭及び経産牛５頭を用いた。

出荷された牛は、県内の食肉処理場でと殺された後、冷蔵庫で冷却し、翌日、胸最長筋と半膜様筋から分析試料を採取した。胸最長筋については胸椎第６節間から後方へ約15cmを、半膜様筋については基部を10cm程度切断除去し、そこから厚さ15cm程度を採取した。

採取した肉は、実験室に持ち帰り、ラップして２℃で冷蔵し、と殺後２日目、７日目、14日目に分析用の試料を切り出し、真空包装後凍結して－20℃で保存した。

2 分析方法

1) 水分、粗脂肪含量

凍結した肉を解凍せずにミンチ状に細切混和し、約3gを秤量し、水分、粗脂肪含量を測定した。水分含量は 135℃３時間乾燥、粗脂肪含量はエーテル抽出法(ソックスレー法)を用いた。

2) カルノシン、アンセリン含量

同様に細切混和した肉約3gに冷水10mLを加えてホモジナイズした後、10％スルホサリチル酸溶液を加えて除タンパクし、カルノシンとアンセリンの抽出液を得た。抽出液は、20％水酸化ナトリウムで pH２に調整後、-20℃で冷凍保存した。後日まとめて解凍し、濾過後、アミノ酸分析計(日本電子,JLC-500)でカルノシンとアンセリン含量を測定した。

3) 遊離カルニチン

同様に細切混和した肉 2g に氷冷した 0.3mol／L過塩素酸15mLを加えホモジナイズ後、遠心分離し、ろ紙5Aでろ過し、50mL メスフラスコに受けた。残渣に過塩素酸 15mL を加え、再度ホモジナイズ、遠心分離、ろ過し、先の抽出液と併せた後、0.3mol／L 過塩素酸で50mLにフィルアップした。抽出液をロータリーエバポレーターで 10mL 以下に濃縮し、10mLメスフラスコに移し、蒸留水で定容し濃縮液とした。次に、濃縮液2.0mLを1.2mol／L炭酸カリウムで中和した後、遠心分離し、上澄みをろ過後10mLメスフラスコに移し、蒸留水で10mLに定容した。中和した液をチューブに移し、-30℃で凍結保存した。

カルニチンアセチルトランスフェラーゼとアセチルCoAを用いた酵素発色法(Norman et al,1964)を用い、マイクロプレートリーダーで405nmの吸光度を測定し、L-カルニチンの標準品を用いた検量線から肉中の遊離カルニチン含量を求めた。

結　果

1 カルノシンとアンセリン含量

調査した牛肉中の、と殺後２日目におけるカルノシンとアンセリン含量を第１表に示した。カルノシン含量は、胸最長筋では244～421 mg／100g、半膜様筋では355～473 mg／100g であった。アンセリン含量は、同様に44～72mg／100g、77～121mg／100gであった。両者を合計すると、289～481mg／100g、451～594mg／100g であった。いずれにおいても、アンセリンよりもカルノシンのほうが多く含まれていた。

カルノシンとアンセリンの合計量を黒毛和種と無角和種で比較すると、肥育牛の胸最長筋において無角和種が黒毛和種よりも多かった。半膜様筋では差はなかった。また、肥育牛と経産牛を比較すると、黒毛和種の胸最長筋において経産牛の方に多く含まれていた。無角和種の胸最長筋及び両品種の半膜様筋では差は認められなかった。カルノシン、アンセリンそれぞれの含量については、品種や肥育牛、経産牛間に差は認められなかった。

第１表　牛肉中のカルノシン、アンセリン、遊離カルニチン含量（と殺後２日目）

		n	月齢	水分 %	粗脂肪 %	カルノシン mg/100g	アンセリン mg/100g	アンセリン+カルノシン mg/100g	カルニチン mg/100g
				胸最長筋					
黒毛和種	肥育牛	6	29	47.1　A	38.3　A	244　A	45	289　A a	86　A
	(雄去勢)		2	4.8	6.2	17	11	28	23
	経産牛	6	170	63.2　B	18.0　B	421　B	60	481　B	226　B a
	(雌)		49	2.8	4.0	46	16	62	35
無角和種	肥育牛	3	27	66.0　B	13.0　B	377　B	72	449　b	142　b
	(雄去勢)		8	2.2	3.8	86	19	105	48
	経産牛	5	219	69.1　B	10.0　B	380　B	44	424	218　B a
	(雌)		51	2.6	3.6	47	14	61	34

		n	月齢	水分 %	粗脂肪 %	カルノシン mg/100g	アンセリン mg/100g	アンセリン+カルノシン mg/100g	カルニチン mg/100g
				半膜様筋					
黒毛和種	肥育牛	6	29	59.5　A a	21.6　A a	355　A	97	451	81　A
	(雄去勢)		2	8.9	12.1	24	29	53	17
	経産牛	6	170	71.0　B	6.9　b	473　B	121	594	211　B
	(雌)		49	2.2	2.9	75	46	121	34
無角和種	肥育牛	3	27	71.9　b	4.4　b	356	95	451	124
	(雄去勢)		8	71.2	4.9	110	8	118	56
	経産牛	5	219	72.8　B	4.8　B	461	77	538	186
	(雌)		51	1.0	1.1	51	23	74	23

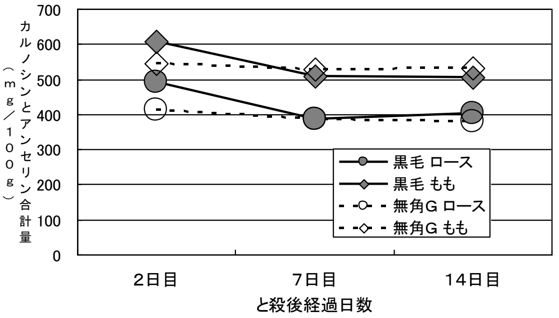
上段は平均値、下段は標準偏差
A-B、a-b　間に有意差あり、大文字　p＜0.01、小文字　p＜0.05（チューキーの多重検定法による）

2 遊離カルチン含量

同様に、遊離カルニチン含量を第１表に示した。遊離カルニチン含量は、胸最長筋では86～226mg／100g、半膜様筋では 81～211mg／100g であった。品種間には、胸最長筋、半膜様筋ともに差は認められなかった。肥育牛と経産牛を比較すると、両品種とも胸最長筋で差が認められ、経産牛の方に多く含まれていた。半膜様筋については、黒毛和種では経産牛の方に多く含まれていたが、無角和種では差が認められなかった。

３　貯蔵中の変化

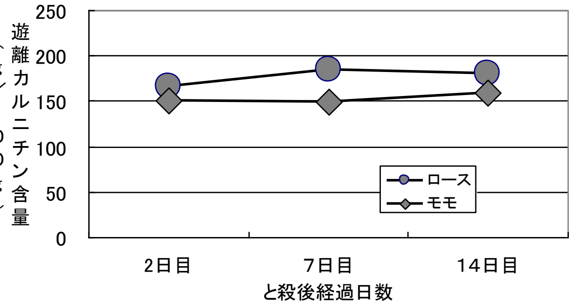
黒毛和種経産牛４頭及び無角和種経産牛３頭について、各肉を２℃で冷蔵保存し、と殺後２日目、7 日目及び 14 日目のアンセリンとカルノシン含量を、また、無角和種の経産牛３頭の肉の遊離カルニチン含量を同様に調査したところ、いずれにおいても貯蔵中に有意な変化は認められなかった。（第１図、第２図）



第1図　カルノシンとアンセリン合計量の熟成期間中の変化
（経産牛）

考　察

カルノシンとアンセリン及びカルニチンは、短角和種や褐毛和種などの赤味肉に多く含まれる成分として注目されている。カルノシンとアンセリン含量は、短角和種ロース肉中で437.3mg／100 との報告がある。（常石,2003）短角和種同様に脂肪交雑の少ない赤味肉が特徴である無角和種の胸最長筋にも、449mg／100g と短角和種と同程度含まれており、これは、黒毛和種の胸最長筋と比べると約 1.7 倍である。このことから、無角和種の胸最長筋（ロース）は、脂肪含量が少ないことに加えてカルノシンとアンセリンが多いとして付加価値化が可能と考えられる。カルニチン含量については品種間に差は認められない。



第2図　遊離カルニチンの熟成期間中の変化
（無角和種・経産牛）

月齢や放牧、肥育牛と経産牛との関係については、カルノシンとアンセリン含量が、35ヵ月齢では15、25ヵ月の牛よりも少ないとの報告がある（渡辺ら,2004）。また、カルニチン含量は、放牧により増加することや（熊本県畜産協会,2009)、経産牛の肉に多いとの報告がある（常石ら,2004;同,2005）。本調査でも、カルノシンとアンセリンが黒毛和種の胸最長筋において、また、遊離カルニチンが黒毛和種の両筋肉および無角和種の胸最長筋において、肥育牛の肉より経産牛の肉に多く含まれている。本試験で調査した経産牛は周年放牧して飼養しており、その影響により多くなると考えられる。

また、黒毛和種経産牛の95ヵ月齢の胸最長筋中に遊離カルニチンと結合型カルニチンあわせて 172.1mg／100g 含まれるとの報告（常石ら,2005）がある。本調査では結合型は調べておらず、遊離カルニチンのみであるが、黒毛和種経産牛の胸最長筋で226、無角和種218mg／100gと常石らの報告よりもかなり多い。黒毛和種胸最長筋の遊離カルニチン含量と月齢との関係を図にプロットすると、経産牛においては月齢が長いほど多い傾向が見られる。(第３図）遊離カルニチンの多さは、本試験で調査した経産牛の月齢が黒毛和種で平均170ヵ月、無角和種で平均219ヵ月と非常に長かったたことが関係していると考えられる。

調査した経産牛の飼養期間は、長いものでは18年に及び、一般にこのような牛の肉の商品価値はきわめて低い。しかしながら、これらの肉には、機能性成分含量が豊富であることが分かったため、このことを生かした利用方法の開発やPRを行うことによりさらなる有効利用が可能であると考えられる。

摘　要

山口県産牛肉中のカルノシンとアンセリン及び遊離カルニチン含量を調査し、以下の結果を得た。

1 カルノシンとアンセリンは、胸最長筋には289～481mg／100g、半膜様筋には 451～594mg／100g含まれていた。

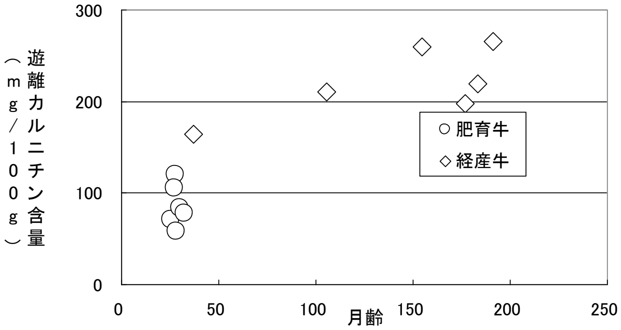
2 遊離カルニチンは、胸最長筋には86～226mg／100g、半膜様筋には81～211mg／100g含まれていた。

3 肥育牛の胸最長筋中のカルノシンとアンセリン含量は、黒毛和種よりも無角和種の方が多かった。また、黒毛和種では、肥育牛よりも経産牛の肉に多かった。

4 遊離カルニチンは、胸最長筋では両品種とも肥育牛よりも経産牛の方に多く含まれていた。半膜様筋では黒毛和種において肥育牛よりも経産牛の肉に多く含まれていた。品種間には差が認められなかった。

5 カルノシンとアンセリン含量及び遊離カルニチン含量の貯蔵中に顕著な変化は認められなかった。

6 以上のことから、無角和種の胸最長筋は、黒毛和種に比べてカルノシンとアンセリンが多いこと、また、両品種の経産牛の胸最長筋及び黒毛和種の経産牛の半膜様筋には、遊離カルニチンが多く、これらの肉の高付加価値化が可能と考えられた。



第3図　と殺月齢とカルニチン含量（黒毛和種・胸最長筋）

引用文献

Norman R. Marquis. Irving B. Frits. 1964. Enzymological determinations of free carnitine concentrations in rat tissues. Journal of lipid research. 5:184-187.

社団法人熊本県畜産協会. 社団法人畜産技術協会. 2009. 褐毛和種の放牧及び粗飼料多給による生産牛肉の健康機能性成分調査報告書. JRA平成20年度民間活力による畜産生産技術研究開発推進事業報告書

常石英作. 2003. どんな牛肉が美味しいか？. 熊本県畜産広場HP

常石英作. 柴伸弥. 松崎正敏. 2004. 繁殖雌牛の胸最長筋におけるカルニチンとクレアチ

ニン含量および脂肪酸組成. 西日本畜産学会報. 47:109-111.

常石英作. 柴伸弥. 松崎正敏. 森弘. 垂水啓二郎. 2005. 牛肉中カルニチン含量に及ぼす影響要因. 西日本畜産学会報. 48:51-55.

渡辺彰.上田靖子.口幹人. 2004. 殺月齢が牛肉の遊離アミノ酸およびジペプチド量に及ぼす影響. 日本畜産学会報. 75:361-367.

山口農技センター研報 (Bull.Yamaguchi Agri Fore Gene Tec Cent) 4：11-18. 2013

疎植栽培が水稲の生育、収量、品質に及ぼす影響
第１報　疎植栽培における主要品種の生育特性

池尻明彦・中司祐典※・前岡庸介※※

Effect of Sparse Planting on Growth, Yield, and Quality of Paddy Rice
1　Growth Characteristics of Main Rice Varieties in Sparse Planting

Akihiko IKEJIRI,Masamichi NAKATSUKASA※
and Yosuke MAEOKA※※

Abstract: To further research the growth characteristics comparing sparse planting with dense planting of the three Main Rice Varieties ‘Koshihikari’ ‘Hitomebore’ and ‘Hinohikari’ in Yamaguchi Prefecture.

The number of ears was larger in sparse planting than in dense planting , and the number of grains per panicle increased remarkable. This resulted in an equal the number of grains per square meter, to be equal yield.

The appearance quality did not decrease for ‘Koshihikari’ and ‘Hinohikari’ in sparse planting. But did appearance quality decreases, easily when the secondary rachis branch of the panicle of ‘Hitomebore’ increase in sparse planting, so extreme sparse cultivation should be avoided.

Key Words : ‘ Hinohikari’ , ‘Hitomebore’, ‘Koshihikari’, planting density
キーワード：「ヒノヒカリ」，「ひとめぼれ」，「コシヒカリ」，栽植密度

緒　言

最近の水稲栽培においては、米価の低迷・下落が急速に進んでおり、省力・低コスト・安定生産が求められている。そのような状況の中、県内においても省力・低コスト技術として、疎植栽培が広まっている。疎植栽培では使用する育苗箱数が、慣行の半分程度に低減できることから、総労働時間と生産費が８％程度削減できる省力・低コスト技術である（大野ら,2001）。

疎植栽培の生育・収量に及ぼす影響について、木村ら(2005)、杉山(2004)、安田ら(2006)によれば、「ヒノヒカリ」では、疎植栽培にしても収量は低下しないとされる。一方、疎植栽培に適する品種は穂重型で、草型により適応性が異なる（松下,1996;藤岡・渡辺,1979）とされることから、本県の主要品種についても、その疎植栽培の適性を明らかにする必要がある。

そこで、本報告では、2007～2009年の３年間にわたって、草型および熟期の異なる県内の主要品種である「コシヒカリ」、「ひとめぼれ」および「ヒノヒカリ」について、疎植栽培に取り組む際の参考にするために、密植栽培と比較して生育、収量、品質を調査し、若干の知見を得たので報告する。

材料および方法

※現在：農林水産部農業振興課
※※現在：下関農林事務所農業部

試験は、2007 年から 2009 年の３年間にわたり、山口県農林総合技術センター農業技術部内圃場（山口市大内御堀、礫質灰色低地土、砂壌土）において実施した。

供試品種として、早生の「コシヒカリ」と「ひとめぼれ」、中生の「ヒノヒカリ」を用いた。移植期は早生品種では５月 29 日、中生品種では６月 18 日とし、１株当たり植え付け本数は３本として、稚苗を手で移植した。基肥は燐加安 44 号（14-17-13）を窒素成分として 0.3kg／ａ施用した。穂肥はＶ550（15-5-20）を窒素成分として１回に 0.2kg／ａ、２回の合計 0.4kg／ａを施用した。なお、穂肥の第１回目の施用時期は、「コシヒカリ」では幼穂形成期後４～６日、「ひとめぼれ」では同３～４日、「ヒノヒカリ」では同１～３日とし、第２回目の施用時期は各品種ともに第１回目の穂肥施用７～９日後とした。試験区は密植区の栽植密度 22.2 株／㎡(30×15 cm）と、疎植区の同 11.1 株／㎡（30×30 cm）とを設けた。１区面積は 22～130 ㎡とし、１区制で実施した。

調査は移植後 20 日から 10 日毎に草丈、茎数および葉色について、成熟期に稈長、穂長および穂数について、収穫後に収量、収量構成要素および玄米外観品質について行った。草丈、茎数、稈長、穂長および穂数は、各試験区において連続 20 株を調査し、葉色は試験区の群落上を FHK 葉色カラースケール（富士平工業社製）で測定した。成熟期に各試験区 20 株について穂数を調査後、平均的な５株（密植では２ヵ所）を採取して、１穂籾数を調査し、これに穂数を乗じて㎡当たり籾数を求めた。また、登熟歩合は籾を脱っぷ後、粒厚 1.85 ㎜以上の粒数をもとに算出した。収量および千粒重は 4.5 ㎡の株を刈取り、脱穀した粒厚 1.85 ㎜以上の精玄米を用いて算出し、水分含有率 15％となるように値を補正した。

玄米の外観品質については、精玄米と同一試料を目視と穀粒判別機（サタケ社製　RGQI10B）で調査した。また、精玄米を粉砕し、スペクトロフォトメータ（NIRECO 社製）で測定した全窒素含有率に定数 5.95 を掛けて粗タンパク質含有率を求め、乾物当たりの値で示した。

また、2008 年と 2009 年には、１穂粒数を調査した株から任意に 30 穂を選び、穂首節の長径をノギスで測定した。

なお、疎植栽培は、条間を従来のままの 30 ㎝で、株間を従来の 18 ㎝より広く植付けて、栽植密度を 11～13 株／㎡（37～42 株／坪）として栽培するものとした（山口県農業生産コスト低減技術導入・実施マニュアルより）。

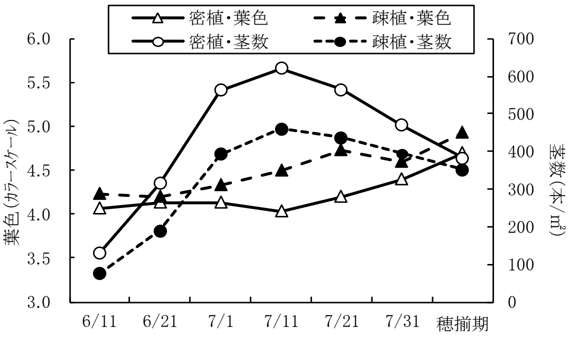
結　果

1 栽植密度が茎数と葉色の推移に及ぼす影響

各品種について、栽植密度が茎数、葉色の推移に及ぼす影響を第１～３図に示した。㎡当たり茎数は、いずれの品種も疎植区で少なく推移した。疎植区の最高茎数は密植区の 70～80％程度であった。最高分げつ期は、「コシヒカリ」を除き、疎植区でやや遅れる傾向にあった。

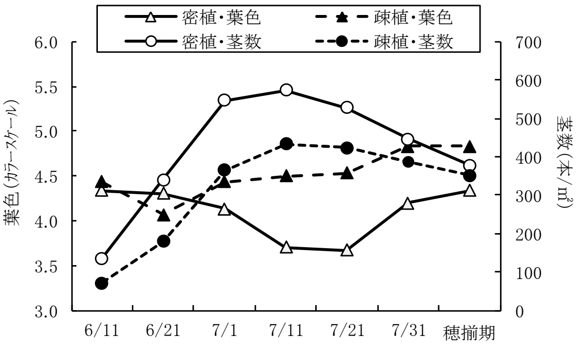
葉色は、いずれの品種も密植区では幼穂形成期頃には低下したが、疎植区では密植区に比べて幼穂形成期頃の低下が小さく濃く推移した。

栽植密度が生育、出穂期、成熟期に及ぼす影響を第１表に示した。疎植区の出穂期、成熟期は、いずれの品種も密植区並で、出穂始～穂揃期の日数には栽植密度による差はなかった（データ省略）。稈長、穂長は疎植区でやや長かった

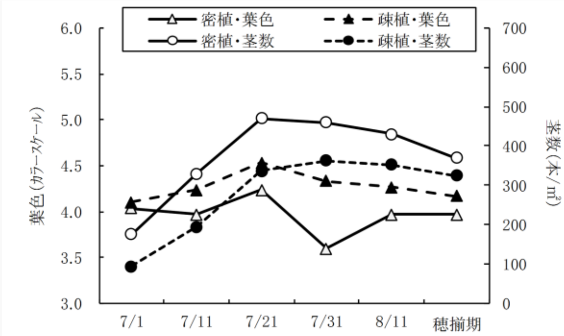


第１図　栽植密度が「コシヒカリ」の茎数、葉色の推移に及ぼす影響(2007～2009年の平均値)

z 穂揃期茎数は穂数（第２、３図も同じ）



第２図　栽植密度が「ひとめぼれ」の茎数、葉色の推移に及ぼす影響（2007～2009年の平均値）



第３図　栽植密度が「ヒノヒカリ」の茎数、葉色の推移に及ぼす影響（2007～2009年の平均値）

が、「コシヒカリ」では倒伏が減少した。各品種ともに、有効茎歩合が疎植区で高く、穂数は密植区の 90％程度であった。

分げつの発生節位は、栽植密度による差はなかった（データ省略）。

2 栽植密度が生育、収量および収量構成要素に及ぼす影響

栽植密度が収量および収量構成要素に及ぼす影響を第２表に示した。栽植密度と収量の関係を品種別にみると、「コシヒカリ」では疎植区で密植区比 102～121％となり、疎植区で収量が多かった。「ひとめぼれ」では疎植区で密植区比 99～103％、「ヒノヒカリ」で同 97～102％であり、いずれも栽植密度による収量の差はなかった。

栽植密度と収量構成要素の関係をみると、穂数は第１表に示したように、疎植区は密植区の 90％程度であった。１穂籾数は疎植区で７～16％多く、「コシヒカリ」と「ヒノヒカリ」では㎡当たり籾数は概ね同等に確保され、「ひとめぼれ」では密植区より８％多かった。登熟歩合は、「コシヒカリ」では疎植区で８％高く、「ひとめぼれ」と「ヒノヒカリ」では栽植密度による差はなかった。「コシヒカリ」については、疎植区で２次枝梗籾の登熟歩合が高かった。千粒重は、「コシヒカリ」と「ヒノヒカリ」では栽植密度による差はなかったが、「ひとめぼれ」では疎植区でやや軽かった。また、穂のばらつきを示す１穂籾数の変動係数は、品種に関わりなく、密植区に比べて疎植区でやや大きかった。

栽植密度が穂首節の太さに及ぼす影響を第３表に示した。疎植区における穂首節の太さは、密植区に比べて太く、上位３穂においてその差が大きかった。

栽植密度が枝梗別籾数割合に及ぼす影響を第４～６図に示した。「コシヒカリ」と「ヒノヒカリ」における枝梗別籾数割合については、栽植密度による差はなかったが、「ひとめぼれ」では疎植区で密植区より、２次枝梗籾の割合が高かった。

第1表　栽植密度が生育、生育ステージに及ぼす影響

品　種	年度	栽植密度	最高茎数 (本/㎡)	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	有効茎歩合 (%)	倒伏[z]
コシヒカリ	2007	密植	650	8/ 7	9/11	90	19.4	340	52	2.5
		疎植	460	8/ 7	9/10	90	20.2	300	65	1.0
	2008	密植	548	8/ 3	9/12	97	20.5	397	73	2.8
		疎植	420	8/ 3	9/11	98	20.7	362	86	2.0
	2009	密植	662	8/ 6	9/14	97	18.8	408	62	3.8
		疎植	503	8/ 7	9/14	99	19.0	392	78	3.0
	平均	密植	620	8/ 5	9/12	95	19.6	382	62	3.0
		疎植	461	8/ 5	9/11	96	20.0	351	76	2.0
ひとめぼれ	2007	密植	557	8/ 6	9/ 9	82	20.4	360	65	0.5
		疎植	445	8/ 7	9/10	84	21.5	303	68	0.0
	2008	密植	524	8/ 2	9/ 9	86	22.1	391	75	0.5
		疎植	398	8/ 3	9/11	90	23.0	371	93	0.5
	2009	密植	650	8/ 8	9/16	90	20.5	382	59	2.0
		疎植	472	8/ 9	9/16	96	21.0	382	81	2.0
	平均	密植	577	8/ 5	9/11	86	21.0	377	66	1.0
		疎植	438	8/ 6	9/12	90	21.8	352	81	0.8
ヒノヒカリ	2007	密植	402	8/27	10/ 1	88	19.8	353	88	0.0
		疎植	361	8/27	10/ 2	89	20.6	329	91	0.0
	2008	密植	515	8/28	10/ 8	84	19.4	417	81	0.0
		疎植	365	8/28	10/ 9	87	19.6	344	94	0.0
	2009	密植	508	8/28	10/ 8	82	19.4	340	67	0.0
		疎植	372	8/29	10/10	86	19.8	303	81	0.0
	平均	密植	475	8/27	10/ 5	84	19.5	370	79	0.0
		疎植	366	8/28	10/ 7	87	20.0	325	89	0.0

[z] 倒伏は0（無）～5（甚）の6段階

第2表　栽植密度が収量および収量構成要素及ぼす影響

品　種	年度	栽植密度	穂数 (本/㎡)	1穂籾数	同左変動係数ᶻ	㎡当籾数 ×100	登熟歩合(%) 1次枝梗	2次枝梗	計	千粒重 (g)	収量 (kg/10a)	同左比率 (%)
コシヒカリ	2007	密植	340	93.9	23.0	321	72.4	52.6	63.2	22.6	517	100
		疎植	300	98.7	29.2	296	81.0	70.8	76.2	22.9	525	102
	2008	密植	397	94.0	25.9	372	82.3	53.6	69.0	23.7	614	100
		疎植	362	100.9	25.8	365	83.4	60.6	72.7	23.5	629	102
	2009	密植	408	86.1	26.6	351	82.5	57.2	71.3	22.1	546	100
		疎植	392	92.4	30.6	362	87.3	69.8	79.3	22.3	660	121
	平均	密植	382	91.3	25.2	348	79.0	54.4	67.8	22.8	559	100
		疎植	351	97.3	28.5	341	83.9	67.1	76.1	22.9	605	108
ひとめぼれ	2007	密植	360	75.7	25.0	271	81.7	71.2	77.4	24.3	550	100
		疎植	303	91.7	29.2	278	84.5	75.3	80.3	23.6	565	103
	2008	密植	391	83.0	25.1	324	90.1	67.5	80.6	24.4	638	100
		疎植	371	95.1	29.0	353	87.5	61.7	75.6	23.8	631	99
	2009	密植	382	81.6	24.0	312	93.7	80.3	88.2	24.2	687	100
		疎植	382	91.9	30.6	351	91.3	79.2	86.1	23.8	709	103
	平均	密植	377	80.1	24.7	302	88.5	73.0	82.1	24.3	625	100
		疎植	352	92.9	29.6	327	87.8	72.1	80.7	23.7	635	102
ヒノヒカリ	2007	密植	353	83.2	26.7	294	88.1	61.8	78.4	22.9	551	100
		疎植	329	89.6	27.5	295	87.0	62.6	77.8	22.6	562	102
	2008	密植	417	79.7	23.1	333	88.1	58.8	77.8	22.9	603	100
		疎植	344	94.7	25.5	326	84.1	56.6	73.9	22.4	583	97
	2009	密植	340	79.2	20.1	268	93.0	77.3	86.9	24.7	566	100
		疎植	303	90.7	23.3	275	93.0	75.4	86.0	24.7	578	102
	平均	密植	370	80.7	23.3	298	89.7	66.0	81.0	23.5	573	100
		疎植	325	91.7	25.4	299	88.1	64.9	79.2	23.2	574	100

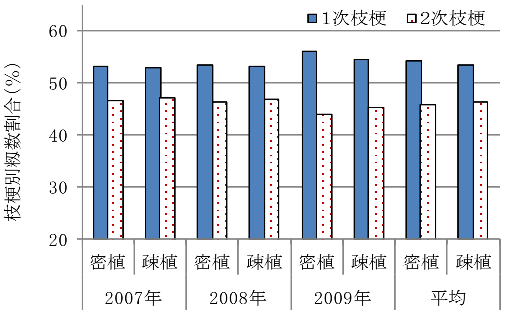
ᶻ 1穂籾数の「変動」は、株ごとの変動係数(%)の平均値

第3表　栽植密度が穂首節の太さに及ぼす影響

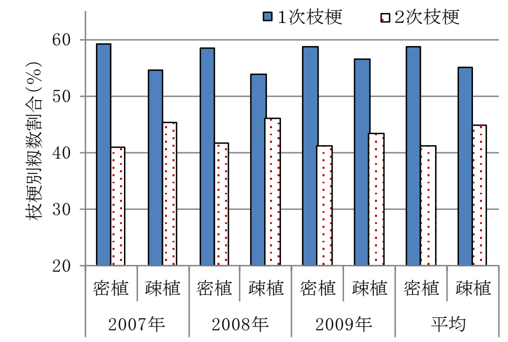
品　種	年度	栽植密度	穂首節の太さ(㎜) 全穂ᶻ	上位3穂ʸ
コシヒカリ	2008	密植	1.57	1.73
		疎植	1.56	1.82
	2009	密植	1.42	1.53
		疎植	1.64	1.80
	平均	密植	1.50	1.63
		疎植	1.60	1.81
ひとめぼれ	2008	密植	1.59	1.73
		疎植	1.63	1.93
	2009	密植	1.40	1.47
		疎植	1.56	1.71
	平均	密植	1.50	1.60
		疎植	1.60	1.82
ヒノヒカリ	2008	密植	1.46	1.54
		疎植	1.50	1.53
	2009	密植	1.58	1.68
		疎植	1.74	1.77
	平均	密植	1.52	1.61
		疎植	1.62	1.65

ᶻ「全穂」は各区生育中庸5株×2カ所（疎植1カ所）の全穂から抽出した任意の30穂

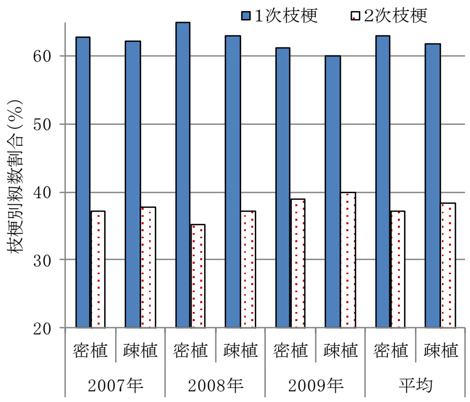
ʸ「上位3穂」は株ごとの最長稈から3穂までの15または30穂から抽出した任意の10穂（2008～2009年度の2カ年平均値）



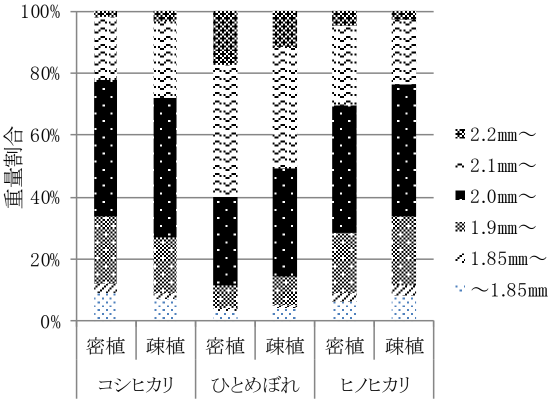
第４図　栽植密度が「コシヒカリ」の枝梗別籾数割合に及ぼす影響



第５図　栽植密度が「ひとめぼれ」の枝梗別籾数割合に及ぼす影響



第６図　栽植密度が「ヒノヒカリ」の枝梗別籾数割合に及ぼす影響



第７図　栽植密度が玄米粒厚分布に及ぼす影響
2007～2009年の３年間の平均値

第4表　栽植密度が玄米タンパクおよび外観品質に及ぼす影響

品　種	年度	栽植密度	玄米タンパク%	外観品質1-9	達観調査[z]				穀粒判別器調査[y]						
					乳白	心白	基白	背白	整粒	胴割	乳白	基部未熟	腹白	青未熟	その他未熟
コシヒカリ	2007	密植	8.1	4.8	1.3	1.5	0.0	0.0	61.8	0.2	6.3	3.6	2.1	2.1	24.1
		疎植	8.0	4.5	1.0	2.0	0.0	0.0	62.2	0.0	6.9	4.8	1.6	0.6	23.9
	2008	密植	8.4	7.5	3.3	0.5	1.0	0.3	64.4	0.2	16.4	5.9	4.1	0.9	8.3
		疎植	8.1	8.0	3.5	1.0	1.0	1.0	66.4	0.1	15.2	7.7	3.8	0.4	6.4
	2009	密植	8.6	4.5	1.3	0.0	0.0	0.0	74.7	1.0	4.1	0.6	0.8	8.2	10.8
		疎植	8.1	4.0	1.0	0.0	0.0	0.5	79.0	0.9	2.5	0.4	0.7	7.9	8.6
	平均	密植	8.4	5.6	2.0	0.7	0.3	0.1	67.0	0.5	8.9	3.3	2.3	3.7	14.4
		疎植	8.1	5.5	1.8	1.0	0.3	0.5	69.2	0.3	8.2	4.3	2.0	3.0	13.0
ひとめぼれ	2007	密植	7.3	5.5	0.3	1.0	0.0	0.0	72.3	0.5	4.6	3.1	1.4	1.9	16.4
		疎植	7.8	5.0	0.5	0.5	0.0	0.0	68.6	0.0	6.5	2.0	1.0	2.1	19.8
	2008	密植	7.8	5.3	1.8	0.0	1.3	1.3	79.2	0.6	8.3	4.7	1.7	0.7	4.9
		疎植	8.5	6.5	2.5	0.0	0.5	1.5	75.1	0.1	10.3	5.3	3.1	0.8	5.3
	2009	密植	7.6	4.5	0.8	0.0	0.0	1.0	86.0	0.8	3.0	0.2	0.5	4.4	5.2
		疎植	7.7	4.0	1.0	0.0	0.0	0.5	84.3	0.8	2.6	0.0	0.6	5.8	5.9
	平均	密植	7.6	5.1	1.0	0.3	0.4	0.8	79.1	0.6	3.8	2.7	1.2	2.3	10.3
		疎植	8.0	5.2	1.3	0.2	0.2	0.7	76.0	0.3	6.5	2.4	1.6	2.9	10.3
ヒノヒカリ	2007	密植	7.1	4.3	0.0	1.5	0.0	0.0	70.6	0.2	2.6	0.6	0.3	3.4	22.6
		疎植	7.4	4.5	0.5	1.0	0.0	0.0	67.0	0.1	2.3	0.6	0.2	3.6	26.2
	2008	密植	7.2	3.0	0.5	1.3	0.0	0.0	92.0	0.1	2.6	0.3	0.3	1.4	3.4
		疎植	7.4	3.0	0.5	1.0	0.0	0.0	90.2	0.1	2.9	0.3	0.5	1.9	4.1
	2009	密植	7.3	3.0	0.8	0.0	0.0	0.3	94.7	0.3	0.6	0.1	0.1	0.6	3.8
		疎植	7.4	3.0	0.5	0.0	0.0	0.0	90.0	0.5	0.8	0.1	0.1	2.3	6.2
	平均	密植	7.2	3.4	0.4	0.9	0.0	0.1	85.7	0.2	1.6	0.3	0.2	1.8	10.2
		疎植	7.4	3.5	0.5	0.7	0.0	0.0	82.4	0.2	1.6	0.3	0.3	2.6	12.6

[z] 達観調査は、0(無)～5(甚)の6段階で示した。
[y] 穀粒判別器調査はサタケRGQI11Bで行い、被害粒は粒数割合で示した

3 品質に及ぼす影響

栽植密度が玄米粒厚分布に及ぼす影響を品種別に第７図に示した。「コシヒカリ」における粒厚 2.1 mmと 2.2 mmの重量割合は、密植区に比べて疎植区で高かったが、「ひとめぼれ」と「ヒノヒカリ」では低かった。品種を比較すると、「ひとめぼれ」は栽植密度に関わりなく、粒厚 2.0 mm以上の粒の割合が、他の品種に比べて高かった。

栽植密度が玄米タンパクおよび外観品質に及ぼす影響を第４表に示した。玄米タンパクは、各品種ともに栽植密度の差は小さかったが、2008 年の「ひとめぼれ」では疎植区でやや高かった。

2008 年の「コシヒカリ」と「ひとめぼれ」では乳白粒の発生が多く、外観品質は大きく低下したが、その他の年度および「ヒノヒカリ」の外観品質は１等相当であった。栽植密度と外観品質との関係をみると、2008 年の「ひとめぼれ」では、密植区に比べて疎植区で乳白粒の発生が多く外観品質は劣ったが、その他の品種では栽

植密度による差はなかった。

考　察

1 栽植密度が生育、収量に及ぼす影響

県内で栽培されている主要３品種「コシヒカリ」、「ひとめぼれ」および「ヒノヒカリ」について、密植栽培（22.2 株／㎡、株間 15 ㎝、条間 30 ㎝）と比較した疎植栽培（11.1 株／㎡、株間 30 ㎝、条間 30 ㎝）の生育特性を明らかにすることを目的に試験を行った。その結果、疎植栽培は密植栽培に比べて、㎡当たり茎数の増加は緩やかで、有効茎歩合が高い秋まさり的な生育を示した。また、３品種ともに疎植栽培にしても、収量は低下しないことが明らかになった（第２表）。この結果は、「ヒノヒカリ」で試験を行った安田ら（2006）、木村ら（2004）と「日本晴」を用いて試験を行った橋川（1984）と同様であった。

次に、栽植密度による収量の差がなかった要因について、収量構成要素から考察する。穂数は疎植栽培で少ないが、１穂籾数が多くなることで両形質の積である㎡当たり籾数は密植と同等から「ひとめぼれ」では多くなる。このように、疎植栽培で１穂籾数が多くなるのは、幼穂形成期頃の葉色が濃いことと、橋川（1984）が述べているように有効茎歩合が高く稈径が太いことが関係していると考えられる。登熟歩合と千粒重については、栽植密度による差が小さいとする報告（安田ら，2006；井上ら，2004）があるが、本試験では品種により傾向が異なった。すなわち、「ヒノヒカリ」では、両形質ともに栽植密度による差はなかったが、「コシヒカリ」では疎植栽培で登熟歩合が高かった。これは、疎植栽培で２次枝梗籾の登熟歩合が高いためであり、一般には、弱勢頴果の２次枝梗籾は登熟歩合が低いとされるが、疎植栽培では穂揃期頃の葉色が濃く、登熟後期まで稲体の光合成能力が高くなるため登熟が向上すると推察できる。また、「コシヒカリ」では稈長が長かったにも関わらず、倒伏が軽減され受光体勢が良好であることも大きい。耐倒伏性に劣る「コシヒカリ」では、疎植栽培は倒伏を軽減できる有効な栽培法であると考えられる。一方、「ひとめぼれ」では、疎植栽培で千粒重は低下する傾向にあった。これは、疎植栽培は密植栽培に比べて、充実の劣る２次枝梗籾の割合が増えたためである。「ひとめぼれ」は、粒が厚い特性を持ち（第７図）、２次枝梗籾に由来する登熟程度の低い粒が篩選別されずに混入した（太田ら，2010）ことによると推察される。

本試験から品種に関わりなく、主茎の１次分げつ出現節位には、栽植密度による差がないことが確認された。疎植栽培の有効茎は高次分げつ依存型である（橋川，1986）ことや、低温の影響で初期生育が不良になった場合には、疎植栽培では㎡当たり籾数が減少し、収量が低下する（井上ら，2004）ことから、疎植栽培では分げつ茎の早期確保がより重要である。したがって、疎植栽培の特性を発揮するには、品種に関わりなく、低地力田や冷水がかりの水田を避け、健苗育成や浅水管理の徹底を図るなど、分げつを確保することが重要である。

疎植栽培では出穂走から全ての穂が出穂するまでの期間が長くなる（若松ら，2004）ことから、穂揃いの悪化が懸念された。しかし、本試験では１穂籾数の変動係数はやや大きかったものの、観察調査からは極端なばらつきはなかった。また、橋川ら（1986）も、疎植稲は１穂重が大きく、しかもそのばらつきは小さく、長穂で穂揃いが良かったことを報告している。

これらのことより、３品種ともに疎植栽培は密植栽培に比べて穂数は少ないものの、１穂籾数の著しい増加により、㎡当たり籾数が密植栽培並みに確保されることで、収量は低下しないことが明らかになった。本試験では普通期栽培での結果を示したが、移植期が遅くなるほど穂数確保が難しくなることから、晩植での疎植栽培についてはさらに検討が必要である。

2 品質に及ぼす影響

玄米タンパクは出穂期前の葉色値と正の相関関係にあり（古土井，1995）、第１～３図の葉色値から判断すると、３品種ともに密植栽培に比べて、疎植栽培のほうが玄米タンパクは高くなると考えられる。また、疎植栽培は密植栽培に比べて、玄米タンパクが高いとする報告もある（古土井，1995）。しかしながら、本試験では、疎植栽培の玄米タンパク含有率は密植栽培に比べて、「コシヒカリ」では低く、「ひとめぼれ」

ではやや高い。「ヒノヒカリ」では安田ら(2006)、杉山ら（2004）と同様に、差は認められなかった。「コシヒカリ」については、疎植栽培で登熟歩合が高く粒の充実が良好であることから、玄米タンパクが低くなるものと推察される。「ひとめぼれ」は、２次枝梗籾の割合が高く、未熟粒の混入が多いため、玄米タンパクが高くなると考えられる。「ひとめぼれ」でも2008年を除くと、玄米タンパクは栽植密度による差は小さかった。これらのことより、本試験では葉色に関係なく穂肥を施用したが、疎植栽培では密植栽培に比べて、葉色が濃く推移することから、玄米タンパクを高めないためには穂肥施用時の葉色と窒素施用量に注意することが重要と考えられる。

外観品質は、栽植密度による差はないとされる（木村ら,2005;安田ら,2006）が、これらはいずれも「ヒノヒカリ」での結果である。本試験の「ヒノヒカリ」でも同様の結果であり、その理由は、疎植栽培にしても２次枝梗籾の割合がほとんど増加しないためと考えられる(第６図)。「コシヒカリ」についても、同様の傾向があり（第４図)、栽植密度による外観品質の差は小さいと推察される。一方、2008年の「ひとめぼれ」では乳白粒の発生が多く、外観品質が低下した。「ひとめぼれ」は、玄米タンパクでも述べたように、疎植栽培は密植栽培に比べて２次枝梗籾の割合が増加しやすい特性（第５図）を持つことから、特に、2008年のように㎡当たり籾数が多い場合には、１次枝梗籾と２次枝梗籾の間で炭水化物の競合が大きく、弱勢穎果の２次枝梗籾で乳白の発生が多く（太田ら,2010）なったものと推察される。

これらのことより、玄米タンパクは疎植栽培でも、高くならないと考えられるが、穂肥施用量に留意し、粒の充実を良くすることが重要である。品質については、「コシヒカリ」と「ヒノヒカリ」では、疎植栽培でも外観品質の低下はないが、２次枝梗籾の増えやすい「ひとめぼれ」では、外観品質が低下しやすいことから、疎植栽培は適さないと考えられる。

摘　要

県内の主要３品種「コシヒカリ」、「ひとめぼれ」と「ヒノヒカリ」について、密植栽培（22.2株／㎡、株間15㎝、条間30㎝）と比較した疎植栽培（11.1株／㎡、株間30㎝、条間30㎝）の生育特性を明らかにすることを目的に試験を行った。

1　３品種ともに疎植栽培は密植栽培に比べて穂数は少ないものの、１穂籾数の著しい増加により、㎡当たり籾数が密植栽培並みに確保されることで、収量は低下しなかった。

2　玄米タンパクは、疎植栽培にしても高まらないが、穂肥施用量に注意し、粒の充実を良くする必要があった。品質については、「コシヒカリ」と「ヒノヒカリ」では、疎植栽培でも外観品質の低下はなかったが、２次枝梗籾の増えやすい「ひとめぼれ」では、外観品質が低下しやすいので、疎植栽培には適さなかった。

引用文献

藤岡正美・渡辺徳太. 中山間地帯の水稲栽培様式に関する研究（第１報）作期を異にした疎植栽培の収量構成について. 山口農試研報 31. 1-6.

古土井悠「中生新千本」の良質良食味化のための葉色診断と穂肥施用量. 広島農技セ研報 62. 1-11.

橋川潮. 1984. 極端な疎植水稲にみられる多収性. 滋賀農短大学術雑誌. 25.47-51.

井上健一・林恒夫・湯浅佳織・笈田豊彦. 2004. 水稲品質食味要因の安定性に関する解析的研究. 第２報　疎植条件が水稲の物質生産と収量品質に及ぼす影響. 福井農試研報 41. 15-28.

木村浩・森重陽子・杉山英治・住吉俊治・河内博文・川崎哲郎. 2005. 疎植水稲の生育特性と安定生産技術. 愛媛農試研報 39. 1-9.

松下美郎. 1996. 水稲の疎植栽培における草型と施肥の影響. 大阪農技セ研報. 32:32-36.

守田和弘・高橋渉・杉森史郎・古畑昌巳. 2011. 富山県における水稲品種「コシヒカリ」の高温登熟回避を目的とした晩植栽培に適した栽植密度. 日作紀 80（2）. 220-228.

大野高資・杉山英治・川崎哲郎. 2001. 水稲疎植栽培が省力・低コスト化に及ぼす影響.

愛媛農試研報 33. 1-5.
太田和也・小山豊・在原克之. 2010. 温暖地早期栽培における水稲品種「ひとめぼれ」の窒素施用条件並びに栽植密度が籾数及び登熟歩合に及ぼす影響－玄米品質低下要因の解明－. 日作紀 79 (2) : 213－220.
杉山高世. 2004. 水稲ヒノヒカリの疎植栽培における収量及び玄米品質. 奈良農技セ研報 35. 23-25.
安田英樹・宮下武則・福島淳・山田千津子. 2006. 水稲疎植栽培と短期育苗苗を組み合わせた省力低コスト栽培法の確立. 香川農試研報 58. 9-17.

山口農技センター研報 (Bull.Yamaguchi Agri Fore Gene Tec Cent) 4：19-28. 2013

疎植栽培が生育、収量および品質に及ぼす影響

第２報　水稲疎植栽培における窒素施肥量の削減が収量、品質に及ぼす影響

池尻明彦・中司祐典※・前岡庸介※※ ・井上　興・本田善之

Effect of Sparse Planting on Growth, Yield, and Quality of Paddy Rice 2 Effect of Reducing Nitrogen Fertilizer on the Yield and Quality of Sparsely Planted Paddy Rice

Akihiko IKEJIRI, Masamichi NAKATSUKASA※, Yosuke MAEOKA※※,
Takashi INOUE and Yoshiyuki HONDA

Abstract: In order to establish a cultivation method with reduced nitrogen fertilizer for stable production of paddy rice, we used "Hinohikari" in the field after paddy rice cultivation and soybean cultivation to examined the effect of differences in planting density and nitrogen fertilizer on quality and yield.
After reduced the nitrogen fertilizer, the yield in the post-paddy rice field decreased 3-4%. Despite good initial growth in the post-soybean cultivation field, the yield declined by more than 10% reduction in both number of grains per panicle and ear number due to lack of developmental arrest of the tiller. Regardless of the preceding cropping, with the same amount of nitrogen fertilizer, there was no significant difference in the number of grains per square meter, percentage of ripened grain, thousand grain weight, or yield by planting density. There was no significant effect of planting density or fertilizer application on appearance quality, although brown rice protein tended to increase somewhat with sparse planting. The occurrence of brown planthopper density is so low with a low planting density, that sparse planting can patently allow for reduction of number of components of chemical pesticides.

Key Words：compost, cultivation method with reduced chemical fertilizer, “Hinohikari”,planting density, preceding cropping
キーワード：堆肥, 減化学肥料栽培, 「ヒノヒカリ」, 栽植密度, 前作

緒　言

山口県では、循環型栽培技術に取り組む農業者をエコファーマーとして認定し、化学肥料や化学農薬の使用量を 50％以上削減した農産物を県独自にエコやまぐち農産物として認証するなど、様々な取組を進めている。今後、循環型農業を着実に推進・拡大する上で、安定生産可能な水稲の減農薬・減化学肥料栽培技術の確立は重要な課題である。

※　現在：農林水産部農業振興課
※※　現在：下関農林事務所農業部

これまで、本県の主要品種である「ヒノヒカリ」では、窒素施肥量の削減により収量が不安定になるものの、「緩効性の割合が高い肥料」であれば影響が小さいことを明らかにしてきた（前岡ら,2010）。また、大豆跡では水稲の初期生育が旺盛で、基肥無窒素でも必要茎数の確保が容易であること（氏平ら,1988）や、一般に堆肥の連用により地力の向上が図られ、水稲の収量が高まるとされることから、これらの圃場条件では「緩効性の割合が高い肥料」と組み合わせることで窒素施肥量の削減が可能であると考えられる。

一方、低コスト技術として疎植栽培（11 株／㎡程度）が広まっているが、前報（池尻ら, 2013）において密植（22.2 株／㎡程度）と比較した結果、収量の差がほとんどないことを明らかにした。しかしながら、疎植栽培における前作や堆肥の施用、窒素施肥量の影響については、検討していない。

そこで、前歴の異なる圃場で、栽植密度と窒素施肥量との組み合わせが「ヒノヒカリ」の生育、収量や品質に及ぼす影響を検討し、エコ 50（県慣行基準（窒素成分９kg／10ａ）の 50%以下）など、減化学肥料に疎植栽培を導入する場合の留意点について、若干の知見を得たので報告する。

材料および方法

1 前作の異なる圃場

試験は、2007 年から 2009 年の３年間にわたり、山口県農林総合技術センター農業技術部内圃場（山口市大内御堀、礫質灰色低地土、砂壌土）において実施した。供試品種として中生の「ヒノヒカリ」を用い、６月６～９日に稚苗を機械移植した。試験区には前作、栽植密度、窒素施肥量の３処理を設けた。前作は第１表に示すように、水稲跡と大豆跡圃場の２水準、栽植密度は密植（20.2～20.9 株／㎡）区、中植（13.7～15.9 株／㎡）区、疎植（10.6～11.1 株／㎡）区の３水準とした。窒素施肥量は、前岡ら（2010）の報告で得られた結果を基に、緩効性の割合が高い肥料（速効性窒素：20%、R110：80%）を用いて、標肥では 0.7kg／a、減肥では 2007 年には 0.35kg／ａ、2008 年と 2009 年には 0.4kg／ａを全量基肥で植代前に施用した。１区面積は 40 ㎡とし、２区制で実施した。

調査は第１報（池尻ら, 2013）に準じて行ったが、１穂籾数、㎡当たり籾数および登熟歩合は「密植」と「中植」区では 20 株、「疎植」区では 15 株について穂数を調査後、平均的な３株を採取して調査した。

病害虫防除は、箱施薬剤のクロチアニジン・オリサストロビン粒剤と本田期間中のジノテフラン粒剤で行った。なお、2007 年はデブフェノシド粉剤を追加散布した。

2 牛糞堆肥を連年施用した圃場

試験は、2007 年と 2008 年の２年間、山口県農林総合技術センター農業技術部内圃場（山口市大内御堀、礫質灰色低地土、砂壌土）において実施した。供試圃場は 1993 年から木質牛糞堆肥 50～150kg／ａを連年施用し、稲わらは全量すき込みした水稲跡である。供試品種として中生の「ヒノヒカリ」を用い、2007 年は６月 15 日、2008 年は６月 16 日に稚苗を機械移植した。栽植密度は標準植区（17.2～19.2 株／㎡）、疎植区（9.8～10.8 株／㎡）の２水準とした。窒素施肥量は試験１に準じて、標肥区と減肥区の２水準を設けた。１区面積は 58 ㎡とし、１区制で実施した。なお、調査は試験１に準じて行った。

第1表　供試ほ場の作付け前歴と土壌の化学性

ほ場 No.	年度別作付け前歴							試験年度			土壌の化学性[y]				
	’00	’01	’02	’03	’04	’05	’06	’07	’08	’09	腐植 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N比	CEC (me)
44-1	水稲	水稲	大豆	大豆	大豆	大豆	大豆	●[z]	大豆	●	2.66	1.54	0.163	9.5	11.8
47-2	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲	○[z]	○	大豆	3.60	2.09	0.181	11.6	11.2
47-3	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲	大豆	●	○	3.30	1.91	0.180	10.6	12.3

z 試験年度の○は水稲跡、●は大豆跡ほ場として本試験に供試した
y 化学性は44-1号田は’07、他は’08の作付前に採土して調査した

結　果

1 前作の異なる圃場

1）気象経過と生育概況

2007 年は、６月下旬～７月中旬が曇りや雨の日が多く、茎数は少なく推移した。７月下旬～８月中旬は概ね晴天の日が続いたが、出穂期の８月下旬は曇りや雨の日が多かった。９月上旬～10 月上旬は気温が高く、日照時間は平年並みに推移し、登熟は良好であった。８月下旬以降、トビイロウンカの発生が増加した。

2008 年については、活着は良好で、７月６日に梅雨明けとなり、その後８月中旬頃まで高温多日照、少雨で経過したため、分げつの発生数は多かった。出穂期の８月下旬は雨の日が多かったが、登熟前期は晴天が続き、登熟は良好であった。

2009 年については、移植後は高温多日照、少雨で推移し、初期生育は順調であった。しかし、６月末から一転して不順天候となり、８月３半旬まで寡日照が続き、茎数は少なかった。８月４半旬以降は天候が回復し、登熟は良好であった。

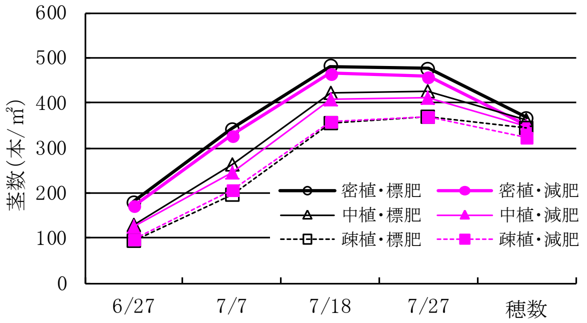
2）茎数と葉色の推移に及ぼす影響

試験結果は３年間とも概ね同様の傾向であったので、結果は３年間の平均値で示した。第１図に水稲跡、第２図に大豆跡における茎数の推移を示した。茎数は、栽植密度が高い区ほど多く、最高分げつ期もやや早かった。前作別では、大豆跡で初期分げつの発生が旺盛であったが、最高分げつ期頃には水稲跡と差が小さくなるとともに、施肥量を削減した場合の減少程度も大きかった。

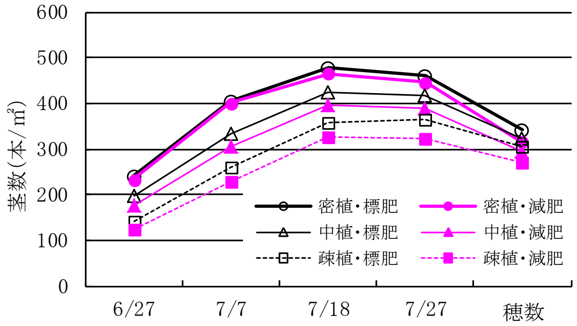
第３図に水稲跡、第４図に大豆跡における葉色の推移を示した。葉色は、栽植密度が低い区ほど濃く、移植後 40 日頃から栽植密度による差が大きくなった。また、大豆跡の減肥区では移植後 40 日以降の葉色低下が大きかった。

3）生育、開花期、成熟期に及ぼす影響

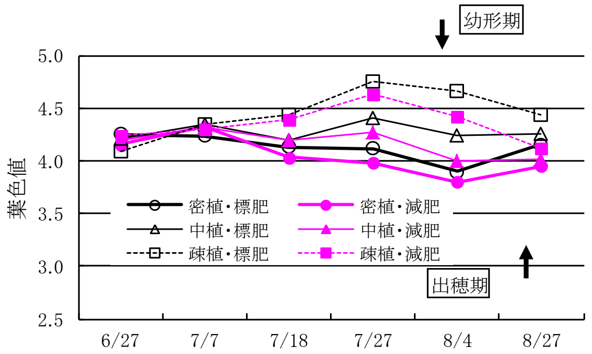
第２表に前作、栽植密度、窒素施肥量が生



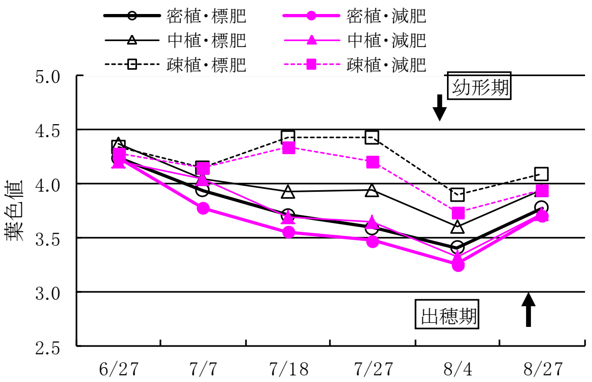
第１図　栽植密度と窒素施肥量が水稲跡における茎数の推移に及ぼす影響
2007～2009年の３年間の平均値（第２～４図）も同様



第２図　栽植密度と窒素施肥量が大豆跡における茎数の推移に及ぼす影響



第３図　栽植密度と窒素施肥量が水稲跡における葉色値の推移に及ぼす影響



第４図　栽植密度と窒素施肥量が大豆跡における葉色値の推移に及ぼす影響

育、出穂期、成熟期、倒伏に及ぼす影響について示した。出穂期、成熟期は前作、窒素施肥量による差はなかったものの、栽植密度が低くなるほど、遅れる傾向にあった。

　水稲跡における稈長、穂長の区間差はなかったが、大豆跡では「減肥」区で短かった。穂数は、前作に関わりなく最高茎数の多かった「密植」区で多い傾向にあったが、有効茎歩合が「密植」区で低くなり、栽植密度間の差は小さかった。施肥量では、「減肥」区で穂

第2表　前作、栽植密度、窒素施肥量が生育、生育ステージに及ぼす影響（2007～2009年平均）

前作	区名 栽植密度	区名 窒素施肥量	最高茎数 (本/m²)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m²)	有効茎歩合 (%)	倒伏[y] (0-5)
水稲	密	標肥	482	8/24	10/ 2	85	18.9	367	76	0
		減肥	465	8/24	10/ 2	83	18.5	348	75	0
	中	標肥	425	8/25	10/ 3	88	18.8	361	85	0
		減肥	413	8/25	10/ 3	85	18.8	347	84	0
	疎	標肥	368	8/26	10/ 4	87	19.0	344	93	0
		減肥	367	8/26	10/ 3	85	18.9	322	88	0
分散分析[z)]	栽植密度		**	－	－	ns	ns	ns	**	ns
	施肥量		ns	－	－	ns	ns	ns	ns	ns
	交互作用		ns	－	－	ns	ns	ns	ns	ns
大豆	密	標肥	475	8/24	10/ 1	85	18.6	341	72	0
		減肥	466	8/23	9/30	81	18.3	314	67	0
	中	標肥	424	8/24	10/ 1	86	18.8	324	76	0
		減肥	395	8/24	9/30	83	18.6	296	74	0
	疎	標肥	369	8/25	10/ 1	87	19.2	304	82	0
		減肥	340	8/25	10/ 1	84	18.8	272	80	0
分散分析[z)]	栽植密度		**	－	－	ns	**	ns	**	－
	施肥量		ns	－	－	**	*	ns	ns	－
	交互作用		ns	－	－	ns	ns	ns	ns	－

z 分散分析は前作ごとに行い、*、**はそれぞれ5、1%水準で有意差があることを示す（以下の表も同様）
y 倒伏は0（無）～5（甚）の6段階で示した（以下の表も同様）

第3表　前作、栽植密度、窒素施肥量が収量および収量構成要素に及ぼす影響（2007～2009年平均）

前作	区名 栽植密度	区名 窒素施肥量	収量[z] (kg/a)	同左比 (%)	千粒重[z] (g)	1穂籾数（粒数） 一次枝梗	二次枝梗	計	m²当籾数 ×100	登熟歩合（%）[z] 一次	二次	計
水稲	密	標肥	54.7	100	22.7	55.7	32.2	87.9	321	89.6	65.1	80.7
		減肥	53.3	97	22.9	53.7	28.3	82.0	284	89.1	65.7	81.1
	減肥/標肥(%)[y]		97	―	101	―	―	93	88	―	―	101
	中	標肥	57.0	104	22.7	58.2	33.3	91.5	328	87.7	59.8	77.7
		減肥	53.9	99	22.6	57.0	34.0	91.0	312	88.4	60.6	78.0
	減肥/標肥(%)[y]		95	―	100			100	95			100
	疎	標肥	53.2	97	22.6	59.3	33.7	93.1	317	87.0	60.0	77.3
		減肥	51.2	94	22.6	58.8	32.9	91.6	293	87.6	59.7	77.6
	減肥/標肥(%)[y]		96	―	100	―	―	98	92	―	―	100
分散分析	栽植密度		ns	―	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	ns
	施肥量		ns	―	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	交互作用		ns	―	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
大豆	密	標肥	50.3	100	22.9	55.7	32.4	88.2	299	89.7	67.8	81.8
		減肥	44.8	89	22.8	52.9	26.7	79.7	250	88.2	66.1	81.0
	減肥/標肥(%)[y]		89	―	100	―	―	90	83	―	―	99
	中	標肥	49.8	99	22.8	56.2	33.2	89.4	287	87.1	62.5	78.1
		減肥	44.8	89	22.8	54.9	30.6	85.5	253	87.8	64.0	79.5
	減肥/標肥(%)[y]		90	―	100	―	―	96	88	―	―	102
	疎	標肥	48.7	97	22.8	58.1	34.8	92.9	281	87.3	64.5	78.9
		減肥	42.8	85	22.8	56.8	31.1	87.9	238	88.8	64.0	80.2
	減肥/標肥(%)[y]		88	―	100	―	―	95	85	―	―	102
分散分析	栽植密度		ns	―	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	ns
	施肥量		*	―	ns	*	ns	**	*	ns	ns	ns
	交互作用		ns	―	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

z 収量、千粒重、登熟歩合は1.85mm以上
y 同じ栽植密度の標肥区を100として、減肥の値を指数で示した

数が少なかったが、水稲跡では差が小さかった。

4）収量および収量構成要素に及ぼす影響

第３表に前作、栽植密度、窒素施肥量が収量および収量構成要素に及ぼす影響を示した。１穂籾数は前作に関わらず、栽植密度が低い区ほど多く、㎡当たり籾数には栽植密度による差はなかった。施肥量では減肥で、１穂籾数、㎡当たり籾数とも少なかった。登熟歩合、千粒重は水稲跡、大豆跡ともに栽植密度、窒素施肥量による差はなかった。収量は水稲跡では有意差はなかったものの、大豆跡で「減肥」区が「標肥」区対比 85～89％に低下した。

5）品質に及ぼす影響

第４表に前作、栽植密度、窒素施肥量が玄米タンパクおよび外観品質に及ぼす影響を示した。玄米タンパクには試験区による有意差はなかった。

外観品質に試験区による差はなかった。しかし、2007 年では「密植」区の減肥で、充実不良により外観品質が低下した場合でも､「疎植」区では低下が認められなかった（データ省略）。

第4表　前作、栽植密度、窒素施肥量が玄米タンパク、外観品質に及ぼす影響（2007～2009年平均）

前作	区名 栽植密度	区名 窒素施肥量	玄米ﾀﾝﾊﾟｸ[z] (%)	外観品質[y] (1-9)	達観調査[x] 乳白	達観調査[x] 心白	達観調査[x] 腹白	穀粒判別器調査（%）[u] 整粒	乳白	基部未熟	腹白	青未熟	その他未熟
水稲	密	標肥	7.1	3.8	0.0	1.3	0.0	86.8	1.6	1.0	0.3	1.4	8.3
		減肥	7.0	4.3	0.1	1.5	0.0	86.4	2.1	1.1	0.2	1.2	8.5
	中	標肥	7.3	3.2	0.0	1.3	0.1	85.5	1.7	0.5	0.1	1.9	9.8
		減肥	7.1	3.6	0.0	1.1	0.2	83.5	1.8	0.9	0.4	1.8	10.9
	疎	標肥	7.5	3.4	0.0	1.3	0.1	83.8	1.4	0.5	0.2	1.9	11.5
		減肥	7.3	3.4	0.0	1.2	0.0	85.6	1.5	0.5	0.2	1.2	10.5
分散分析	栽植密度		ns	ns	−	−		−	−	−	−	−	−
	施肥量		ns	ns	−	−		−	−	−	−	−	−
	交互作用		ns	ns	−	−		−	−	−	−	−	−
大豆	密	標肥	7.0	3.5	0.0	1.6	0.0	86.7	2.2	1.6	0.4	1.0	7.9
		減肥	6.9	4.1	0.0	1.3	0.1	83.6	2.6	2.4	0.7	0.9	9.2
	中	標肥	7.0	3.4	0.0	1.5	0.1	83.9	2.3	1.8	0.5	1.4	9.7
		減肥	6.9	3.6	0.0	1.4	0.1	83.5	2.7	2.3	0.6	0.9	9.2
	疎	標肥	7.1	3.5	0.0	1.4	0.0	85.4	2.0	1.2	0.3	1.5	8.9
		減肥	6.8	3.5	0.0	1.7	0.0	86.8	2.0	1.4	0.4	0.7	7.9
分散分析	栽植密度		ns	ns	−	−		−	−	−	−	−	−
	施肥量		ns	ns	−	−		−	−	−	−	−	−
	交互作用		ns	ns	−	−		−	−	−	−	−	−

[z] 玄米ﾀﾝﾊﾟｸはN社製ｽﾍﾟｸﾄﾛﾌｫﾄﾒｰﾀで測定した（第7表も同様）

[y] 外観品質は5が概ね検査等級1等の下限に相当する（第7表も同様）

[x] 達観調査の被害粒は、0（無）～5（甚）の6段階で示した

[u] 穀粒判別器調査は、サタケ社製穀粒判別器RGQI10Bで行い、粒数割合で示した

6) 病害虫の発生に及ぼす影響

第５表に 2007 年と 2008 年における病害虫の発生状況について示した。2007 年および 2008 年ともに、水稲跡では紋枯病が発生した。その発生程度は、2007 年では「減肥」区より「標肥」区でやや多い傾向にあったものの、2008 年では栽植密度、窒素施肥量による差はなかった。2007 年は８月下旬にトビイロウンカの発生数が増えたが、前作別では大豆跡に比べて水稲跡で、栽植密度では「疎植」区で少なかった。また、2008 年はコブノメイガの発生が認められ、「疎植・標肥」区で最も多かった。

2 牛糞堆肥を連年施用した圃場

第６表に堆肥連用圃場における栽植密度と窒素施肥量が水稲の生育、出穂期、成熟期、倒伏に及ぼす影響を示した。最高茎数は「標準植」区で多く、窒素施肥量による差はなかった。出穂期は各区ともに同じであったものの、成熟期は「疎植」区が「標準植」区に比べて１～２日遅れた。稈長は栽植密度による差はなかったが、「標肥」区で長い傾向にあった。また、穂長は「疎植」区、「標肥」区で長い傾向にあった。

第5表　前作、栽植密度、窒素施肥量が病害虫の発生程度に及ぼす影響

前作	区名 栽植密度	窒素施肥量	2007年[z] 紋枯病発病度	2007年[z] トビイロウンカ（頭／10株）	2008年[y] 紋枯病発生程度	2008年[y] コブノメイガ 株率(%)	2008年[y] コブノメイガ 葉率(%)
水稲	密	標肥	26	10.6	1.0	18.0	0.6
		減肥	21	－	0.8	15.0	0.4
	中	標肥	39	10.2	1.0		
		減肥	21	－	1.0		
	疎	標肥	36	4.4	1.8	55.0	1.3
		減肥	24	－	1.8	27.0	0.6
分散分析	栽植密度		ns	ns	－	－	－
	施肥量		ns	－	－	－	－
	交互作用		ns	－	－	－	－
大豆	密	標肥	0	67.6	0	－	－
		減肥	0	－	0	－	－
	中	標肥	0	112.2	0.3	－	－
		減肥	0	－	0.3	－	－
	疎	標肥	0	46.6	0	－	－
		減肥	0	－	0	－	－
分散分析	栽植密度		ns	*	－	－	－
	施肥量		ns	－	－	－	－
	交互作用		ns	－	－	－	－

[z] 2007年の紋枯病発病度は発病株率、トビイロウンカは10株当たりの成虫・幼虫数で示した
[y] 2008年の紋枯病発生程度は、0(無)～5(甚)の6段階、コブノメイガは被害株率、葉率で示した

第6表　堆肥連用圃場(水稲連作)における栽植密度と窒素施肥量が水稲の生育、出穂期、成熟期に及ぼす影響

年度	区名 栽植密度	窒素施肥量	最高茎数 (本/m²)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏程度	稈長 (cm)	穂長 (cm)
2007	標準植	標肥	387	8/26	10/3	0	88	19.9
		減肥	386	8/26	10/2	0	86	19.0
	疎植	標肥	347	8/26	10/4	0	87	20.8
		減肥	370	8/26	10/4	0	86	19.9
2008	標準植	標肥	437	8/27	10/5	0	84	18.4
		減肥	473	8/27	10/4	0	81	17.9
	疎植	標肥	420	8/27	10/6	0	84	18.6
		減肥	381	8/27	10/6	0	83	18.8
平均	標準植	標肥	412	8/26	10/4	0	86	19.2
		減肥	430	8/26	10/3	0	84	18.5
	疎植	標肥	384	8/26	10/5	0	86	19.7
		減肥	376	8/26	10/5	0	85	19.4

第７表に堆肥連用圃場における栽植密度と窒素施肥量が収量、収量構成要素および品質に及ぼす影響を示した。収量構成要素には栽植密度と窒素施肥量による差はなく、収量に有意差はなかった。また、玄米タンパクは、栽植密度と窒素施肥量による差はなかった。

考　察

1 前作の異なる圃場

1）生育、収量に及ぼす影響

水稲跡では、窒素施肥量を慣行より 43～50%削減（0.35～0.4kg／ａ）することで、収量の大幅な低下が予想された。しかし、減収は３～５％とわずかで有意差がなかった（第３表）。これは、速効性窒素の割合が低く、幼穂形成期に溶出する被覆尿素の割合を高くした緩効性肥料（前岡ら,2010）を使用したことと、供試圃場の地力が中庸であったためと考えられる。本試験と同様の緩効性肥料を用いて試験を行った前岡ら（2009）は、窒素施肥量を慣行より 43～50%削減しても、地力が高い圃場では概ね慣行と同等の収量が得られるが､分げつ期が寡照の場合には穂数が少なく、㎡当たり籾数の減少によって、収量が 10%減少したことを報告している。また、供試肥料は異なるものの、荒木ら（2004）は「ヒノヒカリ」を用いて、窒素肥料を 53%削減（0.4kg／ａ)すると､４～18%減収したとしている。したがって､水稲跡でエコ 50 水稲栽培を行う際には、圃場の地力や分げつ期の天候によっては、収量が大幅に低下することを考慮するとともに、地力が低い圃場では、収量確保のために有機質肥料を補うなどの対策が必要と考えられる。

一方、大豆跡では窒素施肥量の削減が可能と考えられたが、初期生育は良好であるものの、水稲跡に比べて収量水準が低かった。また、窒素施肥量を 43～50%削減した減肥区（0.35～0.4kg／ａ）では、有効茎歩合の低下により穂数が減少し、その結果㎡当たり籾数が少なくなり､標肥区に比べて 10%以上減収した（第３表）。水稲の初期生育は、前作大豆の茎や莢などの残渣が、速やかに分解されることで良好である（桑名ら,2003）と推察される。一方、生育後半に発現する地力窒素については、大豆の作付け回数が多くなると低下する（住田ら,2005）が、２年間試験を行った 44-1 号田は､水稲作付け前に５年間連続して大豆を作付けしており、大豆の作付け回数が少ない 47-3 号田と比較しても収量の低下が大きいことから、地力窒素が少なく、中期

第7表　堆肥連用圃場（水稲連作）における栽植密度と窒素施肥量が収量、収量構成要素および品質に及ぼす影響

年度	区名 栽植密度	区名 窒素施肥量	穂数 (本/㎡)	有効茎歩合 (%)	1穂籾数	㎡当たり籾数 (/㎡)	登熟歩合[z] (%)	千粒重[z] (g)	収量[z] (kg/a)	同左比率 (%)	玄米ﾀﾝﾊﾟｸ (%)	外観品質 (1-9)
2007	標準植	標肥	349	90	95.7	334	77.1	22.4	55.1	100	7.3	4.0
		減肥	355	92	82.1	292	78.1	22.3	53.4	97	7.3	6.0
	疎植	標肥	313	90	99.1	310	79.6	22.1	54.4	99	7.9	4.0
		減肥	334	90	89.4	299	82.5	22.3	54.2	98	7.9	4.0
2008	標準植	標肥	375	86	81.1	304	83.3	22.8	58.1	100	6.8	3.0
		減肥	396	84	72.5	287	83.0	22.7	55.9	96	6.6	2.0
	疎植	標肥	365	89	80.3	293	78.1	22.8	57.1	98	7.1	3.0
		減肥	333	88	80.7	269	83.4	22.6	56.1	97	6.7	2.0
平均	標準植	標肥	362	88	88.4	319	80.2	22.6	56.6	100	7.1	3.5
		減肥	376	88	77.3	290	80.6	22.5	54.7	97	7.0	4.0
	疎植	標肥	339	90	89.7	302	78.9	22.5	55.8	98	7.5	3.5
		減肥	334	89	85.1	284	83.0	22.5	55.2	97	7.3	3.0
分散分析[y]	栽植密度		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	－	ns	ns
	施肥量		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	－	ns	ns

[z] 登熟歩合、千粒重、収量は1.85㎜以上
[y] 分散分析は年度を反復にして行った

以降の生育が凋落したと推察される。また、現地においても、大豆を作付けしている生産組織では、同一圃場での大豆の作付け回数が多くなっていることから、大豆跡での水稲栽培では後半の生育が停滞する恐れがある。したがって､大豆跡でエコ 50 水稲栽培を行う際には、初期生育は確保できることから、大竹ら（1988）、吉野ら（2011）も報告しているように、基肥を削減して、生育に応じて追肥を行う体系が適すると考えられる。

栽植密度について、本試験では前作や窒素施肥量の異なる条件で行ったが、いずれの条件においても、橋川（1984）の報告と同様に、疎植栽培は「密植」区と「中植」区に比べて、㎡当たり穂数がやや少ないものの、１穂籾数が多く、㎡当たり籾数や登熟形質、収量に差がないことが確認された（第３表）。また、窒素施肥量の削減が収量構成要素に及ぼす影響をみると、水稲跡、大豆跡ともに千粒重と登熟歩合は窒素施肥量による差がなく、減肥区では㎡当たり籾数が少なかった｡その結果、標肥区と比較した減肥区の収量は、水稲跡では有意差はなかったものの、大豆跡では 10～12%低下した。これらのことから、前作に関わりなく窒素施肥量を削減しても、栽植密度が収量に及ぼす影響は小さいと考えられる。

2) 品質に及ぼす影響

米の食味に影響を及ぼす玄米タンパク（石間ら,1974）は、窒素施肥量が多いほど高まるとされる（若松ら,2007）。窒素施肥量を削減したエコ 50 水稲栽培では、前作に関わりなく、玄米タンパクが低い傾向にあり、食味の低下はないと考えられる。

一方、疎植栽培では、玄米タンパクの高まる報告がある（木村ら,2005）が、本試験でも水稲跡においては、玄米タンパクが高まる傾向にあった。これは、穂揃期の葉色が「密植」区、「中植」区に比べて濃く、生育後半に稲体へ吸収される窒素が多いことが影響していると推察される。したがって、疎植栽培において、玄米タンパクを低減するには、過剰にならないように後半の窒素吸収量を抑える必要がある。

「ヒノヒカリ」の外観品質については、前報において（池尻ら,2013）、栽植密度による差がないことを明らかにした。本試験でも、標肥区では外観品質に差はなかったが、窒素施肥量を削減した場合には「密植」と「中植」区において、充実不良により外観品質が低下する傾向を認めた。しかし、その場合でも、疎植栽培では外観品質の低下はなく、疎植栽培での外観品質の低下は小さいと考えられる。

3) 病害虫の発生に及ぼす影響

エコ 50 水稲栽培では､化学農薬の使用成分数を削減する必要があるが、水稲の主要病害虫である紋枯病およびトビイロウンカの発生は、栽植密度の疎植化と基肥を削減することで抑制されることが示されている（佐藤ら,2007）。本試験では、紋枯病については 2007 年と 2008 年で傾向は異なったが、トビイロウンカは、疎植栽培で発生数が少なく、疎植栽培はトビイロウンカの発生を抑えるのに有効な技術と考えられる。また、本試験の結果から、疎植栽培は育苗箱施用剤の本田投入量が少ないものの、栽植密度による病害虫の防除効果に差はないことが確認された。一方、古土井ら（1994）も指摘しているように、コブノメイガは、葉色が濃い疎植栽培で多くなることから、注意が必要である。

前作についてみると、大豆跡では水稲の生育量が少ないにもかかわらず、トビイロウンカの発生量が多かった。これは、水稲跡に比べて圃場の漏水が大きく、箱施薬剤の残効が短くなったことが影響していると考えられる。

これらのことより､疎植栽培を行うことで、トビイロウンカの発生を抑制することはできるが、コブノメイガについては発生が多くなることから注意が必要である。

2 牛糞堆肥を連年施用した圃場

第７表に示したように、堆肥を連年施用した圃場では、水稲跡の試験（第３表）と比較して、窒素施用量を削減しても、籾数が確保され収量の低下がなかった。このことは、堆肥の継続投入によって土壌からの養分供給量が高まる（三浦,2007）ことで、窒素肥料の削減が可能であることを示している。

堆肥を連年施用した場合の窒素施肥量削減の目安については、住居・徳永（2009）により、稲わらを還元しつつ各種堆肥 1.5ｔ／10ａを 10 年程度連年施用した場合には、牛糞堆肥と鶏糞堆肥では基肥半量・追肥半量程度の削減、豚糞堆肥では基肥なし・追肥半量程度の削減が可能であることが示されている。本試験の結果は、このことを裏付けるものであり、牛糞堆肥を 10 年程度連年施用することで、地力が高まり、窒素施肥量を半量にしても収量の低下は少ないことが示された。

3 まとめ

本県における水稲エコ 50 栽培では、「ヒノヒカリ」で行う際の化学肥料由来の窒素施肥量の上限を 4.5kg／10ａとしていることから、本試験の減肥区（3.5～4.0kg／10ａ）よりも収量水準はやや高いと考えられる。しかしながら、地力の低い圃場では、収量が大きく低下することが懸念されることから、本試験でも明らかなように堆肥などで土づくりをするとともに、有機質肥料を補うなどの対策が必要である。一方、大豆の作付け回数が多い圃場においては、生育後半に発現する地力窒素が少ないことから、土づくりの重要性がより高いと考えられる。また、本試験のように、緩効性肥料を用いて施肥量を削減すると、基肥とともに追肥相当部分も減少するので、大豆跡では速効性窒素を含まない肥料など、「緩効性割合が高い肥料」を用いるのが望ましい。

疎植栽培では,使用する育苗箱数が減るので、播種、育苗、移植に係る労働時間や育苗資材費が低減できる利点があり、現地において導入が進んでいる技術である。本試験から、窒素肥料を削減しても、収量には栽植密度による差はなく,水稲エコ 50 栽培にこの疎植栽培を導入しても問題ないことが明らかになった。ただし、疎植栽培は穂数の確保が大切である（五月女ら,2011）ことから、分げつの発生を阻害しないように、低地力田を避け、健苗育成や浅水管理の徹底を図るなど、生育特性を考慮した圃場選定や栽培管理が必要である。また、本県の主要害虫であるトビイロウンカの発生を抑制するには、この疎植栽培が有効な方法であり、飛来後の防除に要する農薬使用成分数を削減できる可能性があると考えられる。

摘　要

本報告は、前歴の異なる圃場において、水稲「ヒノヒカリ」のエコ 50 栽培に、低コスト・省力化技術である疎植栽培を導入する際の留意点を明らかにすることを目的に行った。

1 窒素肥料削減による収量低下は、圃場の前歴により異なり、水稲跡では３～５％、堆肥連用圃場では１～３％で有意差はなかったが、大豆跡では初期生育は旺盛であるものの、分げつの発育停止などによる穂数不足や１穂粒数の減少により 10%以上減収した。

2 疎植栽培は、慣行栽培と比べて、圃場の前歴に関わりなく同一窒素施肥量であれば、㎡当たり籾数や登熟形質、収量に有意差はなかった。

3 外観品質は栽植密度や施肥量による有意差はなかったが、水稲跡では玄米タンパクは疎植栽培でやや高まる傾向にあった。

4 トビイロウンカの発生密度は、疎植栽培で抑制された。

引用文献

荒木雅登･田中浩平･山本富三･満田幸恵.2004.環境に配慮した水稲の減化学肥料栽培のための被覆尿素の利用効果.福岡農総試研報．23．1-6.

古土井悠・那波邦彦・大竹茂登．1994．水稲の葉色とコブノメイガの被害葉率．日作紀 63(別 2)．305-306.

橋川潮．1984．極端な疎植水稲にみられる多収性．滋賀農短大学術雑誌．25.47-51.

池尻明彦・中司祐典・前岡庸介．2013．疎植栽培が水稲の生育、収量、品質に及ぼす影響　第１報　主要品種の疎植栽培における生育特性.山口農技センター研報．4．11-18.

石間紀男・平宏和・平春枝・御子柴穆・吉川誠次．1974．米の食味に及ぼす窒素施肥および精米中のタンパク質含有率の影響．食総研報．29．9-15.

木村浩・森重陽子・杉山英治・住吉俊治・河内博文・川崎哲郎．2005．疎植水稲の生育特

性と安定生産技術. 愛媛農試研報 39. 1-9.

桑名建夫・小河甲・三好昭宏・清水克彦・古倉惇一郎. 2003. 黒大豆ガラの大量施用が水稲の生育、収量に及ぼす影響. 兵庫農技総セ研報（農業）. 51. 1-6

前岡庸介･池尻明彦･明石義哉･藤村澄恵. 2009. 地力が高いほ場における緩効性肥料を利用した化学肥料削減. 平成 21 年度山口県農林総合センター試験研究成果発表会発表要旨 15-16.

前岡庸介･木村晃司･岡本賢一･中司祐典. 2010. 肥効調節型肥料全量基肥施用の水稲主要品種に対する適応性と効果的利用法. 山口農技センター研報. １. 71-84.

三浦吉則. 2007. 稲わら堆肥、稲わら長期連用水田における蓄積地力窒素による水稲の増収効果. 農業および園芸. 82(11). 1198-1202.

大竹俊博. 1988. 山形県におけるダイズ跡輪換田の施肥法について. 日本土壌肥料学会誌 59(5). 504-507.

五月女恭子・青沼伸一・大谷和彦・飯田貴子・髙齋光延・塚原俊明. 2011. 全量基肥施肥と疎植を組み合わせた水稲「なすのひかり」の高品質安定栽培法. 栃木農試研報. 66. 1-9.

佐藤大和・荒木雅登・川村富輝・石塚明子・福島裕助・井上拓治. 2007. 水稲の減農薬・減化学肥料栽培における安定栽培法－窒素施肥法と栽植密度の違いが収量および病害虫発生程度に及ぼす影響. 26. 79-84.

住居丈嗣・徳永哲夫. 2009. 水稲の堆肥連用栽培における化学肥料の削減. 山口農試研報. 57. 43-49.

住田弘一・加藤直人・西田端彦. 2005. 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壌肥沃土の変化. 東北農研研報. 103. 39-52.

氏平洋二・中野尚夫・水島嗣雄. 1988. 大豆跡作水稲の生育の特徴と窒素施用法. 日本作物学会中国支部研究集録. 29. 5-7.

若松謙一・田中明男・上薗一郎・佐々木修・下西恵. 2007. 暖地水稲における窒素施用量が背白米の発生に及ぼす影響. 日作九支報. 73. 1-4.

吉野稔･石塚明子･小田原孝治･浜地勇次. 2011. 前作夏作に大豆を栽培した圃場において基肥窒素量が水稲の生育に及ぼす影響. 日作九支報. 77. 11-14.

山口農技センター研報 (Bull.Yamaguchi Agri Fore Gene Tec Cent) 4：29-38. 2013

小麦「ニシノカオリ」と「ふくさやか」における播種遅れに対応した施肥法

池尻明彦・木村晃司※・中司祐典※※

Fertilizer Application Technique for Stable Production with Late Seeding Wheat "Nishinokaori"and"Fukusayaka"

Akihiko IKEJIRI, Koji KIMURA※, and Masamichi NAKATSUKASA※※

Abstract: The experiment was carried out in order to establish a method of fertilizer application for "Nishinokaori" and "Fukusayaka", that will produce the same yield and quality as standard sowing time, even if sowing is delayed until early or late December, yield and quality of standard sowing time can be obtained.

In both cultivars, sowing time was in early December, the application of nitrogen fertilizer was increased to 0.6kg/a topdressing at the ear formation stage in early March. When sowing time was in the middle and latter part of December the topdressing was skipped at the tillering stage, and applied at ear formation stage in addition to the standard topdressing. Using methods of fertilizer application, there is no degradation of appearance quality, and a yield equivalent to standard November sowing time can be achieved.

Key Words：quality, topdressing at ear formation stage, yield
キーワード：品質，穂肥，収量

緒　言

山口県では、小麦「ニシノカオリ」と「ふくさやか」の平坦部における播種適期を11月中下旬として作付を推進している。しかしながら、本県では法人化等により作付け規模が拡大していることから、降雨などの影響で播種が適期から外れた12月上旬から中下旬まで遅れる場合が少なくない。播種が遅れると「ニシノカオリ」、「ふくさやか」ともに生育量が不足して減収することが指摘されている（木村・中司,2006;木村ら,2008b）。また、収量と検査等級に加え、タンパク質含有率や容積重などの品質評価基準が農家収入に反映されることから、播種が遅れても標準播並の収量・品質が得られる栽培法の確立が求められている。

「ニシノカオリ」については、11月中下旬播種で茎数が少ない場合には、穂肥窒素の増施により倒伏を助長することなく増収することが示されている（木村ら,2008a）ものの、12月まで播種が遅れた場合での窒素施肥法はほとんど検討されていない。

そこで、本報告では小麦「ニシノカオリ」と「ふくさやか」において、播種期別に窒素追肥（穂肥）が生育、収量、品質に及ぼす影響を検討し、播種が遅れても、標準播並の収量・品質が得られる施肥法について一定の知見を得たのでその概要を報告する。

※現在：山口農林事務所農業部
※※現在：農林水産部農業振興課

材料および方法

「ニシノカオリ」を 2006～2008 年に、「ふくさやか」を 2007～2009 年にそれぞれ供試した（以下、全て播種年で示す）。播種は、一旦耕起した後、播種機を装着したトラクタで耕起・畦立てを同時に行った。畦幅は 150 ㎝で１畦４条、畦上の条間は 20、40、20 ㎝とし、播種量は第１表に示すとおりとした。

試験は播種期（第１表）と窒素施肥法（第２表）の処理区を設けて実施した。播種期は適期である 11 月中下旬を標準播として、12 月上旬の晩播および 12 月中下旬の極晩播の３水準とした。窒素施肥は、基肥 0.4kg／ａと１月下旬～２月上旬の分げつ肥 0.2kg／ａおよび３月上旬の穂肥 0.4kg／ａを施用する標肥区を標準播と晩播に設け、極晩播では分げつ肥を省略し、その分を穂肥に上乗せした穂肥窒素の施用量を 0.6kg／ａとする区を標肥区とした。なお、極晩播では分げつ肥の効果を確認するため、2006 年の「ニシノカオリ」においてのみ、分げつ肥を 0.2kg／ａ、穂肥を 0.4kg／ａ施用する区を加えた。晩播と極晩播については、さらに穂肥窒素施用量と施用時期の処理区も設けた。穂肥窒素施用量は、標肥区に対し晩播では 0.6 kg／ａ、極晩播では 0.8kg／ａの多肥区を設けた。穂肥窒素施用時期は、３月３日頃（以下、標準穂肥）、３月 20 日頃（以下、晩期穂肥）の２水準を設け、「ニシノカオリ」では３年間、「ふくさやか」では 2008 年のみ試験を行った。いずれも、基肥には窒素 14%、リン酸 17%、加里 13%を含む化成肥料を耕起・播種直前に全面に施用した。分げつ肥および穂肥には窒素 15%、リン酸５%、加里 20%を含む化成肥料を表層施用した。また、「ニシノカオリ」では、開花期追肥として出穂後７日頃に硫安で窒素成分 0.2kg／ａを施用した。１区面積は約 20 ㎡で２区制とした。

生育期間中には３回程度茎数調査を行い、2008 年にはミノルタ社製葉緑素計（SPAD-502）の値も測定した。葉緑素計値（SPAD 値）は出穂期前後からほぼ７～10 日毎に、試験区から無作為に選んだ 20 枚の葉の葉身中央部について測定した。成熟期には 4.5～6.0 ㎡を刈り取り、収量は粒厚 2.2 ㎜以上の精麦重を水分 12%に換算したものとした。容積重はブラウエル穀粒計で計測した。子実タンパク質含有率は原麦を NIRECO 社製スペクトロフォトメータで測定し、水分 13.5%に換算して求めた。また、成熟期に各区約 50 本の穂を採種し、１穂粒数を調査した。

第1表　播種期と播種量

	2006年		2007年		2008年		2009年	
	播種期（月/日）	播種量（kg/a）	播種期（月/日）	播種量（kg/a）	播種期（月/日）	播種量（kg/a）	播種期（月/日）	播種量（kg/a）
標準播	11/21	0.72	11/19	0.52	11/19	0.54	11/19	0.67
晩播	12/ 5	0.74	12/ 5	0.51	12/ 4	0.57	12/ 4	0.66
極晩播	12/20	0.73	12/25、12/20[z]	0.51	12/18	0.57	12/14	0.67

[z]2007年の極晩播では「ニシノカオリ」が12月25日、「ふくさやか」が12月20日で、その他では2品種の播種期は同一である

第2表　窒素施肥量試験区の構成

播種期	窒素施用量(kg/a)					穂肥施用時期(月/日)				
	区名	基肥	分げつ肥	穂肥	開花期追肥[z]	区名	2006年	2007年	2008年	2009年
標準播	標肥	0.4	0.2	0.4	0.2	標準	3/ 2	3/ 6	3/ 2	3/ 3
晩播	標肥	0.4	0.2	0.4	0.2	標準	3/ 2	3/ 6	3/ 2	3/ 3
						晩期	3/22	3/21	3/18	－
	多肥	0.4	0.2	0.6	0.2	標準	3/ 2	3/ 6	3/ 2	3/ 3
						晩期	3/22	3/21	3/18	－
極晩播	標肥	0.4	0	0.6	0.2	標準	3/ 2	3/ 6	3/ 2	3/ 3
						晩期	3/22	3/21	3/18	－
	多肥	0.4	0	0.8	0.2	標準	3/ 2	3/ 6	3/ 2	3/ 3
						晩期	3/22	3/21	3/18	－

[z] 開花期追肥は「ニシノカオリ」のみ、出穂期後7日頃に行った

結　果

1 播種期と穂肥窒素の施用量・施用時期が出穂期、成熟期に及ぼす影響

1) 「ニシノカオリ」

標準播の出芽期は 12 月上旬、晩播の出芽期は 12 月下旬で、分げつ盛期はいずれも２月であった。一方、極晩播では出芽期が１月下旬、分げつ盛期が３月中旬まで遅れた。

標準播の出穂期は、３ヵ年平均で４月 13 日となり、晩播では６日、極晩播では 12 日それぞれ遅れた。晩播、極晩播ともに、晩期穂肥区は標準穂肥区に比べて、出穂期がさらに１日程度遅れた（第３表）。

成熟期は標準播では６月２日で、晩播では４日、極晩播では７日遅れた。多肥区や晩期穂肥区では、遅れ穂の発生により標肥区や標準穂肥区に比べてさらに１～２日遅れ、2007 年の極晩播・多肥・晩期穂肥区で、最も遅い６月 14 日となった（第３表）。

第3表　播種期と穂肥窒素の施用量・施用時期が「ニシノカオリ」の出穂期、成熟期に及ぼす影響

播種期	穂肥窒素施用量	穂肥施用時期	出穂期（月／日）				成熟期（月／日）			
			’06	’07	’08	平均	’06	’07	’08	平均
標準播	標肥	標準	4/13	4/15	4/12	4/13	6/ 2	6/ 4	5/31	6/ 2
晩播	標肥	標準	4/20	4/21	4/18	4/19	6/ 7	6/ 7	6/ 4	6/ 6
		晩期	4/20	4/22	4/19	4/20	6/ 8	6/ 7	6/ 5	6/ 6
	多肥	標準	4/20	4/22	4/18	4/20	6/ 7	6/ 7	6/ 4	6/ 6
		晩期	4/20	4/22	4/19	4/20	6/ 8	6/ 8	6/ 6	6/ 7
分散分析z	施用量間(A)		－	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	施用時期間(B)		－	ns	*	*	ns	*	*	**
	A×B		－	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	年次間(C)		－	－	－	**	－	－	－	**
極晩播	標肥	標準	4/25	4/29	4/23	4/25	6/ 9	6/12	6/ 8	6/ 9
		晩期	4/25	4/29	4/25	4/26	6/11	6/12	6/10	6/11
	多肥	標準	4/25	4/29	4/23	4/25	6/ 9	6/12	6/ 9	10/9
		晩期	4/25	4/30	4/25	4/26	6/11	6/14	6/12	6/12
分散分析z	施用量間(A)		－	－	－	－	ns	－	**	**
	施用時期間(B)		－	－	－	－	*	－	**	**
	A×B		－	－	－	－	ns	－	*	**
	年次間(C)		－	－	－	－	－	－	－	**
	A×C		－	－	－	－	－	－	－	**
	B×C		－	－	－	－	－	－	－	*
	A×B×C		－	－	－	－	－	－	－	*

z分散分析は各播種期で行い、*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差があることを示す（以下の表も同様）。晩播では交互作用A×C、B×C、A×B×Cには有意差は認められなかった

第4表　播種期と穂肥窒素の施用量が「ふくさやか」の出穂期、成熟期に及ぼす影響

播種期	穂肥窒素施用量	出穂期（月／日）				成熟期（月／日）			
		’07	’08	’09	平均	’07	’08	’09	平均
標準播	標肥	4/15	4/11	4/11	4/12	6/ 6	5/31	6/ 5	6/ 3
晩播	標肥	4/20	4/15	4/16	4/17	6/ 7	6/ 5	6/ 7	6/ 6
	多肥	4/20	4/15	4/16	4/17	6/ 7	6/ 5	6/ 7	6/ 6
極晩播	標肥	4/24	4/20	4/21	4/21	6/10	6/10	6/11	6/10
	多肥	4/24	4/20	4/21	4/21	6/10	6/10	6/11	6/10

2) 「ふくさやか」

出芽期と分げつ盛期は、「ニシノカオリ」と同様であった。標準播の出穂期は３ヵ年平均で４月 12 日となり、晩播では５日、極晩播では９日遅れた。成熟期は標準播では６月３日で、晩播では４日、極晩播では７日遅れた。穂肥施用時期の影響は「ニシノカオリ」と同様に、多肥区や晩期穂肥区では遅れ穂の発生により、さらに１～３日遅れた（第４表、穂肥時期のデータは省略）。

2 播種期と穂肥窒素の施用量・施用時期が登熟期間における葉緑素計値の推移に及ぼす影響

品種、播種期に関わりなく出穂期後の葉緑素計値は、穂肥施用量では多肥区で、穂肥施用時期では晩期穂肥区で高く、組合せでは多肥・晩期区で最も高く推移した(第１～４図)。また、晩播、極晩播では標準播に比べて、５月中旬以降の葉緑素計値の低下が小さかった（データ省略）。

3 晩播における穂肥窒素の施用量・施用時期が生育、収量および品質に及ぼす影響

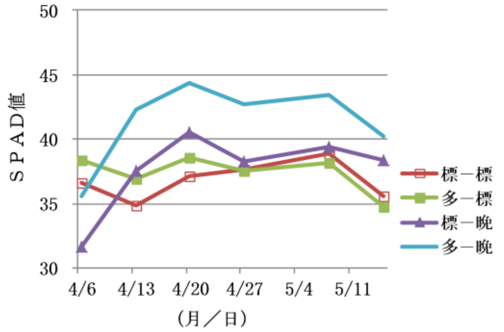
1) 「ニシノカオリ」

晩播における穂肥窒素の施用量や施用時期が「ニシノカオリ」の生育、収量、品質に及ぼす影響を第５表に示した。穂肥窒素の施用量では、稈長および穂長は多肥区で有意に長く、倒伏が多くなったものの、程度は微以下であった。最高茎数、穂数とも標肥区に比べて多肥区で多かったが、有効茎歩合には穂肥窒素の施用量による差はなかった。多肥区で１穂粒数が多かったことから、収量は有意に多かった。

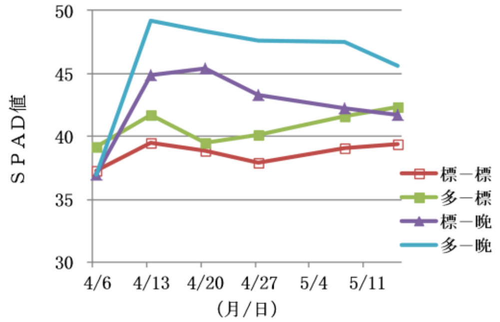
穂肥窒素の施用時期についてみると、稈長は標準区で長くなる傾向にあるものの、倒伏には差はなかった。最高茎数は標準区で多くなる傾向にあるものの、有効茎歩合は 2006 年を除き晩期区で高く、穂数には施用時期による差はなかった。千粒重、1 穂粒数にも差はなく、穂肥窒素の施用時期による収量の差はなかった。

晩播の収量は標準播（標肥）と比べて、標肥区では穂肥窒素の施用時期に関わりなく、標準播対比 90%程度であったが、多肥区では同 106～111%と標準播並以上であった。

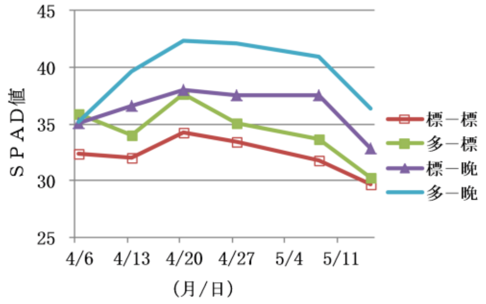
外観品質は、2006 年および 2008 年では穂肥窒素の施用量や施用時期による有意差はなく、2007 年では多肥区に比べて標肥区で劣ったものの、いずれも１等相当であった。容積重、子実タンパク質含有率には年度ごと、３ヵ年平均とも穂肥窒素の施用量、施用時期による差はなく、標準播とも有意差はなかった（年度別デー



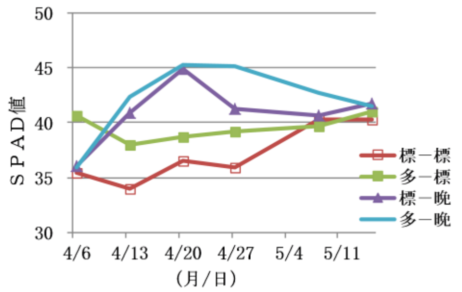
第1図　晩播における穂肥窒素の施用量･施用時期が「ニシノカオリ」のSPAD値に及ぼす影響
z)標－標は標肥－標準穂肥、多－標は多肥－標準穂肥、標－晩は標肥－晩期穂肥、多－晩は多肥－晩期穂肥であることを示す（第2～4図も同様）



第2図　極晩播における穂肥窒素の施用量･施用時期が「ニシノカオリ」のSPAD値に及ぼす影響



第3図　晩播における穂肥窒素の施用量･施用時期が「ふくさやか」のSPAD値に及ぼす影響



第4図　極晩播における穂肥窒素の施用量･施用時期が「ふくさやか」のSPAD値に及ぼす影響

第5表　播種期と穂肥窒素の施用量･施用時期が「ニシノカオリ」の生育、収量、品質に及ぼす影響(2006～2008年)

播種期	穂肥窒素施用量	穂肥施用時期	最高茎数(本/㎡)	稈長(cm)	穂長(cm)	倒伏の多少[z]	穂数(本/㎡)	有効茎歩合(%)	収量(kg/a)	同左比率(%)	1穂粒数(粒/穂)	千粒重(g)	容積重(g/L)	子実タンパク(%)	外観品質[y]
標準播	標肥	標準	481	83	7.6	0.6	336a	70	31.7ab	100	28.6a	42.1a	823a	12.6a	2.8a
晩播	標肥	標準	490	81	7.9	0.3	287a	59	28.6b	90	28.2a	41.9a	823a	12.7a	3.1a
	多肥	標準	555	84	8.1	0.6	338a	61	33.6ab	106	29.5a	42.2a	830a	12.3a	2.6a
	標肥	晩期	458	78	7.5	0.4	294a	65	28.7b	91	29.4a	42.0a	830a	12.4a	2.5a
	多肥	晩期	472	81	8.2	0.8	336a	72	35.2a	111	31.2a	42.7a	828a	12.3a	2.7a
分散分析結果[x)]	年次(A)		**	**	ns	**	**	**	**	－	**	**	**	**	ns
	施用量(B)		*	**	*	*	*	ns	**	－	*	ns	ns	ns	ns
	施用期(C)		**	**	ns	ns	ns	**	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns
	A×B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	－	ns	ns	ns	ns	*
	A×C		ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	－	**	ns	ns	ns	ns

[z] 倒伏の多少は0(無)～5(甚)の6段階で示した(以下の表も同様)
[y] 外観品質は1～6で示し、概ね1～3が検査等級の1等、4～5が2等相当である(以下の表も同様)
[x] 分散分析は晩播のみで行った。表中の*は5%水準、**は1%水準で有意差があることを示す(以下の表も同様)。交互作用B×C、A×B×Cには有意差は認められなかった
[w] 異なる英文字間にはTukeyの多重比較により、5%水準で有意差があることを示す。なお、多重比較は全試験区で行った

タ省略)。

2) 「ふくさやか」

播種期、穂肥窒素の施用が、「ふくさやか」の生育、収量、品質に及ぼす影響を第６、７表に示した。

稈長、穂長および倒伏には、穂肥窒素の施用量による差はなかった。多肥区では穂数が多くなる傾向にあり、収量は標肥区に比べて７～18%多くなった。また､標準播に対する収量比は、標肥区で85～94%、多肥区で93～112%であった。

穂肥窒素の施用時期の影響は、2008年のみの結果であるが、晩期区で最高茎数が少ないものの有効茎歩合が高く、穂数に差はなかった。また、1 穂粒数、千粒重にも穂肥窒素の施用時期

第6表　播種期と穂肥窒素の施用量が「ふくさやか」の生育、収量、品質に及ぼす影響

年度	播種期	穂肥窒素施用量	最高茎数(本/㎡)	稈長(cm)	穂長(cm)	倒伏の多少	穂数(本/㎡)	有効茎歩合(%)	収量(kg/a)	同左比率(%)	1穂粒数(粒/穂)	千粒重(g)	容積重(g/L)	子実タンパク(%)	外観品質
2007	標準播	標肥	413a	75a	8.5a	0.0a	298a	72a	38.6a	100	15.6a	36.5a	808a	10.5a	2.3a
	晩播	標肥	501a	74a	8.8a	0.0a	271a	54b	34.4a	89	16.8a	35.0a	811ab	10.3a	2.0a
		多肥	493a	77a	8.9a	0.0a	294a	60ab	36.9a	96	17.5a	34.7a	809ab	10.2a	2.0a
	極晩播	標肥	484a	74a	8.6a	0.0a	258a	53b	32.0a	83	17.8a	35.0a	822b	12.0a	2.0a
		多肥	531a	76a	8.8a	0.0a	283a	53b	35.2a	91	18.4a	35.2a	822b	11.2a	2.5a
2009	標準播	標肥	599a	77a	8.5a	0.5a	349a	58b	37.9a	100	16.4a	34.4a	818a	8.9a	2.0a
	晩播	標肥	447b	72b	8.3a	0.3a	275abc	62ab	32.0abc	85	15.7a	35.9a	808a	9.0a	2.0a
		多肥	443b	73b	8.5a	0.5a	310ab	70a	35.2ab	93	15.7a	35.4a	813a	9.0a	2.0a
	極晩播	標肥	350b	60c	7.5b	0.0a	183c	52bc	17.2d	45	13.5a	35.6a	817a	10.6a	2.0a
		多肥	455b	64bc	7.4b	0.0a	205c	45c	21.4cd	57	14.2a	35.8a	819a	10.6a	2.0a
平均	標準播	標肥	506	76	8.5	0.3	323	65	38.2	100	16.0	35.4	813	9.7	2.1
	晩播	標肥	474	73	8.5	0.1	273	58	33.2	87	16.2	35.4	809	9.7	2.0
		多肥	468	75	8.7	0.3	302	65	36.1	94	16.6	35.0	811	9.6	2.0
	極晩播	標肥	417	67	8.0	0.0	220	53	24.6	64	15.6	35.3	820	11.3	2.0
		多肥	493	70	8.1	0.0	244	49	28.3	74	16.3	35.5	820	10.9	2.3

[z] 同一年度の異なる英文字間には、Tukeyの多重比較により5%水準で有意差があることを示す

第7表　播種期と穂肥窒素の施用量･施用時期が「ふくさやか」の生育、収量、品質に及ぼす影響(2008年)

播種期	穂肥窒素施用量	穂肥施用時期	最高茎数(本/㎡)	稈長(cm)	穂長(cm)	倒伏の多少	穂数(本/㎡)	有効茎歩合(%)	収量(kg/a)	同左比率(%)	1穂粒数(粒/穂)	千粒重(g)	容積重(g/L)	子実タンパク(%)	外観品質
標準播	標肥	標準	421	72	8.5	0.5	303	72	37.7	100	37.5	34.4	824	8.5	2.0
晩播	標肥	標準	434	69	8.3	0.4	265	61	32.3	86	38.4	34.9	809	8.8	2.0
		晩期	379	69	8.5	0.8	308	81	35.3	94	40.2	34.4	809	8.7	2.0
	多肥	標準	507	74	8.5	0.5	305	60	35.8	95	40.4	35.0	808	8.5	2.0
		晩期	385	72	8.5	1.3	343	89	42.0	112	41.7	34.6	810	8.6	2.0
分散分析結果	施肥量(A)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns
	施用期(B)		**	ns	ns	*	ns	**	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns
極晩播	標肥	標準	528	71	7.8	0.5	323	61	34.4	91	39.3	34.4	797	9.1	2.0
		晩期	425	71	7.7	0.7	367	86	38.3	102	38.1	35.6	803	9.1	2.0
	多肥	標準	611	75	8.2	0.7	366	60	42.4	113	42.1	35.4	797	8.9	2.0
		晩期	497	74	8.2	0.9	447	90	47.6	126	38.6	35.6	809	9.3	2.0
分散分析結果	施肥量(A)		ns	ns	**	ns	ns	ns	*	－	ns	ns	ns	ns	ns
	施用期(B)		*	ns	ns	ns	ns	**	ns	－	ns	ns	*	ns	ns

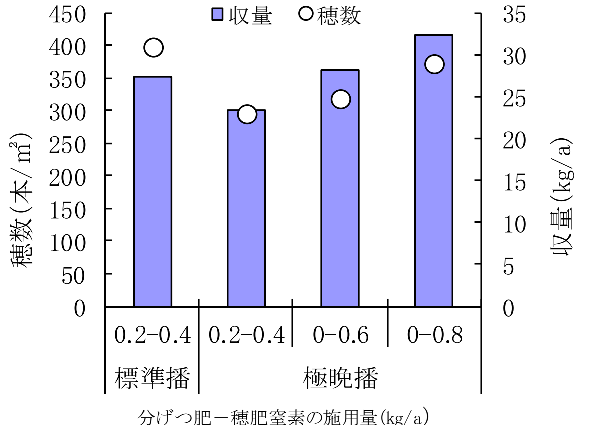
[z] 分散分析は各播種期で行った。交互作用A×Bには有意性は認められなかった

による差はなく、収量に有意差はなかった。容積重、子実タンパク質含有率、外観品質には、穂肥窒素の施用量、施用時期による差はなく、標準播とも有意差はなかった。

4 極晩播における穂肥窒素の施用量・施用時期が生育、収量および品質に及ぼす影響

1) 「ニシノカオリ」

慣行の分げつ肥を 0.2kg／a と穂肥を 0.4kg／a 施用した区では穂数が少なく、標準播より減収した。一方、分げつ肥を省略し窒素 0.2kg／a を穂肥に上乗せして 0.6kg とした区、さらに 0.2kg／a 増量し 0.8kg とした区ではともに穂数が増加し、収量も有意に多かった（第５図）。



第5図　分げつ肥の省略が「ニシノカオリ」の穂数、収量に及ぼす影響(2006年)

穂肥窒素の施用量、施用時期が、「ニシノカオリ」の生育、収量、品質に及ぼす影響を第８表に示した。穂肥窒素の施用量についてみると、稈長、穂長および倒伏には差がなかった。最高茎数に穂肥窒素の施用量による差はなかったものの、多肥区で有効茎歩合が高く、穂数も多かった。千粒重、１穂粒数には穂肥窒素の施用量による差はなく、収量は多肥区で有意に多かった。

穂肥窒素の施用時期についてみると、稈長、穂長には差はなく、倒伏程度は軽微であった。最高茎数は標準区で多かったものの、有効茎歩合が低く、穂数は晩期区で多くなる傾向にあった。千粒重、１穂粒数には差はなく、収量は晩期区で多かった。

極晩播の収量を標準播と比較すると、標肥区の穂肥窒素施用時期標準区で 99%、同晩期区で 105%、多肥区の穂肥窒素時期標準区で 115%、同晩期区で 127%であり、いずれも標準播並以上で、穂肥窒素多肥の晩期区で最も多かった。畑作後に行った 2007 年についても、同様の傾向であった（第９表）。

容積重、子実タンパク質含有率、外観品質には、穂肥窒素の施用量、施用時期による差はなく、標準播とも有意差はなかった。

2) 「ふくさやか」

極晩播における穂肥窒素の施用量の影響を第６、７表に示した。稈長、穂長および倒伏には穂肥窒素の施用量による差はなかった。最高茎数、穂数、１穂粒数は多肥区で多くなる傾向にあり、収量は多肥区で 10～24%多かった。標準播と比較すると、2007 年では標肥区 83%、多肥区 91%、2008 年では標肥区 91%、多肥区 113%であり、多肥区では概ね標準播並の収量であった。しかしながら、2009 年は穂数が少なく、標準播対比で標肥区 45%、多肥区 57%であり、多肥区でも減収が著しかった（第６、７表）。

穂肥窒素の施用時期の試験を行った 2008 年の結果をみると、「ニシノカオリ」と同様に晩期区で最高茎数が少ないものの、有効茎歩合が高く穂数が多くなる傾向にあり、増収の傾向があった（第７表）。

容積重、子実タンパク質含有率、外観品質には、穂肥窒素の施用量、施用時期による差はなく、標準播とも有意差はなかった。

考　察

1 播種期、穂肥窒素の施用時期・施用量が出穂期、成熟期に及ぼす影響

山口県における平年の梅雨入りは６月５日であり、「ニシノカオリ」、「ふくさやか」ともに標準播であれば、梅雨入り前に成熟期となるが、晩播では梅雨入り前後、極晩播では６月８～14 日頃まで遅れた（第３、４表）。本試験では、梅雨入り後に収穫した極晩播でも外観品質の低下はなかったものの、「ニシノカオリ」（田谷ら, 2003）や「ふくさやか」（石川ら, 2005）は穂発芽性が「中」で「農林 61 号」より劣ることから、極

第8表　播種期、穂肥窒素の施用量･施用時期が「ニシノカオリ」の生育、収量、品質に及ぼす影響(2006、2008年)

播種期	穂肥窒素施用量	穂肥施用時期	最高茎数(本/m²)	稈長(cm)	穂長(cm)	倒伏の多少	穂数(本/m²)	有効茎歩合(%)	収量(kg/a)	同左比率(%)	1穂粒数(粒/穂)	千粒重(g)	容積重(g/L)	子実タンパク(%)	外観品質
標準播	標肥	標準	506	83	7.4	0.8	361a	72	31.0a	100	25.7a	41.7a	823a	12.7a	2.8a
極晩播	標肥	標準	512	78	7.6	0.4	304a	60	30.7a	99	27.3a	43.2a	827a	12.3a	2.9a
	多肥	標準	618	80	7.8	0.6	365a	60	35.6a	115	29.1a	42.9a	826a	11.5a	2.9a
	標肥	晩期	395	78	7.5	0.3	319a	81	32.4a	105	27.6a	43.3a	826a	11.6a	2.4a
	多肥	晩期	419	78	7.6	0.6	396a	95	39.4a	127	30.2a	42.5a	826a	11.7a	2.8a
分散分析結果[z)]		年次(A)	ns	ns	*	**	ns	ns	**	－	ns	**	*	**	ns
		施用量(B)	ns	ns	ns	ns	**	*	**	－	ns	ns	ns	ns	ns
		施用期(C)	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns
		A×B	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns
		A×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	－	*	ns	ns	ns	ns
		B×C	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns

[z]分散分析は極晩播のみで行った。なお、交互作用A×B×Cには有意差は認められなかった

第9表　極晩播における穂肥窒素の施用量･施用時期が「ニシノカオリ」の生育、収量、品質に及ぼす影響(2007年)

播種期	穂肥窒素施用量	穂肥施用時期	最高茎数(本/m²)	稈長(cm)	穂長(cm)	倒伏の多少	穂数(本/m²)	有効茎歩合(%)	収量(kg/a)	同左比率(%)	1穂粒数(粒/穂)	千粒重(g)	容積重(g/L)	子実タンパク(%)	外観品質
極晩播	標肥	標準	746	92	8.1	0.3	383	51	39.7	100	28.2	41.6	824	14.1	2.5
	多肥	標準	752	92	8.4	0.5	430	57	45.7	115	28.9	42.0	826	14.1	3.0
	標肥	晩期	661	91	8.3	0.0	408	62	43.1	109	28.5	42.6	829	14.0	2.5
	多肥	晩期	684	92	8.4	0.8	441	65	45.7	115	30.4	42.5	824	14.1	3.0
分散分析結果[z]		施用量(A)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	－	ns	ns	ns	ns	ns
		施用期(B)	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns
		A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns

晩播では降雨により品質低下の危険性が高い。

次に、穂肥窒素の施用が成熟期に及ぼす影響については、穂肥の施用時期が３月 20 日頃まで遅れると、倉井ら（1998）の報告と同様、遅れ穂の発生により成熟期が１～２日程度遅れた（第３表）。このことから、穂肥を遅れないように施用することが重要であるが、特に茎数の少ない極晩播で施用時期が遅れる場合には、窒素の施肥量を控える必要がある。

2 播種期、穂肥窒素の施用量・施用時期が生育、収量、品質に及ぼす影響

1）晩播

晩播では、茎数の減少による穂数不足により減収するとした川口（1984）の報告と同様に、標準播と同じ施肥法では、両品種ともに穂数が減少し減収したが、穂肥窒素の施用量を 0.4kg／ａから 0.6kg／ａに増量することで、穂数が増えて収量が多くなることが明らかになった（第５、６、７表）。品種別にみると、「ニシノカオリ」では、３年間ともに標準播並の収量が確保できたが、「ふくさやか」では、2008 年の多肥晩期区を除きやや低収であった。これは、「ふくさやか」の分げつ力が弱いこと（石川ら, 2005）が影響していると推察される。「ふくさやか」において、標準播並の収量を確保するには、初期茎数を確保できるよう播種量（桐原, 1984）や基肥窒素の増量が必要である。

一方、穂肥窒素の施用時期については、「ニシノカオリ」では３年間、「ふくさやか」では 2008 年の単年度の結果ではあるが、両品種とも３月３日頃と３月 20 日頃の施用時期による収量の差はなかった。穂肥窒素は施用時期により収量構成要素に及ぼす影響は異なる（桐原, 1984）が、３月３日頃の追肥は茎数の増加、３月 20 日頃の追肥は有効茎歩合の向上に作用したため、穂数には差がなく収量に差はなかったものと推察される。

次に、品質についてみると、外観品質は穂肥窒素施用量の増量により低下する（田中ら, 2001）報告もあるが、穂肥窒素量を 0.4kg／ａから 0.6kg／ａに増量しても、３年間ともに検査等級は１等相当で低下は認められなかった。一方、穂肥窒素の施用量を増量すると、子実タンパク質含有率は増加する報告（田中ら, 2001；福嶌ら, 2004）もあるが、本試験では竹内ら（2006）と同様に穂肥窒素の施用量を増やしても、子実タンパク質含有率の増加はなく、本試験の範囲では穂肥窒素の施用量の影響は小さいと推察される。

穂肥窒素の増量により、品質が低下するこ

となく、増収することが明らかになったが、穂肥窒素の増量は倒伏を増大させる恐れがある。倒伏は稈長、特に下位節間の伸長や基部の遮光による下位節間の軟弱化等（江口,1983）により増大する。木村らは（2008a）、11月中下旬播種の「ニシノカオリ」で、最高茎数が800〜850本／㎡を超えると､倒伏は中程度以上になると指摘している。本試験では、倒伏が多くなる茎立期（倉井ら,1998）相当の３月３日頃における穂肥窒素の施用量を0.4kg／ａから0.6kg／ａに増量しても、両品種ともに稈の伸長は３㎝程度で少なく、最高茎数も600本／㎡以下（第５、６、７表）であった。また、今回供試した「ニシノカオリ」（田谷ら,2003）と「ふくさやか」（石川ら,2005）の耐倒伏性は「強」であることから、晩播では両品種ともに、穂肥窒素の施用量を0.6㎏／ａに増量しても倒伏の影響は小さいものと考えられる。

2) 極晩播

分げつ肥は茎数を増やし、有効茎歩合を高めるとされる（佐藤,1984)。本県における慣行の麦栽培においては、分げつ肥を１月下旬〜２月上旬頃に施用するが、この時期は極晩播では出芽期に相当する。このため、まず分げつ肥の省略が生育、収量に及ぼす影響について検討した。その結果、分げつ肥を省略し、その分の窒素を穂肥窒素に上乗せすることで、分げつ肥を施用した区に比べて、収量が有意に高く（第５図)、極晩播では分げつ肥の施用は不要であると判断される。

次に、分げつ肥を省略し、その分の窒素を穂肥窒素に上乗せした穂肥窒素の施用量が生育、収量に及ぼす影響を検討した。まず、倒伏については晩播と同様に穂肥窒素の施用量を増量しても、稈の伸長は小さく、最高茎数も700本／㎡以下（木村ら,2008a）であることから、倒伏の増大は小さいと判断される。

収量については､「ニシノカオリ」では、穂肥窒素の施用量標肥区で標準播と同等の収量が得られ、さらに穂肥窒素の施用量を0.8kg／ａに増量することで、標準播と同等以上の収量が得られることが確認された（第８、９表)。一方､「ふくさやか」では、2009年は穂数が少なく著しく低収であったが、これは穂肥窒素の施用後の降雨による肥料の流亡や湿害により、分げつの発生が抑えられた影響が大きいと推察される。2007年および2008年においては、穂肥窒素施用量多肥区で概ね標準播並の収量が確保されるものの、標肥区では標準播に比べて減収する年が多く､「ふくさやか」では晩播と同様に播種量（桐原，1984）や基肥窒素施肥量の増量により初期茎数を確保するような栽培体系とすることが望ましい。

穂肥窒素の施用時期については、両品種ともに晩播と異なり、晩期穂肥でやや増収する傾向が認められた。これは、極晩播では３月中旬〜下旬が分げつ盛期であることから、３月３日頃に施用した標準穂肥は分げつ肥として、３月20日頃に施用した晩期穂肥は、分げつ肥とともに標準播の穂肥と同様の効果を有することによって、有効茎歩合が高まり、穂数も確保しやすいためと考えられる。また、2008年のみの調査ではあるが､晩期穂肥では標準穂肥に比べて登熟期間の葉緑素計値が高く推移し、登熟が良好であったことも、晩期穂肥区の収量が多くなった要因の一つと推察される。

次に､品質については｢ニシノカオリ｣､｢ふくさやか」ともに、晩播と同様に穂肥窒素の増量による外観品質、容積重、子実タンパク質含有率の低下はみられず（第６、７、８、９表)､品質への影響は小さいものと判断される。しかし、極晩播では穂肥窒素の施用時期が遅れると、遅れ穂が発生した。本試験では、収穫後も株のままの状態で保管したことから追熟し、遅れ穂の発生に伴う青未熟粒による品質低下はなかったが、実際の現場においてはコンバイン収穫後、直ちに乾燥を実施することから、青未熟粒が発生して品質低下を招く恐れがある。

3 まとめ

晩播、極晩播の窒素施肥法について検討したが､本試験から収量を標準播並に確保するには､穂肥窒素を増量して確実に施用することが重要であると考えられる。

晩播では、「ニシノカオリ」、「ふくさやか」

ともに、穂肥窒素の施用量を 0.4kg／a から 0.6kg／a に増量することで、外観品質の低下と倒伏の増大もなく、概ね標準播と同等の収量が確保されると判断される。

極晩播では、分げつ肥を省略した分を穂肥に上乗せして 0.8kg／a まで増量することで、「ニシノカオリ」では標準播と同等以上の収量が確保されると考えられる。一方、「ふくさやか」でも同様に、0.8kg／a まで増量することで、概ね標準播並の収量が確保できる。ただし、年によっては分げつの発生が抑えられて穂数が減少することにより、減収する場合があることから、播種量や基肥窒素の増量などの対策によって初期茎数を確保する必要がある。また、穂肥の施用時期については、極晩播では、３月３日頃から３月 20 日頃にまで遅らすことで増収するものの、遅れ穂の発生によって成熟期が遅れ、降雨に遭遇して品質が低下する恐れがあるため、可能な限り早く施用するのが望ましいと考えられる。

摘　要

「ニシノカオリ」と「ふくさやか」において、播種期が 12 月上旬（晩播）から中下旬（極晩播）にまで遅れても、標準播と同等の収量・品質が得られる施肥法を確立することをねらいに試験を行った。

1 両品種ともに、晩播では標準播に比べて穂数が減少し減収するものの、３月上旬の穂肥窒素量を 0.6kg／a に増やすことで、穂数が増え、概ね標準播と同等の収量が得られた。穂肥の増量による倒伏の増大、成熟期の遅れ、外観品質の低下もほとんどなかった。

2 極晩播では分げつ肥を省略し、同量の窒素 0.2kg／a を３月上旬の穂肥時に施用することで穂数が確保でき、「ニシノカオリ」では標準播並の収量が得られた。その際、穂肥窒素の施用量をさらに 0.8kg／a にまで増量することで、外観品質、子実タンパク質含有率が低下することなく穂数が増えて、「ニシノカオリ」では標準播並以上、「ふくさやか」では概ね標準播並の収量が得られた。穂肥施用時期を３月３日から３月 20 日頃にまで遅らせることで増収するが、遅れ穂が発生して成熟期が１～２日遅れるので、可能な限り早く穂肥を施用するのが望ましい。

引用文献

江口久夫. 1983. 小麦の多収・良質化のための窒素施肥法. 農業及び園芸. 58. 790-794. 養賢堂. 東京.

福嶌　陽・楠田　宰・古畑昌巳. 2004. 播種量および施肥法がコムギ品種「チクゴイズミ」の稈長・収量・原麦の蛋白質含量に及ぼす影響. 日作九支報. 70. 23-25.

石川直幸. 長嶺　敬・谷中美貴子・高山敏之・田谷省三・甲斐由美・谷尾昌彦・佐藤淳一・村上泰臣・住田哲也. 2005. 製麺性の優れる早生・短稈小麦新品種「ふくさやか」の育成. 近中四農研報４. 25-37.

川口数美. 1984. 収量構成. 農業技術体系作物編４ムギ. 技 3-22. 農文協. 東京.

木村晃司・中司祐典. 2006. 小麦「ニシノカオリ」の収量・品質高位安定化に向けた生育指標. 平成 18 年度農畜林試験研究成果発表会要旨. 17-18.

木村晃司・中司祐典・前岡庸介. 2008a. 小麦「ニシノカオリ」の収量・品質高位安定化栽培法. 新たに普及に移しうる成果. 11-12.

木村晃司・中司祐典・小林行高・前岡庸介. 2008b. 小麦「ふくさやか」の特性と安定栽培技術. 新たに普及に移しうる成果. 9-10.

桐原三好. 1984. 生育タイプと収量構成. 農業技術体系作物編４ムギ. 技 37-49. 農文協. 東京.

倉井耕一・木村　守・遠山明子. 1998. 小麦の追肥による生育パターンの変化と追肥技術への応用. 栃木農試研報. 47. 1-12.

竹内　実・近乗偉夫・吉良知彦. 2006. 醤油醸造用硬質コムギの高タンパク質化へ向けた施肥法について. 日作九支報. 72. 25-28.

田中浩平・福島裕助・陣内暢明・大賀康之. 2001. 小麦品種「チクゴイズミ」の容積重およびタンパク質含有率の変動要因と向上対策. 日作九支報. 67. 20-22.

田谷省三・塔野岡卓司・関　昌子・平　将人・堤　忠宏・野中舜二・氏原和人・佐々木昭博・山口勲夫・新本英二・吉川　亮・藤田

雅也・谷口義則・坂　智広. 2003. 小麦新品種「ニシノカオリ」の育成. 九州沖縄農業研究センター. 42. 19-29.

山口農技センター研報（Bull.Yamaguchi Agri Fore Gene Tec Cent）4：39-48. 2013

山口県における未利用資源を活用したブルーベリー培地栽培技術の確立

中谷幸夫・藤山昌三※・渡辺卓弘※※・大崎美幸※※※・木村一郎

Development of Blueberry Media Cultivation Using Unused Resources in Yamaguchi Prefecture

Yukio NAKATANI, Shozo FUJIYAMA※, Takahiro WATANABE※※, Miyuki OSAKI※※※and Ichiro KIMURA

Abstract: This study was conducted to search for new materials which can be utilized as culture media for blueberry cultivation from among unused resources in Yamaguchi Prefecture. Growth, yield and fruit quality of blueberry plants grown in conifer bark medium were equal to those grown in the conventional culture media, crushed conifer wood. The conifer bark's pH was 4.0-4.5 and its gaseous phase was 44-67%, which is considered to be suitable for blueberry growth. Therefore conifer bark can be utilized as culture medium for blueberry cultivation. However, crushed bamboo is not considered to be suitable, because the growth and yield using crushed bamboo medium were less than when using crushed conifer wood. The mixture of peat moss and rice husk (v/v 1:1) is considered to be suitable as a substitute for peat moss which, in conventional methods, is placed in the blueberries' planting hole. Blueberry plants raised in the mixture of peat moss and rice husk and then planted in the conifer bark medium, showed no differences between irrigated plants and non-irrigated plants in growth, yield or fruit quality. These results indicate that irrigation is almost unnecessary in this culture media.

Key Words：conifer bark,rice husk,irrigation
キーワード：針葉樹樹皮，籾殻，灌水

緒　言

近年の健康志向の高まりを受け、全国的にブルーベリーの生産が拡大している。山口県においても生産は増加傾向にあり、2009 年現在の栽培面積は約 9 ha である（山口県, 2012）。

県内で取り組まれている栽培方法には、培地として発泡樹脂を用いる養液栽培と、土耕がある。前者は培地資材に加えて養液供給装置の導入も必要となるため、初期導入費用が多額となる。一方、後者の場合は、多くが水田転換園で

※現在：農業研修部
※※現在：柳井農林事務所農業部
※※※現在：山口農林事務所農業部

行われており、排水対策が不十分な園地では、湿害による生育不良が認められる。

これらの問題を解決するための栽培方法として、県外ではスギ、ヒノキなど針葉樹の木材チップ（以下、針葉樹チップ）をほ場へ50cm程度敷設し、定植場所にピートモスを施用して針葉樹チップと混和した後、苗木を定植する培地栽培の事例がある。針葉樹チップは排水性に優れることから、水田転換園においても安定してブルーベリーを栽培することが可能である。また、保水性にも優れるため、潅水を大幅に削減可能である。さらに、間伐材や伐採木などの未利用資源の活用方法としても注目されている。しかし、本県では、針葉樹チップを安価に入手することができない。

また、サザンハイブッシュブルーベリーの主要産地であるアメリカ南東部においては、マツの樹皮を用いた培地栽培が行われている（Williamsonら,2012）。本栽培法は、マツの樹皮を土壌の上に厚さ約15cmに敷設し、そこにブルーベリーを直接定植する方法である。適切に潅水と施肥を行うことで生育が良好になるとされており、本来ブルーベリーの栽培に適さない土地において多く採用されている。

本県では、資材の安定供給および入手コストの点から、マツの樹皮をブルーベリーの栽培に活用することは困難である。一方、県内の原木市場および製材所から排出されるスギ、ヒノキ樹皮の量は年間約4000㎥と推定されており、ほぼ無償で入手することが可能である（山口県,2002）。これらの樹皮をブルーベリーの培地栽培に活用することができれば、導入時の大幅なコスト削減および安定生産が可能となる。

また、本県における竹林面積は2007年現在で約12,000ha あり、全国第３位である（林野庁,2012）。１年間の竹の供給可能量は約６万ｔと推定されており（山口県,2002）、竹をブルーベリーの培地栽培に利用できれば、未利用資源の有効活用として期待される。

そこで本研究では、ブルーベリーの培地栽培導入に当たり､県内の未利用資源の中からスギ、ヒノキの樹皮と竹に注目し、これらの資材が培地として利用可能かを検討した。また、単位面積当たりの栽植本数の多いブルーベリーでは、定植時に植穴に施用するピートモスに多額の経費が必要となることから、さらにコストを削減するため、ピートモスの代替資材についても検討した。最後に、それらの代替資材を用いた栽培方法における適切な潅水始点について検討した。

材料および方法

1 培地資材の種類および厚さが樹冠容積、収量、果実品質、根量に及ぼす影響

2006年２月、山口県農林総合技術センター果樹栽培試験ほ場において、厚さ１cmの合板で幅２m、長さ11m、高さ60cmの枠を設置し、その中に供試資材を培地として敷設した。供試資材については、スギおよびヒノキの製材時に剥皮され、堆積された樹皮（以下、針葉樹樹皮）、竹を破砕機で処理した竹チップ、対照としてスギ、ヒノキの端材を破砕機で処理した針葉樹チップの３種類とした。資材の種類と敷設厚から、試験区として針葉樹樹皮50cm区、同30cm区、竹チップ50cm区、針葉樹チップ50cm区の計４区を設置した。なお、試験ほ場の土性は砂壌土であり、排水は良好であった。

各資材を敷設後、３月にラビットアイブルーベリー「ティフブルー」の２年生苗を２m間隔で各区３樹ずつ定植した。定植に当たっては培地に植穴を掘り、１樹当たりピートモス100Ｌを植穴に施用して掘り上げた培地とよく混和した。また、受粉樹としてラビットアイブルーベリー「ウッダード」の２年生苗を各区に隣接するように定植した。

施肥については、定植当年の４月は油かすを、それ以降はすべて化成肥料を用いて行った。１樹当たり窒素成分量で定植１年目の４月と６月に各１ｇ、９月に５ｇ、定植２年目の６月に１ｇ、９月に3.5ｇ、定植３年目の４月に5.6ｇ、５月に2.8ｇ、10月に10.6ｇ、定植４年目から６年目までは４月に8.4ｇを樹冠下に施用した。

潅水については、定植１年目の夏に３回、定植２年目の７月に１回、点滴潅水で行い、定植３年目以降は行わなかった。

定植２、３、４、６年目の秋に樹高と樹幅を測定し、７かけ法（農林水産省果樹試験場興津支場,1987）により樹冠容積を推定した。定植３、４、６年目に、４～５日間隔で果実を収穫し、

１樹当たりの収量を算出した。定植３、４年目には果実重、糖度、酸含量を調査した。糖度については、デジタル糖度計で測定し、酸含量については、0.1N水酸化ナトリウムで滴定し、クエン酸相当量で表した。

定植６年目の落葉後に培地の厚さと根量を調査した。調査方法は以下のとおりである。まず、各樹における根群の水平方向への広がりを予備的に調査し、いずれの樹も株元から１m離れた部分にある合板まで根が達しているのを確認した。その上で、株元と合板の中間、すなわち株元から50cm離れた部分を調査場所と定め、鋸で培地を合板と平行に切断し、培地表面から培地下の土壌表面までの断面を露出させた。最初に培地の厚さを測定し、その後、根の垂直方向への広がりを確認するために培地を上部８cm の上層とそれより下の下層に分け、それぞれの層から、根を培地ごとブロック状に切り出して根量調査用のサンプルとした。切り出すブロックの厚さは各層の上端から下端までとし、幅は30cm、奥行は10cmとした。竹チップについては、培地の厚さが10.3cmであったため、全体を一つの層として採取した。サンプル採取後、培地から根をていねいに取り出し、径１mm 未満の細根と１mm以上の太根に分けて80℃で３日間乾燥させ、乾物重を測定した。調査場所は１樹１か所とし、３樹すべてについて調査した。いずれの試験区においても、培地資材下の土壌部分への根の伸長はほとんど認められなかったため、土壌部分については根量の調査を行わなかった。

2 培地資材のpHおよび三相分布

前述の試験において、各培地資材のpHと三相分布を調査した。pHについては、定植２年目から５年目にかけて毎年 11 月または 12 月に各試験区からサンプルを採取して測定した。三相分布については、資材の敷設前および定植６年目に測定した。敷設前のサンプルについては、以下の方法により重力水が排出された時点での三相分布を測定した。まず、採取したサンプルを目盛り付きの円柱形容器に１Ｌ充填し、水を１Ｌの目盛りまで注いで24時間吸水させた。24時間後に確認したところ、吸水したことによりサンプルが沈み込み、体積が減少していたため、サンプル表層より上部にある余剰な水を排出して、その時点での重量（重量①）と体積（体積①）を測定した。その後24時間静置して重力水を排出させ、再度重量を測定した（重量②）。最後に培地を乾燥させて乾物重を測定した（重量③）。液相は（重量②－重量③）／体積①×100、孔隙率は（重量①－重量③）／体積①×100、固相は100－孔隙率で算出し、気相は孔隙率－液相として計算した。反復数は３とした。定植６年目の三相分布については、前述の根量調査の際に露出させた各層から 100mL の採土管で試料を採取し、砂柱法でpF1.5に調整して測定した。試料は各層から２ヵ所ずつ、３樹で計６ヵ所採取した。

3 植穴用資材の違いが生育に及ぼす影響

針葉樹樹皮を粉砕した粉砕樹皮、針葉樹オガクズ、コーヒー粕、粉砕籾殻、ピートモス＋籾殻（容積比１：１で混合）、対照区としてピートモスをそれぞれ10Ｌポットに充填し、2007年３月にサザンハイブッシュブルーベリー「オニール」の１年生苗を定植した。

定植１年目は６月と９月の２回、１樹当たり窒素成分量でそれぞれ 1.0ｇ、2.5ｇとなるよう化成肥料を施用した。同様に定植２年目は４月と10月に各2.8ｇを施用した。潅水については、資材の水分状態を確認しながら適宜行った。

定植１年目と２年目の落葉期に、樹高、樹幅、総新梢数、20cm 以上の新梢数を調査した。反復はコーヒー粕区のみ３樹、その他は５樹とした。

4 潅水始点の違いが新梢伸長、収量、果実品質に及ぼす影響

試験に供試する苗木を以下の方法で育苗した。2009 年３月にピートモスと籾殻を容積比１：１で混合して十分湿らせた後、内径が縦57cm、横 37cm、高さ 23cm のスリット型コンテナに 40Ｌ充填した。各コンテナに３年生「オニール」を１樹植え付け、乾燥防止のために表層に針葉樹樹皮を５cm の厚さに敷いた。夏季の潅水については、毎日30分程度自動で行い、その他の期間は培地が乾燥しないよう適宜行った。

2010年１月に針葉樹樹皮を厚さ30cm、幅２mの畝状に踏圧しながら敷設し、計４畝設置した。３月に、前述の方法で育苗した４年生「オニール」を株間1.5mで各畝８樹ずつ、根鉢ごと定植

した。

試験区として、潅水始点をそれぞれ pF 1.8、2.0、2.2 とした区および無潅水区の計４区を１区１畝として設置した。pF の測定については、樹冠下深さ 15cm の部分に設置したテンシオメーターにより行った。テンシオメーターは定植１年目は７月 21 日から 11 月 19 日まで各区２本ずつ、定植２年目は４月 29 日から 10 月 11 日まで各区３本ずつ、定植３年目は５月 11 日から７月３日まで各区３本ずつ設置し、２本または３本の平均値をその区の pF 値とした。

潅水については、樹皮の上に設置したポリエチレンパイプにノズル（360、積水化学工業）を１樹当たり１個取り付け、始点の pF 値となったときに行った。１回の潅水時間は 30 分間、潅水量は約 15mm とした。

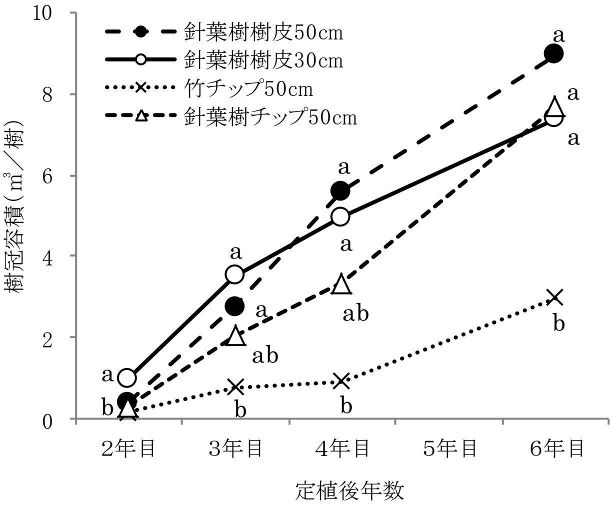
施肥については、定植１年目は４月から９月にかけて１樹当たり窒素成分量で２ｇを１か月から２か月間隔で計４回、定植２年目は同 2.8ｇを４月、５月、９月の計３回、定植３年目は同 4.2ｇを３月と５月の計２回、化成肥料を用いて行った。

定植１年目は新梢伸長を促すために全樹のすべての花芽を切除し、８樹の中から生育の中庸な５樹を選んで 11 月に新梢長を調査した。定植２年目は、８樹を４樹ずつに分け、それぞれ新梢調査用と収量、果実品質調査用とした。新梢調査用の４樹については、全花芽を切除し、その中から生育の揃った３樹を選んで７月、９月、11 月の計３回、新梢長を調査した。収量、果実品質調査用の４樹には花芽を残して着果させたが、収穫期間中の強風により大部分の果実が落果したため、未熟果を含む残りの果実をすべて切除した。定植３年目は、２年目に収量、果実品質調査用とした４樹を供試し、葉芽と花芽の割合が２：１になるように余剰な花芽を切除した。収穫は６月 10 日から７月６日に３～４日間隔で行い、収穫量と果実数を調査したほか、前述の方法により糖度、酸含量を調査した。

結　果

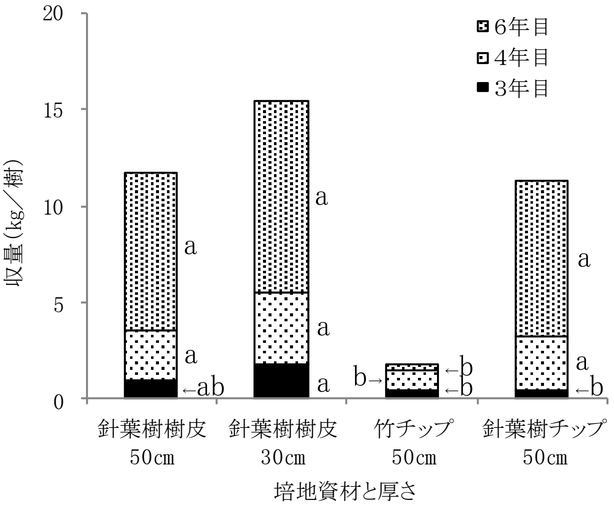
1 培地資材の種類および厚さが樹冠容積、収量、果実品質、根量に及ぼす影響

定植２年目から６年目までの樹冠容積の推移



第１図　培地資材の種類と厚さが樹冠容積に及ぼす影響

同一符号間には Tukey の多重検定により５％水準で有意差なし（ｎ＝３）



第２図　培地資材の種類と厚さが収量に及ぼす影響

同一符号間には Tukey の多重検定により５％水準で有意差なし（ｎ＝３）

を第１図に示した。針葉樹樹皮 50cm 区は、定植２年目から６年目まで針葉樹チップ 50cm 区と同等の生育を示した。針葉樹樹皮 30cm 区については、定植２年目に他の試験区と比較して生育が優れ、定植３年目以降は針葉樹樹皮 50cm 区および針葉樹チップ 50cm 区と同程度であった。これに対し、竹チップ 50cm 区では、定植４年目まで針葉樹チップ 50cm 区と比較して差は認められなかったものの、定植６年目は劣った。

収量について第２図に示した。針葉樹樹皮 50cm 区における収量は、いずれの年も針葉樹チ

ップ 50cm 区と同程度であった。針葉樹樹皮 30cm 区については、針葉樹チップ 50cm 区と比較して定植３年目は有意に多く、定植４年目以降は同程度であった。針葉樹樹皮 50cm 区と同 30cm 区の間には、差は認められなかった。一方、竹チップ 50cm 区は、針葉樹チップ 50cm 区と比較して定植３年目は同程度であったが、定植４年目以降は著しく劣った。また、定植６年目の収量は定植４年目の 25%程度であった。

果実品質について、定植３年目と４年目の平均値を第１表に示した。１果重は、針葉樹チップ 50cm 区と比較して、針葉樹樹皮 50cm 区で大きく、針葉樹樹皮 30cm 区は同程度であり、竹チップ 50cm 区は小さかった。糖度、酸度については、いずれの区も針葉樹チップ 50cm 区と差は認められなかった。

根量の調査結果を第２表に示した。細根量については、針葉樹樹皮 50cm 区、同 30cm 区、竹チップ 50cm 区いずれも針葉樹チップ 50cm 区と同程度であったが、針葉樹樹皮 50cm 区は竹チップ 50cm 区と比較して有意に多かった。太根および全根量については、試験区間に有意な差は認められなかった。

第１表　培地資材の種類と厚さが果実品質に及ぼす影響

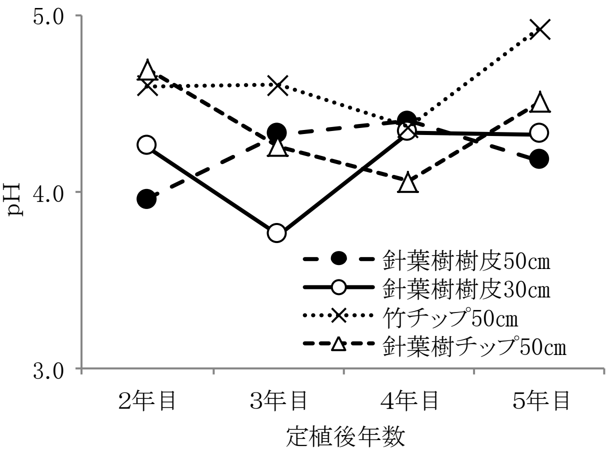
試験区	1果重[z] (g)	糖度 (Brix%)	酸含量 (g／100ml)
針葉樹樹皮50cm	1.61 ab[y]	11.6 b	0.59 a
針葉樹樹皮30cm	1.49 bc	13.2 a	0.58 a
竹チップ50cm	1.19 d	10.9 b	0.61 a
針葉樹チップ50cm	1.40 c	11.9 ab	0.63 a

[z] 調査項目はすべて定植3年目と4年目の平均値で示した
[y] 同一符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差なし（n＝3）

2 培地資材の pH および三相分布

培地の pH は、定植２年目から５年目まで、いずれの培地においても概ね 4.0 から 5.0 の間で推移した（第３図）。

敷設前の三相分布を第３表に示した。いずれの培地も固相率は 10%前後、孔隙率は約 90%であった。液相率については針葉樹樹皮が 46.3%と最も高く、次いで竹チップが 34.8%、針葉樹チップが 27.5%であった。気相率については、液相率とは逆に針葉樹チップが 62.4%と最も高く、次いで竹チップが 54.7%、針葉樹樹皮が 44.2%であった。仮比重については、竹チップが 0.20%と最も高く、針葉樹樹皮は 0.16%、針葉樹チップは 0.14%であった。



第３図　定植２年目から５年目における培地資材の pH 推移

第２表　定植６年目における培地中の根量および培地の厚さ

試験区	根量[z](g) 細根[y] 上層[x]	細根 下層	細根 計	太根 上層	太根 下層	太根 計	合計 上層	合計 下層	合計 計	培地の厚さ(cm) 上層	培地の厚さ 下層	培地の厚さ 計
針葉樹樹皮50cm	3.6	3.3	6.8 a[w]	9.7	12.8	22.5	13.2	16.1	29.3	8.0	17.6	25.6 a
針葉樹樹皮30cm	3.1	2.5	5.6 ab	6.0	8.6	14.5	9.1	11.0	20.1	8.0	10.6	18.6 b
竹チップ50cm	－	－	2.2 b	－	－	9.7	－	－	11.8	－	－	10.3 c
針葉樹チップ50cm	2.8	2.5	5.3 ab	7.7	5.5	13.3	10.5	8.1	18.6	8.0	9.2	17.2 b
分散分析[v]	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS			**

[z] ブロック状に切り出した培地の中にある根の重量であり、ブロックの幅は30cm、奥行は10cm、高さは各層の厚さと同等
[y] 細根；径1mm未満、太根；径1mm以上
[x] 上層は培地表面から深さ8cmの部分まで、下層はそれより下の部分
[w] 同一符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差なし（n＝3）
[v] **は1%水準で有意差あり、NSは有意差なし（n＝3）

第３表　敷設前の培地資材の三相分布

培地資材	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)	孔隙率 (%)	仮比重 (g／cm^3)
針葉樹樹皮	9.5 a[z]	46.3 a	44.2 c	90.5 a	0.16 b
竹チップ	10.5 a	34.8 b	54.7 b	89.5 a	0.20 c
針葉樹チップ	10.1 a	27.5 c	62.4 a	89.9 a	0.14 a

[z] 同一符号間にはTukeyの多重検定により1%水準で有意差なし（n＝3）

定植６年目の三相分布を第４表に示した。針葉樹チップ 50cm 区の液相は 34～39%、気相は 53～61%であり、敷設前と比較して大きな変化は認められなかった。針葉樹樹皮 50cm 区および同 30cm 区の液相は 27～34%、気相は 56～67%であり、敷設前より液相が低下し、気相が増加する傾向が認められた。また、それにより固相、液相、気相いずれも針葉樹チップ 50cm 区と同程度となった。針葉樹チップ 50cm 区、針葉樹樹皮 30cm 区ともに、上層と下層に有意な差は認められなかった。竹チップ 50cm 区の固相は 23.6%、液相は 43.7%、気相は 32.8%、仮比重は 0.56 g／㎥であり、他の試験区および敷設前と比較して、固相と仮比重が高く、気相と孔隙率が低かった。なお、針葉樹樹皮 50cm 区の下層から採取したサンプルは部分的に撥水し、水で飽和されなかったため、砂柱法による三相分布の測定が不可能であった。

3 植穴用資材の違いが生育に及ぼす影響

定植１年目と２年目の生育を第５表に示した。粉砕樹皮区における定植１年目の樹幅は 21.5cm、新梢数は 6.2 本であり、ピートモス区と比較して劣った。針葉樹オガクズ区では新梢数が 8.2 本であり、ピートモス区より少なかった。しかし、どちらの区も定植２年目にはピートモス区と同程度となった。コーヒー粕区については、定植１年目にピートモス区と同程度の生育を示したものの、定植２年目の樹高は 41cm、新梢数は 52 本であり、ピートモス区より有意に劣った。粉砕籾殻区およびピートモス＋籾殻区は、定植１年目、２年目ともにピートモス区と同程度であった。

4 潅水始点が新梢伸長、収量、果実品質に及ぼす影響

１樹当たりの総新梢長については、定植１年目および２年目ともに、試験区間に差は認められなかった（第４図）。定植２年目の各区における pF 推移および降水量を第５図に示した。7 月 10 日までは適度に降雨があり、pF はいずれの区においても概ね 1.9 以下に保たれた。７月 11

第４表　定植６年目の培地資材の三相分布

試験区	層[z]	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)	孔隙率 (%)	仮比重 (g／cm³)
針葉樹樹皮50cm	上層	6.6 a[y]	27.5 c	65.9 a	93.4 a	0.14 a
針葉樹樹皮30cm	上層	5.8 a	27.6 c	66.6 a	94.2 a	0.14 a
	下層	10.3 a	33.3 bc	56.4 a	89.7 a	0.21 a
竹チップ50cm	全層	23.6 b	43.7 a	32.8 b	76.5 b	0.56 b
針葉樹チップ50cm	上層	5.1 a	34.8 bc	60.1 a	94.9 a	0.11 a
	下層	8.0 a	38.8 ab	53.2 a	92.0 a	0.18 a

[z] 上層は培地表面から深さ8cmの部分まで、下層はそれより下の部分
竹チップ50cm区は層の厚さが10.3cmであったため、全体を一つの層とした
[y] 同一符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差なし（n＝6）

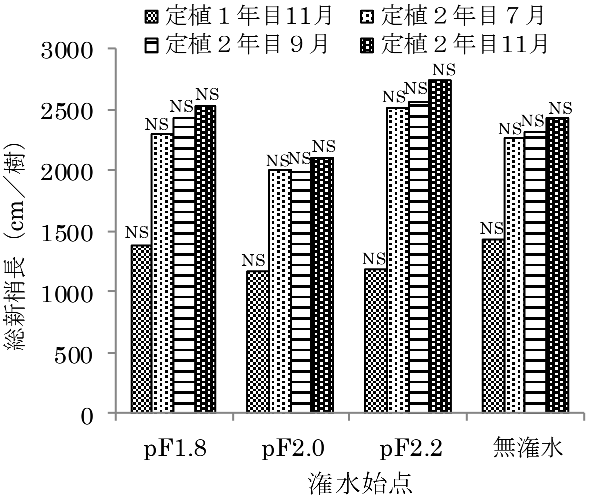
第５表　植穴用資材が生育に及ぼす影響

試験区	定植1年目				定植2年目			
	樹高 (cm)	樹幅 (cm)	新梢数（本／樹） 合計	新梢数（本／樹） 20cm以上	樹高 (cm)	樹幅 (cm)	新梢数（本／樹） 合計	新梢数（本／樹） 20cm以上
粉砕樹皮	21.1 a[z]	21.5 b	6.2 b	1.2 b	59.8 ab	68.8 a	66.8 ab	11.8 a
針葉樹オガクズ	23.0 a	28.2 ab	8.2 b	1.4 b	58.4 ab	59.8 a	70.6 ab	9.0 a
コーヒー粕	18.0 a	23.8 ab	9.3 ab	0.7 b	41.0 b	64.2 a	52.0 b	8.7 a
粉砕籾殻	19.7 a	28.6 ab	11.2 ab	0.8 b	59.0 ab	64.0 a	64.2 ab	9.8 a
ピートモス+籾殻	28.0 a	31.7 ab	17.2 a	3.6 a	61.2 ab	68.5 a	101.0 ab	12.8 a
ピートモス	25.9 a	35.2 a	17.2 a	2.6 ab	62.8 a	75.1 a	120.4 a	12.2 a

[z] 同一符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差なし（コーヒー粕区のみn＝3、その他の区はn＝5）

日から８月 15 日までの降水量はわずかであり、pF1.８区、2.０区、2.２区では、所定の pF 以下に保つために潅水が必要であった。無潅水区では 2.3～2.4 の範囲を推移した。８月 16 日以降、pF1.８区、2.０区、2.２区では降雨と潅水により pF は所定の数値以下に保たれた。無潅水区では 2.２以下で推移した。

定植３年目における収量および果実品質については、試験区間に差は認められなかった（第６表）。試験期間中の pF 推移および降水量を第６図に示した。pF1.８区、2.０区、2.２区では、５月 11 日から６月７日にかけて降水量が少なく、所定の pF 以下に保つため潅水を行った。６月８日以降、pF1.８区では降雨と潅水により pF は 1.８以下に保たれた。pF2.０区および 2.２区は、適度に降雨があったことにより概ね 1.９以下で推移した。無潅水区における pF は５月中旬から徐々に上昇し、６月上旬に 2.25 まで達したが、６月８日の降雨により pF は低下し、それ以降はほぼ 1.９以下で推移した。

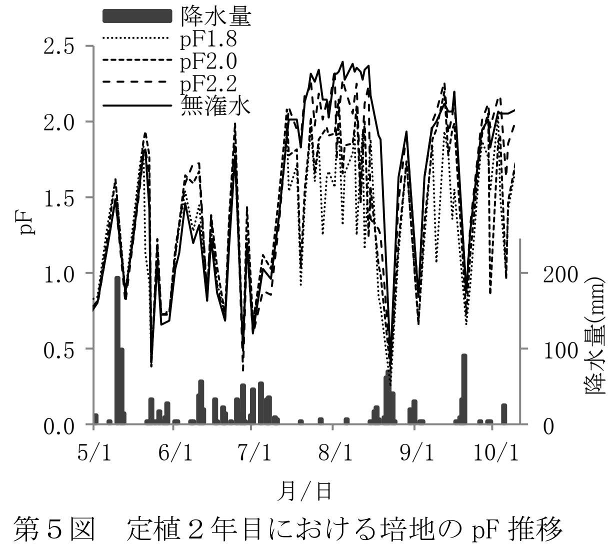


第４図　定植１年目および２年目における潅水始点が新梢伸長に及ぼす影響
ＮＳは分散分析により有意差のないことを示す（定植１年目はｎ＝５、定植２年目はｎ＝３）

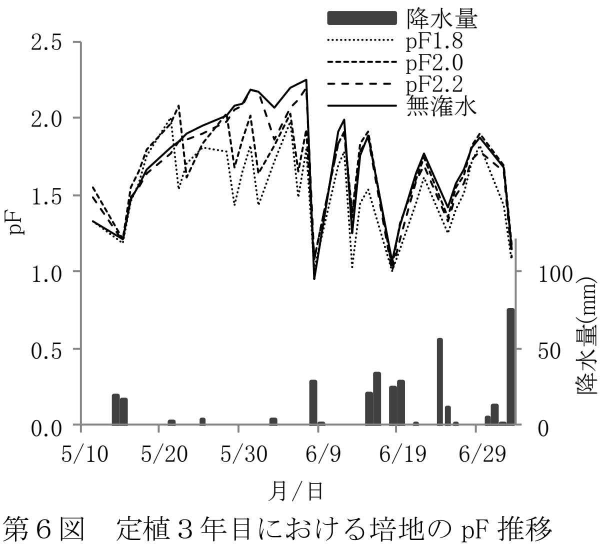
第６表　定植３年目における潅水始点が収量と果実品質に及ぼす影響

試験区[z]	収量（g／樹）	1果重（g）	糖度（Brix%）	酸含量（g／100ml）
pF1.8	1334	2.06	11.1	0.40
pF2.0	1119	2.06	11.6	0.42
pF2.2	1305	2.09	11.9	0.39
無潅水	1555	2.37	10.9	0.42
分散分析	NS[y]	NS	NS	NS

[z] 所定のpF値に達した時点で潅水
[y] 分散分析により有意差のないことを示す（n＝4）



第５図　定植２年目における培地の pF 推移
降水量は気象庁（地点；山口）の観測値
試験期間中の時期別潅水回数は以下のとおり 4/29～7/10；pF1.８区１回、7/11～8/15；pF1.８区 10 回、pF2.０区８回、pF2.２区５回、8/16～10/11；pF1.８区６回、pF2.０区２回、pF2.２区１回



第６図　定植３年目における培地の pF 推移
降水量は気象庁（地点；山口）の観測値
試験期間中の時期別潅水回数は以下のとおり 5/11～6/7; pF1.８区５回、pF2.０区４回、pF2.２区１回、6/8～7/3；pF1.８区２回

考　察

1 培地資材の特性、種類、厚さが樹冠容積、根量、収量、果実品質に及ぼす影響

針葉樹樹皮における生育、根量、収量および果実品質は、針葉樹チップと同程度であったことから、針葉樹樹皮は培地資材として有望であると考えられる。針葉樹樹皮が優れる理由として、資材pHの低さと通気性の良さが挙げられる。

一般に、ブルーベリー栽培における土壌pHの適正値は、ノーザンハイブッシュでは4.3～4.8、サザンハイブッシュおよびラビットアイでは4.3～5.3とされている（石川・小池,2006）。本試験において各資材のpHを調査した結果、針葉樹樹皮のpHは定植後５年経過してもブルーベリーの生育に適した範囲に概ねおさまっていた（第３図）。針葉樹樹皮のpHが酸性を示すことについては、これまでにいくつかの報告がある。Jackson と Wright（2009）は、マツ樹皮のpHは当初5.4～5.7であるが、その後の経時変化により3.9～4.3まで低下することを報告している。Buamscha ら（2007）は、アメリカトガサワラのpHは3.7～5.0であり、新しい樹皮よりも古い樹皮において低い値を示すとしている。その要因として、樹皮の分解により放出される有機酸がpHを下げるか、あるいは分解により放出される陽イオンが水素イオンと置き換わることでpHが低下すると考察している。

本試験で供試した針葉樹樹皮のpHは、測定を開始した定植２年目の時点で低い値を示したが、これは既に資材の分解が進んでいたものと考えられる。稲本ら（2011）は、スギ樹皮を粉砕直後に作成した培地のpHは6.13であったと報告しており、本試験に用いた樹皮も１年目のpHは高かったものと推察される。

一方、サザンハイブッシュやノーザンハイブッシュでは、土壌の通気性改善が酸度矯正よりも重要であるといわれており（石川・小池,2006）、培地栽培に用いる資材には通気性の高さが求められる。敷設前の針葉樹樹皮の気相は針葉樹チップより低かったものの（第３表）、定植６年目は針葉樹チップと同程度であった（第４表）。このことから、針葉樹樹皮は針葉樹チップと同様に通気性に優れた資材であり、培地資材に適していると考えられる。

針葉樹樹皮の厚さについては、敷設時の労力を考慮すると、なるべく薄い方がよいことから、適切な敷設厚を検討した。その結果、針葉樹チップ 50cm 区と比較して、針葉樹樹皮 50cm 区では、生育、収量ともに同程度であったが、針葉樹樹皮 30cm 区では、定植初期の生育、収量が有意に優れた（第１図、第２図）。本試験では、生育および収量に差が認められた定植２～３年目の培地特性や根量を調査していないため、30cm区と50cm区で差が生じた原因は明らかでない。しかし、30cm 区において 50cm 区と同等以上の生育、収量が得られたことから、敷設の厚さは 30cm で十分であると考えられる。

なお、針葉樹の樹皮にはフェノール性物質が含まれており、イチゴ（久田ら,2009）、シクラメン（稲本ら,2011）、カラタチ（石井・門屋,1993）等において生育阻害を起こすことが報告されている。しかし、本試験では針葉樹樹皮において生育が優れたことから、ブルーベリーでは生育阻害は起こらないか、あるいは起こったとしても、その影響はごくわずかであると考えられる。

コスト面については、県内では針葉樹チップ１㎥を、輸送費を除いて 2000 円で提供している事例があり、ほ場全面に針葉樹チップを 50cm の厚さに敷設する場合、培地資材に要する費用は 10ａ当たり 100 万円となる。これに対し、針葉樹樹皮については、輸送費は必要であるものの、ほぼ無償で入手することが可能である。したがって、針葉樹チップと比較して、より安価に培地栽培を導入することが可能である。

一方、竹チップについては、針葉樹チップと比較して生育、収量が劣った。また、資材の急速な減耗によると考えられる樹の倒伏も認められた。以上のことから、竹チップは培地資材として適さないと判断される。

生育と竹チップの培地特性との関係をみると、pH については、ブルーベリーに適した値で推移したことから（第３図）、pH は生育不良の原因ではない。通気性については、敷設前の気相が針葉樹樹皮より高かったことから（第３表）、定植直後は問題なかったと考えられる。しかし、定植６年目の気相と孔隙率は敷設前より低く、他区と比較しても有意に低かった（第４表）。また、培地の厚さも他区より薄かった（第２表）。すなわち、竹チップ 50cm 区では栽

培年数が経過するにつれて資材が分解され、それにともない、通気性の低下が起こったと推察される。本試験では、培地の厚さと三相分布の経年変化を調査していないため、竹チップ 50cm 区における通気性の低下がいつの時期から起こったかは明らかでないが、定植２～３年目には既に通気性が低下し、その結果、生育不良を起こした可能性がある。

収量が低いことについても、過湿により樹冠拡大が遅れたことが原因の一つとして考えられる。そのほかに、定植４年目から６年目にかけて樹冠容積が拡大したにもかかわらず収量が低下したことから、花芽の着生不良、あるいは結実不良を起こしていた可能性も考えられるが、その原因については明らかでない。

2 植穴用資材の違いが生育に及ぼす影響

ピートモスの代替資材として数種類の資材を検討した結果、２年目にコーヒー粕区のみ有意に生育が劣った（第５表）。竹本と藤原（1997）は、コーヒー粕の生育阻害要因として、窒素成分の吸着による窒素飢餓および生育阻害物質の影響を挙げている。本試験においても、同様の要因により生育阻害が起こった可能性がある。

一方、コーヒー粕以外の資材は、ピートモスと同等の生育を示したことから、ピートモスの代替資材としての活用が期待できる。このうち、資材を入手しやすいこと、および粉砕などの加工が必要ないことから、ピートモスと籾殻を等量ずつ混合した資材が有望である。ピートモスの価格を 1700 円／200Ｌ、植穴用資材の施用量を 40Ｌ／樹、栽植本数を 180 本／10ａと仮定すると、ピートモスの半量を籾殻に代替えすることで削減されるコストは約３万円である。

3 潅水始点が新梢伸長、収量、果実品質に及ぼす影響

上記の試験により有望とされた針葉樹樹皮およびピートモスと籾殻との混合資材を用いてブルーベリーを栽培した場合の適切な潅水始点について検討した結果、無潅水でも生育、収量は劣らなかった。

Haman ら（1997）は、サザンハイブッシュブルーベリーにおいて、潅水開始時の土壌水分張力が 15kPa（pF 約 2.18）および 20kPa(pF 約 2.31）より、10kPa（pF 約 2.01）で生育、収量が優れたことを報告している。このことは、サザンハイブッシュにおける適切な潅水始点が pF2.0 程度であることを意味している。第４図のように、ブルーベリーでは年間の総新梢伸長のうち、７月上旬まで伸長する１次伸長枝が大部分を占める。また、本県におけるサザンハイブッシュの成熟期は６月中旬から下旬までである（池田,2007）。すなわち、新梢伸長、収量、果実品質に影響を及ぼすのは主に５月から６月の培地水分と考えられる。本試験では定植２年目の５月から６月に適度に降雨があり、pF は無潅水でも概ね 1.9 以下で推移した。また、定植３年目は、定植２年目と比較して５月から６月上旬までの降雨が少なく、無潅水区で６月上旬に 2.25 まで上昇したものの、それ以降は 1.9 以下で推移した。このことから、本試験における無潅水区では、生育や収量に影響を及ぼすほどの強い水分ストレスはかかっていなかったと推察される。

したがって、本試験のようにサザンハイブッシュの苗木をピートモスと籾殻との混合資材 40Ｌであらかじめ育成し、根鉢ごと針葉樹樹皮培地に定植する場合、通常の気象条件下では無潅水でも栽培可能であると考えられる。しかし、梅雨明け以降に成熟期を迎えるラビットアイでは、正常な果実成熟のために潅水が必要になる可能性がある。また、定植後に降雨がなく、培地が乾燥する場合にも、潅水が必要である。

摘　要

山口県内の未利用資源の中から、ブルーベリーの培地栽培に利用可能な新たな資材を探索した。

1 培地資材については、針葉樹樹皮において針葉樹チップと同等の生育、収量および果実品質が得られた。針葉樹樹皮の pH は 4.0～4.5 であり、気相は 44～67％であった。このような特性は、pH が低く、通気性の高い土壌を好むブルーベリーに適している。したがって、針葉樹樹皮はブルーベリーの培地栽培に利用可能である。一方、竹チップについては、針葉樹チップと比較して生育、収量ともに劣ったことから、培地栽培には適さない。

2 植穴に入れるピートモスの代替資材としては、ピートモスと同等の生育を示したピートモスと籾殻との混合資材が利用可能である。

3 針葉樹樹皮を 30cm の厚さに敷設し、ピートモスと籾殻との混合資材 40L であらかじめ育成した苗木を定植した場合、潅水した区と無潅水区で生育、収量、果実品質に差は認められなかったことから、潅水はほぼ不要である。

引用文献

Buamscha, M. G. , J. E. Altland, D. M. Sullivan, D. A. Horneck, J. Cassidy. Chemical and physical properties of douglas fir bark relevant to the production of container plants. 2007. HortScience 42. 1281-1286.

Haman, D. Z. , A. G. Smajstrla and R. T. Pritchard. 1997. Response of young blueberry plants to irrigation in Florida. HortScience 32. 1194-1196.

久田紀夫・森下年起・林恭弘・北原伸浩・橋本真穂．2009．スギ、ヒノキ樹皮粉砕繊維の植物生育阻害要因の除去とイチゴ高設栽培への応用．近畿中国四国農研．14．64-67.

池田行謙．2007．山口県の暖地条件下におけるブルーベリーの品種特性．山口農試研報．56．96-99.

稲本勝彦・佐藤弘・高橋龍三・山崎浩道・長菅香織・矢野孝喜・山崎博子・山崎篤．2011．界面活性剤および硫酸鉄処理によるスギ樹皮を培地としたシクラメン鉢物の生育改善．園学研．10．333-340.

石井孝昭・門屋一臣．1993．カラタチおよびイネの生長に及ぼすスギならびにヒノキ材中の生育阻害物質について．園学雑．62．285-294.

石川駿二・小池洋男．2006．ブルーベリーの作業便利帳．ｐ26-30．農文協．東京.

Jackson, B. E. , R. D. Wright. 2009. Changes in chemical and physical properties of pine tree substrate and pine bark during long-term nursery crop production . HortScience 44. 791-799.

農林水産省果樹試験場興津支場．1987．カンキツの調査方法．ｐ１.

林野庁．2012．平成 24 年版森林・林業白書参考付表．ｐ３

竹本　稔・藤原俊六郎．1997．コーヒー粕の作物生育阻害要因に関する研究．神奈川農総研報．138．31-40.

Williamson, J. G. , J. W. Olmstead, and P. M. Lyrene. 2012. Florida's commercial blueberry industry. Univ. of Florida Coop. Ext. Serv. IFAS. HS74. 3

山口県．2002．やまぐち森林バイオマスエネルギー・プラン．ｐ８-13、15.

山口県．2012．山口県果樹農業振興計画．ｐ５.

山口農技センター研報（Bull.Yamaguchi Agri Fore Gene Tec Cent）4：49-54. 2013

ガラス化保存法を用いたウシ低ランク胚の生存性向上技術の改良（第２報）

田中昌子・中島伸樹※・竹下和久・藤井陽一

Improvement of Vitrification Method for Low Quality Bovine Embryos

Masako TANAKA, Nobuki NAKAJIMA※, Kazuhisa TAKESHITA and Yoichi FUJI

Abstract: Experiments were conducted to improve the vitrification method for bovine embryos graded as low quality. The optimal conditions for vitrification of low quality embryos were examined by the evaluation of the toxic effects of cryoprotectant with a high concentration on the viability of the embryos. In the first experiment, when the low quality embryos were vitrified and warmed in two different volumes of vitrification solution (0.011mL and 0.006 mL), the pregnancy rates after embryo transfer did not differ significantly between the two groups (70.6% and 62.5%, respectively). In the second experiment, when the low quality embryos were equilibrated for 60 sec or 30 sec in the final vitrification solution (50% cryoprotectant) and then vitrified, the pregnancy rate of embryos equilibrated for 30 sec before vitrification tended to be higher than that for 60 sec (66.7% vs. 46.7%). In the third experiment, when the vitrified-warmed embryos were equilibrated in 5% ethylene glycol + 0.15 M sucrose or only 0.5M sucrose, the pregnancy rate of vitrified-warmed embryos equilibrated with 0.5M sucrose tended to be higher than those equilibrated with 5% ethylene glycol + 0.15 M sucrose (88.9% vs. 55.6%). The present study indicates that shortening the equilibration duration in the final solution before vitrification is effective. Moreover, the dilution of cryoprotectant in the sucrose solution without ethylene glycol also improves the pregnancy rates of vitrified-warmed embryos. These methods may be applied to the direct dilution method of vitrified embryos in the transfer straw for practical transfers in the field.

Key Words: cryoprotectant, direct dilution , sucrose
キーワード：高濃度耐凍剤、耐凍剤希釈液、シュークロース、ストロー内希釈

緒　言

ガラス化保存法は、氷晶に由来する傷害を受けずに胚を保存することが可能なため、特に細胞変性の程度が大きい低ランク胚の凍結法とし

※現在：山口農林事務所畜産部

て注目されており、これまでに多くの研究機関から様々な手技を用いた報告がなされている。当部の過去の試験成績においても、低ランク胚（Fair 胚）をガラス化保存後、加温融解して生存性および直接移植による受胎率を調べた結果、従来の緩慢凍結法（Direct 法）よりも優れた成績が得られている（藤井ら,2009）。これにより、従前はDirect 法での保存に適さないとして凍結されずに廃棄されていた低ランク胚が有効活用できるようになり、移植可能胚を増加させることができた。

一方、ガラス化保存法では、高濃度の耐凍剤を用いて急速な胚細胞内の脱水と耐凍剤の浸透を生じさせるため、耐凍剤がもたらす胚への化学的毒性をいかに軽減させるかが常に課題となる。また、ガラス化状態では高濃度の耐凍剤が胚に浸透しているため、加温融解時の浸透圧的膨張もガラス化保存胚に傷害を与える要因となる（葛西ら,1996）。

以上から本試験では、低ランク胚の生存性向上を目的として、当部で通常実施していたガラス化保存法の変法を検討することで技術の改良を目指した。

材料および方法

試験は 2009 年から 2012 年の間に実施した。供試胚は、子宮還流法により採取した７日目の黒毛和種体内胚を用いた。回収した胚は、国際胚移植学会 IETS マニュアル(社団法人畜産技術協会,2001）に基づき品質を判定し、Fair 胚のみを用いた。

受胚牛は、当場および酪農家の７日目の黒毛和種、ホルスタイン種、交雑種の未経産および経産牛を用いた。

1 ガラス化保存法

ガラス化保存法は、Ishimori らによる VSED 法を用い（Ishimori,1993）、耐凍剤のストロー内希釈法は、小渕らおよび秋山らの方法に準じて実施した（秋山ら,2005;小渕ら,2001）。ガラス化液として市販の受精卵回収用灌流液（エンブリオテック：日本全薬工業）に 25%エチレングリコール、25%ジメチルスルフォキシドを添加した液（以下、VSED）、耐凍剤希釈液としてエンブリオテックに５%エチレングリコール、0.15mol／L シュークロース（以下、Suc）を添加した液（以下、EGS）を用いた。

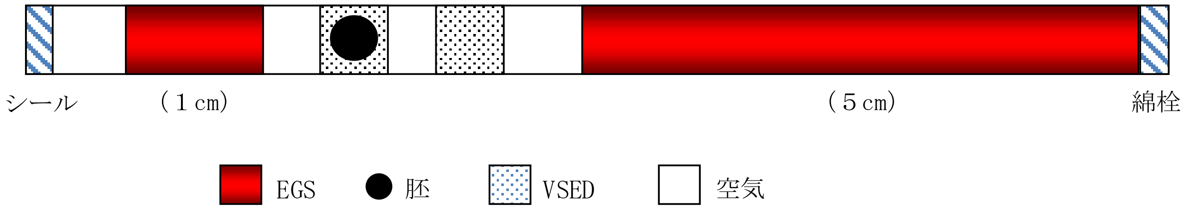
回収した胚は、エンブリオテックで洗浄した後、試験に供した。耐凍剤への平衡は、まず 0.1mL の 50%VSED に移して１分間平衡させた後 0.011mL の VSED に移し、直ちにあらかじめ EGS と VSED を吸引しておいた 0.25mL プラスチックストロー内に吸引・シールして（第１図）、液体窒素ガス上に静置した。胚の吸引は、VSED に移してから液体窒素ガス上に置くまでを 30 秒以内に実施し、ガス上で２分間静置した後、ストローを液体窒素中に投入した。以上の手技を、本試験のガラス化保存の常法とする。

2 胚の加温およびストロー内希釈法

ガラス化保存胚の加温および耐凍剤の希釈は、ストロー内希釈法により実施した。ストローを液体窒素から取り出して８秒間エアソーイングした後 20℃の水中に投入した。氷晶が消失したらストローを水中から取り出し、綿栓部を持って１～２回強く振り下ろしてガラス化液と耐凍剤希釈液を混合した後、シール部を上にして再度 20℃水中に３分間静置して、ストロー内で耐凍剤を希釈した。

3 胚の移植法

ストロー内で加温および耐凍剤の希釈を行った胚を、発情後７日目の受胚牛に頚管経由法により直接移植した。妊娠鑑定は、移植後 40 日目に胎膜触診法により実施した。



第１図　　ガラス化保存法（常法）のストロー内構成

4 試験の構成

1）試験１　ガラス化液の減量

試験１として、胚と共にストロー内に吸引するガラス化液の量を減量してガラス化保存を実施した。常法では 0.011mL の VSED を使用するが、変法として半量の 0.006mL で実施した。

2）試験２　耐凍剤平衡時間の短縮

試験２として、胚の 50％VSED への平衡時間を短縮してガラス化保存を実施した。常法では 60 秒浸漬するが、変法として半分の 30 秒で実施した。

3）試験３　耐凍剤希釈液の単一化

試験３として、耐凍剤希釈液を単一化した。常法では EGS を使用するが、変法として EGS の替わりにエチレングリコールを除いた単一の 0.5 mol／L Suc で実施した。

結　果

1 試験１　ガラス化液の減量による受胎率の比較

受胎率は、常法（0.011mL）では 70.6％、ガラス化液量を半減させた変法（0.006mL）では 62.5％で、両者に有意差は認められなかった。また、胚の発育ステージによる差異も認められなかった（第１表）。

2 試験２　耐凍剤平衡時間の短縮による受胎率の比較

受胎率は、常法（60 秒）では 46.7％、平衡時間を半分に短縮した変法（30 秒）では 66.7％であった。有意差は無かったが、変法を用いると受胎率が高い傾向が認められた。常法および変法どちらの区でも流産が確認されたが、受胎率・流産率とも、胚の発育ステージによる差異は認められなかった（第２表）。

3 試験３　耐凍剤希釈液の単一化による受胎率の比較

受胎率は、常法（EGS）では 55.6％、耐凍剤希釈液として単一の 0.5 mol／L Suc を用いた変法では 88.9％であった。有意差は認められなかったものの、変法を用いると高い受胎率が得られた。また、胚の発育ステージによる差異は認められなかった（第３表）。

第１表　ガラス化法で保存した低ランク胚の受胎性：凍結媒液量の違いによる比較

試験区	発育ステージ	移植頭数	受胎頭数	受胎率(%)	流産頭数
0.006ml（変法）	後期桑実胚	6	4	66.7	0
	初期胚盤胞	4	2	50.0	0
	胚盤胞	6	4	66.7	0
	計	16	10	62.5	0
0.011ml（常法）	後期桑実胚	9	6	66.7	0
	初期胚盤胞	4	3	75.0	0
	胚盤胞	4	3	75.0	0
	計	17	12	70.6	0

第２表　ガラス化法で保存した低ランク胚の受胎性：平衡時間の違いによる比較

試験区	発育ステージ	移植頭数	受胎頭数	受胎率(%)	流産頭数
30秒（変法）	後期桑実胚	7	4	57.1	0
	初期胚盤胞	6	4	66.7	1
	胚盤胞	2	2	100.0	0
	計	15	10	66.7	1
60秒（常法）	後期桑実胚	6	3	50.0	0
	初期胚盤胞	2	1	50.0	1
	胚盤胞	7	3	42.9	1
	計	15	7	46.7	2

第３表　ガラス化法で保存した低ランク胚の受胎性：耐凍剤希釈液の違いによる比較

試験区	発育ステージ	移植頭数	受胎頭数	受胎率(%)	流産頭数
0.5M Suc（変法）	後期桑実胚	3	3	100.0	0
	初期胚盤胞	2	2	100.0	0
	胚盤胞	4	3	75.0	0
	計	9	8	88.9	0
EGS（常法）	後期桑実胚	6	3	50.0	0
	初期胚盤胞	1	0	0.0	0
	胚盤胞	2	2	100.0	0
	計	9	5	55.6	0

考　察

今回、高濃度耐凍剤の胚への毒性を軽減することを目的として、当部の既存のガラス化保存法（常法）に対して、条件をそれぞれ変えた３つの変法を用いて受胎率を調べたところ、耐凍剤平衡時間および耐凍剤希釈液の変更により、従前の常法よりも受胎率が高い傾向が認められた。

試験１では、胚と共に吸引するガラス化液（VSED）量を減少させた。通常 0.25mL ストローを使用するガラス化法では、多くの研究機関でガラス化液 0.015mL と共に胚を吸引しており

（小渕ら,2001;小田ら,2004;田中ら,2009）、一般的な手技となっている。今回、吸引するVSEDを0.006mLまで減量したが、この範囲においては特に受胎率の改善傾向を認めなかった。近年、ガラス化液量を最小限に減らす試みとしてクライオトップ法などの超急速保存法が新たに開発されており（佐野ら,2010）、従来のガラス化保存法を用いる場合は、操作手技の容易さも考慮して従来どおりの液量が望ましいと推察された。

次に試験２では、耐凍剤への平衡時間短縮を試みた。Ishimori らは50%VSEDへの胚の平衡時間について調べており、加温後の生存性は、平衡時間１分または２分の区において５分の区よりも有意に高かったと報告している（Ishimori ら,1993）。本報告を受け、50%VSEDへの浸漬時間を１分とする手技が普及しているが、平衡時間を更に短縮した報告は認められていない。今回、この平衡時間を30秒に短縮したところ、約20%の受胎率の改善傾向を認めた。平衡時間が短すぎると胚への耐凍剤浸透が不十分となり、過去の報告においてもエチレングリコールなどの耐凍剤が胚に適切に浸透していない場合、ガラス化保存および加温後の胚の生存性は有意に低下することが認められている（Otoi ら,1998;葛西,1996）。したがって、耐凍剤への平衡時間は短縮すればするほど良いわけでなく、胚へ耐凍剤を浸透させるため適切な浸漬時間を保つ必要があるが、本成績より50% VSEDへの平衡時間は30秒間で問題ないことが示唆された。

最後に試験３では、耐凍剤希釈液をSucのみに単一化することを検討した。ガラス化保存した胚は、加温後、適切に内部の耐凍剤を除去することが重要であるが、この耐凍剤希釈の過程で水分の急激な流入によって生じる過度の膨張による傷害を緩和するために、Suc などの糖類を添加した高張な希釈液が必要となる。今回用いた希釈液は0.5mol／L SucおよびEGSであるが、浸透圧を測定したところ前者が 908mOsm／kg、後者が＞1,000 mOsm／kgであり、どちらも十分な高張の条件を満たしていた。

Murakami らおよびSzell らの報告によると、Suc は胚への化学的毒性を有するが、濃度や浸漬時間など適切な条件下で用いれば胚の生存性を高めることができるため（Murakami ら,2004;Szell・Shelton,1986）、ガラス化液（Saito ら,1994;森ら,2005）や希釈液（田中ら,2009;小田ら,2004;佐野ら,2010)に添加して用いられている。今回0.5mol／L Suc単一の希釈液を使用したところ、従来のEGSに比べて約30%の受胎率の改善傾向を認めた。Kasai らは、マウス桑実胚において種々の耐凍剤の透過速度を調べたところ、エチレングリコールの透過性が最も優れていたと報告している（Kasai ら,1994）。この透過性の高さを考慮すると、EGS のようなエチレングリコールを含む希釈液を使用した場合、Suc 単一の希釈液と比較して、耐凍剤の希釈により胚とEGSが平衡状態に達した後も胚内にエチレングリコールが残存したまま受胚牛に移植されている状態と考えられ、胚内に化学的毒性を有する耐凍剤を含んでいるため、移植後の胚にとって望ましくないものと推察された。一方で、Suc 単一ではなくEGS のように耐凍剤とSucを混合した希釈液を採用している研究機関は多く、それぞれ高受胎率が報告されていることから（秋山ら,2006;小田ら,2004）、希釈液の組成については今後も例数を重ねて検討する必要がある。

ガラス化保存法について野外での応用を考慮すると、耐凍剤をストロー内希釈して直接移植できることが望ましい。過去の報告では、性判別胚においてガラス化保存後にストロー内希釈を実施したところ、高ランク胚では高い生存率および受胎率が得られたものの、低ランク胚では著しく低下する傾向が認められた（小田ら,1994）。今回我々の試験では、有意差は認められなかったものの、試験２および３の変法を用いることで低ランク胚においても受胎率の向上が確認され、耐凍剤平衡時間の短縮および耐凍剤希釈液の単一化により、ガラス化保存胚の加温・ストロー内希釈後の受胎性が向上する可能性が示唆された。

ガラス化保存法においては、動物種や胚のランク、発育ステージによって耐凍剤や希釈液の組成、手技など適切な条件が異なるため（葛西,1996）、各研究機関により多様な手法が検討されている。ストロー内希釈およびその後の直接移植の手法は野外での応用に有用であるため、今後、試験２および３の変法を取り入れな

がら移植例数を重ねて効果を検討することとしており、ガラス化保存法の改良により効率的な胚の保存技術の一助としたい。

摘　要

低ランク胚（Fair 胚）の保存にはガラス化保存法が有効であるが、胚細胞内に浸透させる高濃度の耐凍剤は胚に傷害を与える要因となる点が課題である。この危険性を軽減して受胎率の向上を図るために、当部で実施しているガラス化保存法（常法）の改良について検討した。

試験１として、胚と共に吸引するガラス化液量を 0.011mL（常法）から 0.006mL（変法）に減量した。受胎率は、常法が 70.6%、変法が 62.5%で有意差は認められなかった。試験２として、50%ガラス化液への平衡時間を 60 秒（常法）から 30 秒（変法）に短縮した。受胎率は、常法の 46.7%に対して変法で 66.7%と向上が認められた。試験３として、耐凍剤希釈液を５%エチレングリコール＋0.15 mol／L シュークロース（常法）から 0.5 mol／L シュークロースのみ（変法）に変更し、希釈液の単一化を検討した。受胎率は、常法で 55.6%、変法で 88.9%とシュークロース単一の希釈液を用いた場合に向上した。全ての試験において、胚の発育ステージによる差異は認められなかった。

以上から、耐凍剤平衡時間の短縮および耐凍剤希釈液の単一化により、ガラス化保存胚の加温・ストロー内希釈後の受胎性が向上する可能性が示唆された。ストロー内希釈およびその後の直接移植の手法は野外での応用に有用であるため、今後試験２および３の変法を取り入れ、移植例数を重ねて効果を検討する必要がある。

引用文献

秋山清・橋村慎二・坂上信忠・仲澤経紀・岸井誠男．2005．牛性判別胚のガラス化保存方法の検討．神奈川県畜産研究所研究報告．90:11-15.

藤井陽一・竹下和久・引田久美子・稲吉洋裕．2009．ガラス化保存法を用いたウシ低ランク胚の生存性向上技術の確立．山口県畜産試験場報告．24：6-10.

H.Ishimori, K.Saeki, M.Inai, Y.Nagao, J.Itasaka Y.Miki,N.Seike and H.Kainuma. 1993. Vitrification of bovine embryos in a mixture of ethylene glycol and dimethyl sulfoxide. Theriogenology. 40：427-433.

M.Kasai,E.Yokoyama and K.Edashige. 1994. Permeability of mouse morulae to various cryoprotectants and the survival of the embryos after vitrification. Cryobiology. 31：570（Abst）

葛西孫三郎．1996．受精卵の急速凍結法．低温医学．22：137-146.

森美幸・笠正二郎・上田修二．2005．ウシ体外成熟卵子のガラス化保存におけるガラス化液のシュークロース濃度およびフィルターを支持体とした保存手法．福岡県農業総合試験場研究報告．24：73-77.

M.Murakami, T.Otoi, N.W.K.Karjya, P.Wongsrikeao, B.Agung and T.Suzuki. 2004. Blastocysts derived from in vitro-fertilized cat oocytes after vitrification and dilution with sucrose. Cryobiology. 48：341-348.

小渕裕子・川島敬二・須藤慶子・砂川政広．2001．フィールド活用した牛ガラス胚化の移植成績．日本胚移植学雑誌．23：32-35

小田頼政・黒岩力也・古川恵・有安則夫・水木剛．2004．雌雄判別ガラス化保存ウシ胚のストロー内希釈の検討．岡山県総合畜産技術センター研究報告．15：28-33.

T.Otoi, K.Yamamoto, N.Koyama, S.Tachikawa and T.Suzuki. 1998. Cryopreservation of mature bovine oocytes by vitrification in straws. Cryobiology. 37：77-85.

N.Saito, K.Imai and M.Tomizawa. 1994. Effect of sugars-addition on the survival of vitrified bovine blastocysts produced in vitro. Theriogenology. 41. 1053-1060.

佐野文彦・北山智広・増山龍一・白石徹・河野良輝・稲谷憲一・小田頼政・林みち子・森安悟・稲葉泰志・今井敬. 2010．ウシ性判別胚の超急速保存法．日本胚移植学雑誌．32：113-119.

社団法人畜産技術協会．2001．胚の衛生的取扱いマニュアル．（国際胚移植学会 IETS

マニュアル）第３版：106-107.
A.Szell and J.N.Shelton. 1986. Sucrose dilution of glycerol from mouse embryos frozen rapidly in liquid nitrogen vapour. J.Repro.Fert. 76：401-408.
田中健・竹内隆泰・笹木教隆. 2009. ウシガラス化保存胚のストロー内希釈液濃度と生存性の関係. 福井県畜産試験場研究報告. 22：6-9.

山口農技センター研報（Bull.Yamaguchi Agri Fore Gene Tec Cent）4：55-60. 2013

イネソフトグレインサイレージの省力的な調製技術

藤井友子・秋友一郎・岡村由香※

Labor Saving Preparation Technology for Rice Soft Grain Silage

Tomoko FUJI，Ichiro AKITOMO，Yuka OKAMURA※

Abstract: In order to use low-cost and labor saving technology with rice for fodder, we investigated a method for the preparation of rice soft grain silage's nutritional balance, preparation life.
By using a 60 l plastic drum can, rice soft grain silage was preserved for 6 months without additives.
By using a small plastic bag, we fermemted the rice in four types of additives: lactobacillus, molasses, lactobacillus+molasses and no additives. Where we added lactobacillus+molasses, the fermentation was the best.
The pH of all test plots does not rise after 9 months, the quality of rice soft grain silage was good, but white mold grew on the surface, the quality of rice soft grain silage was decreased. So by using a small plastic bag, rice soft grain silage is the best if used within 6 months.

Key Words：lactobacillus, molasses
キーワード：乳酸菌，糖蜜

緒　言

トウモロコシを始めとする輸入穀物価格の上昇に伴う飼料価格の高騰が畜産経営を圧迫しており、濃厚飼料に替わる栄養価の高い飼料の自給が急務である。また、生産調整の強化から増加している遊休水田や条件不利地を活用した飼料用米の生産は年々増加しており、平成 23 年の本県の栽培面積は 307ha まで拡大している。しかし、収穫後の調製は主食用米と同様のライスセンター等を活用した乾燥・籾摺りが主流であり、そのコスト削減が課題となっている。

近年、飼料用米の加工・調製の一手法としてソフトグレインサイレージの調製技術が確立され（農研機構，2012）、各地の試験研究機関からも報告されている（矢内，2005；金谷ら，2011）。しかし、これらの報告では、調製時に破砕処理を行うことや大型のトランスバッグを用いるため、作業が煩雑となっている。

そこで、本試験では小型の容器を用いて、破砕処理を行わずに省力的かつ低コストにソフトグレインサイレージを調製する方法について検討した。

材料および方法

1 試験期間

平成 21 年 10 月～平成 23 年 8 月

2 ソフトグレインサイレージの調製方法

1）プラスチックドラム缶による調製

平成 21 年 10 月、山口市阿東産の「北陸 193 号」を用いて、収穫直後の籾米を未乾燥・未

※現在：流通企画室

破砕のまま 60 リットル容プラスチックドラム缶に詰め密封し、倉庫に保存した。

2) ポリ袋による調製

平成 22 年 11 月、長門市産の「北陸 193 号」を用いて、収穫直後の籾米を未乾燥・未破砕のまま、ポリ袋(0.1×550×900mm)に 18kg ずつ詰め、各種添加剤を加えた後、上部の空気を出来るだけ排出後密封し、上部を結束バンドで縛り、倉庫に保管した。なお、添加剤の添加割合については、第１表のとおりである。

第１表　添加剤の添加割合

処理区	添加量
無処理	なし
乳酸菌	畜草１号（5g/1,000kg)
糖蜜	糖蜜（100kg/1,000kg)
乳酸菌＋糖蜜	上記同量を添加

3 調査項目

飼料一般成分、サイレージ品質(ｐH、フリーク評点)、家畜の採食性、ソフトグレインサイレージの調製コスト

※家畜の採食性調査とソフトグレインサイレージの調製コスト調査は、ポリ袋により調製されたものを使用した。

結果及び考察

1 飼料一般成分及び発酵品質

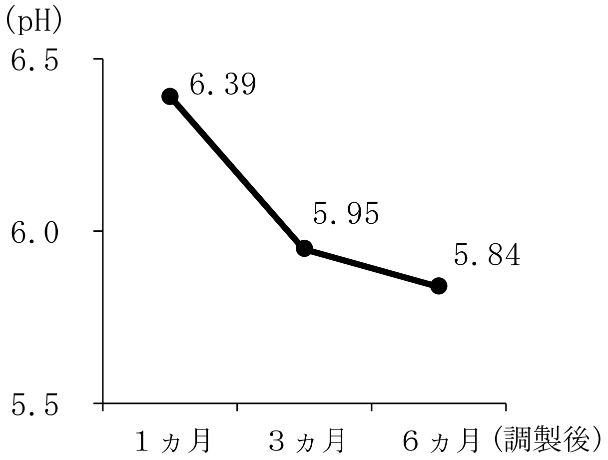
1) プラスチックドラム缶による調製

飼料一般成分を第２表に示した。収穫直後の籾の水分含量は 28.6%、ソフトグレインサイレージ(以下、「SGS」という。)調製後１ヵ月後、３ヵ月後ともに 29.0%であり、サイレージ化による水分含量の変動は認められなかった。

また、保存期間が長くなるに従い、収穫直後に比べて可溶無窒素物(以下、「NFE」という。)含量は減少し、粗繊維含量は増加した。

一般的に、牧草のサイレージ発酵が進行すると、乳酸発酵により、NFE のうち水溶性炭水化物の部分が利用されて減少し、相対的に不溶性の粗繊維含量が増加するとされているが、この説と一致した(McDonald,1995)。

開封時の pH を第１図に示した。SGS 調製１ヵ月後の pH は 6.39、３ヵ月後は 5.84 となり、乳酸菌の増殖により pH 値が低下した。



第１図　開封時のｐH

2) ポリ袋による調製

飼料一般成分を第３表に示した。収穫直後の水分含量は 26.7%であったが、保存期間が３ヵ月まではほぼ変化はなく、それ以降になると水分含量が増加する傾向がみられ、SGS 調製後９ヵ月では 27.7～31.0%となった。また、NFE 含量は、保存１ヵ月目にすべての区で減少し、同様に粗繊維含量は増加した。その後は保存期間が経過しても、NFE 含量、粗繊維含量ともに、多少の増減はあるものの、大きな変化はなかった。

以上のことから、ポリ袋による調製における水分、NFE 及び粗繊維含量の貯蔵期間の経過に伴なう変化は、プラスチックドラム缶による調製における場合と異なった。

この理由として、プラスチック製ドラム缶に比べて密封条件が劣るポリ袋の場合、密封後１ヵ月目までは乳酸発酵が順調に進行したが、それ以降は乳酸発酵がある程度抑制されたことが考えられた。なお、３ヵ月以降水分含量が増加した理由については明らかな要因が特定できなかった。

各処理区の開封時の pH 値を第２図に示した。いずれの開封時においても、無処理区と乳酸菌区に比べて、糖蜜区と糖蜜＋乳酸菌区の pH が低い値となった。また、糖蜜区と糖蜜＋乳酸菌区を比較した場合、いずれの開封時においても、後者の pH が低い値となった。

このことから、ポリ袋による調製でも乳酸

第２表　飼料一般成分（プラスチックドラム缶による調製）

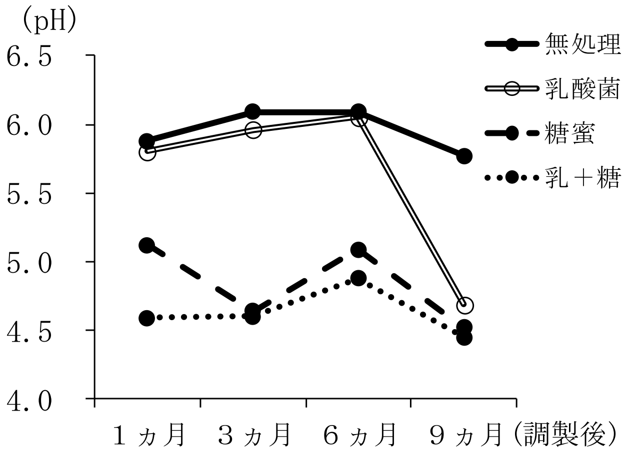
（単位:％,水分以外は乾物中）

	水分	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分	ＤＭ
収穫直後	28.6	6.7	2.8	79.0	7.1	4.4	71.4
１ヵ月	29.0	6.7	3.0	78.0	7.8	4.4	71.0
３ヵ月	29.0	6.7	2.8	74.9	11.2	4.4	71.0

第３表　飼料一般成分（ポリ袋による調製）

（単位:％,水分以外は乾物中）

区	分	水分	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分	ＤＭ
収穫直後の未乾燥籾		26.7	6.4	2.7	71.6	13.5	5.8	73.3
１ヵ月	無処理	26.9	6.3	2.6	69.9	15.3	6.0	73.1
	乳酸菌	27.3	6.4	2.6	69.0	15.9	6.1	72.7
	糖蜜	27.2	6.5	2.8	67.5	17.4	5.8	72.8
	乳酸菌＋糖蜜	27.0	6.4	2.7	68.6	16.3	5.9	73.0
３ヵ月	無処理	26.2	6.4	2.6	76.6	8.6	5.8	73.8
	乳酸菌	26.5	6.5	2.6	75.6	9.4	5.9	73.5
	糖蜜	27.4	6.5	2.5	75.0	10.2	5.8	72.6
	乳酸菌＋糖蜜	27.1	6.4	2.5	75.6	9.5	5.9	72.9
６ヵ月	無処理	26.8	7.2	2.5	74.3	10.1	5.9	73.2
	乳酸菌	27.0	6.8	2.5	75.0	9.8	5.9	73.0
	糖蜜	28.5	7.0	2.7	75.1	9.5	5.8	71.5
	乳酸菌＋糖蜜	30.6	7.1	2.7	75.3	9.1	5.8	69.4
９ヵ月	無処理	27.7	6.9	2.7	71.4	12.9	6.1	72.3
	乳酸菌	28.3	7.0	2.8	72.0	12.0	6.1	71.7
	糖蜜	29.2	7.0	2.8	73.1	11.2	6.0	70.8
	乳酸菌＋糖蜜	31.0	7.3	2.8	73.0	10.9	5.9	69.0



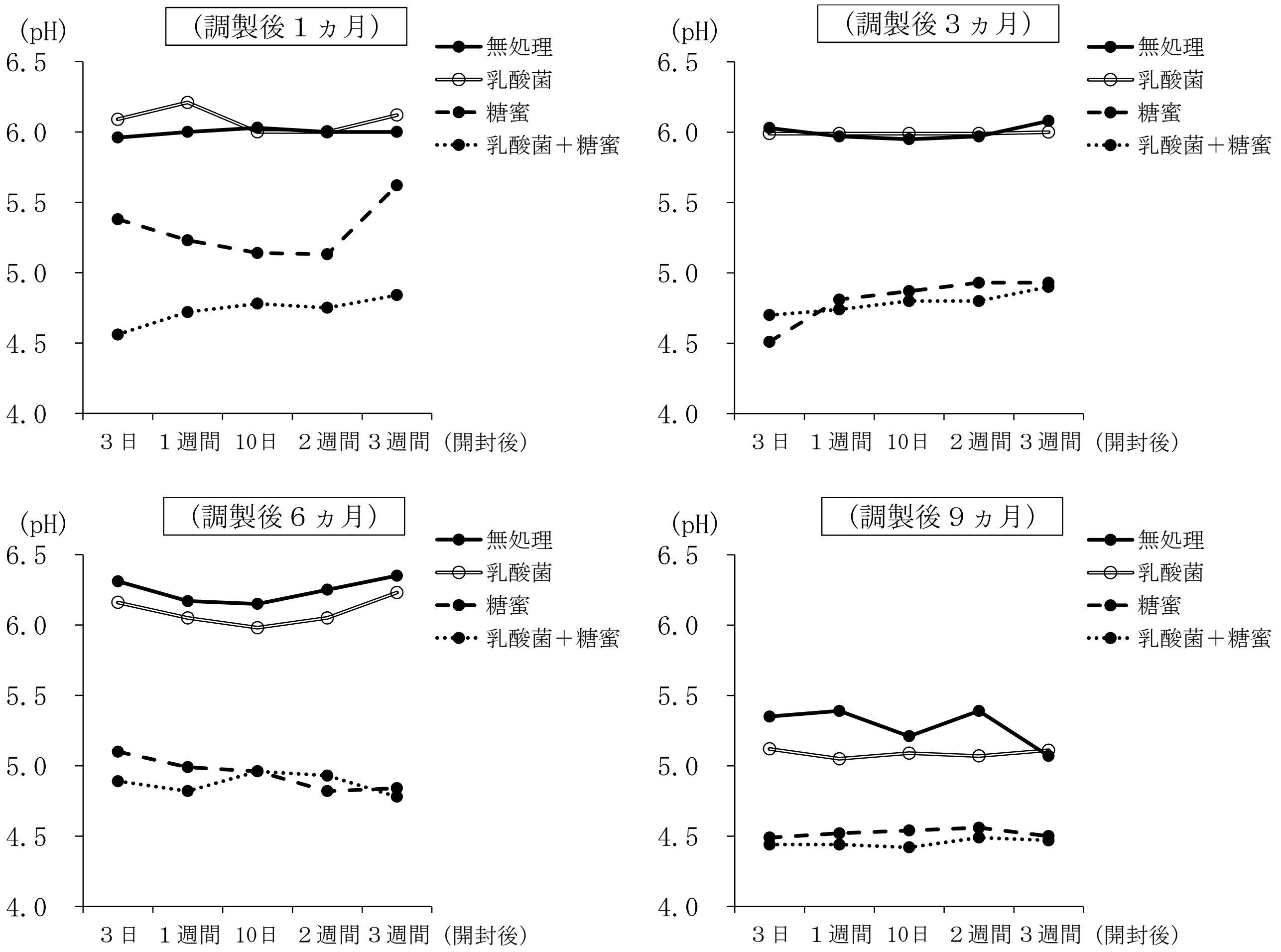
第２図　開封時のｐＨ

発酵を促進する資材を添加することにより、SGS の発酵品質が向上することが明らかとなった。

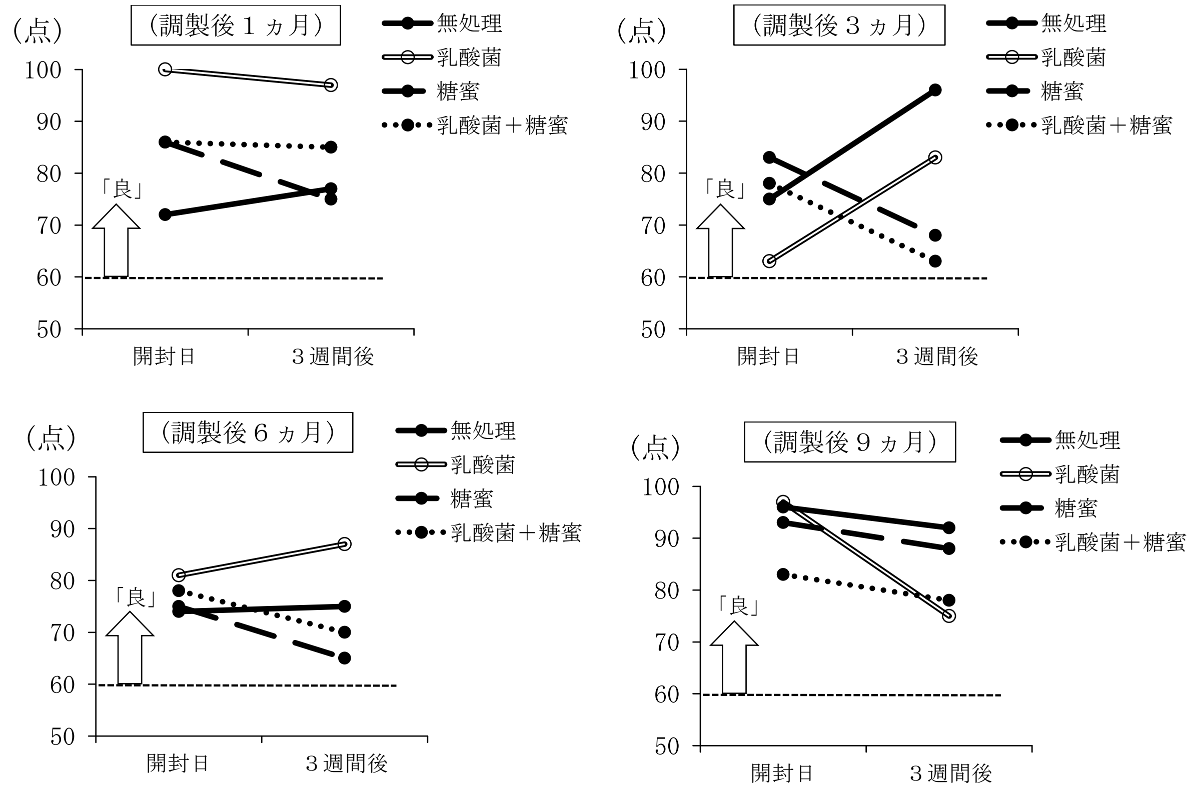
また、乳酸菌のみの添加よりも、糖蜜または糖蜜＋乳酸菌を添加した方が、発酵品質が良好であったのは、糖蜜の添加により、乳酸菌の増殖に必要な糖分に代表される水溶性炭水化物の添加と同等の効果が付与され、乳酸発酵が促進され、安定的な条件におかれたこと(須藤ら,1960) が考えられ、さらに乳酸菌と併用することにより、乳酸菌の初期の活動が促進され､急速に乳酸発酵が進行した(農研機構,2012)ことが考えられる。

また､開封から３週間後までの pH 値については著しい変動は認められず、サイレージ品質を良好に維持していたと考えられる（第３図）。

開封時及び開封３週間後のフリーク評点を第４図に示した。開封時のフリーク評点は 63～100 点で、いずれも「良」とされる 60 点以上(日草ら,2009)であり､発酵品質は良好であった。また、開封３週間後の評点も 63～96



第３図　開封後のｐＨ値の推移



第４図　開封後のフリーク評点の推移

で、開封後もサイレージの品質が低下することはなかった。

これらのことから、３週間分の給与量を予め開封することができることが示唆された。

なお、９ヵ月後の開封時にSGSの表面全体に白カビの発生が認められた。本試験では、籾米の密封時に、十分な脱気処理を行っていないため、空気層が多く存在したことが考えられるが、このような条件下では、長期間の保存により品質の低下が起こるため、ポリ袋での調製における保存期間は、６ヵ月程度を目安にするのが望ましいと考えられる。

2 家畜の採食性

家畜の採食性を第４表に示した。採食性の調査は、いずれも部内で飼養されている家畜を用いた。

調査は、鶏は種鶏１羽当たり100gの60分間の採食量､豚は種豚１頭当たり500gの完食までに要した時間、牛は黒毛和種繁殖牛１頭当たり1,000g の完食までに要した時間をそれぞれ計測した。

鶏は、調製後１、３および６ヵ月ではいずれの処理区のSGSも採食性は良好であった。同様の９ヵ月においては 60 分間の採食量やや低下する傾向が見られたが、翌朝までにはほぼ完食した。

豚は、処理区、開封時期の違いに関わらず、採食性は良好であった。

牛は、SGS 単独で給与した場合、嗜好性が著しく悪かったため、濃厚飼料 25%、SGS75%の割合で混合したものを用いた。牛の場合、嗜好性に個体差があり、保存期間が長いほど採食する個体が限られる傾向があった。

搾乳牛に濃厚飼料の25%をSGSで代替給与しても、嗜好性に問題はなかったとの報告(中村ら,2005)や、黒毛和種肥育牛に仕上げ期の添加飼料として 17～32%を圧ぺん大麦の代替給与すると、飼料摂取量は慣行法に比べて低い(80%)ものの、枝肉成績には影響しない(矢内,2007)との報告がある。

今回の採食性調査では、SGSの配合割合が75%と高かったためか、嗜好性に個体差が見られたが､配合割合を30%まで下げることによって、SGS の牛への給与が可能になると考えられる。

3 ソフトグレインサイレージの調製コスト

SGS の調製に係るコストを第５表に示した。籾米１kgをSGSに調製するための経費は5.4～7.2 円であった。近隣のライスセンターで乾燥・籾摺りに要する経費は、25.2円／kgであり、SGSに調製した方がコスト的に有利であった。

第４表　ソフトグレインサイレージの採食性

（単位：ｇ、分）

区　分		１ヵ月	３ヵ月	６ヵ月	９ヵ月
鶏	無処理	31.9	55.6	73.1	16.1
	乳酸菌	41.3	58.7	25.5	28.4
	糖蜜	49.2	59.9	55.6	25.5
	乳酸菌＋糖蜜	65.9	66.0	90.7	11.7
豚	無処理	8:00	7:30	12:28	9:50
	乳酸菌	8:00	7:00	7:10	18:21
	糖蜜	14:00	7:00	17:45	10:18
	乳酸菌＋糖蜜	11:00	7:00	11:43	8:44
牛	無処理	10:05 (5／6)	8:30 (5／6)	7:28 (3／6)	11:03 (2／5)
	乳酸菌	9:20 (5／6)	9:20 (5／6)	8:36 (2／6)	7:55 (2／5)
	糖蜜	8:50 (5／6)	9:50 (5／6)	6:55 (1／6)	6:47 (2／5)
	乳酸菌＋糖蜜	9:30 (5／6)	8:45 (5／6)	7:25 (1／5)	7:32 (3／5)

(　　　)内は、(採食した頭数／供試頭数)

第５表　籾米18kgの調製に係る費用

（単位：円）

	無処理	乳酸菌	糖蜜	乳酸菌＋糖蜜
ポリ袋	93.4	93.4	93.4	93.4
結束バンド	3.9	3.9	3.9	3.9
乳酸菌		15.12		15.12
糖蜜			17.3	17.3
合計	97.3	112.4	114.6	129.7
籾米１ｋｇ当たりの費用	5.4	6.2	6.4	7.2
10a当たりの費用(※)	4,324	4,996	5,094	5,766

※精籾重(800kg/10a)

摘　　要

飼料用米を低コストで省力的に利用するため、ソフトグレインサイレージの調製方法を検討し、その栄養性や保存性を調査した。

60 リットル容プラスチックドラム缶を用いた調製では、添加剤なしでも６ヵ月間の貯蔵が可能であった。

小型のポリ袋を用いた調製では、添加剤として、乳酸菌、糖蜜、乳酸菌＋糖蜜及び無添加の４種類で比較したところ、乳酸菌＋糖蜜を添加した場合が、最も発酵品質が良好であった。各処理区とも、調製９ヵ月後においても pH 値が上昇することなく発酵品質は維持していたが、サイレージの表面全体に白カビが発生し、飼料としての品質低下が起こったため、ポリ袋での調製では６ヵ月程度を目安に保存することが望ましいと考えられる。

引用文献

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構). 2012.飼料用米の生産・給与技術マニュアル〈2011 年度版〉

金谷千津子・大川内康郎・国吉 誠・吉野英治・丸山富美子. 2011. イネ穀実サイレージの実用的調製方法. 富山県農林水産総合技術センター畜産研究所研究報告. 1 :23-26

Peter McDonald, A.R.Henderson, S.J.E.Heron. 1995. サイレージの生化学第２版. (株)デーリィ・ジャパン社. 東京.

中村 弥・阿部正彦・小林 寛. 2005. 乳用牛へのイネソフトグレインサイレージの給与技術. 福島県畜産試験場研究報告. 13 : 23-26.

須藤 浩. 1960. サイレージの調製と利用法. (株)養賢堂. 東京.

社団法人 日本草地畜産種子教会. 2009. 粗飼料の品質評価ガイドブック.

矢内清恭. 2005. イネソフトグレインサイレージの収穫調製技術. 福島県畜産試験場研究報告. 13 : 27-31.

矢内清恭. 2007. 肥育仕上げ期における圧ぺんモミ及びイネソフトグレインサイレージ(イネ SGS)の濃厚飼料代替効果(第一報). 東北農業研究. 60.

戻したい肥の生産と利用に関する研究

堤明理・大賀友英※・秋友一郎

Research on Production and Use of Recycled Compost

Akari TSUTSUMI, Tomohide OGA※, Ichiro AKITOMO

Abstract; Since the supply and demand of bed materials were limited, production of a recycled compost and use of the recycled compost as bedding were considered for the purpose of it being a safe bedding material.

When the production method of the simple recycled compost using the rotary for tilling was examined, the accumulation temperature in a composting period showed a maximum of 58 ℃, and moisture also fell sufficiently.

Moreover, the coliform bacteria count in a compost decreased with the passing of time, and the coliform group fell to 6.5×10^{4} CFU/g below the apprehensive level (10^{6} CFU/g) which mastitis arises. Therefore produced recycled compost which can be used as bed must be kept below that level.

Moreover, when recycled compost mixed with sawdust in the same volume and used as bed of Japanese-black-cattle of fattening cattle, there was no difference in an experimental plot and a contrast plot regarding moisture, and coliform bacteria count and the degree of compaction.

Considering the results mentioned above, It turned out that the recycled compost could be produced simply by using the rotary for tilling, which could be used as compared above with a simple mixture of compost mixed in the same volume of sawdust.

Key Words : coliform group,moisture, accumulation temperature
キーワード：大腸菌群数、水分、たい積温度

緒　言

近年、畜産の規模拡大による敷料の需要増加がある一方、長引く不況で製材所の廃業が相次ぎ、家畜や家禽の飼養に必要なオガクズ等敷料資材の需給がひっ迫し、必要な量の敷料の安定した確保が難しくなっている。

そのため、代替資材として戻したい肥の活用が検討されているが、一般的にたい積処理したたい肥は水分が高く、そのままでは敷料として利用できないため、乾燥処理が必要とされる。

このため、戻したい肥の敷料資材としての利用性を向上させる事を目的に、既存の施設を活用して再利用しやすい状態に処理する方法を検討するとともに、生産した戻したい肥について既存のオガクズによる敷料利用の場合との比較、検討を行った。

※現在：岩国農林事務所企画振興室

材料および方法

1 試験内容

試験１　戻したい肥の簡易な生産方法に関する検討

試験２　戻したい肥の利用方法に関する検討

2 試験期間

試験１　平成 21 年６月 23 日～10 月７日

試験２　平成 21 年９月 15 日～9 月 29 日
　　　　平成 21 年 10 月２日～10 月 16 日

3 供試資材・場所

試験１　肥育牛の使用済み敷料
　　　　当部たい肥舎及び乾燥舎

試験２　試験１で生産された戻したい肥及び県内で流通しているオガクズ
　　　　当部肥育牛舎

4 性状調査

水分は、試料を 105℃で 24 時間乾燥して測定した。大腸菌群数は X-GAL 培地を用い、37℃で 24 時間培養して測定した。

pH、EC はそれぞれ pH メーター、EC メーター(ともに堀場製作所製)を用いて測定した。

5 試験区の構成

試験１

試験区　供試資材を乾燥舎内に２週間たい積した後、薄く広げて耕耘用ロータリーで１回/週の頻度で６週間撹拌し、オガクズと混合した。その後２週間たい積した。

対照区　供試資材をたい肥舎にたい積し、マルチローダーで１回/週の頻度で 12 週間切り返しを行い、その後オガクズと混合し２週間たい積した。

試験２

試験区　戻したい肥とオガクズを同容量で混合して黒毛和種肥育牛の敷料に供試した。

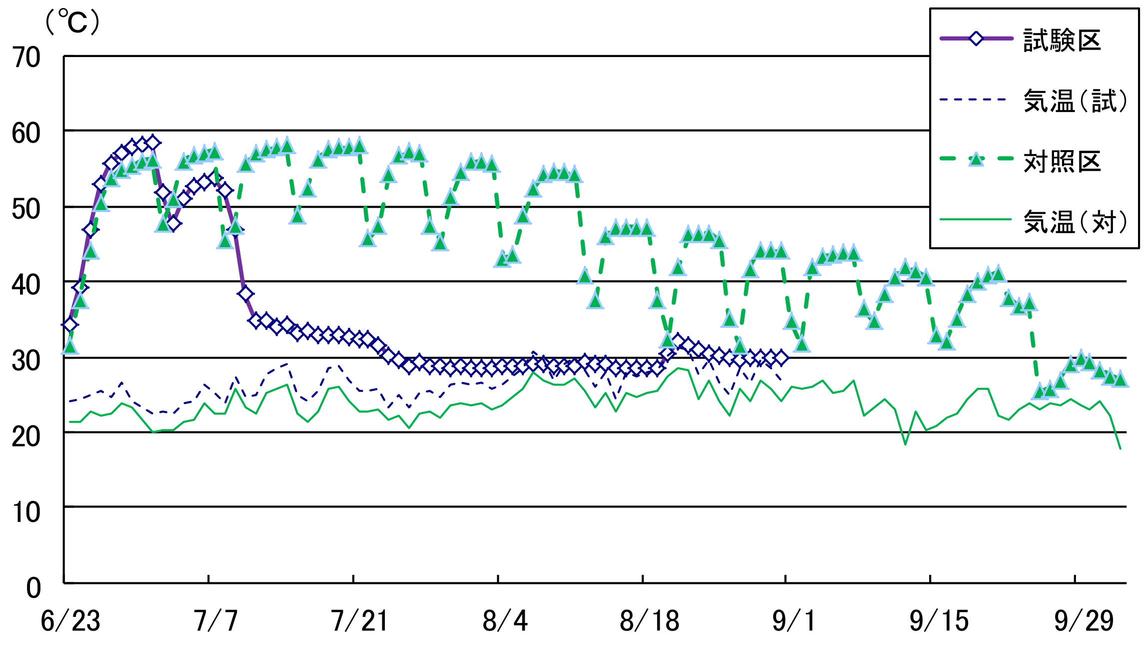
対照区　オガクズ

6 調査項目

試験１　たい積温度、水分、大腸菌群数

試験２　敷料の温度、水分、圧密の度合い、大腸菌群数、アンモニア濃度、pH、EC、アンモニア態窒素、硝酸態窒素

結果及び考察



第１図　たい積温度の推移

1 戻したい肥の簡易な生産方法に関する検討（試験１）

両区のたい積温度を第１図に示した。

試験区では、耕耘用ロータリーを用いた簡易な生産方法を用いた。たい積温度は、たい積５日目から５日間は55℃以上を保持し、その間の最高温度は58℃に達したが、ロータリーによる撹拌を開始後、低く推移した。

両区の水分と大腸菌群数を第１表に示した。

試験区のたい肥の水分は、２週間のたい積後にたい肥舎内に広げて耕耘用ロータリーで週１回撹拌した場合、８週間目に13.3%となった。牛床を衛生的な環境に保つためには、敷料の水分は低いほど良いとされるが、水分20%以下では戻したい肥の運搬や牛床への散布作業時に飛散しやすくなり、ロスが多くなるとともに牛舎内外が汚れやすくなる。今回耕耘用ロータリーを用いて生産したたい肥は、敷料として衛生上問題のない水分レベルに調製できたが、運搬・散布時の取扱いに労力を要することが予想された。

また、グラム陰性桿菌（細菌のうち、グラム染色で紫色に染色されず赤く見える菌で、桿状の形態を持つもの）は大腸菌群等の病原菌を含み、牛床のグラム陰性桿菌の菌数が10^6CFU／gに達すると乳房炎の問題が起こるとされるが、今回試験区で生産された戻したい肥の菌数は最終的に6.5×10^4CFU/gになり、これを下回った。

2 戻したい肥の利用方法に関する検討（試験２）

戻したい肥の敷料利用における変化を第２表に示した。

調査開始時の水分は、試験区及び対照区で20%程度であったが、２週間後には70%程度になり、両区に差はなかった。

大腸菌群数は、開始時には試験区で多く、対照区で少なかったが、終了時には、両区で同程度となった。

圧密の度合いを第３表に示した。両区とも敷料の厚さは継時的に減少し、圧密の割合は増加

第１表　たい肥化における変化

		6/23 開始時	7/8 ２週目	7/28 ５週目	8/19 ８週目	9/1 １０週目	9/15 １２週目	10/7 １５週目
試験区	水分（%）	53.4	54.3	30.6	13.3	16.9		
	大腸菌群数（CFU/g）	1.7×10^7	8.9×10^6	1.7×10^6	7.0×10^4	6.5×10^4		
対照区	水分（%）	51.8	49.6	46.5	34.7	39.9	40.6	22.6
	大腸菌群数（CFU/g）	9.2×10^6	1.0×10^7	4.5×10^5	2.8×10^4	5.0×10^1	9.0×10^2	2.5×10^4

注）試験区では8/19以降、対照区では9/15以降、オガクズと混合してたい積。
注）試験区で混合したオガクズの大腸菌群数2.5×10^2
　　対照区で混合したオガクズの大腸菌群数＜10

第２表　敷き込み試験の状況

		１反復目			２反復目		
		9月15日 開始時	9月22日 １週間後	9月29日 ２週間後	10月2日 開始時	10月9日 １週間後	10月16日 ２週間後
試験区	水分（%）	16.9	60.6	71.7	22.6	69.2	77.1
	アンモニア（ppm）	lo	lo	5.0	lo	5.0	10.0
	内部温度（℃）	24.7	26.3	26.9	25.6	22.0	20.9
	pH	7.1	7.7	8.3	6.4	7.9	8.2
	EC（mS/cm）	2.8	4.1	4.8	2.6	3.7	4.2
	アンモニア態窒素（mg/100g）	74.6	102.1	56.4	58.0	58.8	40.9
	硝酸態窒素（mg/100g）	61.0	9.7	47.2	33.9	4.0	8.8
	大腸菌群数（CFU/g）	6.5×10^4	-	7.0×10^6	1.1×10^5	-	5.4×10^6
対照区	水分	23.2	76.5	79.1	22.0	63.5	67.6
	アンモニア	lo	lo	5.0	lo	lo	5.0
	内部温度	23.3	24.7	24.3	25.8	24.3	24.7
	pH	6.3	7.8	7.9	5.9	8.3	8.8
	EC（mS/cm）	0.8	3.1	4.5	0.8	2.9	3.8
	アンモニア態窒素（mg/100g）	37.6	42.5	Lo	37.6	84.1	63.7
	硝酸態窒素（mg/100g）	2.2	7.1	6.6	2.2	3.1	11.0
	大腸菌群数（CFU/g）	2.5×10^2	-	1.9×10^6	＜10	-	5.4×10^6

第３表　圧密の度合い

		１反復目			２反復目		
		開始時	１週間後	２週間後	開始時	１週間後	２週間後
試験区	厚さ(cm)	10.8	8.6	7.9	12.0	10.9	10.6
	割合(%)	100.0	79.3	73.0	100.0	90.7	87.7
対照区	厚さ(cm)	11.2	9.4	9.3	11.2	11.0	8.4
	割合(%)	100.0	83.4	83.1	100.0	98.6	75.3

した。

以上の結果から、オガクズと戻したい肥の同量混合では、肥育牛の敷料としてオガクズのみと比べ遜色ない利用性を認めた。

摘　要

敷料資材の需給が逼迫する中、敷料の安定的な確保を目的として、戻したい肥の生産及び敷料としての戻したい肥の利用について検討を行った。

耕耘用ロータリーを用いた簡易な戻したい肥の生産方法を検討したところ、たい肥化期間中のたい積温度は最高で58℃を示し、水分も十分低下した。また、たい肥中の大腸菌群数は継時的に減少し、大腸菌群数は乳房炎が起こるとされるレベル(10^6CFU／g)以下の 6.5×10^4CFU／g に低下し、敷料として利用可能な戻したい肥が生産できた。

また、生産された戻したい肥を用い、オガクズと同容量で混合して黒毛和種肥育牛の敷料に供したところ、水分、大腸菌群数ともに試験区と対照区に差は無く、圧密の度合いも同程度であった。

以上の結果より、耕耘用ロータリーを用いることで簡易に敷料として利用可能な戻したい肥を生産する事が可能であり、また生産された戻したい肥については、オガクズと同容量で混合する事により敷料としてオガクズ単体に比して遜色なく利用できることが分かった。

引用文献

仮屋喜弘．2003．畜産の研究．57．1:101-105.

Blamley,A.J＆Neave,F.K．1975．Br.Vet.J.
131:160-169.

㈶日本土壌協会．2000．堆肥等有機物分析法
:18-19.

山口農技センター研報（Bull.Yamaguchi Agri Fore Gene Tec Cent）4：65-70. 2013

肥育豚への飼料用米給与が発育及び肉質に及ぼす影響
（第２報）

堤明理・島田芳子※・秋友一郎・岡村由香※※・藤井友子・岡崎亮

The Influence on Growth and Flesh Quality of Fattening Pigs by Using Rice for Feed (Second Report)

Akari TSUTSUMI,Yoshiko SHIMADA※, Ichiro AKITOMO,
Yuka OKAMURA※※,Tomoko FUJI,Akira OKAZAKI

Abstract: As a fattening examination of the pig using the rice for feed, a substitution of 30% of the weight of rations for commercial feed mixtures was carried out and the influence on growth and flesh quality was considered. Although the rate of crude protein fell by mixing the rice for feed in the feed at this examination, there is no influence in DG and change was not observed in a market age nor carcass results.

When feed demand rate contained the mixed feed with rice for feed at a whole fattening period, influence was not found, but when used in the second half of fattening, quality worsened.

The fatty acid composition of pork which is monovalent unsaturated fatty acid became high, and it was expected that the flavor of pork would be improved.

Moreover, at economical efficiency, the feed cost necessary for fatting was reduced by mixing in the rice for feed and the gross income increased.

When rice for feed is mixed in the feed, It turned out that influence is hardly observed in growth and carcass results while a kind of oleic acid of fatty acid becomes high intentionally and there is a gross income increase in 30% of mixed feeding at both a whole fattening period and the second half of fattening.

Key Words：whole fattening period, second half of fattening,DG, fatty acid composition
キーワード：肥育全期間、肥育後期、DG、脂肪酸組成

緒　言

平成18年の秋以降､輸入飼料価格は過去最高水準で推移し、現在も高止まり傾向の中で、畜産経営をますます圧迫している。その一方で、県内の農業は、米価の低迷、農業者の高齢化や生産調整に伴い、遊休地化する農地が年々増加し

※現在：畜産振興課、※※現在：流通企画室

ている。また、本県では平成 24 年度までに、食料自給率(生産額ベース)を 70％以上にすることを目標としており、地域の養豚農家と耕種農家が連携した地域循環型農業での自給率向上が求められている。

そこで、本試験では、飼料用米の玄米を肥育豚に給与し、発育や肉質を調査して、その利用性を検討した。

前報では、肥育後期に飼料用米を給与する場合、市販配合飼料の重量比で 50％まで混合しても、発育には大きな影響を及ぼさず、脂肪酸組成が変化することを報告している。本試験では、肥育全期間及び肥育後期における飼料用米 30％混合給与試験を実施し、その影響を検討した。

材料および方法

1 試験期間

試験１　2010 年 12 月３日～2011 年３月 14 日

試験２　2011 年４月 28 日～2011 年７月６日

2 供試家畜

試験１は、２頭の繁殖雌豚から生産された三元雑種豚(LWD、平均体重 34.5 kg、平均日齢　81 日) 14 頭（去勢６頭、雌８頭）を用い、体重および性の影響を考慮し、１群７頭（去勢３頭、雌４頭）に区分した。試験２は、２頭の繁殖雌豚から生産された三元雑種豚（LWD、平均体重 66.4 kg、平均日齢 122.7 日）12 頭（去勢４頭、雌８頭）を用い、体重および性の影響を考慮し、１群６頭（去勢２頭、雌４頭）に区分した。

なお、それぞれ飼料は不断給餌、飲水はウォーターカップによる自由飲水とした。

3 試験区分

試験１　肥育全期間（体重 30kg～105kg）における飼料用米給与試験

30％区：市販配合飼料の重量比 30％を飼料用米で代替

対照区：市販配合飼料のみ

試験２　試験後期（体重 60 kg～105 kg）における飼料用米給与試験

30％区：市販配合飼料の重量比 30％を飼料用米で代替

対照区：市販配合飼料のみ

試験１では、肥育全期間に肉用肥育用の市販配合飼料（前期：ポークＳ、後期：ポークＨ、伊藤忠飼料(株)、北九州市）を給与する対照区と、市販配合飼料の重量比 30％を飼料用米で代替した飼料を給与する 30％区(以下、「全期間 30％区」)を設けた。

試験２では、肥育後期に肉用肥育後期用の市販配合飼料（プロガッツ肉豚、門司飼料㈱、北九州市）を給与する対照区と、市販配合飼料の重量比 30％を飼料用米で代替した飼料を給与する 30％区(以下、「後期 30％区」)を設けた。

なお、市販配合飼料の形態はいずれの試験もマッシュである。

4 給与飼料

使用した飼料用米は、山口県内で生産された飼料米の玄米を飼料粉砕器で粗粉砕して用いた。

飼料用米を混合することによる、ビタミン及びミネラルの不足を補うため、試験１、２ともに各試験区に給与飼料の現物当たり、第２リン酸カルシウム 0.15％、炭酸カルシウム 0.2％及びビタミンプレミックス 0.1％を添加した。

なお、試験に供した飼料は、それぞれ一般成分を分析した。

5 発育調査

試験豚は、毎週１回の体重測定並びに飼料給与量と残餌量から、1 日平均増体重(以下、DG)、飼料摂取量及び飼料要求率を求め、体重が 105kg を超えたものから、数回に分けて公設と畜場に出荷した。

6 枝肉調査

試験豚は、と畜場でと畜した右半丸枝肉を用いて、日本養豚協会のと体審査標準に従い枝肉歩留、と体長、と体幅、背腰長Ⅰ、背腰長Ⅱ、肩脂肪厚、背脂肪厚、腰脂肪厚を測定した。

7 脂肪酸組成

脂肪酸組成測定用の試料として、第４～５胸椎部の背脂肪内層を枝肉から採取して-20℃で冷凍保存し、市原らおよび五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの方法により、脂肪酸の分析を行った。

8 経済性

市販配合飼料の単価は、試験１では46.50円／kg、試験２では46.25円／kgとし、飼料用米の単価は25円／kgとした。枝肉単価は、格付けの上を445円、中を418円、並を375円として、全体の頭数に占めるそれぞれの格付けの割合を加味して算出した。

また、粗収益は、収入(1頭当たりの販売額の平均)から支出(1 頭当たりの肥育にかかった飼料費の平均)を差し引いて算出した。

結果および考察

1 給与飼料の一般成分

供試飼料と、今回用いた飼料用米の一般成分を第１表、第２表に示した。配合飼料に飼料用米を混合することにより､試験１では粗蛋白質、粗脂肪が低くなった。試験２では粗蛋白質は低くなったが、粗脂肪は変わらなかった。

2 発育成績

発育成績を第３表、第４表に示した。

試験１では、DG は全期間 30%区、対照区ともに0.84で､飼料用米の混合による影響は認められず、出荷日齢も遅延は認められなかった。飼料要求率は全期間30%区3.44、対照区3.45で、差は無かった。

試験２では、DG は後期 30%区、対照区ともに0.89で､飼料用米の混合による影響は認められなかった。出荷日齢は後期30%区169日、対照区174日で、後期30%区は対照区より平均して５日早く出荷できた。飼料要求率は後期30%区3.48、対照区3.37で、後期30%区がやや悪かった。

3 枝肉成績

枝肉成績を第５表および第６表に示した。枝肉歩留、と体長、肩脂肪厚、背脂肪厚、腰脂肪厚、と体幅、背腰長Ⅰ、背腰長Ⅱは、各区間に有意な差は認められなかった。上物率は、試験１では対照区の方が高かったが、試験２では後期30%区の方が高くなった。格付けは、特上、上、中、並、等外の５段階で評価され、背脂肪が厚いことによる格落ち（肩厚、背厚、腰厚、被覆）などが発生すると等級が下がる。飼料用米を高い配合割合で給与すると、城内らは背脂肪が厚くなると報告しているが、本試験においては、いずれの区でも背厚や腰厚、被覆に伴う格落ちが発生したものの有意な差は無く、低蛋白質飼料による枝肉への影響は認められなかった。

第１表　飼料一般成分(試験１)　　（単位：%,上段：原物中,下段：乾物中）

品名		水分	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分
全期間30%区	前期	13.8	13.6	4.5	62.4	2.5	3.3
			15.6	5.2	72.4	2.9	3.8
	後期	13.6	13.5	3.3	63.8	3.1	2.8
			15.6	3.8	73.9	3.5	3.2
対照区	前期	13.1	16.2	5.3	57.9	3.3	4.3
			18.6	6.1	66.5	3.8	4.9
	後期	12.8	16.1	3.6	59.9	4.1	3.5
			18.5	4.1	68.7	4.7	4.0
飼料用米（玄米）		15.5	7.4	2.6	72.8	0.7	1.1
			8.7	3.0	86.1	0.8	1.3

第２表　飼料一般成分(試験２)（単位：%,上段：原物中,下段：乾物中）

品名	水分	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分
後期30%区	12.8	13.5	4.8	62.4	2.8	3.7
		15.5	5.5	71.5	3.2	4.3
対照区	12.7	16.2	4.8	58.9	3.2	4.1
		18.6	5.5	67.5	3.7	4.7
飼料用米（玄米）	13.7	7.9	2.8	73.4	1.1	1.2
		9.1	3.3	85.0	1.3	1.4

第３表　発育成績(試験１)

区分			前期	後期	全期間
全期間30%区	開始時日齢(日)		81	121	81
	終了時日齢(日)		121	169.1 ±13.0	169.1 ±13.0
	肥育期間(日)		40	48.1 ±13.0	88.1 ±13.0
	体重(kg)	開始時	34.6 ±2.22	67.8 ± 6.05	34.6 ±2.22
		終了時	67.8 ±6.05	107.0 ± 1.46	107.0 ±1.46
	DG		0.83±0.12	0.85± 0.16	0.84±0.12
	飼料摂取量 (kg/日)		2.48	3.10	2.85
	飼料要求率		2.97	3.83	3.44
対照区	開始時日齢(日)		81	121	81
	終了時日齢(日)		121	169.1±13.0	169.1±13.0
	肥育期間(日)		40	48.1±13.0	88.1±13.0
	体重(kg)	開始時	34.4 ±2.62	70.2±5.85	34.4±2.62
		終了時	70.2 ±5.85	110.5±4.48	110.5±4.48
	DG		0.89±0.08	0.86±0.08	0.84±0.08
	飼料摂取量 (kg/日)		2.64	3.30	3.03
	飼料要求率		2.95	3.90	3.45

注）平均±標準偏差（ｎ＝７）

第４表　発育成績(試験２)

区分			後期
後期30%区	開始時日齢(日)		123.3± 4.1
	終了時日齢(日)		169.0±11.5
	肥育期間(日)		45.7±11.4
	体重(kg)	開始時	67.9± 7.7
		終了時	108.0± 3.3
	DG		0.89±0.08
	飼料摂取量 (kg/日)		3.10
	飼料要求率		3.48
対照区	開始時日齢(日)		123.3 ± 4.4
	終了時日齢(日)		174.7 ±10.4
	肥育期間(日)		52.7 ±10.5
	体重(kg)	開始時	65.0 ± 6.7
		終了時	111.1 ± 4.3
	DG		0.89± 0.09
	飼料摂取量 (kg/日)		3.00
	飼料要求率		3.37

注）平均±標準偏差（ｎ＝６）

第５表　枝肉成績(試験１)

区分	全期間30%区	対照区
出荷体重(kg)	107.0±1.46	110.5±4.48
枝肉重量(kg)	70.6±2.00	71.4±2.98
枝肉歩留(%)	65.9±1.11	64.7±1.01
と体長(cm)	90.7±3.46	89.8±2.59
背腰長Ⅰ(cm)	82.6±2.97	82.7±3.23
背腰長Ⅱ(cm)	66.8±3.11	62.5±5.70
と体幅(cm)	33.6±0.55	33.2±0.57
肩脂肪厚(cm)	3.4±0.37	3.3±0.67
背脂肪厚(cm)	2.2±0.30	2.2±0.16
腰脂肪厚(cm)	3.3±0.15	3.2±0.23
上物率(%)	71.4	85.7
格落率(%)	28.6	14.3

注）平均±標準偏差（n＝５）
※ただし、上物率、格落率についてはn＝７

第６表　枝肉成績(試験２)

区分	後期30%区	対照区
出荷体重(kg)	108.0±3.26	111.1±4.25
枝肉重量(kg)	71.4±3.87	74.2±3.84
枝肉歩留(%)	66.1±2.04	66.7±1.64
と体長(cm)	93.9±2.33	94.3±2.88
背腰長Ⅰ(cm)	78.5±2.07	79.3±1.78
背腰長Ⅱ(cm)	69.0±2.28	68.7±2.56
と体幅(cm)	34.0±1.41	34.0±1.24
肩脂肪厚(cm)	4.3±0.27	4.4±0.21
背脂肪厚(cm)	2.2±0.32	2.2±0.45
腰脂肪厚(cm)	3.3±0.39	3.4±0.24
上物率(%)	66.7	33.3
格落率(%)	33.3	50.0

注）平均±標準偏差（n＝６）

4 脂肪酸組成

背脂肪内層における脂肪酸組成を第７表、第８表に示した。

脂肪酸組成は、試験区１では全期間 30％区の方が対照区よりも飽和脂肪酸であるミリスチン酸が有意に低く(p<0.05)、一価の不飽和脂肪酸であるオレイン酸が有意に高かった(p<0.05)。

また多価不飽和脂肪酸であるリノール酸とα-リノレン酸が有意に低かった(p<0.01)。試験２では、脂肪酸組成は後期 30％区が対照区よりもオレイン酸が有意に高かった(p<0.05)。オレイン酸の割合が高くなると肉の風味が良くなることが知られている。オレイン酸は飼料用米給与により割合が増加すると報告されていることから、飼料用米の給与により、風味の改善効果が期待される。

5 経済性

各区の粗収益の試算結果を第９表、第 10 表に示した。支出に当たる１頭当たりの飼料費は、飼料用米の使用により試験１、２ともに低減された。一方、収入に当たる１頭当たりの販売額は、試験１、２ともに対照区の方が高かった。販売額から飼料費を差し引いた粗収益は、試験１、２ともに試験区が高かった。

摘　要

飼料用米を用いた豚の肥育試験として、市販配合飼料の重量比 30％を飼料用米で代替給与し、発育や肉質に及ぼす影響を検討した。

本試験では、給与飼料に飼料用米を混合することで粗蛋白質の割合が低下したが、DG に影響は無く、出荷日齢、枝肉成績にも変化は認められなかった。飼料要求率は、肥育全期間に飼料用米を混合給与した場合影響は認められなかったが、肥育後期に給与した場合やや悪化した。豚肉の脂肪酸組成は、一価の不飽和脂肪酸であるオレイン酸が高くなり、豚肉の風味が改善されることが期待された。また、経済性では、飼料用米を混合することで肥育に要する飼料費が低減され、粗収益が増加した。

以上のことから、市販配合飼料に飼料用米を混合給与する場合、肥育全期間、肥育後期いずれも 30％の混合給与では発育、枝肉成績にほとんど影響は認められず、オレイン酸が有意に高くなり、粗収益は増加する事が分かった。

第７表　背脂肪内層における脂肪酸組成(試験１)

区分				全期間30％区	対照区
脂肪酸組成(％)	飽和	ﾐﾘｽﾁﾝ酸	C14：0	1.6a	1.7b
		ﾊﾟﾙﾐﾁﾝ酸	C16：0	26.9	26.4
		ｽﾃｱﾘﾝ酸	C18：0	15.8	15.2
		計		42.7	41.6
	不飽和	ﾊﾟﾙﾐﾄﾚｲﾝ酸	C16：1	2.3	2.2
		ｵﾚｲﾝ酸	C18：1	46.4a	44.6b
		ﾘﾉｰﾙ酸	C18：2	6.6A	9.3B
		α-ﾘﾉﾚﾝ酸	C18：3	0.4A	0.5B
		計		55.7	56.6

注）平均±標準偏差(n=7)
横列異文字間で有意差あり（大文字P<0.01,小文字p<0.05）

第８表　背脂肪内層における脂肪酸組成(試験２)

区分				後期30％区	対照区
脂肪酸組成(％)	飽和	ﾐﾘｽﾁﾝ酸	C14：0	1.5	1.7
		ﾊﾟﾙﾐﾁﾝ酸	C16：0	26.5	26.8
		ｽﾃｱﾘﾝ酸	C18：0	18.0	19.2
		計		46.0	47.7
	不飽和	ﾊﾟﾙﾐﾄﾚｲﾝ酸	C16：1	1.8	1.6
		ｵﾚｲﾝ酸	C18：1	43.3a	41.2b
		ﾘﾉｰﾙ酸	C18：2	8.4	8.9
		α-ﾘﾉﾚﾝ酸	C18：3	0.6	0.6
		計		54.0	52.3

注）平均±標準偏差(n=6)
横列異文字間で有意差あり（小文字p<0.05）

第９表　１頭当たりの粗収益(試験１)

		全期間30％区	対照区	対照区との差
支	肥育日数(日)	88.1	88.1	0
	飼料単価(円/kg)	40.1	46.5	△ 6
	給与量(kg)	251.1	266.9	△ 16
出	飼料費－①	¥10,069	¥12,411	△ 2342
収	枝肉単価※(円/kg)	437.3	435	2
	枝肉重量(kg)	70.6	71.4	△ 1
入	販売額－②	¥30,873	¥31,059	△ 186
粗収益	②－①	¥20,804	¥18,648	2156

※上物445円，中物418円，並物375円と置いて計算

第10表　１頭当たりの粗収益(試験２)

		後期30％区	対照区	対照区との差
支	肥育日数(日)	45.7	52.7	△ 7
	飼料単価(円/kg)	39.9	46.3	△ 6
	給与量(kg)	141.5	157.9	△ 16
出	飼料費－①	¥5,646	¥7,303	△ 1657
収	枝肉単価※(円/kg)	429.0	427.0	2
	枝肉重量(kg)	71.4	74.2	△ 3
入	販売額－②	¥30,631	¥31,683	△ 1053
粗収益	②－①	¥24,985	¥24,381	604

※上物445円，中物418円，並物375円と置いて計算

引用文献

市原謙一．芝原章．1997．食肉の油脂含量と脂肪酸組成の迅速分析法の開発．食肉に関する助成研究調査成績報告書:263-266.

科学技術庁資源調査会食品成分部会．1996．五訂日本食品標準成分表分析マニュアル

勝俣昌也．佐々木啓介．齋藤真二．石田藍子．京谷隆侍．本山三知代．大塚誠．中島一喜．澤田一彦．三津本充．2009．肥育後期豚への玄米給与が皮下脂肪の性状に及ぼす影響.日本畜産学会報　第 80 号:63-69

小林博史．柳川道夫．1984．豚の肉質改善に関する試験(第５報)飼料米の給与が豚肉質に及ぼす影響．埼玉県畜産試験場研究報告．22:71-77

島田芳子．大賀友英．秋友一郎．岡村由香．岡崎亮．2010．肥育豚への飼料用米給与が発育及び肉質に及ぼす影響（第一報）．山口県畜産試験場研究報告．25:23-27

中央畜産会．2005．日本飼養標準　豚(2005 年版):24-25

堀内篤．奥紘一郎．河原崎達雄．1982．肥育豚に対する飼料米給与試験.静岡県養豚試験場研究報告．30:61-69

山口県食料自給率向上推進会議．2009．やまぐち食料自給率向上行動計画

山口県農林総合技術センター研究報告投稿規程

平成21年6月1日制定

1　投　稿　者

投稿者は、山口県農林総合技術センター職員又は当場の職員であった者（以下「職員」という）に限る。ただし、共同執筆者に職員以外の者を含むことは差しつかえない。

2　論　　　文

(1) 研究報告に掲載される論文は、完了又は実施中の試験研究課題で得られた成果についてとりまとめた報文ないし、短報で未発表のものに限る。ただし、学会などにおいて口頭・ポスター発表したもので、別途発表していないものはこの限りでない。

(2) 短報は、報文にまとめ得ないが速やかに発表すべき内容を持つもので、分割報告の形式はとらない。研究が完成した場合の再掲載は妨げない。

(3) 特別研究報告は、完了した試験研究課題の成果を総合的にとりまとめた報文一編とする。

(4) 研究論文の内容に、国の助成を受けて得られた成果が含まれている場合には、その旨脚注に明記する。

3　論文の採否及び掲載の順位

(1) 研究報告に掲載する論文は、編集委員会において採否及び掲載の順位の案を作成し、農林総合技術センター所長（以下「所長」という）が決する。

(2) 特別研究報告に掲載を希望する論文は随時受付を行い、編集委員会において採否の案を作成して所長が決する。

4　原稿の提出及び作成等

(1) 原稿は、所属室・部長の校閲を受けた上で、編集委員会事務局に提出しなければならない。

(2) 原稿は、作成要領に基づいて執筆するものとする。原稿の刷り上がりページ数は、図表を含め原則として６ページ以内とし、短報は２ページとする。

(3) 編集委員会は、必要と認めた場合には著者に原稿又は図・表の修正を要求し、あるいは説明を求めることができる。

(4) 編集委員会は、提出された原稿の内容に基づき、報文と短報の区分替えを行うことができる。

5　構成及び印刷

(1) 著者校正は原則として初校のみとし、文章、図・表の改変や追加は原則として認めない。

※　特別研究報告　：　博士論文相当の研究報告

山口県農林総合技術センター研究報告編集委員会
Editorial Board

編 集 委 員 長
Chairman

平 田　俊 昭
Toshiaki HIRATA

編 集 委 員

島 村　真 吾 Shingo SHIMAMURA	石 光　照 彦 Teruhiko ISHIMITSU
永 久　栄 作 Eisaku NAGAHISA	藤 本　和 正 Kazumasa FUJIMOTO
小 林　清 敬 Kiyotaka KOBAYASHI	藤 井　陽一 Yoichi FUJI
三 吉　博 之 Hiroyuki MIYOSHI	永 田　利 成 Toshinari NAGATA
刀 禰　茂 弘 Shigehiro TONE	中 村　勇 仁 Yuji NAKAMURA
弘 中　久 史 Hisashi HIRONAKA	

山口県農林総合技術センター研究報告
第４号

発行日　2013年３月

発　行　山口県農林総合技術センター
〒753-0214 山口県山口市大内御堀1419
ＴＥＬ　083-927-0211
ＦＡＸ　083-927-0214

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL AGRICULTURE & FORESTRY GENERAL TECHNOLOGY CENTER

No4 March

CONTENTS

401 Akira OKAZAKI , Satoshi KATAGAWA······································ 1
The Chalcones Content and the ORAC in Ashitaba, *Angelica keiskei,*
Cultivated in the Yamaguchi Prefecture
402 Akira OKAZAKI, Takamitsu NISHIMURA····································· 6
Anserine and Carnosine Contents and Free Carnitine Content in Beef
Produced in Yamaguchi Pref.
403 Akihiko IKEJIRI, Masamichi NAKATSUKASA, Yosuke MAEOKA················· 11
Effect of Sparse Planting on Growth, Yield, and Quality of Paddy Rice
1 Growth Characteristics of Main Rice Varieties in Sparse Planting
404 Akihiko IKEJIRI,Masamichi NAKATSUKASA, Yosuke MAEOKA, Takashi INOUE and
Yoshiyuki HONDA·· 19
Effect of Sparse Planting on Growth, Yield, and Quality of Paddy Rice
2 Effect of Reducing Nitrogen Fertilizer on the Yield and Quality
of Sparsely Planted Paddy Rice
405 Akihiko IKEJIRI, Koji KIMURA, and Masamichi NAKATSUKASA··········· 29
Fertilizer Application Technique for Stable Production with Late
Seeding Wheat:"Nishinokaori"and"Fukusayaka"
406 Yukio NAKATANI,Shozo FUJIYAMA,Takahiro WATANABE,Miyuki OSAKI and
Ichiro KIMURA·· 39
Development of Blueberry Media Cultivation Using Unused Resources
in Yamaguchi Prefecture
407 Masako TANAKA, Nobuki NAKAJIMA, Kazuhisa TAKESHITA and Yoichi FUJI· 49
Improvement of Vitrification Method for Low Quality Bovine Embryos
408 Tomoko FUJI, Ichiro AKITOMO, Yuka OKAMURA······························ 55
Labor Saving Preparation Technology for Rice Soft Grain Silage
409 Akari TSUTSUMI, Tomohide OGA, Ichiro AKITOMO····················· 61
Research on Production and Use of Recycled Compost
410 Akari TSUTSUMI,Yoshiko SHIMADA, Ichiro AKITOMO, Yuka OKAMURA,Tomoko
FUZI,Akira OKAZAKI·· 65
The Influence on Growth and Flesh Quality of Fattening Pigs by
Using Rice for Feed (Second Report)