デュラムコムギの国内生産のための栽培法に関する基礎研究

丹　野　研　一

▶キーワード

デュラムコムギ、栽培、収量構成要素、播種適期、国内生産

▼要　旨

デュラムコムギはスパゲティなどパスタ用途のための小麦であるが、ほぼ全量を輸入に頼っている。本研究では、日本国内でデュラムコムギを生産するために、現時点での品種・有望系統について栽培性と収量、品質面での特性と栽培条件との関係を明らかにしようとした。日本国内で品種出願された「発掘のごほうび」および「セトデュール」と、カナダの短稈品種「AC Navigator」、インド在来エンマーコムギ遺伝資源系統である「KU495」に加えて比較のためのパンコムギ品種「せときらら」「ニシノカオリ」を供試した。播種適期、播種密度、施肥量について処理を設けて、予備試験を含む計５作期について栽培比較を行った。その結果、供試したデュラムコムギの播種適期はパンコムギよりも10日から３週間ほど早く、収量性は品種によってはパンコムギと同等以上のものもみられた。品種によっては早播きすることにより収穫期を早めることが可能であったが、播種が遅れると収穫期が非常に遅くなる傾向もみられた。赤かび病と穂発芽は一般的にパンコムギにくらべてデュラムコムギでは多発することが知られるが、供試した皮性系統に関してはこれらの発症が少ないことが観察された。「発掘のごほうび」の栽培に関しては、慣行法の施肥量や播種密度では多すぎることが示された。

Ⅰ　緒言

デュラムコムギはマカロニコムギとも呼ばれAABBゲノムからなる四倍性コムギである。本邦で広く生産されている六倍性のパンコムギ（普通系コムギ、AABBDDゲノム）とは異なる種である。デュラムコムギはスパゲティのようなパスタの原料となるが、日本では栽培されておらず国内品種も現在開発されつつある状況で、全量を輸入に頼ってきた。

デュラムコムギの玄麦の輸入量は、パンコムギの輸入量（約500万トン）の３～４％程度に相当する。平成30年の統計によると、デュラムコムギの玄麦は年間18.4万トン、加工製品では13.8万トンが輸入されており、国内の全体需要は増加しているとされる（農林水産省 2020）。また、日本のデュラムコムギ輸入先は、パスタ製品としては多数国から輸入しているが、玄麦の輸入先はカナダのほぼ一国に頼っている状況である。

輸入コムギ類の玄麦は、政府がいったん全量を買い取り、関税価格を上乗せ（マークアップ）してから小売りに回されることになっている。そのため輸入玄麦は自由に扱えないのが現状である。製パン用の硬質パンコムギについては実用に耐える国内品種が育成されるようになり、現在、国産コムギの需要が伸びている。その結果、日本各地のリテイル・ベーカリーが地域で生産された国産パンコムギの粉で作ったパンを販売するといった変化が生まれた。デュラムコムギは魚介類とも肉、野菜とも料理として合わせやすいため、輸入でなく国内生産できるようになれば、各地の特産品と結びついたパスタ料理が提供できる。地域への観光客の呼び込みのツールとして、また地産地消活動や冬期の農地利用など多面的な経済効果が期待できる。自由に扱うことのできる国産のデュラムコムギが生産できれば、農業や食産業への貢献が見込まれる。

これまでデュラムコムギを日本で生産することを目的として、候補となる多数品種・系統を比較栽培した研究は２例しかない。安部ら（1966）は1962-63年から1964-65年の３年次にわたり、イタリアから取り寄せた７品種・系統の特性調査を香川県農業試験場において行った。その結果、これら品種・系統は耐倒伏性に欠け、赤かび病に弱く、登熟期が遅く、また稔実不良により品質低下が目立つことを指摘した。しかしながら播種時期を１ヶ月早めると出穂期が８～15日早まることを観察しており、好気象条件下では６月５日頃に登熟する系統もみられたことから、遅くとも６月５日までに収穫できる品種が望ましいと具体目標を提示した。次に甲斐ら（1998）は、1988-89年から1993-94年の６年次にわたり、311品種・系統を中国農業試験場（広島県福山市）にて調査した。この研究では耐倒伏性と赤かび病の問題に加えて、穂発芽抵抗性も劣っていることが指摘された。早生の系統も散見されたが、いずれも赤カビ病や穂発芽の問題があり、そのまま実用に導入することは難しいと結論された。

甲斐ら（1998）の報告がなされてから既に20年以上経ち、近年のイタリア料理の一層の流行により実需からの国産品種の要望も以前にも増して高まっている。また西日本農業研究センターが「セトデュール」を、著者らが「発掘のごほうび」を国内向け品種として発表するなど、デュラムコムギを取り巻く状況はかつてとは違ってきている。現在、デュラムコムギについては国内での栽培試験の研究報告例があまりに少ない現状といえる。本研究では、本邦でデュラムコムギを生産するために必要となる基本的な栽培方法を模索し、また各品種における収量構成要素と品質面の特性を明らかにしようとした。

Ⅱ　材料および方法

1　供試品種

デュラムコムギの供試品種および系統は、「発掘のごほうび」「セトデュール」「AC Navigator」「KU495」とした。発掘のごほうびは、著者らが育成した皮性・長稈品種で、エンマーコムギ野生種 KU8941を母、デュラムコムギ PI639471を父として交配し選抜した。2019年２月に出願公表された本邦二番目の品種である。本試験では2013–14年以降の３作期について発掘のごほうびを供試した。これはＦ６世代の個体選抜に由来する系統 WD1–20–8–1を用いている。

セトデュールは西日本農業研究センターが米国の Produra とイタリアの Latino を交配して育成された（谷中ら2016）。瀬戸内海沿岸地方で栽培が可能とされ、2015年11月に「セトデュール」として品種出願された。本研究では登録以前の「中国 D166号」系統を供試した。AC Navigator は1999年にカナダで育成登録された半矮性品種であり（Clarke ら 2000）、本邦への輸入に中心的に利用されてきたエリート品種である。半矮性であることから、海外優良品種の本邦での生育と品質を観察する意味でこれを供試した。KU495は、京都大学の保有するエンマーコムギ栽培種の遺伝資源124系統から、著者らが早生種をスクリーニングしたもので、インド原産の系統である。エンマーコムギはデュラムコムギの古代種でともに同じ AABB ゲノムを持つが、脱穀時に籾（穎）が外れない皮性（難脱穀性）である。対照品種として、パンコムギの山口県の旧奨励品種ニシノカオリと新奨励品種せときららを供試した。

2　栽培条件

試験は著者の前任地であった山口大学菅内農場（山口市）で行ったものである。本圃場は西日本に多い灰褐色土壌であるが、瀬戸内から約13㎞内陸に位置する山間地形の影響で降水量が多く、また例年５月初旬頃に暴風雨にみまわれる点でやや厳しい環境での生育を知ることができる。

2010–11年に予備試験的に AC Navigator および KU495を栽培した。山口の奨励品種ニシノカオリの慣行栽培法に従い、標準的な播種時期である11月中旬と、10月末の早播き、11月末の晩播を行った。

2011–12年は播種時期と播種密度にそれぞれ２水準の処理を設けて、中国 D166号を加えた３品種について調査した。播種時期は、2011年10月28日に早播き区を、11月17日に標準期播き区を播種した。このとき中国 D166号と AC Navigator について播種密度150粒 /m^2 区と100粒 / m^2 区を設けた。前年の観察から KU495は早播きすると凍霜害に遭うことが明らかになったので標準期播き・150粒 /m^2 のみとし、また当地における播種適期が11月中旬以降とされるニシノカオリも KU495と同じ条件で播種した。作業の効率化のため４反復を交互配置し、施肥は元肥：分げつ肥：穂肥：実肥を N ＝ 4：2：4：0 g/m^2 とした。赤かび病防除のために、トップジン M を各プロットの開花期に散布した。KU495は倒伏したので綱を張って栽培を続けた。皮性種の収量

は小穂重あたりの種子重をもとに計算から求めた。

2013–14年は播種時期と開花期施肥量にそれぞれ2水準の処理を設けて、さらにWD1–20–8–1を加えた4品種・系統について調査を行った。播種時期は、2013年11月1日に早播き区を、11月14日に標準期播き区を播種した。200粒/m^2の播種密度で4反復を播種期ごとの乱塊法で配置し、うち3反復を収量調査用に、1反復を幼穂分化観察などその他の用途に用いた（本稿では触れない）。開花期に硫安を5 g/m^2施肥したうえでプロットを2分割し、2 g/m^2の5％尿素を葉面散布することの有無で5 g/m^2と7 g/m^2の実肥区を設けた。施肥は元肥：分げつ肥：穂肥：実肥をN＝3：3：2：5（7）g/m^2とした。赤かび病防除のためにトップジンMを4月25日に、ワークアップフロアブルを5月9日に一斉散布した。皮性種は倒伏したため綱を張った。

2014–15年は11月4日にAC NavigatorとWD1–20–8–1を、11月11日に中国D166号、KU495およびせときららを播種した。播種密度を各品種・系統に合わせて表3に示したように設定し、播種期ごとの3反復の乱塊法とした。施肥量についても半矮性である中国D166号、AC Navigator、せときららは後期重点型の慣行量といえるN＝元肥2：分げつ肥2：穂肥3：実肥5 g/m^2とし、皮性で倒性しやすいKU495、WD1–20–8–1はN＝0：2：2：2 g/m^2とした。各プロットの開花期に合わせてトップジンM、その約10日後にワークアップフロアブルにより赤カビ病を防除した。

2016–17年は2013–14年次と栽培条件を揃えたが、播種日を各品種の播種適期に合わせてさらに少し早めて10月27日および11月10日とした。これにより各品種の最適な播種時期をより正確に調べようとした。2013–14年次に行った開花期追肥試験は割愛した。なお、播種密度についても2013–14年次に行った慣行的な200粒/m^2に統一したため、発掘のごほうびとKU495には多い条件となっている。

3　収量調査方法

登熟日はプロットの水分率が全体的に28％以下になった日とし、収量は篩をかけない粗収量で水分12.5％に換算して求めた。脱穀は、試験用小型脱穀機（白川農機R–7型）の風量を落とし1.8m四方のシートで子実を受けて、赤かび病と穂発芽の種子もできるかぎり回収した。皮性種は穎のついた小穂の状態で脱穀されるので、小穂重あたりの種子重を計測し計算から子実総収量を求めた。

赤かび病と穂発芽の調査は、2011–12年産の子実では各品種・系統で栽培条件が最も良好であった処理区について、各プロットにつき1000粒に含まれる目視の発症数を記録した。2013–14年は全プロットで各1000粒を、2014–15年産は白穂の影響のない調査可能な全プロットについて各3000粒を調査した。

タンパク質含有率は、2013–14年はサイクロンミルで全粒を粉砕し、遠赤外線分析器（FOSS Nirsystem）にて測定した。2014–15年はブラベンダー社のテストミルで製粉したストレート粉について、ケルダール法（大山 1990）によりタンパク質含有率を測定し、黄色色素値はAACC（American Association of Cereal Chemists）の方法（14–50.01: ‘Determination of pigments’）に従って抽出分析した。

Ⅲ　結果

1　2010-11年の予備的な栽培試験

2010-11年次（第１表）は、全般的に平年並みの天候に恵まれてデュラムコムギは順調な生育をみせた。ただし、５月10日に山口気象台観測史上最高の日降水量を記録し（192.5㎜）、この豪雨によりニシノカオリはなびき、KU495は倒伏したので綱を張った。播種時期を11月中旬に設定したAC Navigatorは６月18日、KU495は６月７日に登熟した。10月末に早播きしたAC Navigatorは、梅雨が本格化する直前の６月15日に登熟した。この早播き区では肥切れの懸念から追肥を通常より１回多く２月中旬にも行った。おそらくそのために稈長が98～86㎝とこの品種としては高く育ったが540g/m^{2}という高収量が得られた。KU495は早播き区では凍霜害に遭った。なお、ニシノカオリは度々の降雨により子実の乾燥が進まず６月15日となった。これらの試作により、AC Navigatorは早播きによって本邦でも生産できる可能性があること、KU495は倒伏の問題があるがパンコムギのニシノカオリと同程度以上に早生であることがわかった。

2　2011-12年（好気象年）における播種期および播種密度の検討

2011-12年は冬期の気温が低く推移したものの全体としては気象条件が安定的であり、順調に生育をみせた。中国D166号の早播き区における登熟日は６月７日、標準期播き区では６月９日であった（第１表）。収量は標準期・150粒/m^{2}区では540g/m^{2}の高収量が得られ、これは播種密度と穂数の効果による増収であった。早播きによって登熟が２日ほど早く６月７日になったが、早播きした全区において出穂後のプロット中央が沈み込むほどの強い凍霜害が観察された。これが原因となり早播きにより収量が有意に減少した。

AC Navigatorの登熟日は、早播き区で６月11日、標準期播きでは６月14日であった。山口市では梅雨入りしてから10日間ほどは本格的な降雨とならずに、６月15日頃まで収穫作業ができることが多い。非常に短期間ではあるがAC Navigatorを収穫できる可能性はあり、当年度はきれいな黄色粒が収穫できた。早播き区における収量は、100粒/m^{2}区（555g/m^2）、150粒/m^{2}区（529g/m^2）とも、標準期播き区（それぞれ433g/m^2、486g/m^2）に比べて有意に高かった。播種密度については播種時期との間に交互作用がみられ、低密度播種（100粒/m^2）で早播きをしたときに最大の収量が上げられた。早播き区について収量構成要素をみると、100粒/m^{2}区の収量555g/m^{2}は穂数が少なく（432穂/m^2）一穂粒数が多い（30.8粒/穂）ことによっており、150粒/m^{2}区の収量529g/m^{2}は穂数が多くて（594穂/m^2）一穂粒数が少ない（22.5粒/穂）ことによっていた。圃場での観察によると本品種の出穂特性は少し変わっており、有効茎のすべてが一斉に出穂するのではなく、大きく育った分げつが揃ってまず第一の出穂期をむかえ、そのときまだ伸長していなかったやや小さな分げつが１週間ほど遅れてばらつきながら第二の出穂期をみせた。この出穂のずれから懸念される登熟のばらつきは少なく、一斉かつ良好な枯れ上がりをみせた。ただし登熟中期頃から下葉の黄化が多くみられ、枯れ熟れ様障害の呈をみせた。

表１　2010-11年次（予備的試験）および2011-12年次（好気象年）における収量および収量構成要素

栽培年次	品種・系統名	播種期	播種密度（粒/m^2）	反復数	出穂開始日（月日）	登熟日（月日）	子実収量（g/m^2）	穂数（本/m^2）	一穂粒数	千粒重（g）	収穫指数	稈長（cm）	赤かび病（発症子実%）	穂発芽（発症子実%）
2010-11	AC Navigator	早：10月23日	約100-150粒	1	４月24日	６月15日	540	—	—	—	—	98	—	—
試験１		晩：11月25日	150粒/m^2	3	５月６日	—	337	—	—	—	—	86	—	—
			100粒/m^2	3	５月７日	—	294	—	—	—	—	86	—	—
	KU495	早：10月23日	約100-150粒	1	４月11日	—	235	—	—	—	—	82	—	—
		晩：11月25日	100粒/m^2	3	４月29日	—	334	—	—	—	—	86	—	—
	ニシノカオリ（比較）	晩：11月25日	150粒/m^2	3	４月28日	—	425	—	—	—	—	90	—	—
試験２	AC Navigator	標：11月17日	150粒/m^2	6	５月５日	６月18日	297	262	30.5	37.1	—	—	—	—
	KU495		150粒/m^2	6	４月26日	６月７日	253	429	18.4	32.0	—	—	—	—
	ニシノカオリ（比較）		150粒/m^2	6	４月25日	６月15日	390	413	26.6	35.5	—	—	—	—
2011-12	中国D166号	早：10月28日	150粒/m^2	4	４月13日	６月７日	397	357	25.3	44.4	0.37	—	—	—
	「セトデュール」		100粒/m^2	4	４月14日	６月７日	413	333	27.5	45.9	0.35	—	—	—
		標：11月17日	150粒/m^2	4	４月24日	６月９日	540	504	26.8	40.7	0.37	—	1.95	0.05
			100粒/m^2	4	４月24日	６月９日	450	369	29.5	42.4	0.40	—	—	—
			播種期	—	—	—	**	**	*n.s.*	**	—	—	—	—
			播種密度	—	—	—	*n.s.*	**	*	*n.s.*	—	—	—	—
			交互作用	—	—	—	*	**	*n.s.*	*n.s.*	—	—	—	—
	AC Navigator	早：10月28日	150粒/m^2	4	４月16日	６月11日	529	594	22.5	40.5	0.35	—	—	—
			100粒/m^2	4	４月17日	６月11日	555	432	30.8	42.5	0.36	—	1.35	0.40
		標：11月17日	150粒/m^2	4	４月28日	６月14日	486	510	23.3	41.7	0.37	—	—	—
			100粒/m^2	4	４月30日	６月14日	433	406	25.8	42.0	0.36	—	—	—
			播種期	—	—	—	**	*	*	*n.s.*	—	—	—	—
			播種密度	—	—	—	*n.s.*	**	**	*n.s.*	—	—	—	—
			交互作用	—	—	—	*	*n.s.*	*	*n.s.*	—	—	—	—
	KU495	標：11月17日	150粒/m^2	4	４月19日	６月７日	391	560	19.5	36.4	0.39	—	0.05	0.05
	ニシノカオリ（比較）	標：11月17日	150粒/m^2	4	４月17日	６月７日	483	474	24.6	42.2	0.37	—	0.07	0.15

2011-12年試験は2.5×1.5ｍプロットに４条播きとし，施肥は元：分：穂：実肥＝４：２：４：０ g/m^{2}とした．
2011-12年調査方法は４条を60㎝刈り取り，収量構成要素を求めた．別途４条30㎝を刈り取り，収穫指数を求めた．
＊は５％，＊＊は１％水準で有意差あり．*n.s.*（not significant）は有意差なし．

KU495は標準期播きとしたが、登熟日はニシノカオリと同日の６月７日で、収量は391g/m^{2}であった。近代育種のなされていないエンマーコムギ系統としては高収量といえるが、これはパンコムギ慣行法による多施および綱を張って倒伏を防いだため、通常の栽培条件とはいえない。千粒重は36.4g/m^{2}と低いことから、穂数が多いことで増収したとみられる。

3　2013-14年（環境のやや悪い年次）における播種期および実肥効果の検討

2013-14年（第２表）は排水不良圃場に作付けしたが、標準播き期区の播種直後である11月中旬から１月下旬まで低温が続き、断続的な降水があった。標準播き期区では発芽不良および初期生育不良が発生し、全体としても冬期の長期にわたる低温湿潤による、悪環境条件下での生育特性を観察することができた。

中国D166号は、早播き区における登熟日は６月４日に、標準期播き区でのそれは６月９日と10日であった。早播き区は凍霜害および湿害とみられるプロット間の生育のばらつきにより、489g/m^{2}から363g/m^{2}まで反復間差が大きかった（データは示さず）。早播き区において高収量となったプロットは、凍霜害で主稈等が一度枯死したものの分げつが回復に働いたことによる増収であった。本品種は基本的に遅れ穂は少ないが、このときは遅れ穂もみられ、収穫指数は低下していた。標準期播き区の平均収量は340g/m^{2}前後であったが、やはり反復間差が大きく、結果として播種期でも実肥処理によっても統計差は見出されなかった。

AC Navigatorの収量は、早播き区で419g/m^2（実肥Ｎ＝７g/m^{2}区）および437g/m^2（実肥Ｎ＝５g/m^{2}区）と高く、それぞれ収穫日は６月14日と15日となった。標準期播き区は、発芽不良と凍上、湿害とみられる生育不良でプロットの約半数株が枯死し、さらに梅雨で収穫不能となった。早播き区の生育も当年は良好ではなく、相当数の株で生育が停止した。この影響で穂数が少なくなり、また遅れ穂が発生して枯れ上がりが揃わずに登熟期が遅れた。100粒重は5.19g/m^2（実肥Ｎ＝７g/m^{2}区）と重くなった。

KU495は、早播き区は５月30日と早く登熟したが、凍霜害および湿害のためにその収量は100g/m^{2}前後と著しく低くなった。標準期播き区は６月７日（実肥Ｎ＝７g/m^{2}区）と６月８日（実肥Ｎ＝５g/m^{2}区）に登熟し、100g/m^{2}台後半の収量であった。WD1-20-8-1は早播き区で６月９日に、標準期播き区で６月12日に登熟した。稈長が高くなり風雨により倒伏したので手で起こしたが、収量は166～206g/m^{2}となった。

赤カビ病発症子実率は、中国D166号では標準期播きで0.90％（実肥Ｎ＝７g/m^{2}区）および0.83％（Ｎ＝５g/m^{2}区）、AC Navigatorの早播きで0.53％（実肥Ｎ＝７g/m^{2}区）および0.93％（Ｎ＝５g/m^{2}区）と高頻度であった。パンコムギであるせときらら（0.70％）とニシノカオリ（1.40％）でも同程度の発症がみられた。KU495とWD1-20-8-1はそれぞれ0.03～0.50％、0.13～0.43％と低かった。これは圃場での目視でも非常に少ないことが確認されたが、倒伏で重なった穂では集中的に発病がみられた。

タンパク質含有率は、中国D166号とAC Navigatorはおよそ10～11％、KU495は15％前後、WD1-20-8-1は13～14％の値を示した。実肥Ｎ＝７g/m^{2}区と５g/m^{2}区の処理を設けたが、パンコムギでは処理による有意差がみられたが、デュラムコムギではKU495を除いて差は検出されなかった。

表２　2013-14年次（不良気象年）における収量および収量構成要素

品種・系統名	播種期	実肥量	出穂開始日（月日）	登熟日	子実収量（g/m^2）	穂数（本/m^2）	一穂粒数（粒/m^2）	千粒重（g）	収穫指数	稈長（cm）	赤かび病（発症子実%）	穂発芽（発症子実%）	タンパク質（%）
中国D166号	早：11月１日	N＝7g/m^2	４月14日	６月４日	428.8	425	19.2	39.4	0.37	82	1.67	0.20	11.1
「セトデュール」		N＝5g/m^2	４月14日	６月４日	404.1	463	17.3	44.5	0.34	—	1.77	0.13	11.4
	標：11月14日	N＝7g/m^2	４月25日	６月９日	332.7	257	27.5	44.1	0.44	75	0.90	0.17	11.3
		N＝5g/m^2	４月25日	６月10日	343.2	279	28.1	46.7	0.44	—	0.83	0.17	10.6
		播種期	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	**	**	**	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
		実肥量	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
		交互作用	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
AC Navigator	早：11月１日	N＝7g/m^2	４月25日	６月15日	419.6	301	26.9	51.9	0.39	87	0.53	0.40	11.2
		N＝5g/m^2	４月25日	６月14日	437.6	308	30.1	47.7	0.40	—	0.93	0.10	10.7
	標：11月14日	N＝7g/m^2	５月５日	６月25日	—	—	—	—	—	74	—	—	—
		N＝5g/m^2	５月５日	６月24日	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		播種期	—	—	—	—	—	—	—	**	—	—	—
		実肥量	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
		交互作用	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
KU495	早：11月１日	N＝7g/m^2	４月13日	５月30日	94.2	415	9.7	23.6	0.23	74	0.03	0.00	15.8
		N＝5g/m^2	４月13日	５月30日	101.4	402	10.7	24.1	0.23	—	0.13	0.00	15.1
	標：11月14日	N＝7g/m^2	４月19日	６月７日	184.7	475	14.5	27.2	0.32	89	0.50	0.00	15.3
		N＝5g/m^2	４月19日	６月８日	169.8	458	13.2	28.7	0.34	—	0.07	0.00	14.8
		播種期	—	—	**	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	**	**	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
		実肥量	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	*
		交互作用	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
WD1-20-8-1	早：11月１日	N＝7g/m^2	４月22日	６月９日	206.3	394	18.0	29.3	0.28	97	0.20	0.00	13.1
「発掘のごほうび」		N＝5g/m^2	４月22日	６月10日	166.2	434	15.1	26.2	0.27	—	0.43	0.03	13.1
	標：11月14日	N＝7g/m^2	４月30日	６月12日	197.1	327	19.0	31.7	0.31	100	0.13	0.03	14.0

		N＝5g/m^2	4月30日	6月12日	173.0	316	18.0	30.5	0.29	—	0.37	0.00	13.6
		播種期	—	—	*n.s.*	*	*n.s.*	*n.s.*	**	*	*n.s.*	*n.s.*	**
		実肥量	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
		交互作用	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
せときらら	早：11月１日	N＝7g/m^2	4月５日	6月３日	447.3	408	29.6	37.2	0.39	94	0.10	0.00	10.9
（比較）		N＝5g/m^2	4月５日	6月３日	443.5	445	28.2	35.6	0.38	—	0.27	0.00	10.3
	標：11月14日	N＝7g/m^2	4月15日	6月８日	331.4	245	32.7	41.3	0.45	86	0.40	0.00	13.9
		N＝5g/m^2	4月15日	6月８日	346.5	258	33.4	41.4	0.45	—	0.70	0.10	13.2
		播種期	—	—	*	**	*	**	**	**	*	*n.s.*	**
		実肥量	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	**
		交互作用	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
ニシノカオリ	早：11月１日	N＝7g/m^2	4月６日	6月２日	280.7	380	18.3	40.5	0.29	90	0.53	0.00	14.0
（比較）		N＝5g/m^2	4月６日	6月２日	271.7	383	18.4	39.0	0.30	—	0.67	0.00	13.1
	標：11月14日	N＝7g/m^2	4月19日	6月８日	269.2	285	21.9	43.5	0.38	87	1.40	0.00	14.1
		N＝5g/m^2	4月19日	6月８日	256.0	251	24.9	41.8	0.37	—	1.33	0.07	13.3
		播種期	—	—	*n.s.*	*	*	*	**	*n.s.*	*	*n.s.*	*n.s.*
		実肥量	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	**
		交互作用	—	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	—	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*

3.5×1.5mプロットに４条播きし，各３反復とした．＊は５％，＊＊は１％水準で有意差あり．*n.s.* は有意差なし．—はデータなし，または検定せず．
調査方法は４条50cmの刈り取りによる．収穫指数は平均的な生育を示す７穂をサンプリングし，大小２穂を除いた５穂から求めた．
トップジンＭを４月25日，ワークアップフロアブルを５月９日に散布した．

4　2014-15年（平年並みの環境の年）に適期播種したときの播種密度の検討

2014-15年（第３表）は、それぞれの品種の播種期と施肥量が適切になるような条件で栽培した。11月下旬が高温、12月が低温で推移したが、およそ平年並みの気象であった。ただし梅雨入りが６月２日と平年より３日早く、かつ入梅直後から本格的な降雨となった。さらに本圃場の微気象により、開花期にフェーン風害とみられる白穂化が発生し、KU495の全プロットと中国D166号の200粒区の１プロットが被害を受けた。コムギにおけるフェーン害は稀で報告例が少ないので、影響を受けた区についても括弧書きでデータを示した。

登熟日はKU495で６月３日、次にWD1-20-8-1が６月６日となり、中国D166号は６月10、11日、AC Navigatorは６月15、16日となった。当年は全体的に少肥で栽培したが、収量は中国D166号は250-270g/m^2、AC Navigatorは約400g/m^2、WD1-20-8-1は210-220g/m^{2}ほどであった。WD1-20-8-1は90㎝以上の長稈となり、いずれの播種密度でも倒伏がみられたが、とくに穂数の多い200粒区で顕著だった。

赤かび病は、中国D166号（1.60％および4.17％）とAC Navigator（5.04％および3.51％）で多発した。WD1-20-8-1は120粒および75粒/m^{2}区ではともに0.62％であったが、穂数が多く倒伏が多かった200粒/m^{2}区では1.36％とやや増加した。

タンパク質含有率は、中国D166号は10.5％前後、AC Navigatorは12％前後、WD1-20-8-1は10-12％ほどとなった。黄色色素値は、品種による違いが明瞭にみられ、AC Navigatorは10ppm以上の濃黄色、WD1-20-8-1も７ppm以上と濃かったが、中国D166号は４ppm前後と薄かった。品種内のばらつきは小さかった。

5　2016-17年（平年並みの環境の年）に播種適期を再確認した

WD1-20-8-1は早播き区（10月27日播種）で６月４日に登熟した（表４）。標準期播き区（11月10日播種）でも６月６日という早い時期に登熟しており、これは収穫期が好気象に恵まれたことも影響した。なお、表には示していないが、中国D166号の早播きも６月６日に登熟したが、2013-14年次と同様に凍霜害が発生した。このように、WD1-20-8-1は一貫して早播きできること、そして早播きにより早期の収穫ができることが確認された。

WD1-20-8-1の収量は174および189g/m^{2}であり、この年は栽培管理とくに除草が不徹底であったにもかかわらず前２作期と大差なく安定的であった。これは通常300g/m^{2}以上の収量が見込まれるセトデュール（中国D166号）が183g/m^{2}まで減収したのと対照的であった。千粒重はばらつきが大きいと品質とくに等級に影響する形質であるが、WD1-20-8-1では31.2g（早播き区）および29.9g（標準期播き区）と安定していた。WD1-20-8-1の千粒重は３年次間の幅が26.2g～33.0gであり、中国D166号のそれ（35.4g～46.7g）とくらべても変動が少なかった。また、タンパク質含有量についてもWD1-20-8-1では12.2％（早播き区）, 11.3％（標準期播き区）と中国D166号の9.3％（標準期播き区）よりも高く、この傾向も３年次を通して見られた。

KU495は早播き区では凍霜害がみられたが、標準期播き区では正常に育ち、５月28日に登熟した。収量は210g/m^{2}でタンパク質含有率は15％に達した。AC Navigatorの収量は270g/m^2（早

表３　2014-15年次（平年並み気象年）における収量および収量構成要素

品種・系統	処理区	登熟日	子実収量 (g/m^2)	穂数 (本/m^2)	一穂粒数	千粒重 (g)	収穫指数	稈長 (cm)	赤かび病 (発症子実%)	穂発芽 (発症子実%)	タンパク質 (%)	黄色色素値 (ppm)
中国D166号	200粒/m^2	6月10日	272.1	317	19.4	44.0	0.52	58	1.60	1.22	10.8	4.4
「セトデュール」	(200粒/m^2)※		(85.5)	(262)	(11.5)	(28.4)	(0.32)	(59)	(1.60)	(0.20)	(12.1)	(4.4)
	150粒/m^2	6月11日	253.0	255	21.2	46.8	0.59	62	4.17	5.56	10.3	3.8
			—	—	—	—	—	**	n.s.	*	n.s.	n.s.
AC Navigator	200粒/m^2	6月16日	405.1	298	29.5	48.5	0.47	84	5.04	2.50	11.8	10.4
	150粒/m^2	6月15日	402.0	292	27.4	52.1	0.47	80	3.51	1.76	12.0	10.3
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
KU495	120粒/m^2※	6月3日	(55.9)	(218.7)	(8.7)	(28.8)	(0.37)	58	—	—	—	—
	75粒/m^2※	6月3日	(85.6)	(231.8)	(9.7)	(30.7)	(0.45)	64	—	—	—	—
WD1-20-8-1	200粒/m^2	6月6日	223.7	368	22.1	31.6	0.38	99	1.36	0.22	12.2	7.2
「発掘のごほうび」	120粒/m^2	6月6日	210.5	286	19.7	32.4	0.35	92	0.62	0.18	11.7	7.1
	75粒/m^2	6月6日	213.6	285	20.5	33.0	0.36	96	0.62	0.32	10.1	7.2
			n.s.	*	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.
せときらら（比較）	200粒/m^2	6月5日	288.7	301	24.0	39.8	0.50	66	2.16	0.10	11.4	2.6

播種は11月４日（AC Navigator，WD1-20-8-1）と11月11日（中国D166号，KU495，せときらら）に行った．
3.5×1.5mプロットに４条播きした．試験は３反復とした．
※中国D166号の200粒/m^{2}区の１反復およびKU495全プロットに，フェーン（乾風）とみられる白穂化被害が出た．これらは括弧表記し正常値と区別した．
赤かび病，穂発芽は1000粒中に発症した子実数とし，各プロットについて３反復調査した．
タンパク質含有率は全粒粉，黄色色素はブラベンダー・テストミルで製粉した約70%歩留まりの粉を用いた．
＊は５%，＊＊は１%水準で有意差あり．n.s.は有意差なし．—はデータなし，または検定せず．

表４　2016-17年次（平年並み気象年）における播種適期検討と収量および収量構成要素

品種・系統名	播種期	出穂開始日（月日）	登熟日（月日）	子実収量（g/m^2）	穂数（本/m^2）	一穂粒数	千粒重（g）	タンパク質（%）	黄色色素値（ppm）
中国D166号	早播き区	４月15日	６月６日	178.6	405	12.4	35.3	9.8	3.8
「セトデュール」	標準期区	４月17日	６月９日	183.9	389	14.2	35.4	9.3	3.8
				n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
AC Navigator	早播き区	４月21日	６月14-15日	270.7	362	16.1	46.3	11.5	8.3
	標準期区	４月25日	６月16日	233.4	244	20.8	45.4	10.5	8.5
				n.s.	**	*	n.s.	n.s.	n.s.
KU495	早播き区	４月５日	５月26日	127.6	427	13.8	21.6	15.5	2.2
	標準期区	４月10日	５月27-28日	210.7	437	14.4	33.5	15.5	2.2
				**	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.
WD１-20-８-１	早播き区	４月19日	６月４日	174.5	295	18.9	31.2	12.2	5.3
「発掘のごほうび」	標準期区	４月24-25日	６月６日	189.3	326	19.5	29.9	11.3	4.9
				n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
せときらら	早播き区	３月28日	５月30日	313.0	319	26.2	38.0	12.5	2.6
（比較）	標準期区	４月４日	６月１日	454.5	313	37.4	38.7	12.4	2.5
				*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

3.5×1.5mプロットに４条播きし，各４反復とした．播種密度は全て200粒/m^{2}とした．
＊は５％，＊＊は１％水準で有意差あり．n.s.は有意差なし．―はデータなし，または検定せず．

播き区）とこの年は少なくなった。

6　収量性、赤かび発生率、穂発芽発生率、黄色色素値の品種比較

第５表に、３年間の最適条件における各品種の比較結果を示した。収量に関しては、天候が良好年だった2012年産（2011–12年次）では中国D166号539.9g/m^2、AC Navigator 554.8g/m^2 と、パンコムギのニシノカオリ482.7g/m^{2}に比べても高い収量が得られた。また、環境不良年であった2014年産（2013–14年次）と平年並みの気象で少肥栽培した2015年産（2014–15年次）の収量をみても、これらの品種ではパンコムギと同等もしくはそれ以上の収量性をみせ、とりわけAC Navigatorは発芽と生育初期に環境影響を受けても３ヶ年とも安定した高収量が得られた。皮性でエンマーコムギに属するKU495とWD1–20–8–1の収量は低かったが、2012年産のKU495では、倒伏防止の綱を張ると391.0g/m^{2}と高い収量が得られた。

各品種・系統における最優良な栽培条件下での赤かび病発症子実数と、穂発芽子実数を数えた。2011–12年産では、中国D166号（1.95％）とAC Navigator（1.35％）の赤カビ病発症子実率は、パンコムギ品種ニシノカオリ（0.07％）に比べて有意に高かった。インド原産の皮性エンマーコムギであるKU495（0.05％）は、ニシノカオリと同程度に低い発症率を示した。穂発芽についてはどの品種・系統も同程度の結果となった。

赤かび病については、いずれの年次をみても中国D166号およびAC Navigatorが有意に発症した。パンコムギのニシノカオリとせときららは年次によって発症率が高下し、中国D166号およびAC Navigatorよりも高くなることもあった。なお、2011–12年次および2014–15年次は開花期防除を行ったが、2013–14年次は一斉防除している。しかし2013–14年次にこれら４品種で発症率がとくに高かったプロットは、いずれも適期防除できていたプロットだったので、２回の防除では発病を抑えきれなかったとみられる。KU495およびWD1–20–8–1の発症率はいずれの年次でも総じて低く、この傾向は圃場での目視でも認められた。

穂発芽については反復間差が大きく、2012年産子実の分散分析では差が検出されなかった。また2014年産では全体では５％水準の差が認められたものの多重検定による差は見出せなかった。2015年産ではAC Navigatorで有意に発生が多く、中国D166号がこれに続いた。いずれの年次をみてもKU495、WD1–20–8–1およびせときららの穂発芽は少なかった。

パスタは黄色が濃いことが消費者指向から望まれており品質に直結する項目である。黄色色素値を2014–15年産子実について測定した。市販パスタは約７ppmといわれるが（日本製粉大楠秀樹氏による私信）、AC Navigator（10.3ppm）とWD1–20–8–1（7.1ppm）がこの値を超えており、中国D166号（4.4ppm）は低かったが、パンコムギのせときらら（2.6ppm）よりは高かった。品種内の変動は少ないので（第３表）、黄色色素値には明瞭な品種間差がみられた。

表5　最適条件下における品種比較（2011-12年、2013-14年、2014-15年の3シーズンを収穫年で示した）

	最適区			収量（g/m^2）			赤かび病（発症子実%）			穂発芽（発症子実%）			黄色素（ppm）
	2012年	2014年[1)]	2015年	2012年	2014年[1)]	2015年	2012年	2014年[1)]	2015年	2012年	2014年[1)]	2015年	2015年
中国D166号	標準期・150粒区	標播区	全区[2)]	539.9a	337.9a	260.6b	1.95a	0.86ab	1.60ab	0.05_	0.16_	0.88abc	4.40c
AC Navigator	早播き・100粒区	早播区	150粒区	554.8a	304.7a	402.0a	1.35a	0.73ab	3.51a	0.40_	0.25_	1.76a	10.38a
KU495	標準期・150粒区	標播区	—	391.0c	184.7b	—	0.05b	0.28b	—	0.05_	0.00_	—	—
WD1-20-8-1	—	早播区	120粒区	—	186.2b	210.5b	—	0.31b	0.62b	—	0.01_	0.18bc	7.13b
ニシノカオリ	標準期・150粒区	標播区	—	482.7b	262.6a	—	0.07b	1.36a	—	0.15_	0.03_	—	—
せときらら	—	標播区	150粒区	—	339.0a	288.6b	—	0.55b	2.16ab	—	0.05_	0.10b	2.60d
分散分析				p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	n.s.	p<0.05	p<0.01	p<0.01

年次は収穫年で表示した．2012年は4反復，2014年および2015年は3反復のデータによる．
TukeyHSD多重検定は5％水準とした．2015年は白穂化によるデータ数の違いのためTukey-Kramer検定を行った．
1）2014年の実肥処理区間には差がなかったためこれらデータを統合した．
2）2015年の中国D166号は白穂データを除外した全区のデータを用いた．

Ⅳ　考察

1　播種期と登熟期の関係、播種適期について

本研究ではパンコムギの栽培法に準じてデュラムコムギを栽培した。本邦でのデュラムコムギの栽培には、パンコムギの栽培法が基本的に通用することが確認されたが、その一方で、デュラムコムギの特性もいくつかみられた。とくにデュラムコムギの播種適期は、パンコムギよりも早いことが、まず指摘できる。

本研究でデュラムコムギの標準播種期はパンコムギの播種適期の開始期（山口では11月20日頃）をさらに５日ほど早くした11月15日前後に設定したが、これよりも13日（2014-15年次）または20日（2011-12年次）ほど早播きすることで中国D166号は２～６日、AC Navigatorは２～11日、WD1-20-8-1は２～３日早く登熟を迎えた。たとえ２日でも梅雨前の早熟化は大きな意味を持つ。山口市では梅雨入り後も６月15日頃までは本格的な降雨にならずに収穫できることが多いが、AC Navigatorは早播きによって６月11日にまで登熟日を早めることができた（第１表）。収穫作業期間は非常に短いものの本品種を栽培収穫できる見込みが生まれた。WD1-20-8-1は播種期を見直すことで６月６日まで登熟を早めることができた（第３表）。これはパンコムギの中早生品種と同程度の熟期であり、通常のスケジュールで収穫作業ができるので、播種時期を見直した効果は高いといえる。播種日を早めると登熟日も早くなるというこの結果は安部ら（1966）も指摘しているが、それは1963年における１作期だけの早播き結果を前後の年次と比較したものであった。本研究では早播き・標準期播きの３作期にわたる比較試験と、その結果の確認としての適期播種を行ったことで、このデュラムコムギの早播き特性を明らかなものとした（第１表、第２表）。

中国D166号は早播きにより2011-12年次は６月７日、2013-14年次は６月４日にまで登熟日が早まったが、両年とも凍霜害に見舞われた。中国D166号に関しては本試験とは別に、2014年10月18日にAC Navigator×中国D166号の交配F_3集団とともに播種を行っている。AC Navigatorは正常な生育をみせたが中国D166号は栽植した30個体すべてが凍結枯死し、また交配集団はメンデル遺伝に従った枯死個体の分離が観察された（データは示さず）。中国D166号は主働遺伝子の存在により早播きが不適であるとみられる。

以上のことを全体的にみて、デュラムコムギの播種適期は品種にもよるが、パンコムギに比べて３週間から10日ほど早く播種することが推奨される。11月中旬以降は長雨の降りやすい季節であるが、11月上旬に早播きのできるデュラムコムギ品種であれば、播種作業が好天候のもとでできる確率が増える。また、パンコムギと播種時期が２週間ずらせることで、播種の作業分散ができる長所がある。とくにAC NavigatorやWD1-20-8-1のような早播き適性をもった品種では余裕をもった農作業が可能となる。これらのことから、デュラムコムギは冬期の土地利用効率を上げる効果を期待できる。

2　収量

中国D166号の収量は、11月中旬の適期播きであれば穂数が多いほうが増加し、播種密度は200粒/m^2まででであれば播種密度が高いほうが増収する傾向がみられた（第1表、第3表）。AC Navigatorは早播きが前提となるので播種密度は150～100粒/m^2と低めに設定した。この密度であれば播種密度や穂数による収量への影響は少なく、安定して高収量が得られた。本試験はパンコムギにとっては早播きすぎる条件ではあるが、それを加味してもデュラムコムギの多収系統ではパンコムギと同等かそれ以上の収量が上げられる傾向がある。

3　品質

赤かび病は人体に有害なデオキシニバレノール（DON）という毒素を産生する。この赤かび病が多発するために本邦でデュラムコムギの栽培は困難であるといわれてきた（安部ら1966）。本試験を行った山口市菅内地区は風雨の多い地形であり赤かび病がとくに出やすい環境である。さらに通常なら脱穀により除去するような発症子実についても徹底回収したので、本試験の結果は悪条件での調査結果を示している。中国D166号およびAC Navigatorでは、いずれの年次においても赤かび病が有意に発症した。ただしパンコムギのニシノカオリとせときららも年次によって発症率が高下しており、中国D166号およびAC Navigatorよりも高くなることもあった。本試験では防除を2回としたが、適地で栽培し、農薬の散布回数を必要に応じて増やすことで、これらの品種の赤かび病はパンコムギ並みまで抑えられる可能性がある。

本研究で供試したKU495とWD1-20-8-1は、圃場での穂の観察でも赤かび病の罹病が少なく、子実における発症率も低く、パンコムギと比べても劣らなかった（第5表）。赤かび病抵抗性系統はパンコムギでは蘇麦3号がよく知られており、デュラムコムギの祖先種であるエンマーコムギ野生種 *Triticum turgidum* subsp. *dicoccoides* でもみつかっている（Mergoumら 2009）が、デュラムコムギではこのような高度抵抗性品種はみつかっていない。本研究で供試したKU495はエンマーコムギ栽培種 *Triticum turgidum* subsp. *dicoccum* であり、WD1-20-8-1も交配の片親がエンマーコムギ野生種 *Triticum turgidum* subsp. *dicoccoides* のハイブリッド品種である。これらはともに皮性（難脱穀性）であり、穎花が子実を堅く覆っている皮性であることによって、皮性遺伝子の多面発現効果として赤かび病の発生が抑えられている可能性がある。というのも、両者とも倒伏して穂が重なった場合には赤かび病が著しく発生することから進展抵抗性をもっているわけではなく、また小穂に病徴がみられても子実は健全であることもあるため、皮（穎花）によって守られる開花後の感染抵抗性を有するとみられる。皮性種が赤かび病に強いのか否かは、今後に接種試験等を行い検証する必要がある。なお、皮性系統で子実を得るためには、穎花の除去つまり籾すりが必要であり、作業が一工程増えて収穫物を収納するスペースも余計に必要になる。過去においては皮性コムギは搗き臼などで籾すりをして穎花を除去したため大変な手間がかかっていたが（Tannoら 2012）、現代では稲の籾すりと同様に、機械で簡単に穎花を除去できる（市販の稲用籾摺機で可能であることを確認している）。皮性種を利用することで赤かび病の被害をもし抑えられるのであれば、本邦のように赤かび病の

多発する地域では、今後この性質を利用する価値は高いと考えられる。

穂発芽については、製パン用のパンコムギについては低アミロ化によりパンが膨らまなくなることが問題視されるが、パスタ加工用途のデュラムコムギにおいては、際だった被害でない限りは製品品質に影響を与えないことが最近の研究結果でわかってきた（Fu ら 2014）。本研究では、穂発芽は赤かび病検定と同様に反復間のばらつきが大きく、統計差が出にくかった。しかし、AC Navigator で多くみられて中国D166号がこれに続き、KU495およびWD1-20-8-1では明らかに少ないことが観察された（第５表）。おそらく赤かび病発症率と同様に穂発芽も、KU495とWD1-20-8-1は皮によって子実が守られて、少々の降雨では発芽が開始せずに抑えられたと考えられる。

タンパク質含有率は製粉したセモリナ粉で13％ほどあることが望ましく、11％以下では加工製品に影響が出やすいとも言われる（Liu ら 1996）。本試験では中国D166号と AC Navigator では10～12％程度とタンパク値はやや低く、WD1-20-8-1は10～14％、KU495（2013-14年のみ）は14.8～15.8％と高かった。タンパク値については、収量との連動性もあるため、今後の施肥体系の見直しによってさらなる改善ができると考えられる。

パスタの黄色はキサントフィルやルテインからなる天然の成分でありこれらは胚乳に含まれている（Sims ら 1968、Boyaciogle ら 1994）。2015年産子実を製粉して測定したところ（第５表）、市販パスタの約７ppm（日本製粉大楠秀樹氏による私信）と比べて、AC Navigator（10.3ppm）とWD1-20-8-1（7.1ppm）がこの値と同等以上だった。黄色色素量は遺伝形質であり７Ａおよび７Ｂ染色体に座乗する *Psy-1* の効果が高い（Pozniak ら 2007、Vargas ら 2016）。そのため明瞭な品種間差があり、品種内の変動は基本的に少ない。

4　観察された品種特性

中国D166号すなわちセトデュールは短稈で耐倒伏性をもつなど草姿と栽培性に優れ、収量も多い。欠点としては、熟期がやや晩生であり収穫期間が短いこと、赤かび病に弱く穂発芽が出ること、黄色が薄く、早期化の目的で早播きをすると凍霜害に遭いやすいことなどがあげられる。また、赤かび病の薬剤防除は一般的に開花期の葯の露出を見て行うが、本品種は葯がわずかにしか露出しない特性があるので防除適期を逸するおそれがある。これらに留意して、瀬戸内地方の平地で適期播種し、薬剤防除を徹底するならば、生産が可能といえる。

カナダの短稈優良品種 AC Navigator は、早播きによって熟期が早まる効果が高く、ごく短期間ではあるが本邦でも収穫できる可能性があることが本研究からわかった。山口市で栽培しても黄色色素値は高く、耐倒伏性が強く、安定して高収量が得られた。欠点としては収穫期間が極めて短いことのほかに、赤かび病および穂発芽が非常に出やすく、また初期生育がやや弱いことがあげられる。また出穂が一斉でなく２度のピークがみられる。これは赤かび病の薬剤防除の点と、有効茎を多くして多収を狙うと登熟の不斉一につながる点で、梅雨前に一日でも早く収穫したい本邦では望ましくない。品質は良いが、年次によっては天候の影響で収穫皆無になる恐れがある。

KU495は順調に生育すると５月末に収穫できる早生である。早播きは凍霜害を受けやすいので適切でないが、2013-14年次のように播種後に低温が続いた場合には11月中旬播きではもう遅

く、播種適期は短いといえる。赤かび病と穂発芽はおそらく皮性であるために出にくい。しかし赤粒であり、よく倒伏する。本試験では栽培比較のために使用したが、実用性は低い。

WD1-20-8-1すなわち発掘のごほうびは、早播きにより中早生の熟期で収穫できる。黄色色素値は高いほうで、皮性であり赤かび病と穂発芽がデュラムコムギとしてはかなり少ない。本系統は有機農法を意識して育成されており、本試験のように多施の条件では倒伏して収量を上げられない。より適正な条件、すなわちごく少肥では良好な生育をみせ、収量は低くなるものの倒伏もせず、子実品質は良くなる（滋賀県日野町における約1haの栽培による）。子実粒は細形であり、パスタのほかにピラフなどの用途が想定されている。栽培技術的には倒伏性という点で難度が高い。皮性種であるため、小麦栽培では一般的に行われない、イネのような籾摺り作業が必要となる。

本栽培試験では、現時点において国内栽培に有望とみられたデュラム品種・系統について、パンコムギの慣行栽培法に準じて栽培試験を行った。各品種・系統とも何らかの欠点があり、遅くとも6月5日までに収穫できる品種が望ましいとする安部ら（1966）の指摘にもいまだ及ばず、パンコムギの栽培のようにはゆかない現状ではある。それでもセトデュール（中国D166号）およびAC Navigatorは栽培の要点を押さえれば、ごく短い収穫期間ではあるが普通系コムギと同程度の収量を得られることが指摘でき、倒伏させずに栽培できれば発掘のごほうび（WD1-20-8-1）も良好な品質で生産できる。また、KU495とAC Navigatorの交配によって、早生でその他の品質も良好な系統が育成されており（丹野 2016）、登録を目前にひかえている。以上のような状況は1960年代および1990年代前半に行われた安部ら（1966）と甲斐ら（1998）の試験において、栽培に適した品種・系統がまったくないと結論されていたことからみると、一躍の進歩といえる。

謝辞

本栽培試験は山口大学農学部の学生（当時）、城戸綾佳、橋本友貴、坂和七月、森永千春、藤島文、宇都宮育里氏の協力により実施することができました。本稿は内容介入から学会誌投稿を見合わせていましたが龍谷大学のご厚意により誌面掲載に至りました。以上、ここに感謝申し上げます。

引用文献

安部秀雄、多田正敏、村井修、神前芳信、末沢一男、「瀬戸内におけるマカロニ小麦（*Triticum durum*）の適応性に関する研究」、『香川県農業試験場研究報告』、17巻、1966年、1－9ページ

Boyaciogle, M. H. and D'Appolonia, B. L., "Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. I. Comparison of chemical, reological and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours", *Cereal Chem.*, Vol. 71, 1994, pp. 21-28

Clarke, J. M., McLeod, J. G., DePauw, R. M., Marchylo, B. A., McCaig, T. N., Knox, R. E., Fernandez, M. R. and Ames, N., "AC Navigator durum wheat", *Can. J. Plant Sci.*, Vol. 80, 2000, pp. 343-345

Fu, B. X., Hatcher, D. W. and Schlichting, L., "Effects of sprout damage on durum wheat milling and pasta processing quality", *Can. J. Plant Sci.*, Vol. 94, 2014, pp.5 45-553

甲斐由美、白土宏之、吉田泰二、松岡誠、松井重雄、「瀬戸内で栽培したデュラム小麦の農業特性」、『中国農研資料』、30巻、1998年、39-71ページ

Liu, C. Y., Shepherd, K. W. and Rathjen, A. J., “Improvement of durum wheat pastamaking and breadmaking qualities”, *Cereal Chem.*, Vol. 73, 1996, pp.155–166

Mergoum, M., Singh, P. K., Anderson, J. A., Pena, R. J., Singh, R. P., Xu, S. S. Ransom, J. K, “Spring wheat breeding”, In: Carena, M. J.(ed.) *Cereals: Handbook of plant breeding*, USA, Springer, 2009, pp. 127–156

農林水産省、「麦の需給に関する見通し令和２年　参考統計資料」、2020年、７ページ
https://www.maff.go.jp/j/seisan/boueki/mugi_zyukyuu/index.html（最終閲覧日：2020年11月３日）

大山卓爾、『植物栄養学実験法』、博友社、1990年、１–488ページ

Pozniak, C. J., Knox, R. E., Clarke, F. R. and Clarke, J. M., “Identification of QTL and association of a phytoene synthase gene with endosperm color in durum wheat”, *Theor. Appl. Genet.*, Vol. 114, 2007, pp. 525–537

Sims, R. P. A. and Lepage, M., “A basis for measuring the intensity of wheat flour pigments”, *Cereal Chem.*, Vol. 45, 1968, pp.605–611

Tanno, K. and Willcox, G., “Distinguishing wild and domestic wheat and barley spikelets from early Holocene sites in the Near East”, *Veget. Hist. Archaeobot.*, Vol. 21, 2012, pp.107–115

丹野研一、「考古植物学から生まれたパスタ用『デュラムコムギ』の国内向け品種」、『現代文明の基層としての古代西アジア文明Newsletter』、７巻、2016年、13–16ページ

Vargas, V. H., Schulthess, A., Royo, C., Matus, I. and Schwember, A. R., “Transcripts levels of Phytoene synthase 1（*Phy–1*）are associated to semolina yellowness variation in durum wheat(*Triticum turgidum* L. ssp. *durum*)”, *J. Cereal Sci.*, Vol. 68, 2016, pp. 155–163

谷中美貴子、高田兼則、石川直幸、船附稚子、長嶺敬、「瀬戸内地域で栽培可能な日本初のデュラム小麦品種「セトデュール」の育成」、『日本作物学会中国支部研究集録』、56巻、2016年、８–９ページ