農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

Eco-morphological analysis and cultivation techniques of winter wheat Iwainodaichi when seeded early in southwestern Japan

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): early sowing, fertilization method, Iwainodaichi, seeding rate, spring wheat, winter wheat 作成者: 福嶌, 陽 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00002006

暖地で早播き栽培した秋播性早生コムギ品種イワイノダイチの生育特性・収量形成に基づいた栽培技術の開発

福嶌　陽[1)]

（2006年３月22日　受理）

要　　旨

福嶌陽　（2006）　暖地で早播き栽培した秋播性早生コムギ品種イワイノダイチの生育特性・収量形成に基づいた栽培技術の開発。九州沖縄農研報告　48：125－181。

暖地のコムギ作では，雨害による穂発芽や水稲作との作業競合を回避するために収穫期を早めることが求められている。そこで，早播きしても茎立ちが早まらない秋播性早生コムギ品種イワイノダイチを用いて，早播きにおける生育・収量特性を解明し，それに基づく栽培技術の開発を試みた。早播きは標準播きと比較して，生育期間が長いために，開花期の全乾物重が大きく稈長が長かった。開花期までの気温が低いために１穂小花数が減少し，上位葉身が短くなった。登熟期間が長いために千粒重が大きくなった。成熟期は３日早く，子実重は同等であった。早播きにおいて，イワイノダイチはチクゴイズミと比較して，二重隆起形成期や茎立ち期が遅れるために凍霜害の回避が可能であった。栄養生長期間の延長に伴い１穂小穂数や最高茎数が多くなったが，1穂小花数は同等で，穂数はやや多い程度であった。出葉数が多く生葉数が多いために開花期の葉面積が大きかった。開花期の全乾物重は同等であり，子実重も同等であった。後期重点施肥は標準施肥と比較して，開花期の生育量は同等であったが，登熟期間のSPAD値が高く推移し，子実重はやや高かった。疎播は標播と比較して，初期生育は劣るが，開花期の生育量は同等であり，登熟期間のSAPD値が高く推移し，子実重はやや高く，耐倒伏性が改善された。以上の結果から，早播きには，イワイノダイチの後期重点施肥・疎播が適していると考えられた。

キーワード：秋播性，播種量，早播き，コムギ，イワイノダイチ，施肥法。

目　　次

Ⅰ．緒　言 ……125
Ⅱ．イワイノダイチの生育特性と収量形成の解析 …127
　１．イワイノダイチの発育経過
　２．イワイノダイチの穂の発育
　３．イワイノダイチの葉と茎の発育
　４．イワイノダイチの分げつの発育
　５．イワイノダイチの収量形成
Ⅲ．イワイノダイチの栽培技術の検討 ……157
　１．後期重点施肥がイワイノダイチの生育と収量に及ぼす影響
　２．疎播がイワイノダイチの生育と収量に及ぼす影響
Ⅳ．総合考察 ……170
Ⅴ．摘要 ……174
引用文献 ……176
Summary……179

Ⅰ．緒　　言

わが国の北部九州地域（以下，暖地）は，古くから水田裏作としてコムギの栽培が盛んで，現在でも北海道，関東と並ぶコムギの三大産地の一つとなっている。しかし，暖地ではコムギの生育期間を通じて雨が多く，特に登熟期の多雨が赤かび病や穂発芽の発生の原因となるため，必ずしも麦作に適しているとは言えない。近年，麦の流通に民間が係わるようになるに伴って高品質化が強く求められており，暖地におけるコムギの生産拡大のためには，品質低下の一因である雨害を回避することがますます重要となっている。

登熟期間の雨害を回避するために，九州農業試験場（現：九州沖縄農業研究センター）では入梅前に収穫することを目指してシロガネコムギ，アサカゼコムギ，チクゴイズミなどの早生品種を育成してきた。しかし，コムギの場合，出穂期が早くなるほど

九州沖縄農業研究センター水田作研究部栽培生理研究室：〒833－0041　福岡県筑後市大字和泉496
１）現，農林水産省農林水産技術会議事務局

収量が低くなる傾向があるため（田谷 1993），これ以上，早生の品種を育成することは困難な段階に来ている。早生品種ほど収量が低くなる一因としては，播種期から開花期までの生育期間が短くなるため，開花期までに十分な生育量を確保できないことが考えられる。その点，早播き栽培すると開花期までの生育期間が長くなるため，早期収穫と多収を同時に実現できる可能性がある。また，早播き栽培は，播種作業を分散化したり，播種時の悪天候を回避する上でも有望である。

暖地におけるコムギの早播き栽培の問題としては，古くは前作水稲の収穫作業との競合があったが，早生・中生の水稲品種が普及して水稲の収穫作業時期が早まったため，現在は水稲作後の早播き栽培が十分可能である。実際，コムギの早播き栽培は，従来から試みられてきた（木崎原ら 1983，真鍋ら 1983，古城ら 1984，真鍋ら 1987）が，早播きに適した品種がなかったこともあり，普及に至らなかった。

この間，コムギの早播栽培に関する栽培研究が進められた結果，早播き栽培には茎立ちの遅い，すなわち秋播性程度の高い（以下，秋播性）品種が適していることが示唆され（田谷 1993，藤田 1997），近年，秋播性早生品種のイワイノダイチ（田谷ら 2003）や秋播性早生系統の西海185号が育成された。そして，本研究とほぼ同時に九州各県（福岡県，佐賀県，長崎県，大分県，熊本県）の農業関係の試験研究機関においても秋播性早生コムギの早播き栽培試験が開始された。その結果，これらの品種を早播きすると標準播きの場合より５日程度早い収穫が可能であり，その場合も子実重はほぼ同じであること，早播きでは秋播性コムギ品種イワイノダイチは秋播性程度の低い（以下，春播性）コムギ品種チクゴイズミと子実重がほぼ同じであることなどが明らかにされてきた（注：平成11，12，13，14，15年度 九州地域試験研究成績・計画概要集 ―麦作・なたね―，尾形ら 2003）。しかし，早播きした秋播性早生コムギ品種の生育特性や栽培技術は十分に解明されているとはいえない。

早播き栽培に秋播性早生コムギ品種が適していると考える主な根拠としては，つぎの二つのことがあげられる。一つは，秋播性コムギ品種は早播きしても茎立ちが遅いため凍霜害を回避できるからであり，秋播性コムギ品種イワイノダイチでは春播性コムギ品種チクゴイズミより凍霜害が発生しにくいことがすでに明らかにされている（岩渕ら 1999，福嶌ら 2001b，佐藤ら 2002）。しかし，凍霜害の発生と収量との関係については不明な点も多く，また近年の温暖化に伴い，凍霜害による被害自体が少なくなっている。もう一つは，秋播性コムギ品種は分げつ数が多く，茎立ちが遅いなどの生育特性を示すが，これらの点が早播き栽培で収量を高めるために有利であるという考えである。しかし，この点に関しては，十分に理論的な研究が行われていない。

このような背景と現状を考えると，秋播性早生コムギ品種を利用した早播き栽培技術を普及させるためには，まず早播きした秋播性早生コムギの生育特性や収量形成について十分に理解する必要があり，それを踏まえて栽培技術を開発しなければならない。そこで，本研究においては，まず，早播きしたイワイノダイチの発育経過（Ⅱ－１），穂の発育（第Ⅱ－２），葉と茎の発育（Ⅱ－３），分げつの発育（Ⅱ－４），収量形成（Ⅱ－５）について解析した。つぎに，これらの解析結果を踏まえて，早播きしたイワイノダイチに適した施肥法（Ⅲ－１）および播種量（Ⅲ－２）について検討した。そして，総合考察では，これらの検討結果を総括的に考察するとともに，今後の課題について論議した。

本研究は，暖地における秋播性早生コムギの早播き栽培に関する一連の研究として，九州沖縄農業研究センター水田作研究部栽培生理研究室において，1998～2003年に行ったものである。その大半は，投稿論文として公表してきた（福嶌ら 2001cd，2003ab，2004ab，Fukushima et al. 2005）が，本論文では，新たな成果を加えて，体系的にとりまとめた。

本稿は，東京大学に提出した学位論文である。学位論文の指導を快諾して頂き，懇切丁寧な御指導と御校閲の労を賜った東京大学大学院農学生命科学研究科の森田茂紀教授に深くお礼を申し上げる。研究の遂行にあたっては，九州沖縄農業研究センター栽培生理研究室の楠田宰前室長（現：農業・食品産業技術総合研究機構・機構本部）には，暖かい御指導と御協力を頂いた。同研究室の森田敏室長には，取りまとめに当たり恵まれた環境を配慮して頂き，古

畑昌巳研究員（現：中央農業総合研究センター・北陸研究センター）と中野洋研究員には，協力や助言を頂いた。また，同研究センター麦育種研究室の田谷省三室長（現：作物研究所）を始めとする方々には，コムギの品種特性や栽培特性についての御指導を賜った。さらに圃場試験の遂行やデータの収集にあたっては，同研究センター業務科の後藤勝進氏，東定洋氏，中島誠氏，栽培生理研究室の非常勤職員諸氏のご協力を頂いた。ここに記して厚くお礼を申し上げる。

Ⅱ．イワイノダイチの生育・収量特性と収量形成の解析

１．イワイノダイチの発育経過

秋播性コムギのイワイノダイチを早播き栽培した場合の栽培管理について検討するには，その場合の発育経過を理解しておく必要がある。イワイノダイチを早播き栽培すると，チクゴイズミと比較して茎立ち期は遅いが，出穂期や成熟期はほぼ同じであることがすでに報告されている（田谷ら　2003）。しかし，幼穂の発育経過と出穂期や開花期との関係，および発育経過と気象要因との関係については，十分に検討されていない。

そこで，秋播性コムギ品種イワイノダイチおよび春播性コムギ品種チクゴイズミを合計15の作期で栽培し，気象状況と発育経過との関係について検討した。とくに，平均気温・日長と各発育期間の長さとの関係を比較することを通じて，早播きしたイワイノダイチの発育特性を明らかにした。

コムギの一生をいくつかの発育期間に分けるメルクマールとなる生育段階としては，茎立ち期（主茎の節間長が２ cm に達する時期）や出穂期が利用されることが多いが，これは多くの品種の生育特性を比較する場合にも判定が容易であることが理由である（吉田ら　1985）。しかし，植物体の生理的な変化という観点からすれば，栄養生長から生殖生長への移行点である二重隆起形成期（末次1962）や，子実の発育が始まる開花期に着目する方が適切と考えられる。そこで，本研究においてはこの２つの生育段階に着目することにした。

１）材料と方法

秋播性コムギ品種イワイノダイチ（秋播性程度Ⅳ）（田谷ら　2003），および春播性コムギ品種チクゴイズミ（秋播性程度Ⅰ～Ⅱ）（氏原ら　1995）を用いた。栽培・調査方法は以降と重複するところもあるので，ここでは直接関連しない部分も含めて記載する。

（１）耕種概要

本研究は，九州沖縄農業研究センター水田作研究部（福岡県筑後市（33N11，130E31），の水稲栽培後の圃場（灰色低地土）において，1998年播きから５カ年に渡って行った。毎年３作期を設けたので，合計で15作期について検討したことになる。北部九州の慣行的な栽培時期を考慮して，10月下旬播きを極早播区，11月上旬播きを早播区，11月下旬播きを標準播区，12月上旬播きを晩播区と呼ぶことにした。実験圃場は，播種期によって３つの区画に分け，各区画に２品種を３反復（３試験区）の乱塊法で配置した。１試験区の面積は約20㎡である。栽植様式は畦幅1.3m，条間22cm，畦高約５ cm の　４条播きの畦立て条播とし，播種量は160粒/㎡とした。施肥には化成肥料（窒素・リン酸・加里を各16％含有）を用い，施肥量は窒素成分量で基肥が５ g/㎡，1回目の追肥が３ g/㎡，2回目の追肥が３ g/㎡とした。北部九州の標準播き栽培では，葉齢が約5．0の１月下旬　と葉齢が約7.5の２月下旬に追肥するのが一般的である。しかし，播種時期が異なる場合の追肥については標準的な時期が決まっていなかった。本研究では，いずれの播種期においても，1回目の追肥は葉齢が5.0，2回目の追肥は葉齢が7.5の時に行うことにした。これは，早播区では12月下旬と２月上旬にあたる。いずれの処理区においても土入れと踏圧をおよそ葉齢が4.0と6.0の時に行い，除草剤・殺菌剤・殺虫剤は適時，散布した。気温，降雨量，日射量の測定には，研究所内に設置された気象観測装置を利用した。日長は，Jones（1992）の計算式に筑後市の緯度を代入して求めた。

（２）生育段階の同定

幼穂の発育段階および茎立ち期の判断は，抜き取り調査によって行った。すなわち，いずれの播種期，品種においても，葉齢が4.0から７～10日間隔で，毎回20個体程度を採取した。その中で草丈，茎数，葉齢が平均的な６個体の主茎について，実体顕微鏡下で幼穂長と稈長を測定し，Porter et al.（1987）の手法を参考にして，二重隆起形成期（double ridge

formation stage），および頂端小穂形成期（terminal spikelet formation stage）を同定した。茎立ち期は，主茎の稈長が2.0cmに達した時とした。また，止葉展開期，出穂期，開花期は圃場内の半数以上の有効茎において止葉の葉関節が出現した時期，止葉の葉関節部分から穂の先端が出現した時期，1穂内の30%以上の小穂から葯が出現した時期とした。成熟期は，子実の水分が急激に減少し，水分含有率が25%以下となった時期とした。ただし，水分含有率を連日測定するのは困難であったので，実際には，子実を親指の爪で押しつぶし，その形が残るかなどの経験則を基に判断した。

2）結　果

（1）気象概況

気象概況を第1表および第1図に示した。5カ年の平均値をみると，平均気温は10月から次第に低下し，1月に最低となり，その後は次第に上昇した。積算日射量も10月から次第に低下し，1月に最低となり，その後は次第に増加した。しかし，積算日射量は，平均気温と若干傾向が異なっており，平均気温と比較して10月，11月の値が高く，2月，3月の値が低かった。また，積算日射量は梅雨時期の6月には低下した。降水量は，播種期の11月が100mm程度で，12～2月が33～68mmと少なく，3月が99mm，4月が137mm，5月が152mmと次第に増加し，梅雨時期の6月が363mmと極めて多くなった。日長は12月中下旬に最も短くなり，その後，再び長くなった。平均気温と日長の関係をみると，平均気温は日長よりも減少し，再び増加する時期が1ヵ月程度遅れていた。 2月，3月には平均気温，日長がともに増加した。

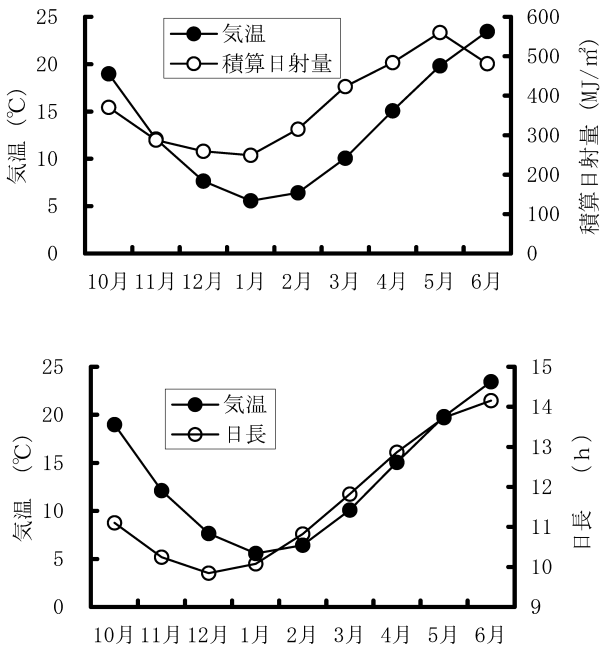
播種年次別にみると，冬期間（12～3月）の平均気温は1999年播きで特に低く，2001年播きで特に高かく，登熟期間（4～5月）の平均気温は1998，1999年播きで低く，2001年，2002年播きで高かった。冬期間（12～3月）の積算日射量は年次による変動が小さく，登熟期間（4～5月）の日射量は1998，1999，2000年播きで多く，2001年，2002年播きで少なかった。播種期（11月）の雨量は年次変動が大きく2000年播きで特に多く，1998年播きで特に少なかった。 冬期間（12～3月）の雨量は，1998年播きで少ない傾向が認められ，登熟期間（4～5月）の雨量は，2000年播きで少なく，2001，2002年播きで多かった。

（2）発育経過

15作期におけるイワイノダイチおよびチクゴイズ

第1表　月別気象概況

	播種年次	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	12～3月	4～5月
平均気温	1998	20.0	12.9	8.8	5.5	5.8	10.8	14.4	19.4	23.4	7.7	16.9
(℃)	1999	19.0	12.5	6.7	6.6	4.7	9.2	14.0	19.2	23.0	6.8	16.6
	2000	19.3	13.7	8.0	5.0	7.0	9.8	15.0	20.1	23.8	7.5	17.6
	2001	19.1	11.5	7.0	6.4	7.2	11.5	16.0	19.9	24.0	8.0	18.0
	2002	17.5	9.9	7.7	4.3	7.4	9.1	15.9	20.5	23.0	7.1	18.2
	平均値	19.0	12.1	7.6	5.6	6.4	10.1	15.1	19.8	23.4	7.4	17.4
積算日射量	1998	350	296	299	302	314	326	466	614	438	310	540
(MJ/㎡)	1999	388	281	256	222	328	442	513	563	441	312	538
	2000	334	278	280	244	292	448	530	550	477	316	540
	2001	396	297	240	228	335	468	450	522	586	318	486
	2002	383	286	221	249	308	432	461	551	466	302	506
	平均値	370	288	259	249	315	423	484	560	481	312	522
降水量	1998	184	30	0	32	38	96	105	148	553	41	126
(mm)	1999	35	86	14	73	39	119	97	145	310	61	121
	2000	92	202	26	113	85	50	62	73	422	68	67
	2001	159	123	45	79	32	128	201	254	118	71	227
	2002	72	59	79	44	73	104	221	143	415	75	182
	平均値	108	100	33	68	53	99	137	152	363	63	145



第１図　気温，積算日射量および日長の推移

ミの発育経過を，第２表に示した。本章では，主に二重隆起形成期，開花期，成熟期の３つの発育段階に着目した。両品種とも，播種期が早くなるほど各発育段階に達する暦日が早くなったが，その差異は発育に伴い小さくなる傾向が認められた。

以下，早播区と標準播区における発育経過を，５カ年の平均値を用いて比較する。早播区における二重隆起形成期は，イワイノダイチで１月14日，チクゴイズミで12月23と，イワイノダイチではチクゴイズミよりも明らかに遅かったが，標準播区ではイワイノダイチで２月７日，チクゴイズミで２月４日と，差異は比較的小さかった。早播区における開花期は標準播区より６～８日早く，イワイノダイチで４月11日，チクゴイズミで４月８日と，イワイノダイチはチクゴイズミよりやや遅かったが，標準播区ではイワイノダイチで４月17日，チクゴイズミで４月16日と，品種による差異は小さかった。成熟期は両品種とも早播区で５月22日，標準播区で５月26日であり，早播区が標準播区よりも４日早かった。すなわち，両品種とも播種期を慣行的な11月下旬よりも19日早めると，成熟期が４日早まることが分かった。なお，本研究において凍霜害の発生が明らかに認められたのは1999年播きのみであった（福嶌ら2001b）。

（３）気温および日長が発育経過に及ぼす影響

播種期から二重隆起形成期までに要する発育日数は早播区が標準播区より短く，早播区ではイワイノダイチがチクゴイズミより長かった（第３表）。この期間の平均気温は，早播区が標準播区より高く，早播区においては，イワイノダイチがチクゴイズミよりも低かった。この期間の平均日長には，播種期や品種による差異は認められなかった。

二重隆起形成期から開花期までに要する発育日数は，早播区が標準播区より長く，早播区においてはイワイノダイチがチクゴイズミより短く，標準播区

第３表　早播きおよび標準播きにおけるコムギ品種の各発育期間，その平均気温および平均日長

播種期	品種	発育期間			平均気温			平均日長		
		S-D	D-A	A-M	S-D	D-A	A-M	S-D	D-A	A-M
			(日)			(℃)			(時)	
極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	72	94	43	10.7	7.7	17.2	10.10	11.07	13.29
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	43	117	46	13.1	7.4	16.3	10.28	10.70	13.16
早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	70	87	41	8.7	8.4	17.7	9.99	11.22	13.31
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	48	106	44	10.0	7.8	17.4	10.04	10.91	13.26
標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	75	70	38	6.8	10.0	18.5	10.00	11.69	13.46
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	71	72	40	6.9	9.7	18.4	9.98	11.61	13.44
晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	72	62	37	6.0	11.3	19.3	10.10	11.88	13.49
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	71	60	39	6.0	11.1	19.1	10.10	11.84	13.46
	播種期	**	**	*	**	**	**	NS	**	**
	品種	**	**	**	*	NS	NS	NS	**	NS
	交互作用	**	**	NS	*	NS	NS	*	**	NS

S:播種期，D:二重隆起形成期，A:開花期，M:成熟期.分散分析は早播と標準播の間で行った。*，**，NSは5%水準で有意，1%水準で有意，有意差なしをそれぞれ示す。

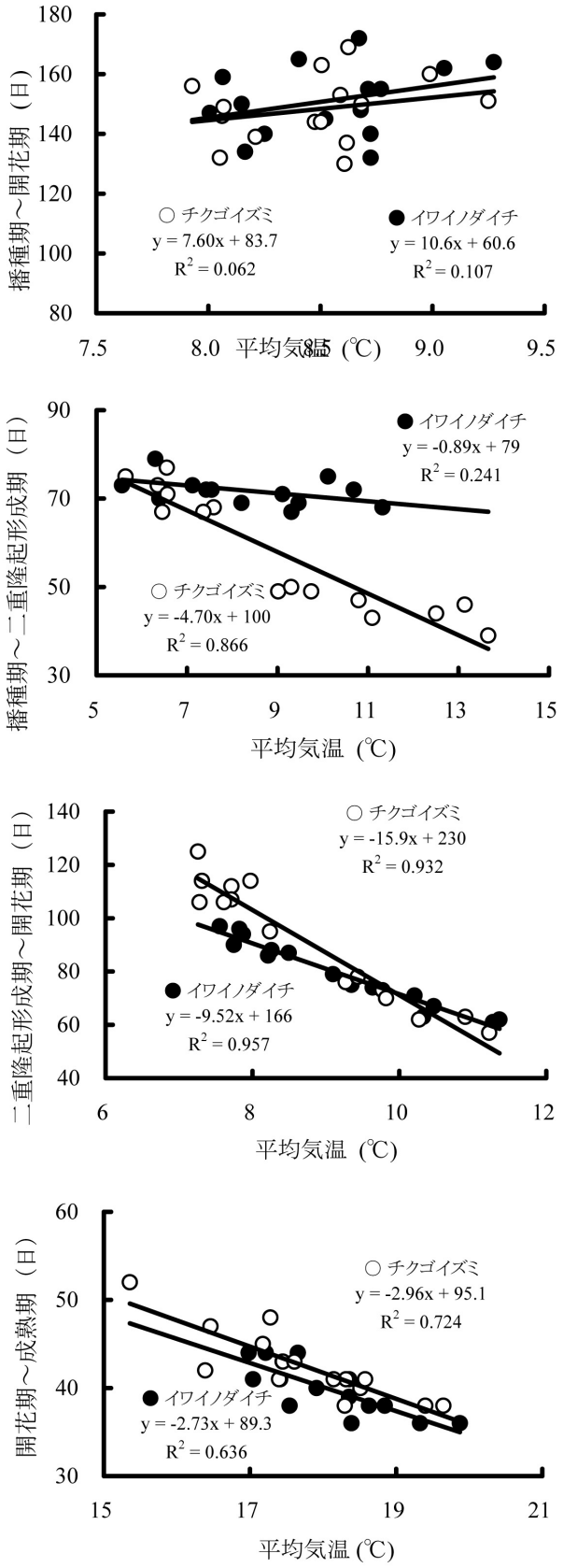
第２表　発育経過の播種期間・品種間差異

播種年次	播種期	播種期	品種	二重隆起形成期	頂端小穂形成期	茎立ち期	止葉展開期	出穂期	開花期	成熟期
1998	極早播	10/26	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/2	1/28	2/17	3/15	3/25	4/8	5/22
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/4	12/21	1/7	2/20	3/11	3/26	5/17
	早播	11/5	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/13	2/4	2/19	3/16	3/26	4/9	5/23
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/18	1/2	1/30	3/8	3/20	4/4	5/21
	標準播	11/24	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2/4	2/26	3/5	3/28	4/5	4/18	5/27
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	1/31	2/23	3/4	3/28	4/6	4/17	5/28
1999	極早播	10/25	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/8	2/2	2/4	3/19	3/29	4/14	5/25
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/8	1/7	1/15	3/17	3/27	4/11	5/23
	早播	11/5	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/15	2/14	2/22	3/25	4/4	4/18	5/26
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/24	1/23	2/6	3/19	4/4	4/16	5/27
	標準播	11/30	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2/11	3/7	3/14	4/9	4/16	4/25	5/31
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	2/11	3/5	3/16	4/4	4/17	4/24	6/1
2000	極早播	10/27	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/7	2/5	2/11	3/19	3/25	4/7	5/21
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/12	1/6	1/22	3/9	3/22	4/5	5/20
	早播	11/7	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/13	2/13	2/21	3/18	4/2	4/11	5/22
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/24	1/24	2/11	3/19	4/2	4/9	5/22
	標準播	11/27	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2/12	3/1	3/15	4/1	4/10	4/16	5/27
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	2/12	2/28	3/11	3/27	4/9	4/15	5/26
2001	早播	11/8	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/16	2/12	2/14	3/14	3/23	4/5	5/18
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/27	1/24	2/12	3/10	3/22	4/1	5/19
	標準播	11/22	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2/3	2/24	3/1	3/24	4/1	4/11	5/21
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	1/28	2/20	2/27	3/21	4/2	4/8	5/21
	晩播	12/5	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2/13	3/8	3/12	3/28	4/6	4/16	5/24
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	2/10	3/4	3/11	3/29	4/7	4/14	5/24
2002	早播	11/6	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/17	2/16	2/17	3/23	4/2	4/14	5/22
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/26	1/29	2/15	3/20	4/2	4/11	5/22
	標準播	11/20	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2/7	2/28	3/1	4/1	4/9	4/19	5/25
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	1/30	2/24	2/28	3/31	4/10	4/18	5/26
	晩播	12/10	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2/21	3/15	3/21	4/7	4/15	4/23	5/29
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	2/23	3/11	3/18	4/7	4/17	4/21	5/29
平均値	極早播	10/26	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/6	2/1	2/11	3/17	3/26	4/9	5/22
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/8	1/1	1/15	3/5	3/19	4/3	5/19
	早播	11/5	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1/14	2/11	2/18	3/19	3/29	4/11	5/22
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12/23	1/20	2/8	3/15	3/28	4/8	5/22
	標準播	11/24	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2/7	2/28	3/7	3/31	4/8	4/17	5/26
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	2/3	2/25	3/5	3/28	4/8	4/16	5/26
	晩播	12/7	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2/17	3/11	3/16	4/2	4/10	4/19	5/26
			ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	2/16	3/7	3/14	4/2	4/12	4/17	5/26

（月/日）。

では品種による差異は僅かであった。この期間の平均気温は，早播区が標準播区より低く，品種による有意な差異は認められなかったが，早播区ではイワイノダイチがチクゴイズミより高い傾向が認められた。この期間の平均日長は，早播区が標準播区より短く，イワイノダイチがチクゴイズミより長かった。

開花期から成熟期までに要する発育日数は，早播区が標準播区より長く，イワイノダイチがチクゴイズミより短かった。この期間に要する平均気温は，早播区が標準播区よりも低く，品種による差異は認

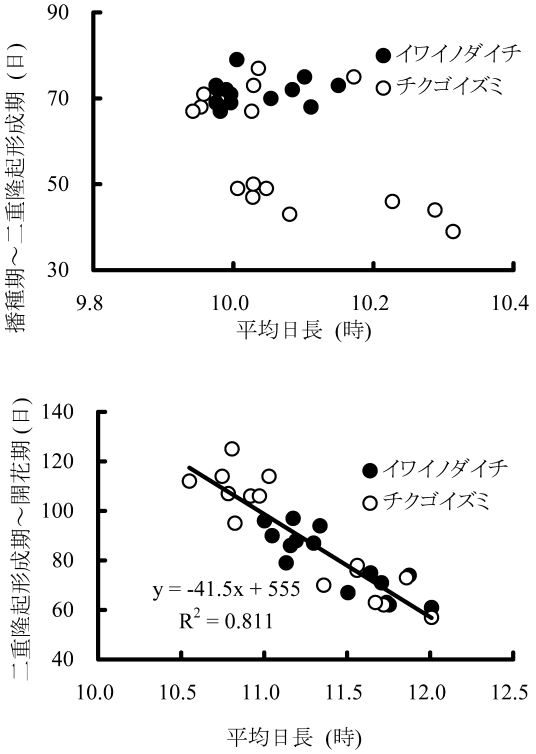


第２図　気温が発育経過に及ぼす影響

められなかった。なお，この期間の平均日長はコムギの発育にほとんど影響を及ぼさないと考えられている（Slafer and Rawson 1994）ため，解析の対象としなかった。

平均気温や平均日長が発育経過に及ぼす影響をさらに詳細に解析するため，散布図を用いて検討した（第２図）。播種期から開花期までをみると，両品種とも平均気温と発育日数との間には明確な関係が認められなかった。一方，播種期から二重隆起形成期までは，チクゴイズミでは平均気温の上昇に伴って発育日数が直線的に減少したが，イワイノダイチでは平均気温に関係なく発育日数はほぼ一定であった。二重隆起形成期から開花期までは，両品種とも平均気温の上昇に伴って発育日数が直線的に減少した。ただし，その様相は品種によって異なっており，低温条件下ではイワイノダイチはチクゴイズミより発育日数が短かった。開花期から成熟期では，両品種とも平均気温の上昇に伴って発育日数が直線的に増加し，平均気温が同じ場合の発育日数はイワイノダイチがチクゴイズミよりもやや短かった。

平均日長と発育経過との関係をみると（第３図），播種期から二重隆起形成期までの発育日数と日長との間には両品種とも明確な関係が認められず，二重隆起形成期から開花期までに要する発育日数は，両品種とも日長が長いほど短かった。



第３図　日長が発育経過に及ぼす影響

3）考　察

本実験において早播きしたイワイノダイチとチクゴイズミの出穂期や成熟期は，北部九州各地における栽培試験の結果（田谷ら　2003）とほぼ一致しており，両品種とも播種期を慣行の11月下旬から19日早めると，成熟期が4日早まることが確認できた。しかし，その発育経過は両品種間で大きく異なっており，イワイノダイチはチクゴイズミと比較して，播種期から二重隆起形成期までの発育日数は明らかに長いが，二重隆起形成期から開花期まで，開花期から成熟期までに要する発育日数は短いことが明らかとなった。

秋播性コムギでは，平均気温と播種期から二重隆起形成期まで発育日数との間に明確な関係が認められないこと（Porter et al.　1987），春播性コムギでは，平均気温が高くなるほど発育日数が短くなること（高橋・中世古　1992，江口・島田　2000）が報告されている。本研究の結果も同様のものであり，播種期から二重隆起形成期までにおける温度反応は，秋播性コムギのイワイノダイチと春播性コムギのチクゴイズミで大きく異なることが確認された（第2図）。これは，秋播性コムギのイワイダノダイチでは二重隆起形成期までにある程度の低温期間を経過することが必要なためと考えられる。なお，この期間の発育は長日によって促進されることも知られている（Slafer and Rawson　1994）。しかし，本研究においては，長日の影響は明確ではなかった（第3図）。これは，この期間における平均日長の変異が小さかったためではないかと考えられる。

二重隆起形成期から開花期までの発育日数は，イワイノダイチではチクゴイズミと同様に，平均気温の増加に伴って減少した。コムギの発育に低温が必要なのは二重隆起形成期までと考えられており（Flood and Halloran　1986，Porter et al.　1987），それ以降は，両品種とも平均気温の増加に伴って発育が促進されたと考えられる。また，この期間の発育日数は，日長の増加に伴って減少した。長日は，二重隆起形成期から開花期までにおける幼穂の発育を促進することが知られており（Flood and Halloran　1986，Slafer and Rawson　1994），高温と長日の両者が，この発育期間における幼穂の発育を促進している可能性がある。なお，本研究では，この期間における温度反応と日長反応を個別に解析することが困難であったため，温度反応や日長反応における品種間差異については検討していない。早播き栽培すると，イワイノダイチはチクゴイズミよりも二重隆起形成期から開花期までに要する日数が短かった。これは，イワイノダイチでは二重隆起形成期がチクゴイズミより遅いため，二重隆起形成期から開花期までの期間が高温かつ長日になり，このような気象条件の影響で発育日数が短くなったと考えられる。

開花期から成熟期までは平均気温が同じ場合，イワイノダイチはチクゴイズミより発育日数が短かった。すなわち，早播き栽培すると，イワイノダイチはチクゴイズミより開花期がやや遅れるが，成熟期はほぼ同じとなることが分かった。

以上のように，イワイノダイチを早播き栽培すると二重隆起形成期がチクゴイズミより22日も遅れるが，成熟期はほぼ同じであった。気象条件との関係を検討した結果，このように発育経過が異なるのは，少なくとも播種期から二重隆起形成期までと，開花期から成熟期までにおける両品種の温度反応が異なるためであると考えられた。このことは，早播きしたイワイノダイチの生育特性を理解し，最適な栽培技術を開発する上で極めて重要な知見と考えられる。

2．イワイノダイチの穂の発育

イワイノダイチを早播き栽培すると，チクゴイズミと比較して，1穂小穂数は多いが，1穂粒数は同じかやや少ないことが報告されている（注：平成10，11，12，13，14年度　九州地域試験研究成績・計画概要集－麦作・なたね－）。穂の発育の特徴を検討することは収量の形成過程を理解するうえで極めて重要なことである。しかし，イワイノダイチにおける穂の発育過程に関する報告はみあたらないので，本章ではこの問題について検討した。

コムギの穂には10～25の小穂が形成され（Rawson　1970，Lucas　1972，Kirby　1974，Rahman and Wilson　1977など），各小穂には8前後の小花原基が分化するが，これらの中には退化・不稔・成熟不良となるものもあり，最終的な粒となるのは，各小穂基部側の1～4の小花である（Langer and Hanif　1973, Whingwiri and Stern　1982，Sibony and Pinthus　1988など）。このような穂の発育の結果，1穂小穂数，1穂小花数，1穂粒

数，千粒重などの穂の諸形質が決定する。

本研究では，穂の発育期間の長さや温度に着目しながら，早播きしたイワイノダイチの１穂小穂数および１穂小花数の成立過程を解析した。なお，1穂粒数と千粒重の成立過程については，Ⅱ－５において解析した。

１）材料と方法

秋播性コムギ品種イワイノダイチ（秋播性程度Ⅳ）および春播性コムギ品種チクゴイズミ（秋播性程度Ⅰ～Ⅱ））を用いた。耕種概要および調査方法は，Ⅱ－１と基本的に同じで，異なるのは以下の点である。

葉齢4.0の生育段階から７～10日間隔で，幼穂の長さを測定するとともに，発育段階を同定した。すなわち，いずれの播種期，品種においても20個体程度を採取し，その中から草丈，茎数，葉齢が平均的な６個体を選定した。これらの６個体の主茎について，実体顕微鏡下で幼穂の長さと発育段階を調査し，二重隆起形成期および頂端小穂形成期を同定した。二重隆起形成期は茎頂中央部において小穂原基の形成が明確となる時期であり，発育相の転換点と考えられる（末次1962）。頂端小穂形成期は，幼穂の先端に頂端小穂原基が形成される時期であり，この段階で１穂小穂数が決定される。これらの発育段階の前後には調査回数を増やし，二重隆起形成期および頂端小穂形成期における幼穂長を正確に測定した。

また，穂の諸形質を調査するため，開花期の約５日後に試験区当たり４本の主茎を採取し，1穂小穂数および１穂小花数を調査した。小花数の調査にあたっては，1穂のすべての小穂をピンセットで解剖し，肉眼で雌ずいが確認できたものを小花とした。そして，1穂小花数を１穂小穂数で割った値を１小穂小花数とした。

２）結　果

（１）幼穂の形成過程

コムギの茎頂において幼穂が形成される様相は，年次に関わらずほぼ同様であった。すなわち，早播区についてみると，両品種とも葉齢が3.0の段階では小型の茎頂がフード状の葉原基に包まれた状態であった。その後，茎頂は次第に長くなり，その側面に一重の隆起（single ridge）が複数，認められるようになった。チクゴイズミでは葉齢が5.0～5.5，茎頂の長さが0.73mm の段階で茎頂中央部に複数の二重の隆起（double ridge）が認められる二重隆起形成期となり，その後，各小穂原基が急速に大きくなり，各小穂原基には小花原基が複数形成された（第４図）。小穂原基の発育は，幼穂中央部から頂端側と基部側の両方向へ進んだ。そして，幼穂の長さが2.42mm の段階で頂端小穂原基の基部に小花原基が形成され，頂端小穂形成期と同定できた。一方，イワイノダイチでは葉齢が5.0～5.5の段階で茎頂の長さは0.60～0.70mm であったが double ridge は認められず，茎頂は single ridge の状態でさらに長くなり，葉齢が6.0～6.5，茎頂の長さが1.12mm の段階で二重隆起形成期と同定できた。その後，イワイノダイチの幼穂は急速に発育し，幼穂の長さが2.92mm となった段階で頂端小穂形成期と同定できた。

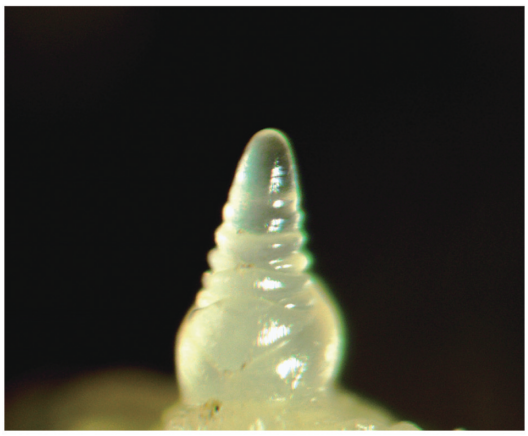
標準播区についてみると，両品種とも生育の初期段階における茎頂の形状は，早播区と同様であった。二重隆起形成期となるのは，チクゴイズミは葉齢が5.0，茎頂の長さが0.76mm の段階，イワイノダイチは葉齢が5.0～5.5，茎頂の長さが0.82mm の段階であった。その後，幼穂は急速に発育し，チクゴイズミでは葉齢が6.0～6.8，幼穂長が2.14mm の段階，イワイノダイチでは葉齢が6.5～7.0，幼穂長が2.66mm の段階で頂端小穂形成期と同定できた。

幼穂長の推移をみると（第５図），早播区ではイワイノダイチよりチクゴイズミの方が幼穂の発育が早く進んだが，標準播区では，両品種の違いは僅かであった。

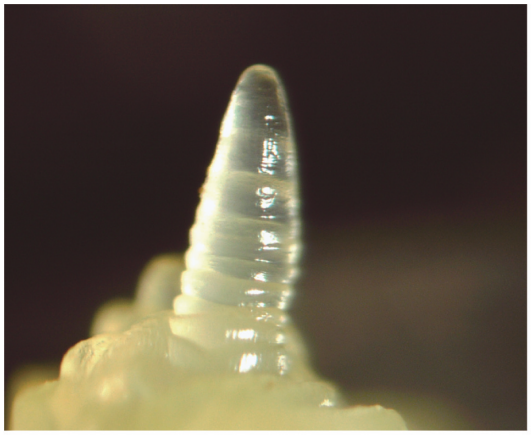
（２）穂の形態的特性

二重隆起形成期における幼穂は，標準播区より早播区の方が長かった。また，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が幼穂が長く（第４表），特に早播区において品種間差異が顕著であった。頂端小穂形成期における穂長は，早播区と標準播区との間に差異は認められなかったが，品種間差異は認められ，二重隆起形成期と同様にチクゴイズミよりイワイノダイチの方が長かった。

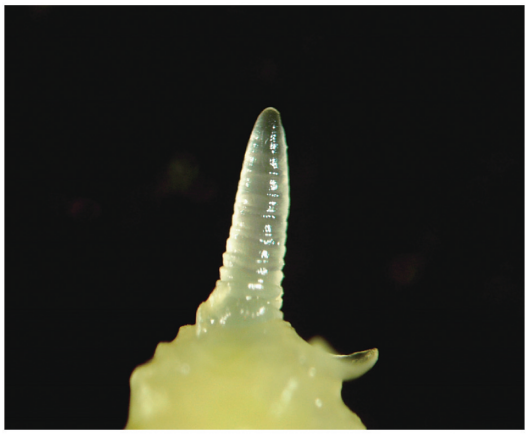
１穂小穂数は，早播区と標準播区との間で差異は認められなかったが，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が多かった。一方，1小穂小花数は，早播区と標準播区との間で差異は認められなかったが，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が少なかった。その結果，1穂小花数は，早播区と標準播区との間



イワイノダイチ
（×90，2003 年 12 月 25 日撮影）



チクゴイズミ
（×90，2003 年 12 月 25 日撮影）



イワイノダイチ
（×40，2004 年 1 月 23 日撮影）



チクゴイズミ
（×20，2004 年 1 月 23 日撮影）

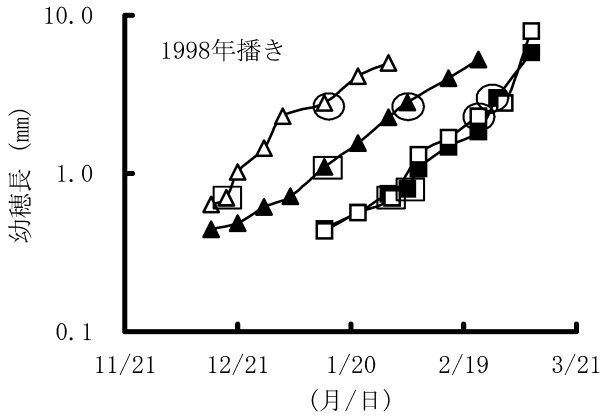
第 4 図　早播き栽培したコムギ品種の茎頂（幼穂）の実体顕微鏡写真

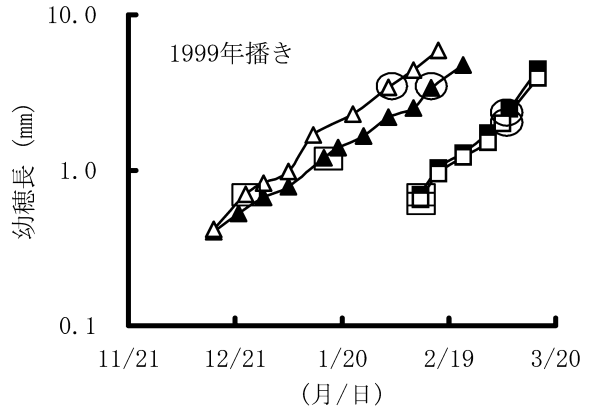
イワイノダイチについてみると，12月25日には茎頂には単隆起しか認められず，栄養生長期の段階あると判断される。その後，茎頂は，隆起の数を増やしながら穏やかに伸長し，1月23日においては二重隆起が認められるようになる（二重隆起形成期）。チクゴイズミについてみると，12月25日には二重隆起が認められる（二重隆起形成期）。その後，茎頂は，縦方向に小穂原基の数を増やすとともに，各小穂原基においては小花の原基が分化し，1月23日には，幼穂先端に頂端小穂が認められるようになる（頂端小穂形成期）。

や品種間で差異は認められなかった。極早播区と晩播区を含めて播種期間による差異をみると，1 穂小穂数には明確な傾向が認められなかったが，1穂小花数は播種期が早いほど少ない傾向が認められた。形質間の関係をみると（第 6 図），1 穂小穂数と 1 小穂小花数の間には，イワイノダイチでは負の相関関係が認められ，チクゴイズミでも有意ではないが負の相関関係は認められた。1 穂小穂数と 1 穂小花数の間には，両品種とも相関関係は認められなかった。一方，1 小穂小花数と 1 穂小花数の間には，両品種とも正の相関関係が認められた。

（3）各発育期間における生育要因・気象要因の差異

各発育期間における生育日数，有効積算温度，および平均気温を第 5 表に示した。播種期から二重隆起形成期までの生育日数は，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が長く，標準播区より早播区の方が短かった。特に早播区においては，品種間の差異が顕著であった。この期間の有効積算温度は，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が高かったが，播種期による差異は認められなかった。一方，平均気温は標準播区より早播区の方が高く，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が低かった。





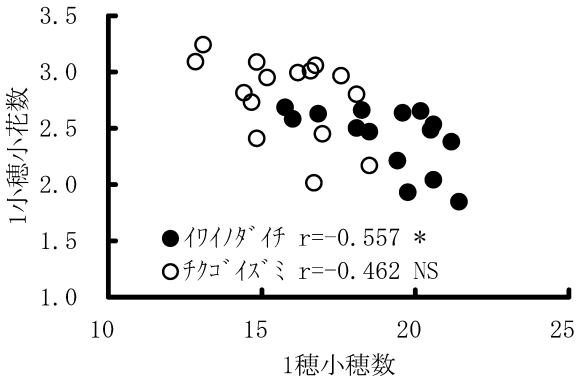
第５図　幼穂長の推移

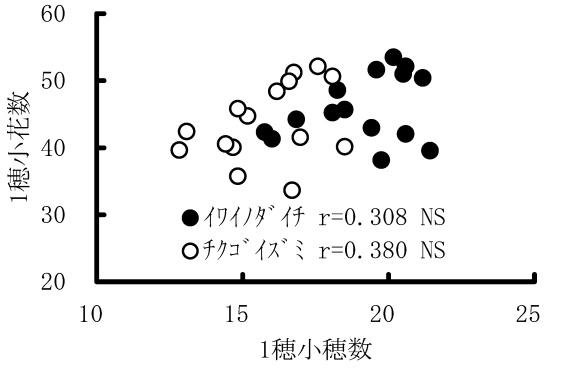
▲：イワイノダイチイワ（早播区），△：チクゴイズミ（早播区），■：イワイノダイチ（標準播区），□：チクゴイズミ（標準播区），□囲み：二重隆起形成期，○囲み：頂端小穂形成期。

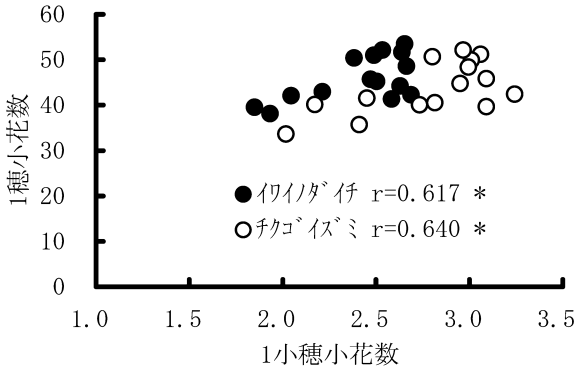
二重隆起形成期から頂端小穂形成期までの生育日数，有効積算温度および平均気温には，品種や播種期による差異は認められなかった。頂端小穂形成期から開花期までの生育日数は，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が短く，早播区が標準播区より長かった。特に，早播区においては，品種による差異が顕著であった。この期間の有効積算温度は，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が低く，標準播区より早播区の方が高かった。一方，この期間の平均気温は，早播区が標準播区より早播区の方が低く，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が高かった。

（４）各発育期間における発育要因・気象要因と穂の形態との関係

播種期から頂端小穂形成期までの発育要因・気象要因と１穂小穂数との関係，また，頂端小穂形成期から開花期までの発育要因・気象要因と１小穂小花数・１穂小花数との関係について解析した（第６表，第７図）。







第６図　１穂小穂数，1小穂小花数が１穂小花数に及ぼす影響

＊，NS は５％水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。

１穂小穂数と生育日数，有効積算温度，および平均気温との間には，両品種とも有意な相関関係は認められなかった。両品種を込みにした場合は，1穂小穂数と生育日数および有効積算温度との間には正の相関関係が認められた。１小穂小花数や１穂小花数と生育日数や有効積算温度との間には負の相関関係が，また平均気温との間には有意な正の相関関係が認められた。

第４表 穂の形態的諸形質の播種期間・品種間差異

		幼穂長(mm)		1穂	1小穂	1穂
		D	T	小穂数	小花数	小花数
極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1.12	3.38	19.3	2.19	41.3
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	0.68	2.48	16.7	2.20	36.5
早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1.12	2.92	19.3	2.32	44.6
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	0.73	2.42	15.5	2.83	43.9
標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	0.82	2.66	18.3	2.61	47.6
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	0.76	2.14	15.2	3.02	45.5
晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	0.85	2.80	20.7	2.52	52.0
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	0.80	2.25	16.9	2.98	50.3
	播種時期	*	NS	NS	NS	NS
	品種	**	*	**	**	NS
	交互作用	**	NS	NS	NS	NS

主茎を調査対象とした。Dは二重隆起形成期，Tは頂端小穂形成期．極早播区は3年間，早播区，標準播区は5年間，晩播区は2年間の平均値。分散分析は早播区と標準播区の間で行った。*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。

第５表 各発育期間の日数，有効積算温度および平均気温の播種期間・品種間差異

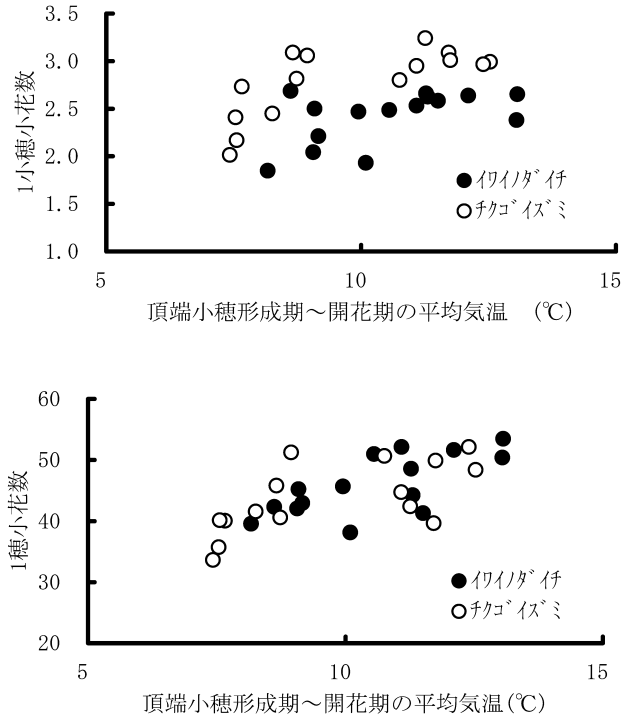
		S-D (日)	D-T (日)	T-A (日)	S-D (℃日)	D-T (℃日)	T-A (℃日)	S-D (℃)	D-T (℃)	T-A (℃)
極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	72	27	68	766	146	581	10.7	5.5	8.6
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	43	24	93	562	171	698	13.1	7.3	7.5
早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	70	28	59	607	154	572	8.7	5.5	9.8
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	48	28	78	474	164	655	10.0	6.2	8.4
標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	75	22	48	504	144	554	6.8	6.8	11.5
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	71	22	50	489	133	563	6.9	6.1	11.3
晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	72	23	39	427	187	509	6.0	8.3	13.1
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	71	19	41	428	152	511	6.0	8.0	12.5
	播種時期	**	NS	**	NS	NS	*	**	NS	**
	品種	**	NS	**	**	NS	*	*	NS	**
	交互作用	**	NS	**	*	NS	*	*	NS	**

S:播種期，D:二重隆起形成期，T:頂端小穂形成期，A:開花期。有効積算温度における基底温度は0℃とした。極早播区は3年間，早播区，標準播区は5年間，晩播区は2年間の平均値。分散分析は早播区と標準播区の間で行った。*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。

第６表　発育・気象要因と穂の諸形質の相関係数

		日数		有効積算温度		平均気温	
ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1穂小穂数	0.298	NS	0.066	NS	-0.023	NS
	1小穂小花数	-0.492	NS	-0.259	NS	0.522	*
	1穂小花数	-0.692	*	-0.584	*	0.702	**
ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	1穂小穂数	-0.031	NS	0.356	NS	0.124	NS
	1小穂小花数	-0.790	**	-0.765	**	0.715	**
	1穂小花数	-0.726	**	-0.754	**	0.646	**
両品種を込みにした場合	1穂小穂数	0.470	**	0.423	*	-0.086	NS
	1小穂小花数	-0.374	*	-0.252	NS	0.423	*
	1穂小花数	-0.707	**	-0.678	**	0.683	**

1穂小穂数は播種期～頂端小穂形成期，1小穂小花数，1穂小花数は頂端小穂形成期～開花期における相関係数を示した。15作期のデータを用いた。*，**，NSは5%，1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。



第７図　小花の発育期間の平均気温が１穂小花数に及ぼす影響

３）考　察

茎頂の形態的な変化をみると（第４表，第５表，第４図，第５図），早播区における播種期から二重隆起形成期までの生育日数はチクゴイズミよりイワイノダイチの方が長く，これに伴い二重隆起形成期の茎頂が長かった。一方，二重隆起形成期から頂端小穂形成期までの生育日数や有効積算温度には，品種間差異は認められなかった。このことから，イワイノダイチの茎頂は二重隆起形成期までにチクゴイズミより長くなり，これに伴い１穂小穂数が多くなったと考えられる。標準播区における播種期から二重隆起形成期までの生育日数はチクゴイズミよりイワイノダイチの方がやや長く，このことが，チクゴイズミよりイワイノダイチで１穂小穂数が多い一因として挙げられる。

形質間の相互関係をみると（第５図），1穂小花数は，両品種とも１穂小穂数との間に有意な相関関係が認められなかったが，1小穂小花数との間に正の相関関係が認められた。このことから，1穂小花数の決定においては，1穂小穂数より１小穂小花数の影響が大きいと考えられる。

１穂小穂数と生育日数や気象要因との関係をみると（第６表），イワイノダイチはチクゴイズミより，１穂小穂数が決定する播種期から頂端小穂形成期までの生育日数が多く，有効積算温度が高く，これに伴い１穂小穂数が多いという傾向が認められた。しかし，それぞれの品種についてみると，生育日数・気象要因と１穂小穂数との間には明確な関係は認められなかった。このことから，播種期から頂端小穂形成期までに要する生育日数や有効積算温度は，1穂小穂数における品種間差異の一因とはなりうるが，それぞれの品種における１穂小穂数の決定を規定する主要因ではないと考えられる。

１小穂小花数，1穂小花数と生育日数・気象要因との関係をみると（第６表，第７図），イワイノダイチはチクゴイズミより，1小穂小花数の決定に大きな影響を与える頂端小穂形成期から開花期までの生育日数が短く，有効積算温度が低く，これに伴い

１小穂小花数が少ないという傾向が認められた。それぞれの品種についてみると，１小穂小花数や１穂小花数は，頂端小穂形成期から開花期までの平均気温との間に正の相関関係が認められ，1穂小花数については，両品種を込みにした場合も，この期間の平均気温との間に高い正の相関関係が認められた。このことは，１穂小花数は，品種に関係なく頂端小穂形成期から開花期までの平均気温に強く規定されることを示唆している。

以上のように，イワイノダイチを早播き栽培すると，チクゴイズミの場合より播種期から頂端小穂形成期までの生育が長く，これに伴い１穂小穂数が多かったが，１穂小花数に差異は認められなかった。これは，１穂小花数は１穂小穂数より１小穂小花数に強く規定されており，また，１小穂小花数や１穂小花数は頂端小穂形成期から開花期までの平均気温が高いほど１小穂小花数が多く，その結果，１穂小花数が多くなったからである。また，早播区では頂端小穂形成期から開花期までの平均気温が標準播区より低いため，両品種とも早播き栽培すると１穂小花数が少なくなりやすいと考えられる。

３．イワイノダイチの葉と茎の発育

コムギの早播き栽培において収量を向上させるためには，葉や茎の空間的な配置を改善し，個体群の光合成能力を高くするとともに，同時に耐倒伏性も強くしなければならない。また，早播き栽培で問題となる凍霜害を回避する上でも（稲村ら　1958，藤田　1997），土入れ，踏圧などの栽培管理を適切に行う上でも，コムギの茎の発育を検討する必要がある。そこで本章では，イワイノダイチとチクゴイズミを播種期をかえて栽培し，出葉過程や茎の伸長過程がどう変化するか，またそれに伴って節位別の葉・茎の形態がどう異なるかを検討し，早播きした秋播性コムギ品種イワイノダイチにおける葉および茎の形態的な特徴を明らかにしようとした。

１）材料と方法

秋播性コムギ品種イワイノダイチ（秋播性程度Ⅳ）および春播性コムギ品種チクゴイズミ（秋播性程度Ⅰ～Ⅱ）を実験に用いた。栽培・調査方法はⅡ－１と同じ場合が多いので，とくに本章で異なる点についてのみ記載する。

各処理区から約20個体を７～10日間隔で採取し，その中から生育が平均的な６個体を選定して，実体顕微鏡下で主茎の幼穂の長さを測定するとともに発育段階を同定した。稈長も測定した。また，生育期間中，2，3回，各処理区から約20個体を採取し，その中で生育が平均的な10個体を選定して，主茎の葉について葉身長と葉鞘長を測定した。さらに，処理区当たり４個体について，主茎の葉齢を７～10日間隔で調査した。葉齢の判定にあたっては，最上位の展開を完了した葉をＮとすると，抽出中のＮ＋１葉の先端がＮ葉葉身の半分の高さに達したときをＮ＋0.5，Ｎ葉葉身の先端と同じ高さに達したときをＮ＋１とし，その他の中間段階は比例的に等分して小数点で表示した。また，葉齢の進みは積算温度に強く規定されていることが報告されている（Kirby 1995）ので，両者の関係を解析し，積算温度に対する葉齢回帰直線の傾きを求め，その逆数を出葉間隔（℃日）とした。葉齢を調査した主茎は開花期の3，4日後に採取し，総葉数，穂長，稈長，葉位・節位別の葉および茎の形態的諸形質を測定した。葉身の幅は最大の部位で測定し，各節間の直径は節間の中央部位の長径と短径をデジタルノギスで測定して平均した。開花期における葉位・節位の記載にあたっては，穂首節間を第Ⅰ節間，止葉を第Ⅰ葉とし，下方向にⅡ，Ⅲとした。

２）結　果

（１）葉齢の推移と総葉数

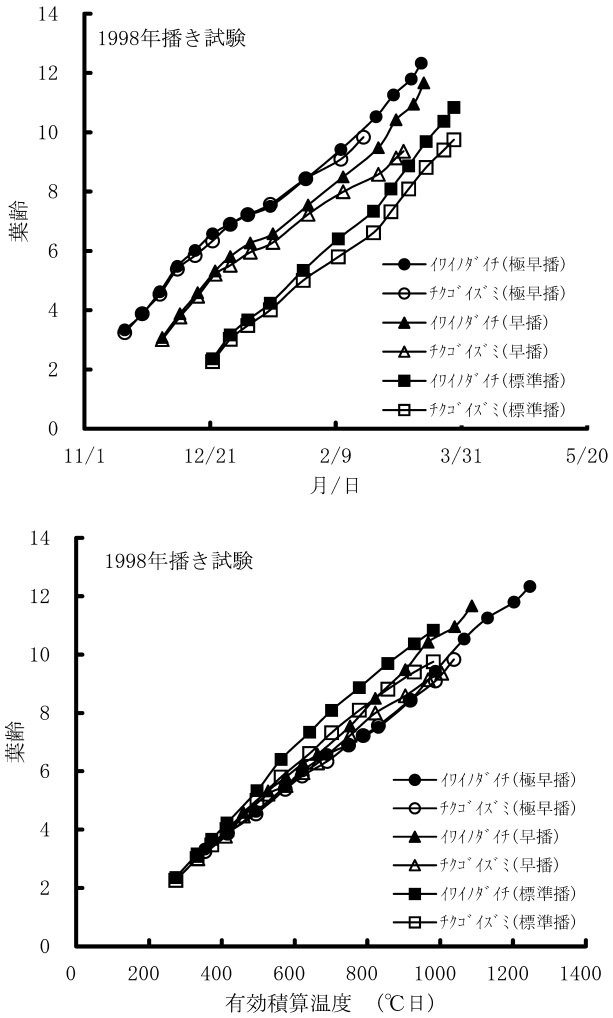
葉齢の推移をみると（第８図），極早播区においては，品種間の差異は僅かであったが，早播区，標準播区では，チクゴイズミよりイワイノダイチは出葉速度が速く，生育に伴い葉齢の差が次第に拡大していった。積算温度と葉齢との間には密接な関係がみられ，出葉期間を通じて葉齢は積算温度の増加に伴い直線的に増加した。出葉間隔（℃日）は，標準播区より早播区の方が長く，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が短かった（第７表）。

止葉の展開，出穂，開花の時間的な相互関係をみると（第２表），播種期が早いほど止葉の展開が早く，播種期が同じ場合はイワイノダイチよりチクゴイズミの方が早かった。このような止葉展開時期における品種間差異は，播種期が早いほど大きかった。止葉展開期から出穂期までの生育期間はチクゴイズミよりイワイノダイチの方が短く，出穂期から開花期までの生育期間はイワイノダイチよりチクゴイズ

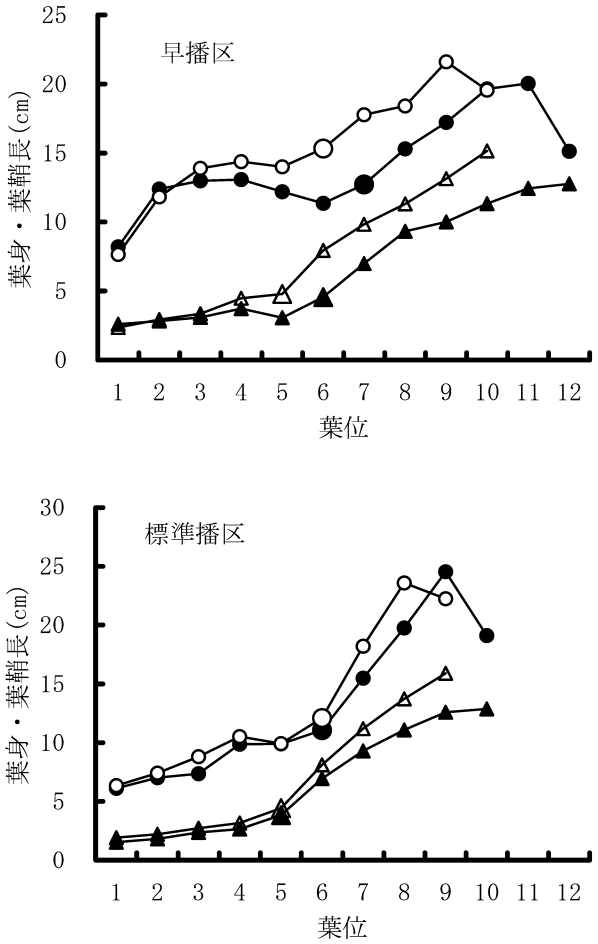
第７表　葉および茎の形態的諸形質の播種期間・品種間差異

播種期	品種	総葉数	上位葉数	出葉間隔（℃日）	穂長（cm）	稈長（cm）	節間数
極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	12.7	5.2	95.6	9.5	88.1	5.4
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	10.4	5.0	107.9	8.5	78.4	5.0
早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	11.4	5.1	87.8	10.1	84.2	5.1
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	9.6	4.9	102.4	8.7	84.8	4.9
標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	10.4	5.0	84.5	9.8	77.8	5.0
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	9.3	4.5	91.6	8.5	77.3	4.8
晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	9.5	4.8	87.0	10.0	75.5	4.6
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	9.0	4.5	91.6	8.8	76.1	4.5
播種期		*	NS	**	NS	NS	*
品種		**	*	**	**	NS	NS
交互作用		**	NS	NS	NS	NS	NS

上位葉数は二重隆起形成期以降に出現した葉数，節間数は5㎜以上の節間数を示す。極早播区は3年間，早播区，標準播区は5年間，晩播区は2年間の平均値を示し，分散分析は早播区と標準播区について行った。*，**，NSは5%，1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。



第８図　葉齢の推移の播種期間・品種間差異



第９図　葉身長・葉鞘長の葉位別変化

●，▲：イワイノダイチの葉身長，葉鞘長，○，△：チクゴイズミの葉身長，葉鞘長。1999年播試験。マーカーのサイズを大きくしたのは，その前後で葉長の増加が急になることを示す。

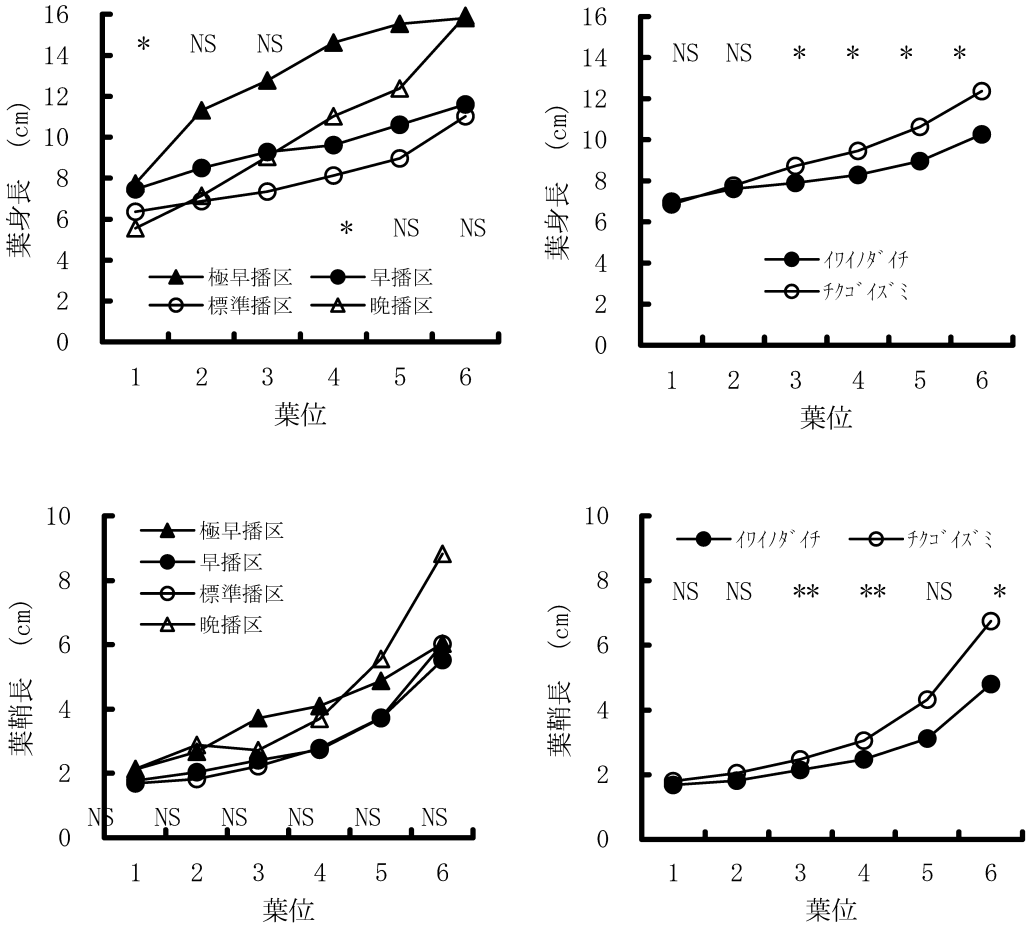
ミの方が短かった。

両品種とも播種期が早いほど主稈の総葉数が多く，その傾向はイワイノダイチで顕著であった（第７表）。また，主稈の総葉数は，いずれの播種期の場合もチクゴイズミよりイワイノダイチの方が多かった。総葉数の中で二重隆起形成期以降に出葉した葉数，すなわち上位葉数は，早播区と標準播区の間では有意差が認められなかったが，極早播区，晩播区を含めると播種期が早いほど多い傾向が認められた。また，上位葉数はチクゴイズミよりイワイノダイチの方が多かった。なお，定量的な測定は行わなかったが，開花期の生葉数はいずれの年次・播種期においてもイワイノダイチが3.5～4.0枚，チクゴイズミが3.0～3.5枚と，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が多いことが確認できた。

（２）葉位別の葉の形態

葉位別の葉身長と葉鞘長の変異は，年次によらずほぼ同様の傾向が認められた。例えば，1999年播きの栽培実験の結果をみると（第９図），いずれの品種，播種期においても葉身長および葉鞘長は葉位が上がるにつれてゆるやかに増加し，その後，急に増加した。葉身長，葉鞘長が急に増加する葉位は，早播区ではイワイノダイチの方が１葉ほど高く，標準播区では両品種でほぼ同じであった。この場合，葉鞘長が急速に増加する葉位は，葉身より１葉ほど低かった。

下位６葉について，さらに詳しく解析した（第10図）。播種期に着目して比較すると，葉身長は標準播区より早播区の方が長く，極早播区はさらに長く，晩播区は葉位の増加に伴い急に長くなる傾向が認められた。一方，葉鞘長は早播区と標準播区の間で差

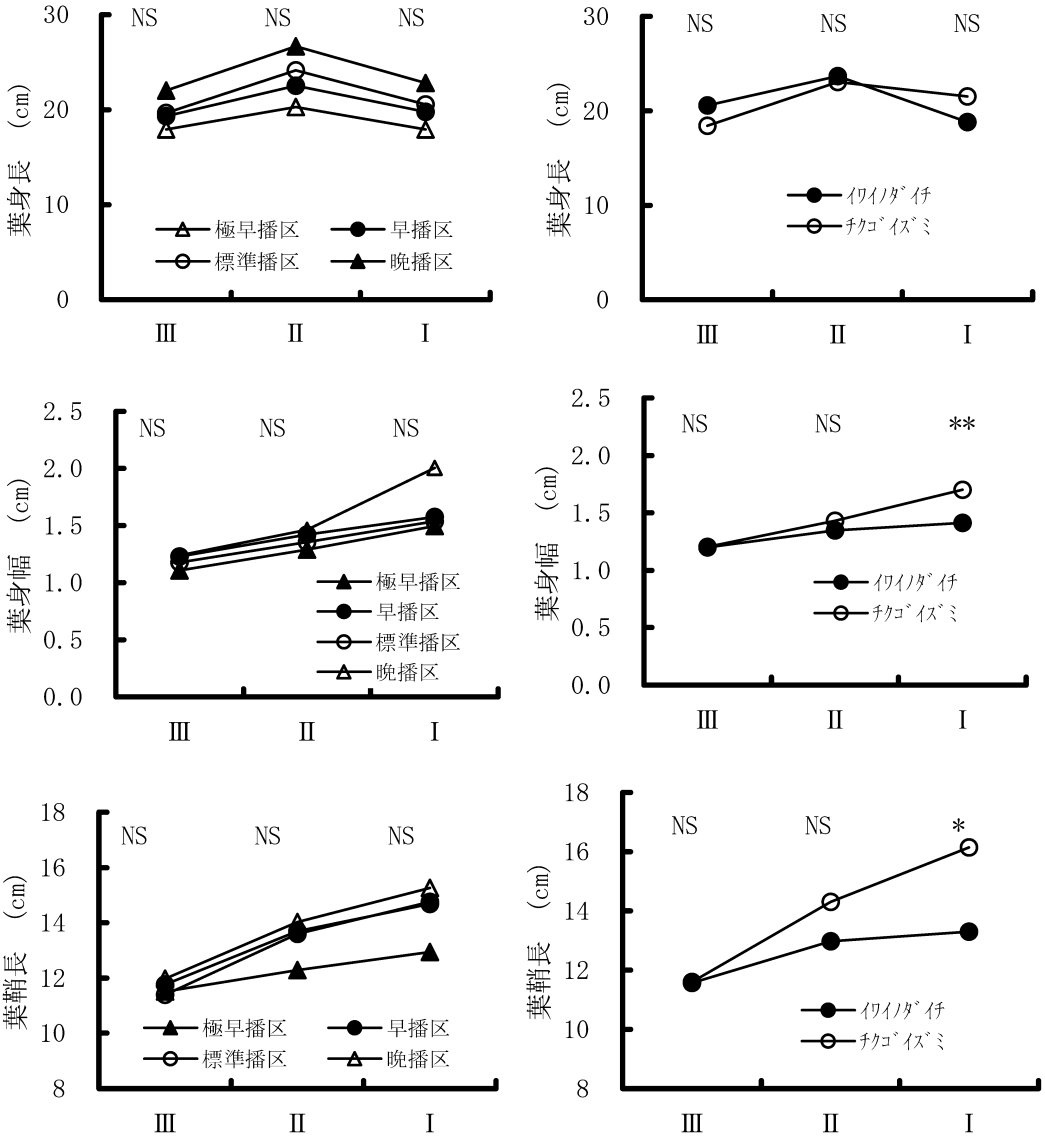


第10図　下位葉における葉身長・葉鞘長の播種期間・品種間差異

下位の葉から順に1，2・・とした。＊，＊＊，NS は早播区・標準播区間あるいは品種間で５％，1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。交互作用はいずれの場合も有意ではなかった。

異が認められなかったが，極早播区で長く，晩播区では葉身の場合と同様に急に長くなる傾向が認められた。品種間で比較すると，葉身，葉鞘ともに第1，2葉については品種間差異は認められなかったが，葉位が増加するに伴って，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が短くなった。

上位３葉についても，さらに詳しく解析した（第11図）。葉身長は，早播区と標準播区の間で有意差が認められなかったが，極早播区と晩播区を含めると，播種期が早いほど短い傾向が認められた。葉身幅は，早播区と標準播区の間で有意差は認められなかったが，晩播区では第Ⅰ葉身幅が広い傾向が認められた。葉鞘長は早播区と標準播区の間で有意差が認められなかったが，極早播区では第Ⅰ，Ⅱ葉の葉鞘長が短い傾向が認められた。品種間で比較すると，いずれの葉位においても葉身長に有意な品種間差異は認められなかったが，イワイノダイチではチクゴイズミより第Ⅰ葉の葉身が短いが，第Ⅲ葉の葉身長は長い傾向が認められた。また，イワイノダイチではチクゴイズミより第Ⅰ葉の葉身幅が狭かったが，第Ⅱ，Ⅲ葉では差異は認められなかった。葉鞘長をみると，第Ⅰ，Ⅱ葉の葉鞘はチクゴイズミよりイワイノダイチで短かったが，第Ⅲ葉の葉鞘には品種間差異は認めらなかった。



第11図　上位葉における葉身長・葉鞘長の播種期間・品種間差異

止葉から下方向にⅠ，Ⅱ，Ⅲとした。＊，＊＊，NS は早播区・標準播区間あるいは品種間で５％，1％水準で有意，5％水準で有意でないことをそれぞれ示す。交互作用はいずれの場合も有意ではなかった。

（３）幼穂・稈の伸長過程および穂長・稈長

播種期が早いほど茎立ち期も早かった。また，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が茎立ちが遅かったが（第２表），その差は播種期が早いほど大きく，極早播区で27日，早播区で10日，標準播区と晩播区で２日であった。なお，茎立ち期は播種期や品種に関係なく，頂端小穂形成期の後であった。茎立ち期以降，稈は急速に伸長し（第12図），開花期ころに伸長を停止した。幼穂の伸長と稈の伸長の相互関係をみると，まず幼穂が急速に伸長し，その後，稈が急速に伸長した。この間の幼穂長と稈長との関係や茎立ち期における幼穂長には，品種や播種期による明確な差異は認められなかった。

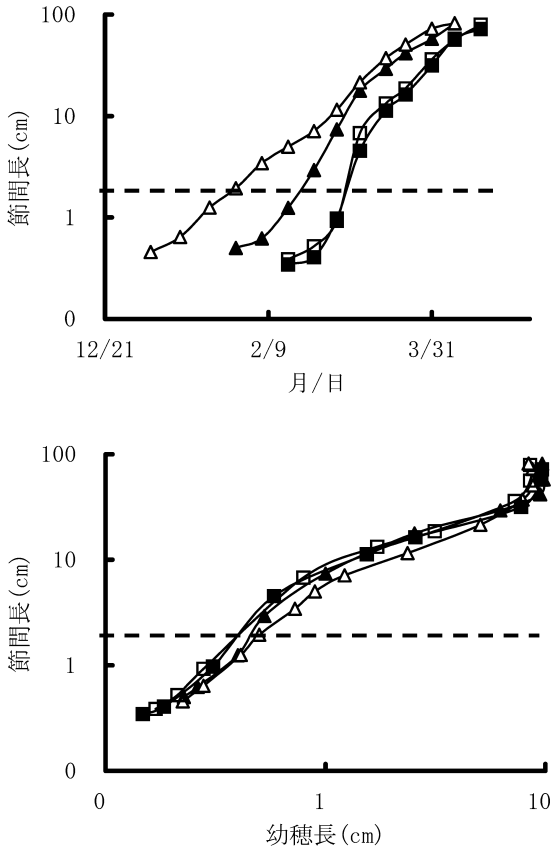
最終的な穂長は，播種期に関係なく，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が長かった（第７表）。稈長は，早播区と標準播区の間および品種間で有意な差異は認められなかった。しかし，早播区，標準播区，晩播区を通じてみると，播種期が早いほど稈長が長い傾向が認められた。イワイノダイチの稈長は早播区より極早播区の方がさらに長く，チクゴイズミでは早播区より極早播区の方が短かった。

気温と稈の伸長との関係をみると（第13図），両品種とも，茎立ち期から開花期までの平均気温と稈の伸長速度との間には直線的な関係が認められたが，茎立ち期から開花期までの平均気温が低いほど最終的な稈長は長かった。ただし，茎立ち期が極めて早い極早播区のチクゴイズミでは，茎立ち期から開花期までの平均気温が低くても，稈長は短かった。

（４）節位別の節間の形態

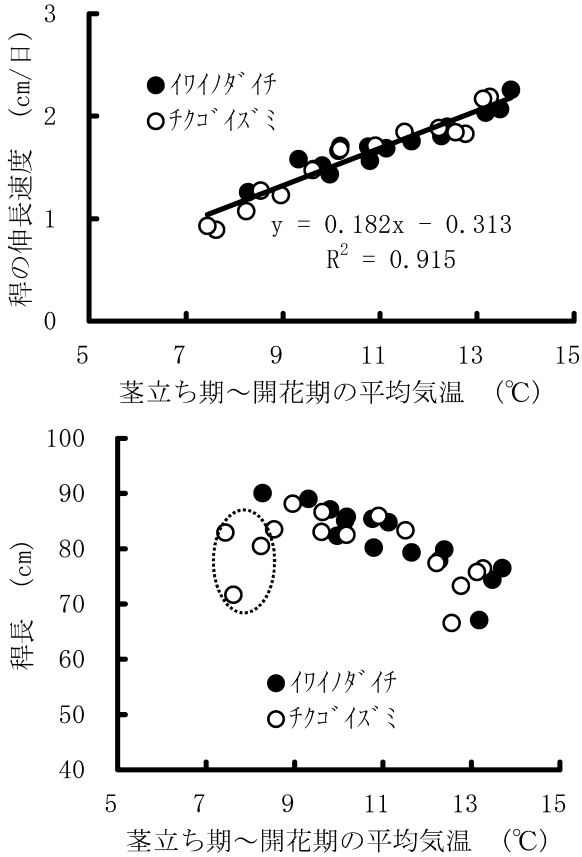
標準播区より早播区の方が節間数が多く，品種間の差異は認められなかった（第７表）。極早播区におけるイワイノダイチの節間数は早播区より多かったが，チクゴイズミでは早播区とほぼ同じであった。晩播区の節間数は両品種とも，標準播区より少なかった。

節間長は，播種期や品種に関係なく，上位節間ほど長かった（第14図）。播種期で比較すると，第Ⅰ，Ⅴ節間長は，標準播区より早播区の方が長く，特に



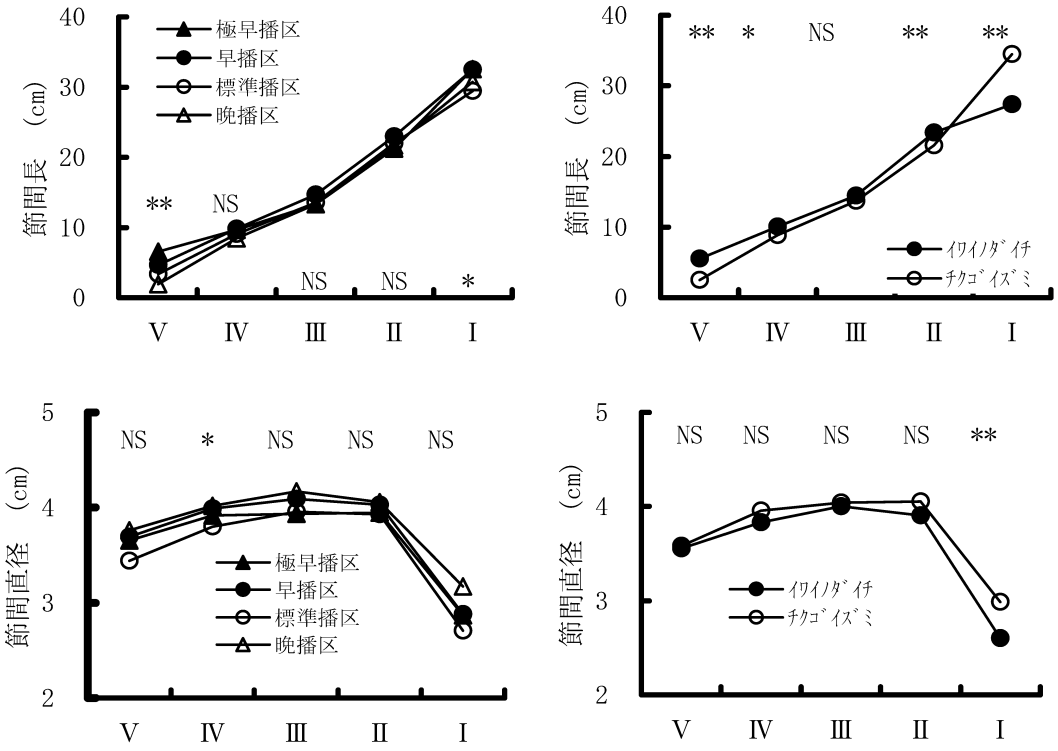
第12図　コムギ品種における節間の伸長過程

▲イワイノダイチ（早播き），■イワイノダイチ（標準播き），△チクゴイズミ（早播き），□チクゴイズミ（標準播き）。点線は茎立ち期を示す。



第13図　気温が稈の伸長に及ぼす影響

上図の回帰直線は両品種を込みにして示した。下図の点線内は極早播区のチクゴイズミを示す。



第14図　節位別節間長の播種期間・品種間差異

＊，＊＊,NS は早播区・標準播区間あるいは品種間で５％，1％水準で有意，5％水準で有意でないことをそれぞれ示す。交互作用はいずれの場合も有意でなかった。

第Ⅴ節間長は，播種期が早いほど長かった。品種間で比較すると，イワイノダイチはチクゴイズミより相対的に下位の節間が長く，上位の節間が短かった。

節間直径は第Ⅰ節間が最も細く，第Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ節間は太く，第Ⅴ節間はやや細かった。節間直径は，播種期による差異が明確ではなかった。品種で比較すると，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が第Ⅰ節間は細く，その他の節間の直径では品種間差異は認められなかった。

3）考　察

コムギの出葉間隔（℃日）については，生育期間を通してほぼ一定であること，播種期が早いほど長いこと，品種によって異なることが報告されている（Baker et l. 1980，Kirby 1995，Mcmaster 1997）。本研究においても，ほぼ同様の結果が得られ（第８図，第７表），またチクゴイズミよりイワイノダイチの方が出葉間隔（℃日）が短いことが明らかとなった。

葉身長・葉鞘長の葉位別の変異をみると（第９図），早播区ではチクゴイズミよりイワイノダイチの方が葉身長・葉鞘長が長くなる葉位が高かったが，標準播区では品種間差異は認められなかった。葉位による葉の形態の変化には，幼穂形成が関連していると考えられている。すなわち，コムギでは葉位別の葉身長・葉鞘長はゆるやかに増加し，二重隆起形成期以降は急に増加することが明らかになっており（Gallagher 1979），ペルニアルライグラスでも幼穂形成に伴って葉の伸長が一時的に促進されることが報告されている（Pardons and Robson 1980，Kemp et al. 1989）。本研究においても，早播区ではチクゴイズミよりイワイノダイチの方が二重隆起形成期が遅く，葉身長・葉鞘長が急に増加する葉位も高かったが，標準播区では両品種の二重隆起形成期がほぼ同じであり，葉身長・葉鞘長の推移もほぼ同じであったことから，葉身長・葉鞘長が急に増加する葉位は幼穂形成と関連していることが示唆される。この場合，葉身長と葉鞘長との間には，長さが急激に変化する葉位に１葉のずれが認められた。山崎（1963）も，イネの葉身長と葉鞘長の変化に１葉のずれがあることを報告し，ある特定の要因が作用する時期に伸長している葉身およびそれと同伸関係にある１葉下の葉鞘に，同時にその影響が現れた結果と考察している。本研究では，ある葉身と，同伸関係にある１枚下の葉鞘の伸長が，幼穂形成によっ

て同時に促進されたものと推察される。

下位葉の形態をみると，播種期が早いほど葉身長は長く，晩播区では葉位の増加に伴って急に葉身長が増加した。コムギの葉の伸長は低温下で抑制されることが報告されている（Friend et al. 1962, White et al. 1990）。そこで，葉の伸長期間の気温についてみると，極早播区における下位葉の伸長期間は，11月の気温の高い時期であるが，播種期が遅くなるほど，下位葉の伸長期間の気温は低くなった。そして，晩播区における第4，5葉の伸長期は，2月中下旬であり，気温が高くなり始める時期であった。これらのことから，伸長期間の気温が高いほど，下位葉の葉身長が長くなったと考えられる。播種期による葉鞘長の差異にも葉身長の場合と同様の傾向がみられたが，実際の差異は比較的小さかった。このことは，葉鞘長は葉身長に比べて，気温等の条件によって変化しにくい形質であることを示唆している。

上位葉の形態をみると（第11図），葉身長は播種期が早いほど短かった。これも，播種期が早いと葉身が伸長する時期の温度が低いことが原因と考えられる。上位葉の形態を品種間で比較すると，イワイノダイチはチクゴイズミより第Ⅰ葉（止葉）の葉身・葉鞘が短く，葉身幅も狭かった。これには，幼穂と第Ⅰ葉の発育の時期的な関係が両品種で異なっていたことが関係している可能性がある。すなわち，イワイノダイチでは，二重隆起形成期以降に出葉する葉数，すなわち上位葉数がチクゴイズミより多く，止葉展開期から出穂期までの日数が短かったこと（第７表）から，第Ⅰ葉と幼穂の発育時期が近かったと考えられる。このため，イワイノダイチでは幼穂と第Ⅰ葉の間の競合関係が強く，第Ⅰ葉の発育が抑制されたのではないかと推察される。

イワイノダイチは，早播き栽培すると茎立ちは遅いが早く出穂する特性を持った品種であり（田谷ら2003），本研究においても，早播き栽培すると茎立ち期はチクゴイズミより10日も遅れるが，出穂期は１日しか遅れず，開花期も３日しか遅れなかった（第２表）。なお，イワイノダイチはチクゴイズミよりも出穂期から開花期までの期間が長かった。この点について，イワイノダイチはチクゴイズミより止葉展開期から出穂期までが短く（第２表），また，出穂期における稈長が短いことが確認されている。これらのことから，イワイノダイチでは出穂期における穂や稈の発育がチクゴイズミより遅れており，そのために出穂期から開花期までの期間が長いと考えられる。また，稈の伸長速度は，品種に関係なく平均気温と密接な関係にあったこと（第13図）から，早播き栽培におけるイワイノダイチの稈が急速に伸長したのは，主にこの期間の平均気温が高いためと推察される。

コムギの節間伸長は幼穂の発育と密接に関係していると考えられている（末次 1962，Kirby 1985，Hay 1986）。本研究においても，茎立ち期はいずれも頂端小穂形成期の後であったことから，幼穂が一定の発育段階に達しないと急速な節間伸長が始まらないことが示唆される。一方，わが国においては，茎立ち期の幼穂が長いという性質が凍霜害の回避と早生化を同時に実現するための育種目標として注目され（稲村ら 1958），早播きした秋播性早生コムギは茎立ち期の幼穂が長いため，茎立ち期から出穂期までが短いことが報告されている（藤田 1997）。しかし，本研究の結果からは，茎立ち期の幼穂長には大きな品種間差異はなく，早播きしたイワイノダイチは，茎立ち期以降に高温によって幼穂および節間が急速に伸長するため，茎立ち期は遅いが出穂期や開花期は早いと考えられる。

茎の形態を播種期間で比較すると（第７表），播種期が早いほど稈長が長い傾向が認められた。暖地のコムギにおいては，播種期が同じ場合は開花期が早い品種ほど稈長が短いことが報告されている（田谷 1993）。一方，播種期が異なる場合は，早播き栽培すると開花期が早くても稈長は長いことが報告されており（伊藤・曾我 1967），その原因として，早播きによって生育期間が長くなることが挙げられている（藤吉 1953）。本研究においても，早播区は標準播区より生育期間が長いことに伴って総葉数や伸長節間数が多く，そのため稈長が長かったと推察される。また，稈の伸長期間の気温が低いほど，稈長が長かった（第13図）と考えることも可能である。ただし，極早播区のチクゴイズミでは，稈の伸長期間の平均気温が低いにもかかわらず，稈長は短かった。これは，チクゴイズミでは，播種時期を早めると，総葉数や伸長節間数が増加せずに茎立ち期が早まり，稈の伸長時期の気温が極めて低かったためと推察される。藤吉（1953）も春播性品種は播種期が早すぎると稈長が短くなることを確認し，同様

の考察を行っている。なお，早播き栽培では稈長は長くなったが，上位の葉身長は短くなった。このように，播種期が異なることに対して葉身と節間の反応が異なる原因としては，葉身は節間より伸長時期が早いので低温の影響を強く受けやすいことや，葉身の伸長は節間より温度の影響を受けやすいことなどが考えられる。

茎の形態を品種間で比較すると（第７表，第14図），稈長には品種間差異が認められないものの，イワイノダイチはチクゴイズミより上位節間が相対的に短かった。これも，チクゴイズミよりイワイノダイチの第Ⅰ葉が小さかったことと同様に，幼穂と上位節間の発育時期が近かったことと関連しているのではないかと推察される。また，チクゴイズミよりイワイノダイチの第Ⅰ節間の方が細かったことは，両品種における幼穂の発育の相違と関連している可能性がある。すなわち，穂の側生器官がよく発達する水稲品種は，第Ⅰ節間が太い傾向にあり（福嶌 1999a），両器官の発育に相互関係があることが示唆されている（福嶌　1999b）。また，Ⅱ－２においては，チクゴイズミはイワイノダイチと比較して，１小穂小花数が多いこと，すなわち，側生器官がよく発達することを明らかにした。この結果は，幼穂における側生器官の発育と第Ⅰ節間の肥大が相互に関連していることを示唆している。

以上をまとめると，早播き栽培したコムギ品種における葉・茎の形態の一般的な特徴として，下位葉が長いこと，上位葉が短いこと，稈長が長いことが挙げられる。これは，早播き栽培すると葉や茎の発育期間が変わり，その期間の平均気温が変化するためと考えられた。早播きしたイワイノダイチでは，止葉が短く，上位節間が相対的に短いことが挙げられた。これは，イワイノダイチでは幼穂の発育や茎立ち期がチクゴイズミより遅れることと関連していると考えられる。

４．イワイノダイチの分げつの発育

秋播性コムギ品種を暖地で栽培すると，最高分げつ数は春播性品種より著しく多くなるが，最終的な穂数には大きな差異がないことが報告されている（藤吉　1953，伊藤・曾我　1967，真鍋ら　1983）。しかし，個々の分げつの発育を追跡調査した報告はみあたらない。コムギの収量形成過程を明らかにするうえで，分げつ数の推移と，その結果としての穂数の決定の様相を理解することは極めて重要である。コムギの分げつは，主茎の出葉に伴って規則的に出現し，その後も葉を展開することが知られている（片山　1951）。出現した分げつは，出葉速度が低下して無効分げつとなる場合と，出葉を続けて出穂に至る場合とがあり，このような発育の結果，個体全体の穂数が決定することになるからである。そこで本章では，イワイノダイチとチクゴイズミを播種期を変えて栽培して分げつの発育の様相を検討することを通して，早播きしたイワイノダイチにおける穂数の成立過程の特徴を明らかにしようとした。

１）材料および方法

実験には，秋播性コムギ品種イワイノダイチ（秋播性程度Ⅳ）および春播性コムギ品種チクゴイズミ（秋播性程度Ⅰ～Ⅱ）を用いた。耕種概要は，Ⅱ－１と同様である。

1998年播きの栽培実験では，個々の分げつの発育を追跡調査した。すなわち，実験区当たり10個体を無作為に抽出し，その個体のすべての分げつの葉齢を継続的に調査した。調査の頻度は，11，12，3，4月は１週間に１回，1，2月は２週間に１回とした。調査に際しては，生育に伴って出現する主要な分げつにビニール製のカラーリングを被せ，個々の分げつの次位や節位を識別した。その場合，鞘葉の腋から出現する分げつを TC，第１葉の腋から出現する分げつを T1，以降順に T2，T ３…と表記した。また，2次分げつについては，T １のプロフィルの腋から出現する分げつを T １ P，T １の第１葉の腋から出現する分げつを T11というように順に表記した。

すべての分げつに関する葉齢調査から，個体当たりの分げつ数の推移を把握しようとした。すなわち，最終的に無効分げつとなるものは，次第に出葉速度が低下し，やがて出葉が停止して枯死に至るという様相を示すことが分かっているので，出葉速度が主茎の半分以下となった時点で，その分げつを無効分げつとみなして数に含めないことにし，個体当たりの分げつ数の推移を検討した。

また，5年間に渡り，15作期の栽培実験を行い，葉齢が７～８の時点および開花期に実験区当たり0.91㎡におけるすべての個体を採取し，茎数および穂数を測定し，単位面積当たりの茎数および穂数を算出した。そして。穂数を最高茎数で割った値を有

効化率とした。なお，葉齢が７～８の時点では分げつの出現が停止していると考えられるので，この時期における茎数を最高茎数とした。

２）結　果

（１）分げつの発育

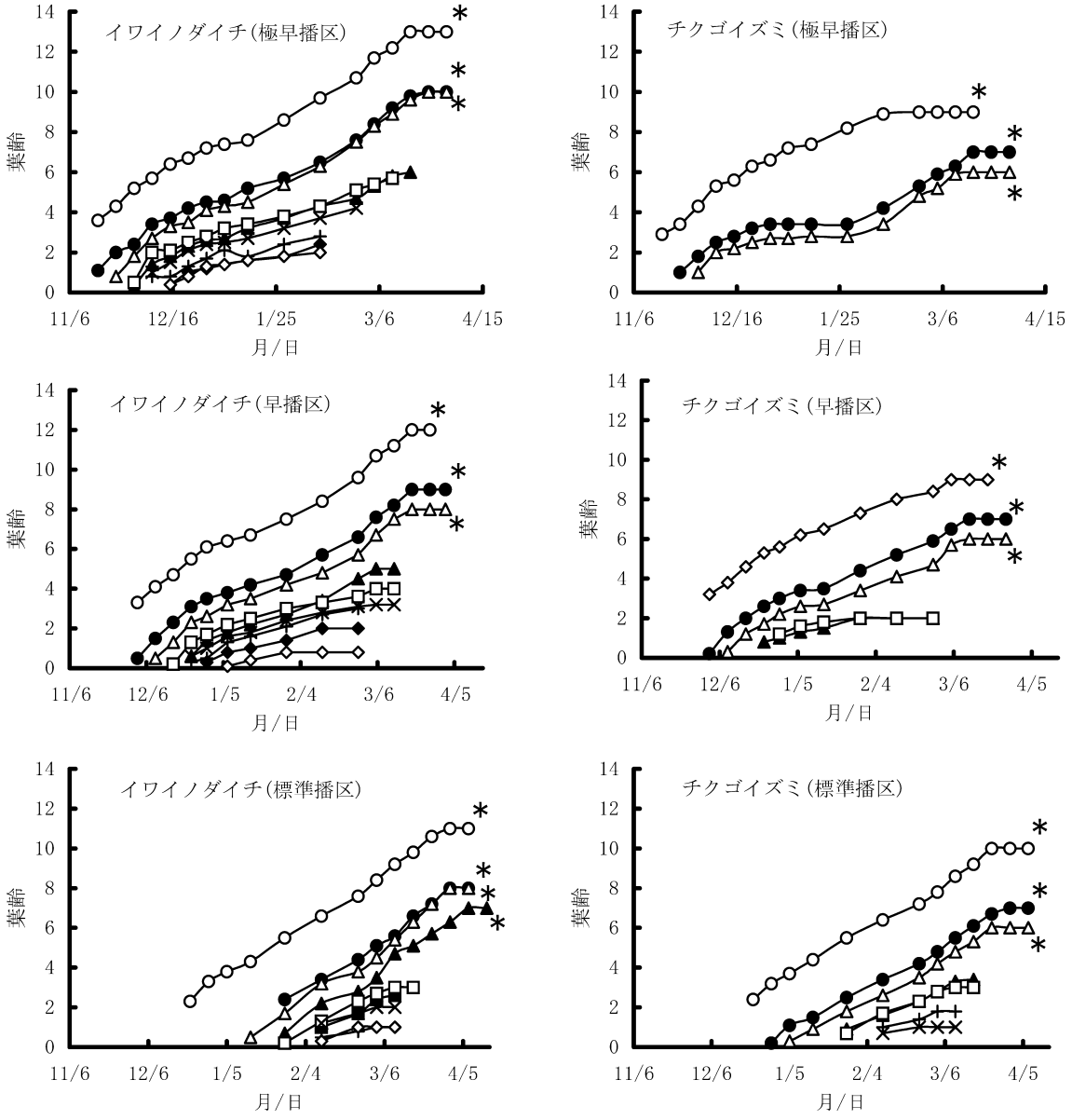
主茎における葉齢の推移をみると（第８図），極早播区においては，品種間の差異はわずかであったが，早播区，標準播区においては，イワイノダイチはチクゴイズミよりイワイノダイチの方が出葉速度が速く，生育に伴い葉齢の差が次第に拡大した。

分げつは，主茎の発育に伴って規則的に出現し，順次，葉を展開した（第15図）。すなわち，Ｔ１は

第８表　主茎および分げつの総葉数

		主茎	T1	T2
極早播区	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	12.5	10.0	9.2
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	9.5	6.7	6.1
早播区	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	11.5	8.5	8.0
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	9.4	6.7	6.0
標準播区	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	10.9	8.0	7.3
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	9.8	7.0	6.5

主茎は30個体の平均値，T1，T2はその中の有効茎の平均値を示す。



第15図　分げつの葉齢の推移

○：主茎，●：T1，△：T2，▲：T3，◆Ｔ４：，□：Ｔ１Ｐ，＋：T11，×：Ｔ２Ｐ，◇：T21，＊：出穂したことを示す。調査した30個体の中で平均的な１個体について図示した。

主茎の第４葉とほぼ同時に出現し，Ｔ２は主茎の第５葉よりやや早く，Ｔ３およびその同伸分げつに相当するＴ１Ｐは主茎の第６葉よりやや早く，Ｔ４およびその同伸分げつに相当するT11とＴ２Ｐは主茎の第７葉よりやや早く，それぞれ出現した。同伸分げつに相当するＴ３とＴ１Ｐについてみると，極早播区および早播区ではＴ３よりＴ１Ｐがやや早く，標準播区ではほぼ同時に出現した。また，同伸関係にあるT4，T11，Ｔ２Ｐについてみると，いずれの播種期においてもＴ２Ｐ，T11，Ｔ４の順にやや早く出現した。TCの出現時期は不規則であり，Ｔ１より早い場合から，Ｔ２の出現とほぼ同時の場合までの変異があった。なお， TCの出現の有無は，その後の４年間の実験の結果からみると，品種間や播種期間の差異より土壌の乾湿や播種深度などに左右されやすかった

最終的に有効分げつとなる分げつにおける出葉速度は主茎とほぼ同じであり，T1，Ｔ２の出穂期は主茎より2，3日遅く，これより高位・高次の分げつではさらに遅かった。ただし，極早播区のチクゴイズミのT1,Ｔ２における出葉速度は主茎より明らかに遅くなるが再び早くなり，主茎より約７日遅れて出穂する場合があった。一方，最終的に無効分げつとなる分げつでは，いずれの播種期・品種においても次第に出葉速度が低下し，出葉が停止したり，出葉中の葉が黄化した。出葉速度が低下する時期は，低位・低次の分げつより高位・高次の分げつの方が早かった。無効分げつの最終的な出葉数は一般に１～４枚であったが，極早播区のイワイノダイチでは６枚以上も葉が出現した後に無効化する分げつも認められた。なお，本調査における分げつの無効化は，いずれも高位・高次の分げつから順に枯死に至るもので，茎立ち後に主茎や低位・低次の分げつが枯死に至る幼穂凍死型凍霜害による無効化はまったく認められなかった。

有効分げつの総葉数は，いずれの処理区においても，同伸葉理論の理論値より１枚多いか，同数であった（第８表）。すなわち,Ｔ１は主茎より2，3枚少なく，Ｔ２は主茎より3，4枚少なく，この関係はさらに高位・高次の有効分げつにおいても保たれていた。

（２）次位・節位別にみた分げつの出現率および出穂率

T1，Ｔ２はいずれの播種期・品種においても出現率が高く，出穂率も高かった（第９表）。Ｔ３はいずれの品種も出現率は高かったが，出穂率はチクゴイズミよりイワイノダイチの方が高く，特に標準播区のイワイノダイチで高かった。Ｔ１Ｐは同伸分げつのＴ３より出現率はやや低く，出穂率は明らかに低かった。イワイノダイチではT4，T11，Ｔ２Ｐの出現率も高く，さらに高位・高次の分げつが出現することもあったが，これらの分げつのほとんどが無効化した。チクゴイズミではT4，T11，Ｔ２Ｐの出現率は低く，そのほとんどが無効化した。

以上のように，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が高位・高次の分げつの出現率が高いため，個体当たりの分げつの出現数は多かった。しかし，これらの分げつは無効化することが多く，その結果，個体当たりの出穂数の差異は比較的小さかった。

（３）個体当たりの分げつ数の推移

極早播区および早播区では，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が分げつ数の増加速度が大きく，増加期間も長かった（第16図）。標準播区においては，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が分げつ数の増加速度は大きかったが，増加期間はほぼ同じで，両品種とも分げつ数は２月下旬に最大となった後，3月上旬に急激に減少した。

分げつ数の推移と幼穂の発育段階との関係をみると，極早播区および早播区のチクゴイズミの分げつ数は二重隆起形成期まで急激に増加し，それ以降も若干増加したが，次第に減少した。極早播区および早播区のイワイノダイチでは分げつ数は二重隆起形成期以前に最大となり，その後ゆるやかに減少し，頂端小穂形成期以降は比較的急速に減少した。この場合，頂端小穂形成期までに無効化するのは主にT4，T11，Ｔ２Ｐなどの高位・高次の分げつであり，頂端小穂形成期以降に無効化したのは主にT3,Ｔ１Ｐであった。標準播区における分げつ数は，両品種とも二重隆起形成期まで急激に増加し，それ以降もやや増加するものの，頂端小穂形成期以降急激に減少した。

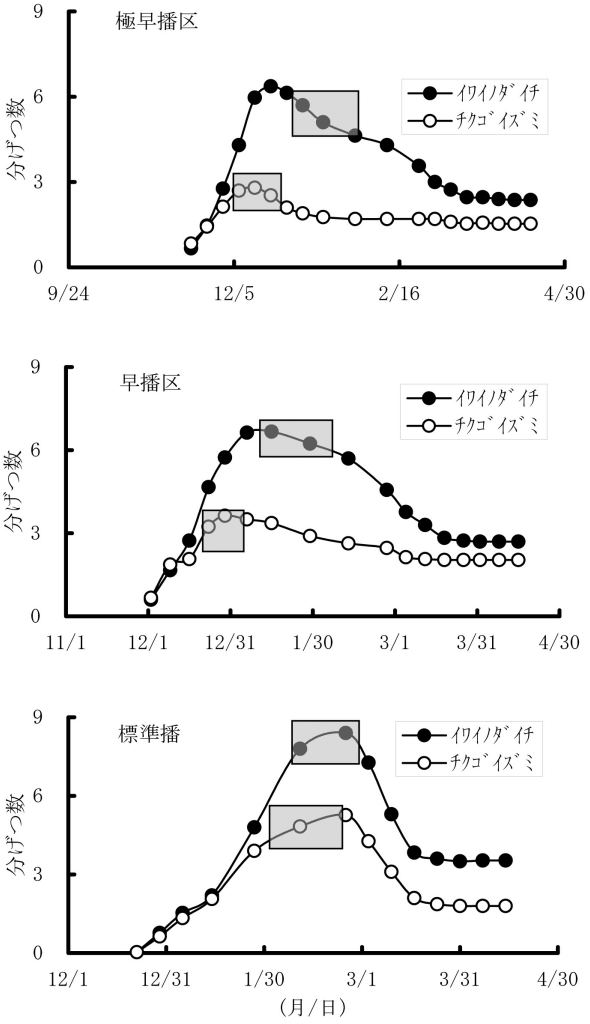
（４）単位面積当たりの最高茎数および開花期の穂数

早播区と標準播区における最高茎数に差異は認め

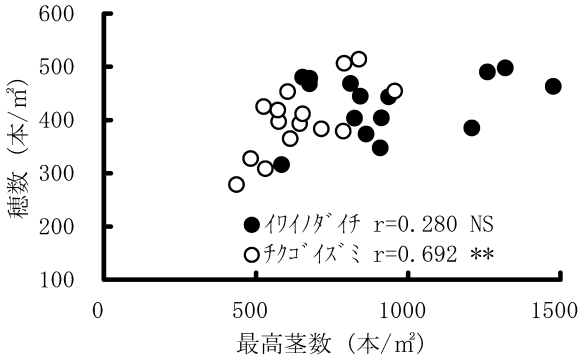
第９表　次位・節位別にみた分げつの出現率，および出穂率

		TC	T1	T2	T3	T4	T1P	T11	T2P	T#
分げつの出現率(%)										
極早播区	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	7	83	100	100	70	60	67	73	(103)
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	0	80	93	60	0	23	13	10	(0)
早播区	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	17	93	100	100	73	87	73	80	(67)
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	10	97	100	83	3	57	20	10	(0)
標準播区	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	50	87	100	100	90	83	80	90	(180)
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	30	97	100	93	30	77	57	47	(7)
出穂率(%)										
極早播区	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	0	70	87	43	3	13	10	10	(0)
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	0	60	80	17	3	3	0	0	(0)
早播区	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	7	90	93	40	10	13	10	7	(0)
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	3	87	90	20	0	3	0	0	(0)
標準播区	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	40	87	93	70	20	23	7	3	(10)
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	13	80	77	17	0	0	0	0	(0)

調査した30個体における次位・節位別の(総分げつ数/30)，および(総穂数/30)。T#：その他の分げつの出現数，出穂数の合計を個体数で割った値。



第16図　個体当たりの分げつ数の推移
各値は30個体の平均値，灰色の四角は二重隆起形成期～頂端小穂形成期までの期間を示す。



第17図　最高茎数と穂数の関係
＊＊は１％水準で有意，NS は有意でないことを示す。

られず，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が多かった（第10表）。また，早播区と標準播区で有効化率に差異は認められず，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が低かった。その結果，開花期の穂数に播種期や品種による差異は認められなかった。極早播区および晩播区も含めてみると，イワイノダイチの最高茎数は播種期が早いほど多いが有効化率は低い傾向を示したため，結局，播種期による穂数の差異は認められなかった。一方，チクゴイズミでは，播種期による最高茎数，有効化率，および穂数の差異はほとんど認められなかった。チクゴイズミでは最高茎数と穂数との間に有意な正の相関関係が認められたが，イワイノダイチではそのような関係は認められなかった（第17図）。

第10表　最高茎数および穂数の播種期間・品種間差異

播種期	品種	最高茎数（本/㎡）	有効化率	穂数（本/㎡）
極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1198	0.34	399
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	628	0.64	400
早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	988	0.48	447
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	684	0.64	420
標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	784	0.55	422
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	618	0.62	376
晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	748	0.63	463
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	659	0.64	418
播種時期		NS	NS	NS
品種		**	*	NS
交互作用		NS	NS	NS

有効化率=穂数/最高茎数。極早播区は3年間，早播区，標準播区は5年間，晩播区は2年間の平均値。分散分析は早播区と標準播区の間で行った。*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。

3）考　察

コムギの分げつ数に関する従来の研究をみると，一般的な生育調査の結果から個々の分げつが無効化するかどうかを正確に判断することが困難であったり（Hay　1986），また個々の分げつの発育について詳細な追跡調査を行った場合は，品種，播種期および調査個体数が限られており（Davidson and Chevalier　1990，李・山崎　1994），分げつ数の推移に関する詳細な報告は少なかった。本研究においては多数の個体について，分げつの発育を詳細に追跡調査することによって，早播きしたイワイノダイチにおける分げつ数の推移の特徴を明らかにした。

本研究において分げつ出現の規則性について調査したところ，播種期や品種による大きな違いは認められず，同伸葉理論（片山　1951）から予測される結果とほぼ一致することが確認できた。同伸葉理論に基づくと，個体当たりの分げつ数は，主茎の出葉速度と次位・節位ごとの分げつの出現率によって決まることになる。本研究において，チクゴイズミよりイワイノダイチにおいて個体当たりの分げつ数の増加速度が大きかったのは，極早播区では高次・高位の分げつの出現率が高かったためであり，早播区と標準播区では高次・高位の分げつ数の出現率が高く，かつ主茎の出葉速度がやや早かったためである。

分げつ数の推移と幼穂の発育段階との関係をみると，両品種をいずれの時期に播種した場合も，分げつ数が急激に増加するのは二重隆起形成期までであった（第16図）。二重隆起形成期は栄養生長から生殖生長への転換期にあたり（末次1962），Ⅱ－3で明らかにしたように，この時期に葉身・葉鞘の伸長が促進される（第9図）。このように主茎および分げつが軸方向へ伸長することが促進されたことが，新たに分げつが出現することを抑制する方向に働いた可能性がある。そして，極早播区および早播区においてイワイノダイチがチクゴイズミより分げつ数の増加期間が長かった一因として，二重隆起形成期が遅かったことが考えられる。

コムギの分げつ数が減少する時期については，分げつが無効化するかどうかの正確な判断が困難であったため詳細な研究が少なかった。その中で，Davidson and Chevalier（1990）は個々の分げつ発育の追跡調査を行い，無効化する分げつは有効化する分げつより出現直後から出葉速度が遅いことを報告している。一方，李・山崎（1994）は，分げつ発育の初期段階では分げつの有効化・無効化の判断をすることは難しく，無効分げつの出葉速度が低下し有効分げつとの区別が明確となるのは節間伸長期以降であるとしている。本研究の結果は，李・山崎の報告に近いものであったが，出葉速度が低下した分げつの中にもその後やや遅れて出穂するものがあり，分げつの発育が多様であることが明らかとなった。しかし，穂数を決める上で重要な時期や次位・

節位があると考えられる。

分げつの出現・出穂を次位・節位別にみると，本研究においてはＴ３の出穂率が播種期や品種によって大きく変動しており，Ｔ３の発育が穂数を決める上で重要であることが示唆された（第９表）。Ｔ３が有効化するか無効化するかが明確になるのは，両品種のいずれの播種期においても頂端小穂形成期以降であった。Hay(1986）は，コムギの分げつ数は頂端小穂形成期以降に急激に減少することを報告し，その理由として，幼穂・節間が急速に発育することによって分げつ間の競合が激しくなることを考えている。本研究においても，幼穂および節間の急速な発育が分げつの無効化の主要因であったと考えている。すなわち，極早播区や早播区で分げつ数の減少が緩やかであったのは，頂端小穂形成期以降の気温が低く，幼穂・節間の発育や分げつの無効化が緩やかに進行したためであり，一方，標準播区で分げつ数の減少が急であったのは，頂端小穂形成期以降の気温が高く，幼穂・節間の発育が急速に進行したためと推察される。また，極早播区・早播区においてイワイノダイチの分げつ数が減少する時期がチクゴイズミより遅かったのは，幼穂や節間が急速に伸長する時期が遅かったためと推察される。

以上みたような個体当たりの分げつ数の推移は，単位面積当たりの最高茎数と密接に関連していると考えられる。すなわち，最高茎数は，イワイノダイチでは播種期が早いほど多かったが，チクゴイズミでは播種期によらずほぼ一定であった。これは，分げつの出現が停止する要因と考えられる二重隆起の形成が，イワイノダイチでは播種期が早いほど遅れるが，チクゴイズミでは播種期によらずほぼ一定であるためではないかと考えられる。また，いずれの播種期においてもチクゴイズミよりイワイノダイチの方が最高茎数が多かった。これは，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が出葉速度が速く，かつ幼穂の形成が遅く，この間に多くの分げつが出現したためと推察される。一方，最高茎数が多いほど有効化率が低いため（第10表），開花期における最終的な穂数は播種期や品種による差異が明確ではなかった。

暖地でコムギの極早生品種を栽培すると，暖冬年において穂数が減少することが報告されている（田谷　1993）。この原因としては，極早生品種は，茎数が十分に確保できない段階で二重隆起形成期となり，主茎・分げつの軸方向への生育が盛んになるため，穂数の確保が困難となることが考えられる。一方，早播き栽培，特にイワイノダイチの早播き栽培では，播種期から二重隆起形成期までの期間が長く，その間に十分な茎数を確保することが可能と考えられる。しかし，最高茎数が多いほど有効化率が低くなるため，早播きしたイワイノダイチの穂数は，標準期播きの穂数やチクゴイズミの穂数と大きな差異はなかった。ただし，最高茎数が極端に少ないと穂数は減少したこと（第17図）から，イワイノダイチの最高茎数が多いという特徴は，生育が不良な条件下では穂数を確保するために有利に働く可能性がある。

５．イワイノダイチの収量形成

早播きしたイワイノダイチの収量形成の特徴を明らかにするためには，形態形成および乾物生産の両側面から検討を行う必要がある。これまでの章においては，主に発育形態学的な観点から，早播きしたイワイノダイチの発育経過（Ⅱ－１），穂の発育（Ⅱ－２），葉と茎の発育（Ⅱ－３），および分げつの発育（Ⅱ－４）について解析してきた。その結果，イワイノダイチとチクゴイズミを早播き栽培すると幼穂の発育経過が大きく異なり，これに伴い穂の諸形質，葉・茎の形態，分げつ性も異なることが明らかとなった。これらのことは，両品種の物質生産や収量性も異なる可能性を示唆している。そこで，これまでの結果を踏まえて，さらに収量構成要素，乾物生産特性，気象要因などの解析を行うことによって，早播きしたイワイノダイチの収量形成の特徴を検討した。

１）材料と方法

秋播性コムギ品種イワイノダイチ（秋播性程度Ⅳ）および春播性コムギ品種チクゴイズミ（秋播性程度Ⅰ～Ⅱ）を用いたが，耕種概要および調査方法は，これまでと同じところも多いので，とくに異なる点について記載する。

生育調査：葉齢７～８の時期と開花期に実験区当たり0.91㎡から作物体を採取し，根を切除して土を洗い落とした。茎数（開花期は穂数）を測定した後，約１／10の試料について，葉身の面積を葉面積計で測定した。開花期の調査においては，止葉を第Ⅰ葉，

下方向に第Ⅱ葉，第Ⅲ葉とし，葉位別に葉面積を測定した。これらの葉面積を測定した試料と残りの９／10の試料を合わせて，80℃で２日以上，通風乾燥した後，地上部全乾物重（以下，全乾物重）を測定し，SLA（Specific Leaf Area，葉面積÷葉身重），LWR（Leaf Weight Ratio，葉身重÷全乾物重）およびLAI（Leaf Area Index）を算出した。なお，いずれの処理区においても，葉齢７～８の段階で分げつの出現がほぼ停止していると考えられた（Ⅱ－４）ので，これを便宜的に最高分げつ期とした。

穂の諸形質の調査：開花期の4，5日後に実験区当たり４個体を採取し，すべての穂（10～20本）について小穂数および小花数を測定し，その平均値を１穂小穂数および１穂小花数とした。その際，1穂のすべての小穂をピンセットで解体し，肉眼で雌ずいを確認できたものを小花として数え，1穂小花数と開花期の穂数の積を総小花数とした。

収量調査：実験区当たり3.9㎡を収穫・脱穀し，2.0mmの縦目ふるいで粒選を行い，12.5％の水分換算で千粒重，子実重を算出した。全穂数から㎡当たりの穂数を算出した。また，子実重を１粒重と穂数で除した値を１穂粒数とした。なお，本研究では，開花期と成熟期に穂数を測定したが，開花期以降に出穂する遅れ穂があるので，前者を開花期の穂数，後者を穂数とした。

２）結　果

（１）生育特性・収量形成

最高分げつ期には（第11表），いずれの形質も早播区と標準播区で差異は認められなかったが，極早播区および晩播区を含めると，LAIや全乾物重は播種期が早いほど大きい傾向が認められた。また，イワイノダイチはチクゴイズミよりLWRが大きかったが，LAIとSLAに差異は認められなかった。全乾物重には有意な品種間差異は認められなかったが，早播区，標準播区，晩播区ではイワイノダイチはチクゴイズミより小さい傾向が認められた。

開花期には（第12表），早播区は標準播区よりLWRが小さかったが，他の形質には差異が認められなかった。極早播区および晩播区を含めると，極早播区や早播区は標準播区や晩播区より全乾物重が大きく，播種期が早いほどSLAが小さく，LWRが大きい傾向が認められた。また，極早播区はLAIが大きく，晩播区はLAIが小さいことから，播種期が早いほどLAIは小さい傾向が認められた。また，イワイノダイチはチクゴイズミよりLAIとLWRは大きいが，その他の形質には差異が認められなかった。イワイノダイチでチクゴイズミよりLAIが大きい要因を葉位別にみると（第18図），イワイノダイチはチクゴイズミより，第Ⅰ葉の葉面積が小さいが，第Ⅳ葉より下位の葉の面積が大きかった。

第11表　最高分げつ期の生育特性の播種期間および品種間差異

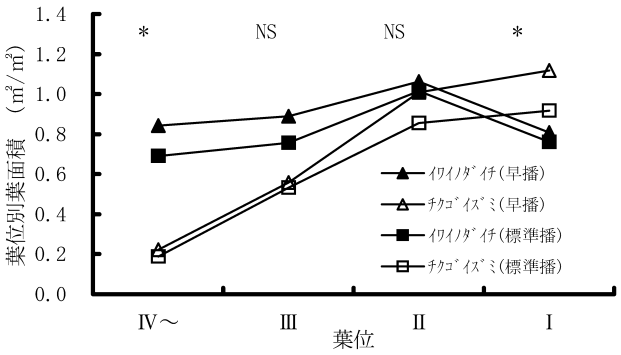
播種期	品種	LAI	全乾物重 (g/㎡)	SLA (c㎡/g)	LWR
極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1.72	119	235	0.61
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	1.57	108	265	0.54
早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1.32	90	250	0.60
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	1.36	98	258	0.55
標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	1.10	74	254	0.58
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	1.05	77	251	0.54
晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	0.86	45	310	0.62
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	1.02	54	321	0.59
播種期		NS	NS	NS	NS
品種		NS	NS	NS	**
交互作用		NS	NS	NS	NS

極早播区は3年間，早播区，標準播区は5年間，晩播区は2年間の平均値を示す。分散分析は早播区と標準播区について行った。**，NSは1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。

第12表　開花期の育成特性の播種期間および品種間差異

播種期	品種	LAI	全乾物重 (g/㎡)	SLA (c㎡/g)	LWR
極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	2.53	890	246	0.11
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	2.23	802	233	0.12
早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	3.43	812	288	0.15
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	2.70	812	268	0.12
標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	3.20	637	300	0.16
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	2.47	641	285	0.13
晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	4.17	612	324	0.21
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	3.41	620	313	0.18
播種期		NS	NS	NS	**
品種		*	NS	NS	*
交互作用		NS	NS	NS	NS

極早播区は3年間，早播区，標準播区は5年間，晩播区は2年間の平均値を示す。分散分析は早播区と標準播区について行った。*，**，NSは5%，1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。



第18図　葉位別葉面積の播種期間・品種間差異

Ⅳ～は第Ⅳ葉より下位の葉面積の合計値。＊,NSは分散分析において品種間に５％水準で有意差あり，有意差なしを示す。播種期間による差および交互作用は，いずれの場合も有意ではなかった。

収量構成要素については（第13表），早播区と標準播区で差異が認められなかった。極早播区および晩播区を含めると，播種期が早いほど１穂小花数や１穂粒数は少なく，千粒重は大きい傾向が認められた。その結果，子実重は極早播区で小さく，早播区，標準播区，晩播区の間には大きな差異は認められなかった。イワイノダイチはチクゴイズミより１穂小穂数は多かったが，1穂小花数には差異が認められず，1穂粒数は少なかった。また，イワイノダイチはチクゴイズミより穂数が多く，千粒重が大きかった。その結果，子実重に品種間差異は認められなかった。

（２）生育および収量に関連する形質の相互関係

圃場実験の合計15作期における生育および収量に関連する形質について，相関係数（第14，15表）を算出するとともに，その中で特に注目された形質間の関係について散布図（第19図）を用いて検討した。

まず，最高分げつ期と開花期における形質間の相互関係についてみると，最高分げつ期における形質は，いずれも開花期のLAIとの間に有意な関係が認められなかったが，開花期の全乾物重との間に高い正の相関関係が認められた。開花期の穂数と最高分げつ期の茎数やLAIとの間に有意な相関関係が認められたが，相関係数は低い値であった。

穂の諸形質間の相互関係についてみると，1穂小穂数と１穂小花数との間に有意な相関関係は認められなかったが，1穂小花数と１穂粒数との間には，両品種とも有意な正の相関関係が認められ，また１穂小花数が同じ場合はイワイノダイチの１穂粒数はチクゴイズミより少ない傾向が認められた（第19図）。

収量構成要素の穂数，1穂粒数，千粒重の相互関係についてみると，穂数と千粒重，1穂粒数と千粒重との間には有意な相関関係は認められなかったが，穂数と１穂粒数の間には，イワイノダイチでは５％水準で，両品種を込みにした場合は１％水準で有意な負の相関関係が認められた。収量構成要素と子実重との関係をみると，1穂粒数と千粒重のいずれも

第13表　収量・収量関連形質の播種期間および品種間差異

播種年次	播種期	品種	1穂小穂数	1穂小花数	1穂粒数	穂数（本/㎡）	総小花数（/㎡）	千粒重（g）	子実重（g/㎡）
1998	極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	16.8	40.7	30.2	348	14200	43.5	454
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	14.6	38.3	28.5	330	12500	40.8	383
	早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	17.4	40.1	28.8	404	16200	44.6	518
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	14.4	38.2	30.9	397	15200	42.2	517
	標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	17.3	43.4	29.3	444	19300	41.3	532
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	14.9	40.5	32.2	379	15400	41.9	510
1999	極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	20.4	34.7	22.6	445	16100	43.2	434
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	15.7	32.2	22.8	502	16300	41.1	472
	早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	18.7	39.0	25.1	460	16100	42.5	491
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	16.1	37.1	28.5	455	16900	40.8	531
	標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	16.4	33.5	26.3	476	16000	40.0	502
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	12.9	31.5	29.1	422	13200	37.7	464
2000	極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	19.5	34.4	27.6	384	13200	40.5	428
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	16.6	34.9	26.4	400	12700	37.9	399
	早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	18.5	28.9	22.1	563	14400	40.8	508
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	14.6	34.0	27.8	530	17500	37.0	544
	標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	17.2	38.6	29.6	306	12200	41.8	378
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	13.1	37.1	29.0	294	10400	42.1	358
2001	早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	19.1	41.9	34.1	372	15700	42.2	535
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	16.8	46.3	38.2	335	14300	39.7	507
	標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	18.9	44.6	31.9	421	20900	38.5	518
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	16.0	42.8	36.7	387	16800	37.7	536
	晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	20.2	42.9	30.7	463	19100	37.9	537
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	16.7	39.8	34.2	414	15300	37.3	529
2002	早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	18.8	40.1	30.2	423	18800	39.3	501
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	15.3	40.4	37.2	390	17200	37.0	536
	標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	20.6	44.6	29.1	434	18000	38.9	492
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	17.5	42.7	33.1	432	17600	35.4	506
	晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	20.4	39.7	27.9	453	19100	37.6	476
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	20.8	43.2	30.2	440	19600	34.6	458
平均値	極早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	18.9	36.6	26.8	392	14500	42.4	439
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	15.6	35.1	25.9	411	13900	39.9	418
	早播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	18.5	38.0	28.1	444	16800	41.9	511
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	15.4	39.2	32.5	421	16200	39.3	527
	標準播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	18.1	40.9	29.3	416	17300	40.1	484
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	14.9	38.9	32.0	383	14700	39.0	475
	晩播	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	20.3	41.3	29.3	458	19100	37.7	507
		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	18.7	41.5	32.2	427	17400	35.9	494
播種期			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
品種			**	NS	*	*	NS	*	NS
交互作用			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

分散分析は早播区と標準播区について行った。*，**，NSは5%，1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。

第14表　最高分げつ期の育成特性と開花期の育成特性の相関係数

最高分げつ期の形質		開花期の形質	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ (n=12)		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ (n=12)		両品種 (n=24)	
最高茎数	×	穂数	0.284	NS	0.722	**	0.460	*
LAI	×	穂数	0.147	NS	0.672	*	0.412	*
全乾物重	×	穂数	0.128	NS	0.555	NS	0.327	NS
最高茎数	×	LAI	-0.092	NS	0.408	NS	0.257	NS
LAI	×	LAI	-0.203	NS	0.239	NS	-0.018	NS
全乾物重	×	LAI	-0.412	NS	-0.054	NS	-0.265	NS
最高茎数	×	全乾物重	0.869	**	0.731	**	0.669	**
LAI	×	全乾物重	0.741	**	0.860	**	0.797	**
全乾物重	×	全乾物重	0.722	**	0.769	**	0.741	**

*，**，NSは5%，1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。

第15表　開花期の育成特性・収量関連形質相互の関係

			ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ (n=15)		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ (n=15)		両品種 (n=30)	
１穂小穂数	×	１穂小花数	0.155	NS	0.572	*	0.327	NS
１穂小穂数	×	１穂粒数	-0.062	NS	0.186	NS	-0.156	NS
１穂小花数	×	１穂粒数	0.786	**	0.806	**	0.719	**
1穂粒数	×	穂数	-0.610	*	-0.426	NS	-0.519	**
1穂粒数	×	千粒重	-0.195	NS	-0.264	NS	-0.337	NS
穂数	×	千粒重	-0.331	NS	-0.373	NS	-0.256	NS
穂数	×	子実重	0.513	NS	0.501	NS	0.501	**
1穂粒数	×	子実重	0.278	NS	0.485	NS	0.374	*
千粒重	×	子実重	-0.229	NS	-0.251	NS	-0.208	NS
全乾物重	×	子実重	-0.022	NS	0.467	NS	0.259	NS
総小花数	×	子実重	0.649	**	0.711	**	0.655	**
開花期のLAI	×	子実重	0.585	*	0.642	**	0.557	**

*，**，NSは5%，1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。

子実重との間に有意な相関関係は認められなかったが，穂数と子実重の間には，両品種を込みにした場合，5%水準で有意な正の相関関係が認められた。

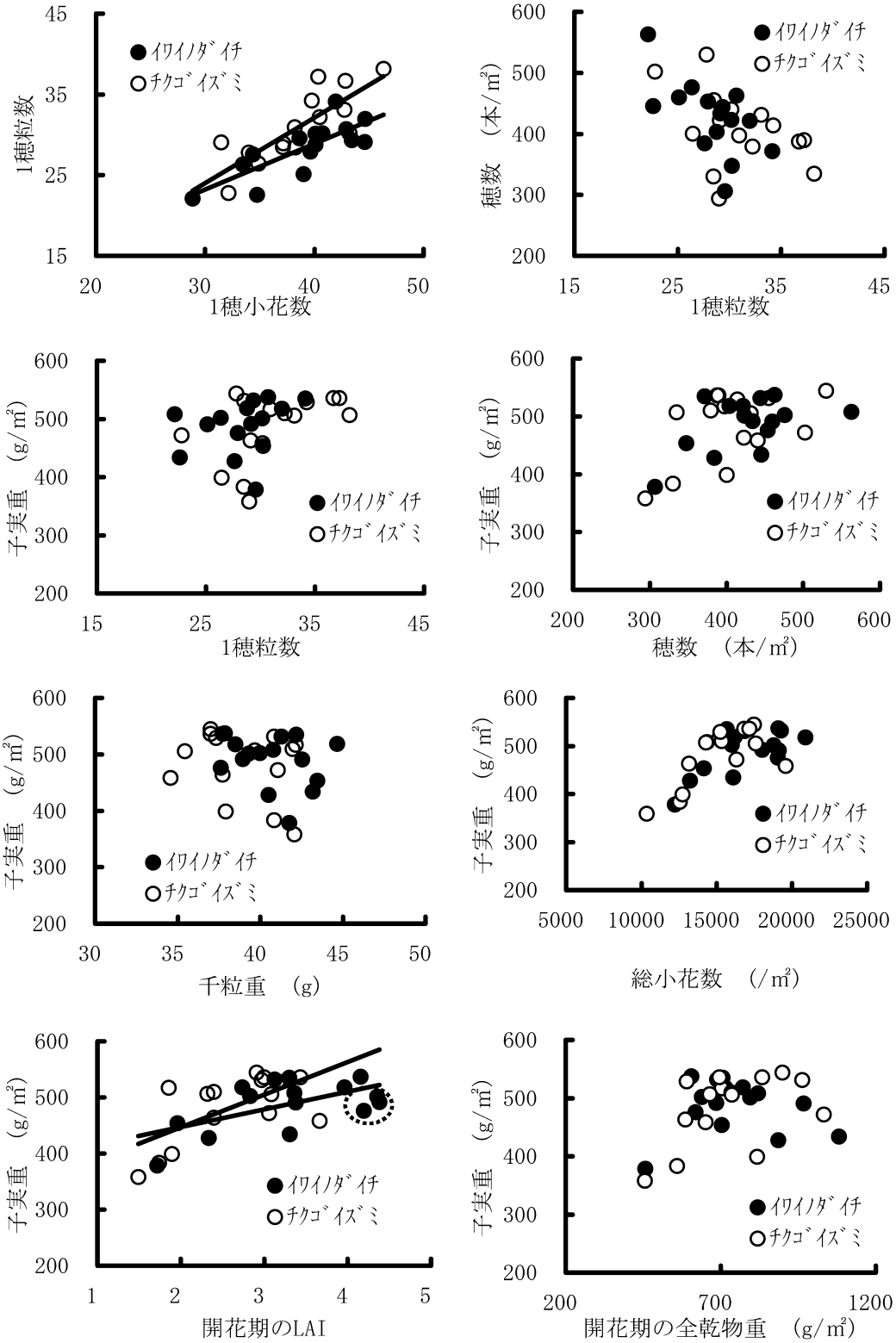
開花期の全乾物重と子実重との間には有意な相関関係は認められなかったが，LAIおよび総小花数は子実重との間に有意な正の相関関係が認められた。2002年播きでは，イワイノダイチのLAIが大きいが，子実重が比較的小さいことが注目された。

（３）開花後の気象要因が収量・収量構成要素に及ぼす影響

子実重と開花後30日間の積算日射量，および平均気温と収量・収量構成要素との相関関係を算出した（第16表，第20図）。積算日射量と１穂粒数との間には負の相関関係が認められたが，相関係数は低い値であった。平均気温と千粒重との間には負の相関関係が認められた。積算日射量や平均気温と子実重との間には有意な相関関係は認められなかった。なお，開花後20日間および40日間の気象要因についても解析したが，開花後30日間の結果とほぼ同様であった。

３）考　察

まず，播種期に着目して考察する。暖地におけるコムギ作では，開花期が早い早生品種は開花期における全乾物重やLAIが小さいことが一因となって収量が低いことが指摘されている（田谷　1993）。本研究の極早播区や早播区では，標準播区や晩播区より開花期が早いにもかかわらず，開花期における全乾物重が大きかった（第12表）。これは，播種期が早いほど開花期までの生育期間が長いためではな



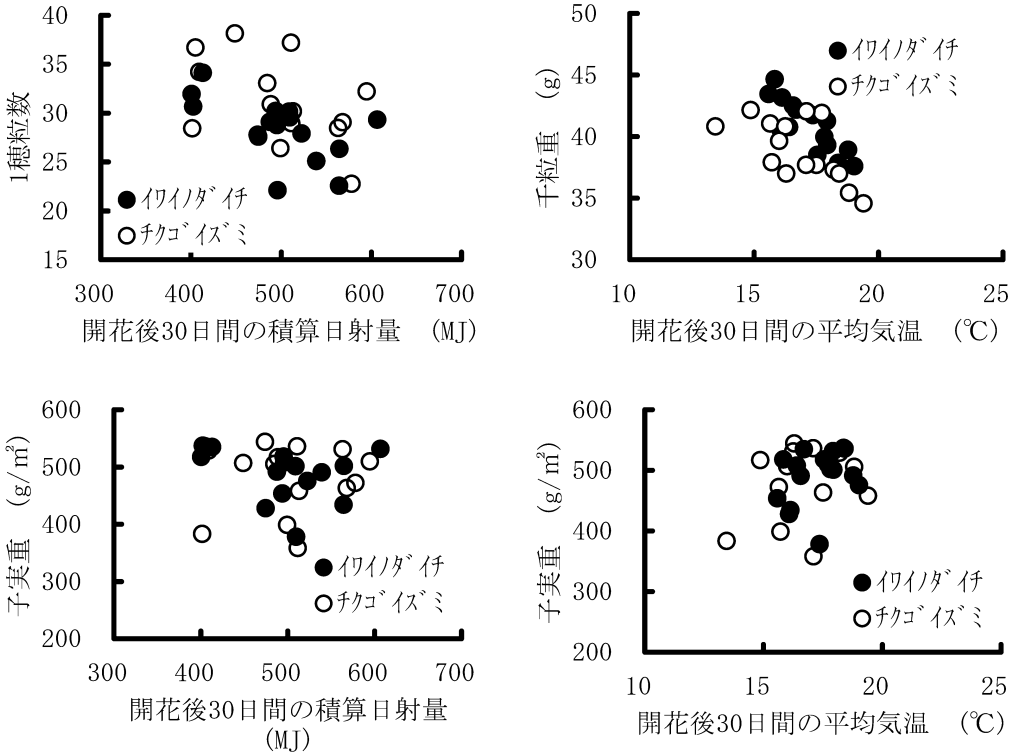
第19図　生育・収量関連形質の相互関係

図中の直線はそれぞれの品種についての回帰直線，点線で囲った部分は2002年播きのイワイノダイチを示す。

第16表　気象要因と収量・収量構成要素の間の相関係数

気象要因		収量・収量構成要素	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ (n=15)		ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ (n=15)		両品種 (n=30)	
開花後30日間の積算日射量	×	1穂粒数	−0.578	*	−0.446	NS	−0.475	**
	×	穂数	0.194	NS	0.311	NS	0.254	NS
	×	千粒重	0.300	NS	0.252	NS	0.257	NS
	×	子実重	−0.246	NS	−0.012	NS	−0.109	NS
開花後30日間の平均気温	×	1穂粒数	0.256	NS	0.394	NS	0.277	NS
	×	穂数	0.223	NS	0.150	NS	0.195	NS
	×	千粒重	−0.839	**	−0.645	**	−0.592	**
	×	子実重	0.261	NS	0.311	NS	0.295	NS

*，**，NSは5%，1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。



第20図　気象要因と収量・収量構成要素の関係

いかと考えられる。一方，LAIは極早播区で小さく，早播区と標準播区では差異が認められなかった。これは，播種期が早いために低温によって葉身の伸長が抑制され（Ⅱ－3），LWRが低下した（第12表）ためと推察される。また，播種期によって穂数に差異は認められなかったが，播種期が早いと1穂小花数や1穂粒数が減少し，千粒重が増加する傾向が認められた。これは，開花期前の低温によって1穂小花数が減少し（第7図），登熟期間の低温によって千粒重が増加する（第20図）ためと考えられる。その結果，極早播区では子実重は小さくなったが，早播区と標準播区の間で子実重に差異は認められなかった（第13表）。

つぎに，品種間差異についてみてみる。早播区では，イワイノダイチとチクゴイズミの最高茎数や茎立ち期が大きく異なっており（Ⅱ−3，Ⅱ−4），このことは両品種の間で乾物生産特性が異なることを示唆するものであった。本研究の結果では，最高分げつ期におけるイワイノダイチの全乾物重はチクゴイズミより小さい傾向が認められるものの，開花期の全乾物重には品種間差異が認められなかった。一方，開花期におけるLAIは，チクゴイズミよりイ

ワイノダイチの方が大きかった。これは，イワイノダイチでは二重隆起形成期以降に出現する葉数（上位葉数）がチクゴイズミより多く（Ⅱ－３），これに伴い生葉数が多く，下位葉の葉面積が大きかった（第18図）ためと推察される。田谷（1993）も，暖地のコムギで主稈の総葉数が多いとLAIが増加することを報告している。収量および収量関連形質についてみると，イワイノダイチはチクゴイズミと比較して，1穂小花数は同等であるが１穂粒数は少なく，穂数はやや多く，千粒重は大きかった。その結果，子実重には品種間差異は認められなかった。このような関係は，早播区と標準播区に共通して認められた。したがって，早播き栽培した場合の収量および収量関連形質では品種間差異が小さいと考えられる。

つぎに，生育や収量に関連する形質の相互関係や開花期以降の気象要因について考察する。田谷（1993）は，暖地におけるコムギの収量構成要素の中で穂数と１穂粒数が重要であることを指摘し，特に早生品種で収量が低い理由として，1穂当たりの小穂数が減少するために１穂粒数が減少することを挙げている。一方，本章においては，両品種とも１穂粒数や穂数と子実重との間には有意な相関関係は認められなかった（第15表）。これは，1穂粒数と穂数との間に負の相関関係が存在するからであった。また，イワイノダイチはチクゴイズミより１穂粒数が少なかったが，千粒重は大きかった。これも１穂粒数と千粒重との間に負の相関関係が存在するためと考えられる。これらのことは，特定の収量関連形質の大小が子実重を強く規定することが少ないことを示している。そのような中で，子実重との間に得られた相関係数が最も高かったのは，開花期におけるLAIおよび総小花数であった（第15表）。このことは，本研究におけるコムギの子実重が開花期までの生育に強く規定されていたことを示している。ただし，イワイノダイチにおいては開花期のLAIが大きすぎると子実重は低下したこと（第19図）から，開花期のLAIには最適値があると推察される。気象要因についてみると，登熟期間の平均気温や日射量と子実重との間には明確な関係が認められなかった（第20図）。一方，暖地のコムギ作について，後藤（1986）は，子実重と登熟期の平均気温との間には負の相関関係があり，日射量とは正の相関関係が認められることを報告している。また田谷（1993）も，穂揃期以降の穂重増加量と平均気温との間には負の相関関係があり，日射量との間には正の相関関係が認められることを報告していることを考えると，コムギの子実重に及ぼす登熟期の気象要因の影響についてはさらに検討する必要がある。

以上を要すると，暖地のコムギ作における子実重を規定する重要な要因は開花期のLAIと総小花数であり，早播き栽培すると開花期までの平均気温が低いことが開花期のLAIや総小花数を減少させる危険性が高いと考えられる。一方，早播き栽培すると，播種期から開花期までの生育期間が長くなるため開花期の全乾物重が増加する可能性が高くなり，また登熟期間の平均気温が低いために千粒重が増加する可能性が高くなると推察される。これらの結果，早播き栽培した場合の収量は，標準播き栽培と同じレベルになると考えられる。イワイノダイチとチクゴイズミを早播き栽培すると生育や収量に様々な差異が認められたが，凍霜害の問題を除けば，収量性は同程度と判断された。ただし，本研究で採用した栽培法が，イワイノダイチやチクゴイズミの早播き栽培に必ずしも最適であったかどうかは明らかでないため，Ⅲ－１およびⅢ－２において，イワイノダイチの生育特性に適した施肥法や播種量について検討することにしたい。

Ⅲ　イワイノダイチの栽培技術の検討

１．後期重点施肥がイワイノダイチの生育と収量に及ぼす影響

Ⅱ－１～５においては，早播き栽培したイワイノダイチの生育および収量形成の特性を解明するために，播種期間を変えてイワイノダイチとチクゴイズミを栽培し，比較検討を行った。その結果，早播き栽培すると成熟期が標準播き栽培より５日間程度早まるが，収量はほぼ同じレベルであること，また早播き栽培した場合の両品種の収量がほぼ同じであることが確認できた。しかし，以上は，一定の施肥条件下で栽培した結果であり，この施肥条件が早播き栽培したイワイノダイチにとって最適のものであったかどうかは必ずしも明らかではない。

暖地でコムギを早播き栽培すると生育後期に窒素が不足することから，生育後期に十分な量の窒素が吸収できるような施肥法が必要と考えられている

（藤吉 1953，伊藤・曾我 1967，真鍋ら 1987）。また，暖地のコムギ作では，葉面積が不足することが収量の制限要因となりやすいことが報告されているが（田谷1993），本研究の結果も，開花期のLAIと子実重との間には正の相関関係が認められることと，早播き栽培するとLAIが減少する傾向が認められること（Ⅱ－５），また，早播き栽培すると上位葉が短く，稈長は長くなりやすいこと（Ⅱ－３）を示している。したがって，早播き栽培する場合は，上位葉を長くして葉面積を確保し，同時に稈長を短くして耐倒伏性を強化するような施肥法が望まれる。

施肥法と葉や茎の形態的特性との関係をみると，基肥を省略した極端な後期重点施肥を行うと，上位葉が長く，稈長が短くなる（福嶌ら 2001a）。また，稈長は生育後期の追肥より，基肥や生育初期の追肥の影響を強く受ける（福嶌ら 2004c）。これらのことから，早播き栽培して生育後期に十分な窒素を吸収させるためにも，また，上位葉を長く，稈長を短くするためにも後期重点施肥が適していることが考えられる。

また，イワイノダイチを早播き栽培すると，分げつの発生期間がチクゴイズミより長いため最高茎数が多く（Ⅱ－４），1穂小穂数が決まるまでの期間が長いために１穂小穂数が多かった（Ⅱ－２）。これは，イワイノダイチの潜在的なシンクサイズは，決まる時期が遅い分，チクゴイズミより大きいことを示している。したがって，イワイノダイチは生育初期の施肥量が少なくても穂数や１穂小花数を確保することが可能で，後期重点施肥の効果が安定して高いことが期待される。そこで，本研究では，後期重点施肥が早播き栽培したイワイノダイチの生育および収量に及ぼす影響について検討した。

１）材料と方法

秋播性コムギ品種イワイノダイチ（秋播性程度Ⅳ）および春播性コムギ品種チクゴイズミ（秋播性程度Ⅰ～Ⅱ）の栽培実験を，1999～2000年（1999年播き），2000～2001年（2000年播き），2001～2002年（2001年播き），2002～2003年（2002年播き）の４カ年にわたって行った。播種期は11月上旬である。１実験区の面積は約20㎡，栽植様式は畦幅1.3m，４条播き，条間22cmの畦立て条播，播種量は160粒/㎡とした。いずれの年次においても，圃場を３区画に分け，各区画に品種と施肥法を無作為に配置した。

初年度は両品種の施肥反応を明確にするため，前期重点施肥（８－３－０区）と後期重点施肥（３－３－５区）とを比較した。すなわち，両施肥区とも基肥として窒素成分量で３ g/ ㎡を全層に施用し，播種，整地後に８－３－０区のみ，さらに５ g/ ㎡の窒素を表層に追肥した。両施肥区とも，葉齢5.0の時（12月20日）に１回目の追肥として３ g/ ㎡の窒素を施用し，3－３－５区では葉齢7.5の時（２月１日）に２回目の追肥として５ g/ ㎡の窒素を施用したが，8－３－０区では２回目追肥を行わなかった。

２年度目からは実用的な栽培実験として，九州各県の栽培指針に近い施肥条件で後期重点追肥がコムギ品種の生育および収量に及ぼす影響を検討する目的で，標準施肥（５－３－３区）と後期重点施肥（５－０－３－３区）とを比較した。すなわち，標準施肥（５－３－３区）では基肥として５ g/㎡，１回目の追肥として３ g/㎡（葉齢5.0の時，12月22～27日），2回目の追肥として３ g/㎡(葉齢7.5の時，１月28日～２月５日）の窒素をそれぞれ施用した。後期重点施肥（５－０－３－３区）では基肥は５－３－３区と同じとし，5－３－３区における２回目の追肥時期にあたる葉齢7.5の時に１回目の追肥として３ g/ ㎡の窒素を，また葉齢8.0～9.0の時（２月25日～３月２日）に２回目の追肥として３ g/ ㎡の窒素を施用した。なお，いずれの実験においても，基肥および追肥ともに化成肥料（窒素・リン酸・加里を各16％含有）を用いた。

生育および収量の調査方法は，前章までと同様である。この際，総小花数＝開花期の穂数×１穂小花数としたが，2002年播き実験ではすべての処理区で開花期の穂数を正確に測定できたわけではないため，総小花数を算出する際に収穫期の穂数を用いた。また，葉色を検討するために，SPAD－502（ミノルタ社）を用いてSPAD値を測定した。すなわち，止葉展開期からほぼ１週間おきに，各実験区で無作為に抽出した20枚の止葉について葉身中央部で測定した。

なお，1999年播き実験はⅡ－１～５の早播区と隣接する圃場で行ったものであり，2000～2002年播き試験の５－３－３区はⅡ－１～５における早播区と同一の実験区である。

2）結　果

（1）発育経過

発育経過は，第２表に示した通りである。４カ年を通じて，施肥法によって出穂期，開花期，成熟期には差異は認められなかった。

（2）穂，葉および茎の形態的特性

施肥法が異なっても，穂，葉および茎の形態的特性には差異が認められないことが多かったが（第17表，第21図，第22図），葉位別，節位別にみた場合の葉および茎の形態的特性の変化には若干の差異が認められた。すなわち，3－３－５区では８－３－０区より上位の葉の方が葉身長，葉身幅，葉鞘長が相対的に長く，また，節間長も長く，節間の直径が太かった。また，5－０－３－３区は５－３－３区より形態的特性が小さい値となることが多く，特に第Ⅱ～第Ⅴ節間の直径は有意に細かった。

（3）乾物生産の特性

1999年播き実験についてみると（第18表，第19表），最高分げつ期においては，3－３－５区では８－３－０区より茎数，LAI，全乾物重，SLA およびLWR のいずれも小さかった。開花期には，3－３－５区は８－３－０区より全乾物重が小さく，LWR は大きく，その他の形質には差異が認められなかった。

2000～2002年播き実験についてみると，最高分げつ期には，5－０－３－３区は５－３－３区よりLWR は小さかったが，他の形質には差異が認められなかった。開花期には，5－０－３－３区は５－３－３区より全乾物重および SLA が小さかったが，他の形質には差異が認められなかった。

（4）登熟期間における SAPD 値の推移

1999年播き実験では（第23図），3－３－５区の SPAD 値は８－３－０区より高く推移した。2000～2002年播き実験においては，5－０－３－３区の SPAD 値は５－３－３区より高く推移したが，その程度は年次によって異なっており，2001年播きでは５－３－３区，5－０－３－３区ともに SPAD 値が高く推移したが，2002年播きでは５－３－３区と５－０－３－３区の SPAD 値の差異は比較的小さかった。

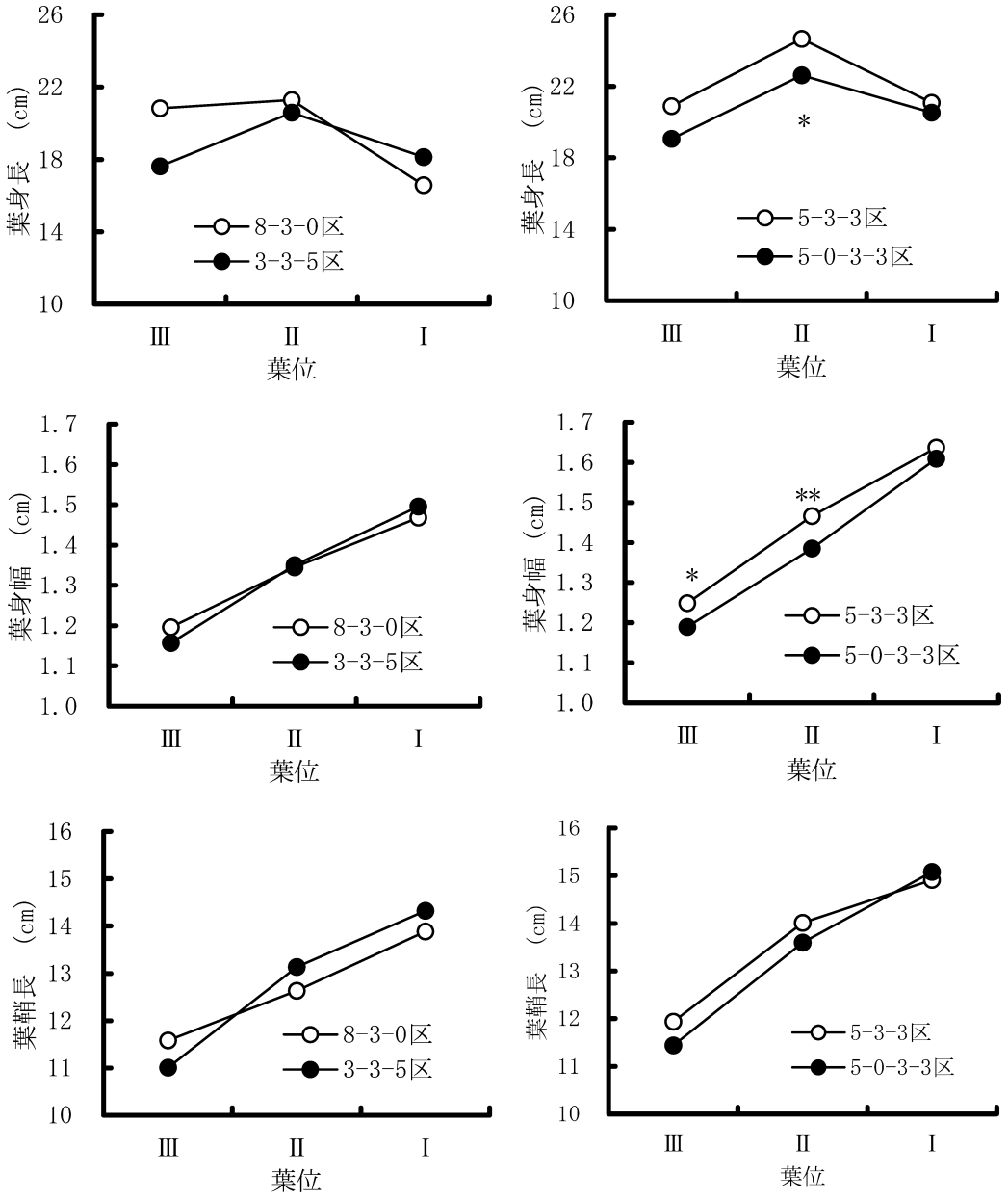
（5）収量および収量関連形質

1999年播き実験（第20表）の３－３－５区では，８－３－０区より１穂小穂数は少ないが，1穂小花数には差異が認められなかった。また，1穂粒数は多いが，穂数，総小花数，千粒重には差が認められなかった。その結果，3－３－５区の子実重は８－３－０区より大きかった。なお，隣接する圃場で行った５－３－３区の栽培実験の結果（Ⅱ－５）をみると，5－３－３区では８－３－０区と３－３－５区の中間的な生育特性を示し，子実重はイワイノダイチで491g／㎡，チクゴイズミで531g／㎡と，い

第17表　施肥法が穂，葉，茎の形態的特性に及ぼす影響

播種年	品種	施肥法	穂長 (cm)	1穂小穂数	1小穂小花数	1穂小花数	総葉数	稈長 (cm)	節間数
1999	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	8-3-0	9.8	20.1	2.1	42.9	11.9	84.8	5.19
		3-3-5	9.2	18.1	2.2	40.4	11.8	85.4	5.25
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	8-3-0	8.6	17.8	2.1	38.2	10.1	89.6	5.22
		3-3-5	8.4	15.7	2.4	36.7	9.8	82.9	4.75
		品種	*	**	NS	NS	**	NS	NS
		施肥法	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
		交互作用	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2000～2002年の平均値	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	10.2	19.6	2.3	45.0	11.2	82.7	5.18
		5-0-3-3	10.2	19.2	2.4	46.5	11.1	82.7	5.19
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	8.8	15.3	3.0	45.9	9.5	84.1	4.94
		5-0-3-3	8.7	15.3	3.0	46.8	9.5	81.7	4.61
		品種	**	**	**	NS	**	NS	*
		施肥法	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		交互作用	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

主茎を調査の対象とした。*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。



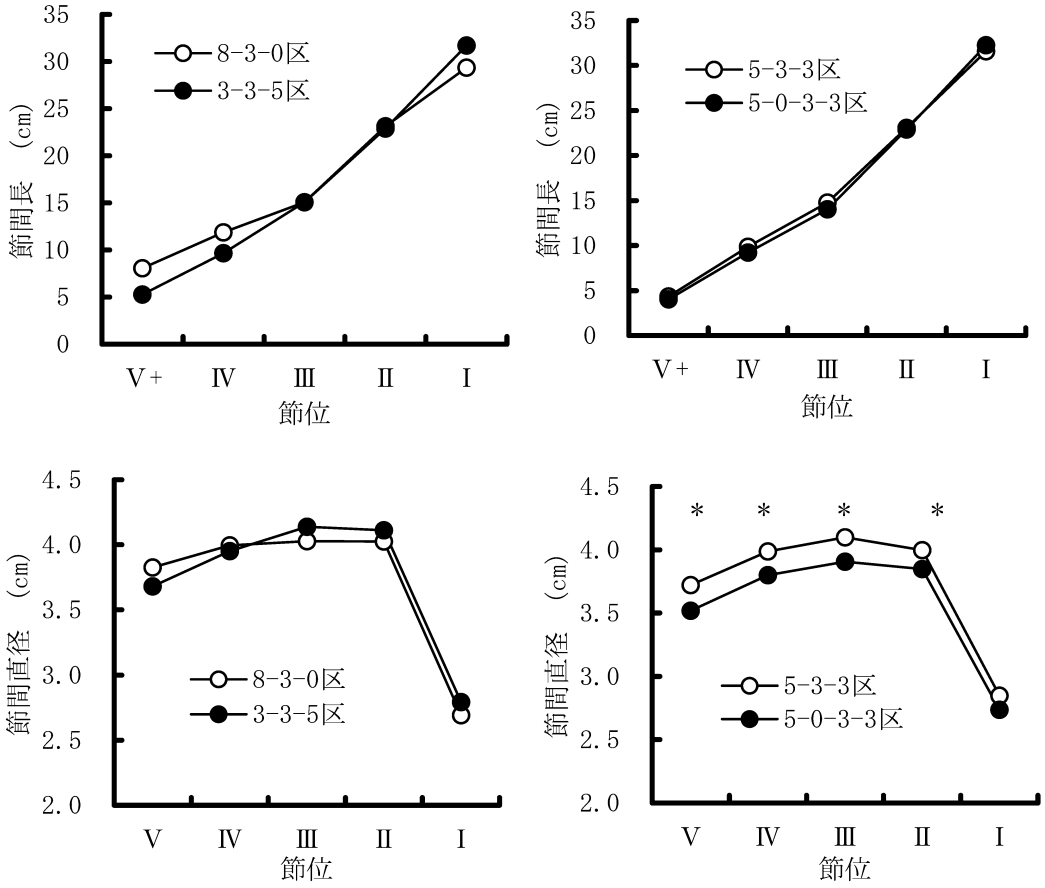
第21図　施肥法が葉の形態的形質に及ぼす影響
両品種の平均値を示した。＊，＊＊は５％，1％水準で有意であること，符号がない場合は有意でないことをそれぞれ示す。

ずれも８－３－０区より大きく，3－３－５区より小さい値となった。すなわち，後期重点施肥の３－３－５区では標準施肥の５－３－３区より子実重が大きい傾向が認められた。

2000～2002年播きの結果について平均値でみると，５－０－３－３区では５－３－３区と１穂小穂数や１穂小花数には差異が認められないが，1穂粒数は多く，穂数，総小花数，千粒重および子実重には差異が認められなかった。年次別にみると，2000年播きでは５－０－３－３区は５－３－３区より子実重が有意に大きかったが，2001年および2002年播きでは，施肥法が異なっても子実重に有意な差異は認められなかった

後期重点施肥の効果における品種間差異をみると，1999年，2000年，2001年播きでは，イワイノダイチはチクゴイズミより総小花数が多く，これに伴い子実重も大きい傾向が認められた。しかし，2002年播きでは反対の傾向が認められた。

開花期におけるLAIや総小花数と子実重との関係が施肥法によってどのように変化するかを解析し



第22図　施肥法が茎の形態的形質に及ぼす影響

Ｖ＋は第Ｖ節間以下の節間長の合計値を示す。両品種の平均値を示した。＊は５％水準で有意であること，符号がない場合は有意でないことをそれぞれ示す。

第18表　施肥法が最高分げつ期の乾物生産特性に及ぼす影響

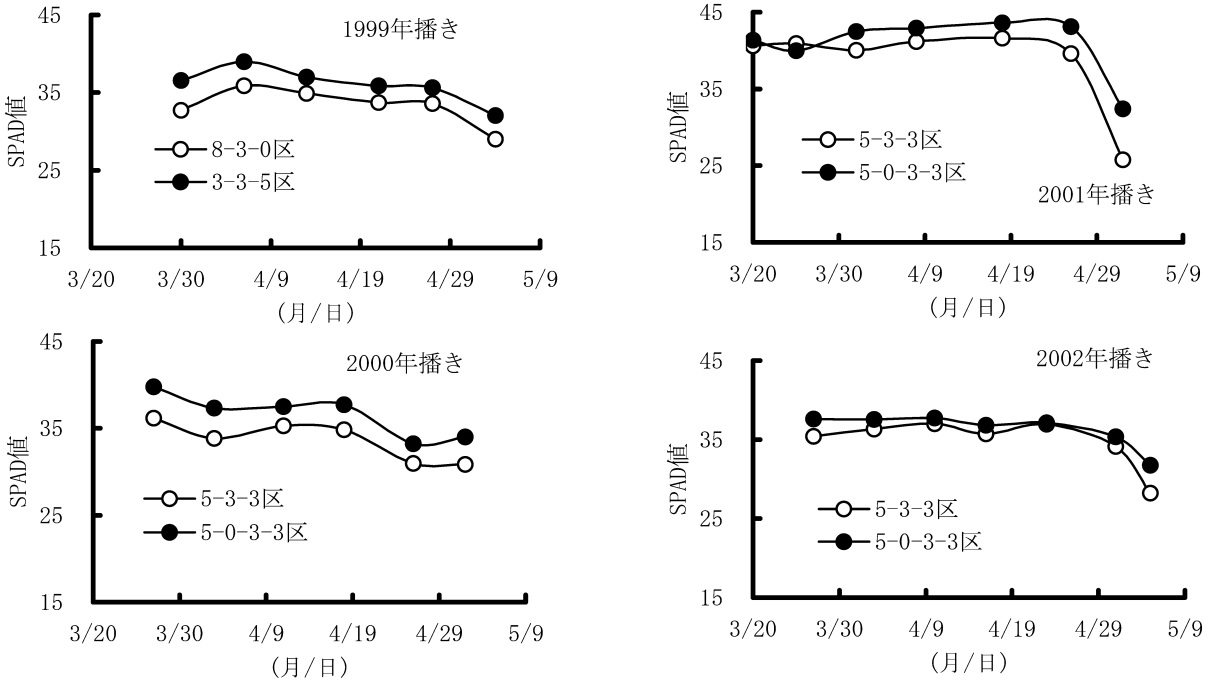
播種年	品種	施肥法	茎数（本/㎡）	LAI	全乾物重（g/㎡）	SLA（c㎡/g）	LWR（g/g）
1999	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	8-3-0	1397	1.71	109	256	0.61
		3-3-5	1142	1.19	87	237	0.58
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	8-3-0	1029	1.98	122	287	0.57
		3-3-5	786	1.26	97	256	0.51
		品種	**	*	*	**	**
		施肥法	**	**	**	**	**
		交互作用	NS	NS	NS	NS	NS
2000～2002年の平均値	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	952	1.27	82	257	0.61
		5-0-3-3	921	1.14	79	248	0.61
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	631	1.22	86	259	0.56
		5-0-3-3	621	1.17	85	260	0.55
		品種	**	NS	NS	NS	**
		施肥法	NS	NS	NS	NS	*
		交互作用	NS	NS	NS	NS	NS

*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。

第19表　施肥法が開花期の乾物生産特性に及ぼす影響

播種年	品種	施肥法	穂数（本/㎡）	LAI	全乾物重（g/㎡）	SLA（c㎡/g）	LWR（g/g）
1999	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	8-3-0	453	2.80	978	246	0.12
		3-3-5	464	3.04	826	266	0.14
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	8-3-0	491	2.95	1082	257	0.11
		3-3-5	446	2.82	882	274	0.12
		品種	NS	NS	NS	NS	**
		施肥法	NS	NS	**	NS	**
		交互作用	NS	NS	NS	NS	NS
2000	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	498	3.36	820	308	0.13
		5-0-3-3	518	3.50	825	306	0.14
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	514	2.91	898	299	0.11
		5-0-3-3	474	2.85	805	299	0.12
2001	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	374	3.30	706	282	0.17
		5-0-3-3	312	2.41	537	272	0.16
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	309	2.32	665	273	0.13
		5-0-3-3	278	1.83	563	255	0.13
2002	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	468	4.36	795	321	0.17
		5-0-3-3	462	4.18	774	307	0.18
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	426	3.43	834	298	0.14
		5-0-3-3	413	3.11	770	286	0.14
2000～2002年の平均値	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	447	3.67	774	303	0.16
		5-0-3-3	431	3.37	712	295	0.16
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	416	2.89	799	290	0.12
		5-0-3-3	388	2.60	712	280	0.13
		品種	*	**	NS	**	**
		施肥法	NS	NS	*	*	NS
		交互作用	NS	NS	NS	NS	NS

*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。

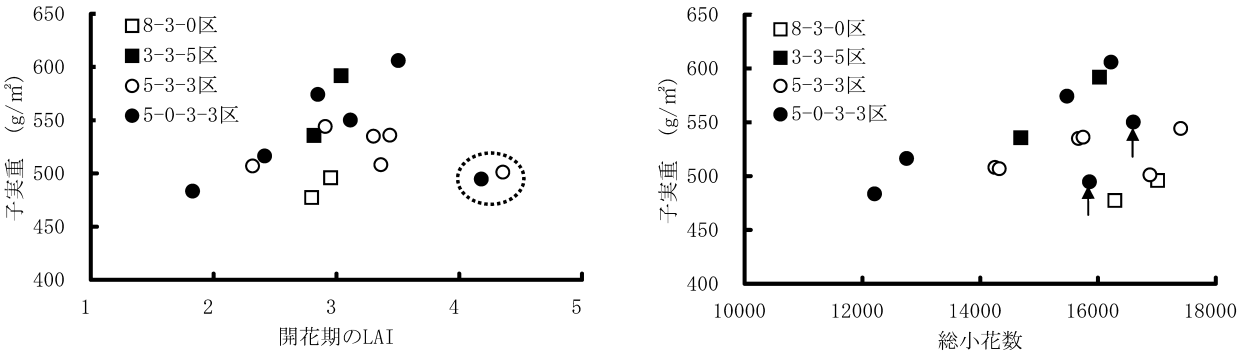


第23図　施肥法がSPAD値の推移に及ぼす影響
イワイノダイチとチクゴイズミの平均値を示した。

第20表　施肥法が収量・収量関連形質に及ぼす影響

播種年	品種	施肥法	1穂小穂数	1穂小花数	1穂粒数	穂数(本/㎡)	総小花数(/㎡)	千粒重(g)	子実重(g/㎡)
1999	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	8-3-0	19.1	35.9	25.5	439	16300	42.6	477
		3-3-5	17.2	34.5	27.8	495	16000	43.1	592
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	8-3-0	16.5	34.7	28.0	441	17000	40.2	496
		3-3-5	14.6	33.0	30.6	433	14700	40.4	536
		品種	**	NS	**	NS	NS	**	NS
		施肥法	**	NS	**	NS	NS	NS	*
		交互作用	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2000	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	18.5	28.9	22.1	563	14200	40.8	508
		5-0-3-3	17.6	31.6	27.8	541	16200	40.4	606
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	14.6	34.0	27.8	530	17400	37.0	544
		5-0-3-3	13.7	32.7	31.7	485	15500	37.3	574
2001	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	19.1	41.9	34.1	372	15700	42.2	535
		5-0-3-3	19.2	40.9	33.9	383	12700	39.7	516
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	16.8	46.3	38.2	335	14300	39.7	507
		5-0-3-3	16.5	43.5	39.8	312	12200	39.1	484
2002	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	18.8	40.1	30.2	423	16900	39.3	501
		5-0-3-3	18.5	39.9	32.2	397	15900	38.8	495
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	15.3	40.4	37.2	390	15700	37.0	536
		5-0-3-3	15.1	42.7	38.1	389	16600	37.2	550
2000～2002年の平均値	ｲﾜｲﾉﾀﾞｲﾁ	5-3-3	18.8	37.0	28.8	453	15600	40.8	515
		5-0-3-3	18.4	37.4	31.3	440	14900	39.6	539
	ﾁｸｺﾞｲｽﾞﾐ	5-3-3	15.6	40.2	34.4	418	15800	37.9	529
		5-0-3-3	15.1	39.6	36.6	395	14800	37.8	536
		品種	**	*	**	**	NS	**	NS
		施肥法	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
		交互作用	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。



第24図　総小花数および開花期のLAIが子実重に及ぼす影響の追肥法間差異
点線で囲った部分は2002年播きのイワイノダイチ，矢印は2002年播き５－０－３－３区のイワイノダイチとチクゴイズミを示す。

た（第24図）。開花期のLAIに対する子実重の割合は，後期重点施肥によって上昇する傾向が認められた。ただし，2002年播き実験のイワイノダイチでは，施肥法に関係なく開花期のLAIは大きいが子実重は小さかった。総小花数に対する子実重も，後期重点施肥によって増加する傾向が認められた。ただし，2002年播き試験においては，両品種とも後期重点施肥の効果は認められなかった。

3）考　察

秋播性コムギ品種イワイノダイチの早播き栽培に適した施肥法を，穂，葉，茎の形態的特性，乾物生産特性，および収量構成要素の観点から検討した。

施肥によって葉や茎の形態的特性を制御する方法は，水稲栽培において安定多収を実現するための手法として注目されてきた（松島1973，松葉　2000）。本研究の結果，後期重点施肥を行うと上位の葉や茎が相対的に大きくなる傾向が認められた（第17表，第21図，第22図）。しかし，施肥を変えても形態的特性の差異は小さく，稈長にも差異が認められなかったため，葉や茎の形態的特性が直接，収量に及ぼす影響を解析することは難しい。また，極端な施肥法として基肥を省略する栽培を行った場合には，明らかに上位葉は長く，稈長は短くなったが，穂数や開花期における全乾物重が減少したため，子実重は低くなった（福嶌ら　2001a）。これらのことから，コムギの早播き栽培においては，施肥法によって葉や茎の形態を制御して収量や耐倒伏性を高めることは，現段階では難しいと考えられた。なお，5－0－3－3区では5－3－3区より節間の直径が細かったことは，後期重点施肥を行うと耐倒伏性が小さくなる可能性を示唆しており，今後の検討が必要である。

施肥法が乾物生産特性に及ぼす影響をみると（第18表，第19表），最高分げつ期においては，基肥や1回目の追肥の効果は，全乾物重よりLAIやLWRなど葉の形質に大きく現れた。一方，開花期における全乾物重は，3－3－5区は8－3－0区より，また5－0－3－3区は5－3－3区より小さかったが，LAIに差異は認められなかった。これらのことは，施肥の効果は，まずLAIやLWRなどの葉の形質に現れ，次に全乾物重に現れること，また，後期重点施肥すると開花期の全乾物重が相対的に小さく，開花期のLAIが相対的に大きくなる傾向を示唆している。

子実重についてみると（第20表），後期重点施肥を行ったところ，1999年，2000年播きでは増加したが，2001年，2002年播きでは増加しなかった。そこで，後期重点施肥の効果が年次によって異なる理由を検討したところ，1999年，2000年播きでは，後期重点施肥によって1穂小花数は変化しなかったが，1穂粒数は増加し，総小花数に対する子実重が増加した（第24図）。また，登熟期間のSPAD値は，1999年播きでは8－3－0区より3－3－5区で，また2000年播きでは5－3－3区より5－0－3－3区でそれぞれ高く推移した（第23図）。これらのことから，後期重点施肥では登熟期間の生育が良好であったことが示唆される。2001年播きについてみると，開花期の全乾物重は5－3－3区のイワイノダイチで706g／㎡，チクゴイズミで665g／㎡と，平年値（第12表）のイワイノダイチで812g／㎡，チクゴイズミの812g／㎡に比べて小さかった。さらに，5－0－3－3区においては，開花期の全乾物重がイワイノダイチで537g／㎡，チクゴイズミで563g／㎡と極めて小さく，総小花数も著しく少なかった。一方，この年は，いずれの施肥法においても登熟期間のSPAD値が高く推移した。これらのことから，2001年播きでは登熟期間の生育よりも，開花期までの生育量が子実重を制限する要因となったため，後期重点施肥の効果が小さかったのではないかと推察される。2002年播きにおいては，登熟期間のSPAD値の施肥法による差異が小さかったこと，また後期重点施肥によって総小花数に対する子実重が増加しなかったことから，後期重点施肥の効果が登熟期間に現れなかったことが示唆される。その原因としては，この年は5－0－3－3区の2回目の追肥の直後に雨が降ったため，追肥中の窒素が土壌に吸着される前に流失してしまったのではないかと考えられる。

施肥法に対する反応の品種間差異をみると，1999年，2000年，2001年播きの後期重点施肥では，イワイノダイチはチクゴイズミより総小花数が多く，これに伴い子実重も大きい傾向を示した（第20表）。この結果は，イワイノダイチはチクゴイズミより潜在的なシンクサイズが大きいので追肥時期を遅らせても十分な総小花数を確保できる，という本研究の仮説を支持するものであった。しかし，2002年播き

の後期重点施肥では，イワイノダイチはチクゴイズミより総小花数が少なく，子実重も小さい傾向を示した。この年は，イワイノダイチにおける開花期のLAIが極めて大きく（第19図），また後期重点施肥の効果が登熟期間に現れなかったと考えられるなど，他の年とは異なった生育経過を示した。このために，後期重点施肥が子実重に及ぼす影響も他の年と異なっていたのではないかと考えられる。

なお，後期重点施肥の有効性を示す結果は，ほかにも報告されている。すなわち，岩渕ら（2002）によれば，イワイノダイチの早播き栽培において１回目の追肥時期は標準施肥と同じとし，2回目の追肥時期のみを遅らせる，いわば５－４－０－２区のような施肥を行うと収量および品質が向上した事例がある。生育初期の追肥はとくに穂数と稈長を増加させる効果が高いので（福嶌ら　2004c），５－４－０－２区は５－０－３－３区より穂数の確保は容易であるが，倒伏の危険性が高まると推察される。

以上の結果から，コムギの早播き栽培において子実重を高めるための条件としては，開花期のLAIがある程度大きく，総小花数が多く，かつ登熟期間のSPAD値が高く推移することが考えられる。これらの条件を満たすためには，イワイノダイチにおける後期重点施肥栽培が有望であることが示唆された。しかし，後期重点施肥の効果は年次によっては認められないこともあるので，具体的な施肥法についてさらに検討していく必要がある。

２．疎播がイワイノダイチの生育と収量に及ぼす影響

Ⅱ－１～５において，早播きしたイワイノダイチの生育特性・収量形成について詳細に検討した。その結果を踏まえて，Ⅲ－１においては後期重点施肥によって収量が増加する可能性を示した。以上の検討における播種量は，標準期播きにおける慣行的な播種量である160粒/㎡とした。しかし，暖地のコムギ作においては，播種期を早めた場合は播種量を少なくし，遅らせた場合には多くするのがよいことが経験的に知られているし，海外においても，早播き栽培では播種量を少なくしても，あまり収量が低下しないことが報告されている（Darwinkel et al. 1977, Spink et al.　2000）。また，早播き栽培すると稈長が長くなり倒伏しやすい（Ⅱ－３）が，疎播すると耐倒伏性が強くなると考えられる。

暖地におけるイワイノダイチの早播き栽培の播種量について，岩渕ら（2000）は播種量を50～100粒/㎡と少なくすると，収量は同等で，耐倒伏性や製粉特性が向上することを報告している。しかし，岩渕らの報告では，播種量がどのような生育反応を介して収量に影響を及ぼすかについては十分に検討されていない。そこで，疎播が早播きしたイワイノダイチの生育特性・収量形成に及ぼす影響を形態形成および物質生産の観点から検討した。

１）材料と方法

秋播性コムギ品種イワイノダイチ（秋播性程度Ⅳ）を用いた。試験は2001～2002年（2001年播き），2002～2003年（2002年播き）の２カ年にわたって九州沖縄農業研究センター水田作研究部（福岡県筑後市）の水稲作後の圃場（灰色低地土）で行った。いずれの年次も圃場を３つのブロックに分け，播種量と施肥法の組合せを無作為に配置した。それぞれの実験区の面積は約20㎡で，栽植様式は畦幅1.3m，４条播き，条間22cmの畦立て条播とした。2001年播きは11月８日，2002年播きは11月６日に播種した。播種量は160粒/㎡（標播区）と80粒/㎡（疎播区）２処理区を設けた。施肥には基肥および追肥のいずれの場合も化成肥料（窒素・リン酸・加里を各16％含有）を用い，標準施肥法（５－３－３区）では窒素成分量で基肥に５ g/㎡，1回目の追肥に３ g/㎡（葉齢5.0の時，12月27日），2回目の追肥に３ g/㎡（葉齢7.5の時，1月28日～２月４日）を施用した。後期重点施肥法（５－０－３－３区）では，基肥は５－３－３区と同じとし，1回目の追肥３ g/ ㎡は葉齢7.5の時（１月28日～２月４日），2回目の追肥は葉齢8.0～9.0の時（２月25～28日）にそれぞれ行った。

生育および収量に関する調査方法は，これまでと同様である。2002年播きでは，最高分げつ期にSPAD値も測定した。測定箇所は抽出中の葉の１枚下の葉の葉身中央部とし，実験区当たり無作為に20茎について測定した。なお，最高分げつ期の生育調査は，前章までと同様に葉齢７～８の時期に行ったが，それ以降も疎播区では分げつが出現した。

２）結　　果

（１）生育経過

2001年播きでは出芽が順調で，出芽数は標播区で129粒/ ㎡，疎播区で63粒/ ㎡であった。2002年播き

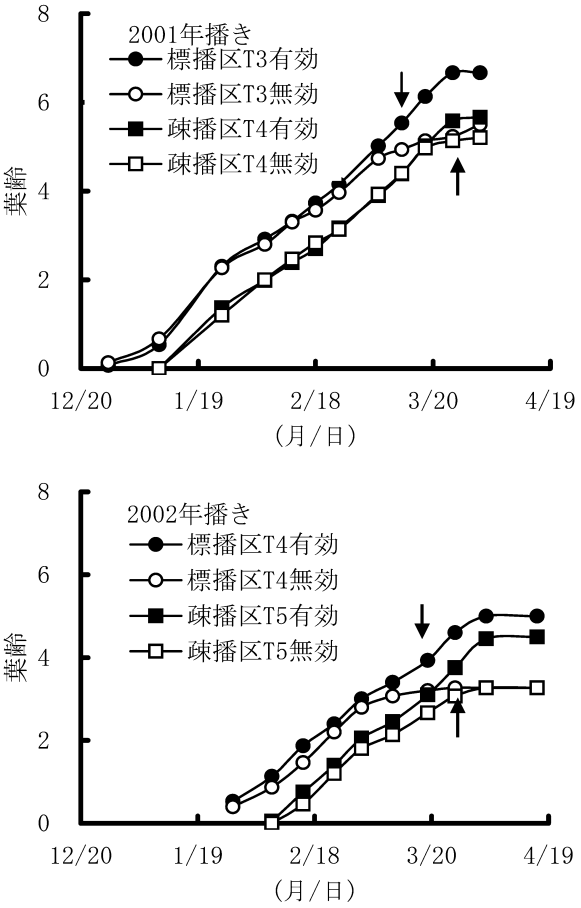
では，播種後の降雨のために出芽率が低くなり，出芽数は標播区で104粒/㎡，疎播区で49粒/㎡であった。標播区の発育経過は第２表の早播区に示したとおりで，2001年播きでは出穂期が３月23日，成熟期は５月18日，2002年播きでは出穂期が４月２日，成熟期が５月22日であった。疎播区の発育経過は標播区とほぼ同じであったが，2002年播きでは成熟期が１日遅れた。

2001年播きでは疎播区および標播区のいずれも倒伏は全く認められなかったが，2002年播きでは，５段階中の１～２程度の倒伏（注：小麦調査基準　農業研究センター　1986）が認められたが，疎播区の被害面積は標播区よりも小さかった。

（２）主茎および分げつの発育

主茎の葉齢の推移をみると，2001年播きでは生育期間を通じて疎播区は標播区より僅かに0.2ほど早く，2002年播きでは両区間で差異は認めらなかった。また，いずれの年次も，止葉が展開する時期や総葉数に，播種量による差異は認められなかった。

疎播区では標播区と同様，分げつが同伸葉同伸理論に基づく予想とおりに規則的に出現し，順次，葉を展開した。疎播区では標播区より分げつの発生が長期間に渡って続き，高位の分げつも出現し，それが出穂した（第21表）。有効分げつと無効分げつの境界となる節位は2001年播きでは標播区でT3，疎播区でT4，2002年播きでは標播区でT4，疎播区でT５であった。これらの分げつの葉齢の推移をみると（第25図），いずれの年次においても有効分げつと無効分げつの違いが明確になる時期は標播区より疎播区の方が遅かった。２次分げつも，標播区より疎播区の方が出現数が多く，出穂した穂数も多かった。なお，分げつの発育には，施肥法による大きな差異は認められなかった。



第25図　播種量が分げつの葉齢の推移に及ぼす影響
下向矢印，上向矢印はそれぞれ標播区，疎播区において有効分げつと無効分げつの葉齢の違いが明確になる時期を示す。

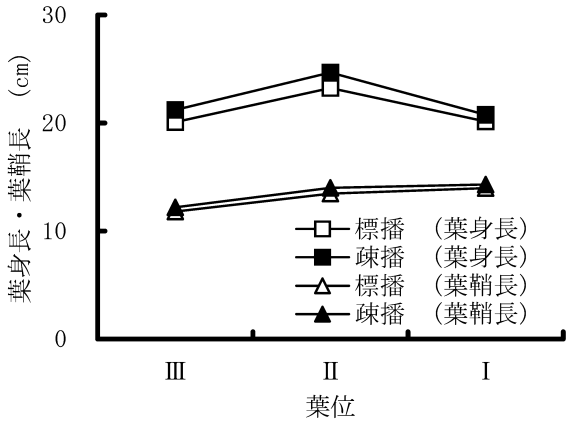
第21表　播種量および施肥法が節位別にみた分げつの出現率および出穂率に及ぼす影響

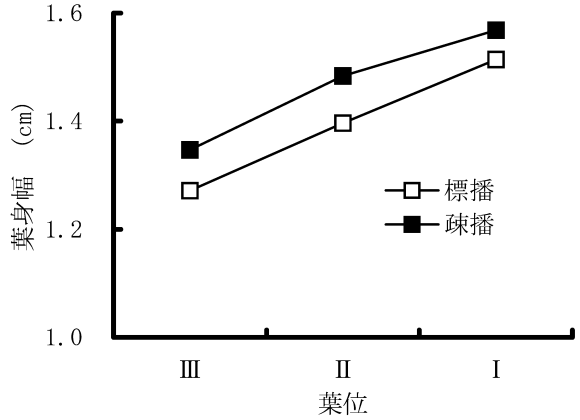
播種年	施肥法	播種量	出現率			出穂率		
			T3	T4	T5	T3	T4	T5
2001	5-3-3	標播	1.00	0.75	0.00	0.50	0.00	0.00
		疎播	1.00	1.00	0.58	1.00	0.50	0.00
	5-0-3-3	標播	1.00	0.75	0.00	0.58	0.00	0.00
		疎播	1.00	1.00	0.08	1.00	0.33	0.00
2002	5-3-3	標播	1.00	0.82	0.09	0.91	0.27	0.00
		疎播	1.00	1.00	0.83	1.00	0.92	0.33
	5-0-3-3	標播	1.00	1.00	0.17	0.92	0.17	0.00
		疎播	1.00	1.00	0.75	1.00	1.00	0.58

T3, T4, T5はそれぞれ3号分げつ，4号分げつ，5号分げつを示す。出現率，出穂率はその節位の分げつが出現，出穂した個体数を全調査個体数12で割った値を示す。1号分げつ，2号分げつはいずれの処理区においてもほぼ100%出現・出穂した。表中のアンダーラインは有効分げつと無効分げつの境界と判断された節位を示す。

（3）穂・葉・茎の形態的特性

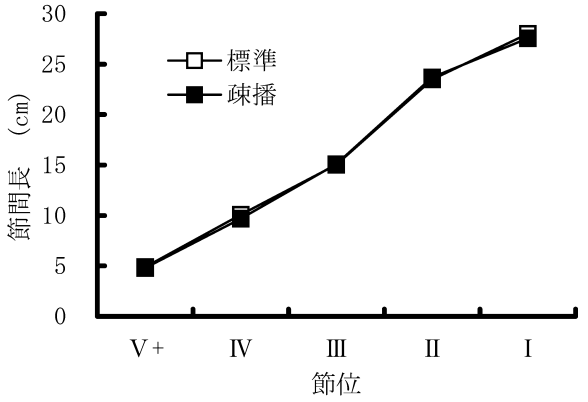
穂の形態をみると（第22表），疎播区では標播区よりも１穂小穂数や１小穂小花数が多く，その結果，１穂小花数も多かった。葉位別の葉の形態をみると，有意差は認められないが，疎播区は標播区よりも葉身がやや長く，その幅が広い傾向が認められた（第26図）。茎の形態をみると，疎播区は標播区と比較して，稈長，節位別節間長，節間数に差異は認められないが，節位別の節間直径が太かった（第27図）。なお，穂，葉，茎の形態的特性には，施肥法による

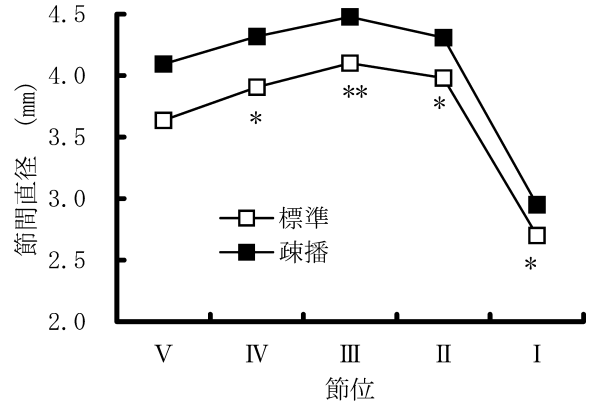




第26図　播種量が葉位別の葉の形態的特性に及ぼす影響

止葉をⅠとし，下方向にⅡ，Ⅲとした。２カ年，２施肥法の平均値。分散分析の結果，いずれの葉位・形質においても５％水準で有意差は認められなかった。





第27図　播種量が節位別の茎の形態的特性に及ぼす影響

穂首節間をⅠとし，下方向にⅡ，Ⅲ･･･とした。Ⅴ＋は第Ⅴ節間以下の合計値。２カ年，2施肥法の平均値。分散分析を行い５％，1％水準で有意な場合は＊，＊＊をそれぞれ示した。

第22表　播種量が穂，葉，茎の形態的特性に及ぼす影響

施肥法	播種量	穂長（cm）	1穂小穂数	1小穂小花数	1穂小花数	総葉数	稈長（cm）	節間数
5-3-3	標播	10.5	19.5	2.48	48.3	10.8	81.3	5.01
	疎播	11.4	20.6	2.91	59.9	11.0	81.2	5.08
5-0-3-3	標播	10.5	19.4	2.57	49.8	10.8	81.2	5.13
	疎播	11.4	20.6	2.96	61.1	10.8	80.1	5.13
播種量		*	*	**	**	NS	NS	NS
施肥法		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
交互作用		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

2カ年の平均値。*，**，NSは5%，1%水準で有意，5%水準で有意でないことをそれぞれ示す。

差異はほとんど認められなかった。

（4）乾物生産特性

最高分げつ期には，疎播区では標播区より茎数が少なく，LAI，全乾物重も小さかったが，SPAD値は高かった（第23表）。開花期においては，疎播区では標播区より穂数が少ないが，LAIおよび全乾物重に差異は認められなかった（第24表）。このことは，疎播区は標播区より穂数当たりのLAIや全乾物重が大きいことを示している。また，開花期のSLA（Specific Leaf Area，葉面積÷葉身重）は標播区より疎播区の方が小さかった。施肥法についてみると，2001年播きでは5－3－3区より5－0－3

第23表　播種量が最高分げつ期の乾物生産特性及ぼす影響

播種年	施肥法	播種量	茎数（本/㎡）	LAI	全乾物重（g/㎡）	SLA（c㎡/g）	LWR（g/g）	SPAD値
2001	5-3-3	標播	862	1.28	75	266	0.64	－
		疎播	639	0.85	50	245	0.66	－
	5-0-3-3	標播	764	1.08	66	260	0.63	－
		疎播	531	0.69	44	243	0.65	－
	播種量		**	**	**	*	**	
	施肥法		*	NS	NS	NS	NS	
	交互作用		NS	NS	NS	NS	NS	
2002	5-3-3	標播	676	0.69	43	261	0.61	38.3
		疎播	501	0.46	31	247	0.60	41.3
	5-0-3-3	標播	729	0.85	53	263	0.60	37.0
		疎播	491	0.48	32	245	0.61	41.1
	播種量		**	**	**	**	NS	**
	施肥法		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	交互作用		NS	NS	NS	NS	NS	NS

SLA:Specific Leaf Area（葉面積÷葉身重），LWR:Leaf Weight Ratio（葉身重÷全乾物重）。－は調査しなかったことを示す。*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。

第24表　播種量が開花期の乾物生産特性に及ぼす影響

播種年	施肥法	播種量	穂数（本/㎡）	LAI	全乾物重（g/㎡）	SLA（c㎡/g）	LWR（g/g）
2001	5-3-3	標播	374	3.30	706	282	0.17
		疎播	298	2.71	613	262	0.17
	5-0-3-3	標播	312	2.41	537	272	0.16
		疎播	262	2.38	551	253	0.17
	播種量		**	NS	NS	**	NS
	施肥法		**	*	**	NS	NS
	交互作用		NS	NS	NS	NS	NS
2002	5-3-3	標播	－	4.36	795	321	0.17
		疎播	－	3.55	733	287	0.17
	5-0-3-3	標播	－	4.18	774	307	0.18
		疎播	－	4.31	762	299	0.19
	播種量			NS	NS	**	NS
	施肥法			NS	NS	NS	NS
	交互作用			NS	NS	NS	NS

SLA:Specific Leaf Area（葉面積÷葉身重），LWR:Leaf Weight Ratio（葉身重÷全乾物重）。－は調査しなかったことを示す。*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。

－３区の方が最高分げつ期の茎数，開花期のLAIおよび全乾物重が小さかったが，2002年播きでは各形質に差異は認められなかった。

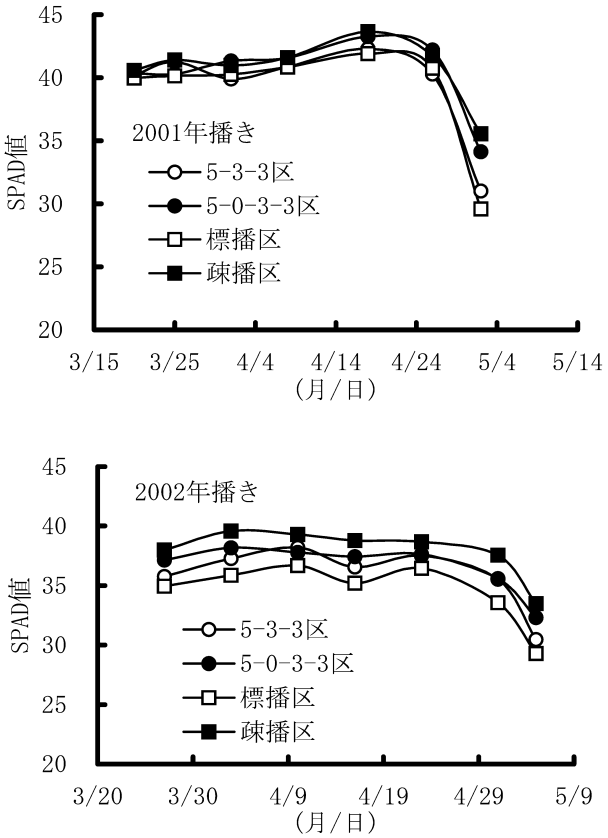
（５）登熟期間のSPAD値の推移

SPAD値は，いずれの年次においても標播区より疎播区の方が出穂期前後から高く推移した（第28図）。施肥法についてみると，SPAD値は　2001年播きでは５－３－３区より５－０－３－３区の方が高く推移したが，2002年播きでは５－３－３区より５－０－３－３区の方がやや高いものの，その差異は比較的小さかった。

（６）収量および収量関連形質

全茎を対象とした穂の諸形質についてみると（第25表），1穂小穂数は，2001年播きでは播種量による差異は認められず，2002年播きでは疎播区の方が標播区より多かった。１穂小花数はいずれの年次も疎播区が標播区より多かった。

収量構成要素をみると（第25表），疎播区は標播区よりも穂数は少なく，1穂粒数は多く，千粒重は同等であった。その結果，有意差は認められないものの，疎播区の子実重は標播区より大きい傾向が認められた。また，総小花数には，播種量による差異は認められなかった。2001年播きでは５－０－３－３区の千粒重が５－３－３区より小さかったが，それ以外の形質では差異が認められなかった。



第28図　播種量と施肥法がSPAD値に及ぼす影響
５－３－３区，５－０－３－３区は標播区，疎播区の平均値，標播区，疎播区は５－３－３区，５－０－３－３区の平均値で示した。

第25表　播種量が収量・収量関連形質に及ぼす影響

播種年	施肥法	播種量	1穂小穂数	1穂小花数	１穂粒数	穂数（本/㎡）	総小花数（g/㎡）	千粒重（g）	子実重（g/㎡）
2001	5-3-3	標播	19.1	41.9	34.1	372	15700	42.2	535
		疎播	19.7	48.0	38.2	333	14300	42.4	540
	5-0-3-3	標播	19.2	40.9	33.9	383	12700	39.7	516
		疎播	19.6	49.8	39.4	330	13000	40.9	530
	播種量		NS	**	**	*	NS	NS	NS
	施肥法		NS	NS	NS	NS	*	**	NS
	交互作用		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2002	5-3-3	標播	18.8	40.1	30.2	423	16900	39.3	501
		疎播	19.7	49.8	37.3	354	17600	38.9	512
	5-0-3-3	標播	18.5	39.9	32.2	397	15900	38.8	495
		疎播	19.9	47.9	38.8	349	16800	38.2	517
	播種量		**	**	**	*	NS	NS	NS
	施肥法		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	交互作用		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

*，**，NSは5%，1%水準で有意，有意でないことをそれぞれ示す。

3）考 察

秋播性コムギ品種イワイノダイチの早播き栽培で疎播すると，標播と比較して，穂数は少なく，1穂粒数は多く，千粒重は同等で，子実重は同等かやや大きかった。このような結果がどのような生育特性を介したものであるかについて解析し，イワイノダイチの早播き栽培における疎播の効果について検討したい。

播種量が違っても主茎の葉齢の推移や総葉数における差異は小さかったが，分げつの発育の様相は大きく異なっていた（第21表，第25図）。すなわち，疎播すると標播するより分げつの発生期間が長くなり，分げつが無効化する時期も遅かった。すなわち，疎播すると主茎および分げつ間で競合が生じる時期が遅くなるとともに，その程度も小さいと考えられる。

また，疎播すると１穂小穂数や１穂小花数が多く，上位葉の葉身が大きかった。これには，主茎および分げつ間の競合が生じる時期が遅く，その程度も小さかったこと，また，初期生育が抑制されたために最高分げつ期から開花期までの窒素含有率が高かったことが関係していると考えられる。一方，疎播区と標播区との間で，稈長には差異が認められなかった。これは，疎播すると最高分げつ期における生育量が少ないため，稈の伸長期間における光環境が良好となり，稈の徒長が抑制されたためと推察される。また，疎播によって稈長は増加しないが，節間の直径が増加したことが，耐倒伏性が優れていることの一因であろう。なお，穂・葉・茎の調査は主茎を対象としたが，1穂小穂数や１穂小花数は全茎を対象としても同様の傾向が得られていること（第25表），穂数当たりの開花期のLAIや乾物重は疎播が標播より大きいこと（第24表）から，全茎を対象としても同様の傾向が認められるものと考えられる。

暖地のコムギ作では，子実重を決める上で開花期のLAIや総小花数，および登熟期間のSPAD値が重要と考えられた（Ⅱ－5，Ⅲ－１）。そして，疎播すると開花期のLAIや総小花数が標播とほぼ同じとなったこと（第24表，第25表）から，疎播区は，開花期の段階ですでに標播区と同じレベルの子実重を得る条件を備えていたと考えられる。一方，疎播すると開花期の形態的特性は標播の場合と大きく異なっていた。すなわち，疎播すると穂数が少ないが，１穂小穂数や１穂小花数が多く，葉や茎の形態的形質も大きい値を示した。またSLAが小さかったことは，疎播すると標播より葉身が厚くなることを示しており，登熟期間中のSPAD値が高く推移したこと（第28図）と関連していると推察される。疎播と標播のいずれが収量的に有利であるかを決めることは難しいが，本研究において疎播すると子実重が標播の場合と同等か，それよりやや大きかったことは，疎播した場合の形態的特性が標播より収量形成において有利であったことを示唆している。

Darwinkel（1983）によれば，最適な追肥時期は播種量によって異なっており，疎播の場合は分げつ数を多くするために早期の追肥が必要である。しかし，本研究の結果としては，疎播した場合に追肥時期が生育や収量に及ぼす影響は不明確であった（第24表，第25表）。疎播すると最高分げつ期のSPAD値が高かったことから判断して，疎播では窒素施肥量の不足が出穂期までの生育を制限することが少ないためではないかと推察される。ただし，本研究を行った２年間は後期重点施肥の効果が小さい年であった（Ⅲ－１）ので，播種量と施肥法の最適な組み合わせについては，さらに検討する必要がある。

以上，イワイノダイチの早播き栽培において，疎播は，開花期の段階ですでに標播と同じレベルの子実重を得る条件を備えおり，子実重は標播と同等かそれ以上であることが示された。さらに，疎播は標播より耐倒伏性に優れていることを考慮すれば，イワイノダイチの早播き栽培には標播より疎播が適していると考えられる。

Ⅳ．総合考察

本研究は，暖地のコムギ作において雨害を回避するために早期に収穫しながら，しかも同時に安定多収を実現することを目的として行ったものであり，Ⅱでは早播きした秋播性早生コムギ品種イワイノダイチの生育特性と収量形成を解析し，それを踏まえてⅢでは適切な栽培技術の開発に取り組んだ。引き続くⅣでは，これまでに得られた成果を総括的に考察するとともに，今後の課題について論議する。

１．暖地のコムギ作における収量形成の解析

暖地のコムギ作において早期収穫と安定多収を同時に実現するためには，まず，収量の形成過程を理

解し，収量の制限要因を明確にしておく必要がある。本研究では，早播きした秋播性早生コムギ品種の収量性について検討する際，収量構成要素の成立過程を解析することを中心に研究を進めた（Ⅱ）。このような収量構成要素に着目する場合の問題点として，武田（1971）は収量構成要素の間に負の相関関係が認められることを指摘している。また，コムギの場合，収量構成要素の基となる茎数や1穂分化小花数の最大値は常に過剰であり，最終的な値に落ち着くまでの退化過程を解析することが難しいことを，Hay（1999）が指摘している。本研究においても，イワイノダイチはチクゴイズミより穂数はやや多く，千粒重も大きいが，1穂粒数は少ないというように，収量構成要素間に負の相関関係が認められることが多く（Ⅱ－5），また，最高茎数や1穂小穂数など収量構成要素の基となる形質と子実重との関係は不明確であった（Ⅱ－2，Ⅱ－4）。

しかし，本研究において収量構成要素の形成過程を解析することを中心としながら，さらに物質生産特性および，これを規定する気象要因についても解析したことで，はじめて暖地のコムギ作における収量の制限要因が明確になったと考えられる。すなわち，子実重と最も関連の深い形質は開花期の葉面積（LAI）と総小花数であった。開花期におけるLAIと総小花数との間には正の相関関係に認められるため，いずれが子実重と関連が深いかを解析するのは難しい。しかし，開花期におけるLAIと子実重との間に得られた相関係数は，総小花数と子実重との場合より小さいこと，開花期のLAIがある程度以上になると子実重が低下したこと，および総小花数は収量構成要素の基となる形質であることから，開花期のLAIより総小花数の方が子実重を規定する重要な形質ではないかと推察される。

なお，開花期のLAIおよび総小花数の両者と密接に関連する形質として，植物体の窒素含有率が考えられる。福嶌ら（2004d）は，最高分げつ期における植被率とSPAD値を比較すると，SPAD値と子実重との間に得られた相関係数の方が有意に高かったことから，全乾物重やLAIより植物体の窒素含有率が子実重を強く規定していることを考察している。また，後期重点施肥に関する圃場実験において，開花期のSPAD値が高いほど子実重が大きかったこと（Ⅲ－1）も，植物体の窒素含有率が重要であることを示している。今後は，本研究で注目した総小花数や開花期のLAIなどの形質だけでなく，植物体の窒素含有率にも着目することによって，コムギの収量形成における制限要因やその制御方法がさらに明確になることが期待される。

2．出穂期・開花期の早期化による収量低下の要因

暖地のコムギ作においては，出穂期・開花期が早いほど収量が低下することが報告されている（田谷1993）。このような収量低下の原因としては，生育期間が短いことのほか，開花期までおよび登熟期間における気象要因が挙げられる。

田谷（1993）は，早生品種における子実重が低いことの一要因として，生育期間が短いために全乾物重が低下することを挙げている。一方，早播き栽培は，生育期間が長く，かつ出穂期・開花期を早めることが可能な栽培技術である。極早播区や早播区は開花期までの生育期間が長く，それに伴って開花期の全乾物重も大きかった（Ⅱ－5）。しかし，極早播区は標準播区と比較して全乾物重は大きいが子実重は小さく，早播区は標準播区より全乾物重はやや大きいが子実重はほぼ同等であった。これらのことは，開花期の全乾物重以外に，出穂期・開花期を早期化すると子実重が低下する原因があることを示している。

開花期までの気象要因についてみると，開花期が早いほど頂端小穂形成期から開花期までの平均気温が低くなると考えられる。Ⅱ－2では，低温によって1穂小花数が減少すること，Ⅱ－3では低温によって葉身の伸長が抑制されることを明らかにした。また，Ⅱ－5では，総小花数と開花期のLAIが子実重と密接な関係にあることを明らかにした。これらの事実から，開花期が早いと，開花期前の生育期間中に低温に合うため開花期におけるLAIおよび総小花数が減少し，その結果，収量が低下すると考えられる。

登熟期間の気象要因についてみると，開花期が早まると登熟期間の気温は低く，日平均日射量もやや少なくなるが，登熟期間は長くなると考えられる（Ⅱ－1）。本研究の範囲内では，登熟期間の気温や日射量と子実重との間には明確な関係が認められなかったこと（Ⅱ－5）から，開花期が早まっても登熟期間の気象要因の変化が子実重に及ぼす影響は少

ないと推察される。なお，登熟期間の平均気温と千粒重との間に負の相関関係が認められたことは，登熟期間の気温が低い早播き栽培において千粒重が増加する可能性を示しており，暖地のコムギ作における収量や品質の制御を考えていく上で注目に値する事実である。

以上の結果から，暖地のコムギ作において出穂期や開花期が早まることで収量が低下する主な原因は，開花期前の低温によって開花期のLAIや総小花数が減少することと考えられる。早播き栽培すると生育期間は長くなるので，穂数や開花期における全乾物重を確保することが容易で，開花期が早くても総小花数や開花期のLAIが減少しにくいため，早期収穫と安定多収を同時に実現するのに適した栽培技術と考えられる。今後，さらに開花期を早めて，かつ安定した収量を得るためには，低温条件下でも総小花数や開花期のLAIが減少しないような品種の育成や栽培技術の開発が必要である。

3．早播き栽培に適した品種特性

早播き栽培に秋播性早生コムギが適していることは示唆されていた（田谷 1993，藤田 1997）が，その根拠は明らかでなかった。本研究の結果，秋播性早生コムギ品種のイワイノダイチを早播き栽培すると，春播性早生コムギ品種のチクゴイズミより二重隆起形成期が遅く，また，穂，葉，茎および分げつの発育も両品種で大きく異なっていた。この生育特性の違いを基にして早播き適性について考察したい。

水稲では幼穂分化期から出穂期までの日数が移植時期や品種によらずほぼ一定であり，この期間の長短が1穂穎花数を決める主な要因とは考えられない（松島 1959）。一方，コムギでは，小花の発育期間が長いと，最終的に形成される1穂小花数が増加して多収に結びつく可能性が指摘されている（Slafer et al. 1999）。しかし，早播き栽培すると，イワイノダイチはチクゴイズミより頂端小穂形成期から開花期までに要する日数が短かったが，最終的な1穂小花数はほぼ同じであった（Ⅱ－2）。これは，頂端小穂形成期から開花期までに要する日数より，その期間の平均気温が1穂小花数と密接に関連しているからであり，頂端小穂形成期から開花期までの平均気温と1穂小花数との関係には品種間差異は認められなかった。以上の実験結果は，早播き栽培すると開花期前の低温で小花の発育が抑制されるが，その程度はイワイノダイチとチクゴイズミで大きな差異がないことを示している。

早播き栽培すると，低温のために開花期のLAIが減少して，これが子実重の規定要因となる可能性もある（Ⅱ－3，Ⅱ－5）。二重隆起形成期以降に出現する葉数（上位葉数）はチクゴイズミよりイワイノダイチの方が多く，これに伴い開花期のLAIが大きくなった。しかし，イワイノダイチではLAIが増加したときの子実重の増加程度が小さく，チクゴイズミとの間で子実重に大きな差異は認められなかった。このことから，イワイノダイチで開花期のLAIが大きいという特徴は，早播き栽培に適することを示すものではないと考えられる。

茎の発育についてみると（Ⅱ－3），イワイノダイチを早播き栽培すると茎立ち期が遅いことから，凍霜害を受けにくいと考えられた。筑後地域の平坦地においては凍霜害の危険性は低く，本研究を行った5年間で幼穂の凍死が顕著に認められたのは，1999年播きのみであった（福嶌ら 2001b）。しかし，筑後地域より北の地域や中山間地においては，早播き栽培すると凍霜害が発生することも十分に考えられる。そのような地域では，イワイノダイチの利用が有効となるかもしれない（杉浦ら 2001）。

早播き栽培における分げつの発育についてみると（Ⅱ－4），イワイノダイチはチクゴイズミより分げつの出現期間が長いため最高茎数が多かったが，穂数はやや多いか同等となった。このことから，イワイノダイチで最高茎数が多いという特性は，早播き栽培に適することを必ずしも示すものではないと判断される。 ただし，湿害などによって初期生育が著しく抑制された場合は，イワイノダイチの最高茎数が多いという特性は，穂数を確保する上で有利に働く可能性がある。

以上のように，早播き栽培した場合のイワイノダイチとチクゴイズミの生育特性は大きく異なっていたが，凍霜害の問題を除けば，イワイノダイチがチクゴイズミより早播き栽培に明らかに適しているという結果は得られなかった。また，開花期における全乾物重や子実重にも両品種間で大きな差異は認められなかった（Ⅱ－5）。さらに，九州各県（福岡県，佐賀県，長崎県，大分県，熊本県）の農業関係

試験研究機関の栽培試験（尾形ら　2003など）でも，早播き栽培したイワイノダイチとチクゴイズミの子実重に大きな差異は認められていない。これらのことから，イワイノダイチとチクゴイズミを早播き栽培した場合，収量性に差異は認められないと考えられる。

4．生育特性・収量形成に基づく栽培技術の開発

松島（1973）は，水稲の形態・生理・生態的な特徴を徹底的に検討し，その結果をもとにして施肥を中心とした多収栽培技術の開発を試みた。このようにして生まれた理想稲稲作（Ｖ字型稲作）理論については賛否両論があるが，有効な面が多く，その後の水稲栽培技術の開発に大きな影響を与えてきた。コムギの場合も同様に，まず生育特性・収量形成について検討することが，広く応用できる多収栽培技術の開発に結びつくと考えられる。ただし，本研究においては，短い年数での栽培技術の確立が求められていたため，生育特性・収量形成の検討と栽培技術の開発を同時並行的に進めた。栽培技術の開発にあたっては，施肥と播種量に着目して検討を進めた。

早播き栽培すると生育後期に窒素が不足することが知られていたことと，初年度の実験の結果からイワイノダイチは１穂小穂数や最高茎数が多いため初期生育を抑制しても収量を確保することが可能と考えられたことから，後期重点施肥について検討した（Ⅲ－１）。その後，早播き栽培すると生育期間が長くなり開花期における全乾物重を十分に確保できるが，頂端小穂形成期から開花期までの気温が低いため開花期におけるLAIや総小花数が減少する可能性があることが分かってきた。これらの結果は，早播き栽培では初期生育が旺盛なことより，開花期前の生育が旺盛であることが重要であり，これを実現するには後期重点施肥が適していることを示唆している。

本研究の結果では，4年間のうち２年間で後期重点施肥の効果が認められた。これらの年には，後期重点施肥によって登熟期間のSPAD値が高く維持され，1穂粒数が増加した。後期重点施肥の効果が認めらない年は，開花期の全乾物重や総小花数が極めて不足したことや，追肥直後の降雨のために登熟期間のSPAD値が高くならなかったことなどが原因と考えられた。これらのことから，コムギの早播き栽培で子実重を高めるためには，総小花数が多く，かつ登熟期間のSPAD値が高く推移する必要がある。品種間で比較すると，4年間の中の３年間，チクゴイズミよりイワイノダイチの方が総小花数が多く，子実重も大きかった。このことから，イワイノダイチは潜在的なシンクサイズが大きいため，初期生育が劣った場合でも総小花数を確保することが比較的容易であると考えられる。

播種量については，早播き栽培には疎播が適していることが経験的に知られていること，早播き栽培すると稈長が長くなって倒伏しやすいこと，イワイノダイチは最高茎数が多く穂数を確保しやすいことなどから，疎播栽培の試験を行った（Ⅲ－２）。その結果，疎播した場合の子実重は標播した場合と同等かやや大きく，耐倒伏性も優れていることが明らかとなった。このように疎播した場合に良好な結果が得られた原因を解析したところ，最高分げつ期の生育量は標播より少なかったが，開花期のLAIや総小花数はほぼ同じであり，さらに登熟期間のSPAD値が高く維持されていることが分かった。Bindraban et al.（1998）は，茎立ち期から開花期までの生育量がコムギの総粒数を決める上で最も重要であることを指摘している。本研究においても，疎播すると初期生育が抑制され，茎立ち期から開花期までの生育が良好であったことが，子実重の増加と耐倒伏性の強化に結びついたと考えられる。

以上の施肥法および播種量に関する実験結果から，早播き栽培した場合の理想的な生育経過としては，初期生育が抑制され，開花期のLAIがある程度大きく，総小花数が多く，かつ登熟期間のSPAD値が高く維持されることが考えられるが，これを実現するためには後期重点施肥と疎播が有効な手段と考えられる。ただし，施肥法や播種量を選択する場合には，品種特性を十分に考慮する必要がある。イワイノダイチは最高茎数が多く，初期生育が抑制されても穂数の確保が可能であることから，後期重点施肥や疎播の効果が安定して高いと推察される。一方，チクゴイズミは最高茎数が少ないため，後期重点施肥や疎播によって初期生育が極端に抑制された場合は穂数の確保が困難となる可能性がある。今後は，品種，施肥法，播種量の最適な組み合わせについて，さらに詳細な検討が必要である。その場合，追肥の時期や量を決定する際に，植被率やSPAD値など

を指標として利用した生育診断（福嶌ら　2004b）が有効と考えられる。

５．今後の課題

残された重要な課題としては，品質と地域適応性の問題がある。早期収穫の主な目的は雨害を回避して品質を向上させることであるが，秋播性早生コムギ品種イワイノダイチの早播き栽培における品質については，まだ十分に検討できていない。コムギの品質を評価するには，多くの調査項目を検討する必要があり，またその結果が年次によって大きく変動するため，短期間で行うことが困難なことも一因である。本研究の実験は同一の実験圃場で行ったものがほとんどであるが，栽培地域が異なれば土壌条件や気象条件も大きく異なり，それに伴ってコムギの生育・収量・品質も大きく異なることが予想される。今後は，本研究の成果をもとにしながら，品質の評価も加え，それぞれの栽培地域に応じた品種の選択や栽培管理を行うことによって，コムギの早播き栽培が普及していくことが期待される。

Ⅴ．摘　　要

暖地におけるコムギ作では，雨害による穂発芽や水稲作との作業競合を回避するために収穫期を早めることが強く求められている。そのための栽培技術としては早播き栽培が有効であることが示唆されてきたが，従来の暖地品種は春播性であるため，早播きすると茎立ちが早まり，凍霜害が発生したり穂数が減少して収量が低下する危険性が高かった。そこで，早播きしても茎立ちが早まらない秋播性早生コムギ品種イワイノダイチが暖地用品種として育成された。秋播性早生コムギを早播き栽培すると，従来の春播性コムギを標準播き栽培した場合と生育の様相が大きく異なることが予想され，それに対応した栽培技術を確立する必要がある。そこで，本研究においては，早播きした秋播性早生コムギのイワイノダイチの生育・収量特性を解明し，それに基づく栽培技術の開発を試みた。

１．イワイノダイチの生育特性と収量形成の解析

１）イワイノダイチの発育経過

早播きしたイワイノダイチの発育経過の特徴を、播種期間を変えるとともに、春播性コムギ品種チクゴイズミと比較しながら検討した。早播区　（11月上旬播き）の成熟期は標準播区（11月下旬播き）よりも４日早い５月22日であり，入梅前の収穫が十分に可能であった。早播区におけるイワイノダイチの二重隆起形成期はチクゴイズミより22日も遅かったが，開花期は僅か３日遅れる程度で，成熟期はほぼ同じであった。発育期間を播種期から二重隆起形成期まで，二重隆起形成期から開花期まで，開花期から成熟期までの３つに分けて，それぞれの発育期間の長さとその期間の平均気温・平均日長との関係を解析した。播種期から二重隆起形成期までの発育日数は，チクゴイズミでは平均気温の上昇に伴って短くなったが，イワイノダイチでは平均気温に関係なくほぼ一定であった。二重隆起形成期から開花期までの発育日数は，両品種ともに平均気温および平均日長の増加に伴って短くなった。開花期から成熟期までの発育日数は，両品種ともに平均気温の上昇に伴って短くなったが，平均気温が同じ場合はイワイノダイチの方がチクゴイズミよりも短かった。以上の結果から，イワイノダイチとチクゴイズミでは少なくとも播種期～二重隆起形成期および開花期～成熟期の温度反応が異なっており，そのために，早播き栽培するとイワイノダイチはチクゴイズミよりも二重隆起形成期は遅れるが，成熟期はほぼ同じとなることが明らかとなった。

２）イワイノダイチの穂の発育

イワイノダイチを早播きすると播種期～頂端小穂形成期の日数がチクゴイズミより長くなり，これに伴い１穂小穂数が多くなった。一方，頂端小穂形成期～開花期の日数は短く，これに伴い１小穂小花数が少なくなった。その結果，早播区における１穂小花数はイワイノダイチとチクゴイズミでほぼ同じになっていた。また，1穂小花数は頂端小穂形成期から開花期までの平均気温が低いほど少なかったことから，開花期が早くなる早播き栽培では１穂小花数が少なくなりやすいことが明らかとなった。

３）イワイノダイチの葉と茎の発育

早播区における上位葉の葉身・葉鞘は，イワイノダイチでもチクゴイズミでも標準播区より短かった。これは，早播区では葉の伸長が低温によって抑制されるためと考えられる。一方，早播区における稈長は、両品種とも標準播区より長かった。これは，早播区で生育期間が長くなったことに伴い総葉数や伸

長節間数が多くなったためと考えられる。品種間で比較すると，イワイノダイチの止葉の葉身・葉鞘はチクゴイズミより短く，葉身幅も短く，上位節間の長さが相対的に短いという特徴が認められた。このようなイワイノダイチの葉や茎の形態的特徴は，二重隆起形成期や茎立ち期はチクゴイズミより遅いが，開花期がほぼ同じであるという発育特性と関連していると考えられる。

4）イワイノダイチの分げつの発育

イワイノダイチを早播きするとチクゴイズミより分げつの出現期間が長く，高位・高次の分げつが出現して分げつ数が多くなったが，無効分げつも多かった。品種や播種時期によらず，分げつの出現が停止するのは二重隆起形成期であり，分げつが有効化するか無効化するかがほぼ決まるのは頂端小穂形成期や茎立ち期であることが明らかとなった。このことから，分げつ数の推移は幼穂の発育や節間伸長の時期と密接に関連していると考えられた。個体当たりの分げつ数の推移は単位面積当たりの茎数の推移を規定しており，最高茎数は，イワイノダイチでは播種期が早いほど最高茎数が多かったが，チクゴイズミでは播種期による差異は認めらなかった。また，いずれの播種期においても最高茎数はイワイノダイチの方がチクゴイズミよりも多かったが，最高茎数が多いほど有効化率が低く，播種期や品種が違っても穂数には大きな差異は認められなかった。

5）イワイノダイチの収量形成

早播区では開花期までの生育期間が標準播区より長いため、開花期における全乾物重が大きくなるが，全乾物重に占める葉重の比率が低いため，開花期におけるLAIは両区でほぼ同じであった。開花期における全乾物重は両品種でほぼ同じであったが，LAIはチクゴイズミよりイワイノダイチの方が大きかった。収量・収量関連形質についてみると，播種期を変えても穂数には差異が認められなかったが，播種期が早いと１穂小花数や１穂粒数が減少し，千粒重が増加する傾向が認められた。その結果，最終的な収量には早播区と標準播区とで差異が認められなかった。また，イワイノダイチはチクゴイズミと比較して，穂数がやや多く，千粒重は大きかったが，１穂粒数は少なかったため，収量はほぼ同等であった。コムギの子実重と開花期のLAIおよび総小花数との間には有意な正の相関関係が認められたが，開花期以降の平均気温や日射量との間には明確な関係が認められなかった。このことから，コムギの子実重は開花期までの生育量によって強く規定されていると考えられた。イワイノダイチとチクゴイズミのいずれの場合も，早播き栽培すると生育期間が長く，開花期までの生育量が十分に確保できるため，成熟期が早くなっても標準播区と同等の収量を得ることが可能と考えられた。

2．イワイノダイチの栽培技術の検討

1）後期重点施肥法がイワイノダイチの生育と収量に及ぼす影響

後期重点施肥を行ったところ，イワイノダイチとチクゴイズミの両品種とも４カ年の中の２カ年で収量が対照区より高くなった。後期重点施肥の効果が認められた年には，登熟期間のSPAD値が高く推移し，1穂粒数が多くなる特徴が認められた。後期重点施肥の効果における品種間差異をみると，4カ年の中の３カ年で，イワイノダイチはチクゴイズミより総小花数が多く，これに伴い収量も多かった。これは，イワイノダイチの潜在的なシンクサイズが大きく，施肥時期が遅くても，総小花数を確保できたためと考えられる。以上の結果から，コムギの早播き栽培において収量を高めるためには，総小花数が多く，かつ登熟期間のSPAD値が高く推移することが必要であるが，イワイノダイチでは後期重点施肥を行うとこれらの点で効果的であることが明らかとなった。

2）疎播がイワイノダイチの生育と収量に及ぼす影響

イワイノダイチを疎播すると，最高分げつ期におけるLAIおよび乾物重は標播区より小さかったが，開花期におけるLAI，全乾物重，および総小花数は両区でほぼ同じであった。このことから，疎播しても開花期の段階では標播と同等の収量を得る条件を備えることが可能と判断された。開花期の両区における茎葉部をみると，疎播しても稈長，節間数，節位別節間長には標播した場合と比較して大きな差異は認められなかったが，穂，葉，節間直径は標播より大きかった。また，疎播すると登熟期間のSPAD値が標播した場合より高く推移した。収量・収量構成要素をみると，疎播すると標播した場合より穂数は少ないが，1穂粒数は多く，千粒重は同等であり，

その結果、収量はほぼ同じか，やや大きかった。また，疎播すると標播よりも耐倒伏性が優れていると考えられた。以上の結果から，イワイダノダイチを早播き栽培する場合には標播より疎播の方が安定して高い収量が得られると考えられる。

以上，本研究の結果，秋播性コムギ品種イワイノダイチを早播き栽培した場合の生育・収量特性が解明され，それに対応した栽培技術として後期重点施肥と疎播が有効であることが明らかとなった。本研究の成果を踏まえて各地域に適応した品種を選択し，適切な栽培管理を行うことによって，早期収穫と安定多収を同時に実現することが可能と考えられる。

引用文献

1）BAKER, C.K., GALLAGHER, J.N. and MONTEITH, J.L.（1980） Daylength change and leaf appearance in winter wheat. *Plant Cell Environ.* 3 : 285-287.

2）BINDRABAN, P.S., SAYRE, K.D. and SOLIS-MOYA, E.（1998） Identifying factors that determine Kernel number in wheat. *Field Crops Res.* 58 : 223-234.

3）DARWINKEL, A., TEN HAG, B.A. and KUIZENGA, J.（1977）Effect of sowing date and seed rate on crop development and grain production of winter wheat. *Neth. J. Agric. Sci.* 25 : 83-94.

4）DARWINKEL, A.（1983） Ear formation and grain yield of winter wheat as affected by time of nitrogen supply. *Neth. J. Agric. Sci.* 31 : 211-225

5）DAVIDOSON, D.J. and CHEVAILIER, P.M.（1990） Preanthesis tiller mortality in spring wheat. *Crop Sci.* 30 : 832-836.

6）江口久夫・島田信二（2000）コムギの発育日数の変動要因の解析と生育期予測－発育日数の実態と早生化－．日作紀 69：49－53.

7）FLOOD, R.G. and HALLORAN, G.M.（1986）Genetics and physiology of vernalization response in wheat. *Adv. Agron.* 39 : 87-125.

8）FRIEND, D.J.C., HELSON, V.A. and FISHER, J.E.（1962） Leaf growth in marquis wheat, as regulated by temperature, light intensity, and daylength. *Can. J. Bot.* 40 : 1299-1311.

9）藤田雅也（1997）凍霜害回避型早生コムギに関する育種学的研究．九州農試報 32：１－50.

10）藤吉正記（1953）小麦と裸麦における秋播性程度および播種時期と生育，収量との関係について－麦の播種期に関する基礎研究－．九州農試報 1：375－406.

11）福嶌陽（1999a）イネの１穂穎花数を規定する穂の分枝構造に関する発育形態学的解析．日作紀 68：71－76.

12）福嶌陽（1999b）イネの１穂穎花数を規定する穂の分化・発育に関する発育形態学的解析．日作紀 68：77－82.

13）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳（2001a）基肥の省略が早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」の生育および収量に及ぼす影響．日作紀九支報 67：28－31.

14）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳（2001b）1999年に早播きしたコムギにおける凍霜害の様相．日作紀九支報 67：32－34.

15）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳（2001c）暖地における早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」の分げつの発育．日作紀 70：173－178.

16）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳（2001d）暖地における早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」の穂の発育．日作紀 70：499－504.

15）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳（2003a）暖地における早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」の葉および茎の発育．日作紀 72：142－148.

16）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳（2003b）暖地における早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」の収量成立要因の解析．日作紀 72：149－157.

17）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳・中野洋（2004a）早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」における後期重点施肥が生育・収量に及ぼす影響．日作紀 73：163－168.

18）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳・中野洋（2004b）早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」における疎播が生育・収量に及ぼす影響．日作紀 73：169－174.

19）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳（2004c）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．日作紀九支報 70：23－25.

20）福嶌陽・楠田宰・古畑昌巳（2004d）植被率とSPAD値がコムギの収量および原麦の蛋白質含量に及ぼす影響．日作紀九支報 70：26－28.

21） FUKUSHIMA, A., KUSUDA, O., FURUHATA, M. and NAKANO, H. 2005. Phenological development and its relationship with temperature of winter wheat Iwainodaichi for early sowing in the southwestern part of Japan. *Plant Prod. Sci.* 8 : 152-156.

22）GALLAGHER, J.N.（1979）Field studies of cereal leaf growth 1.initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. *J. Exp. Bot.* 30 : 625-636.

23）後藤虎男（1986）コムギの太陽エネルギー利用効率と子実生産の地域性［3］．農及園　61：605－609．
24）HAY, R.K.M.（1986）Sowing date and relationships between plant and apex development in winter cereals. *Field Crops Res*. 14 : 321-337.
25）HAY, R.K.M.（1999）Physiological control of growth and yield in wheat: analysis and synthesis. In SMITH, D.L. and HAMEL, C. eds., Crop Yield: Physiology and Processes. Springer-Verlag, Berlin. 1 -38.
26）岩渕哲也・浜地勇次・尾形武文（1999）秋播性程度が異なる小麦の幼穂凍死の実態　－暖冬年における観察－．日作九支報　65：4 －5．
27）岩渕哲也・尾形武文・浜地勇次（2000）秋播型早生小麦「西海181号」の早播における播種量と施肥量．日作九支報．66：20－21．
28）岩渕哲也・尾形武文・浜地勇次・田中浩平（2002）秋播型早生小麦「イワイノダイチ」の早播栽培における施肥量や第2回追肥時期が収量性や製粉性に及ぼす影響．日作九支報．68：28－29．
29）稲村宏・山賀一郎・鈴木幸三郎・後閑宗夫（1958）大小麦早生品種育成に関する研究．第1報　大小麦品種の早春における幼穂凍死と節間伸長との関係．関東東山農試研報　11：20－28．
30）伊藤昌光・曾我義雄（1967）作期移動による暖地麦作改善に関する研究．第1報　小麦の早播・早熟化栽培．四国農試報　17：47－69．
31）JONES, H.G.（1992）Plant and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. 2 nd ed. Cambridge University Press, Cambridge. 1 -428.
32）片山佃（1951）稲・麦の分蘖研究．養賢堂，東京．1 －117．
33）KEMP, D.R., EAGLES, C.F. and HUMPHREYS, M.O.（1989）Leaf growth and apex development of perennial ryegrass during winter and spring. *Ann. Bot*. 63 : 349-355.
34）木崎原千秋・真鍋尚義・今村惣一郎・古城斉一・山田俊雄（1983）小麦の作期の早期化による作柄安定と増収に関する研究．第1報　早播好適品種．日作九支報　50：30－32．
35）KIRBY, E.J.M.（1974）Ear development in spring wheat. *J. Agric. Sci., Camb*. 82 : 437-447.
36）KIRBY, E.J.M.（1985）Significant stages of ear development in winter wheat. In DAY, W. and ATKIN, R.K. eds., Wheat growth and modelling. Plenum press, New York. 7 -24.
37）KIRBY, E.J.M.（1995）Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. *Crop Sci*. 35 : 11-19.
38）古城斉一・真鍋尚義・今村惣一郎（1984）福岡県における小麦の早播栽培技術．第1報　播種時期と生育・収量．福岡農総試研報　A 3 ：29－34．
39）LANGER, R.H.M. and HANIF, M.（1973）A study of floret development in wheat（*Triricum aestivum* L.）. *Ann. Bot*. 37 : 743-751.
40）李建民・山崎耕宇（1994）コムギにおける分げつの生育に関する研究．第3報　分げつの生育特性とその有効化．日作紀　63：460－466．
41）LUCAS, D.（1972）The effects of day length on primordia production of the wheat apex. *Aust. J. Biol. Sci*. 25 : 649-656.
42）MCMASTER, G.S.（1997）Phenology, development, and growth of the wheat（*Ttiticum aestivum* L.）shoot apex: a review. *Adv. Agron*. 59 : 63-118.
43）尾形武文・佐藤大和・内村要介・岩渕哲也・川村富輝・松江勇次（2003）福岡県における秋播性早生小麦‘イワイノダイチ’の品種特性．福岡農総試研報　22：24－28．
44）PARSONS, A.J. and ROBSON, M.J.（1980）Seasonal changes in the physiology of S24 perennial ryegrass（*Lolium perenne* L.）. 1.Response of leaf extension to temperature during the transition from vegetative to reproductive growth. *Ann. Bot*. 46 : 435-444.
45）真鍋尚義・今村惣一郎・古城斉一・木崎原千秋（1983）小麦の作期の早期化による作柄安定と増収に関する研究．第2報　播種時期別生育相．日作九支報　50：33－35．
46）真鍋尚義・今村惣一郎・原田皓二・古城斉一（1987）福岡県における小麦の早播栽培技術．第2報　安定多収のための播種法と施肥法．福岡農総試研報　A 6 ：33－40．
47）松葉捷也（2000）新しい稲作理論に向けた草姿制御の茎葉単位とその最適制御時期．日作紀　69：293－305．
48）松島省三（1959）稲作の理論と技術．養賢堂，東京．1－302．
49）松島省三（1973）稲作の改善と技術．養賢堂，東京．1－393．
50）PORTER, J.R., KIRBY, E.J.M., DAY, W. ADAM, J.S. APPLEYARD, M., AYLING, S., BAKER, C.K., BEALE, P. BELFORD, R.K., BISCOE, P.V., CHAPMAN, A., FULLER, M.P., HAMPSON, J., HAY, R.K.M., HOUGH, M.N. MATEHESW, S., THOMPSON, W.J., WEIR, A.H., WILLINGTON, V.B.A. and WOOD, D.W.（1987）An analysis of morphological development stages in

Avalon winter wheat crops with different sowing dates and at ten sites in England and Scotland. *J. Agric. Sci., Camb*. 109 : 107-121.

51）RAHMAN, M.S. and WILSON, J.H.（1977）Determination of spikelet number in wheat. I. Effect of varying photoperiod on ear development. *Aust. J. Agric. Res*. 28 : 565-574.

52）RAWSON, H.M.（1970）Spikelet number, its control and relation to yield per ear in wheat. *Aust. J. Biol. Sci*. 23 : 1 -15.

53）佐藤吉昭・大友孝憲・平山孝行（2002）中山間地域で栽培した秋播性小麦品種「イワイノダイチ」における茎立特性と幼穂凍死発生の関係．日作九支報　68：19－23.

54）SIBONY, M. and PINTHUS, M.J.（1988）Floret initiation and development in spring wheat（*Triticum aestivum* L.）. Ann. Bot. 61 : 473-479.

55）SLAFER, G.A. and RAWSON, H.M.（1994）Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Aust. J. Plant Physiol*. 21 : 393-426.

56）SLAFER, G.A., ARAUS, J.L. and RICHARDS, R.A.（1999）Physiological traits that increase the yield potential of wheat. In SATORRE, E. H. and SLAFER, G. A. eds., Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Product Press, New York. 379-415.

57）SPINK, J.H., SEMERE, T., SPARKES, D.L., WHALEY, J.M., FOULKES, M.J., CLARE, R.W. and SCOTT, R.K. 2000. Effect of sowing date on the optimum plant density of winter wheat. *Ann. Appl. Biol*. 137 : 179-188.

58）末次勲（1962）作物体系　第２編　麦類　Ⅰ麦の生育．養賢堂，東京．1－98.

59）杉浦直樹・井上勝弘・加藤恭宏・小出俊則・谷俊男・井澤敏彦（2001）小麦新品種・有望系統の品種生態と愛知県への適応性．愛知県総試研報　33：77－86.

60）高橋肇・中世古公男（1992）春播コムギ早晩２品種の発育と気温および日長との関係．日作紀　61：576－582.

61）武田友四郎（1971）光合成・物質生産からみた栽培理論・多収品種論．戸苅義次監修、作物の光合成と物質生産．養賢堂，東京．296－302.

62）田谷省三（1993）暖地における早生コムギ品種の収量性に関する育種学的研究．九州農試報　27：333－398.

63）田谷省三・塔野岡卓司・関昌子・平将人・堤忠広・氏原和人・佐々木昭博・吉川亮・藤田雅也・谷口義則・坂智宏（2003）小麦新品種「イワイノダイチ」の育成．九州沖縄農研報　42：１－18.

64）氏原和人・藤田雅也・吉川亮・谷口義則（1995）小麦新品種「チクゴイズミ」の育成．九州農試報　28：195－217.

65）WHINGWIRI, E.E. and STERN, W.R.（1982）Floret survival in wheat: significance of the time of floret initiation relative to terminal spikelet formation. *J. Agric. Sci., Camb*. 98 : 257-268.

66）WHITE, P.J., COOPER, H.D., EARANSHAW, M.J. and CLARKSON, D.T.（1990）Effects of low temperature on the development and morphology of rye（*Secale cereale*）and Wheat（*Triticum aestivum*）. *Ann. Bot*. 66 : 569-566.

67）山崎耕宇（1963）水稲の葉の形態形成に関する研究．Ⅱ．葉位を異にした場合の葉の発育の相違について．日作紀　32：81－88.

68）吉田久・川口数美・神尾正義（1985）生育期間の分類によるコムギの早熟化の評価．育雑　35：167－174.

Eco-morphological analysis and cultivation techniques of winter wheat Iwainodaichi when seeded early in southwestern Japan.

Akira FUKUSHIMA

Summary

Early maturity is the most important trait for wheat cultivation in southwestern Japan since rainfall during the late ripening stage can often cause inferior grain quality. Early sowing facilitates an early maturity. However, early sowing of conventional spring wheat causes the stem to elongate rapidly during winter, resulting in frost injury. A new winter wheat, Iwainodaichi, recently bred in Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, is a prospect for early sowing since stem elongation of winter wheat is not accelerated even if it is seeded early. The growth and development of winter wheat when seeded early is expected to differ from that of spring wheat when seeded on the standard date. The aim of this study is to determine eco-morphological traits and to develop new cultivation techniques for Iwainodaichi when seeded early.

1 . Development and yield formation of Iwainodaichi when seeded early

(1) Phenological development of Iwainodaichi.

Winter wheat Iwainodaichi and spring wheat Chikugoizumi were cultivated by early and standard sowing, and their phenological developments were compared. The maturity of both cultivars when seeded early was May 22, which was four days earlier than that when seeded at the standard date. When seeded early, Iwainodaichi developed to the double-ridge stage 22 days later than Chikugoizumi, but reached anthesis only three days later than Chikugoizumi and reached maturity at almost the same date as Chikugoizumi. The duration from sowing to the double-ridge stage in Iwainodaichi was almost constant independent of the mean temperature in this phase, although the duration of this phase in Chikugoizumi decreased as the mean temperature in this phase increased. The period from double-ridge formation to anthesis decreased in both varieties as the mean temperature and photoperiod in this phase increased. The period from anthesis to maturity decreased as the mean temperature in this phase increased in both varieties and was shorter in Iwainodaichi than in Chikugoizumi at the same mean temperature. These results indicate that the temperature responses for the period from sowing to double-ridge formation and the period from anthesis to maturity differed between Iwainodaichi and Chikugoizumi. As a result, Iwainodaichi developed to the double-ridge stage later than Chikugoizumi but reached maturity at the same time as Chikugoizumi when seeded early.

(2) Spike development of Iwainodaichi

Spike development and its relationships with the number of spikelets and florets per spike were analyzed. The period from sowing to the terminal spikelet stage, which determines the number of spikelets, was longer in Iwainodaichi than in Chikugoizumi when seeded early. Accordingly, Iwainodaichi had more spikelets per spike than did Chikugoizumi when seeded early. In contrast, Iwainodaichi had a shorter period from the terminal spikelet stage to anthesis, which determines the number of florets, than did Chikugoizumi when seeded early. Accordingly, Iwainodaichi had fewer florets per spikelet than did Chikugoizumi when seeded early. As a result, Iwainodaichi had the same number of florets per spike as Chikugoizumi when seeded early. The number of florets per spike was closely related to the mean temperature from the terminal spikelet stage to anthesis. This result suggests that the number of florets per spike is apt to decrease when seeded early since the mean temperature from the terminal spikelet stage to anthesis is lower when cultivars are seeded early.

(3) Leaf and stem development of Iwainodaichi.

The development of leaves and stems and its relationships with leaf and stem shape were analyzed. The upper leaf blade and sheath in both Iwainodaichi and Chikugoizumi were shorter when seeded early than when seeded on the standard date, possibly because low temperature repressed the elongation of the leaves when seeded early. The culm of both Iwainodaichi and Chikugoizumi was longer when seeded early than when seeded on the standard date, possibly because the number of total leaves and internodes per shoot increased when seeded early.

Iwainodaichi had a smaller flag leaf than Chikugoizumi, and Iwainodaichi's upper internodes were shorter than those of Chikugoizumi although the two cultivars had a similar culm length. These varietal differences of leaf and stem shapes might be attributed to the double ridge of Iwainodaichi developing later than that of Chikugoizumi in early sowing but the anthesis of Iwainodaichi being similar to that of Chikugoizumi.

（4） Tiller development of Iwainodaichi.

The development of tillers was compared among sowing dates and between cultivars. Although Iwainodaichi produced highly ordered and positioned tillers, most of these became non-productive when seeded early. Independent of sowing dates and cultivars, tiller emergence ceased around double-ridge formation, and whether emerged tillers become productive or not was determined around the terminal spikelet stage or early stem elongation stage. These results suggest that the tiller development was affected by the spike development and the stem elongation. These changes of the number of tillers per plant seemed to be correlated with the number of shoots per area. Iwainodaichi's maximum number of shoots per area increased as the sowing date became earlier, but that of Chikugoizumi did not greatly differ among sowing dates. Iwainodaichi's maximum number of shoot per area exceeded that of Chikugoizumi in both early and standard sowing. However the number of spikes per area was similar among sowing dates and between cultivars since the number of nonproductive tillers increases as the number of emerged tillers increases.

（5） Growth and yield formation of Iwainodaichi.

The grain yield of winter wheat Iwainodaichi seeded early and its relationship with the dry matter production, yield components and environmental factors were investigated. The top dry weight at anthesis when seeded early slightly exceeded that when seeded on the standard date because of the longer growth period. However, the leaf area index at anthesis in early and standard sowing was similar since the ratio of leaf dry weight to total dry weight decreases as the sowing date becomes earlier. The total dry weight at anthesis of Iwainodaichi was similar to that of Chikugoizumi when seeded early. Although the number of spikes per area was similar among sowing dates, the number of florets per spike and the number of grains per spike decreased and the thousand grain weight increased as the sowing date became earlier. Consequently, the grain yields in early and standard sowing were similar. The number of spikes per area and the thousand grain weight of Iwainodaichi slightly exceeded those of Chikugoizumi. However, Iwainodaichi had fewer grains per spike than did Chikugoizumi, so that the grain yields of Iwainodaichi were similar to those of Chikugoizumi. The grain yield was closely correlated with LAI at anthesis and the number of florets per area, but was not correlated with the mean temperature or cumulative solar radiation during the ripening period. These results suggest that grain yield is mostly determined before anthesis. In conclusion, the early sowing of both Iwainodaichi and Chikugoizumi enabled an earlier harvest with almost the same grain yield as compared with the standard sowing because of the longer growth period to anthesis.

2 . Cultivation techniques for Iwainodaichi when seeded early

（1） Effects of late top-dressing on development and yield of Iwainodaichi.

The effect of late top-dressing on development and grain yield of Iwainodaichi and Chikugoizumi in early sowing was investigated over a four-year period. The grain yield was increased by late top-dressing in two of the four years as compared with early or standard top-dressing. In those two years, late top-dressing did not affect the number of florets per spike but increased the number of grains per spike and SPAD value during the ripening period. In the plant with late top-dressing, the number of florets per area and grain yield were greater in Iwainodaichi than in Chikugoizumi in three of the four years. This seems to be attributed to the larger potential sink size of Iwainodaichi. These results suggest that in order to get a high grain yield of wheat in early sowing, a greater number of florets per area and a higher SPAD value during the ripening period are required, and, in this respect, late top-dressing is advantageous for Iwainodaichi.

（2） Effects of low seeding rate on development and yield of Iwainodaichi.

The effect of low seeding rate on development and grain yield of Iwainodaichi in early sowing was investigated over a two-year period. Although the number of shoots, LAI and total dry weight at maximum tiller stage were less for a low seeding rate than for the standard seeding rate, LAI, total dry weight and the number of floret per area at the flowering stage for a low seeding rate were similar to those in standard seeding rate. These results demonstrate that a low seeding rate has almost the same yield potential as a standard seeding rate. The low seeding rate did not affect the culm length, the number of internodes, or the length of each internode, but increased the

number of spikelets and florets per spike, leaf length and width, and diameter of internodes. The SPAD value during the ripening period was higher for the low seeding rate. There were fewer spikes per area for the low seeding rate, but the number of grains per spike was greater for the low seeding rate than for the standard seeding rate, and the thousand grain weight was similar between low and standard seeding rates. As a result, the grain yield for the low seeding rate was equal to or greater than that for the standard seeding rate. A low seeding rate also resulted in high lodging resistance. These results suggest that a low seeding rate is superior to a standard seeding rate in early sowing of Iwainodaichi.

3 . Conclusion

This study demonstrated that the developmental pattern of winter wheat in early sowing significantly differed from that of conventional spring wheat in standard sowing and, based on these results, suggested that late top dressing and a low seeding rate were beneficial for early sowing of winter wheat Iwainodaichi.

Key words: early sowing, fertilization method, Iwainodaichi, seeding rate, spring wheat, winter wheat.