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

短穂飼料用イネ品種の効率的種子生産方法の検討

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2019-03-22
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 藤本, 寛, 松下, 景, 中込, 弘二, 森, 伸介
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001822

近中四農研報16
13－27，(2016)

短穂飼料用イネ品種の効率的種子生産方法の検討

藤本　寛・松下　景[1]・中込弘二・森　伸介

Key words：飼料用イネ，短穂，たちすずか，たちあやか，直交表，種子生産，*sp1*，WCS

目　　次

Ⅰ　緒　　言……13
Ⅱ　材料および方法……14
　1　2010年要因実験……14
　2　2011年要因実験……16
　3　要因実験結果に基づく「たちすずか」種子生産の実規模栽培……17
Ⅲ　結　　果……17
　1　要因実験における精籾収量と収量構成要素……17
　2　2010年「たちすずか」精籾収量の要因効果……19
　3　2011年「たちすずか」精籾収量の要因効果……20
　4　2011年「たちあやか」精籾収量の要因効果……21
　5　2011年「クサノホシ」,「ホシアオバ」精籾収量の要因効果……21
　6　要因実験結果に基づく「たちすずか」種子生産の実規模栽培……21
Ⅳ　考　　察……21
Ⅴ　摘　　要……25
謝　　辞……25
引用文献……25
Summary……27

Ⅰ　緒　　言

イネをホールクロップサイレージ（以下WCS）として利用する飼料用イネは，飼料の安心安全確保のための粗飼料自給率の向上，しばしば高騰する不安定な国際飼料価格の影響の低減，水田の耕作放棄を抑制するための転作作物としての利用などの目的で近年普及が拡大している[23]．しかし，飼料用イネはほかの飼料作物と比較し，茎葉中の糖含量が低く，乳酸発酵が進みにくいことや，穂部に栄養が局在する比率が高く，乳用牛などでは籾が消化されずに排泄される比率が高いなどの問題が指摘されている[6，22]．

これらの問題を解決するため，短穂遺伝子*sp1*[4，7]を持ち[8]，穂が小さく，茎葉型の飼料用イネ品種「たちすずか」[8，9，11]および「たちあやか」[10，12]が育成された．これらの品種は，通常品種では穂に多く蓄積されるデンプンが，穂が小さいために茎葉部にも糖として多く蓄積するので，ホールクロップとして高糖分[9]，高消化性となっている[6，22]．この特性は，イネWCSの利用者である畜産農家から好評価を得ている．また，穂が小さいために耐倒伏性が強く[12]，収穫適期が長い[5]ことから飼料用イネの生産者である耕種農家やコントラクターの評価も高い．このように短穂であることは，WCS用途飼料用イネ品種として多面的に長所の要因となっているが，反面，種子生産においては短所となる．短穂品種の種子収量は，一般的な栽培条件では通常品種の1/3程度である[8]．つまり，短穂品種では種子生産に3倍程度の圃場面積が必要となる[8]．飼料用イネは，輸入粗飼料と対抗するためにも低コスト生産が重要なので，種子生産コストの増大による種苗

（平成27年12月1日受付，平成28年3月4日受理）
農研機構近畿中国四国農業研究センター
水田作研究領域
[1]　現 農研機構中央農業総合研究センター

費，生産費の増加は，円滑な普及の妨げとなる．したがって，短穂品種の種子を効率的に生産する栽培方法を解明することは重要な課題である．

しかし，短穂品種の子実の多収方策は多肥や早植など通常の品種で一般的に行われる方法と同じなのか，そもそも短穂遺伝子 *sp1* による変異体の穂を大きくすることは可能なのか，などの疑問に対して参考となる報告は，「たちすずか」が品種登録出願された2010年時点では皆無であった．一方で，「たちすずか」は，育成段階における生産力検定など各種試験圃場での観察から，穂の大きさは条件によりある程度変化することを筆者らは認識していた．したがって，効率的な種子生産方法の確立のためには，穂の大きさを変動させる要因を特定し，それら要因の水準をどう設定すると種子収量がどれ位増減するのか，すなわち，要因の特定と要因効果の量的把握が求められる．そこで，本研究では実験計画法[18, 19, 20, 21]を用いて問題の解決を試みた．種子収量を変動させる可能性がある，あるいは，通常品種とは反応が異なると考えられる条件として，作期，栽植様式，施肥条件を因子として採り上げ，試験を行った．2010年は「たちすずか」，2011年は「たちすずか」と「中国飼205号（のちの「たちあやか」．本報内では以下育成段階も含めて「たちあやか」と表記する）」をそれぞれ対照品種とともに供試して要因実験を行い，さらに，2011年には「たちすずか」の効率的種子生産の実規模栽培を並行して行った．

本報では，*sp1* 遺伝子を持つ短穂品種の種子生産が主題なので，*sp1* 遺伝子を持つ品種を短穂品種，*sp1* 遺伝子を持たない品種を通常品種と区別し呼称した．

Ⅱ　材料および方法

要因実験は，農研機構近畿中国四国農業研究センター圃場（広島県福山市，北緯34°30′，東経133°23′，標高２m，灰色低地土）で実施した．

要因実験では採り上げる因子の選定が重要である．そこで先ず，本研究で作期，栽植様式，施肥条件を因子として採り上げた経緯について述べる．

作期については，沖縄県名護市における二期作生産力検定の結果（水稲奨励品種決定基本調査成績データベース[16]参照）が参考となった．これによると，*sp1* 遺伝子を持たない「ひとめぼれ」，「クサノホシ」，「ホシアオバ」の玄米収量は，いずれも一期目（３月上旬移植，７月上中旬頃成熟期）より二期目（８月上旬移植，10月下旬頃成熟期）が低く，それぞれ一期目の半分程度まで減少した．これに対して「中国飼198号（のちの「たちすずか」．本報内では以下育成段階も含めて「たちすずか」と表記する）」は，一期目の玄米収量は10.3kg/ａで上記３品種の1/5程度しかなかったが，二期目の玄米収量は28.3kg/ａで他品種とは逆に増加し，二期目だけで比較すれば *sp1* 遺伝子を持たないほかの品種と同等の収量であった．このことから，「たちすずか」は通常品種とは収量性に及ぼす作期の影響が異なると考えられたので，作期を因子に採用した．

栽植密度について．水田では圃場周縁部１列の水稲は群落内部の水稲よりも光，栄養などの環境が良いので生育や収量が良い．この現象は「周縁効果」と呼ばれている[17]．周縁効果は，通常品種では主に穂数が増加することで多収となるのに対し，「たちすずか」では最周縁だけ顕著に穂が大きいことが観察された．この「周縁効果」を種子生産に適用するためには，圃場内部にも周縁部と類似の環境を作り出す必要がある．このため，２条植えて１条空ける並木植えによって各条片側は広い空間となる環境を設定し，これを栽植様式の水準として採用した．対照は標準の条間30㎝とした．

施肥について．一般に多収のためには多肥とする．一方，「たちすずか」は，育成段階における生産力検定など各種試験圃場での観察から，多肥では穂が小さく，また，出すくむ（穂が止葉葉鞘の内にとどまり出穂に至らない）分げつも多く，一般の品種とは異なる施肥反応があることを観察していた．このため施肥を因子として採用した．

１　2010年要因実験

５ａ圃場１筆に品種「たちすずか」と「クサノホシ」を供試した．「たちすずか」は「中国147号」（のちの「クサノホシ」）を母，「極短穂（00個選11）」を父とする後代より育成された品種[9]であり，「たちすずか」と「クサノホシ」は，穂の大きさが大きく異なるものの出穂特性など生育特性に共通する点

が多い．そこで「クサノホシ」を，短穂品種「たちすずか」の収量性を検討するための対照品種とした．

第１表に示す因子と水準を品種毎に２水準系直交表L_{16}に割り付けて，１区13.5㎡で，作期を１次因子，栽植様式，基肥量，穂肥施用を２次因子とする分割区法で試験を実施した（写真１）．

移植は稚苗を機械移植した．栽植様式の並木植え区については移植後に３条につき１条を手で間引いた（したがって，条間は30㎝と60㎝の交互となる）．株間は約20㎝，株あたり植付け本数は平均で3.0本であった．栽植密度は，標準条間区が16.7株/㎡，並木植え区が11.1株/㎡である．施肥は第２表のとおり行った．基肥は近畿中国四国農業研究センター水稲育種研究グループの生産力検定試験における施肥法に準じ，複合444-E80号（生産：ジェイカムアグリ㈱．窒素，リン酸，カリを各14％含む．緩効性肥料LP-140を窒素成分量の80％含む）を用いた．試験区間は波板で仕切り，異なる施肥が隣接する区に影響しないよう注意を払った．雑草，病害虫の防除は適宜行った．黄熟期に各区1.8㎡を地際刈りし，乾燥機で絶乾して地上部乾物重を求めた．収量調査は，成熟期に各区1.8㎡を坪刈りし，穂数を調査，風乾の後，脱穀してしいなを含むすべての籾を回収，夾雑物および芒を取り除いた後，唐箕を用いた風選により精籾と屑籾に分け，それぞれ粒数を調査し，その合計から単位面積あたり籾数を求めた．一穂籾数は単位面積あたり籾数を単位面積あたり穂数で除して求めた．登熟歩合は風選による精籾が全籾の中

第１表　因子と水準および精籾収量（2010年「たちすずか」）

因子	A:作期（移植日）	B:栽植様式	C:基肥量（窒素成分）	D:穂肥施用（窒素成分）	
第1水準	6月24日	並木植え	5.6 g/㎡	4 g/㎡	
第2水準	5月10日	標準条間	14 g/㎡	―	たちすずか
	直交表割付列				精籾収量
	(1)	(4)	(8)	(15)	g/㎡
	6月24日	並木植え	5.6	4	329
	6月24日	並木植え	14	―	249
	6月24日	標準条間	5.6	―	144
	6月24日	標準条間	14	4	125
	6月24日	並木植え	5.6	―	306
	6月24日	並木植え	14	4	217
	6月24日	標準条間	5.6	4	176
	6月24日	標準条間	14	―	126
	5月10日	並木植え	5.6	―	92
	5月10日	並木植え	14	4	64
	5月10日	標準条間	5.6	4	82
	5月10日	標準条間	14	―	19
	5月10日	並木植え	5.6	4	113
	5月10日	並木植え	14	―	80
	5月10日	標準条間	5.6	―	83
	5月10日	標準条間	14	4	66
				平均	142

L_{16}（2^{15}）２水準系直交表への割付．１区面積13.5㎡．
配置は，Ａを１次因子，Ｂ，Ｃ，Ｄを２次因子とする分割区法を用いた．
並木植えは条間を30㎝と60㎝の交互，標準条間は条間30㎝．
株間は，並木植え，標準条間のいずれも約20㎝．
基肥は，複合444-E80号（LP-140を窒素成分の80％含む）．穂肥は硫安．
精籾収量は唐箕を用いた風選による精籾の重量．水分15％換算値．

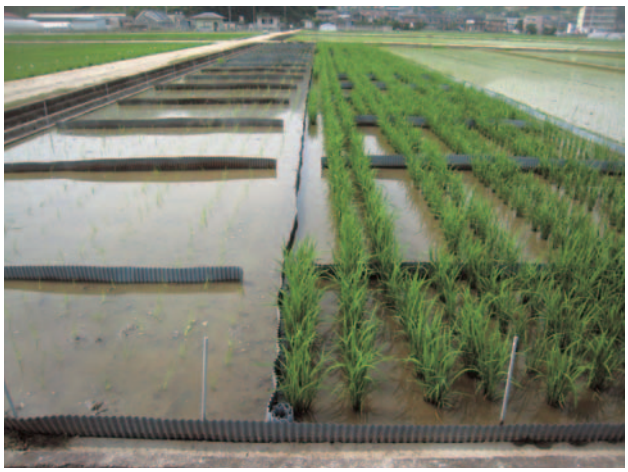


写真１　要因実験圃場（2010年）

第２表　施肥時期（2010年）

移植時期	品種	幼穂形成期 窒素施用日	幼穂形成期 出穂期前日数	出穂期
早植区	たちすずか	8月9日	20日	8月29日
5月10日移植	クサノホシ	8月9日	15日	8月24日
晩植区	たちすずか	8月18日	17日	9月4日
6月24日移植	クサノホシ	8月18日	15日	9月2日

供試圃場全面に代かき前，PK化成（リン酸，カリを各20％含有）を40kg/10ａ施用した．
基肥は複合444-E80（窒素，リン酸，カリを各14％含む．緩効性肥料LP-140を窒素成分量の80％含む）を第１表のとおり窒素成分量で5.6ｇ/㎡ないし14ｇ/㎡を移植直後に土壌表面施用した．
幼穂形成期の窒素施用は硫安を窒素成分量で４ｇ/㎡土壌表面施用した（施用区）．
出穂期には同一品種・移植時期の区間に２日程度の幅があったが中間値で示した．

第３表　因子と水準および精籾収量（2011年）

因子	A:作期（移植日）	B:栽植様式 栽植方法	C:植付本数 植付本数	D:穂分期 窒素施用	F:幼形期 窒素施用	精籾収量 g/㎡			
第1水準	7月7日	並木植え	1本	―	8 g/㎡				
第2水準	6月2日	標準条間	3本	6 g/㎡	―				
直交表割付列	(1)	(4)	(8)	(6)	(11)	たちすずか	クサノホシ	たちあやか	ホシアオバ
	7月7日	並木植え	1本	―	8	347	583	150	543
	7月7日	並木植え	3本	―	―	325	503	198	435
	7月7日	標準条間	1本	6	8	423	698	110	574
	7月7日	標準条間	3本	6	―	312	676	151	654
	7月7日	並木植え	1本	6	―	339	613	129	567
	7月7日	並木植え	3本	6	8	359	638	118	553
	7月7日	標準条間	1本	―	―	317	591	201	502
	7月7日	標準条間	3本	―	8	418	668	225	597
	6月2日	並木植え	1本	―	―	201	445	227	512
	6月2日	並木植え	3本	―	8	404	597	116	643
	6月2日	標準条間	1本	6	―	138	682	187	745
	6月2日	標準条間	3本	6	8	114	701	255	757
	6月2日	並木植え	1本	6	8	138	661	105	656
	6月2日	並木植え	3本	6	―	141	575	155	694
	6月2日	標準条間	1本	―	8	332	617	241	667
	6月2日	標準条間	3本	―	―	200	437	235	585
					平均	282	605	175	605

L_{16}（2^{15}）２水準系直交表への割付．１区面積15㎡．
圃場への配置は，Ａを１次因子，Ｂ，Ｃ，Ｄ，Ｆを２次因子とする分割区法を用いた．
並木植えは条間を30㎝と60㎝に交互にとる２条並木植え．標準条間は条間30㎝．
株間は，並木植え，標準条間のいずれも約20㎝．
基肥窒素施用はなし．穂分期と幼形期の窒素施用は硫安．
精籾収量は唐箕を用いた風選による精籾の重量．水分15％換算値．

で占める粒数の比率として求めた．精籾収量および精籾千粒重は水分15％に換算した値で示した．また，坪刈りとは別に葉齢調査株（各区２株）の主稈を採取し，籾数を調査した．

2　2011年要因実験

５ａ圃場２筆に品種「たちすずか」,「クサノホシ」,「たちあやか」,「ホシアオバ」を供試した．「たちあやか」は「中国146号」（のちの「ホシアオバ」）と「極短穂（00個選11）」との雑種第一代に「ホシアオバ」を二回戻し交配した後代より育成された品種[10]であり，「ホシアオバ」と「たちあやか」の生育特性には共通点が多い．そこで「ホシアオバ」を，短穂品種「たちあやか」の収量性を検討するための対照品種とした．

第３表に示す因子と水準を品種毎に２水準系直交表L_{16}に1/2実施で割り付けて，１区15㎡で，作期を１次因子，栽植様式，植付本数，穂首分化期窒素施用，幼穂形成期窒素施用を２次因子とする分割区法で試験を実施した（写真２）．

写真２　要因実験圃場（2011年）
畦際に設けた試験区間の通水路は，施肥後１週間は波板で仕切った．

移植は株間20㎝で手植えした．栽植密度は，標準条間区が16.7株/㎡，並木植え区（条間は30㎝と60㎝の交互）が11.1株/㎡である．施肥は第４表のとおり行った．2011年の施肥は，保科・上藤[1]の報告を参考にし，基肥として窒素は施用せず，穂首分化期および幼穂形成期の窒素施用を因子として採

第４表　施肥時期（2011年）

移植時期	品種	穂首分化期 窒素施用日	穂首分化期 出穂期前日数	幼穂形成期 窒素施用日	幼穂形成期 出穂期前日数	出穂期
早植区	たちすずか	7月25日	37～39日	8月10日	21～23日	8月31日～9月2日
6月2日移植	クサノホシ	7月25日	36～37日	8月10日	20～21日	8月30日～31日
	たちあやか	7月11日	38～47日	7月29日	20～29日	8月18日～27日
	ホシアオバ	7月11日	35～43日	7月29日	17～25日	8月15日～23日
晩植区	たちすずか	8月9日	31～33日	8月22日	18～20日	9月9日～11日
7月7日移植	クサノホシ	8月9日	29～30日	8月22日	16～17日	9月7日～8日
	たちあやか	8月9日	34～37日	8月22日	21～24日	9月12日～15日
	ホシアオバ	8月9日	30～35日	8月22日	17～22日	9月8日～13日

供試圃場全面に代かき前，PK化成（リン酸，カリを各20％含有）を40kg/10ａ施用した．
窒素は基肥として施用しなかった．
穂首分化期の窒素施用は硫安を窒素成分量で６ｇ/㎡土壌表面施用した（施用区のみ）．
幼穂形成期の窒素施用は硫安を窒素成分量で８ｇ/㎡土壌表面施用した（施用区のみ）．

り上げた．試験区間は波板で仕切り，異なる施肥が隣接する区に影響しないよう注意を払った．雑草，病害虫の防除は適宜行った．地上部乾物重は，幼穂形成期に各区0.36㎡，成熟期に各区0.72㎡の稲株を地際刈りし，乾燥機で絶乾して求めた．収量調査は，成熟期に各区1.62㎡を坪刈りし，行った．穂が出すくんだ分げつや遅れ穂が多い区があったので，これらの影響を除外するため穂数は常法によらず，株基で数えた茎数を穂数とした．風乾の後，脱穀してしいなを含むすべての籾を回収，夾雑物および芒を取り除いた後，唐箕を用いた風選により精籾と屑籾に分け，それぞれ粒数を調査し，その合計から単位面積あたり籾数を求めた．一穂籾数は単位面積あたり籾数を上記の株基で調査した単位面積あたり穂数で除して求めた．登熟歩合は風選による精籾が全籾の中で占める粒数の比率として求めた．精籾収量および精籾千粒重は水分15％に換算した値で示した．また，各区坪刈り地点に隣接した４株から１株あたり１本ずつ主稈を採取し，主稈の一穂粒数を調査した．発芽試験を収量調査終了後の2012年２月に行った．30℃の恒温器で培養し，６日目に発芽率を調査した．

３　要因実験結果に基づく「たちすずか」種子生産の実規模栽培

５ａ圃場１筆を用い，2010年の要因実験の結果などから有望と思われた栽培管理の組み合わせ（晩植）×（並木植え）×（１本植え）×（穂首分化期肥なし）×（幼穂形成期肥あり）を適用し，種子生産の実規模栽培を行った．

2011年６月17日に１穴あたり１粒ずつ播種し，育苗したポット苗を用い，ポット苗専用の田植機で７月７日に機械移植した．したがって，株あたり植付本数は１本である．株間は約20㎝，条間は30㎝と60㎝の交互にとる並木植えとした．欠株は補植した．栽植密度は11.1株/㎡である．

施肥は，代かき前にPK化成（JA全農．リン酸，カリを各20％含有）を肥料現物量で40kg/10ａ施用した．基肥として窒素成分は施用しなかった．幼穂形成期の８月18日（出穂期前21日）に窒素成分を「一発穂肥」（住友化学株式会社製．窒素成分量の内40％が即効性，60％が緩効性．肥効期間は施用後40～60日）を用いて，窒素成分量で12kg/10ａ施用した．

出穂期は９月８日．収量調査のための坪刈りは成熟期の10月21日に行った．唐箕を用いた風選により精籾を選別した．収量調査後，２の要因実験と同様に発芽率を調査した．

Ⅲ　結　　果

１　要因実験における精籾収量と収量構成要素

第１表に2010年の各試験区の処理組合せと精籾収量を，第３表に2011年の各試験区の処理組合せと精籾収量を示した．第５表に2010年および2011年要因実験における各品種，作期の精籾収量，収量構成要素，地上部乾物重および発芽率を，それぞれ８区の平均値として示した．*sp1*遺伝子を持つ「た

第５表　収量および収量構成要素（各年次，各品種，各作期ごとの平均値）

年	品種	移植日	精籾収量 g/㎡	穂数 本/㎡	一穂粒数 粒	籾数 粒/㎡	登熟歩合 %	精籾千粒重 g	地上部乾物重 g/㎡	発芽率 %
2010年	たちすずか	6月24日	209	337	30	9,729	84.7	25.2	1,243	―
		5月10日	75	263	17	4,357	64.4	26.0	1,718	―
	クサノホシ	6月24日	287	291	145	42,122	24.6	27.7	1,090	―
		5月10日	527	239	181	43,092	44.5	27.5	1,567	―
2011年	たちすずか	7月7日	355	196	78	15,069	92.7	25.5	1,025	97.6
		6月2日	208	218	48	9,919	83.7	24.8	1,341	95.2
	たちあやか	7月7日	160	254	33	8,035	86.4	23.1	1,151	97.7
		6月2日	191	274	33	8,685	88.1	24.7	1,260	95.0
	クサノホシ	7月7日	621	197	137	26,818	82.2	28.3	1,007	98.3
		6月2日	589	174	182	31,089	70.1	27.5	1,215	98.0
	ホシアオバ	7月7日	553	206	107	21,984	73.2	34.5	1,138	98.4
		6月2日	657	243	123	29,419	68.5	32.8	1,245	94.1

それぞれ８区の平均値．各区の因子水準組合せは第１，３表を参照．
2010年クサノホシは倒伏により登熟歩合および精籾収量が大幅に低い．
2011年の穂数は出すくみ茎や遅れ穂の影響を除くため，株基で数えた茎数を穂数とした．
精籾および登熟歩合は唐箕での風選による．精籾収量および精籾千粒重は水分15％換算値．
地上部乾物重は，2010年は黄熟期，2011年は成熟期に地際刈りし，絶乾した乾物重．
発芽率は，30℃の恒温器に入れて６日目に調査．2010年は未調査．

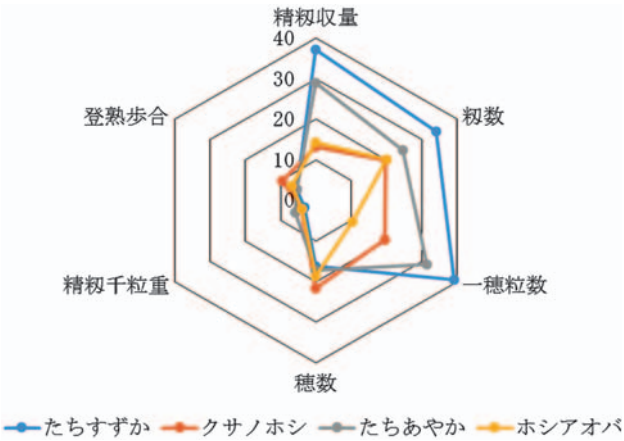
第６表　精籾収量と各収量構成要素との相関係数

年次	品種	穂数/㎡		一穂粒数		籾数/㎡		登熟歩合		精籾千粒重		地上部乾物重/㎡	
2010年	たちすずか	0.33	ns	0.95	**	1.00	**	0.70	**	-0.31	ns	-0.77	**
2011年	たちすずか	-0.42	ns	0.93	**	0.99	**	0.77	**	0.39	ns	-0.41	ns
	たちあやか	-0.16	ns	0.79	**	0.94	**	0.35	ns	0.72	**	0.18	ns
	クサノホシ	0.83	**	-0.14	ns	0.76	**	0.05	ns	-0.45	ns	0.69	**
	ホシアオバ	0.81	**	0.32	ns	0.93	**	-0.35	ns	-0.45	ns	0.81	**

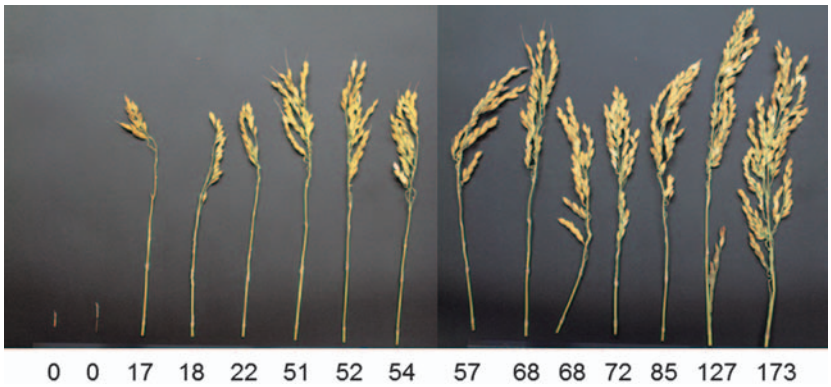
精籾収量と収量構成要素は要因実験の坪刈りデータを用いた．各品種 n = 16.
地上部乾物重/㎡は，2010年は黄熟期，2011年は成熟期に地際刈りした地上部乾物重より算出．
**は１％水準で有意であることを，nsは５％水準で有意でないことを示す．

ちすずか」，「たちあやか」は対照とした通常品種の「クサノホシ」，「ホシアオバ」と比較して，穂は顕著に小さく，一穂粒数は３～４割程度である．穂数は１割程度多いが，単位面積あたりの籾数は一穂粒数と同様に少ない．登熟歩合は１～２割程度短穂品種が高いが，精籾収量は半分以下である．地上部乾物重に品種間差はほぼない．‘地上部乾物重＝穂重＋茎葉部重’であり，短穂品種の穂重は通常品種の1/2～1/3であるが，短穂品種は通常品種よりも長稈で茎葉部が重い．発芽率については，いずれの品種，作期においても90％以上（94.1～98.4％）あり，問題なかった．

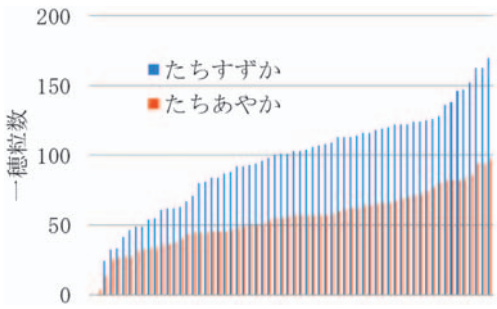
第６表に精籾収量と各収量構成要素との相関係数



第１図　収量および収量構成要素の変動係数の品種間比較（2011年）



第２図　「たちすずか」の穂の変異（2010年）
各区，葉齢調査株の主稈を調査．下段の数字は一穂粒数．昇順に並べた．



第３図　「たちすずか」と「たちあやか」の主稈一穂粒数（2011年）
要因実験の16区から各区４本，合計64本の主稈を調査．区の配列と関係なく昇順に並べた．
「たちすずか」：０粒～170粒，「たちあやか」：０粒～97粒．

を，各年次，品種毎に示した．供試した４品種とも，精籾収量は単位面積あたりの籾数と強い正の相関を示した．‘籾数/㎡＝穂数/㎡×一穂粒数’なので，籾数を穂数と一穂粒数に分けて精籾収量との関係を見ると，短穂品種と通常品種とでは対照的な関係を示した．短穂品種「たちすずか」，「たちあやか」の精籾収量は一穂粒数と１％水準で有意な正の相関を示したが，穂数とは有意な関係は認められなかった．一方，通常品種「クサノホシ」，「ホシアオバ」の精籾収量は穂数と１％水準で有意な正の相関を示したが，一穂粒数とは有意な関係は認められなかった．

第１図に2011年要因実験における各収量構成要素の変動係数（各品種 n ＝16）を示した．変動係数は収量構成要素により大きく異なった．精籾収量および籾数関連の構成要素は大きな変動を示し，明確な品種間差が認められた．一方，登熟に関連する登熟歩合と精籾千粒重は４品種とも10％以内の小さな変動であった．精籾収量の変動係数は短穂品種が通常品種よりも２倍以上大きく，一穂粒数の変動係数も同様に短穂品種が２倍程度大きかった．特に「たちすずか」の一穂粒数の変動係数は39％と大きかった．第２図に2010年要因実験における主稈の穂の写真とその一穂粒数を，第３図に2011年要因実験における主稈の一穂粒数を示す．区の配列と関係なく，一穂粒数の昇順に並べた．「たちすずか」の穂の大きさ（一穂粒数）が大きく変化する（０粒～170粒）ことがわかる．同じく第３図に示した2011年要因実験における「たちあやか」の主稈の一穂粒数は「たちすずか」に比べて全体に少なく，変動も小さかった（０粒～97粒）．

２　2010年「たちすずか」精籾収量の要因効果

「たちすずか」の精籾収量は16区の平均で142 g/㎡であった（第１表）．最高は329 g/㎡，最低は19 g/㎡であり，変動係数は63.4％であった．

試験に採り上げた各因子の主効果は，作期の寄与率が58.9％で最も大きく，次に栽植様式が19.8％，基肥窒素施用量が7.0％であり，それぞれ１％水準で有意であった（第７表）．一方，穂肥施用には有意な効果は認められなかった．また，作期と栽植様式には交互作用が認められ，この寄与率は9.1％であった．誤差項の寄与率は5.1％と小さく，試験は精度良く実施されたといえる．精籾収量に与える効果が最も大きかった作期では，晩植（６月24日移植，精籾収量209 g/㎡）が早植（５月10日移植，同75 g/㎡）よりも134 g/㎡収量を引き上げる大き

な効果であった．

有意と認められた主効果，交互作用はいずれも正負号がプラスであったので，これらの因子で第１水準を選択すれば，精籾収量は増加する．したがって，「たちすずか」の精籾収量を最も高くする因子の組み合わせは（晩植）×（並木植え）×（基肥少肥）であり，穂肥の有無は関係しなかった．各効果は相加的である[20]ので，有意と認められた主効果と交互作用を平均値に加えて算出される期待値は299 g／㎡であった．

第７表　精籾収量に及ぼす要因の効果と寄与率（2010年）

因子	たちすずか 効果 g/㎡	寄与率 %	
A:作期	67	58.9	**
B:栽植様式	39	19.8	**
C:基肥量	24	7.0	**
D：穂肥施用	―	0.3	ns
A×B	27	9.1	**
誤差		5.1	
精籾収量平均	142		

効果は，平均に対する第１水準の増加量．
第２水準を選択した場合は平均からの減少量．
第１，２水準については第１表を参照．
Ａ×Ｂは作期と栽植様式との交互作用を示す．
**は１％水準で有意であることを示す．

3　2011年「たちすずか」精籾収量の要因効果

「たちすずか」の精籾収量は16区の平均で282 g／㎡であった（第３表）．最高は423 g／㎡，最低は114 g／㎡であり，変動係数は38.5％であった．

試験に採り上げた各因子の主効果は，作期の寄与率が48.5％で2010年と同様に最も大きく，次に穂首分化期窒素施用が11.6％，幼穂形成期窒素施用が10.8％であり，それぞれ１％水準で有意であった（第８表）．しかし，2010年に19.8％の効果を示した栽植様式は有意な効果は認められず，関連して，植付本数も効果は認められなかった．

交互作用は，作期と穂首分化期肥（寄与率（以下同）13.8％），栽植様式と植付本数（4.5％），穂首分化期肥と幼穂形成期肥（4.1％），穂首分化期肥と植付本数（2.1％）と多数得られたが，このうち，穂首分化期肥と幼穂形成期肥以外の交互作用はマイナスの効果であり，水準の選択によっては主効果を逆に減じる．したがって，これらの交互作用は精籾収量向上のためにはあまり有効ではないと判断された．

誤差項の寄与率は4.5％と小さく，試験は精度良く実施されたといえる．精籾収量に与える効果が最も大きい作期は，晩植（７月７日移植，精籾収量355 g／㎡）すると，早植（６月２日移植，同208 g／㎡）よりも147 g／㎡収量を引き上げるので，2010

第８表　精籾収量に及ぼす要因の効果と寄与率（2011年）

因子	たちすずか 効果 g/㎡	寄与率 %		クサノホシ 効果 g/㎡	寄与率 %		たちあやか 効果 g/㎡	寄与率 %		ホシアオバ 効果 g/㎡	寄与率 %	
A:作期	73	48.5	**	16	3.2	*	―	7.1	ns	-52	35.7	**
B:栽植様式	―	0.0	ns	-28	11.8	**	-25	24.0	**	-30	11.5	**
C:植付本数	―	0.0	ns	―	0.0	ns	―	0.0	ns	―	0.7	ns
D:穂分期肥	36	11.6	**	-50	38.3	**	24	21.1	**	-45	26.5	**
F:幼形期肥	35	10.8	**	40	24.1	**	―	2.4	ns	19	4.2	**
A×D	-39	13.8	**									
B×C	-23	4.5	**									
B×F							-17	10.2	*			
D×C	-16	2.1	*									
D×F	22	4.1	**	21	6.1	*				33	14.5	**
誤差		4.5			11.2			25.2			7.0	
精籾収量平均	282			605			175			605		

効果は，第１水準を選択した場合の平均からの増加量．正負号が‘－’の場合は平均からの減少量．
第２水準を選択した場合は第１水準とは正負号が逆の効果となる．
第１水準，第２水準については第３表を参照．
Ａ×Ｄなどは交互作用を示す．平均に対する増減は効果の正負号と２要因の水準選定で決まる．
**，*はそれぞれ１％，５％水準で有意であることを示す．

年と同様に大きな効果であった．

以上，「たちすずか」の精籾収量を最も高くするのは（晩植）×（並木植え）×（3本植え）×（穂首分化期肥なし）×（幼穂形成期肥あり）の組み合わせであり，期待値は449 g/㎡である．これは2010年に得た期待値299 g/㎡を150 g/㎡上回る収量であった．

4　2011年「たちあやか」精籾収量の要因効果

「たちあやか」の精籾収量は16区の平均で175 g/㎡であった（第3表）．最高は255 g/㎡，最低は105 g/㎡であり，変動係数は29.6％であった．

試験に採り上げた各因子の主効果は，栽植様式の寄与率が24.0％で最も大きかった．しかし，その効果は-25 g/㎡，並木植えが標準条間よりも減収するという結果であった．これは並木植えの増収効果が認められた2010年「たちすずか」とは逆の結果であった．穂首分化期窒素施用の寄与率は21.1％であり（第8表），「たちすずか」と同様，穂首分化期に窒素施用しない方が増収した．一方，「たちすずか」で安定して高い効果を示した作期は，寄与率7.1％と小さく，5％水準で有意とは認められなかった．交互作用は，栽植様式と幼穂形成期肥（10.2％）が5％水準で有意であった．効果は-17 g/㎡であったことから，栽植様式に第2水準の標準条間を選択し，幼穂形成期肥を第1水準の施用を選択すれば，この交互作用は栽植様式の主効果に加算される．

誤差項の寄与率は25.2％と大きく，また，精籾収量の変動が「たちすずか」と比較し大幅に小さいことを考慮すると，要因実験に採り上げる因子の再検討が必要と考えられた．

以上，「たちあやか」の精籾収量を最も高くするのは（標準条間）×（穂首分化期肥なし）×（幼穂形成期肥あり）の組み合わせであり，期待値は242 g/㎡であった．

5　2011年「クサノホシ」，「ホシアオバ」精籾収量の要因効果

「クサノホシ」は2カ年試験に供試したが，2010年は登熟中期の9月20日に台風により倒伏し，登熟歩合，精籾収量の平均値はそれぞれ35％，407 g/㎡と著しく低いため参考にとどめる（第5表）．

2011年，「クサノホシ」および「ホシアオバ」の精籾収量は16区の平均でともに605 g/㎡であった（第3表）．「クサノホシ」の最高は701 g/㎡，最低は437 g/㎡，変動係数は13.7％であった．「ホシアオバ」の最高は757 g/㎡，最低は435 g/㎡，変動係数は14.7％であった．精籾収量が最高であった区の水準組み合わせは両品種とも同じ（6月2日移植）×（標準条間）×（3本植え）×（穂首分化期肥あり）×（幼穂形成期肥あり）であった（第3表）．

試験に採り上げた各因子の効果の有無には，両品種共通する傾向が多く，要約すると，施肥は穂首分化期肥も幼穂形成期肥も施用し，栽植様式は並木植えではなく標準条間の収量が高かった（第8表）．両品種で異なったのは作期の効果である．「クサノホシ」では5％水準で有意ではあったが，その寄与率と効果は小さいのに対して「ホシアオバ」では寄与率35.7％，-52.0 g/㎡の大きな効果であった．

以上のことより，「クサノホシ」の精籾収量を最も高くするのは（標準条間）×（穂首分化期肥あり）×（幼穂形成期肥あり）の組み合わせであり，期待値は719 g/㎡である．「ホシアオバ」の精籾収量を最も高くするのは（普通期植え）×（標準条間）×（穂首分化期肥あり）×（幼穂形成期肥なし）の組み合わせであり，期待値は747 g/㎡であった．

6　要因実験結果に基づく「たちすずか」種子生産の実規模栽培

「たちすずか」種子生産の実規模栽培で採用した因子水準の組み合わせは（晩植）×（並木植え）×（1本植え）×（穂首分化期肥なし）×（幼穂形成期肥あり）であり，要因実験の中で処理が類似する区の精籾収量は347 g/㎡であり，16区中5番目に高い収量であった．実規模栽培では，各収量構成要素は，穂数359本/㎡，一穂粒数49粒/穂，籾数17,600粒/㎡，登熟歩合（風選）91％，精籾千粒重26.3gであり，精籾収量は420kg/10 aであった（写真3）．また，得られた種子の発芽率は98.6％であり，種子として問題なかった．

Ⅳ　考　　察

短穂品種と通常品種の収量構成要素を比較すると，短穂品種の精籾収量が少ないのは，各収量構成要素

写真３　「たちすずか」種子生産の実規模栽培（2011年登熟期）

が一様に通常品種より小さいわけではなく，穂が小さいことに起因していた．また，短穂品種の一穂粒数は精籾収量と強い正の相関を示した．さらに，短穂品種の一穂粒数の変動係数は特に大きく，これらのことから，短穂品種の収量改善は，収量構成要素のうち，一穂粒数を多くすることが効果的であることが示唆される．これは，保科・上藤[1]，Matsushitaら[11]の報告と一致する．

しかしながら，短穂遺伝子*sp1*により穂が小さい特徴を持つ「たちすずか」，「たちあやか」の穂が大きくなるのだろうか．第２図は，2010年要因実験における「たちすずか」の葉齢調査株の主稈を調査したものである．左端の２本は出すくみの穂である．穂は正常に形成されず出穂に至らなかった．中程に並んでいる穂は，穂首節から着粒籾までに間隔が開いているが，ここに*sp1*遺伝子の特徴である分化した後伸長せずに発育を停止した枝梗と穎花[7]が痕跡程度に確認できる．一方，右端の穂は大きく，通常品種と変わらず，穂首節まで一次枝梗が着生している．2011年も同様に「たちすずか」の一穂粒数は大きな変動を示した（第３図）．以上は主稈を対照とした調査結果であるが，坪刈り調査による籾数を穂数で除して得た一穂粒数と主稈の一穂粒数とは $r = 0.90^{**}$（2011年「たちすずか」．データ省略）の高い正の相関があり，分げつの穂も主稈と同様大きく大きさが変動するといえる．以上，穂の大きさは，短穂遺伝子*sp1*を持っていても栽培方法により大きく変化させることが可能であり，本報の要因実験における因子と水準の組み合わせはそれを実証した．

一般に多収のためには，多肥や早植などイネを慣行よりも大きく育てる栽培方法がとられる．これは，‘子実収量＝全乾物収量×収穫指数’で表される関係があり，子実収量の増加は全乾物収量の増加によってなされる[3]からである．要因実験の結果（第６表）を見てみると，通常品種「クサノホシ」，「ホシアオバ」では，精籾収量と地上部乾物重とは正の相関を示し，イネを大きく育てると子実多収となった．ところが，短穂品種ではこの関係は認められなかった．短穂品種において精籾収量と地上部乾物重とは負の相関（2010年「たちすずか」），あるいは無相関（2011年「たちすずか」，「たちあやか」）を示した．このことからも，短穂品種における増収の方策は通常品種と異なることがわかる．

次に，穂を大きくする環境条件を解明する必要がある．短穂品種の種子収量に関与する要因が既知であれば，その因子について最適な水準を探索すれば良い．しかし，精籾収量ないし穂の大きさに関与する要因がわからない中で，可能性がありそうな因子を多数供試すれば，膨大な区数の試験となる．そこで本研究では，最高収量を得るためよりも，収量に関与する要因の探索に重点を置き，２水準系の要因実験によって要因効果を量的に把握することを試みた．この方法は１因子実験のように供試する因子以外の外的要因を極力揃え，反復実施する試験とは異なり，多因子を一度に供試して，すべての区が相互に異なる処理組合せのもとで要因効果の量的把握を行う．特性値に影響を及ぼすと予想される因子をすべて試験に供試する．このため，得られる結果はより普遍性が高い．本研究の結果は各地の種子生産の現場で適用されることを目的としていることから，この点においても直交表を用いた要因実験は本研究に適当であったと考える．

さて，直交表を用いた要因実験では，特性値に影響を及ぼす因子の採用と水準設定が重要である．本

研究では短穂品種「たちすずか」の育成段階での種々の試験圃場における観察などから，作期，栽植様式，施肥に関する因子を採り上げ試験に供試した．以下に，「たちすずか」の精籾収量における各要因効果について考察する．

作期について．通常品種では一般に早植で多収となるが，「たちすずか」では晩植で精籾収量が多収となった．作期の寄与率は高く，かつ２カ年とも同様の結果であり，安定していた．晩植効果が得られる具体的な期間について考察すると，育成地における作期区分は周辺地域の慣行に従って，おおむね，５月上中旬を早期，６月上旬を普通期，６月下旬を晩期としている．要因実験での移植日はそれぞれ，2010年，５月10日早期，６月24日晩期，2011年，６月２日普通期，７月７日極晩期と区分される．晩植の効果は晩期の６月24日移植で得られたが，普通期の６月２日移植では得られていないので，この間のどこかに転換点があると考えられる．また，極晩期の７月７日移植でも晩植効果が得られていることから，育成地の広島県福山市では移植が晩期以後であれば晩植効果が得られると考えられる．ただし，地域の安全出穂晩限などの情報から，特に山間などでは登熟不良とならないように晩植の移植期を設定する必要がある．また，このためにも晩植の効果が得られる早限について，さらに詳細に検討しておく必要がある．

栽植様式について．2010年の結果において，「たちすずか」では栽植様式に作期に次ぐ大きな効果を認めた．一方，2011年は栽植様式に効果は認められなかった．これは，2011年は施肥法を変更し，穂首分化期までは窒素を施用しなかったことが影響したと考えられる．つまり，穂首分化期における生育量が疎植でなくても十分に小さかったため，疎植の効果が出にくかった可能性がある．精籾収量では効果は認められなかったが，一穂粒数では栽植様式に寄与率4.1％，５％水準で有意な5.3粒/穂の効果が認められた（データ省略）ので，施肥とのバランスが，異なる結果の原因と考える．なお，隣接圃場で実施した種子生産の実規模栽培では並木植えを採用し多収となっている．また，短穂遺伝子*sp1*を持つ系統に共通して，最周縁１列の株の穂が大きいことはどの圃場においても安定して認められるので，栽植様式の効果がある可能性は高いと考えられ，今後さらに検討したい．また，Matsushitaら[11]は，「たちすずか」の栽植密度と単位面積あたりの籾数との間に負の相関，つまり疎植であるほど籾数が増えるという関係を認めたが，それは並木植え，標準条間という条の配置とは関係しなかったことを報告している．種子生産の現場において並木植えをするためには，田植機の仕様によっては困難な場合がある．並木植えが単に疎植の効果であれば，現場での適用はより容易となるので，この点についても併せて検討が必要である．

施肥について．2010年は，基肥については少肥が多肥よりも増収する結果が得られたが，穂肥について効果は認められなかった．しかし，保科・上藤[1]は穂肥にあたる幼穂形成始期の窒素施肥の効果が極めて高いと報告している．本研究では，2010年の要因実験の基肥として，緩効性肥料を含む複合肥料を用いたが，これには穂肥分の窒素も含まれているので，適切ではなかったと考えられる．2011年は施肥を変更し，緩効性肥料をやめ，穂首分化期および幼穂形成期における窒素施用の有無により施肥の効果を検証した．この結果，穂首分化期窒素施用が寄与率11.6％で，この時期の窒素を施用しないことが施用するよりも72 g/㎡増収し，幼穂形成期窒素施用が寄与率10.8％で，幼穂形成期には窒素を施用することが施用しないよりも70 g/㎡増収した．また，これらには寄与率4.1％（１％水準で有意）の交互作用が認められ，併せて実施すれば，寄与率26.5％，93 g/㎡の効果であり，これは作期と同等の大きな効果である．以上，穂首分化期までは窒素を施用せず，幼穂形成期から窒素を施用することが精籾収量を向上する効果が高く，保科・上藤[1]と同様の結果を2011年は確認した．また，保科･高桑[2, 15]は，WCS利用を想定して，地上部乾物重には穂首分化期をピークとした窒素施用の効果が極めて高いことを報告している．穂の大きさは，穂首分化期から幼穂形成期にかけた期間のどこかの時点において窒素栄養の状態が影響している可能性が示唆される．

以上，2010年と2011年に行った要因実験の結果から「たちすずか」の精籾収量については，作期と施肥の効果が高く，作期は晩植が早植より多収とな

り，施肥は幼穂形成期前までは窒素を施用せず，幼穂形成期で窒素施用を行う施肥体系が多収となる．栽植様式については，2010年の結果や既報[11]，あるいは圃場での観察からは並木植えないし疎植の効果があると推察されるが，2011年の要因実験では効果が認められなかったので，判断は保留し，今後さらに検討したい．2011年の結果を主にまとめると，(晩植)×(穂首分化期肥なし)×(幼穂形成期肥あり)の組み合わせにより精籾収量の多収を得ることが可能であり，この条件での期待値は409 g/㎡であった．

2011年に実施した種子生産の実規模栽培では，上記の組合せに並木植えと1本植えを加えた栽培管理を行い，種子収量420kg/10 aを得た（写真3，4）．

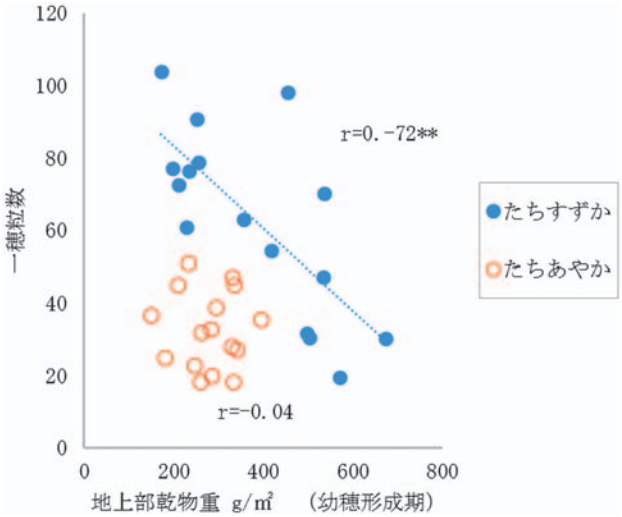
続いて「たちすずか」と同じく*sp1*遺伝子を持つ短穂品種「たちあやか」について考察する．「たちあやか」では，「たちすずか」と同じ処理組合せでは多収とならなかった．各因子についてみると，「たちすずか」と同様の効果があったのは穂首分化期窒素を施用しないことだけである（第4表）．これ以外の因子については，「たちすずか」で安定して大きな効果を示している作期について5％水準で効果が認められなかった．栽植様式については，並木植えではなく標準条間が多収という「たちすずか」と逆の効果となった（第4表）．つまり，本試験では，通常考えられる多収方策以外の方策は示すことができなかった．

「たちすずか」と「たちあやか」は，その親品種である「クサノホシ」と「ホシアオバ」と同じく，早晩性および出穂特性が異なる．「クサノホシ」，「たちすずか」は感光性が強く，移植時期を大きく変化させても出穂期はあまり変化しなかった．これに対して，「ホシアオバ」，「たちあやか」は基本栄養生長性が強く，移植時期を大きく変化させると出穂期も大きく変化し，日長に関係なく，ある一定程度生育すると生殖生長に入った．つまり，穂首分化期における生育量が一定していた．第4図は幼穂形成期における地上部乾物重と成熟期の坪刈りにおける一穂粒数との関係を示すが，「たちすずか」は幼穂形成期の単位面積あたりのイネの大きさが大きく変動し，一穂粒数との間に負の相関を示したが，基本栄養生長性が強い「たちあやか」は一定の生育量に達すると穂首分化に入るため，この時期の生育量がほとんど変動しなかった．これだけでは因果関係は特定できないが，この*sp1*が関与する時期のイネの状態が穂の大きさに影響している可能性は十分考えられる．

Liら[7]によれば，*Sp1*遺伝子は，穂の形成に関与する種々の遺伝子の中でも特異であり，枝梗や穎花などの分化には関与せず，分化した後に続く器官の

写真4　穂の大きさが大きく異なる種子生産用（左）とWCS用（右）の「たちすずか」の株

それぞれ種子生産の実規模栽培圃場と「たちすずか」の要因実験圃場からポットに株上げした標本．



第4図　幼穂形成期における地上部乾物重と成熟期に調査した一穂粒数との関係（2011年）

伸長に関与している．また，*Sp1*の発現は穂首分化期の後，１次枝梗が分化し，それが伸長する一定期間に限られる[7]，と報告している．こう考えると施肥反応がこの時期に変わるとする保科・上藤[1]の報告，また，「たちすずか」と「たちあやか」の種子生産方法の検討における各因子の反応の違いもこの特定の時期におけるイネの何らかの状態から説明できる可能性がある．今後はこの現象について解明し，「たちあやか」やさらに今後育成される*sp1*短穂品種の種子生産問題の統一的な解明が望まれる．

Ⅴ　摘　　要

短穂遺伝子*sp1*を持つ茎葉型の飼料用イネ品種「たちすずか」および「たちあやか」について，普及上の重要課題である効率的種子生産のための栽培方法について検討した．短穂品種は通常品種と異なり，収量構成要素の中では穂数よりも一穂粒数が収量に強く影響した．直交表を用いた要因実験の結果，「たちすずか」の精籾収量には，作期と施肥の寄与率が高く，作期は晩植が早植より多収となり，施肥は幼穂形成期前までは窒素を施用せず，幼穂形成期で窒素施用を行う施肥体系が多収となった．栽植様式については2010年の結果や既報からは並木植えないし疎植の効果が示唆されたが，2011年の要因実験では効果が認められなかった．2011年の結果を主にまとめると，（晩植）×（穂首分化期肥なし）×（幼穂形成期肥あり）の組み合わせにより精籾収量の多収を得ることが可能であり，この条件での期待値は409 g/㎡であった．また，同組合せによって面積５aの実規模栽培を実施し，種子収量420kg/10 aを得た．

一方，「たちあやか」は「たちすずか」で解明した多収条件では多収とならなかった．*sp1*遺伝子を持つ品種同士で結果が異なる要因は出穂特性の違いである可能性が示唆された．「たちあやか」の効率的種子生産方法の確立は今後の課題である．

謝　　辞

本論文を取りまとめるにあたり，懇切丁寧なご校閲をいただいた農研機構近畿中国四国農業研究センター船附秀行研究領域長に感謝の意を表します．また，本研究の遂行にあたって，圃場試験の栽培管理，生育，収量など各種の調査を適切，確実に実施いただいた近畿中国四国農業研究センター業務第１科技術専門職員各位ならびに契約職員各位に深く感謝の意を表します．

引 用 文 献

1）保科　亨・上藤満宏　2011．イネ発酵粗飼料用品種「たちすずか」の収量及び収量構成要素に及ぼす施肥の影響．日作紀80（別１）：260－261．

2）―――・高桑将滋　2012．発酵粗飼料用水稲品種「たちすずか」の収量に及ぼす移植条件及び窒素施用の影響．日作紀81（別１）：44－45．

3）石井龍一　1990．収量成立過程と光合成，呼吸の役割．稲学大成　第２巻生理編p.351－358．農文協．東京．

4）岩田伸夫・大村　武　1971．相互転座法によるイネの連鎖分析　Ⅱ．染色体５，６，７，８，９，10，11に対応する連鎖群．九大農学芸雑誌25：137－152．

5）河野幸雄・城田圭子　2012．高糖分飼料イネ「たちすずか」は出穂後の消化率の変化が小さく収穫適期幅が広い．平成23近中四農研成果情報．

6）―――・新出昭吾・神田則昭・城田圭子・福馬敬紘・塚崎由子　2014．極短穂型飼料イネ品種「たちすずか」によるホールクロップサイレージの栄養価と第一胃内分解性．日草誌60：91－96．

7）Li, S., Q. Qian, Z. Fu, D. Zeng, X. Meng, J. Kyozuka, M. Maekawa, X. Zhu, J. Zhang, J. Li and Y. Wang 2009. Short panicle 1 encodes a putative PTR family transporter and determines rice panicle size. Plant J. 58: 592－605.

8）Matsushita, K., S. Iida, O. Ideta, Y. Sunohara, H. Maeda, Y. Tamura, S. Kouno and M. Takakuwa 2011. ‘Tachisuzuka’, a new rice cultivar with high straw yield and high sugar content for whole-crop silage use. Breed Sci 61: 86－92.

9）松下　景・飯田修一・出田　収・春原嘉弘・前田英郎・田村泰章　2012．茎葉多収で消化性に優れ高糖分含量の飼料用水稲品種「たちすずか」の育成．近中四農研報11：1－13.

10）―――・石井卓朗・飯田修一・出田　収・春原嘉弘・前田英郎　2012．茎葉多収で中生の稲発酵粗飼料用水稲新品種「たちあやか」．平成23近中四農研成果情報.

11）Matsushita, K., S.Iida, O. Ideta, T. Ishii, H. Fujimoto, M. Takakuwa and Y. Takahashi 2013. Effect of low planting density on the spikelet number in ‘Tachisuzuka’, a rice (Oryza sativa L.) cultivar with a short panicle for whole crop silage use. Grassl Sci 59: 124－127.

12）―――, T. Ishii, O. Ideta, S. Iida, Y. Sunohara, H. Maeda and H. Watanabe 2014. Yield and lodging resistance of ‘Tachiayaka’, a novel rice cultivar with short panicles for whole-crop silage. Plant Prod Sci 17: 202－206.

13）松下　景・長岡一朗・笹原英樹・前田英郎・高橋能彦・渡邊　肇　2015．稲発酵粗飼料用品種「たちあやか」の籾数に及ぼす施肥法の影響．日作講演会要旨集239：24.

14）中込弘二・神田則昭・福嶌　陽・藤本　寛・出田　収・重宗明子　2015．出穂前の気温が極短穂稲発酵粗飼料専用品種「たちあやか」の穂長に及ぼす影響．日作講演会要旨集239：23.

15）農研機構　近畿中国四国農業研究センター　2013．高糖分飼料イネ「たちすずか」栽培技術マニュアル．1－47.

16）農研機構　作物研究所　低コスト稲育種研究チーム　2010．水稲奨励品種決定基本調査成績データベースCD-ROM（2010/10版）Shdb2009.

17）佐藤　庚・高橋　清　1983．水田における周縁効果の一解析．日作紀52：168－176.

18）執行盛之　2002．遠くまで飛ぶ紙ひこうきを折る―直交表による実験計画法の適用―．農作業研究37：81－96.

19）―――　2002．遠くまで飛ぶ紙ひこうきを折る―統計学の真髄にふれる手計算―．農作業研究37：177－196.

20）―――　2002．遠くまで飛ぶ紙ひこうきを折る―機能的な分散分析表の形―．農作業研究37：259－274.

21）―――　2003．直交表の適用による農作業技術の改善―直交表が拓く計量技術学―．農作業研究38：39－55.

22）新出昭吾　2010．乳牛における飼料イネWCS給与と課題．日草誌55：365－372.

23）高橋敏能・吉田宣夫・松山裕城　2009．日本における肉用牛と乳用牛における稲発酵粗飼料の利用，及び山形県における飼料イネの利用事例．日畜会報80：363－389.

Studies on Optimum Cultivation Methods for Seed Production of Rice Cultivars with Short Panicles

Hiroshi FUJIMOTO, Kei MATSUSHITA, Koji NAKAGOMI [1] and Shinsuke MORI

Summary

'Tachisuzuka' and 'Tachiayaka', which are promising new rice cultivars with short panicles, have been developed for whole crop silage (WCS) use. They offer improved lodging resistance, harvesting period, straw yield, sugar content, silage fermentation and feed value due to their morphological characteristics, which result from their short panicle (*sp1*) mutant gene. However, there is a problem in that their seed production is poor. We investigated a way of increasing the seed yields of these cultivars by optimizing their cultivation methods. In this study, we applied factorial design or fractional factorial design to the design and analysis of experiments whose aim was to evaluate the factors affecting seed production in short-panicle cultivars. We investigated four (in 2010) and five (in 2011) factors including planting time, planting density and fertilization methods, each at two levels, for two (in 2010) and four (in 2011) cultivars. The panicles of 'Tachisuzuka' varied greatly in size according to the treatment. In the short-panicle cultivars, there was a strong positive correlation between seed yield and panicle size, and no correlation between seed yield and panicle number. This is in contrast to wild-type panicle cultivars, which usually exhibit a positive correlation between yield and panicle number. Factors related to planting time and fertilization method had a strong effect on seed yield with 'Tachisuzuka'. For a high yield with 'Tachisuzuka', late planting and no nitrogen application until topdressing is applied at the panicle formation stage are recommended. The expected seed yield with the treatment was 409g/m^2. We obtained a seed yield of 420kg/10a for 'Tachisuzuka' using the optimized cultivation method in a demonstration field in 2011.

On the other hand, we never achieved a satisfactory result with 'Tachiayaka'. 'Tachiayaka' is another short-panicle cultivar with an *sp1* mutant gene, but with different heading characteristics from 'Tachisuzuka'. Further studies are required to obtain a comprehensive understanding of the function of the *sp1* gene in rice cultivars with short panicles.

Lowland Crops Research Division, NARO Western Region Agricultural Research Center
[1] NARO Agricultural Research Center