

晩播きしたハダカムギの窒素施用法の違いが収量と品質に与える影響

辻田泉^{1,3)}・木村浩¹⁾・弓達隆²⁾・山口憲一¹⁾

(¹⁾ 愛媛県農林水産研究所農業研究部, ²⁾ 愛媛県南予地方局産業振興課, ³⁾ 愛媛大学大学院連合農学研究科)

要旨: 愛媛県におけるハダカムギの播種適期は11月中下旬であるが、気象条件などの影響により適期播種が出来ないことがある。本研究では、ハダカムギ品種マンネンボシを適期より約30日遅く、晩播きした場合における、窒素施用法の違いが収量と品質に及ぼす影響について検討した。窒素施用量は適期播区では、成分量で基肥7 g m⁻²、中間追肥2 g m⁻²、穂肥3 g m⁻²とし、晩播区ではさらに基肥7, 9 g m⁻²、中間追肥0, 2 g m⁻²、穂肥3, 5 g m⁻²を組み合わせた各処理区を設けた。その結果、晩播区ではおもに穂数の不足により適期播区より12~45% (3ヶ年平均28%) 減収した。晩播区の中では、総窒素施用量を14 g m⁻²以上に増やした区では穂数の減少を抑制でき、適期播区対比で平均77%の収量をあげることができた。また、晩播区では遅れ穂が発生し、細麦率と硝子率が高く、精麦白度が低くなるなど品質が低下し、特に穂肥5 g m⁻²区でその傾向が強かった。それゆえ晩播きにおいて収量を確保し、かつ品質低下を防ぐには、初期生育を促進し、穂数を確保することが重要で、生育初期に窒素の肥効が十分に発揮できるような施用法がよいと考えられた。すなわち、晩播きの場合、適期播きよりも基肥を増量した基肥9 g m⁻²、中間追肥2 g m⁻²、穂肥3 g m⁻²の施用が適当と考えられた。

キーワード: 晩播き、収量、窒素施肥、ハダカムギ、品質。

我が国のハダカムギの作付面積は4970 haで、愛媛県はそのうちの32%をしめる日本一の産地である(注:H24作物統計)。ハダカムギは瀬戸内沿岸地域で主に高級味噌の原料として用いられているが、作付面積が減少しており、実需者からはその増産が求められている。

作付面積減少の原因としては、ハダカムギの播種適期が11月中下旬と短く、短期間に様々な作業が集中するうえに、1戸あたりの作付規模の拡大も進み適期播種が困難なこと、播種期や登熟期の気象条件により収量と品質の年次変動が大きく、安定した収益の確保が難しいことなどが挙げられる。とくに愛媛県の瀬戸内地域では、播種期の降水量がこの10年間で33%も増加しており、播種の遅延や出芽不良による播き直しを余儀なくされることが多く、これも作付面積減少の一因となっている。適期播種ができなかった場合の対応策として播種期の移動があるが、本研究では適期より約30日遅く、晩播きした場合について検討した。

埼玉県でハダカムギ品種‘ユメサキボシ’を12月下旬に晩播きしたとき、11月上旬の適期播きに比べ約20%減収する事例が報告されている(箕田ら2010)が、その対策に関する報告はみあたらない。ハダカムギ品種‘マンネンボシ’や‘ユメサキボシ’の収量は、窒素施用量が多くなるほど穂数が増えて増収すること(下田ら2006, 箕田ら2010)から、晩播きした場合でも窒素施用法の工夫により適期播きに近い収量が期待できると考えられる。しかし、窒素施用量が多くなると硝子率が高く精麦白度が低くなり、品質が低下するという報告(箕田ら2010)もある。麦

類の品質は、「農業者戸別所得補償制度要綱」に基づき評価項目と基準値が設けられており、等級と品質ランク区分により単価が決定される。ハダカムギの評価項目は細麦率、容積重、精麦白度、硝子率の4項目で、それぞれ麦の調製の精度、充実度、精麦後の白さ、胚乳組織の様相を示しており、この基準値を達成することが収量とともに、生産者の収益向上にとっては重要な目標となる。

本研究では、ハダカムギの高品質安定生産技術確立のため、晩播きした場合における窒素施用法の違いが収量と品質に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

ハダカムギ品種マンネンボシを供試し、2007年播(2007/2008年)、2008年播(2008/2009年)、2009年播(2009/2010年)の3栽培年において、愛媛県農林水産研究所の水稲裏作圃場で試験を実施した。試験区は適期に播種した適期播区、12月中下旬に播種する晩播区を設け、播種期は2007年、2008年、2009年でそれぞれ適期播区は11月14日、11月20日、11月20日、晩播区は12月20日、12月18日、12月17日(適期播区より27~36日晩播き)とした。播種方法は、愛媛県では12月中下旬に播種する場合、播種量を3割程度増量することが推奨されていることから(注:愛媛県農林水産部技術指導指針)、播種量は適期播区の8 g m⁻²、晩播区11 g m⁻²とし、条間20 cmでドリル播とした。窒素施用量は成分量で適期播区では基肥7 g m⁻²、中間追肥2 g m⁻²、穂肥3 g m⁻²とし、晩播区ではさらに基肥7,

第1表 各生育期、生育日数および生育期別平均気温と降水量。

播種 年次	播種 区分	播種期 (月・日)	出芽数 (本 m ⁻²)	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育日数 (日)		分けつ期 (播種～出穂 30 日前)		節間伸長期 (出穂 30 日前～出穂期)		登熟期 (出穂期～成熟期)	
						播種～ 出穂期	出穂期～ 成熟期	平均 気温 (℃)	積算 降水量 (mm)	平均 気温 (℃)	積算 降水量 (mm)	平均 気温 (℃)	積算 降水量 (mm)
2007	晩 播	12.20	120 ± 6	4.12	5.28	114	47	7.4	201	12.2	150	17.5	198
	適期播	11.14	225 ± 14	3.30	5.20	137	52	8.6	205	10.4	105	15.8	188
2008	晩 播	12.18	127 ± 12	4.07	5.27	110	51	8.3	223	10.9	75	16.8	78
	適期播	11.20	190 ± 13	3.26	5.20	126	56	8.8	223	10.7	120	15.0	78
2009	晩 播	12.17	153 ± 3	4.09	6.02	113	55	7.0	257	9.7	133	15.5	291
	適期播	11.20	188 ± 4	3.31	5.27	131	58	7.7	204	9.0	193	14.7	320

気象データは愛媛県農林水産研究所（北条）の観測気象データ。

表中の±は標準誤差（n = 3）を表す。

9 g m⁻²、中間追肥 0、2 g m⁻²、穂肥 3、5 g m⁻²を組み合わせた各処理区をそれぞれ設けた（第3表、第4表参照）。なお施用時期は中間追肥が出穂 60 日前（2月上旬）、穂肥が出穂 30 日前（3月上旬）とし、基肥にはアラジン 444（14-14-14）、中間追肥と穂肥にはNK化成特 11 号（14-2-17）を用いた。区制は3反復とし、1区当たりの面積は約 28 m²とした。出芽数は出芽揃期に 1.2 m²当たりの個体数を、穂数は成熟期に 1.8 m²当たりの穂の数をそれぞれ調査した。収量及び収量構成要素は 3 m²当たりの坪刈りサンプルをふるい目 2.2 mm のグレーダーで振とう選別した後、収量（2.2 mm 以上の整粒の重量）、千粒重、1穂粒数、全粒数を算出した。品質関連形質は細麦率（2.2 mm 以下の屑麦の割合）、容積重（ブラウエル穀粒計）、精麦白度（60% 搗精した精麦をケット白度計 C-300 で測定）、硝子率（100 粒の切断面を肉眼で観察し粉状質、半硝子質、硝子質に分類し割合を算出）について調査した。なお、参考データとして愛媛農政事務所に等級の格付けを委託した。

結 果

1. 晩播きの生育と気象条件

各生育期と気象条件について第1表に示した。晩播区は適期播区と比べ出穂期は9～13日、成熟期は6～8日遅く、生育日数は播種期～出穂期は16～23日、出穂期～成熟期は3～5日短かった。また、晩播区の出芽数は適期播区の53～81%と少なかった。なお、今回は調査の対象外としたが、晩播区では出穂期以降に遅れて出穂する遅れ穂が観察された。

適期播区と晩播区における気象条件の違いをみると、晩播区の平均気温は適期播区より分けつ期が0.5～1.2℃低く、節間伸長期は0.2～1.8℃、登熟期は0.8～1.8℃高かった。晩播区の積算降水量は適期播区より、2007年の節間伸長期と2009年の分けつ期ではやや多く、2008年播の節間伸長期および2009年播の節間伸長期と登熟期ではやや少なかった。

次に各年次の気象条件の特徴をみると、2007年播の晩播区は節間伸長期と登熟期の平均気温が3カ年で最も高い

「節間伸長期・登熟期温暖年」、2008年播の晩播区は分けつ期の平均気温が高く、登熟期の積算降水量が少ない「分けつ期温暖・登熟期少雨年」、2009年播は適期播区、晩播区とも全生育期間を通して平均気温が低く、節間伸長期と登熟期の積算降水量が多い「生育全期低温・登熟期多雨年」であった。

2. 収量と収量構成要素

収量および収量構成要素について第2表に示した。収量は、各年次の晩播区全処理区の平均値をみると、適期播区対比が2007年播、2008年播、2009年播でそれぞれ72%、74%、64%（3ヶ年平均72%）となり、晩播区の収量は3ヶ年平均で28%低かった。同様に各収量構成要素についてみると、穂数は70%、70%、64%（3ヶ年平均68%）、全粒数は70%、76%、65%（同72%）といずれも適期播区より約30%低かった。一方、1穂粒数は101%、108%、103%（同106%）、千粒重は103%、98%、98%（同100%）で、適期播区との差は小さかった。

次に年次ごとの窒素施用の影響をみると、2007年播では穂肥 5 g m⁻²区で収量が最も高くなった。2008年播では基肥 9 g m⁻²区、中間追肥 2 g m⁻²区、穂肥 5 g m⁻²区で収量と全粒数が有意に増加し、なかでも穂肥 5 g m⁻²区で穂数が有意に増加した。2009年播では穂肥 5 g m⁻²区で収量と全粒数が有意に増加し、千粒重が有意に低下した。なお、3ヶ年平均をみると、基肥 9 g m⁻²区で全粒数、中間追肥 2 g m⁻²区で穂数と全粒数、穂肥 5 g m⁻²区で収量、穂数、1穂粒数、全粒数がそれぞれ有意に増加した。

3. 品質関連形質

品質関連形質について第3表に示した。細麦率は、各年次の晩播区全処理区の平均値をみると、適期播区対比が、2007年播、2008年播、2009年播でそれぞれ+7.3ポイント、+0.7ポイント、+1.2ポイント（3ヶ年平均+2.5ポイント）高く、特に2007年播は適期播区の3.13倍と高かった。精麦白度と硝子率については年次により特徴が異なり、

第2表 窒素施用法の違いが晩播きしたハダカムギの収量および収量構成要素に及ぼす影響.

播種 年次	播種 区分	窒素施用量 (g m ⁻²)			収量 (g m ⁻²)	同左適期播 区対比 (%)	穂数 (本 m ⁻²)	1 穂粒数 (粒 穂 ⁻¹)	全粒数 (百粒 m ⁻²)	千粒重 (g)
		基肥	中間肥	穂肥						
2007	晩 播	7	0	3	370	68	328	31	103	35.8
		7	2	3	387	71	346	32	109	35.5
		7	2	5	419	77	351	34	118	35.4
		9	0	3	390	72	344	32	111	35.0
	適期播	7	2	3	543	100	489	32	157	34.5
	基肥量				ns		ns	ns	ns	ns
	中間追肥の有無				ns		ns	ns	ns	ns
	穂肥量				ns		ns	ns	ns	ns
2008	晩 播	7	0	3	381	62	275	38	104	36.6
		7	0	5	461	75	311	40	123	37.4
		7	2	3	404	66	321	34	110	36.7
		7	2	5	512	83	376	38	140	36.6
		9	0	3	398	65	304	36	108	36.9
		9	0	5	497	81	361	37	134	37.0
		9	2	3	473	77	351	36	126	37.6
		9	2	5	542	88	361	41	149	36.3
	適期播	7	2	3	616	100	476	35	164	37.6
	基肥量				*		ns	ns	*	ns
	中間追肥の有無				**		ns	ns	**	ns
	穂肥量				**		*	ns	**	ns
2009	晩 播	7	0	3	332	55	299	33	97	34.2
		7	0	5	414	68	330	37	121	34.1
		7	2	3	360	59	318	32	103	34.9
		7	2	5	412	68	365	33	121	34.1
		9	0	3	351	58	322	32	102	34.3
		9	0	5	408	67	352	35	120	33.9
		9	2	3	389	64	338	34	113	34.5
		9	2	5	438	72	371	35	128	34.2
	適期播	7	2	3	609	100	529	33	173	35.1
	基肥量				ns		ns	ns	ns	ns
	中間追肥の有無				ns		ns	ns	ns	ns
	穂肥量				**		ns	ns	**	*
3ヶ年 平均	晩 播	7	0	3	361	61	301	34	101	35.5
		7	0	5	438	71	320	39	122	35.7
		7	2	3	384	65	328	33	107	35.7
		7	2	5	448	76	364	35	126	35.3
		9	0	3	380	65	323	33	107	35.4
		9	0	5	453	74	357	36	127	35.5
		9	2	3	431	70	345	35	120	36.0
		9	2	5	490	80	366	38	139	35.3
	適期播	7	2	3	589	100	498	33	165	35.7
	基肥量				ns		ns	ns	*	ns
	中間追肥の有無				ns		**	ns	*	ns
	穂肥量				**		**	*	**	ns

**, *, ns: それぞれ1%, 5%水準で有意, 有意差のないことを示す.

分散分析に際しては適期播区を除き, 交互作用に有意差のない場合は記載を省略した.

統計処理には EXCEL 統計 2006 を用いた.

第3表 窒素施用法の違いが晩播きしたハダカムギの品質関連形質に及ぼす影響.

播種 年次	播種 区分	窒素施用量 (g m ⁻²)			細麦率 (%)	容積重 (g L ⁻¹)	精麦白度	硝子率 (%)	等級 (等)
		基肥	中間肥	穂肥					
2007	晩 播	7	0	3	11.1	844	41.1	38.8	1.0
		7	2	3	9.8	844	39.8	50.3	1.0
		7	2	5	10.5	832	41.3	41.8	1.3
		9	0	3	11.2	841	40.2	40.3	1.0
	適期播	7	2	3	3.4	839	43.4	11.3	1.0
	基肥量				ns	ns	ns	ns	
	中間肥の有無				ns	ns	ns	ns	
	穂肥量				ns	ns	ns	ns	
2008	晩 播	7	0	3	4.0	832	40.8	50.5	1.0
		7	0	5	3.4	835	39.6	59.6	1.0
		7	2	3	2.8	830	39.8	48.0	1.0
		7	2	5	2.7	832	39.9	50.7	1.0
		9	0	3	3.1	832	41.2	46.1	1.0
		9	0	5	2.8	835	40.7	57.3	1.0
		9	2	3	3.4	832	40.2	56.8	1.0
		9	2	5	2.9	834	40.0	61.1	1.0
	適期播	7	2	3	2.5	831	42.9	37.3	1.0
	基肥量				ns	ns	ns	ns	
	中間肥の有無				ns	ns	ns	ns	
	穂肥量				ns	ns	ns	ns	
2009	晩 播	7	0	3	8.9	806	42.5	35.5	1.3
		7	0	5	11.6	803	41.2	50.5	1.0
		7	2	3	9.1	803	41.6	48.5	1.0
		7	2	5	13.1	803	40.9	52.6	1.0
		9	0	3	9.3	805	42.7	25.8	1.7
		9	0	5	12.5	799	41.8	43.4	1.3
		9	2	3	9.3	803	42.0	44.8	1.3
		9	2	5	12.5	800	41.2	47.9	1.0
	適期播	7	2	3	9.6	809	39.6	71.9	1.0
	基肥量				ns	ns	ns	ns	
	中間肥の有無				ns	ns	ns	ns	
	穂肥量				**	**	*	ns	
3ヶ年 平均	晩 播	7	0	3	8.0	827	41.5	41.6	1.1
		7	0	5	7.5	819	40.4	55.0	1.0
		7	2	3	7.2	826	40.4	48.9	1.0
		7	2	5	8.8	822	40.7	48.4	1.1
		9	0	3	7.9	826	41.4	37.4	1.2
		9	0	5	7.7	817	41.3	50.4	1.2
		9	2	3	6.4	818	41.1	50.8	1.2
		9	2	5	7.7	817	40.6	54.5	1.0
	適期播	7	2	3	5.2	826	42.0	40.2	1.0
	基肥量				ns	ns	ns	ns	
	中間肥の有無				ns	ns	ns	ns	
	穂肥量				ns	ns	ns	*	

**, *, ns; それぞれ 1%, 5% 水準で有意, 有意差のないことを示す.

分散分析に際しては適期播区を除き, 交互作用に有意差のない場合は記載を省略した.

統計処理には EXCEL 統計 2006 を用いた.

等級は格付け結果 (1~3 等) の 3 反復の平均を示す.

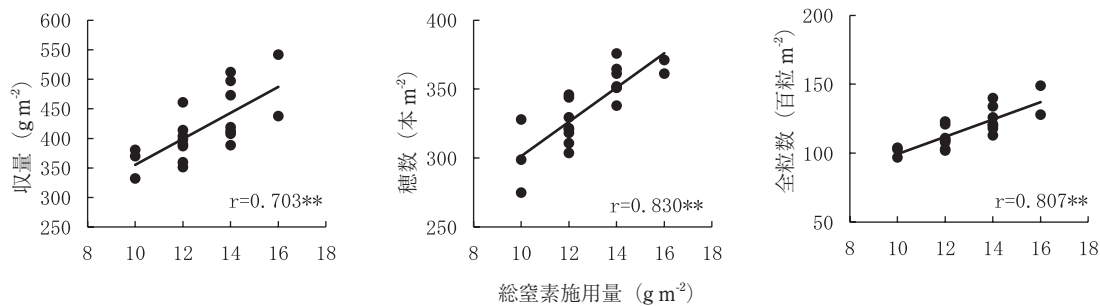
第4表 異なる窒素施用法で晩播きしたハダカムギの収量と収量構成要素、品質関連形質の総当たり関数。

	収 量	穂 数	1 穂粒数	全粒数	千粒重	細麦率	容積重	精麦白度
穂 数	0.84 **							
1 穂粒数	0.33 ns	-0.19 ns						
全粒数	0.98 **	0.90 **	0.24 ns					
千粒重	0.39 ns	-0.03 ns	0.52 *	0.21 ns				
細麦率	-0.47 *	-0.09 ns	-0.55 **	-0.33 ns	-0.82 **			
容積重	0.23 ns	0.03 ns	0.16 ns	0.11 ns	0.69 **	-0.57 **		
精麦白度	-0.11 ns	0.14 ns	-0.39 ns	-0.04 ns	-0.41 ns	0.12 ns	-0.33 ns	
硝子率	0.25 ns	-0.04 ns	0.52 *	0.19 ns	0.35 ns	-0.07 ns	-0.05 ns	-0.81 **

相関係数は各年次の晩播区、適期播区の値を併せて算出 (n=23)。

**, *, ns; それぞれ 1%, 5% 水準で有意, 有意差のないことを示す。

統計処理には EXCEL 統計 ver.6.05a を用いた。



第1図 晩播きしたハダカムギの総窒素施用量に対する収量および穂数、全粒数との関係。

各年次の晩播区の値を総窒素施用量別に分けプロットした (n=20)。

**, *; 1% 水準で有意。

統計処理には EXCEL 統計 ver.6.05a を用いた。

精麦白度は-2.8ポイント、-2.6ポイント、+2.2ポイント、硝子率は+31.5ポイント、+26.5ポイント、-28.3ポイントとなり、2007、2008年播は適期播区より品質が低く、2009年播では品質が高い結果となった。なお容積重は3ヶ年を通じて晩播区と適期播区との差は小さかった。

次に年次ごとに窒素施用法の影響をみると、2007年播、2008年播では品質関連形質に窒素施用法の違いによる有意差は認められなかった。しかし基肥7g m⁻²区では精麦白度、穂肥5g m⁻²区では硝子率において、品質ランク区分の許容値（精麦白度40、硝子率60%）を満たさない区がみられた。2009年播では穂肥5g m⁻²区で細麦率が高く、容積重が軽く、精麦白度が低くなるなど、品質が有意に低下した。なお、3ヶ年平均をみると、穂肥5g m⁻²区で硝子率が有意に高かった。

参考として示した等級の格付け結果をみると、2007年播のN725区、2009年播のN703、N903、N905、N923区は2等であった。2等の格付け理由は、収穫期の降雨による退色粒やしわ粒の発生であった。

考 察

1. 晩播きの収量の特徴と窒素施用法の効果

コムギでは収量変動に対する穂数の寄与度が、1穂粒数および千粒重に比較して高く、安定した収量を得るために

は穂数の確保を主要な栽培管理対象とするのが有効である（稲村ら2007）。本研究でも、収量と穂数には正の相関関係が認められ、穂数が多い区では全粒数も多く、収量も高かった（第2表、第4表）。

これをふまえ、まず晩播きの収量の特徴について考察する。晩播区の収量は、適期播区より12~45%（3ヶ年平均28%）減収した（第2表）。これは晩播区では出芽数が適期播区より少なく、穂数不足となったことが一因として考えられる（第1表、第2表）。麦類は、播種時の温度が低いほど出芽に要する時間が長くなるが、これは低温により幼芽の伸長が遅れるためと推測している（田中丸1990、Mohesen・山田1991）。一般に、発芽から出芽までの期間が長くなると、土壌中の微生物や害虫、冠水など様々なストレスを受ける可能性が高くなる（金勝2010）。それゆえ、晩播きでは播種期の気温が低く出芽に要する時間が長いことから、出芽を阻害する環境ストレスに遭遇する危険性が高く、出芽数が不足すると考えられる。

次に、晩播区内における窒素施用法の影響について考察する。ハダカムギでは収量は分けつ期の窒素施用量が多いほど、穂数が増加し収量が高くなる（下田ら2006、箕田ら2010）。本研究でも各処理区の施用範囲内ではあるが、収量は総窒素施用量が多いほど穂数と全粒数が多く、増収し

た。特に総窒素量を 14 g m^{-2} 以上に増やした区では穂数の減少を抑制でき、適期播区対比で平均 77% の収量を上げることができた (第 1 図, 第 2 表)。さらに 2008 年播, 2009 年播では, 穂肥 5 g m^{-2} の施用により全粒数が有意に増加し, 穂肥の増量による高い増収効果が認められた (第 2 表)。

以上のように, 晩播きでは出芽数が少なく適期播きより低収となるが, 収量は基肥や中間追肥, 穂肥を増やし, 総窒素施用量を 14 g m^{-2} 以上とすることで増収し, なかでも穂肥 5 g m^{-2} の施用による増収効果が高いことが明らかとなった。

2. 晩播きの品質関連形質の特徴と窒素施用法の効果

まず, 晩播きにおける品質関連形質の特徴について考察する。細麦率をみると晩播区では 3 ヶ年平均の適期播区対差が +2.5 ポイントと, やや高くなる傾向がみられ, 特に 2007 年播は適期播区の 3.13 倍と高かった (第 3 表)。一般に麦類では, 遅れ穂が発生すると成熟期がばらつき未熟粒が発生する (倉井・木村 1992, 田谷 2001, 吉田ら 2008)。本研究でも晩播区では遅れ穂の発生が観察され, これが細麦率上昇の一因となったものと考えられる。

硝子率と精麦白度をみると, 2007 年播と 2008 年播の晩播区では, 硝子率が高く精麦白度が低くなり, 品質が低下した。両者には負の相関関係が認められ, 硝子率が高い区ほど精麦白度は低かった (第 4 表)。硝子粒は, 胚乳内のデンプン粒の蓄積密度が低く, その間隙をタンパク質が埋め尽くした構造を持つため, 胚乳内に間隙がないことから光の屈折が抑制されて暗色透明な色調を示し, 精麦白度が低下する (早乙女ら 1991, 山口・辻田 2011)。さらに硝子率は, 子実タンパク質含有率と相関があること (菅・片山 1963, 水上・小林 1993, 島崎・渡邊 2010), そして出穂日が遅い分げつに着生した粒は炭水化物の蓄積量が少ないため, 子実タンパク質含有率が高くなることが報告されている (佐藤ら 2002)。それゆえ晩播きでは, 遅れ穂の発生により子実タンパク質含有率が高まり, 硝子率が高く, 精麦白度が低くなったものと考えられる。

一方, 2009 年播では適期播区の方が, 硝子率が高く精麦白度が低くなり, 品質が低下した。子実タンパク質含有率は, 生育後期の追肥により増加することが報告されている (高山ら 2004, 吉田ら 2008, Nakano and Morita 2009, 島崎・渡邊 2010)。同年の気象条件をみると, 適期播区の穂肥施用後にあたる出穂 30 日前～出穂期 (節間伸長期) は平均気温が著しく低く (第 1 表), このため穂肥の肥効の発現が遅れたものと推察される。それゆえ 2009 年播に限っては適期播きで品質が低下したものと考えられる。

次に, 晩播区内における窒素施用法の影響をみると, 2007 年播, 2008 年播では窒素施用法の違いによる有意差はなく, 品質関連形質への窒素施用法による影響は小さかった。しかし, 2008 年播の穂肥 5 g m^{-2} 区で, 硝子率が品質ランク区分の許容値を満たさない区があり, 穂肥の増量により何かしらの影響があったものと考えられる。さら

に 2009 年播では穂肥 5 g m^{-2} 区で細麦率が高く, 容積重と精麦白度の値が低くなるなど, 品質が有意に低下した。そこでその要因について収量関連形質との関係を見ると, 2009 年播の穂肥 5 g m^{-2} 区では, 全粒数が増加する一方で, 細麦率が高く, 千粒重と容積重が低くなっており, 穂肥の増量により, 未熟な小粒が増加したことがうかがえる (第 2, 3 表)。さらに気象との関係を見ると同年は, 登熟期の積算降水量が著しく多い「登熟期多雨年」であった (第 1 表)。麦類では, 登熟期の降雨により粒が発育不良となり, 千粒重や容積重, 精麦白度が低下することが報告されている (内村ら 2004, 中村ら 2006)。それゆえ穂肥の増量は, 全粒数が増加しシンク容量を増大させるが, 登熟期の降雨などで粒の発育不良がとなりソース活性が小さくなった場合は, 1 粒当たりの光合成産物の分配量が減少して, 品質を低下させるものと推察される。なお 2007 年播の基肥 7 g m^{-2} 区において精麦白度が許容値を満たさない区があったが, このような 1 粒あたりの光合成産物の分配量の減少は, 基肥量が少なくソース容量が小さくなった場合にも起こりうると考えられる。

以上のように晩播きでは, 細麦率や硝子率が高く, 精麦白度が低くなり, 遅れ穂が品質低下の一因となったと考えられる。また穂肥 5 g m^{-2} の施用は, 全粒数を増加させるため, 登熟期の気象条件によっては, 1 粒当たりの光合成産物の分配量が減少し, 品質低下を招く恐れがあることが明らかとなった。

なお遅れ穂は, 穂数が少ないほど多発することがコムギにおいて報告されており (福寛ら 2001), 晩播きは分げつ期の気温が低く穂数が不足しやすいことから (第 1 表, 第 2 表), 遅れ穂が発生しやすい栽培法といえる。遅れ穂については, 今回は調査の対象外としたが, 残された課題として遅れ穂の発生率と品質関連項目について, 今後検討を進めていくことが必要である。

3. 晩播きに適した窒素施用法

晩播きでは, 出芽数や穂数が少なく適期播きより低収となったが, 晩播区内では, 収量は総窒素施用量を増やすことで高まった。荻内・作山 (2005) は, コムギの冬期播種では播種時の窒素施用量が多いほど増収することを報告しているが, これは出芽した時点で十分な量の肥料が溶出しており, 初期生育が促進され地上部乾物重などの栄養成長量が十分に確保されたことによると考察している。それゆえ晩播きにおいても, 初期生育を促進して分げつの発生を促し, 穂数の確保を図ることが重要と考えられる。そのためには, 晩播きでは生育初期に窒素の肥効が十分に発揮できるような施用法を基本とすべきであり, 本研究の結果から基肥量は 9 g m^{-2} , 中間追肥量は 2 g m^{-2} 程度が妥当と考えられる。

穂肥は増量することで粒数を増加させ増収に寄与するが, 登熟期の気象条件によっては品質低下を招く恐れもあ

る。実際に本研究においても穂肥 5 g m^{-2} 区では、2009 年では精麦白度、3 ケ年平均では硝子率において顕著な悪化がみられている。したがって、収量と品質の双方を考えた場合、施用量は 3 g m^{-2} 程度が妥当と考えられる。なおコムギでは遅れ穂は、出穂前の追肥により発生し（倉井・木村 1992, 田谷 2001, 吉田ら 2008）、穂数が少ないほど多発することから（福嶋ら 2001）、安易な施用は遅れ穂を発生させ、品質低下を招く恐れがある。穂肥の施用にあたっては、分けつ数や葉色を観察し、気象情報を踏まえて時期や量を決定するなどの注意が必要である。

最後に、本研究における中間追肥は、施用時期を出穂 60 日前、施用量を 0 および 2 g m^{-2} としたが、施用時期や施用量については今後さらに検討したい。また晩播きでの収量や品質には、遅れ穂でない強勢な穂数の確保が重要であることが示されたことから、播種量のさらなる増量なども検討する必要があると考えられた。

謝辞：本研究をまとめるにあたり、愛媛大学農学部杉本秀樹博士、中央農業総合研究センター北陸研究センター長嶺敬上席研究員に多くの助言を得た。ここに深く感謝の意を表します。

引用文献

- 福嶋陽・楠田幸・古畑昌巳 2001. 暖地における早播した秋播性コムギ「イワイノダイチ」の分けつの生育. 日作紀 70: 173-178.
- 稲村達也・吉川茜・松本憲悟・池永幸子・井上博茂・山末祐二 2007. コムギ収量の圃場内変動をもたらす要因の解析と可変量管理の可能性. 日作紀 76: 189-197.
- 菅益次郎・片山正 1963. 裸麦の品質に関する研究－第 4 報 品種の原麦・精麦諸形質間における相関関係について－. 四国農試報 8: 135-139.
- 金勝一樹 2010. 作物学用語辞典 日本作物学会編. 農文協, 東京. 144-145.
- 倉井耕一・木村守 1992. 小麦の追肥時期別の生育的特徴. 日作関東支報 7: 35-36.
- 箕田豊尚・重松統・柳澤貴司・長嶺敬・戸倉一泰・加藤徹 2010. 二条裸麦新品種「ユメサキボシ」に適する播種時期, 播種量, 施肥量および踏圧回数. 埼玉農研試報 10: 37-47.
- 水上ゆかり・小林恭一 1993. 大麦の精麦加工適性と原麦の性状（硝子質割合, 粒厚）との関係. 日作北陸支報 28: 66-68.
- Moheesen, B.・山田利昭 1991. 適温および不適温下での春播コムギの出芽性のスクリーニング. 育種学雑誌 41: 381-387.
- 中村恵美子・伊藤誠治・林啓子・馬場孝秀 2006. 北陸地域における精麦用オオムギの収量性と精麦品質における年次変動の品種間差. 日作紀 75: 318-326.
- Nakano, H. and Morita, S. 2009. Effects of Seeding Rate and Nitrogen Application Rate on Grain Yield and Protein Content of the Bread Wheat Cultivar 'Minaminokaori' in Southwestern Japan. Plant Prod. Sci. 12: 109-115.
- 荻内謙吾・作山一夫 2005. 秋播性コムギの冬期播種栽培における好適窒素施肥法. 日作紀 74: 17-22.
- 早乙女和彦・星川清親・伊藤浩・宮川三郎 1991. 醸造用二条オオムギの硬質粒に関する研究. 栃木農試研報 38: 37-58.
- 佐藤大和・内海要介・松江勇次 2002. コムギの 1 個体内における部位別の分けつ着生粒のタンパク含有率. 日作紀 71: 154-160.
- 島崎由美・渡邊好昭 2010. コムギの子実タンパク質含有率－栽培による制御の可能性－. 日作紀 79: 407-413.
- 下田かおり・日野恭子・山口憲一・住吉俊治・木村浩 2006. 裸麦「マンネンボシ」の早播播種に対応した施肥による安定生産技術. 愛媛農試研報 40: 1-4.
- 高山敏之・長嶺敬・石川直幸・田谷省三 2004. コムギにおける出穂 10 日後追肥の効果. 日作紀 73: 157-162.
- 田中丸重美 1990. 二条オオムギの出芽性に関する作物学的研究 第 1 報 出芽におよぼす温度, 土壤水分および覆土の厚さと鎮圧程度の影響. 農学研究 62: 63-80.
- 田谷省三 2001. 西日本地域における小麦蛋白質含量の現状と改善方策. 農業技術 56: 498-505.
- 内村要介・佐藤大和・尾形武文・松江勇次 2004. 成熟期の降雨処理によるコムギの子実水分含有率の変化と品質低下の品種間差（品質・加工）. 日作紀 73: 29-34.
- 山口憲一・辻田泉 2011. はだか麦品種「マンネンボシ」における玄麦品質とデンプン構造の特徴. 日作四国支報 48: 60-61.
- 吉田恭子・金田哲郎・畑中博英・武田康一・黒田晃 2008. 麦茶用高タンパク大麦生産のための追肥法について. 日作北陸支報 43: 89-92.

Effects of Nitrogen Application on the Yield and Quality of Later-sown Naked Barley: Izumi TSUJITA^{1,3)}, Hiroshi KIMURA¹⁾, Takashi YUDATE²⁾ and Kenichi YAMAGUCHI¹⁾ (¹⁾Ehime Research Institute of Agriculture, Forestry and Fisheries, Ehime 993-2020, Japan, ²⁾Ehime Local Station of Industrial Development and Promotion, ³⁾Graduate School of Agriculture Ehime University)

Abstract: Although the optimal sowing time of naked barley (*Hordeum vulgare* var. *nudum*) is mid to late November in Ehime prefecture, it may not be sown within that period, depending on the climate and other growing conditions. In this experiment, the effects of nitrogen application on the yield and quality of naked barley sown about 30 days later than the optimal time were investigated. The yield in the later-sown plots was 28% lower than that in the optimal time-sown plot (average of 3 years), due to decreased number of panicles. However, in the plots where the total amount of nitrogen application was increased to 14~16 g m^{-2} , decrease in the number of panicles due to later sowing was prevented, and the decrease in yield was only 23%. In later sowing, the number of late emerging panicles due to topdressing at the panicle formation stage, resulting in the deterioration of grain quality (immature grain rate and steely-grain rate was increased and pearly grain whiteness decreased). In order to obtain a higher yield and to prevent deterioration of quality in later sowing, a nitrogen fertilizer should be applied to promote initial growth, and to secure the number of panicles. The suitable nitrogen application rate is 9 g m^{-2} for basal dressing, 2 g m^{-2} for topdressing at the tiller formation stage is, and 3 g m^{-2} for topdressing at the panicle formation stage is.

Key words: Later sowing, Naked barley, Nitrogen application, Quality, Yield.