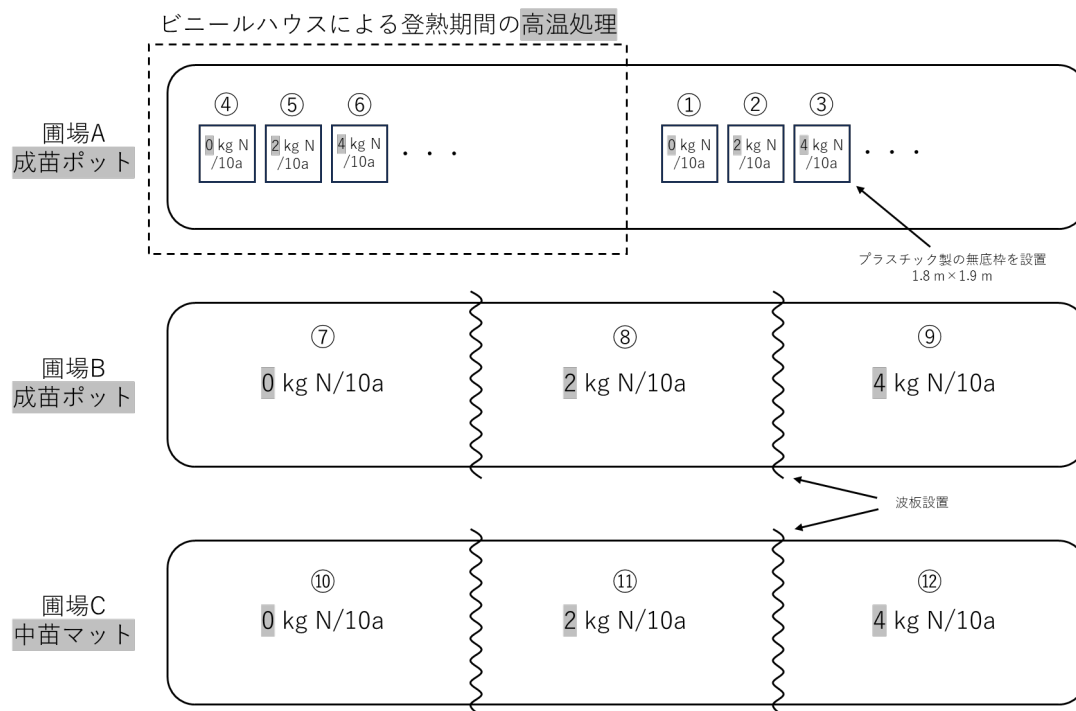


委託試験成績（令和7年度）

担当機関名 部・室名	北海道立総合研究機構 農業研究本部 中央農業試験場 水田農業部 水田農業グループ																																							
実施期間	令和7年度～8年度、新規																																							
大課題名	I 水田営農を支える省力・低コスト技術、水田利活用技術の確立																																							
課題名	北海道における高温年の玄米品質安定化のための窒素追肥効果の検証																																							
目的	近年、地球温暖化に伴う夏季の高温による水稻の登熟障害が全国的な問題となっている。主な症状の一つに玄米の白濁化（白未熟粒の発生）があり、検査等級が低下するため収入が減る要因になっている。府県においては、高温による白未熟粒発生の軽減には幼穂形成期から出穂期前後の窒素追肥が有効と報告されている。本研究では、北海道において窒素追肥が高温条件で登熟した玄米の品質に与える影響を検証する。																																							
担当者名	岡下 悠																																							
<p>1. 試験場所 北海道岩見沢市上幌向町216番地 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 農業研究本部 中央農業試験場 水田農業部 グライ低地土圃場</p> <p>2. 試験方法 (1) 耕種概要 〔作物〕 水稻 〔品種〕 ゆめぴりか 〔移植〕 5/23（育苗日数31日） 〔施肥〕 基肥：N-P₂O₅-K₂O=8.0-8.0-8.0 kg/10a、全層施肥 追肥：N 0.0 kg/10a、2.0 kg/10a、4.0 kg/10a を止葉期（7/7）に施用 〔収穫〕 9/1</p> <p>(2) 供試圃場と試験処理 グライ低地土の3圃場を供試した。試験処理の詳細は表1、図1（次ページ）の通り。登熟期間中（7/14～8/16）、圃場の一部をビニールハウスで覆うことで高温処理を実施した。</p> <p>表1 苗、高温処理、追肥量の組み合わせ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>番号</th> <th>圃場</th> <th>苗</th> <th>高温処理</th> <th>追肥量 (N kg/10a)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td rowspan="6">A</td> <td rowspan="6">成苗ポット</td> <td rowspan="3">なし (外気温)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td rowspan="3">あり (ハウスによる加温)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td rowspan="3">B</td> <td rowspan="3">成苗ポット</td> <td rowspan="3">なし</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>⑨</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>⑩</td> <td rowspan="3">C</td> <td rowspan="3">中苗マット</td> <td rowspan="3">なし</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>⑪</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>⑫</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) 調査項目 生育調査（草丈、茎数、葉色（SPAD値）、窒素含有率）、気温、水温、地温、収量、収量構成要素、産米品質（整粒歩合、タンパク質含有率等）</p>		番号	圃場	苗	高温処理	追肥量 (N kg/10a)	①	A	成苗ポット	なし (外気温)	0	②	2	③	4	④	あり (ハウスによる加温)	0	⑤	2	⑥	4	⑦	B	成苗ポット	なし	0	⑧	2	⑨	4	⑩	C	中苗マット	なし	0	⑪	2	⑫	4
番号	圃場	苗	高温処理	追肥量 (N kg/10a)																																				
①	A	成苗ポット	なし (外気温)	0																																				
②				2																																				
③				4																																				
④			あり (ハウスによる加温)	0																																				
⑤				2																																				
⑥				4																																				
⑦	B	成苗ポット	なし	0																																				
⑧				2																																				
⑨				4																																				
⑩	C	中苗マット	なし	0																																				
⑪				2																																				
⑫				4																																				

図1 供試圃場における処理の割り付け（番号は表1と対応）



3. 試験結果

(1) 2025年の栽培期間の気象条件について

2025年の栽培期間中の日平均気温の推移を図2に示した。移植直後の6月上旬頃までは平年並みだったが、6月中旬以降は平年値を上回る期間が多く、高温条件となった。札幌管区気象台は「北海道地方の2025年夏の気温は1946年の統計開始以降で夏として最も高くなった」としており (https://www.data.jma.go.jp/sapporo/oshirase/2025/sp_press250901_kouon.pdf)、全国的な高温で白未熟粒の発生が問題となった2023年を上回る猛暑となった。

図3に試験圃場での日平均気温の実測値を示した。平均するとハウス内の気温はハウス外に比較して約2℃高かったが、日照中は極端な高温になることがしばしばあり、均質な温度上昇を実現するには至らなかった。なお、水温および地温の日平均値についても、高温処理期間中は無処理に比べて約2℃高かった。

(2) 水稻の生育および収量性、産米品質について

本課題における圃場ごとの生育期節は表2の通り。栽培期間を通して草丈、茎数および地上部乾物重はいずれの処理においても同様に推移し、追肥量や高温処理による違いはなかった(表3～5、図4)。一方、窒素含有率および葉色値(SPAD)は出穂期以降、追肥量が多いほど高くなる傾向を示した(表6～7、図5)。

全重および精玄米重における、追肥量や高温処理による違いはなかった(表8)。収量構成要素である穂数および一穂粒数も処理間における一定の傾向は認められなかったが、登熟歩合には高温処理の影響が見られ、温度処理なしで80%程度であった値が高温処理により60%程度にまで落ち込んだ。精玄米千粒重は高温処理により0.7～1.3 g/千粒ほど低くなったが、追肥量を増すほど高くなる傾向も認められた。

タンパク質含有率は追肥量が多いほど高くなり、2 kg/10aの追肥区で無追肥区に比べ0.2～1.1%ほど高くなった(表9)。高温処理により整粒歩合は約35%低下し、白未熟粒の割合は約20%上昇した一方、追肥量による整粒歩合および白未熟粒の割合への影響は判然としなかった。なお、これまで述べた水稻の生育、収量性、産米品質に及ぼす追肥や高温処理の影響に、苗種(成苗ポット苗、中苗マット苗)による違いは見られなかった。

登熟期間の葉色値と白未熟粒の割合およびタンパク質含有率の関係を調べたところ、葉色値とタンパク質含有率との間には強い正の相関が確認されたが、白未熟粒の割合との間には相関は得られなかった(図6、図7)。

4. 主要成果の具体的データ

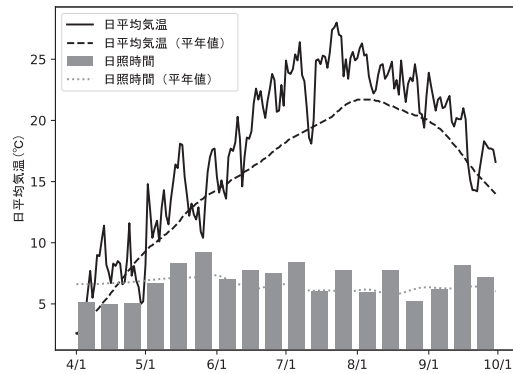


図2 試験圃場における
栽培期間中の気象推移

データは農研機構メッシュ農業気象データ (The Agro-Meteorological Grid Square Data. NARO) より取得。

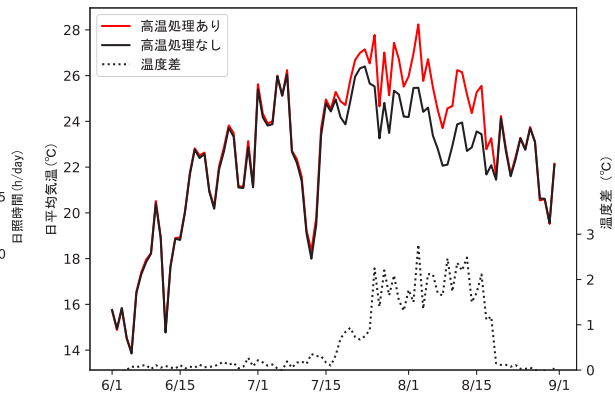


図3 高温処理による温度変化

おんどとり Jr. TR-52i を使い、地上 50 cm 程の高さの気温を記録。

表2 圃場ごとの生育期節

圃場	育苗様式	幼穂形成期	止葉期	出穂期	成熟期
A	成苗ポット	6/24	7/7	7/23	9/1
B	成苗ポット	6/24	7/7	7/23	9/1
C	中苗マット	6/26	7/11	7/24	9/1

表3 草丈の推移

圃場 (育苗様式)	高温処理	追肥量 (kg/10a)	草丈(cm)				全長(cm)	稈長(cm)	穂長(cm)
			6月26日	7月7日	7月22日	8月5日			
A (成苗ポット)	なし	0	45.7	71.3	91.1	89.5	86.9	69.2	17.7
		2	46.0	71.2	89.3	88.6	86.0	68.7	17.3
		4	47.2	74.5	93.5	92.0	88.5	70.6	17.9
	あり	0	46.2	71.2	94.4	93.3	90.9	73.1	17.9
		2	45.5	71.3	88.7	87.2	86.0	68.8	17.2
		4	44.4	69.1	86.1	84.7	83.1	66.6	16.5
B (成苗ポット)	なし	0	47.0	67.8	85.1	84.3	81.1	64.4	16.7
		2	44.9	64.8	85.1	84.8	82.4	65.5	16.9
		4	46.0	66.1	85.1	85.3	82.1	64.8	17.3
C (中苗マット)	なし	0	41.6	66.4	85.9	85.2	80.8	63.4	17.4
		2	41.8	68.6	86.8	85.5	80.5	63.1	17.4
		4	40.3	68.8	86.5	85.7	81.6	64.0	17.6

注) 圃場ごとにTukey-KramerのHSD検定 (有意水準 $p < 0.01$) を実施し、いずれの処理間にも有意差無し。

表4 茎数の推移

圃場 (育苗様式)	高温処理	追肥量 (kg/10a)	茎数(本/m ²)				穂数(本/m ²)
			6月26日	7月7日	7月22日	8月5日	
A (成苗ポット)	なし	0	502	670	661	636	623
		2	525	665	632	634	591
		4	505	674	702	685	657
	あり	0	620	814	695	694	649
		2	552	650	608	629	534
		4	503	605	636	656	561
B (成苗ポット)	なし	0	421	561	535	531	516
		2	407	601	636	655	618
		4	325	513	599	599	573
C (中苗マット)	なし	0	348	534	530	535	513
		2	408	577	574	597	561
		4	310	594	624	632	579

注) 圃場ごとにTukey-KramerのHSD検定 (有意水準 $p < 0.01$) を実施し、いずれの処理間にも有意差無し。

表5 地上部乾物重の推移

圃場 (育苗様式)	高温処理	追肥量 (kg/10a)	地上部乾物重(kg/10a)						
			6月26日	7月7日	7月22日	8月5日	8月18日		
							合計	茎葉	穂
A (成苗ポット)	なし	0	86	318	635	1110	1181	479	702
		2	82	286	643	1149	1038	437	601
		4	103	353	658	1342	1241	474	767
	あり	0	88	355	734	1087	1183	513	670
		2	83	322	574	1035	961	451	510
		4	82	289	602	1122	981	418	563
B (成苗ポット)	なし	0	89	285	596	800	1029	423	606
		2	91	248	588	888	1162	424	738
		4	63	259	558	889	1152	414	738
C (中苗マット)	なし	0	46	243	414	728	948	364	584
		2	48	291	525	784	965	370	595
		4	38	239	444	752	1000	395	605

注) 圃場ごとにTukey-KramerのHSD検定(有意水準 $p < 0.01$)を実施し、いずれの処理間にも有意差無し。

表6 窒素含有率の推移

圃場 (育苗様式)	高温処理	追肥量 (kg/10a)	窒素含有率(%)						
			6月26日	7月7日	7月22日	8月5日	8月18日		
							合計	茎葉	穂
A (成苗ポット)	なし	0	2.5	2.0	1.2	1.0 b	0.9	0.6	1.1
		2	2.4	2.0	1.3	1.1 ab	0.9	0.6	1.0
		4	2.5	2.0	1.4	1.1 ab	1.0	0.6	1.3
	あり	0	2.7	2.1	1.3	1.1 ab	1.0	0.6	1.2
		2	2.5	2.0	1.3	1.1 ab	1.0	0.7	1.2
		4	2.4	2.0	1.5	1.2 a	1.0	0.7	1.2
B (成苗ポット)	なし	0	2.4	1.8	1.0	0.9	0.8 b	0.5	1.0 b
		2	2.4	2.1	1.3	1.0	1.0 a	0.6	1.2 a
		4	2.6	2.0	1.4	1.1	1.0 a	0.6	1.2 ab
C (中苗マット)	なし	0	2.9	2.0	1.2 b	0.9 b	0.8	0.5 b	1.0 b
		2	2.9	2.0	1.4 ab	1.1 ab	0.8	0.6 b	1.1 ab
		4	2.9	2.0	2.0 a	1.2 a	0.9	0.8 a	1.2 a

注) 圃場ごとにTukey-KramerのHSD検定(有意水準 $p < 0.01$)を実施し、異なる英小文字間に有意差あり。

表7 葉色値の推移

圃場 (育苗様式)	高温処理	追肥量 (kg/10a)	葉色値(SPAD)				
			6月26日	7月7日	7月22日	8月5日	8月18日
A (成苗ポット)	なし	0	36	38	41 b	38 b	30 b
		2	34	36	42 ab	38 b	29 b
		4	35	36	44 ab	41 ab	33 ab
	あり	0	37	37	42 ab	42 ab	34 ab
		2	36	36	43 ab	43 ab	34 ab
		4	36	35	45 a	45 a	36 a
B (成苗ポット)	なし	0	36	35	40 b	37	29
		2	36	37	44 ab	42	35
		4	39	38	45 a	43	35
C (中苗マット)	なし	0	36	32	38 b	34 b	26 b
		2	36	32	42 ab	38 ab	31 ab
		4	34	35	46 a	44 a	37 a

注) 圃場ごとにTukey-KramerのHSD検定(有意水準 $p < 0.01$)を実施し、異なる英小文字間に有意差あり。

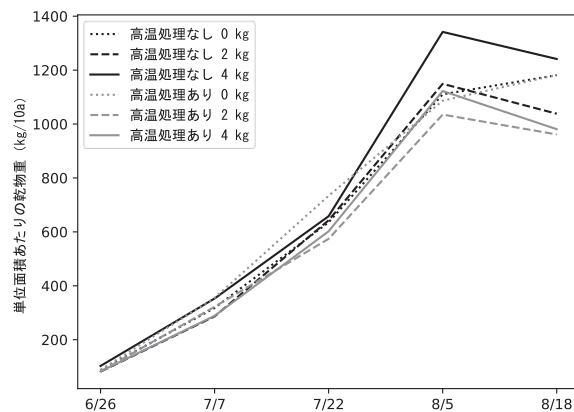


図4 地上部乾物重の推移(圃場A)

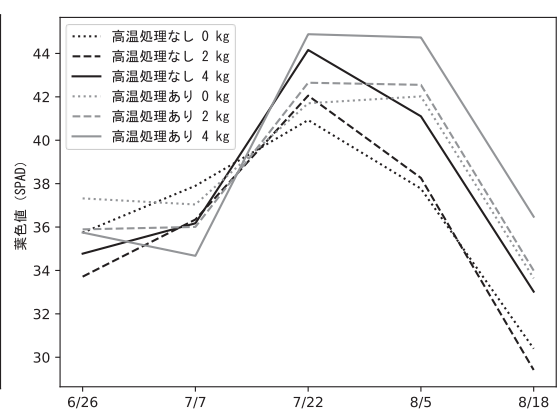


図5 葉色値(SPAD)の推移(圃場A)

表8 収量および収量構成要素

圃場 (育苗様式)	高温処理	追肥量 (kg/10a)	全重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒/本)	登熟歩合 ¹⁾ (%)	不稔歩合 (%)	精玄米 千粒重 (g/千粒)
A (成苗ポット)	なし	0	1308	519	602	46.5	86.5 a	8.3	23.9 a
		2	1395	561	614	48.2	84.3 ab	10.1	24.0 a
	あり	4	1495	606	660	47.9	84.3 ab	10.5	24.0 a
		0	1350	510	622	48.2	60.3 ab	11.2	22.6 c
B (成苗ポット)	なし	2	1319	480	532	46.1	59.2 ab	17.0	23.1 b
		4	1385	508	548	40.2	57.5 b	18.9	23.3 b
	あり	0	1246	510	517 b	42.6	87.7	4.0	24.2
		2	1329	584	629 a	51.5	80.6	4.3	24.1
C (中苗マット)	なし	4	1305	536	575 ab	46.5	82.9	3.9	24.1
		0	1053	442	499	43.0	82.4	3.8 b	23.6 b
	あり	2	1150	495	562	44.2	82.2	5.9 ab	24.0 a
		4	1152	515	574	44.9	79.1	8.6 a	24.3 a

1) 比重1.06塩水選

注) 圃場ごとにTukey-KramerのHSD検定(有意水準p<0.01)を実施し、異なる英小文字間に有意差あり。

表9 産米品質

圃場 (育苗様式)	温度処理	追肥量 (kg/10a)	タンパク 質含有率 ¹⁾ (%)	整粒 (%)	未熟粒							被害粒 (%)	死米 (%)	着色粒 (%)	胴割粒 (%)	
					白未熟粒				合計 (%)	青未熟粒 (%)	その他 未熟粒 (%)					合計 (%)
					乳白粒 (%)	基部 未熟粒 (%)	背腹白粒 (%)	合計 (%)								
A (成苗ポット)	なし	0	7.8 d	75.4 a	1.3 b	1.0 b	1.0 b	3.3 b	0.7	19.9	23.9 b	0.2	0.2 b	0.2	0.1	
		2	8.0 cd	72.7 a	2.0 b	1.0 b	0.9 b	4.0 b	0.5	22.1	26.6 b	0.4	0.1 b	0.2	0.1	
	あり	4	8.5 bc	74.3 a	1.7 b	1.1 b	1.3 b	4.1 b	0.7	20.2	25.0 b	0.2	0.3 b	0.1	0.0	
		0	8.6 bc	40.7 b	12.9 a	6.5 a	5.7 a	25.1 a	0.7	25.8	51.6 a	0.6	6.8 a	0.4	0.0	
B (成苗ポット)	なし	2	8.9 ab	40.2 b	14.5 a	5.6 a	5.7 a	25.7 a	0.7	25.6	52.0 a	0.7	6.9 a	0.2	0.0	
		4	9.4 a	38.4 b	14.7 a	6.4 a	6.5 a	27.5 a	0.5	25.4	53.4 a	0.6	7.1 a	0.5	0.0	
	あり	0	7.4 b	75.6	1.4	0.9	0.8	3.1	0.2	20.1	23.4	0.4	0.3	0.3	0.0	
		2	8.5 a	70.8	1.8	1.4	1.4	4.6	1.4	22.1	28.1	0.4	0.2	0.5	0.1	
C (中苗マット)	なし	4	8.8 a	71.5	1.7	0.6	1.2	3.4	1.0	23.5	27.9	0.4	0.1	0.1	0.1	
		0	7.0 b	78.5	1.4	0.8	0.7	2.8	0.5	17.2	20.6	0.4	0.1	0.4	0.0	
	あり	2	7.7 b	77.5	1.1	0.9	1.2	3.2	2.4	16.2	21.8	0.4	0.1	0.2	0.1	
		4	8.5 a	78.6	1.1	0.8	0.8	2.7	4.7	13.7	21.0	0.1	0.1	0.2	0.0	

1) 乾物換算

注1) 整粒から胴割粒にかけての各項目は穀粒判別期RGQ1100A(サタケ)による。

注2) 圃場ごとにTukey-KramerのHSD検定(有意水準p<0.01)を実施し、異なる英小文字間に有意差あり。

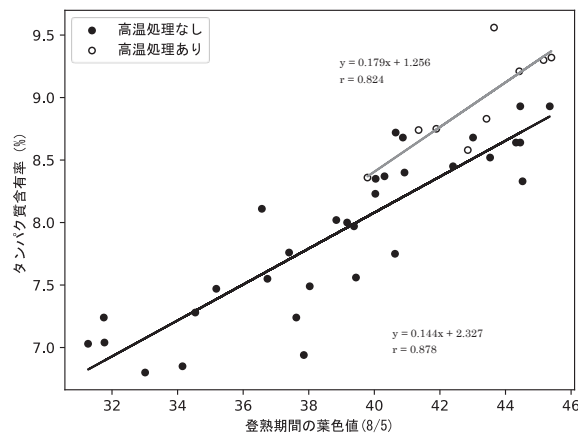


図6 登熟期間の葉色がタンパク質含有率に及ぼす影響

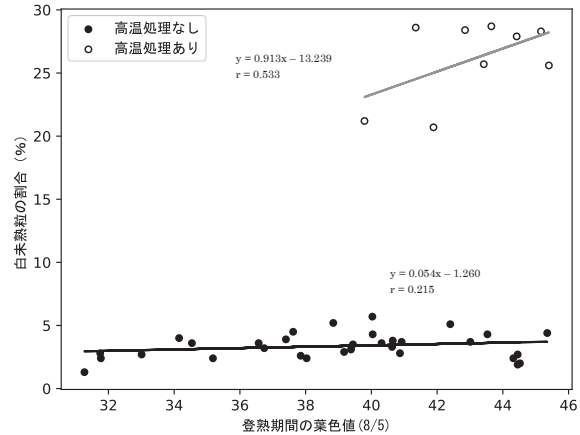


図7 登熟期間の葉色が白未熟粒の割合に及ぼす影響

乳白粒、基部未熟粒、背腹白粒をあわせて白未熟粒とした。

5. 経営評価

本試験結果では止葉期の追肥による品質の向上は確認されず、収量水準も同等だったため、追肥に用いた資材コスト(N 2kg/10aの場合 715円/10a)を回収することはできなかった。

6. 利用機械評価

本試験は機械の評価を目的としたものではないため、該当無し。

7. 成果の普及

場内圃場見学において農業普及指導員や生産者を対象に試験経過を共有しており、高い関心を得られている。

8. 考察

本課題では、止葉期の窒素追肥が高温登熟環境での白未熟粒の発生に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、追肥による水稻の生育や産米品質への影響を調査した。

水稻の生育量のうち、草丈や茎数および地上部乾物重は、追肥の量によらず栽培期間中同様な推移を示した。一方、窒素含有率や葉色値（SPAD）は追肥の量に応じて出穂期以降で高くなった。追肥による精玄米重への影響は判然としなかったが、精玄米千粒重が追肥により増加する傾向があり、追肥により登熟期間の同化産物供給能力が高まったことが示唆された。

白未熟粒は、温度処理を施していない自然条件では5%前後、高温区では25%程度発生したものの、いずれの温度条件においても追肥による白未熟粒の抑制効果は得られなかった。白未熟粒の発生要因について、「高温により胚乳細胞内のデンプン蓄積が不良となる要因は、大まかにはシンク側すなわち玄米側でのデンプン合成能力や糖の輸送能力と、ソース側すなわち茎葉側での同化産物供給能力に分けて考えることができる（森田, 2002）」とされている。このことから、本試験において発生した白未熟粒は、茎葉からの同化産物の供給不足により発生したのではなく、玄米におけるデンプン合成能力の低下など、シンク側の要因に起因する可能性が高いと考えられた。そのため、茎葉側の同化産物供給能力の向上を目的とする追肥では、白未熟粒の発生を抑制できなかったものと推察される。

9. 問題点と次年度の計画

- ①ビニールハウス内の温度が日中極端に高くなるのを防ぐため、次年度は側窓の自動開閉装置を使用する。
- ②基肥と土壌由来の窒素により、登熟期間に必要な窒素栄養が十分に賄われた可能性があることから、次年度は基肥窒素施用量を減らして試験を実施する。

10. 参考写真



参考写真1 出穂期の試験圃場の空撮画像

手前右側のビニールハウスを設置しているのがA圃場、手前左側がB圃場。



参考写真2 精玄米の外観

左：高温処理無し、無追肥 右：高温処理あり、無追肥