

研究論文

栽培

北海道北部地域における春まきコムギ「春よ恋」に対する開花期以降の尿素葉面散布が子実タンパク質含有率と収量に及ぼす効果およびその変動要因

佐藤三佳子¹⁾・五十嵐俊成²⁾・櫻井道彦³⁾・鈴木和織¹⁾・柳原哲司¹⁾・奥村正敏¹⁾

(¹⁾ 北海道立上川農業試験場, ²⁾ 北海道立道南農業試験場, ³⁾ 北海道立中央農業試験場)

要旨：春まきコムギにおける開花期以降の尿素葉面散布が、収量、子実タンパク質含有率に与える効果と、その効果が栽培条件の違いによりどのような影響を受けるか検討した。北海道北部地域3地点でパン用春まきコムギ「春よ恋」を様々な窒素施肥条件下で栽培し、開花期以降に尿素葉面散布（1回につき窒素成分で 0.92 g m^{-2} 、計 2.76 g m^{-2} ）を行った。その結果、開花期以降3回（開花期、開花期から7日目、開花期から14日目）の尿素葉面散布は、硫安土壌施用よりも安定的にタンパク質含有率を向上させる効果があり、同時に千粒重と収量を増加させる傾向が認められた。ただし、倒伏や生育途中での葉の黄化が発生した場合、尿素葉面散布の効果は劣った。尿素葉面散布区のタンパク質含有率（ y ）は、無散布区のタンパク質含有率を x （%）とすると、 $y=0.790x+3.6$ （ $9.6 < x < 13.9$ 、 $n=25$ 、 $r=0.973$ 、 $p < 0.01$ ）の回帰式で示された。すなわち、無散布区のタンパク質含有率が高くなるような条件下では、尿素葉面散布の効果は低減し、逆に、タンパク質含有率が低くなるような条件下では、効果が高まることが明らかとなった。タンパク質含有率は窒素施肥条件に影響されることから、窒素施肥条件の多少により尿素葉面散布の効果は変動すると推測された。

キーワード：タンパク含有率、春まきコムギ、春よ恋、葉面散布。

春まきコムギの主な用途はパン用であり、その子実中のタンパク質含有率は、製パン性を左右する重要な要因の一つである。そのため、パン用コムギのタンパク質含有率は安定した範囲内に収まっていることが望ましく、2005年以降、生産物に対し品質評価基準が設定されている。その基準値は11.5~14.0%であり（北海道米麦改良協会2004）、この範囲から逸脱した場合、ランク評価区分が低下し収入の低下を招くことが予想される。しかし、年次や産地により、タンパク質含有率が基準値よりも低い、あるいは超過する産物も認められている（北海道米麦改良協会2004）。

タンパク質含有率を制御する方法の一つに、止葉期以降の硫安土壌施用あるいは尿素葉面散布による後期追肥が挙げられる。開花期以降の後期追肥の効果は秋まきコムギで多く報告されており、その主な効果は、千粒重と収量の増加、およびタンパク質含有率の増加である（渡辺ら1992、高山ら2004、建部ら2006）。特に、後期追肥は、タンパク質含有率の向上手段として有効であるため、タンパク質含有率が低くなると予想される場合に実施することが推奨されている（渡辺ら1994、佐藤ら2005、建部ら2006）。一方で、春まきコムギについても、奥村（2004）が、北海道中央地帯の春まきコムギに対して開花期以降の葉面散布を行った報告がある。その結果、収量と千粒重への効果は判然としなかったが、秋まきコムギと同様に、春まきコムギ

においてもタンパク質含有率が増加した。したがって、適正な後期追肥は、タンパク質含有率を適正化させることが可能と考えられる。しかし、過剰な後期追肥は、逆にタンパク質含有率を高めすぎ、基準値の上限を超過させる要因となる可能性がある。

この過剰な後期追肥を避けるためには、前もって後期追肥の効果と効果の変動要因について正確に把握する必要がある。そこで、本研究では、わが国におけるパン用春まきコムギの主産地である北海道北部地域（北海道上川支庁管内）3地点で栽培された基幹品種「春よ恋」における後期追肥、特に開花期以降の尿素葉面散布が、収量やタンパク質含有率に及ぼす効果を精査し、さらに窒素施肥条件や生育条件の違いがそれらに与える影響について検証したので報告する。

材料と方法

1. 試験区の構成と耕種概要

試験は、北海道立上川農業試験場（北海道上川郡比布町）圃場（普通畑、褐色低地土。以下、上川農試とする）、士別市農家圃場（転作畑、褐色森林土。以下、士別市とする）、および上川郡美瑛町農家圃場（普通畑、褐色低地土。以下、美瑛町とする）において、以下に示す2試験を実施した。いずれの試験も、供試品種は「春よ恋」である。播種期、

第1表 供試圃場の前作物, 播種期と土壤化学性.

試験場所	土壌型	試験年次 (年)	前作物	播種期 (月日)	pH (H ₂ O)	有効態リン酸 (mg kg ⁻¹)	交換性塩基			熱水抽出性窒素 (mg kg ⁻¹)
							K ₂ O	MgO	CaO	
上川農試	褐色	2004	アズキ	4.18	6.0	277	301	399	1827	43
	低地土	2005-6	アズキ	4.27, 5.4	5.2	329	429	493	2727	29
美瑛町	褐色	2004	アズキ	4.16	5.8	167	264	203	711	43
	森林土	2005	バレイシヨ	4.26	5.5	285	270	186	817	37
士別市	褐色	2004	ニンジン	4.25	5.9	439	519	535	1497	64
	低地土	2005-6	ニンジン, ダイズ	4.27, 5.8	5.8	529	585	626	2972	69

土壤調査は深さ0~20 cmで行った.

前作および供試土壌の化学性は第1表に示す. 試験区は, 畦長4.0 m, 畦幅30 cm, 畦数8畦, 条播で, 1区9.6 m², 収穫面積は4畦分の4.8 m²で行った. 播種量は340粒 m²とした. 窒素以外の施肥は各区共通とし, P₂O₅およびK₂Oは各々16.2 g m², 10.8 g m²を基肥として, それぞれ単肥(重過リン酸石灰および硫酸カリ)で施用した. 窒素肥料は, 硫酸を用いた.

(1) 基肥窒素施肥量と尿素葉面散布効果に関する試験

試験は上川農試, 士別市で2004~2006年の3か年, 美瑛町で2004~2005年の2か年実施した. 多様な窒素影響条件を作出するため, 基肥窒素施肥量を6, 9, 12, 15 g m²の合計4段階とした. それらの試験区に対し, 開花期から1週間毎に3回の尿素葉面散布(1回につき窒素成分で0.92 g m², 計2.76 g m²)を施用した. 主区を基肥窒素量, 副区を葉面散布の有無の分割区法3反復(士別市および美瑛町は同2反復, ただし, 2004年士別市の6, 12 g m²は反復なし)で行った.

(2) 硫酸土壌施用および尿素的葉面散布時期と葉面散布効果に関する試験

尿素葉面散布と効果の比較を行うために, 開花期の硫酸土壌施用(窒素成分で3 g m², 基肥窒素施肥量は9 g m²)区を設けた. 硫酸土壌施用についての試験は, 上川農試で2004~2005年の2か年実施した. また, 尿素葉面散布時期による収量性・品質への効果を検討するため, 基肥窒素施肥量を当該圃場の標準施肥量である9 g m²に固定し, 異なった時期に葉面散布を行った. 上川農試で2004~2006年の3か年, 士別市・美瑛町で2005年に行った. 葉面散布回数は3回とし, 散布時期は, 開花期, 開花期から7日後, 開花期から14日後の試験区(0-14区)と, 開花期から7日後, 開花期から14日後, 開花期から21日後の試験区(7-21区)の2処理設定した.

2. 調査, 分析方法

生育および収量調査は, 特記した項目以外は「小麦調査基準 第1版」(農業研究センター 1986)に準拠した. なお, 容積重はリットル升で測定したリットル重とした. 倒伏程度は, 倒伏角度(°)と試験区の倒伏面積割合を達観で調

査し, その掛け合わせた値により判定した. すなわち, 倒伏程度の判定基準は, 0; 無(指数0), 1~1000; 微(指数1), 1001~3000; 少(指数2), 3001~5000; 中(指数3), 5001~7000; 多(指数4), 7001~9000; 甚(指数5)の6段階に設定した(例, 倒伏角度60°×倒伏面積割合60%=3600). タンパク質含有率の分析は, 原粒のまま近赤外分析装置(インフラテック 1241 グレインアナライザー, フォス・ジャパン社製)で測定し, 13.5%水分換算(農林水産技術会議事務局 1968)で示した. なお, 用いた検量線のタンパク質含有率のタンパク係数は5.7を用いた(農林水産技術会議事務局 1968). 最小有意差[LSD(5%)]の計算は成書によった(Little and Hills 1978).

結 果

1. 基肥窒素施肥量と尿素葉面散布効果に関する試験

(1) 各試験年次・試験地の生育および尿素葉面散布効果

2004年(第1表, 第2表)は, 試験を行った3か年のうち, 播種期がもっとも早く, 4月16日(美瑛町)~4月25日(士別市)であった. そのため, 播種期~成熟期までの生育日数が98日(士別市)~105日(美瑛町)間と長くなり, 収量も380 g m²(士別市6 g m²区)~645 g m²(上川農試15 g m²区)ともっとも高くなった. 尿素葉面散布を行わなかった区(以下無散布区)のタンパク質含有率は9.6%(士別市6 g m²区)~11.4%(上川農試15 g m²区)であった.

2005年(第1表, 第3表)は, 播種期が2004年と比べやや遅く, 4月26日(美瑛町)~27日(上川農試, 士別市)であった. 生育日数は92日間(上川農試)~105日間(美瑛町)と, 2004年よりやや短く, さらに, 初期生育時期である5月が低温に経過したため, 生育量が小さくなり, 稈長も2004年に比べて上川農試, 士別市では13~14 cm, 美瑛町では5 cm短くなった. そのため, 収量は265 g m²(士別市6 g m²区)~523 g m²(美瑛町15 g m²区)と2004年に及ばなかった. 無散布区のタンパク質含有率は9.7%(上川農試6 g m²区, 美瑛町6 g m²区)~12.4%(上川農試15 g m²区)であった.

2006年(第1表, 第4表)の播種期は, 試験年次3か年

第2表 尿素葉面散布の有無が生育および収量特性に及ぼす影響 (2004年).

試験場所	基肥量 (g m ⁻²)	処理 ¹⁾	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂数 (m ⁻²)	倒伏 (0-5)	収量 (g m ⁻²)	リットル重 (g L ⁻¹)	千粒重 (g)	タンパク質含有率 (%)	
上川農試	6	なし	7/28	90	352	0.0	461	823	40.8	9.7	
	6	散布	7/28	91	419	0.0	501	827	42.2	11.2	
	9	なし	7/29	95	434	0.0	562	821	40.4	10.3	
	9	散布	7/28	94	503	0.0	597	826	41.6	11.4	
	12	なし	7/29	94	457	1.0	572	820	38.9	11.0	
	12	散布	7/29	94	502	2.0	614	819	40.6	12.2	
	15	なし	7/30	95	396	0.7	645	815	40.2	11.4	
	15	散布	7/30	93	412	1.7	594	818	41.4	12.8	
分散分析	基肥	-	-	ns	ns	-	**	*	*	*	
	葉面散布	-	-	ns	ns	-	ns	ns	*	**	
	交互作用	-	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	
	LSD (5%)	-	-	ns	ns	-	69	11	1.9	1.0	
美瑛町	6	なし	7/29	86	362	0.0	418	810	38.4	9.8	
	6	散布	7/29	86	392	0.0	453	818	40.3	11.3	
	9	なし	7/29	85	485	0.0	495	813	37.8	9.9	
	9	散布	7/30	90	398	0.0	536	812	38.6	11.6	
	12	なし	7/30	90	512	0.0	563	813	38.8	10.7	
	12	散布	7/31	89	442	0.0	583	813	38.8	12.3	
	分散分析	基肥	-	-	ns	ns	-	**	ns	ns	**
		葉面散布	-	-	ns	ns	-	*	ns	ns	**
交互作用		-	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	
LSD (5%)		-	-	ns	ns	-	37	ns	ns	0.4	
士別市	6 ²⁾	なし	8/1	85	333	0.0	380	829	37.5	9.6	
	6 ²⁾	散布	8/1	86	320	0.0	437	832	40.7	11.2	
	9	なし	7/31	85	357	0.0	488	832	38.7	9.9	
	9	散布	8/1	81	335	0.0	472	834	42.0	11.9	
	12 ²⁾	なし	8/1	85	377	1.0	507	829	39.8	10.8	
	12 ²⁾	散布	8/1	87	343	2.0	523	830	42.1	12.3	
	分散分析	基肥	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		葉面散布	-	-	ns	ns	-	ns	ns	**	ns
交互作用		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LSD (5%)		-	-	ns	ns	-	ns	ns	0.1	ns	

1) 散布は、開花期から1週間毎に3回の尿素葉面散布(1回につき窒素成分で0.92 g m⁻²)を施用したこと、なしは無散布を示す。*,**は分散分析の結果、それぞれ1%, 5%水準で有意差があり、nsは有意差はないことを示す。2) は反復のないデータであることを示す。

中もっとも遅く、5月4日(上川農試)と5月8日(士別市)であった。しかし生育は良好で、稈長は2004年と同程度の長さとなった。上川農試では、登熟中期にあたる7月18日および19日にスコール状の降雨に見舞われ、全試験区で倒伏程度が多(指数4)以上の著しい倒伏が発生した。士別市ではムギモグリバエの発生被害による穂数の減少が生じた。そのため、収量は303 g m⁻²(士別市9 g m⁻²区)~407 g m⁻²(上川農試12 g m⁻²区)と、2004年、2005年よりも低くなった。無散布区のタンパク質含有率は12.8%(上川農試6 g m⁻²区)~13.9%(上川農試15 g m⁻²区)であった。なお、士別市では7月第1半旬以降、圃場全面で上位葉全面に及ぶ著しい黄化症状の発生が認められた。

基肥窒素量が増加するにつれ、2004年、2005年は有意に収量とタンパク質含有率が増加した。ただし、年次により増加程度は異なっており、2004年よりも2005年でより増加する傾向であった。2006年は、収量の増加は認められなかったが、タンパク質含有率は増加した。

開花期以降3回の尿素葉面散布により、2004年の上川農試と美瑛町、2005年は全試験地で、タンパク質含有率が有意に増加した。また、有意差は認められなかったものの、2004年の士別市でもタンパク質含有率は増加した。その効果は基肥窒素量を3 g m⁻²増加させるよりも高かった。千粒重は、2004年の上川農試と士別市で有意差が認められ、その他の試験地でも増加傾向を示した。収量もやや増加す

第3表 尿素葉面散布の有無が生育および収量特性に及ぼす影響 (2005年).

試験場所	基肥量 (g m ⁻²)	処理 ¹⁾	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂数 (m ⁻²)	倒伏 (0-5)	収量 (g m ⁻²)	リットル重 (g L ⁻¹)	千粒重 (g)	タンパク質含有率 (%)
上川農試	6	なし	7/27	79	453	0.0	388	825	40.6	9.7
	6	散布	7/27	78	373	0.2	389	822	42.5	11.1
	9	なし	7/28	79	408	0.3	409	821	39.9	10.9
	9	散布	7/28	82	465	0.8	465	820	42.1	11.9
	12	なし	7/27	79	432	1.2	421	816	40.3	11.9
	12	散布	7/27	80	454	1.0	457	814	42.4	12.9
	15	なし	7/29	83	448	2.0	488	815	39.1	12.4
	15	散布	7/29	82	428	2.0	476	810	42.7	13.5
分散分析	基肥	-	-	ns	ns	-	**	ns	ns	**
	葉面散布	-	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	**
	交互作用	-	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns
	LSD (5%)	-	-	ns	ns	-	72	ns	ns	0.6
美瑛町	6	なし	8/7	79	412	0.0	341	815	43.5	9.7
	6	散布	8/6	82	387	0.0	375	817	45.0	11.4
	9	なし	8/5	82	457	0.0	417	812	41.2	10.1
	9	散布	8/7	84	415	0.0	444	817	42.9	11.6
	12	なし	8/8	87	508	1.5	469	808	43.9	11.3
	12	散布	8/8	87	444	2.0	489	806	44.2	12.5
	15	なし	8/9	87	450	5.0	523	805	43.3	12.2
	15	散布	8/8	88	494	5.0	512	800	43.5	13.4
分散分析	基肥	-	-	ns	ns	-	*	*	ns	**
	葉面散布	-	-	*	*	-	ns	ns	ns	**
	交互作用	-	-	ns	*	-	ns	ns	*	ns
	LSD (5%)	-	-	12	124	-	80	9	2.4	0.7
士別市	6	なし	8/4	70	278	0.0	265	806	42.8	10.3
	6	散布	8/4	72	324	0.0	295	808	39.7	11.5
	9	なし	8/5	71	289	0.0	314	804	38.9	10.9
	9	散布	8/5	72	287	0.0	358	805	39.7	12.0
	12	なし	8/6	78	364	0.3	399	809	44.6	11.8
	12	散布	8/6	75	355	0.3	404	802	44.4	12.3
	15	なし	8/6	73	397	0.8	386	799	40.7	12.3
	15	散布	8/6	72	323	0.5	345	800	41.6	13.2
分散分析	基肥	-	-	ns	ns	-	**	**	ns	**
	葉面散布	-	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	**
	交互作用	-	-	ns	ns	-	*	*	ns	ns
	LSD (5%)	-	-	ns	ns	-	28	3	ns	0.5

1) 散布は、開花期から1週間毎に3回の尿素葉面散布 (1回につき窒素成分で0.92 g m⁻²) を施用したこと, なしは無散布を示す. *, ** は分散分析の結果, それぞれ1%, 5%水準で有意差があり, nsは有意差はないことを示す.

る傾向を示したが, 有意差が認められたのは2004年美瑛町のみであった. 成熟期は無散布区と比較して, 2004年美瑛町の9 g m⁻²区, 12 g m⁻²区, 2004年士別市の9 g m⁻²区で1日, 2005年美瑛町9 g m⁻²区で2日遅れた. 倒伏は, 葉面散布区で倒伏程度が0.5~1.0程度増加する場合があった. 稈長, 穂数は2005年美瑛町で有意差が認められたが, その要因は判然としなかった. リットル重に影響は認められなかった. 2006年は, 葉面散布により, タンパク質含有率は上川農試で有意に増加したが, 士別市では認められな

かった. 稈長, 穂数, 収量, リットル重のいずれにも影響はなかった.

無散布区での倒伏程度多 (指数4) 以上の発生は, 2005年美瑛町15 g m⁻²区, 2006年上川農試の全試験区で認められた. これらの試験区では, 尿素葉面散布によりタンパク質含有率は増加したものの, 倒伏が生じなかった区で認められたような, 千粒重や収量の明らかな増加傾向は, 2006年上川農試9 g m⁻²区を除き認められなかった. ただし, 2006年上川農試9 g m⁻²区の散布区での倒伏程度は3.3で

第4表 尿素葉面散布の有無が生育および収量特性に及ぼす影響 (2006年).

試験場所	基肥量 (g m ⁻²)	処理 ¹⁾	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂数 (m ⁻²)	倒伏 (0-5)	収量 (g m ⁻²)	リットル重 (g L ⁻¹)	千粒重 (g)	タンパク質含有率 (%)
上川農試	9	なし	8/7	95	385	4.3	424	777	38.6	12.8
	9	散布	8/7	97	372	3.3	409	779	39.4	13.7
	12	なし	8/8	96	399	5.0	407	766	37.1	13.3
	12	散布	8/8	95	458	5.0	385	760	37.7	14.2
	15	なし	8/9	96	435	5.0	402	758	37.5	13.9
	15	散布	8/9	99	449	5.0	358	749	35.6	14.7
分散分析	基肥	-	ns	ns	-	ns	*	*	**	
	葉面散布	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	**	
	交互作用	-	ns	ns	-	ns	ns	*	ns	
	LSD (5%)	-	ns	ns	-	ns	8	1.5	0.6	
士別市 ²⁾	9	なし	8/8	86	300	0.0	303	766	41.2	13.8
	9	散布	8/9	85	300	0.0	312	765	41.3	13.6
分散分析	葉面散布	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	
	LSD (5%)	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	

1) 散布は、開花期から1週間毎に3回の尿素葉面散布 (1回につき窒素成分で0.92 g m⁻²) を施用したこと、なしは無散布を示す。*,**は分散分析の結果、それぞれ1%, 5%水準で有意差があり、nsは有意差はないことを示す。2) 試験圃場全体で、上位葉全面に及ぶ著しい黄化症状の発生が認められた。

あった。また、2006年士別市の試験区では、上位葉の全面黄化や、葉の中央部に枯死症状が発生した。これらの試験区では、葉面散布を行っても、タンパク質含有率や千粒重の増加は認められなかった。そのため、以降、黄化症状発生区については、データ解析から除外した。

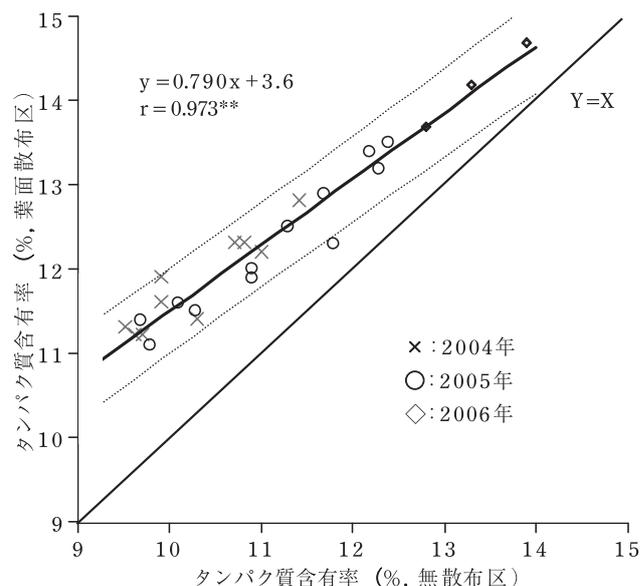
(2) タンパク質含有率と尿素葉面散布効果の関係

第1図に尿素的葉面散布区と無散布区におけるタンパク質含有率の関係を示した。無散布区のタンパク質含有率が高くなるにつれ、葉面散布によるタンパク質含有率の向上効果は低減した。この時、葉面散布区のタンパク質含有率をy(%), 無散布区のタンパク質含有率をx(%)とすると、 $y = 0.790x + 3.6$ ($n = 25$, $r = 0.973$, $p < 0.01$) の回帰式で表された。ただし、本結果は無散布区のタンパク質含有率が9.6~13.9%の範囲で得られたものである。千粒重についても同様に、無散布区のタンパク質含有率が高いほど、千粒重の向上程度は低くなる傾向であった (図表略)。

2. 硫安土壌施用および尿素的葉面散布時期と葉面散布効果に関する試験

硫安土壌施用試験の結果を第5表に示した。両年次とも、有意な差は認められなかったが、収量、千粒重は硫安土壌施用によって増加する傾向を示した。タンパク質含有率に対しても、有意な差は認められなかったものの、2004年には1%程度のタンパク質含有率向上効果が得られた。しかし、2005年にはその効果は全く認められなかった。

尿素的葉面散布時期についての試験結果を第6表に示した。いずれの処理においても有意な差は認められなかったが、千粒重では7-21区よりも0-14区でより重くなる



第1図 尿素的葉面散布区と無散布区におけるタンパク質含有率の関係。

2004, 2005年は上川農試, 美瑛町, 士別市, 2006年は上川農試のデータである。黄化症状の発生が認められた2006年士別市のデータは除いた。太線は回帰直線を表し、破線は個別の値に対する95%信頼区間である。

傾向が認められた。一方、収量、タンパク質含有率では、葉面散布時期による一定の傾向は認められなかった。

考 察

春まきコムギ「春よ恋」に対し、開花期以降3回の尿素的葉面散布 (1回につき窒素成分で0.92 g m⁻², 計2.76 g

第5表 開花期硫安土壌施用が生育および収量へ及ぼす影響.

年次 (年)	処理	収量 (g m ⁻²)	千粒重 (g)	タンパク質含有率 (%)
2004	なし	562 ± 43	40.4 ± 0.4	10.3 ± 0.6
	硫安施用	580 ± 34	41.0 ± 0.2	11.3 ± 0.3
2005	なし	409 ± 30	39.9 ± 0.5	10.9 ± 0.1
	硫安施用	451 ± 20	40.4 ± 1.8	11.0 ± 0.0

上川農試のデータである。なしは硫安無施用、硫安施用は開花期の硫安土壌施用（窒素成分で3 g m⁻²）したことを示す。平均値 ± 標準誤差である（n=3）。いずれの試験場所、年次においても収量、千粒重、タンパク質含有率は処理間に有意差なし。

第6表 尿素の葉面散布時期の違いが生育および収量へ及ぼす影響.

試験場所	年次	葉面散布	収量 (g m ⁻²)	千粒重 (g)	タンパク質含有率 (%)
上川農試	2004	0-14区	597 ± 21	41.6 ± 0.2	11.4 ± 0.5
		7-21区	593 ± 31	40.5 ± 0.0	11.6 ± 0.2
	2005	0-14区	465 ± 13	42.1 ± 0.4	11.9 ± 1.1
		7-21区	466 ± 29	40.4 ± 0.9	11.9 ± 1.1
	2006	0-14区	409 ± 44	39.4 ± 1.0	13.7 ± 0.4
		7-21区	409 ± 39	38.2 ± 1.0	13.9 ± 0.4
美瑛町	2005	0-14区	444 ± 2	42.9 ± 3.1	11.6 ± 0.1
		7-21区	427 ± 37	41.9 ± 2.8	11.6 ± 0.1
士別市	2005	0-14区	358 ± 18	39.7 ± 0.5	12.0 ± 0.0
		7-21区	332 ± 10	39.1 ± 2.3	12.1 ± 0.2

0-14区は開花期、開花期から7日後、開花期から14日後に、7-21区は、開花期から7日後、開花期から14日後、開花期から21日後に尿素葉面散布を行った区を示す。平均値 ± 標準誤差である（上川農試 n=3, 美瑛町・士別市 n=2）。いずれの試験場所、年次においても収量、千粒重、タンパク質含有率は処理間に有意差なし。

m²)を行った場合、タンパク質含有率が増加し、千粒重と収量も増加する傾向を示した（第2表, 第3表, 第4表）。後期追肥による収量の増加は、1粒重の増加に起因することが、渡辺ら（1992）によって指摘されている。本試験で示された春まきコムギにおける葉面散布による収量の増加も、千粒重の増加が主要因であったと考えられる。

尿素葉面散布によるタンパク質含有率の向上効果は、無散布区のタンパク質含有率が高いほど低下していた（第1図）。この関係は、葉面散布区のタンパク質含有率（y, %）は、無散布区のタンパク質含有率をx（%）とすると、 $y = 0.790x + 3.6$ （n=25, r=0.973, p<0.01）の回帰式で表された。そのため、パン用コムギのタンパク質含有率の基準値（11.5~14.0%）を考慮すると、無散布区のタンパク質含有率が10%の時、3回の葉面散布を行うと、タンパク質含有率は11.50 ± 0.51%（95%信頼区間）となることからおおむね基準値に達するが、逆に、無散布区で13.2%の場合には、14.03 ± 0.53%（95%信頼区間）となり基準値を超過する可能性が高くなる。したがって、無散布条件で13.2%以上となる可能性が高い場合には、追肥を行うべきではないといえる。本試験結果では、基肥窒素量の増加に伴い、タンパク質含有率も増加した（第2

表, 第3表, 第4表）。したがって、タンパク質含有率が高まるような多肥条件下では、葉面散布効果が低下するのみならず、さらに基準値を超過する可能性も高くなるといえる。ただし、どのような条件下でタンパク質含有率が13.2%以上になるかについては、穂揃期の葉色診断や生育診断の適応を試みるなど、今後の検討が必要である。また、本試験結果は無散布区のタンパク質含有率が9.6~13.9%の範囲で得られたものである。そのため、9.6%以下、あるいは13.9%以上に対する葉面散布効果については、今回得られた回帰式に当てはまらない可能性がある。なお、本試験は、熱水抽出性窒素30~70 mg kg⁻¹と、ほぼ中庸な窒素肥沃度の圃場で行われた（第1表）が、この範囲では地力の違いによる葉面散布効果の差異は認められなかった。

出穂期以降の硫安土壌施用の効果は、秋まきコムギでは、葉面散布と同様にタンパク質含有率の上昇効果が認められている（岩井ら1994, 佐藤2000, 高山ら2004）。また、春まき栽培にくらべ登熟日数の長い道央地域での初冬まき栽培においても、同様の効果が示されている（佐藤ら2004）。しかし、本試験では、年次によりタンパク質含有率に対する効果は安定していなかった（第5表）。効果の高かった

2004年は出穂期以降の降雨に恵まれた年であった（出穂期から25日間の降水量117.5 mm, 平年比210%。比布アメダス）のに対し、効果の低かった2005年は降雨が少ない年（同32.0 mm, 平年比55%。比布アメダス）であった。そのため、登熟日数の短い春まき栽培の場合、硫安土壌施用のタンパク質含有率への効果は、施用時期以降の降雨の量や時期に依存している可能性が考えられる。したがって、特に寡雨条件となりやすい地域での出穂期以降の硫安土壌施用は、効果の不安定さから採用すべきではないと考えられる。

尿素有の葉面散布時期による影響をみると、開花期とその7日後、14日後に葉面散布を行った区（0-14区）と、開花期の7日後、14日後、21日後の散布区（7-21区）とでは、タンパク質含有率に差はなかった。しかし、有意差はなかったものの、千粒重に対する効果は0-14区で高い傾向を示した（第6表）。秋まきコムギでは、タンパク質含有率に対する葉面散布効果は、開花期から乳熟期以降1週目までの登熟中期の効果が高い（渡辺ら1992）とされている。本試験では、どちらの散布区にも登熟中期が含まれていたことから、タンパク質含有率については差が出なかったものと考えられる。一方で、千粒重に対しては、葉面散布時期が開花期に近い方が効果は高いという既報（渡辺ら1992）と一致した。したがって、春まきコムギにおいても葉面散布時期とその効果の関係は秋まきコムギとほぼ同じであると考えられ、タンパク質含有率と千粒重の双方を増加させるためには、開花期、開花期から7日後、開花期から14日後の計3回葉面散布を行うことが効果的であると言える。なお、尿素有の価格は20 kgあたり1228円（注：平成19年度ホクレン当用価格）である。そのため、2%尿素有溶液を10 aあたり100 L散布した場合、尿素有は0.97 kgの散布となり、3回でも179円に過ぎない。したがって、収量増加効果を考慮すると、葉面散布はコストに見合う効果を得られると推測される。

本試験では、葉の著しい黄化症状がある場合、尿素有葉面散布を行ってもタンパク質含有率や千粒重に対する効果がまったく認められない事例があった。本試験で供試した「春よ恋」は、出穂期以降、上位葉の中央部が黄化する場合があるが、通常では正常な生育の範疇とされている。しかし、2006年に士別市の試験地を含む北海道北部地域（上川支庁）の北部ほぼ全域で、上位葉全面に及ぶ著しい黄化症状の発生が認められた。佐藤ら（2006）の報告によると、登熟初期にあたる7月11日の葉色値（SPAD値）では、黄化症状がわずかであった部分で30~50の範囲内に分布していたが、黄化部分では20以下ときわめて低く、その後も回復することはなかった。黄化症状に対する知見が少ないため、その発生機作は明らかではないが、この黄化症状の発生に伴い、2006年の士別市では、葉面散布によるタンパク質含有率、千粒重の増加は認められなかった（第4表）。これは、黄化部分では葉の機能低下が生じ、葉面散布によ

り尿素有が葉面で吸収されなかった、あるいは穂への転流が阻害されたためと推察される。黄化症状の発生程度と葉面散布効果の関係については、今後もさらに検討が必要であるが、上位葉が全面黄化するような著しい症状では、葉面散布効果は認められないものと推測される。

以上のように、本試験では、窒素施肥条件や生育条件の違いが後期追肥、特に尿素有葉面散布に与える影響を検証した。その結果、開花期以降3回の尿素有葉面散布は、タンパク質含有率を向上させる効果があり、同時に千粒重と収量を増加させる傾向が認められた。しかし、その効果は、タンパク質含有率が高くなるような条件下では低減した。したがって、無散布区のタンパク質含有率、すなわち窒素施肥条件の多少により葉面散布効果は変動し、特にタンパク質含有率が高くなりやすい多肥条件下では、葉面散布効果が劣る可能性があることが明らかとなった。さらに、倒伏や黄化症状といった障害発生時にも、葉面散布効果が劣る可能性が示された。また、登熟期間が特に寡雨となりやすい条件下では、安定的な効果を得るために、開花期の硫安土壌施用よりも、開花期以降3回の尿素有葉面散布を選択すべきであると考えられた。一方で、無散布区のタンパク質含有率が13.2%以上となるような場合に葉面散布を行うと、タンパク質含有率が基準値の上限を超過する可能性があった。そのため、今後、無散布区のタンパク質含有率をあらかじめ予測し、葉面散布の追肥要否を判定するための作物栄養診断の方法を検討する必要がある。

謝辞：本稿のとりまとめにあたり、土壌分析では、北海道立中央農業試験場生産環境部栽培環境科小野寺政行科長および須田達也氏、子実のタンパク質含有率の調査では北海道立北見農業試験場作物研究部麦類科中道浩司氏にご協力を頂きました。また、北海道大学大学院農学研究院作物生産生物学分野岩間和人教授、帯広畜産大学 Assistant Professor Glen Hillにご高覧頂きました。元北海道立中央農業試験場佐藤導謙博士には執筆について貴重なご助言を頂きました。感謝の意を表します。

引用文献

- 北海道米麦改良協会 2004. 新しい小麦作り 2004年版. 社団法人北海道米麦改良協会, 札幌. 1-258.
- 岩井正志・澤田富雄・須藤健一 1994. 窒素追肥が小麦の生育, 品質に及ぼす影響. 日作紀 63(別1): 104-105.
- Little, T.M. and J.M. Hills 1978. *Agricultural Experimentation*. John Wiley and Sons, New York. 87-100.
- 農業研究センター 1986. 小麦調査基準 第1版. 農業研究センター, つくば. 1-74.
- 農林水産技術会議事務局 1968. 小麦品質検定法—小麦育種試験における—(研究成果シリーズ 35). 農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京. 1-70.
- 奥村理 2004. 北海道産春まきコムギの品質と製パン性に及ぼす窒素施肥量と収穫時期の影響. 土肥誌 75: 307-312.
- 佐藤一弘 2000. 土壌診断・栄養診断に基づく小麦の高品質・安定栽

- 培技術. 土肥誌 71: 254-258.
- 佐藤康司・志賀弘行・東田修司 2005. 道東地域における秋まき小麦「きたもえ」の窒素施肥指針. 北農 72: 224-230.
- 佐藤導謙・土屋俊雄 2004. 北海道中央部における春播コムギの初冬播栽培に関する研究: 窒素施用が製パン品質に及ぼす影響. 日作紀 73: 282-286.
- 佐藤三佳子・鈴木和織 2006. 春まき小麦「春よ恋」の葉の黄化症状と生育・収量への影響について. 日育・日作北海道談話会報 47: 73-74.
- 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.
- 建部雅子・岡崎圭毅・唐澤敏彦・渡辺治郎・大下泰生・辻博之 2006. パン用秋まき小麦「キタノカオリ」に対する葉色診断と施肥対応. 土肥誌77: 293-298.
- 渡辺祐志・下野勝昭 1992. 尿素の時期別葉面散布が秋播小麦の収量と蛋白含有率に及ぼす影響. 土肥講演要旨集 38: 175.
- 渡辺祐志・山神正弘・下野勝昭・古山芳廣・松中照夫・市川信雄・中津智史 1994. 秋播小麦の起生期重点施肥による収量向上及び子実タンパク質含有率の制御. 北海道農業試験研究推進会議, 平成5年度新しい研究成果—北海道地域—. 農林水産省北海道農業試験場, 札幌. 79-83.

Factors Affecting the Effect of Nitrogen Application after Anthesis on Grain Protein Content and Yield of Spring Wheat Variety "Haruyokoi" in Northern Hokkaido: Mikako SATO¹⁾, Toshinari IGARASHI²⁾, Michihiko SAKURAI³⁾, Masatoshi OKUMURA¹⁾, Kazuori SUZUKI¹⁾ and Tetsuji YANAGIHARA¹⁾ (¹⁾Hokkaido Kamikawa Agric. Exp. Stn., Pippu, Hokkaido 078-0397, Japan; ²⁾Hokkaido Donan Agric. Exp. Stn.; ³⁾Hokkaido Central Agric. Exp. Stn.)

Abstract: Spring wheat variety "Haruyokoi" was cultivated with different basal nitrogen applications at three locations in northern Hokkaido. Foliar spray of nitrogen as urea was conducted three times (0.92 g m^{-2} / time per application) at the anthesis time, 7 days later, and 14 days later, and the grain protein content (GPC) and yield were investigated. These three applications resulted in a significant increase in GPC. Yield and 1000-grain weight were also increased. In lodged plants or younger plants with yellow leaves, the effect was not strong. The relationship between GPC with foliar application (y) and GPC without foliar application (x) was shown by the regression formula; $y = 0.790x + 3.6$ ($9.6 < x < 13.9$, $n = 25$, $r = 0.973$, $p < 0.01$). Because the nitrogen content varied with the amount of basal nitrogen applied, we suppose that the effect of foliar application is influenced by the nitrogen fertilization condition.

Key words: Foliar application, Grain Protein Content, Haruyokoi, Spring Wheat.