

コムギの開花期地上部窒素蓄積量は子実タンパク質含有率と開花期窒素追肥の子実タンパク質含有率向上効果に影響する

島崎由美^{1,2)}・赤坂舞子¹⁾・渡邊好昭¹⁾・大下泰生¹⁾・松山宏美¹⁾・平沢正²⁾

(¹⁾ 農研機構 中央農業総合研究センター, ²⁾ 東京農工大学大学院連合農学研究科)

要旨：製パン用コムギの子実タンパク質含有率を高める方法として、開花期前後の窒素追肥が有効である。開花期窒素追肥の子実タンパク質含有率向上効果には、開花期地上部窒素蓄積量の違いが影響する可能性が示唆されている。本研究では、開花期地上部窒素蓄積量がコムギの子実タンパク質含有率と開花期窒素追肥の子実タンパク質含有率向上効果に及ぼす影響を検討する目的で、成熟期の穂の乾物重と窒素蓄積量を開花前蓄積分と開花後同化分に分けて解析した。水田と畑の2圃場で比較した結果、子実タンパク質含有率は水田に比べて畑で高く、開花期窒素追肥に対する子実タンパク質含有率の増加割合は水田が畑よりも高かった。水田に比べ畑では開花期地上部窒素蓄積量が多く、穂の開花前蓄積窒素量が多いことによって成熟期穂窒素蓄積量が多かった。次いで、同一の畑圃場に生育するコムギにおいて、基肥の種類と量、茎立期追肥量を変えることで開花期地上部窒素蓄積量を変え、開花期追肥が子実タンパク質含有率に及ぼす影響を検討した。その結果、施肥量が多い区で開花期地上部窒素蓄積量は多く、子実タンパク質含有率が高くなった。開花期地上部窒素蓄積量が多い区では、穂の開花前蓄積窒素量が多く、開花期追肥に対する子実タンパク質含有率の増加割合は小さくなった。以上の結果から、開花期地上部窒素蓄積量は、開花前に茎葉に蓄積され開花後に穂に転流する窒素の多少を通じて、子実タンパク質含有率と開花期窒素追肥の子実タンパク質含有率向上効果に影響することが明らかとなった。

キーワード：黒ボク土、コムギ (*Triticum aestivum* L.)、子実タンパク質含有率、水田、地上部窒素蓄積量、窒素追肥、灰色低地土、畑。

国内産の製パン用のコムギでは、製パン性に大きく関わる子実タンパク質含有率が低く、変動が大きいことが問題として指摘されている (佐藤 1991)。特に、都府県のコムギ栽培面積の9割以上を占める水田でのコムギ栽培 (農林水産省 2012) では、畑での栽培に比べて子実タンパク質含有率が低い (田野崎ら 1985, 渡邊 2010)。そのため、まず必要なこととして、年次や圃場にかかわらず製パン用コムギの子実タンパク質含有率を安定的に基準値 (久野 2004) まで高める栽培法を確立することが挙げられている。

パン用や中華麵用などの子実タンパク質含有率が高いことが求められるコムギでは、子実タンパク質含有率を高めるため、開花期前後に窒素追肥を行う栽培法 (佐藤 2000, 建部ら 2006, 佐藤ら 2011) が普及し始めている。開花期の窒素追肥は追肥窒素 1 g m^{-2} あたり子実タンパク質含有率を約 0.5 ポイント高めると言われている (高山ら 2004)。しかし、一方では出穂期の窒素追肥が子実タンパク質含有率を高める程度は土壌の種類によって異なることや (中辻 2003)、開花後窒素を追肥しなくても子実タンパク質含有率が高い条件では、開花後窒素追肥が子実タンパク質含有率を高める効果は低いこと (佐藤ら 2009)、分げつ盛期の追肥量が多いと子実タンパク質含有率の増加率が低くなること (Nakano ら 2008) などが報告されている。

このように出穂、開花期の窒素追肥が子実タンパク質含

有率を高める程度が条件によって異なることには、中辻 (2003) が推察しているように、追肥時のコムギ地上部窒素含有量の差異が関わっていると考えられる。そこでこの推察を検討するため、本研究では圃場や施肥量が異なり開花期地上部窒素蓄積量が異なるコムギを用いて、開花期地上部窒素蓄積量が開花期窒素追肥の子実タンパク質含有率向上効果に及ぼす影響を、開花後に新たに同化され穂に蓄積する乾物量と窒素量 (穂の開花後同化乾物量と窒素量) と開花前に茎葉に蓄積され開花後に穂に転流する蓄積乾物量と窒素量 (穂の開花前蓄積乾物量と窒素量) に分けて解析した。すなわち、まず土壌窒素含有量の異なる水田と畑において、開花期追肥量の子実タンパク質含有率向上効果を比較した。次いで水田と畑でみられた違いを検証するために、地力窒素を模すため基肥に緩効性肥料を施用したり、茎立期追肥量を変えたりすることで開花期までの窒素蓄積量を変化させ、開花期追肥の子実タンパク質含有率向上効果を比較した。

材料と方法

1. 2008/2009 年

(1) 栽培法

茨城県つくば市観音台の農研機構中央農業総合研究センター内の圃場で製パン用コムギ品種ユメシホウを

第1表 水田と畑で栽培したコムギの基肥、茎立期追肥、開花期追肥の窒素量が収量、収量構成要素、子実タンパク質含有率（GPC）と子実タンパク質増加割合に及ぼす影響（2008/2009年）.

圃場	水準		収量 (g m ⁻²)	穂数 (本 m ⁻²)	1 穂整粒数 (粒)	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	GPC (%)	GPC 増加割合 (%)
水田	各基肥量における平均	4	380.3	355.0	26.5	40.2	99.6	11.8	143.3
		8	424.0	396.5	27.0	39.6	99.5	11.7	136.5
	各茎立期追肥量における平均	0	361.4	354.1	25.8	39.5	99.5	11.9	140.7
		2	442.8	397.4	27.7	40.2	99.6	11.6	139.2
	各開花期追肥量における平均	0	380.1	371.5	27.0	37.8	99.3	9.0	—
		2	394.4	372.0	26.7	39.8	99.6	10.6	117.7
		4	425.3	375.3	27.8	40.7	99.6	12.5	138.5
		8	408.7	384.2	25.6	41.4	99.6	14.7	163.6
	水田平均			402.1	375.7	26.7	39.9	99.5	11.7
畑	各基肥量における平均	2	607.1	482.2	33.5	37.6	98.8	13.6	107.7
		4	613.9	486.4	33.8	37.3	98.8	13.6	108.5
	各茎立期追肥量における平均	0	591.6	469.1	33.4	37.7	98.9	13.6	109.3
		2	629.4	499.5	33.9	37.2	98.6	13.5	106.8
	各開花期追肥量における平均	0	586.2	483.5	32.7	37.1	98.5	12.8	—
		2	596.8	478.8	33.3	37.3	98.8	13.4	104.8
		4	628.5	486.8	34.3	37.6	98.9	13.6	106.5
		8	630.4	488.2	34.2	37.8	99.0	14.4	112.9
	畑平均			610.5	484.3	33.6	37.5	98.8	13.6
ANOVA									
基肥			*	***	ns	*	ns	ns	ns
茎立期追肥			***	***	***	ns	ns	ns	ns
開花期追肥			**	ns	*	***	***	***	***
基肥 * 茎立期追肥			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
圃場			**	**	***	**	**	***	***
反復〔圃場〕（変量効果）			***	***	**	*	**	ns	-

それぞれの水準での全データの平均値を示す。収量、1穂整粒数は、2.2 mm以上の整粒の値。整粒歩合は粗子実重に対する2.2 mm以上の粒の割合を示した。整粒歩合は角変換後、統計処理を行った。子実タンパク質含有率の増加割合は、基肥量、茎立期追肥量が同じ開花期追肥量0 g m⁻²区の子実タンパク質含有率の値を100とした場合の各区の子実タンパク質含有率の割合を示した。***, **, * はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意であること、nsは5%水準で有意差が無いことを示す。

2008/2009年に栽培した。水田（灰色低地土、乾土1 gあたりの平均全窒素2.57 mg、平均全炭素26.30 mg、前作は水稻）および畑（淡色黒ボク土、乾土1 gあたりの平均全窒素量4.82 mg、平均全炭素量60.82 mg、前作はダイズ）圃場を用いて試験を行った。播種は2008年11月11日に播種量8 g m⁻²、条間18 cmで行った。施肥は第1表に示した通り、それぞれの圃場で合計16処理区を設けた。すなわち、基肥は化成肥料（14-14-14）をN、P₂O₅、K₂Oの成分で水田にはそれぞれ4、4、4あるいは8、8、8 g m⁻²、畑にはそれぞれ2、2、2あるいは4、4、4 g m⁻²施用した。追肥は両圃場とも茎立期と開花期に行った。茎立期追肥は2009年3月3日に硫酸を窒素成分0あるいは2 g m⁻²施用した。開花期追肥は2009年4月24日に硫酸を窒素成分0、2、4、8 g m⁻²施用した。試験区は、各圃場内に基肥と茎立期追肥の合計4処理区を乱塊法で3反復配置し（合計12区）、その中に開花期追肥区4水準を1反復で配置した（合

計48区）。各試験区の面積は水田では6.9 m²、畑では10.4 m²であった。なお、開花期は水田では2009年4月20日、畑では4月22日、成熟期は水田で2009年5月29日、畑で6月4日であった。

(2) 収量、収量構成要素および子実タンパク質含有率の測定

水田では2009年6月2日、畑では6月9日に各区とも0.18 m²を8ヶ所地際から刈り取り、このうち平均的な穂数を示した6ヶ所、合計1.08 m²を収量調査に供した。

収量調査は「小麦調査基準 第1版」（農業研究センター1986）に準じて、収量、穂数、整粒歩合、千粒重を計測した。収量、千粒重は水分含量12.5%での値に補正した。1穂整粒数は収量、穂数、千粒重より計算によって求めた。子実タンパク質含有率は近赤外分析計（FOSS、インフラテック1241 グレインアナライザー）で測定し、水分含量を

13.5%に補正した値を用いた。

子実タンパク質含有率の増加割合は、基肥量、茎立期追肥量が同じ開花期追肥量 0 g m^{-2} 区の子実タンパク質含有率の値を 100 とした場合の各区の子実タンパク質含有率の割合を示し、開花期追肥による子実タンパク質含有率向上効果の指標とした。

(3) 乾物重および窒素蓄積量の定量

乾物重および窒素蓄積量は開花期 (4月22日) および成熟期 (水田では6月2日、畑では6月9日) に測定した。開花期には、基肥量と茎立期追肥量が異なる各圃場合計 12 処理区の中から生育が中庸な場所 0.09 m^2 を選び、株を根ごと抜き取った。採取した株は根を切除後 80°C で 2 日間通風乾燥し、乾物重を測定した後窒素の分析に供した。成熟期は収量調査用に地際から刈り取った茎の中から長さの中庸な穂を持つ茎 30 本を選び、穂と茎葉部に切り分けて乾燥し、乾物重を測定した後窒素の分析に供した。

植物体の窒素含有率 (乾物重あたり) は、乾物を微粉碎後、NC アナライザー (住化分析センター, SUMIGRAPH NC-22F) で定量した。面積あたりの植物体の窒素蓄積量は、窒素含有率と面積あたり乾物重の積として求めた。

2. 2010/2011 年

(1) 栽培法

2010/2011 年は、2008/2009 年とは異なる畑 (淡色黒ボク土、乾土 1 g あたりの平均全窒素量 3.67 mg 、平均全炭素量 43.52 mg 、前作はソルガム) 圃場を用いて試験を行った。播種は 2010 年 11 月 19 日に播種量 8 g m^{-2} 、条間 30 cm で行った。施肥は、基肥を 3 水準、茎立期追肥量を 2 水準、開花期追肥量を 3 水準設けた。すなわち、基肥として化成肥料 (14-14-14) のみを N, P_2O_5 , K_2O の成分でそれぞれ $7, 7, 7 \text{ g m}^{-2}$ 施用した区 (以降化成区とする)、化成区と同量の化成肥料に加えて緩効性肥料 LP40 (ジェイカムアグリ, LP コート 40) あるいは LP70 (ジェイカムアグリ, LP コート 70) を窒素成分で 4 g m^{-2} 施用した区 (それぞれ LP40 区, LP70 区とする) を設けた。茎立期追肥は 2011 年 3 月 8 日に硫酸を窒素成分 0 あるいは 2 g m^{-2} 施用した。開花期追肥は 2011 年 5 月 6 日に硫酸を窒素成分で $0, 4, 8 \text{ g m}^{-2}$ 施用した。試験区は、基肥と茎立期追肥を組み合わせた合計 6 処理区を 1 反復で設け、さらにこの中に開花期追肥を 2 反復で配置した。開花期追肥の 1 区面積は 9.6 m^2 であった。なお、いずれの処理区においても開花期は 2011 年 5 月 6 日、成熟期は 6 月 15 日であった。

(2) 乾物重、収量、収量構成要素および子実タンパク質含有率の測定

成熟期 (6 月 15 日) に各区とも 0.3 m^2 を 10 ケ所地際から刈り取り、このうち平均的な穂数を示した 8 ケ所、合計 2.4 m^2 を収量調査に供した。収量調査は、2008/2009

年と同様に行った。

(3) 乾物重および窒素蓄積量の定量

乾物重および窒素蓄積量は開花期 (5 月 6 日) および成熟期 (6 月 15 日) に測定した。いずれの時期も生育の中庸な場所 0.15 m^2 を選び、株を根ごと採取し、根を切除後、葉、稈および葉鞘、穂に分けて 80°C で 2 日間通風乾燥し、乾物重を測定した後窒素の分析に供した。

植物体の窒素含有率は 2008/2009 年と同様に測定した。

3. 穂の乾物重と窒素蓄積量の解析

前報 (島崎ら 2014) と同様に、成熟期の穂の乾物重と窒素蓄積量は、Bancal (2009) の方法に基づいて、開花後に新たに同化された乾物や窒素 (以下、それぞれ開花後同化乾物、開花後同化窒素とする) がすべて穂へ蓄積し、成熟期穂乾物重あるいは窒素蓄積量は開花前蓄積量と開花後同化量の和であると仮定し、次式に基づいて解析した。

(穂の開花後同化乾物量) = (成熟期地上部乾物重) - (開花期地上部乾物重)

(穂の開花後同化窒素量) = (成熟期地上部窒素蓄積量) - (開花期地上部窒素蓄積量)

(穂の開花前蓄積乾物量) = (成熟期穂乾物重) - (穂の開花後同化乾物重)

(穂の開花前蓄積窒素量) = (成熟期穂窒素蓄積量) - (穂の開花後同化窒素量)

4. 統計処理

統計処理は統計ソフト (SAS Institute Inc., JMP 8.0.1) を用いて行った。

結 果

1. 水田と畑で栽培したコムギにおける開花期窒素追肥が子実タンパク質含有率を高める効果

2008/2009 年に水田と畑で栽培したコムギにおける各時期の施肥量の違いが収量、収量構成要素、子実タンパク質含有率、子実タンパク質含有率の増加割合に及ぼす影響を第 1 表に示した。圃場間の比較をすると、収量は水田に比較して畑で有意に多かった。収量構成要素は水田に比較して畑では穂数と 1 穂整粒数が多く、整粒歩合が低く、千粒重が軽かった。子実タンパク質含有率は水田に比べ畑で高く、子実タンパク質含有率の増加割合は水田の方が畑よりも大きかった。

基肥量が及ぼす影響をみると、収量は基肥量が多い区で多くなった。収量構成要素は基肥量が多い区で穂数が多く、千粒重は軽くなったが、1 穂整粒数と整粒歩合は、基肥量の影響を受けなかった。子実タンパク質含有率、子実タンパク質含有率の増加割合は、基肥量の影響を受けなかった。

茎立期追肥量が及ぼす影響をみると、収量は茎立期追肥量が多い区で多くなった。収量構成要素は茎立期追肥量が

第2表 水田と畑で栽培したコムギの基肥、茎立期追肥、開花期追肥の窒素量が開花期地上部乾物重と成熟期の地上部各器官の乾物重に及ぼす影響（2008/2009年）.

圃場	水準	開花期地上部	成熟期地上部	成熟期茎葉部	成熟期穂	穂の開花前	穂の開花後	
		乾物重 (g m ⁻²)	乾物重 (g m ⁻²)	乾物重 (g m ⁻²)	乾物重 (g m ⁻²)	蓄積乾物量 (g m ⁻²)	同化乾物量 (g m ⁻²)	
水田	各基肥量における平均	4	774	939	357	582	417	165
		8	858	1079	439	640	419	221
	各茎立期追肥量における平均	0	707	902	326	576	381	194
		2	924	1115	470	646	454	191
	各開花期追肥量における平均	0	816	969	382	588	434	154
		2	816	989	391	598	425	173
		4	816	1047	444	603	372	231
		8	816	1029	375	654	440	214
	水田平均		816	1009	398	611	418	193
畑	各基肥量における平均	2	716	1279	457	822	259	563
		4	751	1314	474	840	277	563
	各茎立期追肥量における平均	0	709	1269	464	805	246	559
		2	758	1324	467	857	290	567
	各開花期追肥量における平均	0	734	1250	424	826	309	517
		2	734	1274	479	795	254	541
		4	734	1315	467	848	266	582
		8	734	1346	491	855	242	613
	畑平均		734	1296	465	831	268	563
ANOVA								
基肥		***	**	*	**	ns	ns	
茎立期追肥		***	***	***	***	**	ns	
開花期追肥		ns	ns	ns	*	ns	ns	
基肥×茎立期追肥		ns	ns	ns	ns	ns	*	
圃場		ns	**	ns	**	*	**	
反復[圃場](変量効果)		***	**	ns	***	**	***	

それぞれの水準での全データの平均値を示す。***, **, * はそれぞれ 0.1%, 1%, 5%水準で有意であること, ns は 5%水準で有意差が無いことを示す。

多い区で穂数が多く、1穂整粒数が多かったが、千粒重と整粒歩合は茎立期追肥量の影響を受けなかった。子実タンパク質含有率、子実タンパク質含有率の増加割合は、茎立期追肥量の影響を受けなかった。

開花期追肥量が及ぼす影響をみると、収量は開花期追肥量が多い区で多くなった。収量構成要素は開花期追肥量が多い区で千粒重が重く、整粒歩合が高くなったが、穂数は開花期追肥量の影響を受けなかった。また、1穂整粒数は水田では差が認められなかったが、畑では開花期追肥量が多い区で多い傾向が認められた。子実タンパク質含有率、子実タンパク質含有率の増加割合は開花期追肥量が多い区で高かった。

水田と畑で栽培したコムギにおける各時期の施肥量の違いが開花期と成熟期の乾物重に及ぼす影響を第2表に示した。圃場間で比較すると、成熟期地上部乾物重、成熟期穂乾物重は水田に比べて畑で有意に多かった。成熟期穂乾物重を穂の開花後同化乾物量と穂の開花前蓄積乾物量に分け

てみると、穂の開花前蓄積乾物量は水田の方が畑よりも有意に多く、穂の開花後同化乾物量は水田よりも畑が著しく多かった。

基肥量が及ぼす影響をみると、開花期地上部乾物重、成熟期地上部乾物重、成熟期茎葉部乾物重、穂乾物重は基肥量が多い区で重かった。しかし、成熟期穂乾物重を穂の開花後同化乾物量と穂の開花前蓄積乾物量に分けてみると、基肥量がこれらの量の増加に及ぼした影響は有意ではなかった。

茎立期追肥量が及ぼす影響をみると、開花期地上部乾物重、成熟期地上部乾物重、成熟期茎葉部乾物重、穂乾物重は茎立期追肥量が多い区で重かった。成熟期穂乾物重を穂の開花前蓄積乾物量と穂の開花後同化乾物量に分けてみると、穂の開花前蓄積乾物量は茎立期追肥量が多い区で多く、穂の開花後同化乾物量は茎立期追肥量の影響を受けなかった。

開花期追肥量が及ぼす影響をみると、成熟期地上部乾物

第3表 水田と畑で栽培したコムギの基肥、茎立期追肥、開花期追肥の窒素量が開花期地上部窒素蓄積量と成熟期の地上部各器官の窒素蓄積量に及ぼす影響 (2008/2009 年).

圃場	水準	開花期地上部 窒素蓄積量 (g m ⁻²)	成熟期地上部 窒素蓄積量 (g m ⁻²)	成熟期茎葉部 窒素蓄積量 (g m ⁻²)	成熟期穂 窒素蓄積量 (g m ⁻²)	穂の開花前 蓄積窒素量 (g m ⁻²)	穂の開花後 同化窒素量 (g m ⁻²)
水田	各基肥量における平均	4	6.8	13.3	1.1	12.2	5.6
		8	7.4	14.0	1.3	12.7	6.2
	各茎立期追肥量における平均	0	5.9	12.8	1.1	11.7	4.8
		2	8.3	14.4	1.3	13.2	7.0
	各開花期追肥量における平均	0	7.1	10.1	1.0	9.1	6.1
		2	7.1	11.7	1.0	10.7	6.1
		4	7.1	13.9	1.2	12.7	5.9
		8	7.1	18.8	1.6	17.2	5.5
	水田平均		7.1	13.6	1.2	12.4	5.9
							6.5
畑	各基肥量における平均	2	13.2	21.6	2.7	18.9	10.5
		4	14.4	22.1	2.8	19.3	11.5
	各茎立期追肥量における平均	0	12.5	21.2	2.5	18.6	9.9
		2	15.1	22.6	3.0	19.6	12.1
	各開花期追肥量における平均	0	13.8	20.4	2.4	18.0	11.4
		2	13.8	20.4	2.4	18.0	11.4
		4	13.8	22.6	2.9	19.7	10.9
		8	13.8	24.0	3.3	20.7	10.5
	畑平均		13.8	21.9	2.7	19.1	11.0
							8.1
ANOVA							
基肥		**	ns	ns	ns	**	ns
茎立期追肥		***	**	***	**	***	*
開花期追肥		ns	***	***	***	ns	***
基肥×茎立期追肥		ns	ns	ns	ns	ns	ns
圃場		***	***	**	***	***	ns
反復[圃場](変量効果)		ns	ns	**	ns	ns	*

それぞれの水準での全データの平均値を示す. ***, **, * はそれぞれ 0.1%, 1%, 5%水準で有意であること, ns は 5%水準で有意差が無いことを示す.

重, 成熟期の茎葉部乾物重には影響がなかったが, 成熟期穂乾物重は開花期追肥量が多い区で重かった. しかし, 成熟期穂乾物重を穂の開花前蓄積乾物量と穂の開花後同化乾物量に分けてみると, 開花期追肥量はこれらの量に明確な影響を及ぼさなかった.

水田と畑で栽培したコムギにおける各時期の施肥量の違いが開花期と成熟期の窒素蓄積量に及ぼす影響を第3表に示した. 圃場間で比較すると, 開花期地上部窒素蓄積量, 成熟期地上部窒素蓄積量, 成熟期茎葉部窒素蓄積量, 穂窒素蓄積量は水田に比べて畑で多かった. 成熟期穂窒素蓄積量を穂の開花前蓄積窒素量と穂の開花後同化窒素量に分けてみると, 穂の開花前蓄積窒素量は水田より畑で多かった. 穂の開花後同化窒素量は圃場の影響は有意ではなかったが, 同じ開花期追肥量の区間で比較すると, 開花期追肥量 8 g m⁻² 区を除いて水田より畑で多かった.

基肥量が及ぼす影響をみると, 開花期地上部窒素蓄積量と穂の開花前蓄積窒素量は基肥量が多かった区で多かつ

た.

茎立期追肥量が及ぼす影響をみると, 開花期地上部窒素蓄積量, 成熟期地上部窒素蓄積量, 成熟期茎葉部窒素蓄積量, 穂窒素蓄積量は茎立期追肥量が多かった区で多かった. 成熟期穂窒素蓄積量を穂の開花前蓄積窒素量と穂の開花後同化窒素量に分けてみると, 穂の開花前蓄積窒素量は茎立期追肥量が多かった区で多く, 穂の開花後同化窒素量は茎立期追肥量が多かった区で少なかった.

開花期追肥量が及ぼす影響をみると, 成熟期地上部窒素蓄積量, 成熟期茎葉部窒素蓄積量, 穂窒素蓄積量は開花期追肥量が多い区で多かった. 成熟期穂窒素蓄積量を穂の開花前蓄積窒素量と穂の開花後同化窒素量に分けてみると, 穂の開花前蓄積窒素量は開花期追肥量の影響を受けなかったのに対して, 穂の開花後同化窒素量は開花期追肥量が多い区で多かった. 開花期追肥量が 0 g m⁻² から 8 g m⁻² まで増えた時の穂の開花後同化窒素量の増加量は, 水田では 8.7 g m⁻² であったのに対し, 畑では 3.7 g m⁻² と少なかった.

第4表 基肥の種類、茎立期追肥、開花期追肥の窒素量が収量、収量構成要素、子実タンパク質含有率 (GPC)、子実タンパク質含有率の増加割合に及ぼす影響 (2010/2011 年)。

水準		収量 (g m ⁻²)	穂数 (本 m ⁻²)	1 穂粒数 (粒)	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	GPC (%)	GPC 増加 割合 (%)
各基肥種類における 平均値	化成	412.1 b	415 c	27.9 b	35.7	99.5 a	12.5	127 a
	LP40	569.4 a	525 a	30.4 a	35.6	98.8 b	12.9	111 c
	LP70	541.2 a	478 b	31.1 a	35.7	98.9 b	12.7	114 b
各茎立期窒素追肥量 における平均値	0	490.8 b	475	28.9 b	35.7	99.3 a	12.5 b	128
	2	523.3 a	475	30.8 a	35.7	98.8 b	13.0 a	116
各開花期窒素追肥量 における平均値	0	500.8	481	29.5	35.2 b	98.8 b	10.9 c	100 c
	4	503.3	470	29.6	36.1 a	99.2 a	13.1 b	120 b
	8	516.5	474	30.4	35.8 a	99.1 ab	14.3 a	133 a
ANOVA								
基肥種類 (A)		***	***	**	ns	***	ns	***
茎立期窒素追肥量 (B)		*	ns	**	ns	***	***	ns
開花期窒素追肥量 (C)		ns	ns	ns	***	**	***	***
A × B		ns	*	ns	***	***	ns	ns
A × C		ns	ns	ns	ns	ns	***	***
B × C		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

それぞれの水準での全データの平均値を示す。収量、1 穂粒数は、2.2 mm 以上の整粒の値。整粒歩合は粗子実重に対する 2.2 mm 以上の粒の割合を示した。整粒歩合は角変換後、統計処理を行った。子実タンパク質含有率の増加割合は、基肥量、茎立期追肥量が同じ開花期追肥量 0 g m⁻² 区の子実タンパク質含有率の値を 100 とした場合の各区の子実タンパク質含有率の割合を示した。***, **, * はそれぞれ 0.1%, 1%, 5% 水準で有意であること、ns は 5% 水準で有意差が無いことを示す。同一記号の付いた平均値間には 5% 水準の有意差が無いことを示す (Tukey 法)。

た。開花期追肥量 8 g m⁻² のとき、成熟期穂窒素蓄積量に占める穂の開花前蓄積窒素量の割合は、水田では 3 割であったのに対して、畑では 5 割と大きかった。

2. 基肥の種類と量、茎立期追肥量の異なるコムギにおける開花期窒素追肥が子実タンパク質含有率を高める効果

2010/2011 年の基肥の種類と量、茎立期追肥量が収量、収量構成要素、子実タンパク質含有率に及ぼす影響を第 4 表に示した。基肥の種類と量が及ぼす影響をみると、収量は LP40 区、LP70 区で化成区より有意に多かった。収量構成要素をみると、穂数は LP40 区で最も多く、ついで LP70 区、化成区で最も少なかった。1 穂粒数は LP40 区、LP70 区で化成区より有意に多かった。整粒歩合は化成区で LP40 区、LP70 区よりも有意に高かった。千粒重は基肥の種類と量の影響を受けなかった。子実タンパク質含有率は基肥の種類と量の影響は有意ではなかったが、LP40 区で化成区よりも高い傾向があった。子実タンパク質含有率の増加割合は、化成区で最も大きく、次いで LP70 区、LP40 区の順に大きかった。

茎立期窒素追肥が及ぼす影響をみると、収量は茎立期追肥量が多い区の方が多かった。収量構成要素は、茎立期追肥量が多い区で 1 穂粒数が多かったが、整粒歩合は低かった。穂数、千粒重は茎立期追肥量の影響を受けなかった。子実タンパク質含有率は茎立期追肥量が多い区で高かった。子実タンパク質含有率増加割合は茎立期追肥量の影響

を受けなかった。

開花期窒素追肥が及ぼす影響をみると、収量は開花期追肥量の影響を受けなかった。収量構成要素をみると、千粒重は開花期窒素追肥量 4 g m⁻² 区で最も重く、0 g m⁻² 区で最も軽かった。整粒歩合は開花期窒素追肥量 4 g m⁻² 区で最も高く、次いで 8 g m⁻² 区で、0 g m⁻² 区で最も低かった。穂数、1 穂粒数は開花期追肥量の影響を受けなかった。子実タンパク質含有率は開花期窒素追肥量 8 g m⁻² 区で最も高く、次いで 4 g m⁻² 区、0 g m⁻² 区で最も低かった。子実タンパク質含有率増加割合は 0 g m⁻² 区で最も低く、4 g m⁻² 区に比べ 8 g m⁻² 区で有意に高かった。

基肥の種類と量、茎立期追肥量、開花期追肥量が開花期と成熟期の乾物重に及ぼす影響を第 5 表に示した。まず、基肥の種類と量が及ぼす影響をみると、成熟期地上部乾物重は LP40 区、LP70 区で化成区よりも有意に重かった。成熟期茎葉部乾物重は LP40 区で最も重く、化成区で最も軽かった。成熟期穂乾物重は LP40 区で最も重く、化成区で最も軽かった。成熟期穂乾物重を穂の開花前蓄積乾物量と穂の開花後同化乾物量に分けてみると、穂の開花前蓄積乾物量は基肥の種類と量の影響を受けなかったのに対して、穂の開花後同化乾物量は LP40 区、LP70 区で化成区よりも有意に多かった。

茎立期窒素追肥量が及ぼす影響をみると、茎立期追肥量は、これら乾物重に影響を及ぼさなかった。

開花期窒素追肥量が及ぼす影響をみると、成熟期穂乾物重は開花期追肥量が多い区で多かった。成熟期穂乾物重を

第5表 基肥の種類、茎立期追肥、開花期追肥の窒素量が開花期地上部乾物重と成熟期の地上部各器官の乾物重に及ぼす影響 (2010/2011年)。

水準		開花期 地上部乾物重 (g m ⁻²)	成熟期 地上部乾物重 (g m ⁻²)	成熟期 茎葉部乾物重 (g m ⁻²)	成熟期 穂乾物重 (g m ⁻²)	穂の開花前 蓄積乾物量 (g m ⁻²)	穂の開花後 同化乾物量 (g m ⁻²)
各基肥種類における 平均値	化成	904	1090 b	521 b	569 c	384	185 b
	LP40	870	1350 a	588 a	762 a	281	480 a
	LP70	849	1238 a	557 ab	681 b	292	389 a
各茎立期窒素追肥量 における平均値	0	859	1243	572	672	287	384
	2	892	1207	538	669	354	315
各開花期窒素追肥量 における平均値	0	850	1178	540	637 b	309	328
	4	869	1211	556	655 ab	312	342
	8	909	1294	571	723 a	339	384
ANOVA							
基肥種類 (A)		ns	*	**	***	ns	*
茎立期窒素追肥量 (B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns
開花期窒素追肥量 (C)		ns	ns	ns	*	ns	ns
A × B		ns	ns	ns	ns	ns	ns
A × C		ns	ns	ns	ns	ns	ns
B × C		ns	ns	ns	ns	ns	ns

数値はそれぞれの水準での全データの平均値を示す。同一記号の付いた平均値間には5%水準の有意差が無いことを示す (Tukey法)。***, **, * はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意であること, ns は5%水準で有意差が無いことを示す。

穂の開花前蓄積乾物量と穂の開花後同化乾物量に分けてみると、穂の開花前蓄積乾物量と穂の開花後同化乾物量ともに開花期追肥量による影響は有意ではなかったものの、開花期追肥量が多い区で多くなる傾向があった。

基肥の種類と量、茎立期窒素追肥量、開花期窒素追肥量が開花期と成熟期の窒素蓄積量に及ぼす影響を第6表に示した。まず、基肥の種類と量が及ぼす影響をみると、開花期地上部窒素蓄積量、成熟期地上部窒素蓄積量、成熟期穂窒素蓄積量、穂の開花前蓄積窒素量はいずれもLP40区で最も多く、化成区で最も少なかった。成熟期穂窒素蓄積量を穂の開花前蓄積窒素量と穂の開花後同化窒素量に分けてみると、穂の開花後同化窒素量は基肥の種類と量の影響を受けなかったのに対して、穂の開花前蓄積窒素量はLP40区で最も多く、化成区で最も少なかった。成熟期穂窒素蓄積量に占める穂の開花前蓄積窒素量の割合は化成区で56%と最も低く、LP40区で66%、LP70区では60%だった。また、成熟期茎葉部窒素蓄積量は基肥の種類と量の影響を受けなかった。

茎立期窒素追肥が及ぼす影響をみると、開花期地上部窒素蓄積量、穂の開花前蓄積窒素量は茎立期追肥量が多い区で多かった。

開花期窒素追肥が及ぼす影響をみると、成熟期地上部窒素蓄積量、成熟期茎葉部窒素蓄積量、成熟期穂窒素蓄積量は開花期追肥量が多い区で多かった。成熟期穂窒素蓄積量を穂の開花前蓄積窒素量と穂の開花後同化窒素量に分けてみると、穂の開花前蓄積窒素量は開花期窒素追肥量の影響を受けなかったのに対して、穂の開花後同化窒素量は開花

期窒素追肥量が多い区で多かった。

考 察

2008/2009年に開花期窒素追肥が子実タンパク質含有率に及ぼす影響を水田と畑で比較した。その結果、水田と畑の両方で開花期追肥は有意に子実タンパク質含有率を高めること、開花期追肥量の多い8 g m⁻²区を除き、追肥窒素量が等しくても子実タンパク質含有率は水田に比べて畑で高いこと、子実タンパク質含有率の増加割合は、水田が畑よりも有意に高いことが明らかになった (第1表)。開花期窒素追肥が子実タンパク質含有率を高めた原因は、前報 (島崎ら 2014) と同様、開花期追肥が穂の開花後同化乾物量に比べ穂の開花後同化窒素量を多く増やしたためであった (第2表、第3表)。

施肥量が同じでも、子実タンパク質含有率は普通畑よりも水田転換畑で低く (田野崎ら 1985)、土壌の種類によって異なる (佐藤ら 1992) ことが報告されている。栽培圃場の土壌の種類と地目が異なり、土壌窒素含有率が異なることが子実タンパク質含有率の差を引き起こしたことにについて、開花期地上部窒素蓄積量、成熟期穂乾物重と窒素蓄積量に着目して考察したい。畑で成熟期穂窒素蓄積量が多くなったのは、開花期地上部窒素蓄積量が多く、開花前蓄積窒素が多くなることによっていた (第3表)。水田に比べ畑で開花期地上部窒素蓄積量が多かった (第3表) ことについては、土壌窒素含有率が水田より畑で高かったことや、黒ボク土は春先に窒素が急激に可給化する (河野ら 1997) ことが考えられる。また、土壌窒素の吸収に関わるコムギ

第6表 基肥の種類, 茎立期追肥, 開花期追肥の窒素量が開花期地上部乾物重と成熟期の地上部各器官の窒素蓄積量に及ぼす影響(2010/2011年).

水準		開花期地上部 窒素蓄積量 (g m ⁻²)	成熟期地上部 窒素蓄積量 (g m ⁻²)	成熟期茎葉部 窒素蓄積量 (g m ⁻²)	成熟期 穂窒素蓄積量 (g m ⁻²)	穂の開花前 蓄積窒素量 (g m ⁻²)	穂の開花後 同化窒素量 (g m ⁻²)
各基肥種類における 平均値	化成	9.6 b	15.3 b	2.3 b	13.0 b	7.3 b	5.7
	LP40	13.7 a	18.9 a	3.4 a	15.5 a	10.2 a	5.3
	LP70	11.8 ab	17.7 ab	2.9 a	14.8 ab	8.9 ab	6.0
各茎立期窒素追肥量における 平均値	0	10.9 b	17.0	2.8	14.2	8.1 b	6.0
	2	12.4 a	17.6	2.9	14.7	9.5 a	5.2
各開花期窒素追肥量における 平均値	0	11.1	14.3 b	2.4 b	11.9 c	8.7	3.2 b
	4	11.5	17.1 b	2.7 b	14.4 b	8.8	5.6 ab
	8	12.5	20.8 a	3.5 a	17.3 a	8.9	8.4 a
ANOVA							
基肥種類 (A)		**	*	***	*	*	ns
茎立期窒素追肥量 (B)		*	ns	ns	ns	*	ns
開花期窒素追肥量 (C)		ns	***	***	***	ns	***
A × B		ns	ns	*	ns	ns	ns
A × C		ns	ns	ns	ns	ns	ns
B × C		ns	ns	ns	ns	ns	ns

数値はそれぞれの水準での全データの平均値を示す。同一記号の付いた平均値間には5%水準の有意差が無いことを示す (Tukey 法)。***, **, * はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意であること, ns は5%水準で有意差が無いことを示す。

の根系分布は土壌の種類 (小柳ら 1998) や土壌水分 (小柳ら 2004) によって影響を受ける。2008/2009 年の試験においても、根系の分布が水田と畑で異なっていた可能性も考えられる。穂の開花前蓄積窒素量は開花期の栄養器官の窒素量と密接な正の相関があることが知られている (Barbottin ら 2005, Bancal 2009)。同時に、開花期までに吸収された窒素は葉などの栄養器官に分配され、開花後の乾物生産量の増加に貢献すると考えられる (島崎ら 2014)。実際、水田に比べ畑では、穂の開花後同化乾物量が多くなることによって成熟期穂乾物重が多くなった (第2表)。このように、畑は水田に比べ成熟期穂乾物重と穂窒素蓄積量の両方が多くなったが、水田と畑で成熟期穂乾物重と穂窒素蓄積量を比較すると、それぞれ畑は水田の 136%, 154% で乾物に比べて窒素蓄積量の違いが大きく、その結果子実タンパク質含有率は畑で高くなったと考えられた。

次に、子実タンパク質含有率の増加割合は、水田の方が畑よりも有意に大きかった (第1表) ことについて考察したい。開花期追肥が穂の開花後同化乾物量と窒素量に及ぼす影響をみると、穂の開花後同化乾物量は両圃場とも影響を受けなかった (第2表) のに対して、開花期追肥量を増やすことに伴う穂の開花後同化窒素量の増加量が畑より水田の方が多くなった (第3表)。このような開花期追肥が穂の開花後同化窒素量に及ぼす影響が圃場によって異なっていたことが子実タンパク質含有率の増加割合の差となっており、あらわれたと考えられる。

さらに、開花期追肥が穂の開花後同化窒素量に及ぼす影響が圃場によって異なった要因について考察する。成熟期穂窒素蓄積量は開花時に決定している総穎花数の窒素需要

量 (シンク需要量) によって決定され (Triboi and Triboi-Blondel 2002)、穂の開花前蓄積窒素量は開花期の栄養器官の窒素量と密接な正の相関があることが知られている (Barbottin ら 2005, Bancal 2009)。成熟期における畑の穂窒素蓄積量は開花期窒素追肥量 4 g m⁻² 区と 8 g m⁻² 区に有意差が無かったことから、4 g m⁻² の開花期窒素追肥によって畑の穂の窒素に対するシンク需要量はすでにほぼ満たされていたものと推察された。このように畑では水田に比べ少ない開花期窒素追肥量でシンク需要量が満たされた理由として、水田に比べ畑では開花期地上部窒素蓄積量が著しく多く、これが開花後に穂に転流される窒素 (穂の開花前蓄積窒素量) を多くした (第3表) ことが挙げられる。さらに開花期追肥量 0 g m⁻² 区においても穂の開花後同化窒素量が水田に開花期に 4 g m⁻² の窒素を追肥した場合に匹敵するくらいに多かった (第3表) ことから、開花後も引き続き土壌からの窒素供給が水田に比べて畑で多かったことによる可能性も併せて考えられた。

そこで 2010/2011 年には、開花期地上部窒素蓄積量が穂の開花前蓄積窒素量の違いを通じて、子実タンパク質含有率と開花期追肥の子実タンパク質含有率向上効果に影響することを確認することを目的として試験を行った。同一の圃場で生育するコムギにおいて、開花期地上部窒素蓄積量を変えるために基肥の種類と量、茎立期の追肥量を変え、さらに開花期追肥量を 3 水準設け、これらが子実タンパク質含有率に及ぼす影響を検討した。その結果、開花期地上部窒素蓄積量は基肥の種類と量や茎立期追肥の有無の影響を受け、化成区よりも LP40 区で多く、茎立期追肥量が多い区で多かった (第6表)。そして、開花期地上部窒素蓄

積量が多い区では穂の開花前蓄積窒素量が多くなり (第6表), Barbottin ら (2005), Bancal (2009) の結果と同様であった。成熟期の地上部乾物重, 穂乾物重も LP40 区, LP70 区で化成区よりも多くなった (第5表)。このような開花期地上部窒素蓄積量が異なる条件においては, 子実タンパク質含有率は基肥処理の影響は有意ではなかったが LP40 区で化成区よりも高い傾向があり, 茎立期追肥では 0 g m^{-2} 区よりも 2 g m^{-2} 区で子実タンパク質含有率が高かった (第4表)。一方, 開花期窒素追肥による子実タンパク質含有率の増加割合は化成区の方が LP40 区よりも大きく, 茎立期追肥量による差は有意ではなかった (第4表)。

以上の結果から, 2008/2009 年の試験においては, 土壌窒素含有量が大きく異なる畑と水田の間に見られたような子実タンパク質含有率の違い, および開花期追肥の子実タンパク質含有率の増加程度の違いが, 開花期地上部窒素蓄積量の違いによって起こり, 基肥の種類と量, 茎立期追肥によって一部再現できることが分かった。中辻 (2003) は土壌の種類によって出穂期の窒素追肥が子実タンパク質含有率を高める程度が異なることは, 土壌の窒素肥沃度等の違いに起因する追肥時のコムギ地上部窒素含有量の差異が原因と推察していたが, 本研究の結果もこの説を支持するものであった。

一般に, 水田で栽培されたコムギは子実タンパク質含有率が低く (田野崎ら 1985, 渡邊 2010), 製パン性が劣る (田中ら 1983) といわれるが, 水田においても適切に追肥を行うことで, コムギの子実タンパク質含有率を畑と同じレベルまで高められることが示された (第1表)。水田と畑で栽培されたコムギの製パン性の差異は, 子実タンパク質含有率に起因するものが大きい (田中ら 1983), 追肥によって水田で栽培されたコムギの子実タンパク質含有率を高めることで, 製パン性は大きく改善するものと考えられる。また, 開花期追肥を 8 g m^{-2} 施用すると, 水田, 畑ともに子実タンパク質含有率は 14% 以上まで高められた (第1表) が, このときの成熟期穂窒素蓄積量に占める穂の開花前蓄積窒素量の割合は水田よりも畑で大きかった (第3表)。この結果は, 開花期窒素追肥によってタンパク質含有率を高めた水田で栽培されたコムギの子実は子実タンパク質を構成する窒素が地力由来か追肥由来か, あるいは吸収同化時期が開花前か開花後かといった点において畑で異なっていることを示している。子実タンパク質含有率が同じでも, グリアジンに対するグルテニンの比が異なることは製パン性に影響する (Uthayakumaran ら 1999, Uthayakumaran and Lukow 2005) ため, 水田と畑で栽培されたコムギの製パン性の違い (田中ら 1983) は, 子実タンパク質含有率の差異だけでは十分には説明できない点もある。今後は開花期追肥によって子実タンパク質含有率を高めたコムギの小麦粉の品質や製パン性の圃場間差についても検討を行いたい。

謝辞: 本研究の遂行に当たり, 農研機構中央農業総合研

究センター温暖平坦地水田輪作研究チームおよび業務第1科のスタッフの各位には多大なご協力を頂いた。統計解析では, 中央農業総合研究センター統計解析相談グループの光永貴之博士にご助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- Bancal, P. 2009. Decorrelating source and sink determinism of nitrogen remobilization during grain filling in wheat. *Ann. Bot.* 103: 1315-1324.
- Barbottin, A., Lecomte, C., Bouchard, C. and Jeuffroy, M.H. 2005. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: Genotypic and environmental effects. *Crop Sci.* 45: 1141-1150.
- 久野純一郎 2004. 契約生産奨励金・品質改善奨励額の新ランク区分基準について, 農産物検査とくほん 151: 33-37.
- 河野隆・福田弥生・三田村剛・泉澤直・友常年江・小川吉雄 1997. 黒ボク畑土壌における小麦粗タンパク含量の低減対策. 茨城農総セ農研報 4: 17-25.
- Nakano, H., Morita, S. and Kusuda, O. 2008. Effect of nitrogen application rate and timing on grain yield and protein content of the bread wheat cultivar 'Minaminokaori' in southwestern Japan. *Plant Prod. Sci.* 11: 151-157.
- 中辻敏朗 2003. 出穂期の窒素追肥による小麦子実タンパク質含有率上昇効果の土壌間差. 農及園 78: 751-755.
- 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.
- 農林水産省編 2012. 食料・農業・農村白書 平成 24 年版. 農林統計協会, 東京. 1-386.
- 小柳敦史・南石晃明・土田志郎・長野間宏 1998. 汎用水田において耕起および不耕起栽培したコムギ, ダイズおよび水稻の根の垂直分布の解析. 日作紀 67: 49-55.
- 小柳敦史・乙部 (桐淵) 千雅子・柳澤貴司・三浦重典・小林浩幸・村中聡 2004. 根系の深さが異なるコムギ実験系統群の過湿な水田圃場における生育と収量. 日作紀 73: 300-308.
- 佐藤暁子 1991. 小麦のタンパク質含量安定化技術の開発. 農及園 66: 567-574.
- 佐藤暁子・小柳敦史・末永一博・渡辺修・川口数美・江口久夫 1992. コムギ品質におよぼす土壌と窒素, リン酸施肥の影響. 日作紀 61: 616-622.
- 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.
- 佐藤三佳子・五十嵐俊成・櫻井道彦・鈴木和織・柳原哲司・奥村正敏 2009. 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. 日作紀 78: 9-16.
- 佐藤三佳子・五十嵐俊成・櫻井道彦・奥村正敏・鈴木和織・柳原哲司 2011. 穂揃期の生育診断による春まきコムギの子実タンパク質含有率の推定. 日作紀 80: 90-95.
- 島崎由美・渡邊好昭・松山宏美・平沢正 2014. 窒素追肥の時期がコムギ品種「ユメシホウ」の収量および子実タンパク質含有率に及ぼす影響. 日作紀 83: 25-31.
- 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.
- 田中康夫・平春枝・豊島英親・内藤博文 1983. 国内産小麦の製パン

- 適性に関する研究. (第3報) 水田作および畑作小麦の製パン適性評価. 食総研報 43: 101-108.
- 建部雅子・岡崎圭毅・唐澤敏彦・渡辺治郎・大下泰生・辻博之 2006. パン用秋まきコムギ「キタノカオリ」の収量, タンパク質含有率を高める窒素施肥法. 土肥誌 77: 273-281.
- 田野崎真吾・北原操一・谷口義則 1985. 東北地域における小麦の品質. 第1報 普通畑小麦と転換畑小麦との品質の差異. 日作東北支部報 28: 95-96.
- Triboi, E. and Triboi-Blondel, A. 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem. Eur. J. Agron. 16: 163-186.
- Uthayakumaran, S., Gras, P. W., Stoddard, F. L. and Bekes, F. 1999. Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. Cereal Chem. 76: 389-394.
- Uthayakumaran, S. and Lukow, O.M. 2005. Improving wheat for bread and tortilla production by manipulating glutenin-to-gliadin ratio. J. Sci. Food Agric. 85: 2111-2118.
- 渡邊好昭 2010. 麦の作付体系研究の現状と課題. 研究ジャーナル 33: 30-34.

Nitrogen Content of Wheat Plants at Anthesis Affects Grain Protein Content and its Increase in Response to Nitrogen Topdressing at Anthesis : Yumi SHIMAZAKI^{1, 2)}, Maiko AKASAKA¹⁾, Yoshiaki WATANABE¹⁾, Yasuo OHSHITA¹⁾, Hiromi MATSUYAMA¹⁾ and Tadashi HIRASAWA²⁾ (¹⁾NARO, Natl. Agric. Res. Cent., 1-2-1 Inada, Joetsu, Niigata, 943-0193 Japan; ²⁾Grad. Sch. of Agric., Tokyo Univ. of Agric. and Technol.)

Abstract : Nitrogen topdressing at anthesis increases protein content of grain in bread wheat. Nitrogen content of plant at anthesis may also influence this increase in protein content of grain. We conducted experiments to demonstrate the effect of nitrogen content of plant at anthesis on protein content of grain and its increase in response to nitrogen topdressing at anthesis. First, we compared plants grown in a drained paddy-field and an upland field. Plants grown in the upland field accumulated larger amounts of nitrogen in their aboveground parts at anthesis than those in the drained paddy field. The larger amounts of nitrogen accumulated were translocated to the spikes, and the grain protein content was higher in the upland plants than in the paddy plants. However, the increase in grain protein content by nitrogen topdressing at anthesis was smaller in the plants grown in the upland field than in the paddy field. We then examined grain protein content, and the effect of nitrogen topdressing at anthesis on the increase in grain protein content, in the upland field treated with different levels of nitrogen basal dressing and topdressing at jointing-stage. The grain protein content was higher, but the increase in grain protein content in response to nitrogen topdressing at anthesis was smaller, in plants that had accumulated a larger amount of nitrogen through high-dose fertilization before anthesis. These results suggested that the nitrogen content of plants at anthesis would affect the grain protein content and its increase in response to nitrogen topdressing at anthesis, which would depend on the amount of remobilized nitrogen from culms and leaves to ears during the grain filling period.

Key words : Andosol, Drained paddy-field, Grain protein content, Gray lowland soil, Nitrogen content of above-ground part, Nitrogen fertilizer topdressing, Upland field, Wheat (*Triticum aestivum* L.).