

## 尿素の葉面散布がパン用コムギ品種「せときらら」の子実タンパク質含有率ならびに植物体内の窒素蓄積動向に及ぼす影響

稲葉俊二<sup>1)</sup>・高橋肇<sup>1)</sup>・鎌田英一郎<sup>2)</sup>・村田資治<sup>3)</sup>・池尻明彦<sup>3)</sup>・内山亜希<sup>3)</sup>・金子和彦<sup>3)</sup>・  
荒木英樹<sup>1)</sup>・丹野研一<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup> 山口大学大学院創成科学研究科, (<sup>2)</sup> 長崎大学教育学部, (<sup>3)</sup> 山口県農林総合技術センター)

**要旨:**「せときらら」はパン用のコムギ品種であるが、多収を示すものの子実タンパク質含有率が低くなり易いことが問題となっている。本研究では、開花後に窒素を追肥し、子実タンパク質含有率に及ぼす影響を明らかにするとともに、その時の植物体内での窒素蓄積動向を明らかにした。窒素追肥処理では開花期に硫酸を土壌表面に散布する区とともに、同じく尿素を葉面に散布する区を設けた。さらに、尿素を葉面に散布する処理では、硫酸と同量を開花期に散布する区、同量を開花後1週目に散布する区、さらには開花期と開花後1週目に半量ずつ散布する区を設けた。子実収量は、開花後にどの肥料をいつ追肥しても増加しなかった。子実タンパク質含有率は、硫酸と尿素的の違いに関わらず追肥すると同様に増加し、また尿素を開花期に全量与えても、開花後1週目に全量与えても、開花期と開花後1週目に半量ずつ与えても同様に増加した。いずれの窒素追肥区も無追肥区に比べて子実中に多く窒素を蓄積した。尿素を葉面に散布する区は、窒素を栄養器官(稈+葉身+茎)に蓄積した後、その低下に伴って子実に窒素を蓄積していたが、硫酸を土壌表面に散布する区では、年次によって稈および茎葉に蓄積せずに直接子実に蓄積することがあった。窒素追肥処理により、葉身の窒素含有率、SPAD値が増加したとしても、乾物重は増加しなかった。窒素追肥処理は、葉身のクロロフィルタンパク蓄積を増加するものの、必要以上に蓄積しても乾物生産は高まらないと考えられた。

**キーワード:** 子実タンパク質含有率、窒素蓄積動向、尿素、パン用コムギ、葉面散布。

「せときらら」は、山口県で2013年度に奨励品種に採用されたパン用コムギ品種である。従来の奨励品種「ニシノカオリ」に比べて多収で製パン適性に優れるものの、子実タンパク質含有率が低下しやすいことが問題となっており、小麦粉のタンパク質含有率が11%未満になると、製パン性が低下することが確認されている(高田ら2017)。コムギの子実タンパク質含有率は出穂後や開花期の窒素追肥により高まることが報告されている(高山ら2004, 岩渕ら2007, 宮脇ら2013, 島崎ら2016)。しかし、開花期の追肥は、動力散布機を背負って硫酸を散布するという重労働であることに加え、赤かび病の防除と作業競合することもあり、生産者には負担に感じられている(村田・内山2017)。山口県では、赤かび病の防除と同時に液状の尿素を葉面散布することで開花期追肥の省力化を図ってきた(中司・木村2011, 村田・内山2017)。

そこで本試験では、赤かび病の防除薬剤とともに液状の尿素を葉面散布することを想定して、開花後の尿素的の葉面散布が「せときらら」の子実タンパク質含有率に及ぼす影響を明らかにした。まず、最初に開花期の窒素追肥が「せときらら」の子実タンパク質含有率を高めるか否かを確認し、あわせて粒状の硫酸を土壌表面散布した場合と液状の尿素を葉面散布した場合の効果の違いを調査した。さらに、赤かび病の防除が開花後に2回行われることから、開花期と開花1週間後の時期の違いにより散布量の配分を変えた場合の効果についても検証した。なお、登熟期間を通じて

器官別の窒素蓄積動向を調査し、どのようにして効果の違いが生じるかについても検討した。

### 材料と方法

試験は2013/2014年(2013年の秋から2014年の春にかけての栽培, 以下同様)、2014/2015年、2015/2016年に山口県農林総合技術センター(山口県山口市)内の水田転換畑(同一圃場で2013/2014年および2014/2015年は前作水稻、2015/2016年は前作ダイズ、礫質灰色化低地水田土)において行った。コムギ品種「せときらら」を用いて、開花期以降に尿素を葉面散布し、収量ならびに登熟期間における植物体内の窒素蓄積動向を調査した。

播種は、2013/2014年は11月28日に、2014/2015年は11月27日に、2015/2016年は11月27日に行った。播種方法は、3作期とも各処理区播種量 $6\text{ g m}^{-2}$ で畦幅150 cmの4条のドリル播きとし、畦上で条間20 cm、40 cm、20 cmの間隔で4条を配置した。

開花期以降の窒素施用処理に先立ち、基肥、分けつ肥、穂肥を窒素成分でそれぞれ $4\text{ g m}^{-2}$ 、 $2\text{ g m}^{-2}$ 、 $2\text{ g m}^{-2}$ 施用した。基肥は燐加安44号(エムシー・ファートイコム株式会社製、N:14%,  $\text{P}_2\text{O}_5$ :17%,  $\text{K}_2\text{O}$ :13%)を用い、播種前に全面全層に施用し、分けつ肥は燐加安V550(エムシー・ファートイコム株式会社製、N:15%,  $\text{P}_2\text{O}_5$ :5%,  $\text{K}_2\text{O}$ :20%)を用い、2013/2014年は1月29日に、2014/2015年は1月28日に、2015/2016年は2月1日に土壌表面に施用した。穂肥は燐

第1表 2013/2014年, 2014/2015年, 2015/2016年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の子実収量, 全乾物重, 収穫指数, 収量構成要素および子実タンパク質含有率.

処理方法	処理区名	総窒素施肥量 (g m <sup>-2</sup> )	子実収量 (g m <sup>-2</sup> )	全乾物重 (g m <sup>-2</sup> )	収穫指数 (%)	穂数 (m <sup>-2</sup> )	一穂粒数	千粒重 (g)	子実タンパク質含有率 (%)
2013/2014年									
	無追肥区	8	482	1027	46.8	390	31.9	38.8	8.8 a
土壌表面	硫安区	12	495	1059	46.7	403	31.3	39.2	11.0 b
尿素葉面	4-0区	12	460	1000	45.9	383	30.5	39.3	11.9 b
散布	2-2区	12	517	1099	46.6	412	32.8	38.1	12.5 b
	0-4区	12	445	961	46.1	377	30.5	38.5	11.2 b
2014/2015年									
	無追肥区	8	418	909	45.9	346	33.3	36.2	8.9 a
土壌表面	硫安区	12	376	800	46.9	328	31.4	36.4	12.1 b
尿素葉面	4-0区	12	378	798	47.2	319	32.2	36.7	11.7 b
散布	2-2区	12	410	862	47.4	340	32.8	36.6	12.1 b
	0-4区	12	380	820	46.0	334	31.9	35.3	12.2 b
2015/2016年									
	無追肥区	8	348	861	40.5	391	35.5	25.1	9.5 a
土壌表面	硫安区	12	381	918	41.5	417	37.0	24.7	10.8 b
尿素葉面	4-0区	12	374	858	43.5	376	36.6	27.2	11.0 b
散布	2-2区	12	351	837	42.1	386	34.0	25.4	10.6 b
	0-4区	12	344	818	42.0	392	35.7	26.3	11.3 b

英小文字は Tukey の多重検定により処理区間に 5%水準で有意差があることを示す.

加 安 V550 (N:15%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:5%, K<sub>2</sub>O:20%) を用い, 2013/2014年は2月28日に, 2014/2015年は2月24日に, 2015/2016年は2月26日に土壌表面に施用した.

施肥処理は, 開花期および開花後1週目に窒素成分で総量 4 g m<sup>-2</sup> となるよう組み合わせた尿素葉面散布 3 処理区 (4-0区: 開花期 4 g m<sup>-2</sup> + 開花後1週目 0 g m<sup>-2</sup>, 2-2区: 開花期 2 g m<sup>-2</sup> + 開花後1週目 2 g m<sup>-2</sup>, 0-4区: 開花期 0 g m<sup>-2</sup> + 開花後1週目 4 g m<sup>-2</sup>) を設け, 開花期に硫安を 4 g m<sup>-2</sup> 土壌表面に散布する区 (硫安区), 開花期以降に追肥を行わない区 (無追肥区) と比較した. 追肥は, 2013/2014年に1回目を4月22日, 2回目を4月29日, 2014/2015年に1回目を4月22日, 2回目を5月1日, 2015/2016年に1回目を4月20日, 2回目を4月28日に施用した. 尿素は水 100 L/10 a に溶解して手持ち式噴霧器 (株式会社マキタ製, 充電式噴霧器 MUS052DW) で散布した.

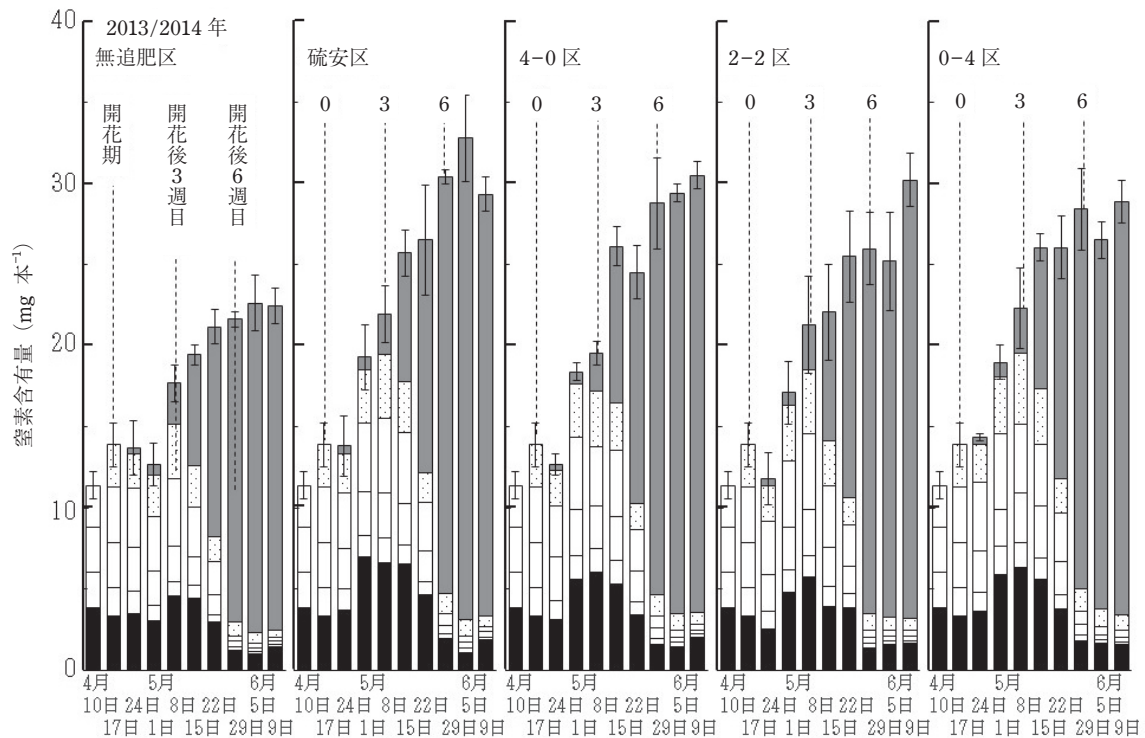
なお, 総窒素施用量は, 尿素を葉面散布した 3 処理区と硫安区では 12 g m<sup>-2</sup>, 無追肥区では 8 g m<sup>-2</sup> とした. これら 5 つの処理区は 3 反復乱塊法で配置し, 1 区面積を 30~32 m<sup>2</sup> とした.

収量調査は, 収穫期に収量調査プロット (0.70 m×1.5 m=1.05 m<sup>2</sup>) を対象に行った. プロット内の全植物体を地際から刈取り, 生重を測定して穂数を数えた. ここから無作為にサンプル 200 g を抽出し, 110℃で30分間, 70℃で48時間以上乾燥させ, 生重と乾物重の比を算出した. 全植物体の生重にこの比を乗じて全乾物重を求めた. 全植物体の子実を脱穀して, サンプルと同様に乾燥させて子実収

量を求めた. 千粒重は, 子実収量を調査した子実から無作為に 500 粒を 3 回抽出し, 秤量して求めた. 収穫指数は, 子実収量を全乾物重で除することにより, 一穂粒数は子実収量を穂数と千粒重で除することで算出した.

子実タンパク質含有率および器官別窒素含有率は, 開花前1週目から成熟期にかけて1週間間隔で調査茎を刈取り, 器官別 (茎, 葉, 稈, 子実) に分解後乾物重を測定し, 子実ならびに器官別に窒素含有率を分析・測定した. 子実タンパク質含有率は, 子実の窒素含有率に 5.83 を乗じて算出した. 調査茎は, 各プロットから連続した有効茎 30 本を地際から刈取り, 生育が中庸な 20 本を抽出し, 器官別に分解した. 器官別乾物重は, それらを 110℃で30分間, 70℃で48時間以上乾燥させ, 秤量して求めた. その際, 子実の乾物重は穂からすべてを取り出して秤量し, 稈の乾物重は穂の乾物重から子実の乾物重を差し引いて求めた. 器官別窒素含有率は, 乾物重を秤量した各器官をフードプロセッサー (ZOJIRUSI BM-RS08) で粉碎し, これら試料を用いてケルダール法 (大山 1990) でアンモニアに分解し, インドフェノール法 (大山 1990) により定量した. 器官別窒素含有量は, 器官別窒素含有率をそれぞれの乾物重と乗じて算出した. また, サンプルは施肥処理時に散布した尿素が表面に付着していることが考えられるので, 洗い桶を 3 つ用意して, 採取直後に 3 回水で洗った.

SPAD 値は, 植物の葉に含まれる葉緑素 (クロロフィル) 量を表す値であり, 葉緑素計 (KONICA MINOLTA SPAD-502plus) を用いて測定した. 2014/2015年と2015/2016年



第1図 2013/2014年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の開花前1週目から成熟期における有効茎1本あたりの地上部器官別窒素含有量の推移。

■：子実，▨：稈，□：葉身（上から止葉，第二葉，下位葉），■：茎（稈+葉鞘）

の開花前1週目から成熟期まで1週間間隔で、各処理各反復毎に有効茎5本を無作為に選び、止葉について測定した。

## 結 果

第1表は、2013/2014年、2014/2015年、2015/2016年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の子実収量、全乾物重、収穫指数、収量構成要素、子実タンパク質含有率を示した。

子実収量は、3ヶ年とも処理区間に有意差は認められなかった。全乾物重、収穫指数、穂数、一穂粒数、千粒重も3ヶ年とも処理区間に有意差は認められなかった。一方で子実タンパク質含有率は3ヶ年とも4つの追肥処理区が無追肥区に比べて有意に高かった。また、3ヶ年とも追肥処理区間には有意差は認められなかった。

第1図は、2013/2014年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の開花前1週目から成熟期における有効茎1本あたりの地上部器官別窒素含有量の推移を示した。

窒素含有量は地上部全体では、いずれの追肥処理区も開花後1週目までは増減せず、その後成熟期にかけて増加した。無追肥区は開花後2週目まで増減せず、開花後2週目から開花後3週目にかけて大きく増加し、その後も増加して成熟期には23 mg 本<sup>-1</sup>となった。一方いずれの追肥処理区も開花後1週目から開花後2週目にかけて大きく増加し、さらに開花後5週目以降も増加し続け、成熟期には約30

mg 本<sup>-1</sup>となった。成熟期には追肥処理区の間には差が見られなかった。

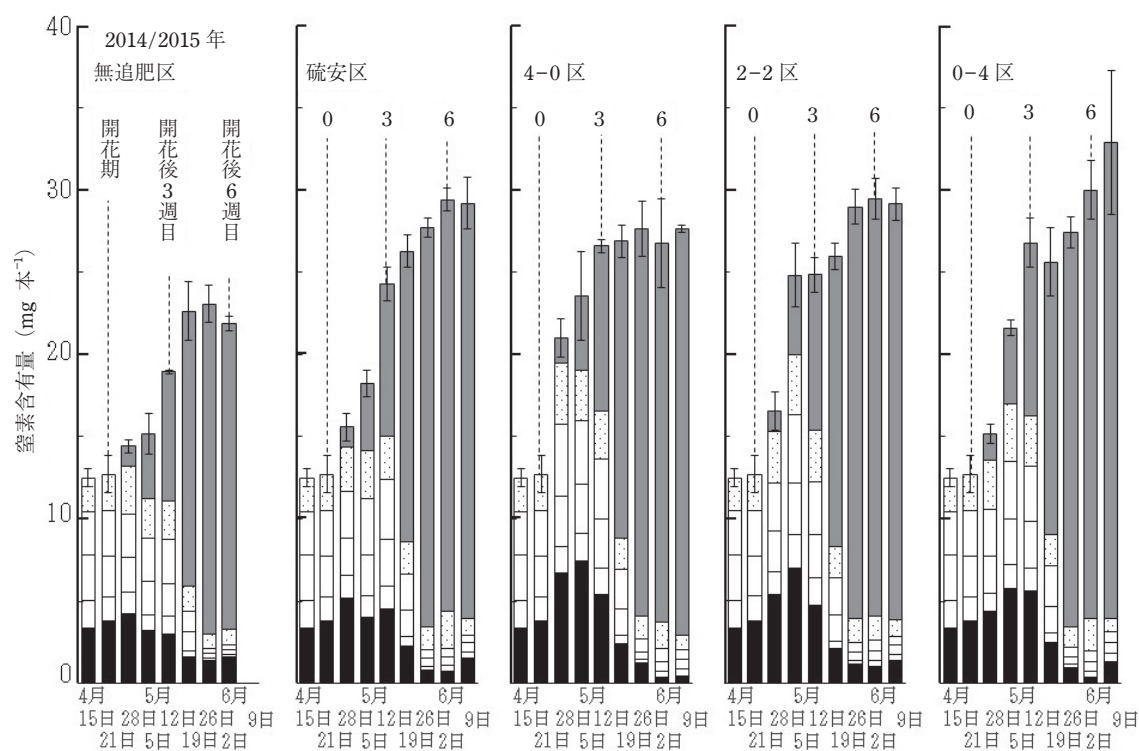
栄養器官（稈+葉身+茎）では、無追肥区が開花後4週目まで大きく増減せず、その後成熟期にかけて減少した。一方、追肥処理区は4処理区とも開花後1週目までは大きく増減せず、開花後2週目に大きく増加した。その後開花後3週目から成熟期にかけて減少した。

第2図は、2014/2015年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の開花前1週目から成熟期における有効茎1本あたりの地上部器官別窒素含有量の推移を示した。

窒素含有量は地上部全体では、いずれの処理区も開花期までは増減せず、その後成熟期にかけて大きく増加した。無追肥区のみが開花後2週目まで大きく増減せず、以後開花後4週目まで増加して成熟期には22 mg 本<sup>-1</sup>となった。一方追肥処理区は、硫安区が開花期から開花後2週目にかけて増加し、さらに開花後2週目から開花後3週目にかけて大きく増加した。4-0区は開花期から開花後1週目にかけて大きく増加した。2-2区は開花期から開花後1週目にかけて増加し、さらに開花後2週目にかけて大きく増加した。0-4区は開花後1週目から開花後2週目にかけて大きく増加し、さらに開花後2週目から開花後3週目にかけても大きく増加した。いずれの追肥処理区も成熟期には約30 mg 本<sup>-1</sup>となり、処理間に差は見られなかった。

栄養器官（稈+葉身+茎）は、無追肥区が開花後3週目





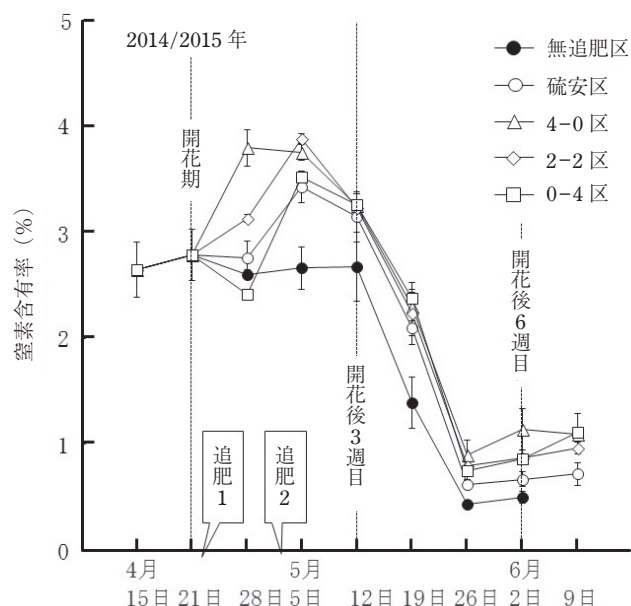
第2図 2014/2015年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の開花前1週目から成熟期における有効茎1本あたりの地上部器官別窒素含有量の推移。

■：子実，▨：稃，□：葉身（上から止葉，第二葉，下位葉），■：茎（稈+葉鞘）

まで大きく増減せず，その後減少した。追肥処理区では，硫安区が開花期から開花後3週目にかけてわずかに増加した。4-0区は開花期から開花後1週目にかけて大きく増加した。2-2区は開花期から開花後2週目にかけて大きく増加した。0-4区は開花後1週目から開花後2週目にかけてわずかに増加した。いずれの追肥処理区も開花後3週目以降大きく減少した。これら動向は稃，葉身，茎のそれぞれに同様にみられた。

第3図は，2014/2015年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の開花前1週目から成熟期における止葉の窒素含有率の推移を示した。

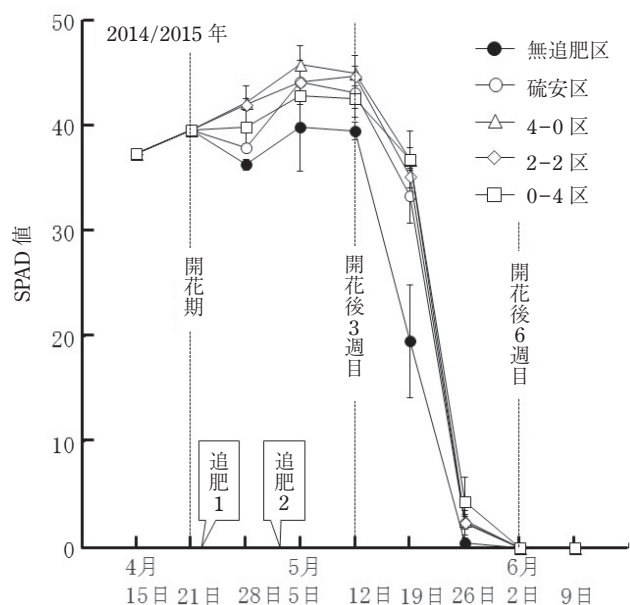
止葉の窒素含有率は，無追肥区では開花前1週目から開花後3週目まで2.6%前後で推移し，その後開花後5週目の0.4%まで大きく低下した。硫安区は開花後1週目から開花後2週目の3.4%まで増加し，以後開花後5週目の0.6%まで大きく低下した。4-0区は開花期から開花後1週目の3.8%まで大きく増加し，開花後2週目から開花後5週目の0.9%まで大きく低下した。2-2区は開花期から開花後1週目の3.1%まで増加し，さらに開花後2週目の3.9%まで大きく増加した後，開花後5週目の0.8%まで大きく低下した。0-4区は開花後1週目から開花後2週目の3.5%まで大きく増加した後，開花後5週目の0.7%まで大きく低下した。これらの傾向は他の年度においても同様にみられた。



第3図 2014/2015年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の開花前1週目から成熟期における止葉の窒素含有率の推移。

第4図は，2014/2015年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の開花前1週目から成熟期における止葉のSPAD値の推移を示した。

止葉のSPAD値は，いずれの追肥処理区も開花期以降，



第4図 2014/2015年に窒素追肥処理したパン用コムギ品種「せときらら」の開花前1週目から成熟期における止葉のSPAD値の推移。

無追肥区よりも高く推移し、とくに開花後2～3週目に40以上で高く推移した。またいずれの処理区も開花後3週目から開花後5週目にかけて減少したが、とくに開花後4週目では、無追肥区が20だったのに対して、追肥処理区は30～40と高かった。

## 考 察

子実収量は、開花期前後に窒素を追肥することで増加する(渡辺・下野 1992, 佐藤ら 2009)と報告される一方で、開花期前後に窒素を追肥しても一貫して増加も減少もしなかったとも報告されている(Woolfolkら 2002, Nakano and Morita 2009, 島崎ら 2014)。本研究において子実収量は、開花期以降に窒素を追肥しても増減しておらず、窒素追肥の効果は定かでなかった。また全乾物重および千粒重を含む収量構成要素も開花期以降に窒素を追肥しても増減しなかった(第1表)。

一方、子実タンパク質含有率は、開花期に尿素を土壌施用または葉面散布しても無施用より高まると報告されており(石川・石岡 2017)、また開花期に尿素を葉面散布すると硫安を土壌施用した場合と同様に高まるとも報告されている(中司・木村 2011)。本研究でも、葉面散布区と硫安区の子実タンパク質含有率(10.6～12.5%)は同様に無追肥区の子実タンパク質含有率(8.8～9.5%)よりも有意に高まった(第1表)。

島崎ら(2014, 2015)は、開花期以降の追肥が乾物重よりも窒素含有量を増加させたため子実タンパク質含有率を高めたと報告している。またNakano and Morita (2009)も開花期の窒素追肥は子実収量に影響を与えず、子実タンパク質含有率を有意に高めたと報告している。本研究でも全

乾物重および千粒重は処理間に違いがみられず(第1表)、子実の窒素含有量は、成熟期において追肥処理区が無追肥区に比べて、2013/2014年では5.5～7.1 mg 本<sup>-1</sup>、2014/2015年では6.1～10.3 mg 本<sup>-1</sup>多く蓄積した(第1図, 第2図)。さらに子実の窒素含有量は、とくに開花後2週目から開花後6週目の間で増加しており、窒素が子実以外の栄養器官から子実へと転流したことがうかがわれた。Barracloughら(2014)も、コムギを高窒素条件および低窒素条件で栽培した際に、どちらの条件でも開花期から成熟期にかけて穂以外の栄養器官中(稈, 葉鞘, 葉など)の窒素のおよそ80%が穂へ転流することを報告した。

コムギでは葉の窒素含有率は、茎立ち期または穂ばらみ期に尿素を葉面に散布した際、24時間後には有意に増加することが報告されている(Khanら 2009)。また、ライグラスでも、葉に尿素を施用したところ、12時間から24時間の間に40%が吸収され、葉内で急速に加水分解されることが報告されている(Bowman and Paul 1992)。本研究では、尿素的散布後に葉身だけでなく穂や稈の窒素含有量も増加しており、2013/2014年では散布後9日以内に、2014/2015年では散布後4日以内には増加していた(第1図, 第2図)。

一方硫安の土壌施用では、2013/2014年において窒素施用後に栄養器官(穂+葉身+茎)の窒素含有量が葉面散布区と同程度増加したのに対し、2014/2015年においては、窒素施用後に葉面散布区ほどは増加しなかった(第1図, 第2図)。佐藤ら(2009)は硫安の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することを報告し、石丸ら(2015)は硫安の溶解が遅れ、コムギ植物体の窒素吸収の遅れにともない追肥窒素利用率が低下することを報告している。本研究の2013/2014年では硫安を追肥してから8日間降雨がなく、硫安の溶解が遅れ、開花後1週目までに栄養器官に窒素を蓄積しなかったが、その後10 mm以上の降雨があり、その頃には乳熟期に入り子実生長が始まることで、開花後1週目から開花後3週目にかけて直接子実へと窒素を蓄積したものと考えられた。

なお、本研究では「せときらら」の収量は340～510 g m<sup>-2</sup>であり、多収とはいえない結果となった。高田ら(2017)は、550～640 g m<sup>-2</sup>という結果を報告している。高田ら(2017)は開花期追肥だけでも窒素成分で7 g m<sup>-2</sup>を施用しており、本研究で開花期追肥を4 g m<sup>-2</sup>しか施用しなかったことと比べても、本研究での窒素施用量は、多収品種「せときらら」に対して少なすぎたようであった。

葉身は光合成を十分に行うのにある程度の窒素を必要とする。Evans (1983)は、葉の窒素が1.8 g m<sup>-2</sup>を超えた場合、CO<sub>2</sub>同化率が増加しないことを報告している。また、Lawlorら(1989)は、コムギの葉身の単位面積当たりの光合成は、7.0 g m<sup>-2</sup>までの総可溶性タンパク質量および4.0 g m<sup>-2</sup>までのRubiscoの質量に比例して増加するが、これらの量を超えると増加しないとも報告している。また、コムギを高窒素条件で栽培すると葉身と葉鞘に光合成ならびに

細胞構成に必要とする以上の窒素を蓄積することが報告されている (Pask ら 2012). このように窒素はクロロフィルのような光合成に関係するタンパク質に合成されたうえで過剰に蓄積するようである. さらに葉身は窒素追肥により老化を遅らせるが, 高窒素条件で老化が遅延しても, 子実収量は増加しなかったと報告されている (Derckx ら 2012). Borrill ら (2015) は, 老化が遅延したコムギは開花後に止葉の光合成が増加したが, 澱粉蓄積は増加せずに子実重も増加しなかったと報告している.

本研究では, 止葉の窒素含有率は, 2014/2015 年において, 追肥処理区は 4 処理区とも無追肥区と比べて追肥後に大きく増加し, 登熟後半まで高く推移した (第 3 図). また, SPAD 値でも同様の傾向が見られ, 追肥後に追肥処理区が無追肥区よりも高く推移したが (第 4 図), 全乾物重および子実収量にはいずれの処理区にも有意な差は見られなかった (第 1 表). Borrill ら (2004) と Serrago ら (2013) は, コムギの子実生長は, シンク容量によって制限されており, 特別な場合を除いてはソース能力が抑制されることでは制限されていないとも報告している. 本研究でも, 葉身や穂といった光合成器官が光合成に必要とする以上のクロロフィルタンパクを蓄積したものの, 子実では胚乳細胞数等のシンク容量が制限されていたためにデンプン蓄積されなかったと考えられた.

## 引用文献

- Barracough, P.B., Bellido, R.L.M. and Hawkesford, J. 2014. Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilization of nitrogen during grain-filling in wheat. *Field Crops Res.* 156: 242-248.
- Borrill, L., Slafer, G.A. and Otegui, M.E. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Res.* 86: 131-146.
- Borrill, P., Fahy, B., Smith, A.M. and Uauy, C. 2015. Wheat grain fillings limited by grain filling capacity rather than the duration of flag leaf photosynthesis: a case study using NAM RNAi Plants. *PLoS ONE* 10 (8): e0134947. Doi: 10.1371/journal.pone.0134947.
- Bowman, D.C. and Paul, J.L. 1992. Foliar absorption of urea, ammonium, and nitrate by perennial ryegrass turf. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 75-79.
- Derckx, A.P., Orford, S., Griffiths, S., Foulkes, M.J. and Hawkesford, M.J. 2012. Identification of differentially senescing mutants of wheat and impacts on yield, biomass and nitrogen partitioning. *J. Integrative Plant Biology* 54: 555-566.
- Evans, J.R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiol.* 72: 297-302.
- 石川直幸・石岡巖 2017. 開花期尿素葉面散布はコムギ (*Triticum aestivum* L.) 子実カドミウム濃度を高める. *日作紀* 86(1): 15-23.
- 石丸知道・荒木雅登・荒木卓哉・山本富三 2015. 適子実タンパク質含有率からみた中華めん用コムギ品種「ちくし W2 号」の穂揃期後の窒素追肥時期. *日作紀* 84: 155-161.
- 岩渕哲也・田中浩平・松江勇次・松中仁・山口末次 2007. 開花期の窒素追肥がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」と「ニシノカオリ」の製粉性, 生地の物性および製パン適性に及ぼす影響. *日作紀* 76: 37-44.
- Khan, P., Memon, M.Y., Imtiaz, M. and Aslam, M. 2009. Response of wheat to foliar and soil application of urea at different growth stages. *Pak. J. Bot.*, 41: 1197-1204.
- Lawlor, D.W., Kontturi, M. and Young, A.T. 1989. Photosynthesis by Flag Leaves of wheat in relation to protein, ribulose biphosphate carboxylase activity and nitrogen supply. *J. Exp. Bot.* 40: 43-52.
- 村田資治・内山亜紀 2017. 山口県におけるパン用小麦品種「せときらら」の普及と品質向上の取り組みについて. *JATAFF ジャーナル: 農林水産技術* 5(7), 12-16.
- 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.
- 中司裕典・木村晃司 2011. 小麦「ニシノカオリ」における赤かび病防除同時尿素葉面散布. *山口農技センター研報* 2: 37-42.
- 宮脇武弘・松本純一・小河拓也・岩井正志 2013. パン用小麦「ミナミノカオリ」における出穂10日後追肥の子実タンパク質含有率への影響. *作物研究* 58: 39-41.
- 大山卓爾 1990. 植物栄養実験法. 博友社, 東京. 1-488.
- Pask, A.J.D., Sylvester-Bradley, R., Jamieson, P.D. and Foulkes, M.J. 2012. Quantifying how winter wheat crops accumulate and use nitrogen reserves during growth. *Field Crops Res.* 126: 104-118.
- 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.
- Serrago, R.A., Alzueta, I., Savin, R. and Slafer, G.A. 2013. Understanding grain yield responses to source-sink ratios during grain filling in wheat and barley under contrasting environments. *Field Crops Res.* 150: 42-51.
- 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.
- 島崎由美・赤坂舞子・渡邊好昭・大下泰生・松山宏美・平沢正 2015. 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. *日作紀* 84: 140-149.
- 島崎由美・渡邊好昭・関晶子・松山宏美・平沢正 2016. 窒素の開花期追肥が水田で栽培されたコムギの製パン性に及ぼす影響. *日作紀* 85: 294-301.
- 高田兼則・谷中美貴子・石川直幸・池田達哉・船附稚子 2017. 製パン性に優れ多収の硬質小麦新品種「せときらら」の育成. *農研機構報告 西日本農研* 17: 13-30.
- 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.
- Woolfolk, C.W., Raun, W.R., Johnson, G.V., Thomason, W.E., Mullen, R.W., Wynn, K.J. and Freeman, K.W. 2002. Influence of late-season foliar nitrogen applications on yield and grain nitrogen in winter wheat. *Agron. J.* 94: 429-434.
- 渡辺祐志・下野勝昭 1992. 尿素的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.

**Effects of Foliar Spraying of Urea on Grain Protein Content and Nitrogen Accumulation in Plant Organs in Bread Wheat Cultivar “Setokirara”** : Shunji INABA<sup>1)</sup>, Tadashi TAKAHASHI<sup>1)</sup>, Eiichiro KAMADA<sup>2)</sup>, Motoharu MURATA<sup>3)</sup>, Akihiko IKEJIRI<sup>3)</sup>, Aki UCHIYAMA<sup>3)</sup>, Kazuhiko KANEKO<sup>3)</sup>, Hideki ARAKI<sup>1)</sup> and Ken-Ichi TANNO<sup>1)</sup> (<sup>1)</sup>*Grad. Sch. of Tech. for Innov., Yamaguchi Univ., Yamaguchi 753-8515, Japan;* <sup>2)</sup>*Fac. of Edu., Nagasaki Univ.;* <sup>3)</sup>*Yamaguchi Pref. Agriculture and Forestry General Tech. Center*)

**Abstract** : “Setokirara”, a wheat cultivar for bread making, tends to have a low grain protein content in spite of its high yield. In this study, we examined the effect of applying nitrogen fertilizer after anthesis on the grain protein content and the nitrogen accumulation in plant organs. The nitrogen fertilizer was applied by two methods: spreading soil surface with ammonium sulfate and foliar spraying with urea in solution. Furthermore the foliar spraying was performed by three methods: (1) spraying the full amount at anthesis, (2) spraying half the amount at anthesis and the other half one week after anthesis and (3) spraying the full amount at one week after anthesis. The grain yield was not increased by any method of nitrogen topdressing. The grain protein content was increased by all methods of topdressing, but there were no differences between ammonium sulfate and urea, or with the time of applying urea. Nitrogen from foliar spraying of urea was temporarily accumulated in vegetative organs, leaf + chaff + culm, and then translocated to grains. Nitrogen from ammonium sulfate applied to the soil surface was also accumulated in vegetative organs in one season, but was accumulated directly in grain not through vegetative organs in another season. Both nitrogen content and SPAD value of leaves were increased by nitrogen topdressing, but dry matter weight was not increased. Nitrogen application increased chlorophyll accumulation in leaves, but surplus chlorophyll did not appear to increase dry matter production.

**Key words** : Bread wheat, Grain protein content, Nitrogen accumulation, Foliar spraying, Urea.

---