

穂肥窒素の増施が裸麦の登熟期間中の物質生産および窒素代謝に及ぼす影響

鎌田英一郎¹⁾・高橋肇²⁾・池尻明彦³⁾・内山亜希³⁾・金子和彦³⁾・松永雅志³⁾・荒木英樹²⁾・丹野研一²⁾

(¹⁾ 鳥取大学大学院連合農学研究科, (²⁾ 山口大学農学部, (³⁾ 山口県農林総合技術センター)

要旨：裸麦品種トヨノカゼを用い、登熟期間における器官別の乾物重ならびに窒素含有量の推移を調査した。試験は2012/2013年と2013/2014年に行い、施肥処理区は基肥－分けつ肥－穂肥の分施肥で2012/2013年、2013/2014年ともに窒素成分 (g m^{-2}) で4-2-6とした穂肥を増施した区を含む3処理区を設けた。有効茎1本あたりの器官別乾物重および窒素含有量は2012/2013年、2013/2014年ともにいずれの処理区も同様に推移した。乾物重は、地上部全体では両年次とも穂揃期後4週目にかけて増加し、子実では2012/2013年では穂揃期後2週目から成熟期にかけて、2013/2014年では穂揃期後2週目から5週目にかけて増加した。窒素含有量は、地上部全体では2013/2014年では登熟期間を通じて増加しなかったのに対して、2012/2013年では穂揃期後4週目から成熟期まで増加した。子実では2013/2014年では穂揃期後5週目以降は増加しなかったのに対して、2012/2013年では穂揃期後5週目以降もさらに増加した。このことから2012/2013年では登熟後期において、栄養器官からの転流だけでなく地中からの吸収によっても子実で増加したことが推察され、登熟後半で子実生長や窒素の吸収のしかたが年次によって異なっていた。

キーワード：後期重点型施肥、窒素含有率、窒素代謝、登熟期間、裸麦、穂肥。

裸麦の収量は、収量構成要素のうち穂数の寄与率が高く、追肥（穂肥）したり、施肥量を増したりすることで、穂数や一穂粒数を増加させて増収する（津森1992）。森ら（1994）も裸麦の収量は基肥＋追肥の分施肥体系が、とくに3月上旬に追肥することで全量基肥施肥と比べて増加することを報告している。鎌田ら（2014）も穂肥の増施による後期重点型施肥が穂数を増加させ、子実収量を増加させることを明らかにしてきた。

Kichey ら（2007）は、コムギにおいて、子実収量は施肥の多少に関わらず開花前に茎葉で吸収した窒素が開花後に子実へと転流した量と正の相関があることを報告しており、その量は多肥栽培で多いことを報告している。またコムギでは子実収量と窒素吸収量との間に有意な正の相関関係があることが報告されており（佐藤ら2011）、オオムギでも子実収量と窒素吸収量との間に極めて高い正の相関関係があることが報告されている（三枝ら1985）。Marinaccio ら（2015）は、オオムギにおいて、収量や品質は登熟期間中の群落の緑色が濃いほど高いことを報告しており、葉の老化の遅延は登熟期間を伸ばし、収量、全乾物重および千粒重を増加させることを示している。中鉢ら（1987）も、減数分裂期または穂揃期追肥により千粒重が増加することを報告しており、穂揃期の葉身窒素濃度が減数分裂期よりも0.2%高ければ千粒重が低下しないことを明らかにしている。一方、裸麦では減数分裂期や穂揃期といった生育後半の追肥により硝子率が向上することが報告されている（柳原ら1991）。硝子率は総施肥窒素量との間に高い正の相関関係があり（箕田ら2010）、原麦タンパク質含有率との間

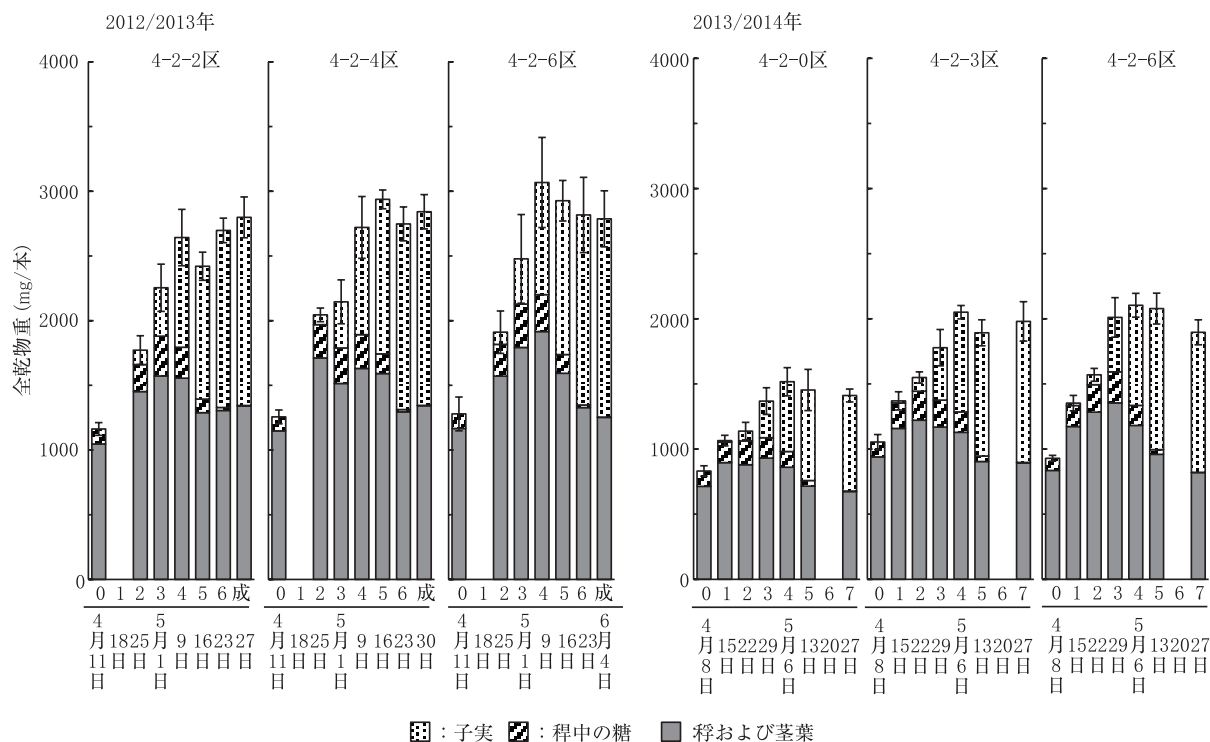
にも正の相関関係があることが報告されている（辻田ら2014）。

施肥した窒素が穂揃期にどのくらい植物体に吸収され、登熟期間を通じてどのように子実へと転流するか、施肥窒素と植物体の窒素代謝の関係を明らかにできれば、硝子率の発生を予測・抑制でき、多収かつ高品質の施肥体系を確立できるであろう。そこで、本研究では、裸麦において、穂肥を増施する後期重点型施肥栽培が登熟期間中の物質生産や窒素代謝にどのような影響を及ぼすか明らかにするため、穂揃期から成熟期にかけて、茎葉、稈、子実といった器官別の乾物重ならびに窒素含有量を調査し、比較・検討した。

材料と方法

試験は2012/2013年と2013/2014年の2作期にわたり、山口県農林総合技術センター（山口県山口市）の水田転換畑（灰色低地土、水稻跡）において、裸麦品種トヨノカゼを用いて窒素肥料の穂肥の量を異にする施肥処理を行い、登熟期間中の物質生産および窒素代謝について調査した。

施肥処理は2012/2013年において、基肥－分けつ肥－穂肥のうち、窒素成分で基肥 4 g m^{-2} 、分けつ肥 2 g m^{-2} とし、穂肥を 2 g m^{-2} 、 4 g m^{-2} 、 6 g m^{-2} とした3水準（4-2-2区、4-2-4区、4-2-6区）を設けた。4-2-6区は穂肥を 6 g m^{-2} 、総施肥量 12 g m^{-2} に増施する後期重点型施肥法である。2013/2014年では基肥 4 g m^{-2} 、分けつ肥 2 g m^{-2} とし、穂肥を 0 g m^{-2} 、 3 g m^{-2} 、 6 g m^{-2} とした3水準（4-2-0区、4-2-3区、4-2-6区）を設けた。



第1図 2012/2013年および2013/2014年における裸麦品種トヨノカゼの処理区別の穂揃期から成熟期における有効茎1本あたりの乾物重の推移。

図中のエラーバーは標準誤差を示す。横軸下の数字は穂揃期後週数を、「成」は成熟期を示す。

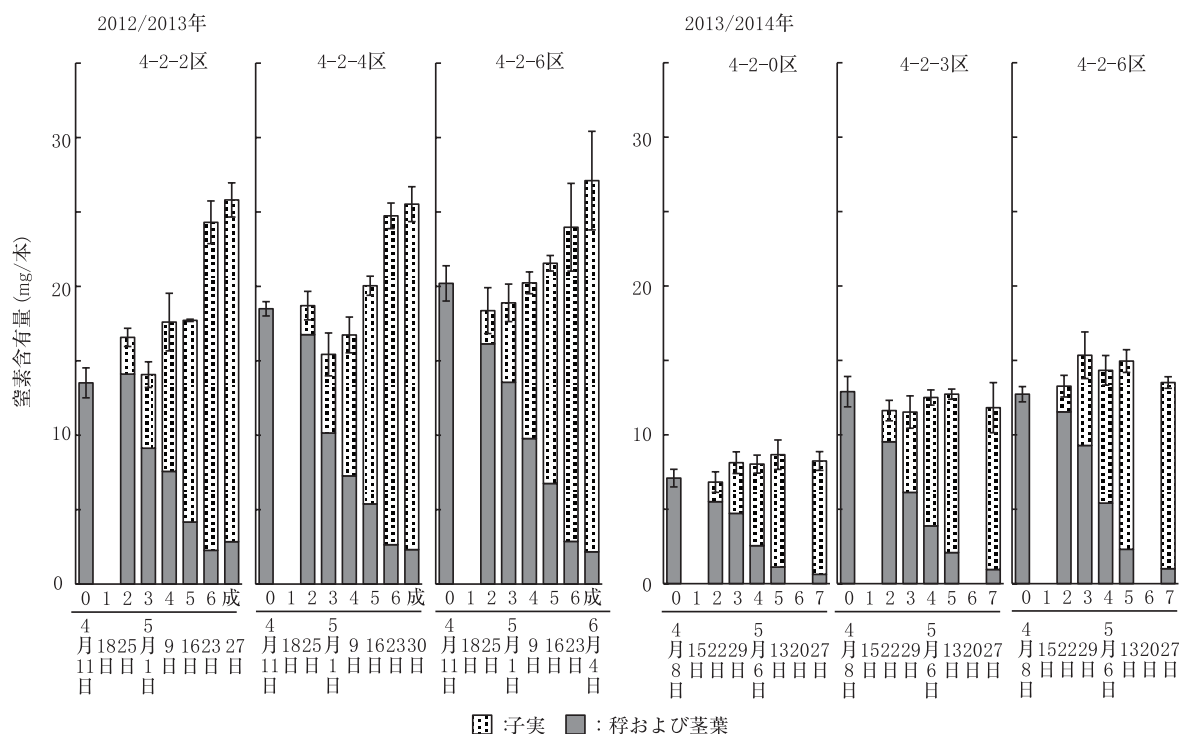
基肥には燐加安44号(N:14%, P_2O_5 :17%, K_2O :13%)を用い、2012/2013年は11月28日、2013/2014年は11月21日の播種期に施用し、分けつ肥には分けつ開始初期に燐加安V550(N:15%, P_2O_5 :5%, K_2O :20%)を用い、2012/2013年は1月31日、2013/2014年は1月29日に施用した。穂肥には幼穂形成期に燐加安V550を用い、2012/2013年は3月5日、2013/2014年は3月3日に施用した。試験区は2012/2013年が3反復乱塊法、2013/2014年が4反復乱塊法で配置した。播種は2012/2013年が11月28日、2013/2014年が11月21日に行った。播種方法は2作区ともすべての処理区で200粒 m^{-2} を畦幅150cmの4条のドリル播きとし、畦上で条間20cm、40cm、20cmの間隔に4条、各処理区2畦の計8条を配置した。

調査は、2012/2013年では穂揃期と穂揃期後2週目から1週間間隔で成熟期まで、2013/2014年では穂揃期から1週間間隔で穂揃期後5週目までと成熟期に、両年次とも計7回行い、器官別(茎葉、稈、子実)乾物重、程中の糖(水溶性炭水化物)含有率、器官別窒素含有率ならびに硝子率を調査した。また、子実収量は収穫期に収量構成要素とともに調査した。調査個体は各プロットの8条のうち3条目と4条目からそれぞれ15本の計30本を地際から刈取り、生育が中庸な20本を選抜し、器官別に分解後、110℃で30分、70℃で48時間以上通風乾燥させ、乾物重を秤量した。子実は穂から取り出し、乾物重を秤量した。稈の乾物重は穂の乾物重から子実の乾物重を引いたものとした。なお、

穂揃期後1週目の子実は、各処理区1反復のみ穂から取り出し秤量した。子実収量は収量調査区の2畦8条のうち3条目、4条目、5条目、6条目の中央4条について、1.5m×0.7m(1.05 m^2)を地際から刈取り、穂数を数えた後、110℃で30分、70℃で48時間以上通風乾燥させ、脱穀して得られた子実の重量を測定することにより求め、全乾物重は全植物体の乾物重を測定して求めた。千粒重は子実収量を調査した子実から無作為に千粒を取り出し、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により算出した。調査個体は乾物重を秤量後、フードプロセッサ(ZOJIRUSHI BM-HS08-GS)で粉碎した。これら試料を用いて、窒素含有率はケルダール法(大山1990)およびインドフェノール法(大山1990)により、糖(水溶性炭水化物)含有率はアンスロン硫酸法(Yemm and Willis 1954)により測定した。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。硝子率は、2012/2013年では原麦100粒を切断し硝子率判別器(ケット社製RN-840)を用いて測定した。2013/2014年では原麦50粒を穀粒横断器(グローベッカー式)を用いて切断後、目視により判別し1反復2回測定した。

結 果

第1図に2012/2013年および2013/2014年における裸麦品種トヨノカゼの処理区別の穂揃期から成熟期における有



第2図 2012/2013年および2013/2014年における裸麦品種トノカゼの処理区別の穂揃期から成熟期における有効茎1本あたりの窒素含有量の推移。

図中のエラーバーは標準誤差を示す。横軸下の数字は穂揃期後週数を、「成」は成熟期を示す。

効茎1本あたりの乾物重の推移を示した。4-2-6区は、2012/2013年において、地上部全体、稈および茎葉および子実が他の処理区に比べて登熟期間を通じて有意な差はみられず、他の処理区と同様に推移した。いずれの処理区も地上部全体では穂揃期から穂揃期後4週目にかけて増加し、その後は大きく増減しなかった。稈および茎葉では穂揃期4週目にかけて増加し、その後減少した。子実では穂揃期後2週目から成熟期にかけて増加した。

2013/2014年において、4-2-6区は地上部全体が、4-2-3区と比べると登熟期間を通じて有意な差がみられなかったが、4-2-0区と比べると穂揃期後1週目から5週目にかけて有意に重かった。いずれの処理区も穂揃期後4週目にかけて増加し、その後大きく増減せずその傾向は2012/2013年と同様であったが、2013/2014年が2012/2013年と比べて軽かった。4-2-6区は稈および茎葉が、4-2-3区と比べると登熟期間を通じて有意な差がみられなかったが、4-2-0区と比べると穂揃期後1週目から4週目にかけて有意に重かった。4-2-6区は4-2-0区と同様に穂揃期後3週目にかけて増加し、4-2-3区が穂揃期後2週目にかけて増加して、その後減少した。4-2-6区は子実が、4-2-3区と比べると登熟期間を通じて有意な差はみられなかったが、4-2-0区と比べると穂揃期後3週目から成熟期にかけて有意に重かった。いずれの処理区も穂揃期から穂揃期後5週目にかけて増加した。

第2図に2012/2013年および2013/2014年における裸麦

品種トノカゼの処理区別に穂揃期から成熟期における有効茎1本あたりの窒素含有量の推移を示した。4-2-6区は、2012/2013年において、地上部全体が4-2-4区と比べると登熟期間を通じて有意な差はみられなかったが、4-2-2区と比べると穂揃期と穂揃期後5週目において有意に多かった。いずれの処理区も穂揃期後4週目にかけて、一時減少する時期がみられるものの、大きな増減はなく、穂揃期後4週目以降大きく増加した。4-2-6区は稈および茎葉が、4-2-4区に比べて穂揃期後4週目において有意に多く、4-2-2区に比べると穂揃期、穂揃期後3週目および5週目において有意に多かった。いずれの処理区も穂揃期から成熟期にかけて減少した。4-2-6区は子実が他の処理区と比べて登熟期間を通じて有意な差はみられず、成熟期にかけて増加した。

2013/2014年において、4-2-6区は地上部全体が4-2-0区に比べて登熟期間を通じて有意に多かった。いずれの処理区も穂揃期から成熟期にかけて大きな増減は見られなかった。4-2-6区は稈および茎葉が、4-2-0区に比べて穂揃期から穂揃期後6週目にかけて有意に多かった。いずれの処理区も穂揃期から成熟期にかけて減少した。4-2-6区は子実が、4-2-3区に比べると登熟期間を通じて有意な差はみられなかったが、4-2-0区と比べると穂揃期後4週目から成熟期にかけて有意に多かった。いずれの処理区も穂揃期後5週目にかけて常に増加した。2013/2014年では、地上部全体、稈および茎葉、子実のいずれも登熟期間を通

第1表 2012/2013年および2013/2014年における裸麦品種トヨノカゼの処理区別の子実収量、全乾物重、収穫指数、収量構成要素、子実タンパク質含有率および硝子率。

処理区 [†] 年次	子実収量 (g m ⁻²)	全乾物重 (g m ⁻²)	収穫指数 (%)	穂数 (m ⁻²)	一穂粒数	千粒重 (g)	子実タンパク質含有率 (%)	硝子率 (%)
2012/2013年								
4-2-2 (8 g m ⁻²)	231 ^a	497 ^a	46.5	227	32.6 ^a	31.2	9.26	51.9
4-2-4 (10 g m ⁻²)	273 ^a	560 ^a	48.8	250	34.8 ^a	31.3	9.08	37.7
4-2-6 (12 g m ⁻²)	364 ^b	742 ^b	49.2	297	40.5 ^b	30.4	9.44	51.9
2013/2014年								
4-2-0 (6 g m ⁻²)	234 ^a	474 ^a	49.4	322	25.1 ^a	28.9	6.08	26.3 ^a
4-2-3 (9 g m ⁻²)	274 ^{ab}	558 ^{ab}	49.0	313	31.2 ^b	28.4	5.76	33.8 ^a
4-2-6 (12 g m ⁻²)	359 ^b	703 ^b	51.0	340	37.4 ^c	28.3	6.81	68.1 ^b

数値に付した異なる英小文字は Tukey の多重検定により、それぞれの年次において、処理区間に5%水準で有意差があることを示す。分散分析の結果、処理間に有意差がなかった形質については有意差を示す英小文字を付さなかった。

[†]施肥処理は、基肥-分けつ肥-穂肥の順で窒素成分量を、()は総施肥量を示す。

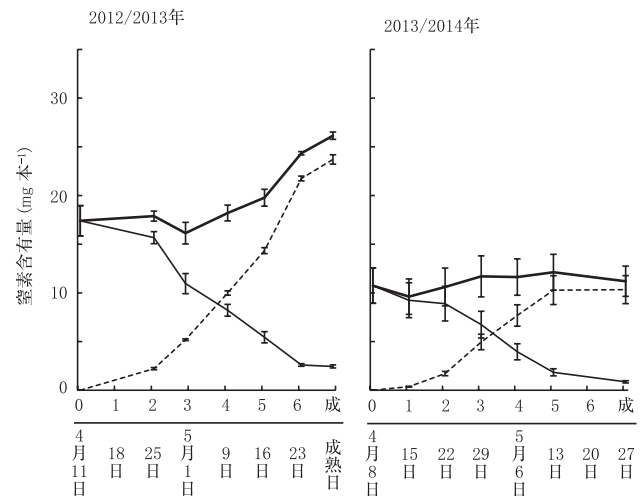
じて2012/2013年より少なく、地上部全体では登熟後半に増加しなかった。

第1表に2012/2013年および2013/2014年における裸麦品種トヨノカゼの処理区別に子実収量、全乾物重、収穫指数、収量構成要素、子実タンパク質含有率および硝子率を示した。4-2-6区は、子実収量が2012/2013年、2013/2014年でそれぞれ364 g m⁻²、359 g m⁻²と他の処理区よりも多かった。全乾物重も2012/2013年、2013/2014年とも700 g m⁻²以上であり、他の処理区よりも重かった。4-2-6区は穂数と千粒重が、2012/2013年、2013/2014年とも他の処理区と有意な差はなかったが、一穂粒数は2012/2013年、2013/2014年とも他の処理区よりも有意に多かった。4-2-6区は子実タンパク質含有率が、2012/2013年、2013/2014年とも他の処理区と有意な差はみられなかった。硝子率では2012/2013年では他の処理区と有意な差がみられなかったものの、2013/2014年では他の処理区よりも有意に高かった。なお、子実タンパク質含有率は2013/2014年がすべての処理区において2012/2013年に比べて著しく低かった。

考 察

本研究の結果、子実収量は穂肥を増施した4-2-6区が2012/2013年、2013/2014年とも、他の処理区に比べて全乾物重が重く、一穂粒数が多く、穂数も多くなる傾向がみられたために多かった(第1表)。裸麦の収量は、穂数の寄与率が高いことが報告されており(津森 1992)、後期重点型施肥により穂数が増加し増加することも報告されている(鎌田ら 2014)。しかし、本試験では穂肥増施が、全乾物重および一穂粒数に寄与して多収となった。

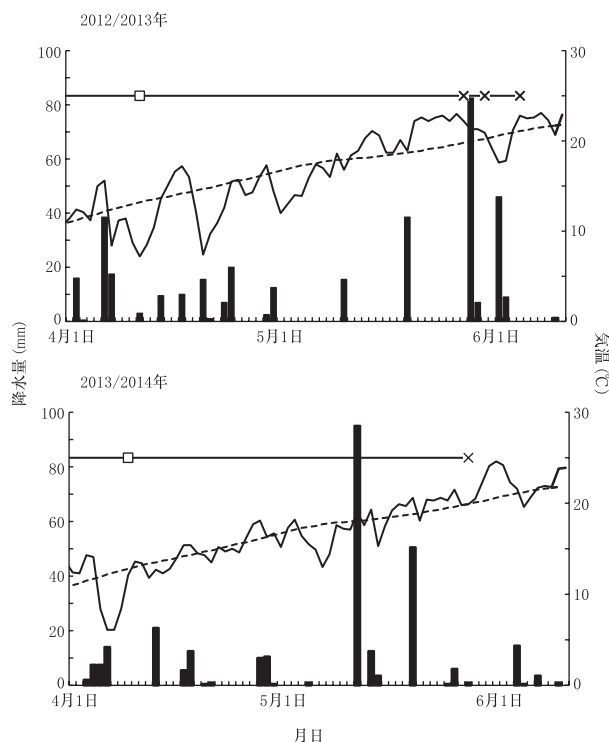
一方、4-2-6区は、2012/2013年、2013/2014年とも、子実タンパク質含有率が他の処理区に比べて差がみられず、硝子率も2013/2014年では有意に高かったものの、2012/2013年では有意差がみられなかった。子実タンパク



第3図 2012/2013年および2013/2014年の裸麦品種トヨノカゼの穂揃期から成熟期における有効茎1本あたりの窒素含有量の推移。

太線が地上部全体を、細線が穂および茎葉を、破線が子実の推移を示し、図中のエラーバーは標準誤差を示す。「成」は成熟期を示す。

質含有率は、裸麦において、基肥や穂肥を増施しても増加せず(鎌田ら 2014, 辻田ら 2014)、コムギにおいても、節間伸長期の追肥では増加しないことが報告されている(島崎ら 2014)。コムギでは、窒素施肥量を増加させると粗タンパク収量(収量×原粒粗タンパク含量)が増加するものの、子実タンパク質含有率は収量が増加するに伴い相対的に減少することが報告されている(江口ら 1969, Tribou 2006)。しかしながら、硝子粒は追肥窒素量を増加させると増加することが報告されており(Anderson 1985)、箕田ら(2010)は総窒素施肥量と硝子率との間に高い正の相関関係がみられることを、辻田ら(2014)は原麦タンパク質含有率と硝子率との間に正の相関関係がみられることを報告している。本試験結果では、4-2-6区で子実収量と一



第4図 2012/2013年および2013/2014年の裸麦品種トノカゼの登熟期間における降水量、平均気温および平年気温。棒グラフは降水量を折れ線グラフは平均気温を示し、破線は平年気温を示す。シンボルは□が穂揃期を、×はそれぞれ収穫した時期を示す。

穂粒数が多かったことから、穂肥の増施がシンクを増大して乾物生産に寄与したために相対的に子実タンパク質含有率が高まらなかったとも考えられ、穂肥追肥が子実タンパク質含有率を高め、硝子率を高めるという結論を得るには至らなかった。

登熟期間における有効茎1本あたりの窒素含有量も2012/2013年、2013/2014年ともに、4-2-6区は地上部全体、稈および茎葉、子実ともに他の処理区と差がなく、同様に推移していた。そこで、窒素含有量について2012/2013年、2013/2014年ともに3処理区を平均し、それぞれの推移を年次間で比較してみた(第3図)。その結果、地上部全体では2013/2014年で穂揃期から成熟期にかけて増減しなかったが、2012/2013年では穂揃期後4週目以降、成熟期にかけて大きく増加した(第3図)。子実では2013/2014年では穂揃期から穂揃期後5週目にかけて増加し、その後増減しなかったが、2012/2013年では穂揃期後5週目以降もさらに増加した。2012/2013年は穂揃期後4週目以降、子実の生長にともなって、栄養器官からの転流だけでなく地中からも窒素を吸収していることが推察された。

Przulj and Momcilovic (2003) は、オオムギにおいて、開花期までの乾物重と窒素含有量との間に正の相関があることを報告しており、Jamieson and Semenov (2000) は、子実の窒素は登熟開始時期の植物内の窒素供給量によって決

定されることを示している。また、オオムギにおいて、ほぼすべての窒素が開花期までに蓄積されることが報告されている(Przulj and Momcilovic 2003)。このように植物体中の窒素は、開花期までの吸収量が注目されてきた。本試験では、2013/2014年では穂揃期から成熟期までの窒素吸収量はわずかに 0.5 mg 本^{-1} であったが、2012/2013年では 9.0 mg 本^{-1} もあった。この差 8.5 mg 本^{-1} は成熟期における子実の窒素含有量で2012/2013年の 23.5 mg 本^{-1} と2013/2014年の 10.3 mg 本^{-1} との差 13.2 mg 本^{-1} の68%を説明した(第3図)。5月10日から5月27日までの登熟後半(穂揃期後4週目~穂揃期後7週目)において、2012/2013年では平均気温 20.7°C 、降水量 54 mm 、2013/2014年では平均気温 19.2°C 、降水量 168 mm であり、2012/2013年は高温で、2013/2014年では多雨で経過した(第4図)。コムギにおいて、出穂期後30日以降の降雨は千粒重と負の相関関係にあることが報告されているが(徳永 1959)、本試験では登熟後半の降雨が窒素吸収にまで影響を及ぼしたのかもしれない。

引用文献

- Anderson, W.K. 1985. Grain yield responses of barley and durum wheat to split nitrogen applications under rainfed conditions in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 12: 191-202.
- 中鉢富夫・水多昭雄・沼倉正二・加藤精一・柳原元一 1987. ナトリオオムギの施肥法と収量・千粒重の関係. *東北農業研究* 40: 115-116.
- 江口久夫・平野寿助・吉田博哉 1969. 暖地における小麦の良質化栽培に関する研究(第2報) 3要素施用量および窒素の施用時期・施肥法と品質との関係. *中国農試研報* 17: 81-111.
- Jamieson, P.D. and Semenov, M.A. 2000. Modelling nitrogen redistribution in wheat. *Field Crops Res.* 68: 21-29.
- 鎌田英一郎・池尻明彦・高橋肇・前岡庸介・内山亜希・金子和彦・中司祐典・金岡夏美・荒木英樹・丹野研一 2014. 裸麦の収量および登熟生理に及ぼす穂肥窒素による後期重点施肥の影響. *日作紀* 83: 1-8.
- Kichey, T., Hirel, B., Heumez, E., Dubois, F. and Le Gouis, J. 2007. In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilization to the grain correlates with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crops Res.* 102: 22-32.
- Marinaccio, F., Reyneri, A. and Blandino, M. 2015. Enhancing grain yield and quality of winter barley through agronomic strategies to prolong canopy greenness. *Field Crops Res.* 170: 109-118.
- 箕田豊尚・重松統・柳澤貴司・長嶺敏・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. *埼玉農総研研報* 10: 37-47.
- 森芳史・藤田究・多田伸司・石井清文・井之川育篤・吉田一史 1994. 香川県における裸麦の新奨励品種「イチバンボシ」について. *香川県農試報* 45: 11-19.
- 大山卓爾 1990. 植物栄養実験法. 博友社, 東京. 1-488.
- Przulj, N. and Momcilovic, V. 2003. Dry matter and nitrogen accumulation and use in spring barley. *Plant Soil Environ.* 49: 36-47.
- 三枝正彦・庄子貞雄・伊藤純 1985. 黒ボク土下層の酸性と大麦への

- 窒素分施効果. 土肥要旨集 31: 154.
- 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.
- 徳永初彦 1959. コムギの登熟に及ぼす生育末期の気象条件について. 日作九支報 35: 94-96.
- Triboi, E., Martre, P., Girousse, C., Ravel, C. and Triboi-Blondel, A. 2006. Unravelling environmental and genetic relationships between grain yield and nitrogen concentration for wheat. *Eur. J. Agron.* 25: 108-118.
- 辻田泉・木村浩・山口憲一 2014. はだか麦の早播栽培における播種量と基肥窒素量が生育と収量・品質に与える影響. 愛媛県農林水産研究報告 6: 27-33.
- 津森重邦 1992. 讃岐の麦－はだか麦の栽培改善 (2). 農及園 67: 683-688.
- 柳原元一・星川清親・飯沼千史 1991. 六條オオムギのガラス質粒発生におよぼす追肥量および追肥時期の影響. 日作東北支部報 34: 45-46.
- Yemm, E.W. and Willis, A.J. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem. J.* 57: 508-514.

Effect of Topdressing Nitrogen Fertilizer at the Spike Formation Stage on Dry-matter Production and Nitrogen Metabolism in Naked Barley Cultivar during the Ripening Period : Eiichiro KAMADA¹⁾, Tadashi TAKAHASHI²⁾, Akihiko IKEJIRI³⁾, Aki UCHIYAMA³⁾, Kazuhiko KANEKO³⁾, Masashi MATSUNAGA³⁾, Hideki ARAKI²⁾ and Ken-Ichi TANNO²⁾ (¹⁾*The Graduate School of Agr., Tottori Univ.*; ²⁾*Fac. of Agr., Yamaguchi Univ. Yamaguchi 753-8515, Japan*; ³⁾*Yamaguchi Pref. Agriculture and Forestry General Technology Center*)

Abstract : We investigated the changes in dry weights and nitrogen contents of plant organs during the grain filling period in naked barley cultivar “Toyonokaze.” Three treatments with different amounts of nitrogen fertilizer at the spike formation stage (SFS) were given in 2012/2013 and 2013/2014. Changes in dry weight and nitrogen content of each productive stem were similar in all the treatments in both seasons. Total dry weight increased from full heading time (FHT) to four weeks after FHT in both seasons. Grain weight increased from two weeks after FHT to maturity in 2012/2013, and did from two weeks to five weeks after FHT in 2013/2014. The amount of nitrogen in the total above-ground part increased from four weeks after FHT to maturity in 2012/2013, while it did not increase during the grain filling period in 2013/2014. That in the grain increased throughout the grain filling period in 2012/2013, but not from five weeks after FHT to maturity. The nitrogen in grain might come not only from vegetative organs by remobilization, but also from absorption from soil during the grain filling period. Thus, how the grain accumulated nitrogen during the later grain filling period varied with the experimental season.

Key words : Naked barley, Nitrogen contents, Nitrogen metabolism, Ripening period, Topdressing at spike formation stage, Topdressing emphasizing later stage.