

水田における小麦「ゆめかおり」の 製パン適性に優れるタンパク質含有率を確保する施肥方法

新井友輔・高橋慶太*・廣岡政義^{2*}

要 旨

「ゆめかおり」は実需者からの評価が高い硬質小麦であり生産拡大を要望されている。これまで畑を中心に作付けされてきたが、今後は水田における作付けの拡大が見込まれている。そこで、淡色多湿黒ボク土水田ほ場において、製パン性に優れるタンパク質含有率13%程度を確保するための施肥条件について検討を行った。その結果、淡色多湿黒ぼく土水田圃場での適正条件は、基肥窒素量として6～7kg/10a、茎立期追肥窒素量として2～4kg/10a、開花期追肥窒素量として1～2kg/10a程度であることが明らかとなった。適正な開花期追肥窒素量は、使用する肥料の種類や茎立期追肥窒素量によって影響を受けるため、状況に合わせた調節が必要と考えられた。

結 言

群馬県における小麦作付面積は、5,380ha(2022年産)であり、そのうち約270haにおいて硬質小麦品種「ゆめかおり」¹⁾が作付けされている。「ゆめかおり」は従来品種の「ダブル8号」²⁾と比較し、製パン性が良好で、収量が同程度、うどんこ病や縞萎縮病への抵抗性に優れる³⁾ことから、2019年に奨励(認定)品種として採用された。

国産麦は、食料安全保障と価格安定の両面で重要性が増しており、国においては、小麦の生産量の増加を目標に掲げ、国産化を推進するため「麦・大豆生産技術向上事業」等を実施している。このような状況の中、群馬県では実需からの評価が高いパン用小麦「ゆめかおり」の生産拡大が期待されている。導入当初から畑地での作付けを中心に現地栽培が進められてきた「ゆめかおり」であるが、今後の生産拡大を想定すると水田での作付けが必要である。しかし、水田での栽培は根の養分吸収機能の低下や養分の流亡により畑栽培と比較してタンパク質含有率が上がりにくく⁴⁾、慣行の栽培法では目標とするタンパク質含有率の確保が難しい。パン・中華めん用小麦の交付金ランク区分のタンパク質含有率基準値は11.5～14.0%であるが、製パン適性を考慮すると

実需が求めるタンパク質含有率は13～14%である⁵⁾。そこで、水田栽培において13%程度のタンパク質含有率確保を目的に施肥方法を検討した。

試験方法

1 基肥+茎立期追肥の検討

稲麦研究センター内水田ほ場(前橋市江木町、標高120m、淡色多湿黒ボク土)で、2019年から2021年まで実施した。試験区は条間60cmの条播で7.2m²(2.4m×3m)とした。播種日は、2019年11月22日、2020年11月20日、2021年11月20日、播種量は7.0kg/10aとした。施肥水準は、基肥として窒素成分で4、6、8、10kg/10a(高度化成14-14-14)施用し、PK40でリン酸とカリの施用量をそろえた。茎立期追肥として窒素成分で0、2、4kg/10a施用し、小麦の主稈長が2.0cmに達した時期を見安に硫酸により実施した。試験区は3区制の乱塊法で設置した。坪刈りは1.2m²(1.2m×1m)で、試験区ごとに収穫適期に実施した。穂数を計測してから脱穀、脱芒し収穫物調査をした。なお生育調査及び収穫物調査の項目は奨励品種決定調査に準じて実施した⁶⁾。

* 現 群馬県農政部東部農業事務所

2* 現 群馬県農政部中部農業事務所

2 茎立期追肥+開花期追肥の検討

2020年、2021年に実施し、試験地、播種条件、収穫条件及び調査項目は前述の試験と同様である。施肥水準は基肥として窒素成分で6kg/10a、茎立期追肥として硫安により窒素成分で0、2、4kg/10a（施

肥の時期は前述の試験と同様）、開花期追肥として無追肥区に加え2.0%尿素溶液の葉面散布により窒素成分で1.0、1.5kg/10a、硫安により窒素成分で2.0、4.0kg/10a施用した区を設けた。なお、2.0%尿素溶液の散布は動力式噴霧器で葉面散布した。

表1 基肥窒素量及び茎立期追肥窒素量試験における調査結果^{a)b)}

	基肥 N 量	追肥 N 量	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	倒伏 ^{d)}	赤さび病	うどんこ病	収量 ^{e)}	千粒重	容積重	タンパク質含有率 ^{f)}	品質 ^{g)}
	kg/10a	kg/10a	月/日	月/日	cm	cm	本/m ²	0-5	0-5	0-5	kg/10a	g	g/l	%	
基肥窒素量	4	-	4/20	6/5	98	7.7	548a	0.2	0.0	0.1	426	43.5	847	12.0	2.1
(基肥 N 量)	6	-	4/20	6/5	100	7.8	602ab	0.2	0.0	0.1	463	43.4	849	11.9	2.1
	8	-	4/20	6/5	102	7.9	628b	0.3	0.0	0.0	483	42.7	849	11.9	2.0
	10	-	4/20	6/5	102	8.1	628b	0.8	0.0	0.0	498	42.7	849	12.3	2.2
茎立期追肥窒素量	-	0	4/20	6/5	100	7.7	577	0.2	0.0	0.0	430a	43.0	847a	11.5a	2.2
(追肥 N 量)	-	2	4/20	6/6	101	7.9	613	0.4	0.0	0.1	474ab	42.9	849ab	12.0ab	2.1
	-	4	4/20	6/6	101	7.9	613	0.5	0.0	0.1	498b	43.2	850b	12.5b	2.0
分散分析 ^{c)}															
基肥 N 量			-	-	n. s.	n. s.	*	-	-	-	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
追肥 N 量			-	-	n. s.	n. s.	n. s.	-	-	-	*	n. s.	*	**	n. s.
基肥 N 量×追肥 N 量			-	-	n. s.	n. s.	n. s.	-	-	-	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

a) 2019、2020、2021 年産の成績

b) 数値横の英小文字は、処理区内比較において異なる文字間で有意であることを示す(Tukey 法)

c) 分散分析の「n. s.」は有意差がないこと、「*」は 5%水準、「**」は 1%水準で有意差があることを示す

d) 倒伏は 0 (無) 1 (微) 2 (少) 3 (中) 4 (多) 5 (甚) の 6 段階評価

e) 収量は篩目 2.2 mm で調整し、水分 12.5%換算

f) タンパク質含有率は近赤外光分析 (静岡精機 GS-2000) による含有率であり、13.5%換算

g) 品質は農産物検査 1 等相当 (1、2、3) 2 等相当 (4、5)、規格外 (6) の 6 段階評価

表2 茎立期追肥窒素量及び開花期追肥試験における調査結果^{a)b)}

	追肥 N 量	開花期 N 量	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	倒伏 ^{d)}	赤さび病	うどんこ病	収量 ^{e)}	千粒重	容積重	タンパク質含有率 ^{f)}	品質 ^{g)}
	kg														
	/10a	kg/10a	月/日	月/日	cm	cm	本/m ²	0-5	0-5	0-5	kg/10a	g	g/l	%	
茎立期追肥窒素量	0	-	4/18	6/5	102	7.6	588 a	0.3	0.0	0.0	420 a	43.6	842	12.0	1.8
(追肥 N 量)	2	-	4/19	6/5	103	7.7	623 ab	0.4	0.0	0.0	465 ab	43.7	845	12.5	1.8
	4	-	4/19	6/5	103	7.8	670 b	0.5	0.0	0.0	488 b	43.6	845	12.9	1.9
尿素葉面散布	-	0.0	4/18	6/4	101	7.6	612	0.4	0.0	0.0	430	43.5	848	12.1	1.8
	-	1.0	4/19	6/5	104	7.8	631	0.6	0.0	0.0	472	43.5	843	12.5	2.1
	-	1.5	4/19	6/5	103	7.7	637	1.3	0.0	0.0	471	43.9	841	12.9	1.6
分散分析 ^{c)}															
追肥 N 量			-	-	n. s.	n. s.	*	-	-	-	*	n. s.	n. s.	n. s.	-
尿素 N 量			-	-	n. s.	n. s.	n. s.	-	-	-	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	-
追肥 N 量×尿素 N 量			-	-	n. s.	n. s.	n. s.	-	-	-	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	-
硫安散布	-	0.0	4/18	6/4	101	7.6	612	0.2	0.0	0.0	430	43.5	848	12.1 c	1.8
	-	2.0	4/19	6/5	101	7.8	581	0.2	0.0	0.0	441	44.2	840	13.8 b	2.4
	-	4.0	4/18	6/6	101	7.7	599	0.4	0.0	0.0	453	46.7	838	15.1 a	2.4
分散分析 ^{c)}															
追肥 N 量			-	-	n. s.	n. s.	*	-	-	-	*	n. s.	n. s.	n. s.	-
硫安 N 量			-	-	n. s.	n. s.	n. s.	-	-	-	n. s.	n. s.	n. s.	*	-
追肥 N 量×硫安 N 量			-	-	n. s.	n. s.	n. s.	-	-	-	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	-

a) 2020、2021 年産の成績

b) 数値横の英小文字は、処理区内比較において異なる文字間で有意であることを示す(Tukey 法)

c) 分散分析の「n. s.」は有意差がないこと、「*」は 5%水準、「**」は 1%水準で有意差があることを示す

d) 倒伏は 0 (無) 1 (微) 2 (少) 3 (中) 4 (多) 5 (甚) の 6 段階評価

e) 収量は篩目 2.2 mm で調整し、水分 12.5%換算

f) タンパク質含有率は近赤外光分析 (静岡精機 GS-2000) による含有率であり、13.5%換算

g) 品質は農産物検査 1 等相当 (1、2、3) 2 等相当 (4、5)、規格外 (6) の 6 段階評価

結 果

1 基肥+茎立期追肥の検討

基肥窒素量及び茎立期追肥窒素量の結果を表1に示す。タンパク質含有率は基肥窒素量の比較において有意な違いは認められなかったが、茎立期追肥の比較では、4kg/10a 区が 0kg/10a 区と比較して有意に高くなった。

一方で、生育収量関係項目においては、基肥窒素量は穂数に影響を与え、8kg/10a 区と 10kg/10a 区は 4kg/10a 区に比べ穂数が多くなった。しかし、収量については、各施肥水準内のばらつきが大きく有意な違いは認められなかった。また、茎立期追肥は収量に影響を与え、4kg/10a 区は 0kg/10a 区に比べ有意に収量が多くなった。

2 茎立期追肥窒素量+開花期追肥窒素量の検討

茎立期追肥窒素量及び開花期追肥窒素量の結果を表2に示した。

茎立期追肥では、タンパク質含有率は、有意な差はないものの、窒素量の増加によって増加傾向であった（表2）。

開花期追肥の尿素葉面散布においても、タンパク質含有率に有意な差はみられなかったが、窒素量の増加によって増加傾向であった（表2）。タンパク質含有率 13%程度を確保できた施肥の組み合わせは茎立期追肥の窒素成分が 2kg/10a の場合は開花期に尿素葉面散布で窒素成分 1.5kg/10a、4kg/10a の場合は開花期に尿素葉面散布で窒素成分 1.0、1.5kg/10a であった（図1）。なお、尿素葉面散布時に懸念される葉焼け症状は見られなかった。

開花期追肥の硫安散布においては、タンパク質含有率に有意な差が見られた（表2）。タンパク質含有率 13%程度を確保できた施肥の組み合わせは茎立期追肥の窒素成分が 0kg/10a の場合は開花期に硫安により窒素成分で 2.0kg/10a、茎立期追肥の窒素成分が 2.0kg/10a の場合は開花期に硫安により窒素成分で 2.0kg/10a であった。

窒素成分 1kg 当たりのタンパク質含有率の増加程度は尿素葉面散布で 0.52 ポイント、硫安で 0.77 ポイントであった（図3）。

生育収量関係項目においては、開花期追肥による有意な差はなかった（表2）。

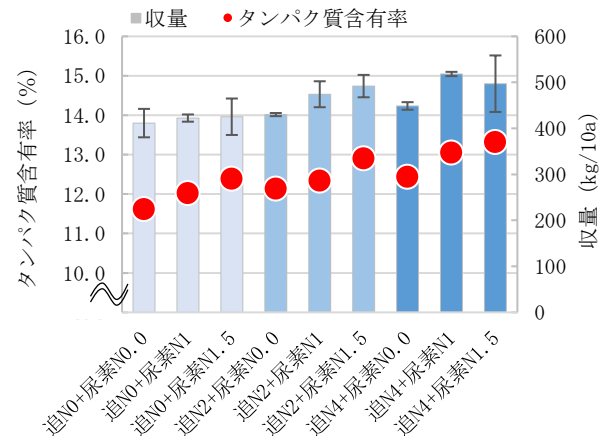


図1 尿素葉面散布がタンパク質含有率と収量に及ぼす影響
注1) 基肥N6kg/10a, 横軸ラベルは茎立期追肥+開花期追肥
注2) エラーバーは標準誤差を示す

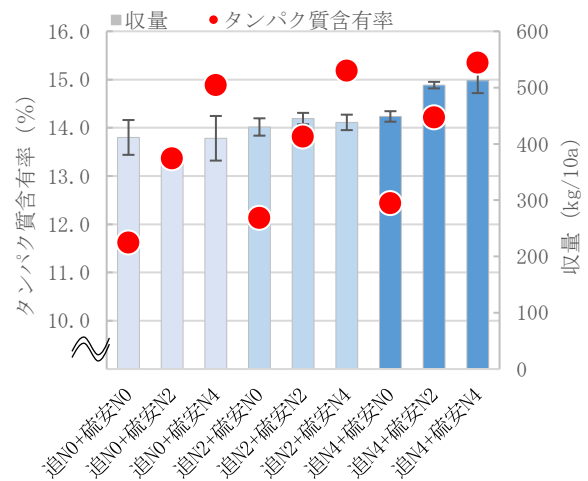


図2 硫安散布がタンパク質含有率と収量に及ぼす影響
注1) 基肥N6kg/10a, 横軸ラベルは茎立期追肥+開花期追肥
注2) エラーバーは標準誤差を示す

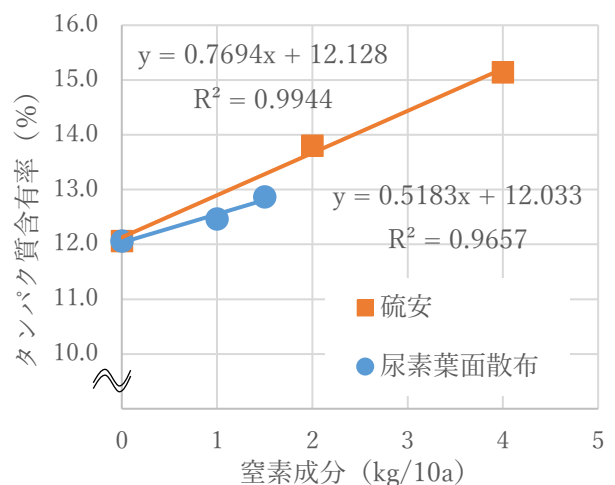


図3 開花期における窒素施肥量とタンパク質含有率の関係
注1) 各処理の2か年3反復の平均値
注2) 直線は各肥料における窒素量及びタンパク質含有率の回帰式を示す

考 察

施肥水準を検討すると、基肥はタンパク質含有率への影響が見られないことから、穂数確保と倒伏防止、経済性を重視し、窒素成分として6～7kg/10aが適正と考えられる。また、茎立期追肥は、収量確保の観点から、窒素成分として2～4kg/10aが適正と考えられる。この範囲が施肥量の目安となるが、小麦の生育は土壌条件及び気象条件に影響するため、生育に応じた施肥量の調整が望まれる。なお、「ゆめかおり」は本県における栽培条件で他の品種と比較して長稈傾向であり³⁾、倒伏が助長される懸念があるため、茎立期の多肥施用には注意する必要がある。上記した基肥及び茎立期における施肥量はすでに普及している畑での栽培と同様の水準であり、生産者の作業負担はこれまでと変わらないと考えられる。

茎立期の追肥のみではタンパク質含有率13%に達しないため、尿素葉面散布または硫安散布による開花期追肥で確保する必要がある。茎立期追肥の施肥量によっても開花期に必要な窒素量は異なり、本試験では茎立期追肥が窒素成分2kg/10aの場合は開花期追肥として尿素葉面散布で窒素成分1.5kg/10a(図1)または硫安散布で窒素成分2kg/10a(図2)、茎立期追肥が窒素成分4kg/10aの場合は開花期追肥として尿素葉面散布で窒素成分1.0、1.5kg/10a(図1)を散布することで、タンパク質含有率13%を確保できた。

一方で開花期に硫安で窒素成分4.0kg/10a施用すると、タンパク質含有率は15.1%に達した。これは、パン・中華めん用小麦の交付金ランク区分基準値の上限を超えており、今回のほ場条件(淡色多湿黒ボク土)では過度な施肥であることが明らかとなった。

窒素成分1kg当たりのタンパク質含有率の増加程度は尿素葉面散布で0.52ポイント、硫安で0.77ポイントとなった。高山ら⁷⁾は、開花期追肥は窒素成分1kg/10a当たりタンパク質含有率を約0.5ポイント高めると報告しており、尿素葉面散布の結果はこれと同様であった。硫安の場合は葉面散布よりもタンパク質含有率の増加程度は大きい結果となった。このことから、本試験で得られた肥料資材ごとのタンパク質含有率の増加程度は、開花期の窒素成分量を検討する際の参考になると考える。

製パン適性及びパン・中華めん用小麦の交付金ランク区分基準値の上限14.0%以内を目標とすると、開花期追肥の窒素成分は1～2kg/10a程度が適切と

考えられる。なお、水田ほ場でも低地土のような特にタンパク質含有率が上がりにくいほ場^{8) 9) 10)}における作付けでは、13%程度のタンパク質含有率を確保するために、窒素成分2kg/10a以上の追肥が必要であることが予想される。

本試験では尿素葉面散布の溶液濃度を2.0%で実施し、懸念される葉焼け症状は発生しなかった。窒素成分を高めるためにはより高濃度での散布が想定されるが、濃度6.0%以上で葉面散布した場合においても、葉焼け症状が発生したものの、収量及び収量構成要素である子実重、千粒重、容積重の低下、屑麦重の増加は認められず、品質の低下もないと報告されている^{11) 12)}。

開花期の施肥方法については、生産者の作業負担を考慮すると硫安散布よりも尿素葉面散布の方が導入しやすいと考える。硫安散布であれば、動力式散布機等では場周縁を歩きながらの散布が必要である。一方、尿素葉面散布であれば、赤カビ防除と同時施用が可能である。本試験では尿素溶液を混和した赤カビ病の防除効果の検証はしていないが、単一での散布と比較し発病及びカビ毒の蓄積に変化はなく、薬剤の効果は尿素の混合により低下しないことが中島らにより報告¹³⁾されている。

これまで、尿素葉面散布でタンパク質含有率を確保する方法を検証してきたが、開花期の尿素葉面散布は製パン性が向上することが明らかとなっている。これは、タンパク質を構成するグリアジンとグルテニンの構成比に影響を与え、グリアジンに対するグルテニンの比率が高くなるためだとされている¹⁴⁾。

本試験によって、淡色多湿黒ボク土水田ほ場における製パン適性を考慮したタンパク質含有率13%程度を確保する施肥水準(基肥窒素量6～7kg/10a、茎立期追肥窒素量2～4kg/10a、開花期追肥窒素量1～2kg/10a程度)が提示された。

引用文献

- 1) 長野県農業試験場作物部・育種部. 2009. 「ゆめかおり（東山 42 号）」は製パン性に優れ、諸病害に強い硬質小麦である. 普及に移す農業技術. 1:1-7
- 2) 高橋利和ら. 2003 小麦新品種「ダブル 8 号」の育成. 群馬県農業試験場研究報告 8:9-14
- 3) 大久保英奈ら. 2022. 硬質小麦奨励（認定）品種「ゆめかおり」の品種特性. 群馬県農業技術センター研究報告. 19:47-4
- 4) 田野崎真吾ら. 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
- 5) 製粉協会技術委員会. 2023. 国内小麦の品質評価.
- 6) 群馬県. 2020. 群馬県主要農作物奨励品種審査要領 奨励品種決定調査の方法.
- 7) 高山敏之ら. 2004. コムギにおける出穂 10 日後追肥の効果. 日作紀. 72(2):157-162
- 8) 渋川洋ら. 2018. 開花期追肥がパン用小麦品種「ゆめかおり」の子実タンパク質含有率および子実灰分に及ぼす影響. 北陸作物学会報. 53:16-19
- 9) 佐藤暁子ら. 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(4):616-622
- 10) 飯田幸彦ら. 1989. 小麦品質の土壌・品質による変動について—蛋白質含有率・粉色の変動—日作紀関東支部会報 4:113-114
- 11) 森下星子ら. 2022. 省力化を目的とした粒状尿素および尿素液肥を利用したコムギ“ふくはるか”の開花期追肥技術. 奈良農研セ研報 53:53-61
- 12) 竹内実ら. 2006. 醤油醸造用硬質コムギの高タンパク質化へ向けた施肥法について. 日作九支報. 72:25-28
- 13) 中島隆ら. 2012. 硬質コムギおよび二条オオムギにおける出穂後尿素葉面散布は赤かび病の発病とかび毒蓄積に影響しない. 九州病害虫研究会報. 58:7-13
- 14) 小田木美保ら. 2021. 尿素葉面散布の窒素追肥による硬質小麦「ゆめかおり」の製パン性の向上. 日本家政学会誌. 72(2):86-94

(Key Words : Hard wheat , Grain protein content ,Nitrogen topdressing)

Nitrogen Dressing to Improve the Protein Content and Provide Excellent Bread-Making Properties of Wheat Cultivar ‘Yumekaori’ in Paddy Fields

Yusuke ARAI ,Keita TAKAHASHI and Masayoshi HIROOKA

Summary

Wheat cultivar ‘Yumekaori’ has been highly evaluated and is in demand by consumers, and there are requests for increased production. In the future, in addition to field cropping, it is expected that cultivation will expand into rice paddies. Therefore, we investigated fertilization methods for the purpose of improving the protein content in a field with andosol soil. We found that 6–7 kg/10 a of basal nitrogen, 2–4 kg/10 a of nitrogen topdressing at jointing stage, and 2.0 kg/10 a of nitrogen topdressing at flowering stage are appropriate conditions. Also, since additional fertilization at the flowering stage is affected by the type of fertilizer used and the amount of nitrogen topdressing at jointing stage, it is necessary to adjust according to the situation.