

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

森下星子*・小林幹生・福田和明**・杉山高世

Labor-saving Method of Nitrogen Topdressing with Granular Urea or Urea Solution at Anthesis of Wheat Cultivar ‘Fukuharuka’

MORISHITA Seiko, KOBAYASHI Mikio, FUKUDA Kazuaki and SUGIYAMA Takatsugu

Key Words: Wheat, Grain protein content, Nitrogen topdressing

緒言

コムギの子実タンパク質含有率は、生地物性の強さや製麺性、製品品質といった加工適性を決定づける重要な指標である。これまでに、コムギの子実タンパク質含有率は開花期の窒素施用により向上することが報告されており（高山ら，2004；島崎ら，2015），奈良県奨励品種‘ふくはるか’では、窒素施用量 0～12kg/10a の範囲において窒素施用量と子実タンパク質含有率に高い正の相関があることが明らかとなっている（辻ら，2015；森下ら，2018）。

奈良県産‘ふくはるか’は日本めん用品種で、単体では中力粉として使用されるため、子実タンパク質含有率10%以上で平準化することが求められている。そこで、「小麦「ふくはるか」の栽培暦（平坦地域）」（奈良県，2015）では、子実タンパク質含有率を10%とすることを目標に、標準的な開花期の窒素施用量を4kg/10aに定めている。しかし近年県内の一部地域では、素麺加工に対応するために、開花期に窒素成分8～10kg/10aを施用している（森下ら，2018）。開花期追肥作業は背負動力散布器による硫安（窒素成分21%）の施用が一般的であり、散布器を背負って畦や圃場内を歩きながら、10aあたり20～50kgの肥料を均一に散布する作業は、労働負担が著しく大きい。一方、県外では、半量以下の散布量で硫安と同等の窒素成分を施用できる粒状尿素（窒素成分46%）の利用と、ブームスプレイヤによる尿素液肥の葉面散布が、省力的な追肥技術として産地に導入されている（福岡県農林水産部経営技術支援課，2018；岩井ら，1995；森田ら，2016；中司・木村，2011）。特に尿素液肥はコムギ赤かび病の防除薬剤と

混ぜて散布できることが示唆されており（中司・木村，2011；中島ら，2012；竹内ら，2006），一部の産地で技術導入が開始されている（福岡県農林水産部経営技術支援課，2018）。しかしながら、‘ふくはるか’を供試品種として粒状尿素および尿素液肥を開花期に施用した報告は未だ無い。また尿素液肥については、他品種において窒素施用量が多い場合に葉焼けが発生することが報告されているが（中司・木村，2011；竹内ら，2006），窒素成分8kg/10a以上を施用した例や品質への影響を詳細に調査した報告は少ない。そこで、本研究では‘ふくはるか’の省力的な開花期追肥技術として粒状尿素および尿素液肥の利用を検討するため、2018年産と2019年産で開花期における窒素4，8および12kg/10aの施用に粒状尿素および尿素液肥を使用し、生育、収量および品質への影響を調査した。また、2020年産では尿素液肥とコムギ赤かび病防除薬剤の同時施用を想定して、尿素液肥に展着剤を添加し、生育、収量および品質への影響を硫安と比較した。

材料および方法

2018～2020年産の3ヶ年に奈良県農業研究開発センター（桜井市池之内）の水田転換畑4号田において、‘ふくはるか’を供試品種として栽培試験を行った。各年産における耕種概要を第1表に示した。開花期追肥の方法を除き、同年産においては全ての試験区で同様の栽培管理を行った。播種日は11月20日を基準とし、天候や圃場の排水状況に合わせて調整した。土壌改良資材として苦土石灰を10a当たり

*現 奈良県食と農の振興部畜産課

**現 公益財団法人日本植物調節剤研究協会北海道研究センター

100kg 施用した。基肥として 10a 当たり成分で, N, P および K をそれぞれ 8.0kg, 5.7kg, 7.4kg 施用し, 分けつ肥として 2 月 10 日前後に N と K をそれぞれ 3.0kg, 3.8kg 施用した。開花期追肥の時期は全有効茎の 40~50%が開花した日(開花期)を基準とした。尿素液肥のうち窒素 8kg/10a と 12kg/10a 施用では, 葉焼けを緩和するために 2 回に分けて散布を行った。既報(竹内ら, 2006; 中司・木村, 2011)では 2 回目の散布を 1 回目の 7 日後としていること, 奈良県では‘ふくはるか’の赤かび病防除適期を開花期とその 7 日後の 2 回としていることから, 1 回目の散布を開花期, 2 回目の散布をその 7 日後とすることを基準とし, 気象を考慮しながら散布日を決定した。種子消毒, 雑草防除および生育期間中の病虫害防除は「小麦「ふくはるか」の栽培暦(平坦地域)」に基づき適宜行った。

2018 年産と 2019 年産の試験区の構成を第 2 表に示した。試験区は 1 区の面積を 5.4 m² (6 条, 各 3m) とし, 硫安, 粒状尿素, 尿素液肥を施用した各処理を 3 反復, 参考として開花期追肥を行わない無施用区を 3 反復設けた。なお, 出穂期から開花期の間に草丈, SPAD 値および穂数を調査し, 処理区間で生育差が無いことを確認した(データ省略)。追肥作業はいずれも降雨と結露が認められない日時に行い, 茎葉が乾いた状態で実施した。尿素液肥の葉面散布では風による飛散が無い日時に電池式噴霧器(BH-593, 松下電器産業)を用いて地上約 1.2m から下方の群落に向けて均一に噴霧した。開花期追肥後, 葉焼けおよび芒焼けの障害の発生程度を適宜観察した。成熟期に生育調査を行った後, 1 区当たり 4.5 m² (5 条, 各 3m) を坪刈りして子実サンプルを得た。このとき, 子実は遅れ穂からは採取せず, 有効穂のみから採取した。子実サンプルは網目幅 2.0mm のテスト粒選別機(TSWB, サタケ)で調製し, 収量を調査した。収量と千粒重は水分含有率 12.5%に換算した。子実のタ

ンパク質含有率は, 子実を粉砕して全粒粉とし, 元素分析装置(JM10, ジェイ・サイエンス・ラボ)で測定した全粒粉の窒素含有率に 5.70 を乗じて水分含有率 13.5%に換算し, 求めた。子実の灰分含有率と粒硬度, 製粉性および 60%粉の品質の評価は西日本農業研究センターにおいて実施した。子実灰分含有率は 600°C 燃焼灰化法で測定し, 水分含有率 13.5%に換算した。粒硬度は穀粒硬度計(Single kernel Characterization System 4100, Perten)で測定した。子実サンプルはビュラーテストミル(MLU-202, Buhler)で製粉し, 60%粉を調製した。60%粉のタンパク質と灰分含有率は近赤外分析装置(Infratec 1241, フォス・ジャパン)で測定し, 水分含有率 13.5%に換算した。粉粒度はレーザー回折乾式粒度分布測定装置(Helos&RODOS, 日本レーザー)で測定した。60%粉の粒径の体積標準中央値とした。色調は分光測色計(CM-3500d, コニカミノルタ), 糊化特性はラピッドビスコアアナライザー(RVA-TecMaster, Perten), SDS 沈降量は小麦粉 3.5g を用いて Takata ら(1999)の方法により測定した。以上の評価は一区ごとに実施し, 無処理区を除く 3 反復の平均値について分散分析を行った。

2020 年産の試験区の構成を第 3 表に示した。試験区は 1 区の面積を 5.4 m² (6 条, 3m) とし, 硫安と尿素液肥を施用した各処理を 3 反復, 参考として開花期追肥を行わない無施用区を 1 反復設けた。尿素液肥には展着剤(ネオエステリン, クミアイ化学工業)を 5000 倍希釈で添加した。その他の施用方法, 障害発生の評価方法および収量調査方法は 2018 年産, 2019 年産と同様とした。子実の灰分含有率と粒硬度, 製粉性および 60%粉の品質の評価は西日本農業研究センターにおいて実施した。小型試験用製粉機(Quadrumat Jr., Brabender)で 60%粉を調製したことを除き, 評価方法は 2018 年産, 2019 年産と同様とした。

第 1 表 耕種概要²

Table 1. Outline of cultivation

試験年 (産年)	転換 年数	前作	供試品種	播種日 (月・日)	播種方法	播種量 (kg/10a)	出穂期 (月・日)	開花期 (月・日)	一区面積 (m ²)	坪刈り面積 (m ²)
2018	2	小麦 ³	ふくはるか	11.28	条播, 条間30cm	8	4.19	4.29	5.4	4.5
2019	3	小麦	ふくはるか	11.26	条播, 条間30cm	8	4.18	4.28	5.4	4.5
2020	4	小麦	ふくはるか	11.26	条播, 条間30cm	8	4.9	4.22	5.4	4.5

² 奈良県農業研究開発センター水田転換畑4号田において実施³ 夏期は休耕とし, 適宜除草を行った

第2表 2018年および2019年における試験区の構成

Table 2. Composition of test plots in 2018 and 2019

試験年 (年産)	肥料の種類	窒素施用量 (kg/10a)	備考	反復
2018	粒状尿素 (窒素46%)	4	開花期に9kg/10aを土表面に散布	3
		8	開花期に17kg/10aを土表面に散布	3
		12	開花期に26kg/10aを土表面に散布	3
	尿素液肥	4	尿素5.8%水溶液150L/10aを開花期に葉面散布(1回)	3
		8	尿素5.8%水溶液150L/10aを開花期とその6日後(2018年産)もしくは4日後(2019年産)に葉面散布(2回)	3
		12	尿素8.7%水溶液150L/10aを開花期とその6日後(2018年産)もしくは4日後(2019年産)に葉面散布(2回)	3
2019	硫安 (窒素21%)	4	開花期に19kg/10aを土表面に散布	3
		8	開花期に38kg/10aを土表面に散布	3
		12	開花期に57kg/10aを土表面に散布	3
	無施用(参考)	0	開花期追肥を行わない	3

第3表 2020年における試験区の構成

Table 3. Composition of test plots in 2020

試験年 (年産)	肥料の種類	窒素施用量 (kg/10a)	備考	反復
2020	尿素液肥 展着剤添加 ²	4	尿素5.8%水溶液150L/10aを開花期に葉面散布(1回)	3
		8	尿素5.8%水溶液150L/10aを開花期とその8日後に葉面散布(2回)	3
		12	尿素8.7%水溶液150L/10aを開花期とその8日後に葉面散布(2回)	3
	硫安 (窒素21%)	4	開花期に19kg/10aを土表面に散布	3
		8	開花期に38kg/10aを土表面に散布	3
		12	開花期に57kg/10aを土表面に散布	3
無施用(参考)	0	開花期追肥を行わない	1	

² 尿素液肥に展着剤「ネオエステリン」を5000倍希釈で添加

結果

1. 粒状尿素と尿素液肥の施用が生育、収量、容積重、千粒重、タンパク質含有率および外観品質に及ぼす影響(2018年産と2019年産)

2018年産と2019年産の結果を第4表に示す。生育については、2ヶ年とも尿素液肥施用区で施肥後に止め葉先端部にのみ葉焼け症状が認められ、施肥量が多いとその程度は大きく、12kg/10a区では葉焼けに加えて芒焼けが発生した。年次により有効穂数の程度に差があったが、いずれの年も有効穂数および遅れ穂数について肥料の種類による差は認められず、2019年産の粒状尿素施用区を除いて、遅れ穂数は施肥量が多いほど有意に多かった。成熟期は2ヶ年とも窒素施用量が多いと遅い傾向があり、最大で3日の差が生じたが、肥料の種類が成熟期に及ぼす影響はほとんど認められなかった。

収量については有意差が無かった。容積重は2ヶ年とも窒素8kg/10aと12kg/10a施用区で大き

く、2019年産では肥料による有意差が認められ、粒状尿素および尿素液肥施用区でやや大きかった。千粒重については肥料の種類による有意差は無かった。子実のタンパク質含有率については、2ヶ年とも施肥量が多いと、子実タンパク質含有率は高く、肥料の種類による有意差は無かった。外観品質については、いずれも未熟粒の割合が主な格付け理由であり、2019年産では窒素施肥量12kg/10aで角張った形状の未熟粒が多く、外観品質が劣った。無処理区では窒素施用区と比べて2ヶ年とも千粒重および容積重が小さく、2019年産では低収となった。

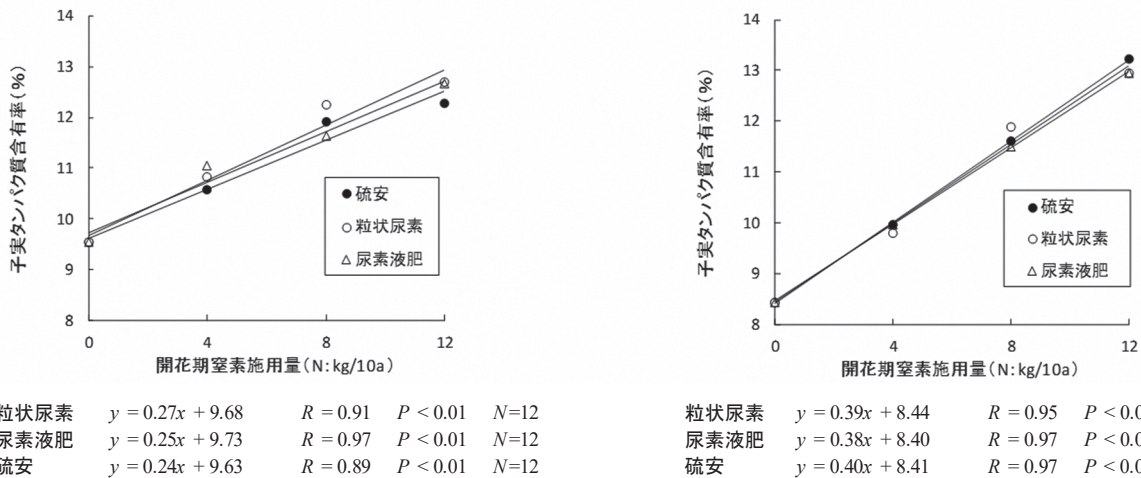
窒素施用量と子実タンパク質含有率の相関については、いずれの肥料および年産でも極めて高い相関があった。窒素施用量1kg当たりのタンパク質含有率の増加程度は、2018年産は0.24~0.27%、2019年産は0.38~0.40%で、肥料による差は小さく、年産による差が大きかった。また無処理区のタンパク質含有率について、2018年産は2019年産と比べて高かった(第1図)。

第4表 開花期追肥における肥料の種類と窒素施用量が生育、収量、容積重、千粒重、タンパク質含有率および外観品質に及ぼす影響 (2018年と2019年)

Table 4. Effects of fertilizer type and nitrogen application rate on growth, yield, volume weight, 1000 grain weight, protein content, and appearance quality in topdressing at anthesis (2018 and 2019)

Table with 12 columns: 試験年(産年), 肥料, 窒素施用量(kg/10a), 追肥後の障害発生程度(葉焼け, 芒焼け), 有効穂数²(本/m²), 遅れ穂(本/m²), 成熟期(月・日), 収量(kg/a), 容積重(g/L), 千粒重(g), タンパク質含有率(%), 外観品質³. Rows include data for 2018 and 2019 for various fertilizer types and nitrogen rates.

² 全穂数のうち、稈長が最長稈の半分以下の穂および成熟期に緑色が残っている穂を遅れ穂とし、遅れ穂以外を有効穂数とした
³ 外観品質は整粒の割合、粒揃いおよび色沢の観察により、上の上:1~下:6の6段階評価で示した
x 表中の「は5%、**は1%、***は0.1%水準で有意であり、nsは5%水準で有意でないことを表す(無施用区は統計処理に含まない)



第1図 開花期窒素施用量が子実タンパク質含有率に及ぼす影響 (左:2018年産, 右:2019年産)
Fig. 1. Effects of nitrogen application at anthesis on grain protein contents (left, 2018 production; right, 2019 production)

² 図中のプロットは各処理3反復の平均値、直線は各肥料における窒素施用量および子実タンパク質含有率についての回帰直線を示す。
³ 肥料ごとにy:子実タンパク質含有率(%)とx:開花期窒素施用量(N:kg/10a)の関係を表す回帰式およびピアソンの順位相関係数を示す。

2. 粒状尿素と尿素液肥の施用が子実品質、製粉性および60%粉品質に及ぼす影響(2018年産と2019年産)

2018年産と2019年産における子実品質、製粉性および60%粉品質に関する調査結果を第5表に示した。子実品質の評価については、2018年産の子実灰分と

2019年産の粒硬度で肥料の種類による有意差が認められ、硫安施用区と比べ尿素液肥区で子実灰分は高く、粒硬度は高かった。ビューラーテストミルでの製粉性の評価については有意差がなかった。ビューラーテストミルで調製した60%粉の品質について、2018年産の最高粘度に肥料の種類による有意差があ

り、硫酸施用区と比べ尿素液肥区で小さかった。タンパク質含有率は2ヶ年とも窒素施用量が多いと高く、肥料による有意差は認められなかった。また色調のうち赤色みは窒素施用量が多いと高く、黄色みは窒素施用量が多いと低かった。SDS沈降価で示される生地物性は、2ヶ年とも窒素施用量が多いと強かった。以上のいずれも肥料による有意差は無かった。また60%粉の品質のうち、粉粒度、灰分含有率、色調のうち明度およびブレイクダウンについては、2ヶ年とも肥料の種類による有意差は無かった。

3. 展着剤を添加した尿素液肥の施用が生育、収量、容積重、千粒重、タンパク質含有率および外観品質に及ぼす影響 (2020年産)

2020年産の結果を第6表に示す。生育については、尿素液肥施用区でのみ施肥後に止め葉に葉焼け症状が認められ、施肥量が多いとその程度は大きく、窒素8kg/10aと12kg/10a施用では止め葉を含む上位葉に著しい葉焼けが発生し、加えて芒焼けの発生が認められた。有効穂数と遅れ穂数について肥料の種類による差は認められなかった。

第5表 開花期追肥における肥料の種類と窒素施用量が子実品質、製粉性および60%粉品質に及ぼす影響 (2018年と2019年)

Table 5. Effects of fertilizer type and nitrogen application rate on grain quality, milling property, and 60% flour quality in topdressing at anthesis (2018 and 2019)

試験年 (産年)	肥料	窒素施用量 (kg/10a)	子実品質 ²		製粉性 ²		粉粒度 (μm)	成分		60%粉品質 ²			糊化特性 (RVA) ブレイクダウン (RVU)	生地物性 ² SDS沈降価 ² (ml)		
			灰分 (%)	粒硬度 (HI)	製粉歩留 (%)	ミリングスコア		タンパク質 (%)	灰分 (%)	明度 L*	赤色み a*	黄色み b*				
2018	粒状尿素	4	1.55	53	69.4	81.7	66	8.7	0.43	88.5	-1.66	15.6	224	133	27	
		8	1.53	57	69.7	81.6	67	9.9	0.44	88.5	-1.52	15.2	225	132	31	
		12	1.55	56	69.3	81.5	67	10.1	0.44	88.6	-1.48	15.2	221	130	33	
	尿素液肥	4	1.58	52	69.1	81.4	66	8.7	0.44	88.2	-1.66	15.5	211	130	25	
		8	1.57	57	69.8	81.6	65	9.5	0.45	88.5	-1.51	15.3	218	129	29	
		12	1.59	58	68.8	80.9	67	10.2	0.44	88.4	-1.44	15.0	218	127	35	
	硫酸	4	1.57	50	69.3	81.8	66	8.7	0.43	88.6	-1.71	15.5	228	134	27	
		8	1.54	56	69.3	81.0	68	9.4	0.45	88.5	-1.50	15.4	228	133	25	
		12	1.53	55	69.3	81.3	69	10.0	0.44	88.2	-1.52	15.2	224	129	30	
	2019	粒状尿素	4	1.54	45	69.3	83.1	61	7.3	0.41	89.2	-1.91	16.1	240	141	22
			8	1.50	73	71.4	83.9	75	12.6	0.44	89.8	-1.24	13.9	178	79	68
			ASW	-	1.36	48	71.9	86.1	55	9.1	0.40	89.9	-1.58	14.6	206	101
尿素液肥		4	1.60	59	69.7	83.3	68	8.7	0.41	89.8	-1.81	15.4	260	141	32	
		8	1.61	59	69.8	83.0	72	10.6	0.42	89.4	-1.57	14.7	254	138	44	
		12	1.60	59	70.2	83.1	71	11.5	0.42	89.0	-1.38	14.6	244	133	48	
硫酸		4	1.61	60	69.9	83.3	70	8.7	0.41	89.7	-1.77	15.4	263	143	31	
		8	1.60	61	69.2	82.5	71	10.4	0.42	89.4	-1.60	14.8	251	137	41	
		12	1.62	61	69.2	82.3	72	11.5	0.42	89.2	-1.35	14.4	249	135	48	
無施用		4	1.60	59	69.6	83.1	69	8.9	0.41	89.8	-1.73	15.4	261	142	34	
		8	1.60	59	70.0	82.9	69	10.4	0.42	89.5	-1.56	14.9	252	137	43	
		12	1.57	57	69.9	82.7	70	11.7	0.42	89.1	-1.35	14.2	245	133	49	
二元配置分散分析 ³	肥料窒素施用量交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
1CW	4	1.48	72	70.5	83.2	79	12.6	0.44	89.6	-1.36	14.0	171	81	74		
	8	1.20	33	71.2	87.1	49	8.3	0.37	90.3	-1.79	14.3	216	107	33		
	ASW	-	1.20	33	71.2	87.1	49	8.3	0.37	90.3	-1.79	14.3	216	107	33	
二元配置分散分析 ³	肥料窒素施用量交互作用	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

² 西日本農業研究センターによる評価、製粉はビューラーテストミルを使用
³ SDS沈降価は数値が大きいほど生地物性が強いことを示す
⁴ カナダ産強力系小麦銘柄「1CW」とアメリカ産中力系小麦銘柄「ASW」の参考測定値
⁵ 表中の*は5%、**は1%、***は0.1%水準で有意であり、nsは5%水準で有意でない(無施用区、「1CW」および「ASW」は統計処理に含まない)

第6表 開花期追肥における肥料の種類と窒素施用量が生育、収量、容積重、千粒重、タンパク質含有率および外観品質に及ぼす影響 (2020年)

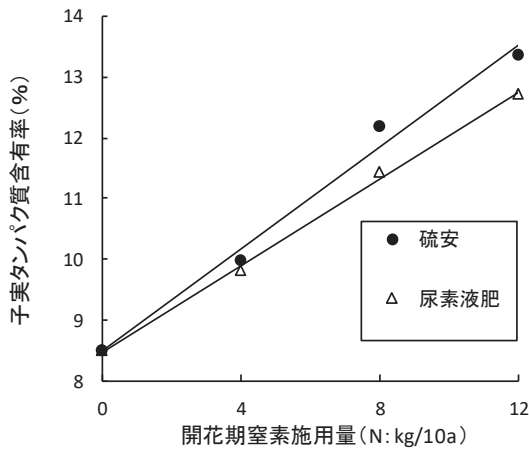
Table 6. Effects of fertilizer type and nitrogen application rate on growth, yield, volume weight, 1000 grain weight, protein content, and appearance quality in topdressing at anthesis (2020)

試験年 (産年)	肥料	窒素施用量 (kg/10a)	追肥後の障害発生程度		有効穂数 ² (本/㎡)	遅れ穂 (本/㎡)	成熟期 (月・日)	収量 (kg/a)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	タンパク質含有率 (%)	外観品質 ²	
			葉焼け	芒焼け									
2020	尿素液肥 (展着剤添加)	4	止葉先端部に発生	無し	343	56	6.1	27.0	838	37.2	10.1	3	
		8	上位葉先端から1/5に発生	発生	352	133	6.2	32.8	847	39.5	11.4	3	
		12	上位葉先端から1/2に発生	発生	306	272	6.2	33.4	845	37.8	12.7	5	
	硫酸	4	無し	無し	333	72	6.1	31.7	835	38.7	10.0	3	
		8	無し	無し	308	154	6.3	32.4	845	39.8	12.2	3	
		12	無し	無し	256	330	6.3	33.5	845	41.1	13.3	4	
	無施用	0	無し	無し	313	10	6.1	22.2	816	34.4	8.5	3	
		二元配置分散分析 ³	肥料窒素施用量交互作用	-	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	-
				-	-	ns	***	-	ns	ns	ns	ns	***
	-			-	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	-

² 全穂数のうち、穂長が最長穂の半分以下の穂および成熟期に緑色が残っている穂を遅れ穂とし、遅れ穂以外を有効穂数とした
³ 外観品質は整粒の割合、粒揃いおよび色沢の観察により、上の上:1~下:6の6段階評価で示した
⁴ 表中の*は5%、**は1%、***は0.1%水準で有意であり、nsは5%水準で有意でないことを表す(無施用区は統計処理に含まない)

遅れ穂数は施肥量が多いほど有意に多かった。成熟期は窒素施用量 8kg/10a と 12kg/10a で遅く、最大で2日の差が生じた。

収量、容積重、千粒重およびタンパク質含有率については肥料の種類による有意差は無かった。容積重は窒素施用量 8, 12kg/10a で大きく、子実のタンパク質含有率については、施肥量が多いと高く、その相関はいずれの肥料でも極めて高かった(第2図)。外観品質については、未熟粒の割合と粒の小ささが主な格付け理由であり、12kg/10a 施用区で角張った形状の未熟粒の多発



尿素液肥 $y = 0.34x + 8.64$ $R = 0.96$ $P < 0.01$ $N = 10$
 硫安 $y = 0.42x + 8.49$ $R = 0.96$ $P < 0.01$ $N = 10$

第2図 開花期窒素施用量が子実タンパク質含有率に及ぼす影響(2020年産)^{Y)}

Fig. 2. Effects of nitrogen application at anthesis on grain protein contents (produced in 2020)

図中のプロットは各処理3反復の平均値、直線は各肥料における窒素施用量および子実タンパク質含有率についての回帰直線を示す。
^{Y)} 肥料ごとに y: 子実タンパク質含有率 (%) と x: 開花期窒素施用量 (N: kg/10a) の関係を表す回帰式およびスピアマンの順位相関係数を示す。

により劣り、特に展着剤を添加した尿素液肥区では達観で粒が小さいと判断され劣った。

4. 展着剤を添加した尿素液肥の施用が子実品質、製粉性および60%粉品質に及ぼす影響(2020年産)

2020年産における子実品質、製粉性および60%粉品質に関する調査結果を第7表に示した。子実品質については、粒硬度に肥料の種類による有意差があり、硫安区と比べ尿素液肥施用区で高かった。小型試験用製粉機における製粉性については、製粉歩留に肥料の種類による有意差があり、尿素液肥施用区で低かった。60%粉の品質のうち、粉粒度、色調のうち明度および糊化特性に肥料の種類による有意差が認められ、尿素液肥施用区で粉粒度は低く、差はわずかであるものの明度は高く、また最高粘度とブレイクダウンは高かった。

考察

1. ‘ふくはるか’の開花期追肥における粒状尿素と尿素液肥の施用について

2018年産と2019年産において、開花期における粒状尿素、尿素液肥および硫安の施用が‘ふくはるか’の生育、収量および品質に及ぼす影響を調査した。その結果、粒状尿素については、2019年産の容積重が硫安と比べてやや大きく、それ以外に硫安と差が生じた項目は無かった(第4表、第5表)。一方、尿素液肥については、処理後に止め葉のみの先端が枯れ

第7表 開花期追肥における肥料の種類と窒素施用量が子実品質、製粉性および60%粉品質に及ぼす影響(2020年)
Table 7. Effects of fertilizer type and nitrogen application rate on grain quality, milling property, and 60% flour quality in topdressing at anthesis (2020)

試験年(産年)	肥料	窒素施用量(kg/10a)	子実品質 ²⁾		製粉性 ²⁾		粉粒度(μm)	成分		60%粉品質 ²⁾			糊化特性(RVA)		生地物性(SDS沈降価 ⁷⁾ (ml)	
			灰分(%)	粒硬度(HI)	製粉歩留(%)	補正歩留(%)		タンパク質(%)	灰分(%)	明度 ¹⁾	赤色み ^{a)}	黄色み ^{b)}	最高粘度(RVU)	ブレイクダウン(RVU)		
2020	尿素液肥	4	1.66	54	64.1	65.1	52	8.8	0.41	89.0	-1.59	15.8	267	153	28	
		8	1.65	60	64.0	63.8	61	10.3	0.41	88.7	-1.25	15.0	258	147	32	
		12	1.67	62	63.4	63.7	63	11.9	0.43	88.3	-1.01	14.6	253	144	44	
	硫安	4	1.64	52	64.5	64.5	76	8.8	0.40	88.9	-1.57	15.9	264	150	29	
		8	1.65	56	65.6	64.7	76	10.8	0.41	88.4	-1.29	15.2	245	140	39	
		12	1.63	57	65.1	65.1	77	12.0	0.42	88.0	-1.09	14.8	244	139	34	
	無施用	0	1.67	41	63.9	64.7	40	7.3	0.40	89.3	-1.84	17.0	267	152	17	
		1 CW ⁸⁾	-	1.58	67	64.6	63.3	65	13.2	0.46	88.1	-0.90	14.0	122	83	67
		ASW	-	1.29	34	62.7	62.2	39	9.1	0.39	89.4	-1.77	15.6	220	107	35
	二元配置分散分析 ⁹⁾	肥料	ns	*	**	ns	***	ns	ns	***	ns	ns	***	**	ns	
		窒素施用量	ns	**	ns	ns	ns	***	*	***	***	***	***	***	***	
		交互作用	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	

²⁾ 西日本農業研究センターによる評価、製粉は小型試験用製粉機を使用
⁷⁾ SDS沈降価は数値が大きいほど生地物性が強いことを示す
⁸⁾ カナダ産強力系小麦銘柄「1CW」とアメリカ産中力系小麦銘柄「ASW」の参考測定値
⁹⁾ 表中の*は5%、**は1%、***は0.1%水準で有意であり、nsは5%水準で有意でない(無施用区、「1CW」および「ASW」は統計処理に含まない)

る程度の葉焼けと芒焼けが発生した。しかし、その他の生育および収量に及ぼす影響については、肥料の種類による有意な差が認められた項目は無かった(第4表)。品質に及ぼす影響については、2019年産の容積重が硫安と比べてやや大きかったが(第4表)、2018年産では硫安と比べて子実灰分含有率が高く、最高粘度が低かった。また2019年産では粒硬度が高かった(第5表)。しかし、子実灰分含有率の差はわずかで、60%粉の灰分や色調に差が無く、糊化特性の値は一般的な外国産小麦銘柄である1CWおよびASWより高かったため、いずれも許容範囲内の変化と考えられた。また粒硬度については、一般に子実タンパク質含有率の向上によって高くなり、製粉性に影響すると言われているが(Pashaら, 2010)、製粉性への影響は確認されなかったことから、品質への悪影響は小さいと考えられた。

‘ふくはるか’の開花期追肥は子実タンパク質含有率を高めることを主な目的としているが、本試験では2018年産と2019年産の2ヶ年共通して、窒素施用量を増やすことにより、粒状尿素、尿素液肥とも硫安と同様に、タンパク質含有率を高め、生地物性を強くする効果が認められた(第1図, 第5表)。一方で、いずれの肥料でも窒素施用量を増やすことにより成熟期の遅れが発生し、遅れ穂が増加する傾向と60%粉の色調の変化があった(第4表, 第5表)。タンパク質含有率、生地物性および成熟期の傾向は既報(森下ら, 2015)の硫安施用において認められた傾向と同様であった。また既報(森下ら, 2015)と同様に、開花期の窒素施用は無処理区と比べて千粒重および容積重を高める効果、ならびに、2019年産のみではあるものの収量を高める効果があった。なお、追肥量の増加によって赤色みは強く、黄色みは弱くなったことについて、1CWの測定値と比べると赤色みは弱く、黄色みは強かったため、加工上問題は生じないと考えられる。また、2019年産では窒素施用量12kg/10aで外観品質が低下したことから、農家所得の低下を招く可能性があるものの、県内の実需者からはタンパク質含有率を高め、目的の加工適性を確保する上では許容されており、本試験においては製粉性および小麦粉の性質への悪影響は確認されなかったため、流通および加工上の問題は生じないと考えられる。

以上の結果より、粒状尿素および尿素液肥は開花期窒素施用に利用できると考えられる。粒状尿素的窒素含有率は46%であるため、21%である硫安の半分

以下の散布重量で同等の窒素量を施用でき、追肥作業の省力化が可能と考えられる。また窒素成分あたりの肥料代は硫安とほぼ同等であり(2020年5月、奈良県農業協同組合への聞き取りによる)、硫安と同様に背負動力散布器で散布できるため、従来と同等のコストおよび手法で省力化が可能であると考えられる。しかし、粒状尿素は潮解性が高いため、水を避けて管理すること、散布重量が少ないために散布むらが生じやすいことに注意が必要と考えられる。そして、尿素液肥はブームスプレイヤで散布できるため、開花期追肥作業の省力化が期待される。これまでに窒素8kg/10a以上を尿素液肥で散布した試験例は少なく、また製粉性や加工適性への影響は調査されてこなかったが、本試験2018年産および2019年産での処理方法であれば窒素施用量12kg/10aまでの範囲内で導入できる可能性が考えられる。導入に向けては、今後現場の一般的な規模の圃場でブームスプレイヤ散布の影響を検討する必要がある。

また、開花期追肥における窒素施用量と子実タンパク質含有率の相関について、無処理区におけるタンパク質含有率と、窒素施用によるタンパク質含有率の増加程度には年次変動があったが、本研究においてはその原因を明らかにできなかった(第1図)。コムギの子実タンパク質含有率には、開花期追肥のほか、生育、収量および土壌条件が影響しているため(岩渕ら, 2011; 佐藤ら, 2011; 島崎ら, 2015; 村田・金子, 2021)、本県の‘ふくはるか’において目的のタンパク質含有率を達成するための追肥量をより正確に推定するためには、今後、これらの条件とあわせて検討する必要がある。

2. 尿素液肥とコムギ赤かび病防除薬剤の同時施用に向けた検討について

これまでに、開花期追肥を省力化するため、山口県では小麦‘ニシノカオリ’においてコムギ赤かび病防除薬剤と尿素液肥の同時施用が検討されており(中司ら, 2011)、中島ら(2012)は、展着剤添加条件下において尿素液肥とコムギ赤かび病防除薬剤を混用しても防除効果は低下しないことを報告している。しかし、コムギ赤かび病防除薬剤との同時施用を想定して尿素液肥に展着剤を添加した本試験の2020年産では、葉焼けおよび芒焼けの発生程度が著しく、硫安と比較して外観品質の悪化、製粉性および小麦粉の粉粒度の低下が認められた(第6表, 第7表)。本試験において2020年産は記録的な暖冬により出穂期

が大幅に早期化し、さらに湿害による減収が生じたため、これらの品質低下の要因を展着剤に限定することはできないが、展着剤の添加によって植物体への付着性が増した結果、著しい障害が発生して品質が悪化した可能性がある。福岡県の栽培指針においては尿素液肥を「赤かび病防除と同時に散布する場合は、展着剤を加えると尿素による葉焼けが激しくなるため展着剤は使用しない」としているが(福岡県農林水産部経営技術支援課, 2018), 尿素液肥と赤かび病防除薬剤の同時処理における展着剤の有無が防除効果に及ぼす影響について報告は未だ無い。またコムギ赤かび病の発生には気象や品種の抵抗性が影響するため、本県の‘ふくはるか’における尿素液肥とコムギ赤かび病防除薬剤の同時処理の可否および有効な処理条件については、今後さらに検討する必要がある。

摘要

コムギ‘ふくはるか’の省力的な開花期追肥技術として粒状尿素および尿素液肥の利用を検討するため、2018年産と2019年産において開花期における硫安、粒状尿素および尿素液肥の施用が生育、収量および品質に及ぼす影響を調査した。その結果、尿素液肥については葉面散布によって葉焼けおよび芒焼けが生じたが、粒状尿素と尿素液肥は硫安と同様に子実タンパク質含有率および生地物性を向上させる効果が認められた。粒状尿素は硫安の半分以下の散布重量で同等の窒素量を施用でき、また、尿素液肥はブームスプレーヤで散布できることから、追肥作業を省力化できると考えられた。しかし、液肥に展着剤を加えた2020年産での葉焼けは著しく、品質が低下したため、赤かび病防除薬剤と同時に施用する場合は、今後さらに方法を検討する必要がある。

謝辞

本研究において、加工適性の評価にご協力いただいた西日本農業研究センター麦類育種グループに厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 福岡県農林水産部経営技術支援課. “福岡県水稻・麦類施肥基準”. 福岡県. 2018-03-01. <https://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/sehikizyun.html>, (参照 2021-03-27)
- I. Pasha, F. M. Anjum and C. F. Morris. Grain Hardness: A Major Determinant of Wheat Quality. *Food Sci Tech Int.* 2010, 16(6), 0511-12.
- 岩渕哲也, 松江勇次, 松中 仁. パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の子実タンパク質含有率の変動要因. *日作紀.* 2011, 80, 403-407.
- 岩井正志, 澤田富雄, 須藤健一, 出穂期以降の追肥が小麦のタンパク質含量に及ぼす影響. *日作記.* 1995, 64(別2), 187-188.
- 森下星子, 辻 章宏, 杉山高世, 池田利秀. 硫安による出穂 10 日後の窒素施用が小麦‘ふくはるか’の手延べ素麺加工適性に及ぼす影響. *作物研究.* 2018, 63(0), 1-8.
- 森田茂樹, 浦 広幸, 平田朋也, 宮崎真行, 緒方大輔, 内川 修. 穂揃期の尿素葉面散布がラーメン用小麦「ラー麦」の子実タンパク質含有率に及ぼす影響. *福岡農試研究報告.* 2016, 2, 8-12.
- 村田資治, 金子和彦. パン用コムギ品種「せときらら」における収量と開花期追肥量に基づく子実タンパク質含有率の推定. *日作紀.* 2021, 90, 72-77.
- 中島 隆, 吉田めぐみ, 宮坂 篤, 鈴木文彦, 平八重一之. 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. *九病虫研会報.* 2012, 58, 7-13.
- 中司祐典, 木村晃司. 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. *山口農技セ研究報告.* 2011, 2, 37-42.
- 奈良県. “小麦「ふくはるか」の栽培暦(平坦地域)”. 奈良県農業研究開発センター. 2015-10. <https://www.pref.nara.jp/6516.htm>, (参照 2021-03-27).
- 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. 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.* 2011, 80, 90-95.
- 島崎由美, 赤坂舞子, 渡邊好昭, 大下泰生, 松山宏美, 平沢 正. 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。2015, 84(2), 140-149.

Takata, K., Yamauchi, H., Iriki, N. and Kuwabara, T. Prediction of bread-making quality by prolonged swelling SDS-sedimentation test. Breed. Sci. 1999, 49, 221-223.

高山敏之, 長嶺 敬, 石川直幸, 田谷省三. コムギにおける出穂 10 日後追肥の効果. 日作紀.

2004, 73, 157-162.

竹内 実, 近乗偉夫, 吉良知彦. 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. 2006, 72, 25-28.

辻 章宏, 杉山高世, 上田直也. 硬質コムギ品種‘ふくはるか’の高品質化を目指した施肥体系および生育診断技術の検討. 奈良農研セ研究報告. 2015, 46, 11-14.