

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

森田茂樹*・浦 広幸・平田朋也¹⁾・宮崎真行²⁾・緒方大輔・内川 修

ラーメン用小麦「ラー麦（ちくしW2号）」は、穂揃期に窒素成分で 5gm^{-2} の硫酸を施用することで、子実タンパク質含有率 12%以上を確保することができるが、肥料散布に労力がかかるため、その省力化が求められている。そこで、乗用管理機の利用を前提とした尿素葉面散布が「ラー麦」の子実タンパク質含有率に及ぼす影響について検討した。穂揃期以降の異なる時期に窒素成分で 4gm^{-2} の尿素水溶液を散布した場合、穂揃期～穂揃期後 23 日の散布により、無施用区と比べて子実タンパク質含有率が高くなり、千粒重が重くなった。しかし、子実タンパク質含有率が目標の 12%に達せず、葉先に肥料やけが見られたことから、より効果的な窒素施用量と施用法について検討した。その結果、窒素成分で 2.5gm^{-2} の尿素水溶液を穂揃期後 7 日と同後 14～17 日の 2 回に分けて散布すると、肥料やけ程度が小さくなるとともに、子実タンパク質含有率が安定して 12%以上となり、収量も確保できた。これらのことから、穂揃期以降の窒素追肥に乗用管理機を用いて尿素葉面散布を 2 回実施することで、省力かつ安定的な「ラー麦」の生産が可能になると考えられた。

[キーワード：子実タンパク質含有率，尿素，葉面散布，ラー麦（ちくしW2号）]

Effect of Foliar Application of Urea Solution at Full Heading Time on Grain Protein Content of Hard Red Wheat Cultivar “Chikushi-W2” Used for Ramen Noodle. MORITA Shigeki, Hiroyuki URA, Tomoya HIRATA, Masayuki MIYAZAKI, Daisuke OGATA and Osamu UCHIKAWA (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 2:8-12 (2016)

To increase grain protein content (GPC) in the hard red wheat cultivar “Chikushi-W2” above 12%, it is necessary to apply $5\text{gm}^{-2}\text{N}$ ammonium sulfate at full heading time. However, considerable labor is needed to apply ammonium sulfate at this time. In this study, the effects of foliar application of urea on the GPC of “Chikushi-W2” were investigated as a labor-saving method. Firstly, the effect on GPC of $4\text{gm}^{-2}\text{N}$ foliar urea application at varying numbers of days after full heading time was studied. When urea solution was sprayed at 0-23 days after full heading time, GPC and 1000-grain weight were significantly higher than that of the control. However, the GPC of “Chikushi-W2” treated with $4\text{gm}^{-2}\text{N}$ foliar urea application was below 12% and severe leaf burn was caused. Secondly, the effect on GPC of foliar urea application with different amounts of nitrogen was examined. The GPC of “Chikushi-W2” treated twice with $2.5\text{gm}^{-2}\text{N}$ foliar urea applications at 7 and 14-17 days after full heading time increased above 12% regardless of the year, and resulting leaf burn decreased. This led to the conclusion that $2.5\text{gm}^{-2}\text{N}$ foliar urea applications at 7 and 14-17 days after full heading time using a riding management machine allows labor saving and stable production of the wheat “Chikushi-W2” with above 12% GPC.

[Key words: grain protein content, urea, foliar application, ‘Chikushi-W2’]

緒 言

「ラー麦（ちくしW2号）」は、福岡県が全国で初めて開発したラーメン用の小麦品種である（古庄ら 2009）。これまでの食味官能評価試験で、「ラー麦」の子実タンパク質含有率が 12%以上の場合に食味評価が高かった（古庄ら 2013）ことから、「ラー麦」を生産する際の目標値は子実タンパク質含有率 12%以上であり、その達成が実需者からも強く要望されている。しかし、県内で作付されている日本めん用の小麦品種と同様の施肥体系では、硬質小麦である「ラー麦」の子実タンパク質含有率を 12%まで高めることは困難であり、高タンパク麦の安定生産が課題であった。

小麦の子実タンパク質含有率は、穂孕み期（谷口ら 1999）や出穂期（平ら 2012）、開花期以降（島崎ら 2014）

の窒素施肥によって増加するという報告がある。石丸ら（2015）は、穂揃期または穂揃期 7 日後に窒素成分で 5gm^{-2} の硫酸を施用することで、「ラー麦」の子実タンパク質含有率 12%以上を確保できることを報告している。そのため、「ラー麦」を栽培する際には、穂揃期から 7 日間以内に窒素成分で 5gm^{-2} の硫酸を施用することが基準となっている（福岡県農林水産部 2011）。しかし、生産現場では穂揃期追肥の実施が不十分で、子実タンパク質含有率が目標値に届いていない事例も見られる（田中 2013）。硫酸による穂揃期追肥の問題点としては、穂揃期における麦の草丈が高いため、人手による散布作業に時間を要することや作業性が低く重労働となることなどが考えられる。また、乗用管理機等に取り付け、硫酸の散布が可能な電動施肥機も開発されているが、導入コストがかかるため普及が進んでいないのが現状である。

*連絡責任者（農産部：s-morita@farc.pref.fukuoka.jp）

受付 2015 年 8 月 1 日；受理 2015 年 11 月 19 日

1) 現 福岡県飯塚農林事務所田川普及指導センター 2) 現 福岡県農林水産部水田農業振興課

穂揃期以降における窒素施肥法として硫安施用以外では、尿素肥料を水で溶いた溶液を株上から散布する方法（以下、葉面散布）がある（竹内ら 2006, 岩渕ら 2013）。この尿素葉面散布であれば、通常の病害防除で使用されているブームスプレーヤーや動力噴霧器を活用できるため、新たな農業機械の導入は不要である。加えて、尿素水溶液を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いる（竹内ら 2006, 中司・木村 2011, 中島ら 2012）ことから省力的な施肥方法であると考えられる。

そこで、穂揃期追肥作業の省力化を目的として、穂揃期の尿素葉面散布が「ラー麦」の子実タンパク質含有率に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

1 麦作期間中の気象概況

穂揃期以降の平均気温および降水量、日照時間について、2012 年および 2014 年の気象庁の太宰府アメダスデータを用いて、旬ごとに平年値と比較した。

2 耕種概要

試験は、2011 年度および 2013 年度（いずれも播種年度、以下同じ）に福岡県農林業総合試験場（福岡県筑紫野市）の中粗粒灰色低地土・砂壤土の水稻後作圃場において実施した。供試品種は「ラー麦」で、2011 年度は 11 月 21 日、2013 年度は 11 月 22 日に 6gm^{-2} の播種量で、畦幅 140cm, 1 畦 4 条の畦立てドリル播きとした。管理は県栽培基準に準じて行い、踏圧や土入れは 12～3 月に 2～4 回ずつ行った。窒素施用量は、基肥として 5gm^{-2} 、第 1 回追肥として 1 月下旬に 4gm^{-2} 、第 2 回追肥として 3 月上旬の茎立期頃に 2gm^{-2} とし、それぞれ化成肥料を施用した。穂揃期は、2011 年度が 2012 年 4 月 17 日、2013 年度が 2014 年 4 月 14 日であった。

3 尿素葉面散布の施用時期が子実タンパク質含有率に及ぼす影響

子実タンパク質含有率が最も高まる尿素葉面散布の施用時期について検討した。2011 年度は穂揃期および穂揃期後 7, 14, 21, 29 日、2013 年度は穂揃期および穂揃期後 7, 17, 23, 29 日に、窒素施用量で 4gm^{-2} の尿素肥料（窒素成分 46%）を水道水に溶かし（尿素肥料 8.6kg/100 L/10 a, 濃度 8.6%）、小型電池式噴霧器により株上から散布した。また、比較として、穂揃期後 7 日に硫安を窒素施用量で 5gm^{-2} 施用する通常の穂揃期追肥区および穂揃期追肥をしない無施用区を設けた。試験区の面積は 1 区 7m^2 で、2011 年度は 4 反復、2013 年度は 2 反復とした。尿素葉面散布後に葉先が褐変する肥料やけ症状が見られたため、その肥料やけ症状の程度を調査した。また、成熟期に刈り取り、子実重および千粒重、容積重、検査等級を調査するとともに、インフラテック 1241 グレ

インアナライザー（FOSS 社製）によりタンパク質含有率（水分 13.5%換算値）を測定した。

4 尿素葉面散布の窒素施用量が子実タンパク質含有率に及ぼす影響

窒素施用量で 4gm^{-2} の尿素肥料を葉面散布した場合に見られた肥料やけ症状を軽減しつつ、子実タンパク質含有率を高めることのできる窒素施用方法について検討した。肥料やけ症状を軽減するために、窒素施用量で 2gm^{-2} の尿素水溶液（尿素肥料 4.3kg/100 L/10 a, 濃度 4.3%）を石丸ら（2015）の試験により硫安による子実タンパク質含有率の向上効果が認められた穂揃期後 7 日と 14～17 日に 2 回施用（合計の窒素施用量 4gm^{-2} ）した試験区を設けた。また、慣行の硫安を用いた施肥体系と同量の窒素施用量とするために窒素施用量で 2.5gm^{-2} の尿素水溶液（尿素肥料 5.4kg/100 L/10 a, 濃度 5.4%）を穂揃期後 7 日と 14～17 日に 2 回施用（合計の窒素施用量 5gm^{-2} ）する試験区を設けた。比較として、穂揃期後 7 日に硫安を窒素施用量で 5gm^{-2} 施用する試験区を設置した。試験区の面積は 1 区 7m^2 で、2011 年度は 4 反復、2013 年度は 2 反復とし、調査項目および方法は施用時期の試験と同様とした。

結果

1 麦作期間中の気象概況

登熟期間の気象が収量および子実タンパク質含有率に大きな影響を与えること（岩渕ら 2011）から、2011 年度および 2013 年度の 4 月以降における平均気温および降水量、日照時間について第 1 表に示した。2011 年度の登熟期間は平年並からやや高い気温で推移し、登熟前半は平年と比べて降水量がやや多かったものの、その後は平年より少なく経過した。また、日照時間は 5 月上旬に平年と比べてやや少なかったが、概ね平年並であり、登熟は良好であった。2013 年度の登熟期間は平年並からやや高い気温で経過した。5 月中旬の降水量は平年より多かったものの、他の期間は平年と比べて少なく、5 月の日照時間は平年と比べて多かったことから、登熟は 2011 年度と同様に良好であった。

第 1 表 各試験年度の出穂期以降における平均気温および降水量、日照時間（太宰府アメダス）

播種年度	要素	4月			5月		
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
2011	平均気温 (°C)	12.5	15.8	18.0	19.7	18.7	20.6
	平年差 (°C)	0.0	1.5	2.0	2.0	0.1	0.9
	降水量 (mm)	14.5	50.0	54.5	23.0	11.0	7.0
	平年比 (%)	33	130	127	44	18	17
	日照時間 (h)	78.3	60.5	61.1	48.2	59.0	63.0
	平年比 (%)	140	103	102	85	104	95
2013	平均気温 (°C)	12.0	15.1	17.0	17.0	19.9	22.3
	平年差 (°C)	-0.6	0.8	1.0	-0.7	1.3	2.5
	降水量 (mm)	30.5	37.0	7.5	0.0	118.0	0.0
	平年比 (%)	69	96	17	0	189	0
	日照時間 (h)	74.9	44.9	51.7	95.8	64.1	106.6
	平年比 (%)	134	77	86	170	112	162

第2表 穂揃期後の異なる時期に尿素葉面散布を施用した場合の生育および収量、品質

播種年度	肥料	窒素 施用量	施用時期	成熟期 (月. 日)	子実重 (gm^{-2})	千粒重 ²⁾ (g)	容積重 (g)	肥料やけ 程度 ³⁾	検査 等級 ⁴⁾	
2011	尿素	4.0 gm^{-2}	穂揃期	6.2	59.8	48.4 a	834	2.6	1.0	
			穂揃期後 7日	6.2	61.7	48.4 a	835	1.6	1.0	
			穂揃期後 14日	6.2	58.4	48.5 a	836	2.6	1.0	
			穂揃期後 21日	6.2	59.2	47.9ab	835	2.9	1.0	
			穂揃期後 29日	6.2	60.2	46.0bc	832	0.4	1.0	
	硫安 無施用	—	—	穂揃期	6.2	66.9	49.2 a	837	0.0	1.0
				穂揃期後 7日	6.2	64.1	45.7 c	832	0.0	1.0
				穂揃期	6.3	61.4	48.9ab	847	1.6	2.0
				穂揃期後 7日	6.3	60.5	49.3ab	847	2.1	2.0
				穂揃期後 17日	6.3	56.1	48.6ab	845	1.7	2.0
2013	尿素	4.0 gm^{-2}	穂揃期後 23日	6.3	57.2	48.6ab	850	2.0	2.0	
			穂揃期後 29日	6.3	58.6	48.5ab	847	1.1	2.0	
			穂揃期後 7日	6.3	57.0	50.7 a	844	0.0	2.0	
			穂揃期	6.3	55.0	46.5 b	846	0.0	2.0	
			穂揃期後 7日	6.3	57.0	50.7 a	844	0.0	2.0	
分散分析 ¹⁾	追肥	—	—	—	ns	**	ns	—	—	
	年次	—	—	—	*	**	**	—	—	
	追肥×年次	—	—	—	ns	ns	*	—	—	

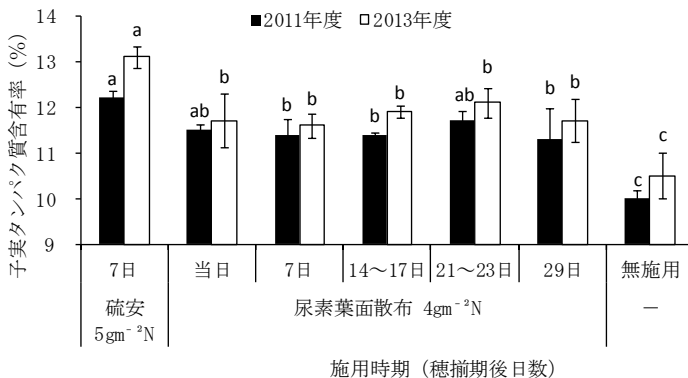
- 1) 二元配置分散分析により, **は 1%水準, *は 5%水準で有意差あり
- 2) 同一播種年度において異英字間に 5%水準で有意差あり (Tukey の多重検定)
- 3) 肥料やけ程度は, 0:無, 1:微, 2:少, 3:中, 4:多, 5:甚の 6段階で評価した
- 4) 検査等級は 1等上(1.0)~ 1等下(3.0)

2 尿素葉面散布の施用時期が子実タンパク質含有率に及ぼす影響

穂揃期後の異なる時期に尿素葉面散布を施用した場合の生育および収量、品質を第2表に、子実タンパク質含有率を第1図に示した。成熟期については、尿素葉面散布の有無や施用時期による差は見られず、いずれの区も2011年度が6月2日、2013年度が6月3日であった。子実重については年次間差が認められ、穂揃期後7日で最も重くなる傾向が見られたものの、肥料の種類や尿素葉面散布の施用時期による有意な差は認められなかった。また、千粒重については、2011年度は穂揃期~同後21日に尿素葉面散布を施用した場合には無施用区と比べて有意に重く、硫安施用区と比べて同等であったが、穂揃期後21日以降に施用した試験区ではやや軽くなる傾向

が認められた。2013年度においては、尿素葉面散布を施用した試験区の千粒重は、無施用区と比べて有意な差は見られなかったものの重い傾向が認められた。

子実タンパク質含有率については、2011年度と2013年度ともに穂揃期後21~23日を頂点として無施用区と比べて有意に高くなったが、穂揃期および同後29日に施用した場合はばらつきが大きく、子実タンパク質含有率向上効果が安定しない年もあった。また、両年とも硫安を窒素成分で5 gm^{-2} 施用した試験区の子実タンパク質含有率には及ばず、ほとんどの試験区で12%に満たなかった。さらに、尿素葉面散布後に見られた肥料やけ症状を程度別に調査したところ、両年ともに穂揃期~同後23日の施用により少~中程度の肥料やけ症状が確認された(第2図)。外観品質は各試験区間で差が見られず、い



第1図 穂揃期後の異なる時期に尿素葉面散布を施用した場合の子実タンパク質含有率

- 1) 平均値±S.D
- 2) 子実タンパク質含有率は水分13.5%換算値
- 3) 同一播種年度において異英字間に 5%水準で有意差あり (Tukey の多重検定)



第2図 尿素葉面散布後に見られた葉先枯れ症状

れも 1 等に格付けされた。

3 尿素葉面散布の窒素施用量が子実タンパク質含有率に及ぼす影響

葉面散布する尿素水溶液の濃度および窒素施用量を変えた場合の生育および収量、品質を第3表に示した。各試験区間の成熟期には差がなく、いずれも 2011 年度が 6 月 2 日、2013 年度が 6 月 3 日であった。子実重および容積重は年次間差が見られたものの各試験区間に有意な差は認められず、千粒重についても各試験区間に有意な差は見られなかった。また、穂揃期後 7 日と同後 14~17 日に窒素成分で 2gm^{-2} または 2.5gm^{-2} の尿素を 2 回ずつ散布した試験区の子実タンパク質含有率については、2011 年度は硫酸施用区と比べて有意な差は見られなかったが、2013 年度は両区ともに硫酸施用区と比べて有意に低かった。しかし、窒素成分で 2.5gm^{-2} の尿素を穂揃期後 7 日と同後 14~17 日に散布した試験区は、いずれの年も子実タンパク質含有率の目標値である 12% を超えた。また、肥料やけ程度は散布する尿素水溶液の濃度が低いほど小さくなった。外観品質は各試験区間に差はなく、いずれの年も 1 等に格付けされた。

考 察

「ラー麦」の子実タンパク質含有率を高める尿素葉面散布法について検討した。

まず、子実タンパク質含有率を高める施用時期について検討したところ、穂揃期~同後 29 日に窒素施用量で 4gm^{-2} の尿素水溶液を散布すると、無施用区と比較して子実タンパク質含有率が高まること明らかとなった(第 1 図)。これは、開花期前後および開花期以降の尿素葉面散布によって子実タンパク質含有率が高まったとする島崎ら(2014)の報告と概ね一致する。また、これらの時

期の尿素葉面散布によって千粒重が重くなったが、子実重は有意な差はなかったものの穂揃期後 7 日頃で最も重くなり、2011 年度の穂揃期後 21 日散布では千粒重がやや軽くなる(第 2 表)ことから、安定した収量、品質および子実タンパク質含有率の向上効果を期待できる散布時期は、穂揃期後 7~17 日程度と考えられる。

岩渕ら(2013)は、硬質小麦において、出穂期後 25 日に硫酸を施用したところ、出穂期後 10 日に施用した場合と比べて子実タンパク質含有率が 1%程度低くなることを報告している。また、石丸ら(2015)は、「ラー麦」において穂揃期後 21 および 28 日に硫酸を施用すると、穂揃期に施用した場合と比べて子実タンパク質含有率が低く、千粒重が軽くなったことから、穂揃期後 21 日以降は小麦の窒素吸収能が低下した可能性について推察している。しかし、本試験では、穂揃期後 21~23 日に尿素水溶液を葉面散布しても、穂揃期に散布した場合の子実タンパク質含有率と同程度であった(第 1 図)。葉面散布では、養分が葉から吸収されるため、養分の吸収・利用は土壌施用した場合と比べて一般的に効果が高いことが知られている(越野 1976)。そのため、根の窒素吸収能が低下していても葉から窒素を吸収することで、子実タンパク質含有率が高まると考えられる。したがって、硫酸と比べて尿素葉面散布は穂揃期追肥の施用適期を広く設定することが可能である。しかし、窒素施用量で 4gm^{-2} の尿素水溶液を穂揃期後に 1 回散布しても、肥料やけの症状がひどく、ほとんどの試験区で子実タンパク質含有率が目標とする 12% に満たなかった(第 2 表、第 1 図)。

そこで、散布する尿素水溶液の濃度や窒素施用量を変えて、子実タンパク質含有率を高めることができる尿素葉面散布法について検討した。窒素施用量で 2gm^{-2} の尿素水溶液を穂揃期後 7 日と同後 14~17 日に 2 回散布した場合、葉面散布を 2 回に分けて行うことで、肥料やけ程度は 1 回に比べ小さくなったものの、子実タンパク質

第 3 表 尿素葉面散布の窒素施用量が異なる場合の生育および収量、品質

播種年度	試験区	成熟期 (月・日)	子実重 (gm^{-2})	千粒重 (g)	容積重 (g)	子実タンパク質 含有率(%) ^{2,3)}	肥料やけ 程度 ⁴⁾	検査 等級 ⁵⁾
2011	尿素 $4.0\text{gm}^{-2}\text{N}$, 穂揃期後 7 日	6.2	61.7	48.4	835	11.4 b	2.5	1.0
	尿素 $2.0\text{gm}^{-2}\text{N}$, 穂揃期後 7, 14 日	6.2	67.2	48.6	836	11.7ab	1.5	1.0
	尿素 $2.5\text{gm}^{-2}\text{N}$, 穂揃期後 7, 14 日	6.2	65.7	48.2	836	12.0 a	2.0	1.0
	硫酸 $5.0\text{gm}^{-2}\text{N}$, 穂揃期後 7 日	6.2	66.9	49.2	837	12.2 a	0.0	1.0
2013	尿素 $4.0\text{gm}^{-2}\text{N}$, 穂揃期後 7 日	6.3	60.5	49.3	847	11.6 b	2.1	2.0
	尿素 $2.0\text{gm}^{-2}\text{N}$, 穂揃期後 7, 17 日	6.3	63.9	48.4	847	11.8 b	1.4	2.0
	尿素 $2.5\text{gm}^{-2}\text{N}$, 穂揃期後 7, 17 日	6.3	57.7	49.4	847	12.1 b	1.8	2.0
	硫酸 $5.0\text{gm}^{-2}\text{N}$, 穂揃期後 7 日	6.3	57.0	50.7	844	13.1 a	0.0	2.0
分散分析 ¹⁾	追肥	-	ns	ns	ns	**	-	-
	年次	-	*	ns	**	**	-	-
	追肥×年次	-	ns	ns	ns	*	-	-

1) 二元配置分散分析により、**は 1%水準、*は 5%水準で有意差あり

2) 同一播種年度において異英字間に 5%水準で有意差あり (Tukey の多重検定)

3) 子実タンパク質含有率は水分 13.5%換算値

4) 肥料やけ程度は、0:無, 1:微, 2:少, 3:中, 4:多, 5:甚の 6 段階で評価した

5) 検査等級は 1 等上(1.0)~ 1 等下(3.0)

含有率は兩年とも12%に届かなかった(第3表)。一方、窒素施用量で 2.5gm^{-2} の尿素水溶液を穂揃期後7日と14~17日に2回散布した場合の子実タンパク質含有率は、兩年とも12%以上であった。これらのことから、子実タンパク質含有率の目標値である12%を達成するには、尿素葉面散布の場合も硫安による穂揃期追肥と同様に 5gm^{-2} の窒素成分が必要であると考えられる。また、1回の散布濃度が高いほど肥料やけ程度が大きくなったことから、窒素成分で 5gm^{-2} の尿素肥料を 2.5gm^{-2} ずつの2回に分けて散布することで、硫安による穂揃期追肥に代わる尿素葉面散布法として有効であると考えられる。

穂揃期追肥作業は日本めん用小麦品種では実施しておらず、「ラー麦」における省力化技術の開発が強く要望されている(田中2013)。尿素葉面散布の利点はコムギ赤かび病の防除薬剤に混和して散布できる(竹内ら2006, 中司・木村2011, 中島ら2012)ことであり、混和して散布してもコムギ赤かび病に対する防除効果は低下しないことが明らかとなっている(中島ら2012)。小麦では、開花が始まって10日程度の間が赤かび病に最も感染しやすく、開花始めの時期とその後1回の追加防除を加えた2回散布が薬剤防除の基本となっており(中島2011)、本県においても、開花期とその1週間後に2回の薬剤防除を実施するよう指導されている(福岡県農林水産部2011)。これらの防除適期は、本試験で示された尿素葉面散布による子実タンパク質含有率の向上効果が高い散布期間に含まれている。

なお、近年、水稻をはじめとして大豆や小麦では、無人ヘリコプター(以下、無人ヘリ)を使用した薬剤防除が増加している(芳賀2013)。無人ヘリによる防除では、地上散布と比べて高濃度の薬液を少量散布するため、必要量の尿素肥料を溶かすと尿素濃度が非常に高くなり、著しい肥料やけが生じる恐れがある。したがって、無人ヘリによる防除を行っているほ場では尿素葉面散布の実施は難しいため、今後は緩効性肥料を用いた省力的な施肥体系についても検討する必要があると考えられる。

引用文献

- 福岡県農林水産部(2011)ちくしW2号栽培の手引き. p1-7.
- 古庄雅彦・塚崎守啓・松江勇次・内村要介・山口修・馬場孝秀・高田衣子・宮崎真行・浜地勇次(2009)ラーメン用小麦新品種「ちくしW2号」の育成. 福岡農総試研報28:39-44.
- 古庄雅彦・馬場孝秀・宮崎真行・石丸知道・大野礼成・高田衣子・浜地勇次(2013)日本初のラーメン用コムギ品種「ちくしW2号」の開発と高品質生産技術の確立. 日作紀81(別1):518-521.
- 芳賀俊郎(2013)航空(有人ヘリ)防除及び無人ヘリ防除の歩みと今後の展望. 日本農薬学会誌38:224-228.
- 石丸知道・荒木雅登・荒木卓哉・山本富三(2015)適正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.
- 岩淵哲也・浜地勇次・宮崎真行・内川修(2011)近年の北部九州産コムギにおける子実タンパク質含有率低下の要因解析. 日作紀80:59-64.
- 岩淵哲也・松江勇次・松中仁(2013)出穂期前後の窒素追肥時期や尿素葉面散布がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の生地物性に及ぼす影響. 日作紀82:136-140.
- 越野正義(1976)液体複合肥料. 植物栄養土壌肥料大事典(高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄(編)). 養賢堂, 東京, p.1213-1217.
- 中島隆(2011)食品の安全性を確保するための麦類赤かび病の防除. 植物防疫65:711-714.
- 中島隆・吉田めぐみ・宮坂篤・鈴木文彦・平八重一之(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. 九病虫研会報58:7-13.
- 中司祐典・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.
- 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.
- 平将人・二瓶直登・遠藤あかり・谷口義則・前島秀和・中村和弘・伊藤裕之(2012)出穂期の窒素追肥が硬質コムギ品種ゆきちからの中華麵適性に及ぼす影響. 日作紀81:173-182.
- 竹内実・近乗偉夫・吉良知彦(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.
- 田中浩平(2013)現場が求める技術開発ー硬質小麦「ちくしW2号」(ラー麦)普及の取り組みからー. 日作九支報79:65-68.
- 谷口義則・藤田雅也・佐々木昭博・氏原和人・大西昌子(1999)九州地域におけるコムギの粗タンパク質含有率に及ぼす穂孕み期追肥の効果. 日作紀68:48-53.