

全量基肥肥料の配合内容が水稲品種「ゆめまつり」の 玄米タンパク質含量及び白未熟粒の発生に及ぼす影響

伴 佳典¹⁾・吉田朋史²⁾・坂 紀邦³⁾・加藤恭宏¹⁾

摘要：高温登熟障害による「ゆめまつり」の白未熟粒の発生を軽減するため、2013年から2015年に被覆尿素肥料の配合内容が異なる5種類の全量基肥肥料を作出して供試し、玄米の品質に及ぼす影響を調査した。その結果、被覆尿素肥料LPSS100は「ゆめまつり」の出穂期前後に溶出が多く、この配合割合を高めるほど玄米タンパク質含量が増加し、高温年には白未熟粒の発生率が減少した。ただし、玄米タンパク質含量の増加による食味の低下を防ぐため、LPSS100の配合割合は全量基肥肥料の窒素成分のうち40%以下とすることが望ましいと考えられた。

キーワード：水稲、ゆめまつり、高温登熟障害、白未熟粒、全量基肥肥料、玄米タンパク質含量

緒 言

「ゆめまつり」(系統名：愛知108号)は、愛知県が育成した早生・良食味の水稲品種である¹⁾。2008年に奨励品種に採用されたが、2011年、2013年など登熟期間が高温に経過した年には高温登熟障害による白未熟粒が多発した。このため、高温年に白未熟粒の発生を抑制できる栽培法の開発が求められている。

高温登熟障害による白未熟粒は、出穂後20日間の平均気温が27℃を超えると多発することが知られている²⁾。また、白未熟粒の発生率は玄米のタンパク質含量との間に負の相関があり、玄米タンパク質含量が高いほど白未熟粒の発生が少ない傾向が認められている³⁾。一方、米の食味は玄米タンパク質含量が高いほど低下することが報告されている⁴⁾。このため、愛知県では良食味の基準となる玄米タンパク質含量(乾物換算値)の上限を7.7%としている⁵⁾。さらに、玄米タンパク質含量は窒素施肥により増加することが知られている⁴⁾。以上のことから、「ゆめまつり」の高温登熟障害による白未熟粒発生を軽減するためには、窒素施肥技術の改善により良食味基準を超えない範囲で玄米タンパク質含量を高めることが有効であると考えられる。

愛知県ではほとんどの米生産者が、複数の被覆尿素肥料を配合した全量基肥肥料を用いて窒素施肥を行っている。従って、窒素施肥技術の改善は全量基肥肥料に配合された被覆尿素肥料の変更に他ならない。作物研究部水田利用研究室ではこれまで、出穂後20日間の平均気温が27℃を超えることが多い極早生品種の「コシヒカリ」

について、全量基肥肥料の配合内容の変更が白未熟粒の発生に与える影響を研究してきた。杉浦ら⁶⁾は全量基肥肥料に配合された穂肥相当成分である被覆尿素肥料LPS80を肥効の発現が遅いLPSS100へと変更し、さらにその割合を高めることで玄米タンパク質含量が増加し、白未熟粒の発生が抑制されることを報告している。

以上のことから、著者らは2013年から2015年にかけて「ゆめまつり」の高温登熟障害による白未熟粒の発生を抑制できる窒素施肥技術開発を目的とし、既存の早生品種用全量基肥肥料の穂肥相当成分であるLPS80をLPSS100に変更するなど、被覆尿素肥料の配合内容が異なる5種類の肥料を作出して供試し、玄米の品質に及ぼす影響を調査した。その結果、全量基肥肥料に配合される被覆尿素肥料の変更が「ゆめまつり」の玄米タンパク質含量に及ぼす影響と、玄米タンパク質含量や白未熟粒の発生との関係について知見を得たので報告する。

材料及び方法

1 供試肥料及び試験区・耕種の概要

全量基肥肥料の速効性の窒素成分として、アンモニア態窒素を用いた。また、全量基肥肥料の被覆尿素肥料のうち全生育期間を通して溶出する成分として、ポリオレフィン系のリニア型被覆尿素肥料LP100(25℃の水中において100日間で80%の尿素が溶出する)を用いた。全量基肥肥料の被覆尿素肥料のうち穂肥相当成分としては、シグモイド型被覆尿素肥料LPS80(同様の条件で45日間の溶出抑制後35日間で80%の尿素が溶出する)及び、シグモイ

¹⁾作物研究部 ²⁾作物研究部(現農林水産部園芸農産課) ³⁾作物研究部(現環境基盤研究部)

ド型被覆尿素肥料LPSS100(同じく45日間の溶出抑制後55日間で80%の尿素が溶出する)を用いた。これらを充分に混和して作出した5種類の肥料の構成を表1に示す。

施肥同時田植機SPU650(株式会社クボタ、大阪)を用いて稚苗を水田へ移植すると同時に、移植条の側部10 cm程度の土中に深さ5 cm程度で施肥した。側条施肥・全量基肥肥料で施肥した場合には分施肥と比べて施肥の利用率が向上するため、「ゆめまつり」の窒素施肥基準10 g/m²より10~20%減量した8~9 g/m²を目標として施肥同時田植機を設定した。2013年は水田利用研究室(安城市)内B1-2ほ場、2014年は同C2ほ場、2015年は同C2ほ場及び生産現地ほ場(豊橋市、東浦町)に試験区を設置した。2015年C2ほ場(2区制)を除きすべて1区制で試験区を設置した。設置した試験区と耕種の概要を表2に示す。

2 調査方法

生育調査は各試験区の生育を代表する連続した10株に対して行い、平均値を算出した。穂揃期葉色は穂揃期の止葉をSPAD502(コニカミノルタジャパン株式会社、東京)を用いて測定した。成熟期には稈長、穂長、穂数を測定した。

表1 供試した全量基肥肥料の概要

肥料名 ¹⁾	窒素成分の配合内容			
	AN ²⁾	LP100	LPS80	LPSS100
	%	%	%	%
08	10	10	0	80
06	20	20	0	60
05	20	30	0	50
24	20	20	20	40
50	20	30	50	0

1) 肥料名は1文字目がLPS80の配合割合、2文字目がLPSS100の配合割合を示す。

2) ANはアンモニア態窒素。

表2 試験区の構成と耕種概要

年次	ほ場	肥料名	窒素 施肥量	移植期	栽植 密度
			g/m ²	月/日	株/m ²
2013	B1-2	08	8.6	5/22	18.5
		06	8.2		18.5
		05	8.1		18.5
		50	7.9		18.5
2014	C2	06	9.0	5/22	20.1
		24	8.9		19.8
		50	9.0		20.1
		05	9.0		18.7
2015	C2	24	9.0	5/21	19.0
		50	9.0		19.1
		05	8.6		19.6
	豊橋	24	8.8	5/26	19.6
		50	8.6		19.9
		05	9.2		19.8
東浦	24	8.8	6/15	20.0	
	50	9.0		20.0	

収量及び玄米品質調査には、成熟期に各試験区で生育調査を実施した10株とその両隣の合計30株を収穫して供試した。乾燥、脱穀、籾すり後、1.85 mmの篩に通して精玄米とした。近赤外分光光度計6500HON(株式会社ニレコ、東京)により精玄米の水分含量を測定し、水分含量14.5%に換算した精玄米重を算出した。精玄米の外観品質は穀粒判別機RGQI10(株式会社サタケ、広島)により測定した。玄米タンパク質含量は、近赤外分光光度計6500HON(株式会社ニレコ、東京)により精玄米の窒素濃度を測定し、換算係数5.95を乗じて乾物換算値を算出した。

2014年と2015年には被覆尿素肥料を水田利用研究室内C2ほ場(安城市)に埋設し、概ね15日ごとに埋設時の2.50 g相当を抜き取った。Kjeltec200(フォス・ジャパン株式会社、東京)を用いてケルダール法により窒素含量を測定し、溶出率を算出した。

ほ場の土壌の培養窒素量調査は北村らの方法⁷⁾によって行った。土壌の全窒素含量はJM1000CN(株式会社ジェイ・サイエンスラボ、京都)を用いて燃焼法により測定した。

平均気温はアメダスから算出し、安城市内のほ場は岡崎、豊橋市のほ場は豊橋、東浦町のほ場は大府の観測地点の値を用いた。

相関係数、*p*値などの統計量は、表計算ソフトEXCEL(日本マイクロソフト株式会社、東京)を用いて算出した。

結 果

1 土壌及び気象条件

土壌及び気象条件を表3に示す。土壌の培養窒素及び全窒素の値はほ場によって異なった。2013年の平均気温は28.1℃と白未熟粒発生の目安となる27℃を上回って高かったが、2014年、2015年はいずれのほ場でも27℃を下回った。

2 被覆尿素肥料の窒素溶出率

穂肥相当成分として配合したシグモイド型被覆尿素肥料の窒素溶出率を表4に示す。LPSS100はLPS80と比べて出穂期を中心とした約1か月間の溶出率が高かった。

表3 土壌及び気象条件

年次	ほ場	土壌		出穂後 20日間の 平均気温
		培養 窒素	全窒素 含量	
		mg/kg	%	℃
2013	B1-2	16	0.15	28.1
2014	C2	13	0.15	25.8
	C2	13	0.15	25.7
2015	豊橋	29	0.27	25.7
	東浦	27	0.17	24.5

表4 被覆尿素肥料の溶出率

年次	種類	溶出率			合計
		右以前	出穂期を中心とした約1ヶ月間	左以後	
		%	%	%	%
2014	LPS80	76	19	2	97
	LPS100	47	43	2	92
	(期間	~7/29	7/29~9/5	9/5~)	
2015	LPS80	72	17	1	90
	LPS100	41	45	6	92
	(期間	~8/3	8/3~9/10	9/10~)	

表5 生育、収量及び玄米品質

年次	ほ場	肥料名	LPSS 100の 配合 割合 (%)	生育					収量	玄米品質		
				出穂期	穂揃期	成熟期		穂数		精玄米重	玄米タンパク質含量	白未熟粒
				月/日	SPAD	月/日	cm	cm	本/m ²	g/m ²	%	%
2013	B1-2	08	(80)		35.8		68	22.8	315	568	8.1	47
		06	(60)	8/10	33.9	9/16	67	22.0	373	520	7.5	54
		05	(50)		34.8		70	21.5	351	563	7.6	51
		50	(0)		32.5		71	22.6	335	595	7.0	59
2014	C2	06	(60)		36.7		75	23.1	342	635	7.8	3
		24	(40)	8/14	34.7	9/24	78	22.1	357	692	7.7	3
		50	(0)		33.9		77	21.4	380	665	7.4	2
		05	(50)		36.3		73	22.8	282	542	7.4	13
2015	C2	24	(40)	8/15	35.4	9/24	75	22.7	310	535	7.4	9
		50	(0)		32.5		74	22.6	307	517	7.0	11
	豊橋	05	(50)		36.7		76	22.4	333	555	7.8	7
		24	(40)	8/16	35.3	9/24	75	22.6	328	539	7.5	9
	東浦	50	(0)		33.0		76	22.8	337	561	7.2	10
		05	(50)		36.3		71	21.1	310	531	8.0	3
	24	(40)	8/26	35.0	10/9	71	20.8	351	523	7.7	2	
	50	(0)		31.5		71	19.5	335	440	7.3	2	

3 被覆尿素肥料の配合内容が穂揃期葉色及び玄米タンパク質含量に与える影響

生育、収量及び玄米品質を表5に示す。年次またはほ場ごとに見ると、全量基肥肥料に配合されたLPSS100の割合が多いほど穂揃期葉色の値は高く、玄米タンパク質含量も高い傾向であった。特に高温年であった2013年には、LPSS100の割合が多いほど白未熟粒が減少する傾向がであった。一方、LPSS100の割合が多いほど稈長は短く、穂長は長く、穂数は少ない傾向が見られたが、精玄米重に与える影響は判然としなかった。肥料ごとの玄米タンパク質含量を見ると、LPSS100の配合割合が50%以上では7.7%を超える場合があったが、40%以下ではすべての試験区で7.7%以下であった。

4 2013年～2015年の穂揃期葉色と玄米タンパク質含量

穂揃期葉色と玄米タンパク質含量との間には有意な正の相関が認められた(図1)。

5 2013年の玄米タンパク質含量と白未熟粒

高温年であった2013年には、玄米タンパク質含量と白未熟粒との間に有意な負の相関が認められた(図2)。

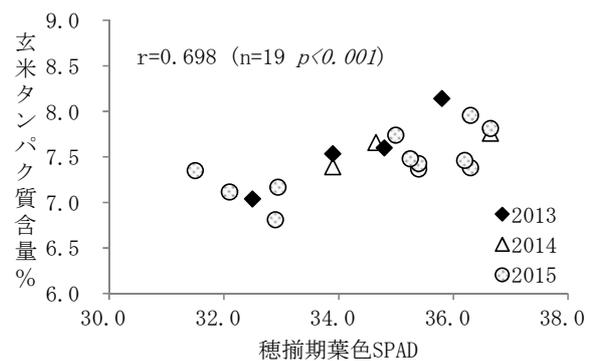


図1 穂揃期葉色と玄米タンパク質含量(2013～2015年)

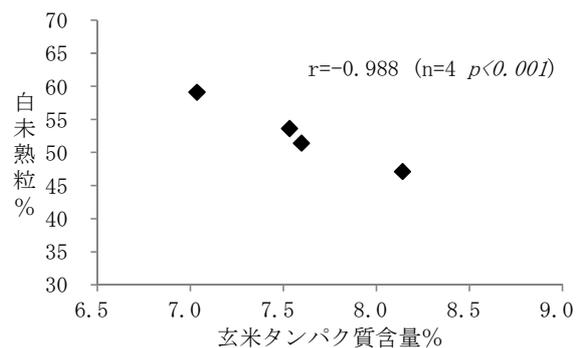


図2 玄米タンパク質含量と白未熟粒(2013年)

考 察

穂揃期葉色と玄米タンパク質含量には正の相関があり、穂揃期前後の窒素肥効を高めることで、穂揃期葉色や玄米タンパク質含量が高まり、白未熟粒の発生が減少することが報告されている³⁾。本研究で水稻品種「ゆめまつり」を供試して得られた結果は、これまでの報告と同様であった。即ち、LPSS100はLPS80に比べて「ゆめまつり」の出穂期前後に窒素の溶出率が高く、LPSS100の配合割合を高めることで、穂揃期葉色と玄米タンパク質含量が高まった。従って、全量基肥肥料に配合するLPSS100の割合を増減させることで、「ゆめまつり」の玄米タンパク質含量を増減することができると考えられた。

また、玄米タンパク質含量と白未熟粒の発生との関係を見ると、高温年である2013年にはLPSS100の配合割合を高めることで、白未熟粒の発生が抑制された。さらに、この年には玄米タンパク質含量と白未熟粒の発生率との間に有意な負の相関が認められた。従って、LPSS100の配合割合を高めて玄米タンパク質含量を増加させることで、高温年には白未熟粒の発生を低減できると考えられた。

一方、玄米タンパク質含量の増加は食味の低下を招くことが知られている。本研究では、LPSS100を50%以上配合した肥料を用いた場合、本県の良食味基準の上限値である玄米タンパク質含量7.7%を超える事例があった。これに対して配合割合が40%以下の場合には、玄米タンパク質含量7.7%を超える事例はなかった。これらのことから、玄米タンパク質含量の増加による食味の低下を防ぐためには、LPSS100の配合割合を40%以下とすることが望ましいと考えられた。

これまでに LPSS100 を 40%配合した全量基肥肥料を用いて高温年に「ゆめまつり」を栽培した事例はない。従って今後、高温年にこの全量基肥肥料が白未熟粒の発生に与える影響を検証する必要がある。高温登熟障害による白未熟粒の発生を低減しつつ食味を損なわない全量基肥肥料が普及し、「ゆめまつり」の評価が高まることを

期待したい。

謝辞：愛知県経済農業協同組合連合会の都築宏明氏には肥料サンプルを提供いただいた。生産現地試験では知多農林水産事務所の片岡幸次氏並びに東浦町の外山崇氏、東三河農林水産事務所の寺島竹彦氏並びに豊橋市の松井則人氏に多大な協力をいただいた。本研究をまとめるにあたっては、元水田利用研究室長の小出俊則氏に多くの助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

1. 加藤満, 城田雅毅, 中村充, 工藤悟, 藤井潔, 辻孝子, 濱田千裕, 杉浦直樹, 坂紀邦, 中嶋泰則, 加藤恭宏, 遠山孝通, 船生岳人, 澤田恭彦, 井澤敏彦, 鈴木敏夫, 釋一郎, 井上正勝, 朱宮昭男, 小島元. 高品質、良食味な病害虫複合抵抗性水稻新品種「愛知108号」の育成. 愛知県農業総合試験場研究報告. 40, 83-91(2008)
2. 若松謙一, 佐々木修, 上菌一郎, 田中明男. 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日本作物学会紀事. 76-1, 71-78(2007)
3. 若松謙一, 佐々木修, 上菌一郎, 田中明男. 水稻登熟期の高温条件下における背白米の発生に及ぼす窒素施肥量の影響. 日本作物学会紀事. 77-4, 424-433(2008)
4. 石間紀男, 平宏和, 平春枝, 御子柴穆. 米の食味におよぼす窒素施肥および精白中のタンパク質含量率の影響. 食品総合研究所研究報告. 29, 9-15(1974)
5. 愛知県農林水産部園芸農産課. 愛知県新水田農業活性化運動推進資料. 9-16(1998)
6. 杉浦和彦, 井上勝弘, 野々山利博, 林元樹. 全量基肥肥料による「コシヒカリ」の白未熟粒発生抑制. 愛知県農業総合試験場研究報告. 40, 99-105(2008)
7. 北村秀教, 関稔, 今泉諒俊. 土壌窒素発現に基づいた水稻施肥プログラムの開発. 愛知県農業総合試験場研究報告. 21, 47-61(1989)