

## 被覆尿素を用いた水稻育苗箱施肥における苗白化症の発生原因

棚橋寿彦・本田宗央\*・高橋幸蔵\*\*・矢野秀治

Analysis of Chlorosis caused by fertilizing Resin-Coated Urea into the Nursery Box in Paddy-Rice.

Toshihiko TANAHASHI, Munechika HONDA, KOZO TAKAHASHI, and Hideji YANO

**要約:** 被覆尿素を用いた水稻育苗箱施肥において発生する第2葉の白化は尿素肥料中に混在するピウレットにより発生する。播種後3日間、すなわち緑化期以前のピウレットとの接触が原因となる時期である。この症状はピウレットと種子の接触を避け播種するか、あるいは、出芽期中の育苗箱への多量灌水により軽減が可能である。

**キーワード:** 水稻、被覆尿素、育苗箱施肥、ピウレット、白化、クロロシス

### 緒言

水稻作における施肥窒素の利用率向上及び追肥労力の低減を目的とし、育苗箱中に被覆尿素を入れ本田への窒素施用が省略できる技術が開発され、東北地方を中心に全国的に普及しつつある。

しかし、本施肥法において育苗中の苗の第2葉(本報における葉位に関する記述は、不完全葉、1葉、2葉の順とした)の中間部位に白化する症状(クロロシス)が見られ、育苗現場での混乱を招くことが懸念された。

そこで、被覆尿素を用いた育苗箱施肥での白化症の発生原因及び軽減対策について検討したのでここに報告する。

### 材料及び方法

#### 試験1 健全苗及び白化苗の成分分析

育苗箱施肥により育苗した健全苗及び白化苗の第2葉をケルダール分解し窒素、リン酸、カリ、石灰、苦土、鉄、マンガン含量を測定した。

#### 試験2 発生原因の調査

被覆尿素からの溶出及びその後の形態変化から推察される物質(尿素、炭酸アンモニウム、硫酸アンモニウム、ピウレット)について、播種時または播種1日後に試薬水溶液の灌注を行い原因物質を調査した。

注) 被覆尿素から尿素が溶出し、分解酵素ウレアーゼによって炭酸アンモニウムへ速やかに変化していく。

また、肥料用に製造された尿素にはピウレットが混合している。

#### 試験3 被覆尿素からのピウレットの溶出

被覆尿素LPSS100(育苗箱施肥用試作品、以降LPSS100と記述する)100gに水50mlを加え、30℃にてインキュベートし水溶液中の尿素濃度及びピウレット濃度をそれぞれジメチルベンズアミノアルデヒド法、硫酸銅法<sup>1)</sup>にて測定した。

#### 試験4 ピウレット濃度及び灌注時期による苗への影響

ピウレット溶液の灌注する時期を播種から4日後まで1日間隔で5種類、濃度を0.1/0.4/1.2g/Lの3段階の区を設定し検討を行った。

200mlポリエチレンカップに床土45g・催芽後乾燥し保管しておいた種子50粒・覆土20gを順に入れ、また、カップの底面両端に長さ2cm程度の切れ目を入れ吸水用ガーゼを挿入し、これを少量の水を入れたトルピーカーで受け底面吸水の管理とし、適宜水を取り替え育苗した。また、ピウレット溶液はカップ底部からあふれるような十分な液量灌注した。

なお、出芽期は播種から3日間30℃暗所とし、以後緑化、及び硬化の管理を行った。品種は「ハツシモ」を用いた。

#### 試験5 第2葉の白化症へのピウレットの影響

試験4をさらに実際の育苗条件に近づけ検討を行った。すなわち、種子を催芽した湿粉とし、緑化期以降は頭上灌水とした。ピウレット濃度0.4g/Lの溶液を用い、灌注する時期をは種時から4日後まで1日間隔で5種類設定した。

\* 現生物産業技術研究所

\*\* 現岐阜地域農業改良普及センター

表1 正常苗と白化苗の第2葉の成分濃度 (試験1)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe	Mn
白化苗	5.49 (111)	1.02 (113)	2.83 (116)	0.61 (107)	0.40 (113)	0.049 (104)	0.054 (106)
正常苗	4.95	0.90	2.67	0.57	0.36	0.047	0.051

(乾物当たり%, カッコ内は正常苗に対する指数)

## 試験6 白化症軽減対策の検討

LPSS100及びLP30を使用し育苗箱施肥を行い、肥料の位置、灌水条件等を変え白化症軽減対策の検討を行った。

播種後3日間は30℃に設定した育苗器で出芽させた後に、野外へと移動し1度灌水しシルバーポリ被覆し緑化、続いて被覆を取り除き硬化した。品種は「ハツシモ」を中心に一部試験区は「コシヒカリ」についても実施した。

なお、育苗箱底部から土壌溶液採取管<sup>2)</sup>により育苗箱中溶液を採取しピウレット濃度を測定した。

## 試験7 白化苗移植後の生育

育苗箱施肥により育苗した「コシヒカリ」の健全苗及び白化苗を場内水田に1株1本植え(株間×条間:20×30cm)し、生育状況を調査した。

## 結果及び考察

## 1 発生原因 (試験1・2・3)

白化苗及び健全苗の第2葉の成分濃度を分析した結果、白化苗の方が分析した項目すべてについて高く、慣行区に対して113~104%の含量であった。単独の成分で極端に成分含量が高くなるという傾向は見られず、養分欠乏や過剰によるものではないと考えられた(表1)。

被覆尿素的の溶出及びその後の形態変化から推定される尿素・ピウレット・炭酸アンモニウム・硫酸アンモニウムの水溶液をそれぞれ育苗箱に灌注したところ、ピウレット区のみで白化症が再現された(表2)。ピウレットは肥料取締法において尿素やそれらを加工した肥料中に「窒素全量の含有率1.0%につきピウレット性窒素0.02%」が含有を許される有害成分の最大量<sup>3)</sup>として記されている。ピウレットは尿素重合体であり、化学式NH<sub>2</sub>CONHCONH<sub>2</sub>で尿素2分子が重合し、アンモニアが分離したものである。尿素製造過程において若干生成され、これは作物に有害である<sup>4)</sup>ため尿素肥料の規格に含まれている。

表2 各種溶液の灌注結果 (試験2)

	溶液濃度	苗白化症発生率
尿素	チッソ4g/L	0
炭酸アンモニウム	チッソ4g/L	0
硫酸アンモニウム	チッソ4g/L	0
ピウレット	現物0.4g/L	88.8

また、LPSS100からピウレットの溶出が認められ、その溶出量は日数を経過するごとに増加し、尿素と類似した溶出パターンであった(図1)。これらのことから白化症の発生原因はピウレットと考えられた。

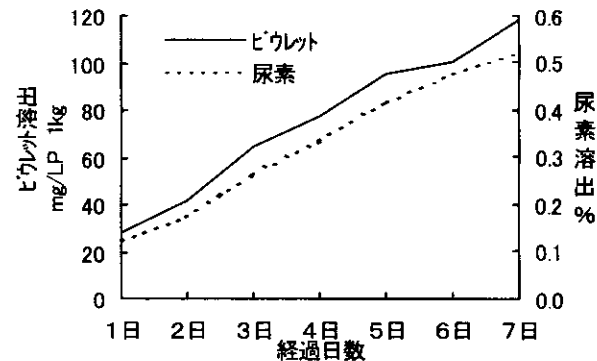


図1 30℃水中でのLPSS100育苗箱施肥用試作品からのピウレットと尿素的の溶出 (試験3)

## 2 ピウレット濃度及び灌注時期による苗への影響

(試験4)

ピウレット溶液の濃度、時期を変え灌注を行った結果、0.1g/L溶液の灌注では白化症の発生はほぼ無かった。0.4g/L溶液の播種当日と1日後の灌注で第1葉に白化が見られ、播種1日後から2日後の灌注ではほぼ全ての苗の第2葉に白化が見られた。また、第3葉の白化も播種1日後から2日後の灌注で最も多かった。

1.2g/L溶液での白化症の発生傾向は0.4g/L溶液とほぼ似通っていたが、第3葉での発生は、0.4g/L溶液では播種後1~2日後の灌注でピークを示し約53%の発生であったのに対し、1.2g/L溶液では播種2日後の灌注でピークを示し100%の発生が見られた(図2)。

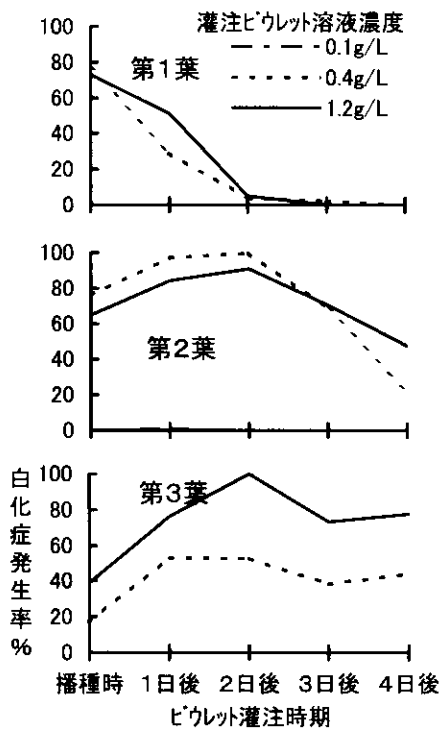


図2 ビウレット溶液の灌注時期・濃度と葉令別白化症発生率 (試験4)

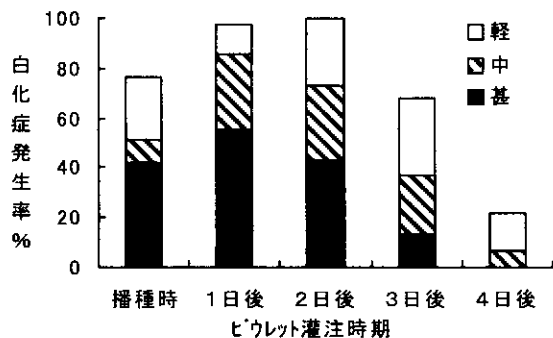
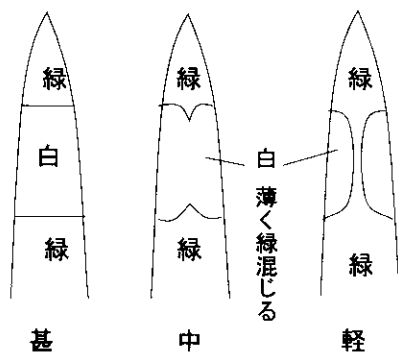


図3 第2葉での白化の程度 (試験4)



(白化の程度のカテゴリ基準)

ビウレット濃度0.4g/L溶液を灌注した時の第2葉での白化について、白化の程度を3段階に分類した結果、播種1日後の灌注が最も程度が重く以降軽くなる傾向が認められた (図3)。

ビウレットの灌注を行った場合の第2葉・3葉の葉長を調査した結果、0.1g/L溶液ではビウレットの灌注による影響はほとんど認められなかった。第2葉では0.4、1.2g/L溶液の場合、いずれも播種1日後の灌注の場合に最も短くなり、次いで播種時の灌注で短くなった。1.2g/L溶液の播種から2日後までの灌注では、第2葉は葉脈が曲がり萎縮した状態となった。第3葉では、0.4g/L溶液では明確な影響が認められなかったが、1.2g/L溶液では播種2日後の灌注で最も短くなり、次いで播種1日後の灌注で短くなった (表3)。

表3 ビウレット灌注時の草丈及び葉長 (試験4)

灌注ビウレット濃度	灌注時期	2葉長	3葉長	
0.1	播種時	11.3	13.2	
0.1	1日後	12.6	14.3	
0.1	2日後	12.7	14.1	
0.1	3日後	12.9	14.3	
0.1	4日後	12.8	14.2	
0.4	播種時	9.5	14.6	
0.4	1日後	7.8	13.7	
0.4	2日後	10.4	14.3	
0.4	3日後	12.4	13.4	
0.4	4日後	12.5	13.7	
1.2	播種時	6.3	11.6	根鉢形成不良
1.2	1日後	4.7	5.7	根鉢形成不良
1.2	2日後	8.2	4.9	根鉢形成不良
1.2	3日後	11.4	8.4	
1.2	4日後	12.3	8.0	
土のみ		12.2	13.8	

注: ビウレット濃度はmg/L、葉長cm

2葉長は播種16日後調査、3葉長は播種26日後調査

また、1.2g/L溶液の播種3日後までの灌注では根鉢形成が不良であった。

このことから、白化症の発生と葉長への影響は同様の傾向が認められ、ビウレットの影響する時期は葉齢によって異なり、灌注するビウレット濃度が高くなるほど生育や白化に及ぼす影響が大きくなる傾向が認められた。すなわち、葉令が進むほどビウレットにより影響を受ける時期が遅くなり、低濃度では影響を受けないと考えられた。

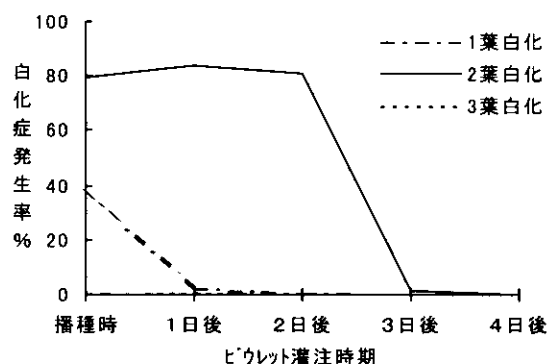


図4 ピウレット灌注時期と葉令別白化症発生（試験5）

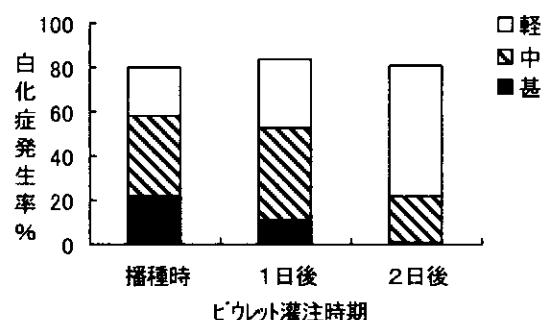


図5 第2葉での白化の程度（試験5）

### 3 第2葉の白化に影響を及ぼす時期（試験5）

試験4を、さらに実際の育苗の条件に近づけ検討した。

0.4g/Lのピウレット溶液を灌注した結果、第2葉での白化は播種2日後までの処理で多く3日目以降ほとんど認められなかった（図4）。第2葉の白化程度を3段階に分類すると灌注時期が早いほど白化程度の重いものも多く、播種2日後の灌注では軽度の発症が多くなった（図5）。このことから、育苗器で発生する第2葉の苗白化症は、育苗器に入庫している間にピウレットと遭遇することにより発生すると考えられた。

この結果は試験4とは第1葉・第2葉の白化程度を見ると1日程度ずれた結果となっており、種子の前処理の違いによるものと考えられた。

### 4 白化症軽減対策（試験6）

通常、育苗箱施肥で行われている育苗箱底部から床土・被覆尿素・種子・覆土とした場合に比べ、被覆尿素と種子の距離を遠ざけ、箱底部に被覆尿素を入れ、その上に床土・種子とすることにより白化症の発生率が「ハツシモ」では11.4%から3.2%へと低くなった。さらに床土を倍量とし、さらに遠ざけることで0.6%とほとんど発生が無くなった（表4）。また、育苗器中での灌水によっても発生率が3.2%と低下した。これらのことは、種子

近傍でのピウレット濃度が低下することにより白化症の発生率が低下したと考えられた。

これとは逆に、初期溶出抑制のないLP30を箱当たり50g添加すると白化症の発生は80.9%と極端に多くなり、播種当初からピウレット濃度が高くなるためと考えられた。

また、品種により発生の難易が認められ「ハツシモ」では「コシヒカリ」より発生しやすい傾向が認められた。

育苗箱中土壌溶液のピウレット濃度は高くても20mg/Lであった（表5）。この濃度は灌注試験での白化症の発生しなかった濃度0.1g/Lに比べて著しく低く、育苗箱での白化苗の発生が散在することから、初期溶出抑制の不完全な被覆尿素的の粒子の近辺で局部的にピウレット濃度が高くなり白化症が発生していると推察された。

### 5 白化苗の定植後の生育（試験7）

育苗箱施肥での健全苗及び白化苗を水田に移植したところ、白化苗は活着率、分けつ数、穂数とも健全苗に劣る傾向が認められた（表6）。しかしながら、この結果は1株1本植えの場合であり、実際の場面では1株複数本で植えられ、白化症の発生は散在して起こるため、実用場面での白化症発生による問題点は少ないと考えられた。

表4 育苗方法による苗白化症発生率（試験6）

区	被覆尿素、培土の位置（下から）	出芽期中の灌水	苗白化症発生率（%）	
			ハツシモ	コシヒカリ
①	床土・LPSS100・種子・覆土	無し	11.4	6.9
②	床土・LPSS100・種子・覆土	播種1・2日後	3.2	3.8
③	LPSS100・床土・種子・覆土	無し	3.2	—
④	LPSS100・床土(倍量)・種子・覆土	無し	0.6	—
参考⑤	LPSS100(950g)・LP30(50g)他は①区同様	無し	80.9	—

管理：LPSS100 1kg/箱、床土0.9L/箱 覆土1.3L/箱 ②区出芽期中の灌水は1L/箱・日 —は区設定無し

表5 育苗箱施肥での播種後時間と育苗箱  
土壌溶液中ビウレット濃度の推移 (試験6、①区)

	2時間後	1日後	2日後	3日後	6日後
ビウレット濃度	1	6	12	20	19

LPSS100 1kg/箱 濃度: mg/L

表6 ほ場移植後の生育 (試験7)

	健全苗	白化苗
活着率 (%)	100.0	95.8
莖数 (7/21, 本/株)	14.1	6.9
穂数 (8/17, 本/株)	16.9	10.8

6/15移植、1株1本植

### 総合考察

被覆尿素を用いた育苗箱施肥で発生する苗白化症の原因はビウレットによるものと考えられ、本研究においても供試した被覆尿素からもビウレットの溶出が認められた。

しかしながら、灌漑試験ではビウレット濃度100mg/L溶液では白化は発生しなかったが、育苗箱中の土壌溶液の濃度はこれの1/5程度で白化症が発生していた。これは、被覆尿素自体の単粒での溶出のばらつきによるものと考えられ、溶出抑制の不完全な粒の近傍で発生していたと推察された。被覆尿素の個々の粒子の溶出は様々なパターンを示し、大きな集合として見るとその銘柄に示す溶出パターンを示すことが、LP30について松本<sup>5)</sup>により、初期溶出抑制型については小林ら<sup>6)</sup>により報告されている。

ここで、LPSS100の被膜に傷が付き全量が速やかに溶出したとすると1粒30mgとして尿素態窒素12mg、ビウレットが公定規格限度とすると0.59mgのビウレットが溶出したこととなり、1.48mlの水を0.4mg/Lのビウレット濃度にするのが可能な量であり、局所的には白化症を発生させるに十分な濃度となったものと考えられた。

稲の種子内では第2葉原基まで分化しており、それぞれの葉位の伸長はハトムネ催芽以降に始まる<sup>7)</sup>ことから、今回のビウレット灌漑はそれぞれの葉位の伸長開始直前から伸長期の初期に作用していたことが考えられ、この時期の葉緑素生成に何らかの影響を与えたものと考えられた。また、第3葉以降は順次分化し伸長することから葉位別にビウレットによる白化の発生しやすい時期が異なることが推察できる。

実際の栽培にあたっては、本報で報告した軽減対策のうち、床土と肥料の位置の入れ替え、肥料と種子の距離を離すことが実用性が高いと考えられる。また、出芽期に余剰な時間を費やすことはビウレットとの接触時間を長くし白化症の発生を助長するため、十分に催芽した籾を使用し、十分な水分条件下で速やかに発芽させ緑化へと移すことを心懸けることが大切である。

また、実際の栽培では、白化苗を移植しても問題のないことを、十分に説明し理解を得る必要がある。

謝辞 本研究を行うに当たり多大な協力を頂いたチッソ旭肥料株式会社に深く感謝致します。

### 引用文献

- 1) 越野正義 編(1988) 詳解肥料分析法: 70-72, 87-91
- 2) 鳥山和伸(1988) 真空採血管を利用した水田土壌窒素の簡易モニター法. 農耕及び園芸. 63: 732-736
- 3) 肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件
- 4) 農林水産省肥料機械課 監修(1996) ポケット肥料要覧1996: 146, 234
- 5) 松本美枝子(1998) 施設ハウレンソウの合理的施肥法. 農業と化学. 6/7: 1-6
- 6) 小林進・藤澤英司・久保省三・羽生友治(1997) ガウス補正法による溶出モデル式の改良. 日本土壤肥料学雑誌. 68: 487-492
- 7) 松尾孝嶺他(1990) 稲学大成1: 68-83

### ABSTRACT

The chlorosis generated by fertilizing resin-coated urea into the nursery box in paddy-rice was caused by biuret contained in urea.

This chlorosis rose by contact to biuret and seed for three days after seeding.

This chlorosis was reduced by intercepting a seed and biuret or by lowering the biuret concentration in the nursery box solution.

### KEYWORD

chlorosis  
paddy-rice  
resin-coated urea  
biuret  
fertilizing to nursery box