群馬県における水稲育苗箱全量基肥栽培の熔成燐肥覆土および育苗期間の延長に関する検討

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者名	高橋,行継 吉田,智彦
発行元	日本作物學會
巻/号	76巻3号
掲載ページ	p. 370-378
発行年月	2007年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

日作紀（Jpn. J. Crop Sci.）76（3）：370－378（2007）

群馬県における水稲育苗箱全量基肥栽培の熔成燐肥覆土および育苗期間の延長に関する検討

高橋行継[1,2]・吉田智彦[3]

（[1]群馬県西部農業事務所，[2]東京農工大学大学院連合農学研究科，[3]宇都宮大学農学部）

要旨：群馬県の水稲育苗箱全量基肥施肥栽培を前提とした育苗法のうち，熔成燐肥による覆土技術と育苗期間の延長について2005年から2か年検討した．出芽は平置き出芽法，育苗はプール育苗法によって実施した．水稲育苗箱全量基肥専用肥料「苗箱まかせNK301-100」を供試し，4月と5月に各1回播種（2006年は5月播種のみ）を実施した．1箱当たり播種量は4月播種150 g，5月播種100 g，育苗期間は4月播種22日間，5月播種30日間とした．覆土に粒状培土，国内産および中国産の砂状熔成燐肥，国内産の球状熔成燐肥を使用した．その結果，粒状培土は出芽，苗の生育に問題なく，マット強度も十分であった．砂状熔成燐肥は国内産，中国産共に出芽時に生育障害が発生し，その後の苗の生育むらも目立った．しかし，育苗完了時には生育むらはかなり回復し，マット強度も問題なかった．生育は中国産がやや良好であった．国内産の球状熔成燐肥は，出芽時から生育障害が激しく発生し，その後の苗の生育むらも回復せず，マット強度も大きく低下するなど実用上問題があった．熔成燐肥による覆土は，砂状タイプの利用により育苗は可能であるが，現場への普及技術として課題が多いことが明らかになった．以上の結果から覆土に培土を使用することが望ましい．また，育苗期間は30日までの延長は可能ではあるが，慣行育苗と比較した場合に苗の徒長傾向が認められた．このため，20～22日程度の育苗期間が健苗育成からみて無難であると結論づけた．

キーワード：育苗期間，育苗箱，育苗法，水稲，施肥，被覆肥料，プール育苗，熔成燐肥覆土．

水稲育苗箱全量基肥施用法（以下箱全量）は，播種時の育苗箱内に培土と共に生育期間中に必要な肥料成分を施用し，そのまま育苗，移植作業を行う技術である．本技術では本田での基肥，追肥作業は基本的に必要なく，大幅な省力・低コスト化が可能であり，秋田県をはじめとする東北地方を中心に普及している（金田ら1994，北村・今井1995，庄子1999，田嶋・鶴ヶ崎2005）．

これまで筆者らは，群馬県平坦部の早植・普通期水稲栽培地域での箱全量の適応性を明らかにしてきた．当初は本田での生育・収量に検討の主眼を置いていた．この結果，肥料の過剰溶出によって移植後初期に生育障害が発生する場合もあるが，収量・品質は標準体系と遜色ないことを明らかにした（高橋ら2007）．しかし，一方で苗の徒長やマット強度低下の対策も問題になり，健苗育成技術の検討も重要であることが明らかになった．そこで，育苗に関する検討も行った結果，育苗期間は20～22日程度までとすることが望ましく，マット強度は播種量の増加によって向上を図ることが可能であった（高橋・吉田2006a）．

箱全量専用肥料はチッソ旭肥料（株）から市販されている「苗箱まかせN400-100」と「同NK301-100」の2種類（以下，それぞれ400，301）がある．400は窒素成分40%のみ，301では窒素30%と加里10%を含み，いずれも溶出期間100日の被覆肥料を100%配合した窒素成分主体の肥料である．このため不足する燐酸，加里成分は水稲移植時までに本田に別途施肥する必要がある．この作業は農閑期に実施可能であるが，本田での散布作業が必要になり，箱全量が目指す本田施肥の省略という狙いからはマイナスである．

現在，燐酸成分については熔成燐肥（以下，ようりん）を覆土に使用する技術があり（日高・蔦島2000），箱全量に使用する以前から紹介されている（熔成燐肥協会1978）．ようりんを覆土として育苗箱に使用できれば，301との組み合わせによって肥料3成分を育苗箱に投入でき，なお不十分な加里成分の供給方法の課題は残るものの，肥料3成分が揃った箱全量が可能になる．

前出の報告（高橋・吉田2006a）で，筆者らは粒状および砂状ようりんによる覆土も検討している．その結果，粒状ようりんはほとんど出芽せず，砂状ようりんを用いても出芽むらやその後の苗の生育むらが目立ち，マット強度も低下しやすいなど育苗面の課題が多いことが判明した．

現在国内で販売されているようりんは，粒状，砂状，球状，発泡の4種類があり，前2者が生産，流通量の大部分を占めている．このうち，砂状ようりんは輸入品（中国産）の20 kg当たりの市販価格が700円程度であり，国内産の1300円程度の1/2強と安価であることから前者が流通の大多数を占めている．著者らがこれまで供試してきた砂状ようりんも中国産であったが，輸入品は品質が悪く，不純物質が生育障害を引き起こしている可能性があるとの指摘を受けた．そこで，覆土に国内産と中国産砂状ようりんを供試して比較試験を実施すると共に，新たに国内産球状ようりんについても検討した．また，近年301の製品改良が行われた結果，肥料の過剰溶出の問題に改善がみられる

2006年12月28日受理．連絡責任者：高橋行継　〒375-0024 群馬県前橋市大手町1-1-1　群馬県職員労働組合
TEL 027-221-4538，FAX 027-221-4433，takahasi-yu@g-kenshoku.jp

(注：2002年12月26日付チッソ旭肥料（株），全農東京支所あて文書による）．このため，群馬県普通期栽培での標準的な育苗日数である30日間育苗が可能かについても検討したので併せて報告する．

材料と方法

試験は2005年および2006年，群馬県館林市の群馬県農業技術センター東部地域研究センター内にある無天蓋網室内で実施した．供試品種にあさひの夢を用い，播種は2005年4月15日と5月20日，2006年5月19日にいずれも手播き散播で行った．

以下は2か年共通である．播種量は乾籾で4月播種は150 g/箱，5月播種は100 g/箱とした．播種日起算の育苗日数は4月播種は22日，5月播種で29～30日間とした．

今回の研究目的は燐酸施用方法としてようりん覆土を検討することにある．そこで，供試肥料には燐酸以外の窒素，加里を供給可能な301を使用した．301は肥料保証成分が窒素30%，加里10%であり，溶出期間100日の被覆尿素と被覆塩化加里の2種類のみで構成される肥効調節型肥料である．床土内の施肥位置は，培土の上に肥料を層状に施用する上層方式とした．箱当たりの施肥量は高橋・吉田(2006a）により，使用育苗箱を30枚/10 aとして，あさひの夢の施肥基準の基肥と追肥の合計窒素量0.7 kg/aの40%減相当の468 g/箱とした．床土は呉羽化学の水稲育苗用粒状培土D型（以下，培土）を使用した．培土1 kg当たりに含まれる肥料成分量は窒素-燐酸-加里がそれぞれ0.29-0.71-0.36 gであった．床土は高橋ら（2004b）を参考に1650 gを基準として，301を施肥した各区の床土量は施肥量分を減じた．

砂状ようりんは国内産（朝日工業）と中国産（輸入元：組合貿易）の2種類の（以下，それぞれ国産ようりん区，中国ようりん区）を使用し，覆土として各1200 g/箱使用した．2005年，2006年5月播種では国内産球状ようりん(朝日工業）区（以下，球状ようりん区）を設け，同様に1400 g/箱使用した．いずれのようりんも保証成分は燐酸-苦土-珪酸が各20-15-20%であり，アルカリ分は国内産50%，中国産45%であった．

また，2005年4月播種を除き，床土と301の使用量は上記のようりん各区と共通とし，覆土に粒状培土1000 g/箱を使用した区を標準区として設けた．この他に比較区として301を使用せず，床土，覆土共に培土のみの区も設定し，床土量1650 g，覆土1000 gとした．比較区の施肥量は培土に含まれる肥料成分のみとした．なお，育苗期間の追肥は全ての区で実施していない．以上に示したようりんおよび培土の覆土としての使用量は，播種した籾を完全に覆い隠すことができる量を事前に調査して決定した．

出芽は平置き出芽法（高橋ら2004a）とし，出芽揃い後はプール育苗（飯塚ら1978）とした．育苗期間中の追肥は実施しなかった．その他の育苗方法は群馬県の慣行によった．

苗の生育状況をほぼ1週間おきに調査した．プール育苗移行時に出芽の良否をむらの発生程度で0（無）～5（甚）の6段階によって評価した．評価は観察により，出芽が遅れている個体の割合が0：0%，1：1～10%，2：11～20%，3：21～40%，4：41～60%，5：61%以上とした．この基準は後述の生育むらにも適用した．播種後8日目に草丈，葉齢，同15日目（5月播種は同22日目にも実施）に草丈，葉齢，葉色を，4月播種は同22日目，5月播種では同29～30日目に草丈，葉齢，葉色，生育むらの程度，マット強度，地上部および地下部風乾重を調査した．いずれも育苗箱の周縁部を除いた任意の個体を調査し，葉数は不完全葉を第1葉とする葉齢とした．葉齢は1箱当たり各20個体，葉色はミノルタSPAD502（以下，葉緑素計）で各区10個体の最上位展開葉の中央部を測定した．ようりん覆土の各区は出芽が遅れた個体が多かったため，調査対象は出芽長が概ね1.0 cm以上の個体とした．

地上部風乾重は100本/箱を風乾後に計量し，1本当たりに換算した．地下部風乾重は地上部を除去したマットの外周部を除いて10 cm角に切り取り，培土，肥料，地上部残さおよび籾を洗浄除去し風乾後，測定した．また，地下部風乾重調査マットの苗本数を事前に調査し，苗1本当たりに換算した．育苗箱底面からの出根は，底敷板を使用したためごく少量であり，無視した．マット強度は地上部を除去後，外周部を除いて20 × 10 cmの短冊状とし，短辺の片方を固定した後，長辺方向に平行にゆっくりと引っ張り，中央部付近で切断されたときの強度で示した．測定にはバネ秤りを使用してkgfで示した（農業生産工学研究会1992，大谷ら2000）．今回使用したバネ秤りは最大5 kgfまでしか測定できないため，これ以上の強度となった場合も便宜上5 kgfと表し，「<」を付けて区別した．統計処理には5.0を値として用いた．この他に各調査値から充実度，地上部/地下部風乾重比を求めた．充実度は大谷ら（2000）により，苗の1個体当たりの風乾重を草丈で除して求めた．

育苗箱内での肥料溶出量を明らかにするために，被覆尿素のみとした肥料サンプル5 gをネットに封入し，4月播種は国産ようりん区，5月播種では標準区の2箱に播種時に埋め込んだ．4月播種は3個，5月播種では4個をそれぞれ埋め込み，ほぼ1週間おきに実施した毎回の生育調査時にサンプルを回収し，付着した培土，根を除去して風乾後，肥料中の窒素成分の溶出量を調査した．調査はPDAB発色による吸光光度測定によった．まず回収したサンプルを粉砕，加水，調製して試料液を作成した．これにPDAB（$(CH_3)_2NC_6H_4CHO$）溶液を加えて波長430 nmの可視光で吸光光度を測定し，残留した尿素性窒素量を求めた．

試験区は2005年4月播種で比較区の反復を設けなかった以外，3反復とした．各年の5月播種の標準区1箱の育苗箱内深さ1 cmの温度を毎正時，銅－コンスタンタン熱電対温度計によって測定した．

第1表 苗質調査の結果（2005年4月16日播種，播種後8日目～15日目）．

区名	出芽良否 (1-5)	播種後8日目 草丈 (cm)	播種後8日目 葉齢	播種後15日目 草丈 (cm)	播種後15日目 葉齢	播種後15日目 葉色
国よ	3.0	3.7	1.8	8.7	2.9	29.3
中よ	3.0	3.8	1.8	9.3	3.0	29.6
比較	1.0	5.6	2.3	10.8	3.0	24.9

国よは国内産砂状ようりん，中よは中国産砂状ようりん覆土区．比較は床土部分に苗箱まかせ301を使用せず，覆土と共に培土のみの区．出芽良否はむらの発生程度で0（無）～5（甚）の6段階評価．葉色は葉緑素計による測定値．いずれの調査項目においても国よ区，中よ区間の有意差はなし（t検定による）．比較区は反復なし．

第2表 苗質調査の結果（2005年4月16日播種，育苗完了時）．

区名	播種後22日目 草丈 (cm)	播種後22日目 葉齢	播種後22日目 葉色	播種後22日目 生育むら (1-5)	地上部風乾重 (mg/本)	充実度 (mg/cm)	地下部風乾重 (mg/本)	地上/地下風乾重比	マット強度 (kgf)
国よ	9.4	3.3	25.9	2.0	13.0	1.4	4.4	3.0	4.6
中よ	10.2	3.4	26.3	2.5	14.5	1.4	4.3	3.4	5.0＜
比較	11.8	3.2	24.7	0.5	13.7	1.2	4.4	3.1	5.0＜

国よは国内産砂状ようりん，中よは中国産砂状ようりん覆土区．比較は床土部分に苗箱まかせ301を使用せず，覆土と共に培土のみの区．生育むらは0（無）～5（甚）の6段階評価．葉色は葉緑素計による測定値．いずれの調査項目においても国よ区，中よ区間の有意差はなし（t検定による）．地下部風乾重はマット片10×10 cm当たりの測定値を同マット片内の苗立ち本数から1本当たりに換算した．マット強度は20×10 cmのマット片の引っ張り強度．5.0＜は測定限界値の5.0 kgfを超えたことを示す．比較区は反復なし

第3表 苗質調査の結果（2005年5月20日播種，播種後8日目～22日目）．

区名	出芽良否 (1-5)	播種後8日目 草丈 (cm)	播種後8日目 葉齢	播種後15日目 草丈 (cm)	播種後15日目 葉齢	播種後15日目 葉色	播種後22日目 草丈 (cm)	播種後22日目 葉齢	播種後22日目 葉色
国よ	4.0b	2.7b	1.7b	7.2b	3.0a	30.5a	9.9b	3.7b	28.9ab
中よ	4.0b	3.9c	2.0a	8.9c	3.1a	30.0ab	10.4b	3.6bc	28.1bc
球よ	5.0a	2.0d	1.4c	5.8d	2.9a	24.7b	9.8b	4.0a	30.9a
標準	1.0c	4.5a	2.0a	10.1a	3.0a	28.9ab	12.7a	3.5c	25.7cd
比較	1.0c	4.9a	2.1a	10.3a	2.9a	26.5ab	13.3a	3.4c	25.4d

国よは国内産砂状ようりん，中よは中国産砂状ようりん，球よは国内産球状ようりん覆土区．標準は培土覆土区，比較は床土部分に苗箱まかせ301を使用せず，覆土と共に培土のみの区．出芽良否はむらの発生程度で0（無）～5（甚）の6段階評価．葉色は葉緑素計による測定値．数値右側の同一英小文字はDuncanの多重検定により5%水準で有意差がないことを示す．

結　果

2005年4月播種の出芽の良否は，国産ようりん区と中国ようりん区が共に3.0となり，標準区の1.0より劣った（第1表）．播種後8日目では草丈は比較区の5.6 cmに対して3.7 cmおよび3.8 cm，葉齢も比較区の2.3に対して共に1.8と生育が遅れる傾向にあった．葉齢は同15日目調査以降は比較区とほぼ遜色がなくなったが，草丈は同22日目まで小さい傾向を示した（第2表）．葉色は同15日目と育苗完了時の22日目の測定であるが，いずれも国産ようりん区，中国ようりん区が比較区を上回る傾向にあった．地上部風乾重は中国ようりん区が14.5 mg/本で比較区の13.7 mg/本より大きく，国産ようりん区は13.0 mg/本で比較区を下回る傾向にあった．マット強度は国産ようりん区が4.6 kgf，中国ようりん区は5.0 kgf＜となり，比較区の5.0 kgf＜とほぼ同程度であった．国産ようりん区と中国ようりん区との比較では，播種後22日目の草丈，地上部風乾重，地上/地下部風乾重比において，中国よう

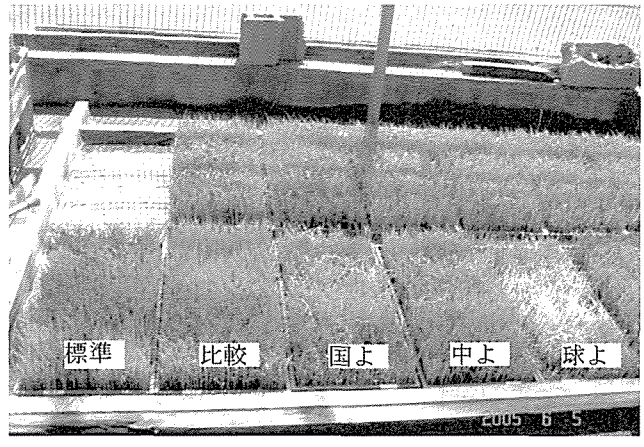
第4表　苗質調査の結果（2005年5月20日播種，育苗完了時）．

区名	播種後30日目				地上部	充実度	地下部	地上/地下	マット
	草丈	葉齢	葉色	生育むら	風乾重		風乾重	風乾重比	強度
	(cm)			(1-5)	(mg/本)	(mg/cm)	(mg/本)		(kgf)
国よ	14.5b	4.3ab	28.3a	2.5b	17.6a	1.2abc	5.2ab	3.4a	5.0<a
中よ	14.9b	4.3abc	25.2c	2.0b	21.9a	1.5a	5.7a	3.9a	5.0<a
球よ	14.7b	4.4a	28.0ab	4.0a	21.1a	1.4ab	4.2b	5.0a	1.2b
標準	17.8a	4.1abc	25.6bc	1.0c	19.5a	1.1c	5.0ab	4.0a	5.0<a
比較	15.7b	4.0c	21.5d	1.0c	21.5a	1.4ab	6.1a	3.6a	5.0<a

国よは国内産砂状ようりん，中よは中国産砂状ようりん，球よは国内産球状ようりん覆土区．標準は培土覆土区．比較は床土部分に苗箱まかせ301を使用せず，覆土と共に培土のみの区．生育むらは0（無）～5（甚）の6段階評価．葉色は葉緑素計による測定値．地下部風乾重はマット片10×10cm当たりの測定値を同マット片の苗立ち本数から1本当たりに換算した．マット強度は，20×10cmのマット片の引っ張り強度．5.0<は測定限界値の5.0 kgfを超えたことを示す．数値右側の同一英小文字はDuncanの多重検定により5%水準で有意差がないことを示す．

りん区が国産ようりん区をやや上回り，中国ようりん区の生育が優る傾向を示した．生育むらは国産ようりん区が中国ようりんよりやや小さい傾向がみられた．

2005年5月播種の出芽の良否は，ようりん覆土の3区が標準区，比較区の1.0に対して4.0～5.0と著しく劣り，特に球状ようりん区で遅れが目立った（第3表）．播種後8日目以降，ようりん覆土の3区と標準区，比較区との差は徐々に小さくなった（第4表）．草丈は同30日目に標準区の17.8 cmに対して3 cm前後有意に下回った．葉齢は同15日目の時点で標準区との差はほぼなくなり，同22日目以降は標準区より進展し，同30日目では標準区の4.1に対して国産，中国ようりん区は4.3，球状ようりん区は4.4と有意ではなかったが進展傾向にあった．葉色は測定を実施した同15日目以降，一部の試験区で標準区をやや上回ったが，有意であった区は少なく，顕著な差は認められなかった．ようりん覆土の3つの試験区では生育障害を強く受けた個体が発生した．これらの個体はその他の個体と比較して葉齢の遅れは小さかったが，草丈が極端に短くなり，わい化した個体が目立った．国産ようりん区と球状ようりん区は，出芽揃い期から緑化せず葉色が白色～黄色のままの個体が多く発生し，特に球状ようりん区で著しかった（第1図）．中国ようりん区も緑化しない個体が認められたが，発生数は少なかった．生育むらは球状ようりん区では4.0で最後まで回復しなかった．地上部風乾重は相互に有意な差は認められなかったが，中国ようりん区と球状ようりん区が標準区を上回った．充実度はこの2つの区で標準区を有意に上回った．これに対して地下部風乾重は球状ようりん区が最小の4.2 mg/本となった．同区では地上部と地下部の風乾重比が全試験区中最大の5.0となり，マット強度は標準区を含む他の区が全て5.0 kgf以上であったのに対して，1.2 kgfと唯一有意に小さくなった．これらの測定値から球状ようりん区は根が十分に生育しなかったことが明らかになった．



第1図　播種後16日目の苗の生育状況（2005年5月20日播種）．手前左から順に標準，比較，国内産ようりん，中国産ようりん，国内産球状ようりん覆土の各区．標準は培土覆土区．比較は床土部分に苗箱まかせ301を使用せず，覆土と共に培土のみの区．国内産球状ようりん区（手前右端）の中央部分は，白化苗が多発して白っぽくなっている．また，国内産砂状ようりん区（手前中央）にも一部に白化苗が発生している．苗が筋状に黒っぽく写っている部分があるが，育苗施設の柱の影である．

2006年も昨年同様，ようりん覆土の各区が標準区および比較区に対して出芽が著しく劣り，遅れが目立った．ようりん覆土の各区は出芽時に生育障害を強く受けた個体が発生し，その状況は前年とほぼ同様であった．草丈は標準区と比較区の5.8，6.1 cmに対してようりん覆土の各区では3.5～1.9 cmと有意に短かった（第5表）．また葉齢も標準区と比較区の2.1，2.2に対してようりん覆土の各区では1.6～1.1と有意に短かった．

播種後8日目以降は前年同様，ようりん覆土の各区と比較区の差は徐々に小さくなった．草丈は同29日目に標準区の16.9 cmに対して3 cm以上有意に下回った（第6表）．

第5表 苗質調査の結果（2006年5月19日播種，播種後8日目～22日目）．

区名	出芽良否 (1-5)	播種後8日目 草丈 (cm)	播種後8日目 葉齢	播種後15日目 草丈 (cm)	播種後15日目 葉齢	播種後15日目 葉色	播種後22日目 草丈 (cm)	播種後22日目 葉齢	播種後22日目 葉色
国よ	4.0b	3.0b	1.4bc	7.9bc	3.0a	32.2a	9.5b	3.6b	29.6ab
中よ	4.0b	3.5b	1.6b	8.6b	2.9a	29.7a	9.7b	3.5b	28.5b
球よ	5.0a	1.9b	1.1c	6.2c	3.2a	24.5ab	9.3b	4.1a	28.6b
標準	1.0c	5.8a	2.1a	11.7a	3.2a	31.6a	12.5a	3.6b	30.2a
比較	1.0c	6.1a	2.2a	11.4a	3.1a	28.1ab	12.2a	3.5b	27.4b

国よは国内産砂状ようりん，中よは中国産砂状ようりん，球よは国内産球状ようりん覆土区．標準は培土覆土区．比較は床土部分に苗箱まかせ301を使用せず，覆土と共に培土のみの区．出芽良否はむらの発生程度で0（無）～5（甚）の6段階評価．葉色は葉緑素計による測定値．数値右側の同一英小文字はDuncanの多重検定により5%水準で有意差がないことを示す．

第6表 苗質調査の結果（2006年5月19日播種，育苗完了時）．

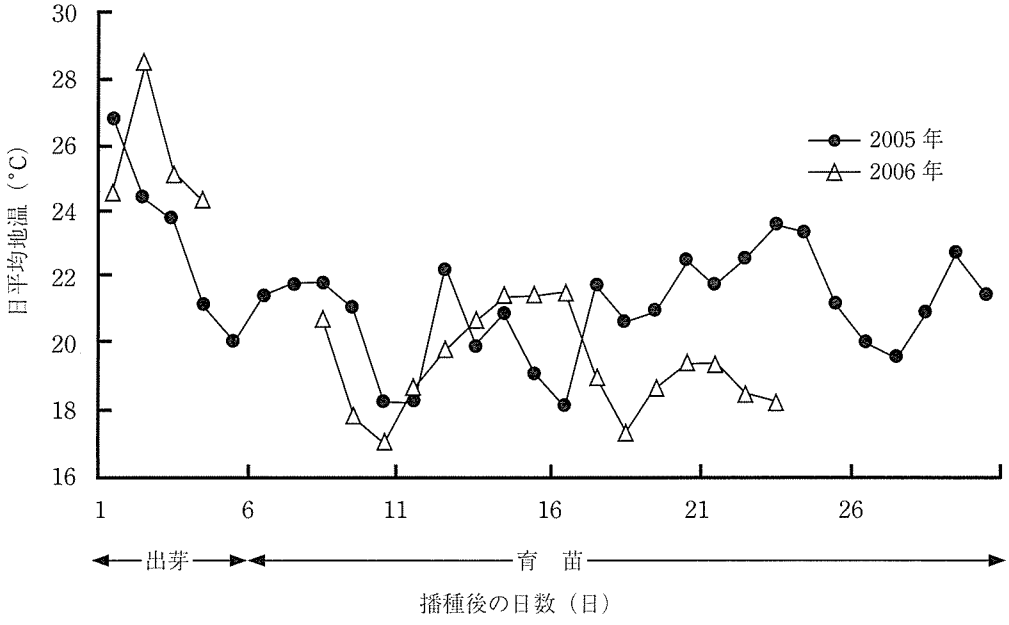
区名	播種後29日目 草丈 (cm)	播種後29日目 葉齢	播種後29日目 葉色	播種後29日目 生育むら (1-5)	地上部風乾重 (mg/本)	充実度 (mg/cm)	地下部風乾重 (mg/本)	地上/地下風乾重比	マット強度 (kgf)
国よ	13.0b	4.2b	30.0a	2.7ab	20.8ab	1.6a	5.1b	4.1a	2.5bc
中よ	13.7b	4.2b	28.5a	2.5abc	21.3ab	1.6a	5.5b	3.9a	4.0ab
球よ	13.1b	4.6a	30.2a	4.0a	16.0c	1.2b	4.4b	3.6a	1.7c
標準	16.9a	4.1b	30.2a	2.0bc	21.3a	1.3b	5.2b	4.1a	5.0＜a
比較	14.5b	3.9b	23.2b	1.0c	19.8abc	1.4ab	6.8a	2.9a	5.0＜a

国よは国内産砂状ようりん，中よは中国産砂状ようりん，球よは国内産球状ようりん覆土区．標準は培土覆土区．比較は床土部分に苗箱まかせ301を使用せず，覆土と共に培土のみの区．生育むらは0（無）～5（甚）の6段階評価．葉色は葉緑素計による測定値．

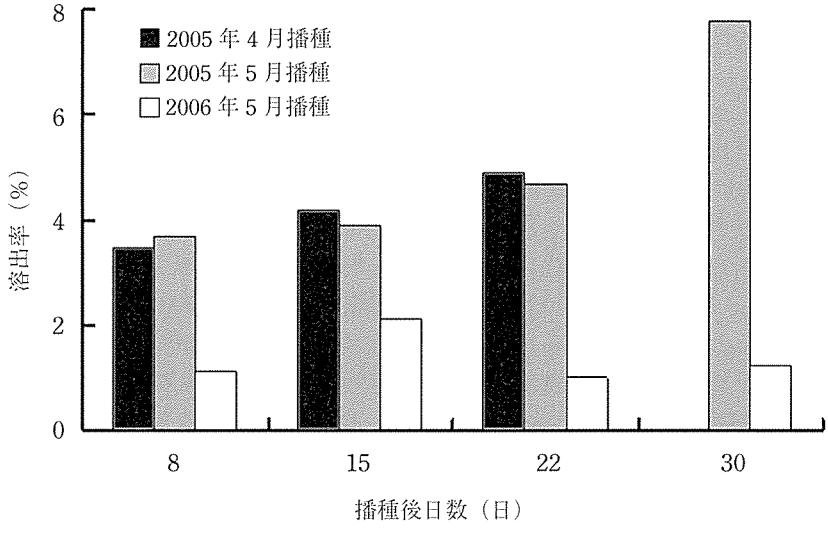
根部風乾重はマット片10×10 cm当たりの測定値を同マット片の苗立ち本数から1本当たりに換算した．マット強度は，20×10 cmのマット片の引っ張り強度．5.0＜は測定限界値の5.0 kgfを超えたことを示す．数値右側の同一英小文字はDuncanの多重検定により5%水準で有意差がないことを示す．

葉齢は同15日目の時点で標準区との差はほぼなくなり，同22日目以降は球状ようりんのみが有意に進展した．同29日目では標準区の4.1に対して，国産ようりん区と中国ようりん区は4.2と差はほとんどなかったが，球状ようりん区は4.6と有意に進展した．葉色は測定を実施した同15日目以降では，国産，球状ようりん区で同22日目に標準区より有意に低（淡）くなったが，それ以外には標準区との間に有意な差はなかった．育苗完了時に国産，中国ようりん区の生育むらを比較すると差はほとんどなかったが，標準区よりやや劣る傾向がみられた．球状ようりん区の生育むらは4.0となり，最後まで回復しなかった．球状ようりん区の地上部風乾重は16.0 mg/本で，標準区の21.3 mg/本を有意に下回り，前年とは異なる傾向になった．充実度は国産ようりんと中国ようりんの2つの区で標準区を有意に上回った．これに対して地下部風乾重は球状ようりん区が最小の4.4 mg/本となり，ようりん覆土の3つの区は標準区に対して差が認められなかったが，比較区に対して全て有意に下回った．これらの区では地上部と地下部の風乾重比も比較区に対して有意ではなかったが大きい数値を示し，地上部に対する地下部の充実が劣る傾向にあった．マット強度は標準区と比較区が5.0 kgf＜であったのに対して，中国ようりん区は4.0 kgfで実用上問題がない強度であった．これに対して，国産ようりん区と球状ようりん区はそれぞれ2.5，1.7 kgfと標準区に対して有意に小さくなった．

育苗培土内の深さ1 cmの地温を5月播種の育苗期間中に測定した（第2図）．2005年は平置き出芽期間にあたる播種後5日目までの地温は低下傾向にあったが，日平均地温は26.8～21.2℃，最高地温は概ね30℃を超えており，高かった．播種後5日目以降はプール育苗としたが，この期間中の日平均地温は23.6～18.1℃で推移し，期間平均では21.0℃であった．最高地温も25℃前後で推移し平均24.2℃で，季節の進行に伴う昇温があまりみられなかった．育苗期間中の窒素成分溶出率を第3図に示した．4月播種では播種後22日目に溶出率4.9%，育苗1箱当たりの換算で6.9 gの窒素成分が溶出した．5月播種は同22日目までは4月播種とほぼ同様の推移を示したが，同30日目に同7.8%，同11.0 gが溶出し，22日～30日目の間に



第2図　育苗箱内の地温の推移（2005，2006年5月播種）．
育苗箱内深さ1cmの培土温度を測定．2006年の播種後5～7日目と24日目以降は欠測．



第3図　播種時期別窒素成分溶出量の推移．
播種時に育苗箱内に埋め込んだ肥料サンプル（窒素成分）5gの溶出率を調査した．2005年4月播種分は播種後22日目をもって調査終了したため，30日目のデータはなし．

溶出率が上昇したことが明らかになった．

2006年は平置き出芽期間にあたる播種後4日目までの日平均地温は28.5～24.3℃，最高地温は39.9℃であった（第2図）．出芽揃い後は播種後14～16日目に最高地温が28℃前後の日が出現した以外，育苗期間の地温は概ね低めに経過した．欠測期間があるが，データを得た期間の日平均地温は21.6～17.3℃で推移し，最高地温も20℃未満の日が3日間出現するなど，2005年5月播種を大幅に下回る低温が続いた．育苗期間中の窒素成分溶出率を第3図に示した．育苗期間の気温が2005年よりも4～5℃低く推移したこともあって溶出率は低く，播種30日目でも1.3%，育苗箱1箱当り換算で1.8gの溶出にとどまった．

考　　察

熔成燐肥協会（1978）は，砂状ようりんを使用した覆土技術について紹介している．この中で，培土覆土よりも出

芽は遅れる傾向があるが，その後の生育について問題点はないとしている．また，被覆肥料を苗箱施用した砂状ようりん覆土による育苗試験が農林水産省北陸農業試験場（当時）および山形，栃木，埼玉，熊本の4県で実施されている（注：「ようりんの育苗箱施用による水稲省力施肥法」の成績，熔成燐肥協会 2000）．この報告によると熊本県で出芽が2日程度遅れたとの報告があるだけで，いずれも培土覆土と遜色のない育苗が可能であったとの報告がなされている．

しかし，筆者らの検討では箱全量試験に砂状ようりん覆土を初めて取り入れた2000年から毎年，苗の生育障害やマット強度の低下などが発生している．特に2001年はマット強度の低下が著しく，機械移植に際して苗取り板の使用が欠かせなかった．このため筆者らは箱全量の育苗に関するより詳細な検討を行い，ようりん覆土による苗の生育むらの発生やマット強度が低下しやすいことを報告した（高橋・吉田 2006a）．このように，ようりん覆土技術には育苗上の問題点が多く発生しており，国内産と輸入品との比較を含め詳細な検討を行ったものである．

2005年は4月と5月播種の2回，2006年は5月播種の1回育苗試験を実施した．いずれも国産ようりん区と中国ようりん区の出芽や初期生育は，標準区や比較区より劣っており，生育むらも大きくなる傾向が認められた．出芽は標準区に対して1～2日程度遅れ気味になるが，それ以上に個体間の生育差が目立ち，こちらの問題が大きい．育苗完了時には標準区（比較区）に対して草丈がやや短い傾向はあるが，葉齢，葉色，地上部および地下部風乾重や2006年の国産ようりん区を除くマット強度はほぼ遜色がなかった．しかし，育苗完了時まで生育むらは回復傾向にはあったが解消はしなかった（第1～6表）．ようりんの育苗箱内施用量は本田施用量に換算すると180倍を超える高濃度で投入されている．また，被覆肥料と異なり溶出制御はされていない．このため濃度障害が発生したものと考えられた．国産ようりんと中国ようりんの生育差はほとんどなく，むしろ中国ようりんが優れていたことから，生育不良が中国ようりんの品質不良に起因する可能性は否定された．中国産ようりんはアルカリ分が45％と国内産の50％よりも低く，この差が影響している可能性も考えられた．

砂状ようりんを覆土に用いた場合，マット強度は2 kgfを下回るような年次もみられ（高橋・吉田 2006a），年次間変動が大きく不安定である．農家は育苗に関して必要以上に気を遣う傾向があり（高橋・吉田 2006c），良質苗を作りたいという意識が強い．このことから出芽や生育むらは今回の評価基準で最大でも2.0，発生率で20％未満にとどめたい．この許容値と比較すると出芽むらはこの数値をすべて超えており，生育むらも最もよい数値でさえ最大許容値と同程度であった．このように，ようりん覆土は現地農家が技術として受け入れ，なおかつ定着できるか疑問が多く，普及上の課題が多い．

2005年と2006年5月播種に供試した球状ようりんは，砂状ようりんに比べて散布時の作業性が優れており，群馬県で入手できる国内流通しているようりんの一つであるため検討に加えたものである．しかし，出芽状況が芳しくない上に生育むらも大きかった．白化苗や緑化が遅れた苗も多発した上（第1図）に地下部の生育が悪く，マット強度は大幅に低下した．機械移植試験は行っていないが，このマット強度と生育むらでは作業は困難を極めることは明らかであった．球状ようりんは砂状ようりんよりも密度が約20％大きく，覆土量が多くならざるを得なかった．このため投入成分量は両者で異なり，生育障害がより強く出た可能性もあるが，播種籾を覆い隠すことが覆土の必要条件である以上，やむを得ないと判断した．なお，筆者らが別報（高橋・吉田 2006a）で供試した粒状ようりんはほとんど出芽せず，球状ようりんと共に覆土への使用は困難であると考えられた．

これまで述べてきた苗の生育障害やマット強度の低下等の現象がようりん覆土によって単独でもたらされているのか，あるいは複数の要因が関与しているのかについて検討を行った．まず，出芽方法について検討した．今回2か年の検討では平置き出芽法を使用した．過去2000，2001年はスチーム式出芽機を使用し，機内に育苗箱を積み重ねて出芽を行ったが，両年共にようりん覆土による出芽むら，苗の生育障害等が発生している（高橋ら 2007）．同時比較は行っていないが，この事実からみて出芽方法とようりんの生育障害との間には特に関連がないと考えられた．

次に400および301の肥料成分の過剰溶出が関与している可能性について検討した．池田ら（1995）は，苗箱まかせとして商品化される前の被覆尿素LPS100を供試した箱全量試験を行い，実用上の問題はほとんどないものの，数％程度含まれる溶出制御不良品によって苗の徒長やマット強度の低下，移植後の生育障害等が発生することを報告している．また，301は2002年まで加里成分としてNK化成を使用していた．NK化成は精度の高い樹脂加工が難しく，被覆尿素に比べて溶出量制御の精度も劣っていたとされる．これらの事実から，2002年頃までの箱全量試験で発生した育苗時の苗の徒長および移植後の苗の生育抑制などの問題には，供試肥料側にも一因があったと考えられた．

その後被覆精度の改良と共に，301については加里成分の改良（注：2002年12月26日付チッソ旭肥料（株），全農東京支所あて文書による）が2003年の製造分から行われている．にもかかわらず，2005年5月播種はプール条件で30日間の育苗期間中に7.8％，窒素量換算で11 g/箱に達する肥料成分の溶出があった．これは育苗期間の必要窒素量2 g/箱の5.5倍にも達する値であった．これに対して2006年はほぼ同時期であったにもかかわらず，30日間で1.3％しか溶出していない．調査方法の関係で同一サンプルを経時的に調査できず，サンプルによるデータのばらつきもみられたが，溶出率は年次により大きく異なること

が明らかになった.

しかし，溶出が多かった2005年5月播種の標準区でも育苗完了時に草丈がやや伸長し，葉色値も高くなるものの，マット強度の低下はなく，生育障害等の問題は発生しなかった．以上の結果から，今回の検討における苗の生育障害やマット強度低下の主原因は，ようりんにあるものと推察された．本検討では両年の球状ようりん区と2006年の国産ようりん区を除きマット強度の大きな低下はなかったが，このことには育苗期間の培土内平均地温が2005年は21.0℃，2006年は20.6℃（一部期間欠測あり）と2004年の同23.9℃に対して3℃程度低く（高橋・吉田2006a），概ね低温傾向であったことも一因として関与していたと考えられる（第2図）.

さらに今回は，301の改良を受ける形で育苗期間の延長についても検討し，2005年4月播種を除き育苗日数を29～30日間とした．両年共にようりんを覆土した各区は生育障害の影響もあり，苗の徒長はみられなかった．一方，培土を覆土した標準区は徒長気味の生育状況を示した．301の改良後とはいえ，必ずしも高温条件ではなかった2005年のプール育苗条件でも肥料の溶出は必要量を大幅に上回った．2006年はさらに育苗期間が低温であったために溶出は少なかったが（第3図），両年共に徒長気味の傾向は変わらなかった．2か年の検討結果からは30日間育苗も可能であるが，共に低温年の結果であり，過去の育苗試験結果や高温年も考慮すると健苗育成からは20～22日間程度の育苗日数が望ましいこと（高橋・吉田2006a）を再確認できた.

以上の結果を総括して，箱全量では覆土に培土を使用することが現状では最も確実な育苗法であり，育苗日数も20～22日間程度が無難であると考えられる．ようりん覆土に替わる具体的な燐酸の補給対策が求められるところであるが，池田ら（1995）は本田への稲わら，堆肥等の施用によって燐酸，加里成分の補給が可能であるとの報告をしている．そこで，2003年から2006年までの予定で本田への稲わら全量鋤込み，301単独施用による連続栽培試験を実施中である．2004年までの2か年を経過した時点では，本田基肥と追肥からなる標準体系との間に生育・収量に有意な差は生じていない（高橋・吉田2006b）．最終結果については別報で報告したい.

謝辞：今回の試験実施に際して，群馬県農業技術センター東部地域研究センター多々木英男センター長には試験施設，機材の提供を快諾いただき，山本光一氏をはじめ各位に育苗管理等のご協力をいただいた．また，熔成燐肥協会の乙幡幸二氏，朝日工業（株）の東野信行氏をはじめ諸氏には，貴重な情報と共にようりん各種資材の提供をいただいた．肥料溶出量調査に際してはチッソ旭肥料（株）の岩瀬正美，徳留浩喜両氏に多大なご協力をいただいたほか，供試肥料の提供をはじめ多くの情報やご意見をいただいた．ここに記して深く感謝する次第である.

引用文献

日高伸・蔵島雅之 2000. 水稲の育苗箱全量施肥技術. 埼玉農試研究報告 52：13－25.

飯塚国夫・金井博・島田忠男 1978. 水稲機械植用箱苗の簡易育苗法. 農及園 53：687－688.

池田彰弘・今井克彦・日置雅之 1995. 愛知県における水稲育苗箱全量基肥栽培の適応性. 愛知農総試研報 27：77－84.

金田吉弘・栗崎弘利・村井隆 1994. 肥効調節型肥料を用いた育苗箱全量施肥による水稲不耕起移植栽培. 土肥誌 65：385－391.

北村秀教・今井克彦 1995. 肥効調節型肥料による施肥技術の新展開1—水稲の全量施肥技術—. 土肥誌 66：71－79.

農業生産工学研究会 1992. 乳苗稲作の実用化成績試験概要. 6－8.

大谷和彦・菊池清人・山口正篤 2000. 新育苗箱を使用した水稲育苗の軽労化. 日作関東支部報 15：14－15.

庄子貞雄 1999. 環境保全型農業における新肥料の活用. 農林水産研究ジャーナル 22：6－11.

田嶋恒・鶴ヶ崎優貴子 2005. 水稲の育苗箱専用肥料「苗箱まかせ」普及，急速に拡大. —売れる米作りをめざす—. 農業と科学 560：8－10.

高橋行継・佐藤泰史・前原宏・阿部邑美 2004a. 群馬県の水稲普通期露地育苗における平置き出芽法の適用—被覆資材と出芽の関係について—. 日作紀 73：253－260.

高橋行継・佐藤泰史・加部武・栗原清・阿部邑美・吉田智彦 2004b. 水稲育苗箱の培土量減量による軽量・低コスト化に関する検討—群馬県におけるプール育苗条件において—. 日作紀 73：389－395.

高橋行継・吉田智彦 2006a. 群馬県稲麦二毛作地帯における水稲育苗箱全量基肥栽培のプール育苗法に関する検討. 日作紀 75：119－125.

高橋行継・吉田智彦 2006b. 群馬県稲麦二毛作地帯における水稲の新育苗技術と施肥技術による低コスト・省力化の評価. 日作紀 75：126－131.

高橋行継・吉田智彦 2006c. 群馬県稲作農家の低コスト・省力化技術導入に対する評価と意識及び普及に関する調査. 日作紀 75：542－549.

高橋行継・大島賢一・神沢武男・吉田智彦 2007. 群馬県の早植・普通期水稲栽培における育苗箱全量基肥栽培. 日作紀 76：171－180.

熔成燐肥協会 1978. 水稲育苗の新しい技術，ようりんを育苗箱の覆土に使う方法. 1－12.

Effects of Fused-Phosphate-Covering and Extension of Seedling Raising Period in the Culture of Paddy Rice by Single Whole Basal Fertilizer Application to the Nursery Box in Gunma Prefecture : Yukitsugu TAKAHASHI[1,2] and Tomohiko YOSHIDA[3]
([1] *Gunma Prefectural Government Employees Labor Union;* [2] *United Grad. Sch. of Agr. Coll., Tokyo Univ. of Agr.and Tech;* [3] *Fac. Agr., Utsunomiya Univ.*)

Abstract : We studied the effect of fused-phosphate-covering on seedling raising by a single application of whole basal fertilizer to the nursery box, in Gunma prefecture. The seedlings emerged in the nursery boxes arranged flatly, and grown by the pool-raising method. We applied the whole basal fertilizer named "Naebako-makase NK301-100" once, and sowed the seed on April and May in 2005 and on May in 2006. The sowing rate was 150 g per nursery box in April and 100 g in May sowing. Seedlings were grown for 22 days after April sowing and for 30 days after May sowing. We used grained soil, powdered-fused phosphate made in Japan and China, and globular-fused phosphate made in Japan for covering. We found that grained-soil-covering was useful for emergence and seedling raising, and the mat intensity was strong enough for transplanting. In the plot covered with powdered-fused phosphate emergence of seedlings was prevented, and the growth after emergence was not uniform. Covering with globular-fused phosphate caused serious growth injury, and the growth after emergence was not recovered. It also decreased the mat intensity markedly. Thus, it is desirable to cover the seeds with grained soil. However, there were many problems for the use of practical. The period of raising seedling could be extended up to 30 days. However, plants were tended to be spindly compared with conventional raising. Thus, we judged that the safe period for raising seedlings was 20-22 days.

Key words : Controlled availability fertilizer, Fertilization, Fused-phosphate-covering, Method of raising seedling, Nursery box, Paddy rice, Period of seedling raising, Pool raising.