13 mm 厚および 16 mm 厚ロックウール成型培地に 水稻育苗箱全量施肥専用肥料を施用した水稻育苗苗の特徴

伊田黎之輔・伊田眞澄

(東京アグリ研究協会青梅試験地)

要旨：水稻育苗の軽量化を達成する一つの方法として、ロックウール成型培地が利用されている。従来の 16 mm 厚ロックウール成型培地に対して、2017 年から上市された新規格の 13 mm 厚ロックウール成型培地による水稻苗の生育特性に関する報告は皆無である。著者らは水稻育苗箱全量施肥専用肥料（苗箱まかせ）を施肥した場合の 13 mm 厚ロックウール成型培地における水稻苗の特性について 16 mm 培地を比較対照にして検討した。その結果、草丈、葉齢、発根数（種子根＋冠根）、地上部乾物重、地下部乾物重、苗マット強度は 16 mm 厚ロックウール成型培地に比べて統計的有意差は認められなかった。また、13 mm 厚ロックウール成型培地に苗箱まかせを施用する場合、適正な覆土の厚さ（5～7 mm）を確保できる施肥量は $877\sim 1111\text{ g 箱}^{-1}$ が推定され、16 mm 厚ロックウール成型培地に比べて 1.2～1.5 倍量の施肥が可能となることが示された。

キーワード：水稻育苗箱全量施肥専用肥料、苗箱まかせ、苗マット強度、ロックウール成型培地。

水稻育苗用のロックウール成型培地は従来の培土育苗における床土の重量に比べて軽量であり、労力軽減を目的に利用されてきた。森ら（2006）はロックウール成型培地の主成分がケイ酸カルシウムであることに着目して、労力軽減以外に苗のケイ酸含有率が向上する効果のあることを明らかにした。一方、肥効調節型肥料を水稻の播種時に育苗箱に施肥し、本田における施肥作業の省力化と減肥化により低コスト化を図ろうとする水稻の全量基肥施肥技術（北村・今井 1995）が注目されている。

著者らは東京アグリ研究協会青梅試験地（青梅市富岡、以下、試験地と称する）を設置した 2015 年以降、育苗の軽量化、本田の施肥量の減肥化・施肥労力の省力化を目的としてロックウール成型培地（水稻育苗マット、日本ロックウール）と水稻育苗箱全量施肥専用肥料（苗箱まかせ、ジェイカムアグリ、以下、水稻育苗箱専用肥料と称する）を組み合わせた栽培法を実践している。

水稻育苗箱（内り 580 mm × 280 mm × 30 mm）に従来の 16 mm 厚ロックウール成型培地（以下、16 mm 培地と称する）を使用した場合、試験地における水稻育苗箱専用肥料（N400-100 タイプ、25℃で窒素の 80% 溶出日数が約 100 日間）の標準的な施肥量（製品量）は「コシヒカリ」 520 g 箱^{-1} 、「ひとめぼれ」 560 g 箱^{-1} である（いずれも慣行施肥窒素量の 30% 減肥相当量、栽植密度 20.8 株 m^{-2} 、 2.0 箱 a^{-1} の条件）。これらの施用量の範囲においては十分な覆土の厚さを確保できるが、「きぬむすめ」のような耐肥性のある品種で水稻育苗箱専用肥料（N400-120 タイプ、25℃で窒素の 80% 溶出日数が約 120 日間）の施肥量（製品量）を 780 g 箱^{-1} に増施した場合（慣行施肥窒素量の 30% 減肥相当量、栽植密度 20.8 株 m^{-2} 、 2.0 箱 a^{-1} の条件）、望ましいとされる覆土の厚さ 5 mm (Hoshikawa 1989)～7 mm (高

橋ら 2004) を確保できるかどうかは不明である。

水稻育苗箱専用肥料の育苗箱当たりの実用的な施用限界は 1300 g とする報告（高橋ら 2017）や育苗箱に多量施用した場合の施肥位置と育苗時の乾燥ストレスの報告（高橋ら 2016）がある。しかし、これらはいずれも育苗培土との関係において行なわれた試験であり、ロックウール成型培地を使用した観点からの報告はみあたらない。従来の 16 mm 培地は 2017 年に廃版となり、これに代わり新規格の 13 mm 厚ロックウール成型培地（以下、13 mm 培地と称する）が上市された。これを使用すれば、一定の覆土の厚さを維持しながら施肥量を増量させる余地のあることが想定され、多肥を要する栽培条件への適用拡大が期待される。

そこで本報では 2017～2018 年に、水稻育苗箱専用肥料を一定量施用した従来の 16 mm 培地と新規格の 13 mm 培地について、水稻苗の草丈、葉齢、発根数（種子根＋冠根）、地上部乾物重、地下部乾物重、苗マット強度に及ぼす影響について検討した。また 13 mm 培地における施肥量の増施限界量についても明らかにしたので報告する。

材料と方法

1. 実験計画の因子と水準

試験は 2017 年、2018 年の両年次とも試験地内育苗圃場において実施した。2017 年は「きぬむすめ」を用い、新規格の 13 mm 培地（窒素 1.5 g、リン酸 1.0 g、カリ 1.0 g を含有する N タイプ）および従来の 16 mm 培地（上記と同様な N タイプ）の相違による苗の主要形質について、一元配置（1 要因 2 水準：13 mm 培地および 16 mm 培地の 2 種類、繰返し数 2 回）、すなわち $2 \times 2 = 4$ 区をランダムに設置し、各区から苗調査用の標本をサンプリングした。施肥条件は「供試材料の育苗方法」で後述するように、い

ずれの培地においても水稻育苗箱専用肥料 (N400-120) を一定量施肥した。

2018 年は「ひとめぼれ」を使用して、苗マット強度について、一元配置 (1 要因 2 水準: 13 mm 培地および 16 mm 培地の 2 種類, 繰り返し数 3 回), すなわち $2 \times 3 = 6$ 個の苗ブロックを各育苗箱から 3 個ずつサンプリングした。施肥条件は「供試材料の育苗方法」で後述するように、いずれの培地においても水稻育苗箱専用肥料 (N400-100) を一定量施肥した。

ここで、「きぬむすめ」は「コシヒカリ」や「ひとめぼれ」に比べると試験地では 12 日程度晩生のため、N400-120 を使用した。

2. 供試肥料の仮比重の測定

水稻育苗箱専用肥料 N400-120 および N400-100 の仮比重を測定した。特に N400-120 では想定された肥料層の厚さから施肥量の推定値を得ることを意図した。測定は 2018 年 8 月 3 日に行なった。供試肥料は、2017 年 (N400-120) および 2018 年 (N400-100) の試験実施後の残存肥料で、測定直前までクリップシーラー (A-1, テクノインパルス) で密封した肥料袋に保存した。測定にはそれぞれから無作為に抽出した約 200 g を使用した。試験方法は農芸化学実験書 (京都大学農学部農芸化学教室編 1967) に準拠して、100 ml の真鍮製の有底円筒に充填した肥料の重量から別に測定した水分含量を差し引き、これを 100 で割った値を仮比重 (g ml^{-1}) として示した。測定値は同一供試肥料についての 5 回反復の平均値である。

3. 供試材料の育苗方法

2017 年は 5 月 28 日に 13 mm 培地 および 16 mm 培地に「きぬむすめ」を播種し、その後施肥、覆土をした。この試験で用いた育苗箱は、播種精度を高めて均一なサンプルの採取を目的として、通常の育苗箱の二分の一スケールモデル (内のり 290 mm $\times$ 280 mm $\times$ 30 mm) の 4 箱で (3 mm 厚の亚克力板を使用して自製)、水稻育苗箱専用肥料 (N400-120 製品量) 750 g 箱⁻¹ (施肥窒素量 0.85 kg a⁻¹ の 30% 減肥, 栽植密度 20.8 株 m⁻², 2.0 箱 a⁻¹), 催芽粉 190 g 箱⁻¹ の二分の一相当量を共通施用した。本来の 790 g 箱⁻¹ (慣行施肥窒素量 0.9 kg a⁻¹ の 30% 減肥, 栽植密度 20.8 株 m⁻², 2.0 箱 a⁻¹) とすると、16 mm 培地では覆土の厚さが不十分となるためである。本報で示した 30% 減肥は、試験地において高度化成肥料による慣行施肥窒素量とほぼ同程度の収量が得られるときの減肥率を指す (伊田・伊田 未発表)。2018 年は 5 月 25 日に 13 mm 培地 および 16 mm 培地のいずれにおいても「ひとめぼれ」を播種し、水稻育苗箱専用肥料 (N400-100) を 560 g 箱⁻¹ 施用した後に催芽粉を 190 g 箱⁻¹ 施用した。この試験で用いた育苗箱は、内のり 580 mm $\times$ 280 mm $\times$ 30 mm 規格の通常サイズで、各 1 箱使用した。それ以降の育苗管理方法は両年とも同様である。すな

わち、覆土は無肥料の水稻覆土用焼土 (瀬戸ヶ原花苑) 1000 g 箱⁻¹ を使用し、覆土直後にはタチガレエース M 液剤 (三井化学アグロ) 1000 倍液を 1000 ml 箱⁻¹ 共通施用した。育苗方式は無加温積重ね育苗で、1100 mm $\times$ 1100 mm $\times$ 50 mm のプラスチックパレット (岐阜プラスチック工業) 上に積重ねた育苗箱をシルバーポリトウ # 90 (東罐興産) と肥料の空袋で二重被覆をして無加温で育苗した。播種後 3~4 日目 (出芽長約 1 cm) に達した時点で排水溝を設置した育苗床に育苗箱を展開した。育苗管理は、育苗箱に黒色のクレモナ寒冷紗 # 300 (クラレ) とシルバーポリトウ # 90 の二重被覆を行ない、緑化期では気温が 25℃ 以上を目安に被覆を除去、硬化期では 15℃ 以下が予想されるときにのみ被覆して管理した。灌水はチューブ灌水法により日中に適宜行なった。チューブ灌水法とは、苗床に灌水チューブ潤水 S-02 (タキロンシーアイ) を設置して、塩ビ管 (信越ポリマー) に連結し、ゴムホースで水道栓の蛇口に直結させて灌水を行う方法で、すべて自製した。

育苗期間中の試験地内の気象は、2017 年は平年に比べてやや高温・多照、2018 年は気温および日照はほぼ平年並みに推移し (表略)、苗の形質に影響を及ぼす特筆すべき気象要因はなかった。

4. 苗調査法

2017 年の苗調査は 6 月 18 日 (播種後 21 日) に行なった。苗のサンプリングは鋼管の先端部を鋭利に削って作製したサンプリング管 (内径 4.43 cm, 面積 15.4 cm², 以下同様) を用い、区のほぼ中央部の 1 か所から行なった。草丈、葉齢 (不完全葉を第 1 葉とする)、発根数 (種子根 + 冠根) はサンプリング個体の中から任意の 10 個体についての平均値で示した。地上部乾物重および地下部乾物重はサンプリング全個体を 65℃ で 7 日間乾燥し、100 個体当たりの乾物重に換算した。

苗マット強度は 2018 年 6 月 19 日 (播種後 25 日) にデジタルフォースゲージ (AD-4932A-50N, エーアンドデイ) を用いて苗マットの引っ張り強度をピークホールドモードで測定を行なった。苗の地上部を地際から切除後、育苗箱の対角線に沿って苗ブロック (10 cm $\times$ 20 cm) を 3 か所から切り出した。苗ブロックの両短辺をクリップで挟み、一方は固定し、もう一方をデジタルフォースゲージの附属フックにつなぎ、ゆっくり引っ張って測定した。苗ブロックの大きさおよび基本的な測定法は高橋ら (2017) に準拠した。本測定機の測定単位は SI 単位の N (ニュートン) で、従来一般的に使用されていた kgf (重量キログラム) に換算した値も示した (1N = 0.102 kgf)。なお、測定時点における苗床の水分はやや乾燥した状態で、育苗箱全体の苗の約 10% が萎凋の初期症状を呈し始めた時を目安にした。苗ブロックを切り出した隣接部からはサンプリング管を用いてマットを打ち抜き、水稻の根部のみ採取し、65℃ で 7 日間乾燥し、供試した苗ブロックの面積相当の地下部乾物

第1表 覆土の厚さが異なる場合の可能施肥量.

A	培地厚さ (mm)	13	13	16
B	覆土厚さ (mm)	5.0	7.0	5.0
C	種子厚さ (mm)	2.5	2.5	2.5
D	肥料厚さ (mm)	9.5	7.5	6.5
E	育苗箱深さ (mm)	30	30	30
F	施肥量 (g 箱 ⁻¹)	1111	877	760

D=E-(A+B+C) で算出, C: 催芽初めの厚さ 2.5 ± 0.11 mm (平均 $\pm$ 標準偏差), 「きぬむすめ」30 個体を用いた実測値, F: 育苗箱まかせ (N400-120) の仮比重の実測値 0.72 で算出した値.

重 (200 cm² 当たり g) として示した.

5. データの解析方法

処理毎に示したエラーバーはすべて 95% 信頼区間で, 正規分布を使用して母平均に対する信頼区間を求める CONFIDENCE.NORM 関数 (Microsoft Excel 2016) を用いて算出し, 記述統計量として示した. また, 母平均の差の 95% 信頼区間は BellCurve (2018) を参考にして, Microsoft Excel 2016 のワークシート上で計算し, 処理間の母平均の差の統計的有意性の判定に使用した.

結果と考察

1. 供試肥料の仮比重

水稻育苗箱専用肥料 (N400-120) の仮比重 (平均 $\pm$ 標準偏差) は 0.72 ± 0.01 (g mL⁻¹), N400-100 の仮比重は 0.75 ± 0.01 (g mL⁻¹) で, CV (変動係数) はいずれにおいても約 1% と極めて小さかった. N400-120 の仮比重は第1表における肥料の厚みから施肥量の推定値を得るための算出基礎とした.

2. 培地の種類と覆土の厚さの相違による可能施肥量

第1表は培地の種類と覆土の厚さが異なる場合の可能施肥量について試算した結果である. 望ましいとされる覆土の厚さ 5 mm (Hoshikawa 1989), 7 mm (高橋ら 2004) とする知見を目安にすると, 13 mm 培地を使用すれば最大 1111 g 箱⁻¹ の施肥が可能である. 従来の 16 mm 培地では最低限の覆土を確保するための施肥量は 760 g 箱⁻¹ が限界であるのに対して, 13 mm 培地では施肥量のキャパシティーが増大していることがわかる. このことから, 「ひとめぼれ」に比べてより耐肥性の強い「きぬむすめ」においても, 試験地における本来の標準施肥量 790 g 箱⁻¹ の施肥が可能となる.

市販されている育苗箱には深さの内のが 28 mm のものもあるが, 第1表にこれを適用すれば, 13 mm 培地における 877 g 箱⁻¹ の場合は最低限の覆土の厚さ 5.0 mm が確保されるため, 877 g 箱⁻¹ 以下の施肥量であれば適用可能となる.

以上の結果から, 13 mm 培地を使用して水稻育苗箱専用

第1図 ロックウール成型培地の厚さの相違による苗の各形質.

草丈 (cm), 葉齢 (葉), 発根数 (本 個体⁻¹), 地上部乾物重 (g 100 個体⁻¹), 地下部乾物重 (g 100 個体⁻¹), エラーバーは処理毎の母平均の 95% 信頼区間を示す.

第2表 ロックウール成型培地の厚さの相違による苗各形質の母平均の差の 95% 信頼区間.

草丈 (cm)	葉齢 (葉)	発根数 (本 個体 ⁻¹)	地上部乾物重 (g 100 個体 ⁻¹)	地下部乾物重 (g 100 個体 ⁻¹)
-1.1~1.3	-0.6~0.4	-2.2~2.3	-0.78~0.77	-1.97~2.40

肥料 (N400-120) を施肥する場合, 施肥量は 877~1111 g 箱⁻¹ が可能であり, 16 mm 培地に比べて 1.2~1.5 倍量の肥料を施用できることが示された.

3. 新ロックウール成型培地で育苗した水稻苗の形質

2017 年の苗の各種形質の調査に使用したサンプリング管内の採取個体数は 31 ± 1.5 本 (平均値 $\pm$ 標準偏差), CV (変動係数) は 4.8% で, いずれの区においても安定した調査個体数を確保することができた. 第1図に草丈, 葉齢, 発根数, 地上部乾物重, 地下部乾物重の調査結果を示した. 13 mm 培地における各形質の母平均 $\pm$ 95% 信頼区間を示すと, 草丈は 10.8 ± 0.4 cm, 葉齢は 3.5 ± 0.2 葉, 発根数は 10.0 ± 0.8 本, 地上部乾物重 100 個体⁻¹ は 1.24 ± 0.01 g, 地下部乾物重 100 個体⁻¹ は 1.90 ± 0.46 g であった. これらは Hoshikawa (1989) が指摘する稚苗としての形質をほぼ満たしている.

次に 13 mm 培地のこれらの形質について比較対照にした 16 mm 培地との統計的有意性についてみたものが第2表である. これによると各形質の母平均の差の 95% 信頼区間に差がない値, すなわちゼロを含んでおり, いずれの形質においても培地の種類による有意差は認められないと判断できる.

4. 新ロックウール成型培地で育苗した水稻苗のマット強度について

2018 年, 苗のマット強度の調査に使用した苗マットの隣接位置でのサンプリング管内の採取個体数 (平均値 $\pm$

第2図 ロックウール成型培地の厚さの相違による苗マットの強度と地下部乾物重.

重量キログラム (kgf), ニュートン (N, kg ms^{-2}), 地下部乾物重 (200 cm^2 当たり g), エラーバーは処理毎の母平均の95%信頼区間を示す.

第3表 ロックウール成型培地の厚さの相違による苗マット強度と地下部乾物重の母平均の差の95%信頼区間.

重量キログラム (kgf)	ニュートン (N)	地下部乾物重 (200 cm^2 当たり g)
-0.9~0.1	-9.2~0.6	-1.70~1.18

標準偏差)は 24 ± 1.7 本, CV (変動係数)は7.1%で, 二分の一スケールモデル育苗箱の場合に比べて CV がやや大きい値を示したが, いずれの区においても安定した調査個体数を確保することができた. このことから, マット強度を測定するための苗ブロック ($10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$) はかなり均質なサンプルであったことが推定される.

第2図に苗マットの強度 (重量キログラム, ニュートン), 地下部乾物重の調査結果を示した. 13 mm 培地における各形質の母平均 $\pm$ 95% 信頼区間を示すと, 重量キログラムは $0.53 \pm 0.32 \text{ kgf}$, ニュートンは $5.2 \pm 3.1 \text{ N}$, 200 cm^2 当たり地下部乾物重は $2.68 \pm 0.75 \text{ g}$ であった.

次に 13 mm 培地のこれらの形質について比較対照にした 16 mm 培地との統計的有意性についてみたものが第3表である. これによると各形質の母平均の差の95%信頼区間に差がない値, すなわちゼロを含んでおり, いずれの形質においても培地の種類による有意差は認められないと判断できる.

第3図は2018年6月12日 (播種後18日) に 13 mm 培地と 16 mm 培地における「ひとめぼれ」の苗の断面および育苗箱の底面を撮影したものである. 第3図において, 覆土の厚さに注目すると, 水稻育苗箱専用肥料 (N400-100) を 560 g 箱^{-1} 施肥した場合の覆土は十分に確保されていて問題はなかった. また, 第3図の育苗箱の底面にみられる視覚的な根量は 13 mm 培地の方が多く見えるが, これは培地の厚さが薄いために育苗箱底面に伸長根が 16 mm 培地よりもやや早く達していることによる差と推察された. 統計的にみた場合の両培地における単位面積当たり根量

第3図 育苗箱の横断面 A および下面 B.

A: 左 (16 mm 培地), 右 (13 mm 培地).

は, 2017 年および 2018 年のいずれの年次においても有意差は認められなかった (第2表, 第3表).

謝辞: 本実験の実施に対して, デジタルフォースゲージの測定に関するご教示をいただいた宇都宮大学農学部准教授高橋行継博士, 16 mm 培地と 13 mm 培地のご提供をいただいた日本ロックウール各位にお礼申し上げます. また, 有益な資料のご提示をいただいた農業技術革新工学研究センター戦略推進室長日高靖之氏, 統計解析上の示唆をいただいた大阪市立大学大学院医学研究科教授新谷歩博士に感謝いたします.

引用文献

- BellCurve 2018. 統計WEB. 母平均の差の信頼区間一対応がないデータの場合. <https://bellcurve.jp/statistics/course/9059.html> (2019/03/31 閲覧).
- Hoshikawa, K. 1989. THE GROWING RICE PLANT, First edition. Nobunkyo, Tokyo. 39-50.
- 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 水稻の全量基肥施肥技術. 土肥誌 66: 71-79.
- 京都大学農学部農芸化学教室編 1967. 農芸化学実験書 (増補) 第1巻: 265-266.
- 森静香・藤井弘志・安藤豊 2006. ロックウールマット育苗による水稻苗のケイ酸含有率向上効果. 土肥誌 77: 185-189.
- 高橋智紀・西田瑞彦・吉田光二 2016. 水稻の育苗箱全量施肥におけ

る培土と施肥位置が苗箱内の水分環境に与える影響. 東北農研研報 118: 57-68.
高橋行継・佐藤泰史・加部武・栗原清・阿部邑美・吉田智彦 2004. 水稻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・栗田春奈・柴田一輝・戸塚悠介・矢口真幸 2017. プール育苗条件での水稻育苗箱全量基肥栽培における育苗箱内施肥量の検討. 日作紀 86: 258-266.

Growth of Paddy Rice Seedlings Using Controlled Fertilizers in 13 mm and 16 mm Thick Rock Wool Molding Medium :
Reinosuke IDA and Masumi IDA (*Ome Experiment Station, Tokyo Agricultural Research Association, Ome, Tokyo 198-0002, Japan*)

Abstract : Cultivation of paddy rice on rock wool molding medium is useful for reducing the weight of soil molding and saving labor. The growth characteristics of paddy rice seedlings cultivated using the new standard 13 mm thick rock wool molding medium (molding medium) and the conventional 16 mm molding medium were examined using the controlled fertilizer, i.e., NAEBAKOMAKASE. There was no significant difference between the following characteristics of paddy rice seedlings cultivated in the two molding media: height of plants, number of roots (total number of seminary root and crown root), dry weight of above-ground and underground parts, and the strength of seedling mats. It was estimated that 877-1111 g of fertilizer per nursery box was needed to secure proper soil covering (5–7 mm) applying the NAEBAKOMAKASE fertilizer to the 13 mm molding medium. Therefore, the 13 mm molding medium is expected to be 1.2–1.5 times more effective than the 16 mm molding medium.

Key words : NAEBAKOMAKASE, Paddy nursery box fertilizer with controlled fertilization, Rice seedling raising, Rock wool molding medium, Seedling mat strength.