

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05994

研究課題名（和文）稲麦二毛作地帯における水稻育苗箱全量基肥栽培と密苗栽培の技術融合に関する研究

研究課題名（英文）Study on the relationship between paddy rice on the condition of single basal application of total nitrogen fertilizer in the nursery box and high density seedling

研究代表者

高橋 行継（Takahashi, Yukitsugu）

宇都宮大学・農学部・教授

研究者番号：60516615

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,400,000円

研究成果の概要（和文）：水稻育苗箱全量基肥栽培と高密度播種（密苗）の技術融合による稲作の低コスト・省力栽培技術の実証を群馬県館林の現地圃場で2020年～2022年までの3か年実施した。その結果、従来の高密度播種栽培の対象とされていなかった6月中下旬の稲麦二毛作地帯での稲作にも本技術が十分に適用可能であることが明らかになった。また、水稻育苗箱全量基肥栽培技術との技術融合については移植時のマット強度がやや低下するものの、移植作業に支障が出るような強度ではなく、移植後の生育収量に問題はなかった。両技術の技術融合によって水稻栽培の一層の省力・低コスト化を達成でき、かつ稲麦二毛作地帯への技術導入が可能であることを立証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国における稲作経営は「省力・低コスト栽培」が至上命題である。数ある栽培技術の中で最近開発された高密度播種と東北地方が発祥の水稻育苗箱全量基肥の両技術に着目し、これら技術融合によってさらなる省力・低コスト栽培を目指した研究である点に大きな意義がある。かつ技術の適用可能な作期をこれまでの5月中の移植から6月下旬の稲麦二毛作作期にまで拡大したことは、特に高密度播種の普及を進める上でも大きなインパクトを与えるものである。両技術の融合に関心を寄せる生産者は少なからず存在するが、それを明らかにする実証研究の例はこれまでなかった。本研究はこの命題についての解を提供した、きわめて有意義な研究といえる。

研究成果の概要（英文）：Cultivation examination was conducted using the methods of high-density condition for nursery boxes (Mitsu-nae) and single basal application of total nitrogen fertilizer in the nursery boxes in order to achieve low cost and labor saving, in the paddy field at Tatebayashi city, Gunma prefecture for three years from 2020 to 2022. As a result, we found that the methods of high-density condition for nursery boxes was applicable enough to the rice growing period in rice and wheat double cropping area of the late June transplanting, which was not targeted in high-density sowing in the nursery boxes. In addition, although mat strength was decreased, there was no problem to a rice growth and yield after transplanting. Therefore, by using these mixed two methods, we judged that this method could achieve more low cost and labor saving of the paddy-rice cultivation in rice and wheat double cropping area.

研究分野：作物学

キーワード：水稻 栽培 高密度播種 水稻育苗箱全量基肥 省力 低コスト 稲麦二毛作

## 1. 研究開始当初の背景

水稻箱全量基肥試験（以下箱全量）は、これまで1998年（予備試験）から2019年まで22か年間、研究テーマを変えながら一貫して実施してきた。その結果、育苗、本田共に本技術は稲麦二毛作地帯においても導入可能な省力・低コスト技術であることを明らかにすることができ、加えて様々な技術的な課題を検討、解明してきた。その結果、群馬県内の現地においても普及が進みつつある。

さらに、近年は「密苗」栽培（ヤンマー登録商標）と箱全量の技術融合についても、その可能性が話題となっている。基本的には前出の疎植栽培と施肥条件は共通である。密苗栽培によって、単位面積あたりに使用する育苗箱を減少させることが可能になるが、その一方で箱内施肥量を増加することになる。そこで、両者の技術を融合する場合には、健苗育成と本田栽培における生育、収量の両面からどの程度までの施肥量が可能であるのかを見極める必要がある。

## 2. 研究の目的

我が国の稲作農業は狭い国土や中小零細規模が多い水稻経営体にとって大型機械体系導入を前提とした大規模経営は必ずしもそぐわない面がある。そこで経営規模によらず導入可能な省力・低コスト技術として有効な水稻育苗箱全量基肥施肥（以下、箱全量）と高密度播種（以下、密苗）栽培の両技術の融合を検討する。本研究では、高温条件等によって健苗育成が懸念されるため密苗の普及対象となっていない北関東の稲麦二毛作地域での本技術導入に焦点を絞る。両技術の融合技術に関する十分な検証を行い、栽培マニュアルを構築して本技術の普及を目指し、2019年までの予備試験に引き続き、2020年から3か年の本試験を開始した。

## 3. 研究の方法

実施月日は3か年の平均日

### (1) 試験実施場所 群馬県館林市当郷町及び下三林町の現地農家圃場

当郷町：篠木 健氏水田 5 a

下三林町：石川岩吉氏水田 7 a

共に土質は灰色低地土

### (2) 播種日並びに育苗様式

播種並びに育苗は、宇都宮大学農学部附属農場（以下、農場）内で実施、移植1週間ほど前に本田試験現地へ移動した。供試品種はあさひの夢とした。

5月 18日 当郷町圃場分、6月1日 下三林町圃場分を播種後、ハウス内で平置き出芽、出芽揃い後は露地ビニールプール育苗。

### (3) 移植日

6月 8日 当郷町（前作に麦類等の冬作物作付けなし）

6月23日 下三林町（前作に二条大麦作付け）

両圃場共に、ヤンマーアグリジャパン所有の密苗移植対応乗用型6条田植え機による移植（ヤンマーアグリジャパン所属オペレータによる作業）

### (4) 試験区設計

培土量並びに施肥量など

・床土 2500g / 箱・・・苗箱まかせの施用量により減量

・覆土 1000g / 箱・・・共通

使用培土は粒状培土、鹿沼産業製「栃木1号」

・施肥量 苗箱まかせN400-100現物使用量

20%減肥 + 密苗区 1400g / 箱

40%減肥 + 密苗区 1050g / 箱  
 培土 + 密苗区 苗箱まかせ なし  
 培土 + 標準 (播種量) 区 同上

#### 4. 研究成果 ここでは中間年の2021年の当郷圃場における結果を示す。

第1表 異なる播種条件が苗の生育に及ぼす影響 (2021: 館林市当郷町).

区名	播種後13日目				育苗完了時(播種後22日目)			
	草丈 (cm)	葉齢	葉色 (SPAD)	出芽むら (1-5)	草丈 (cm)	葉齢	葉色 (SPAD)	生育むら (1-5)
40+密苗	7.8b	2.9a	28.6ab	0.0a	11.7b	3.4b	27.8a	0.0a
20+密苗	8.2ab	3.0a	29.8ab	0.0a	15.3a	3.7a	28.8a	0.0a
培土+密苗	8.1ab	2.9a	25.0b	0.0a	10.9b	3.3b	23.0c	0.0a
標準	8.5a	2.9a	25.6a	0.0a	11.2b	3.6a	25.2b	0.0a

2021年5月18日播種. 出芽むらと生育むらはそれぞれ出芽揃いと育苗完了時の評価で1(無)~5(甚)の5段階評価. 各数値右側の英小文字はTukeyの多重検定により, 同一文字間には5%水準で有意な差がないことを示す.

第2表 異なる播種条件が苗質などに及ぼす影響 (2021: 館林市当郷町).

区名	苗風乾重		地上/地下部 (比)	充実度 (mg/cm)	マット強度 (N)
	地上 (mg/本)	地下			
40+密苗	12.7b	6.0a	2.13b	1.08b	37.6b
20+密苗	13.1b	4.0c	3.33a	0.87c	27.3b
培土+密苗	11.6b	5.0b	2.35b	1.07b	69.7a
標準	16.7a	6.2a	2.72a	1.49a	66.6a

2021年5月18日播種. マット強度は苗マットの引っ張り強度を示す. 各数値右側の英小文字はTukeyの多重検定により, 同一文字間には5%水準で有意な差がないことを示す.

出芽はいずれの試験区も良好であった(第1表). 出芽むら, 生育むら共に発生しなかった. 密苗で懸念された根上がりは一部に発生したため, 発生が目立った場所に軽く覆土を追加した. 通常の育苗でも発生する程度であり, 実用上の障害は発生しなかった. 播種後13日目と育苗完了時(同22日目)の調査では, 葉齢は標準区で3.6となり, 40+密苗, 培土+密苗区を有意に上回った. 葉色は同じく25.2で苗箱まかせを供試した40+密苗, 20+密苗区でそれぞれ27.8, 28.8となり有意に高くなった. 密苗の3試験区間では20+密苗区の生育が最も進み, 箱内肥料の有無による草丈, 葉齢, 葉色に有意な差は認めらなかった前年度とは異なる結果になった.

育苗完了時の苗質(第2表)をみると, 標準区が苗風乾重で地上部16.7 mg/本, 地下部6.2 mg/本と共に試験区中最大を示し, 充実度でも1.49 mg/cmと他区の0.87~1.08 mg/cmより有意に優っていた. マット強度は培土+密苗区が69.7Nで最大値を示し, 標準区の66.6Nに対して有意ではないもののやや上回った. 一方, 20+密苗区は27.3Nとなり, 移植作業に支障をきたすことはなかったが, 最も小さくなった. 第1表と第2表から地上部や地下部の生育値を見る限り, 20+密苗区は地上部の生育は優れるが, 地下部ではやや劣る結果になり, 地上部と地下部の生育のアンバランスが目立った. これは投入肥料の増加によって, 育苗箱内に充填できる全体の培土量(重量)が減少し, 培土+密苗区に対して40%, 40+密苗

区に対しても14%減少したことが主な要因として考えられる。特に床土に限ってみればさらに減少率が著しく、それぞれ56%、24%減となっており、苗マットの形成に影響があったことが示唆された。

第4表 箱全量専用肥料の施肥量が密苗の水稻生育に及ぼす影響 (2021:館林市当郷町)。

区名	移植後22日日		移植後41日日		成熟期			
	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	倒伏 (0-5)
40+密苗	30.2a	272a	68.4b	322a	79a	19.9a	338a	0a
20+密苗	33.6a	304a	73.4a	359a	84a	20.1a	365a	0a
培土+密苗	30.6a	265a	72.8a	335a	80a	19.6a	330a	0a
標準	32.0a	239a	74.8a	352a	83a	20.9a	340a	0a
無肥料	26.0	203	61	264	68	19.3	286	0

倒伏は0(無)～5(甚)の6段階評価。無肥料区は参考区。各数値右側の英小文字はTukeyの多重検定により、同一文字間には5%水準で有意な差がないことを示す。

第5表 減肥率の違いが箱全量基肥と密苗栽培水稻の収量・収量構成要素に及ぼす影響 (2021:館林市当郷町)。

区名	全重 (kg/a)	精籾重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	屑米比 (%)	千粒重 (g)	全籾数 (百粒/m <sup>2</sup> )	1穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	外観品質 (1-5)	タンパク (%)
40+密苗	160.4b	65.8c	50.8(96)c	6.2a	22.1a	261b	76.5b	88.9a	2.8a	8.0c
20+密苗	178.2a	74.3a	57.0(108)a	6.0a	22.0a	296a	81.1a	87.8a	2.3a	8.2b
培土+密苗	159.0b	58.4d	45.4(86)d	5.6a	22.5a	228c	68.9c	88.8a	2.5a	8.4a
標準	166.8ab	66.9b	53.0(100)b	5.1a	22.9a	259b	76.3b	89.3a	3.5a	8.3ab
無肥料	128.6	53.0	40.4	6.7	21.9	210	73.5	90.1	3.5	7.6

全籾数は収量調査用に脱穀した全籾を1/16に均分して求めた。登熟歩合は玄米粒数から精玄米数を換算して、全籾数で除して求めた。外観品質は品質判別機による総合評価で1(上上)～5(下下)の5段階評価。タンパクは近赤外線分析機器によるタンパク質含有率。無肥料は参考区。各数値右側の英小文字はTukeyの多重検定により、同一文字間には5%水準で有意な差がないことを示す。

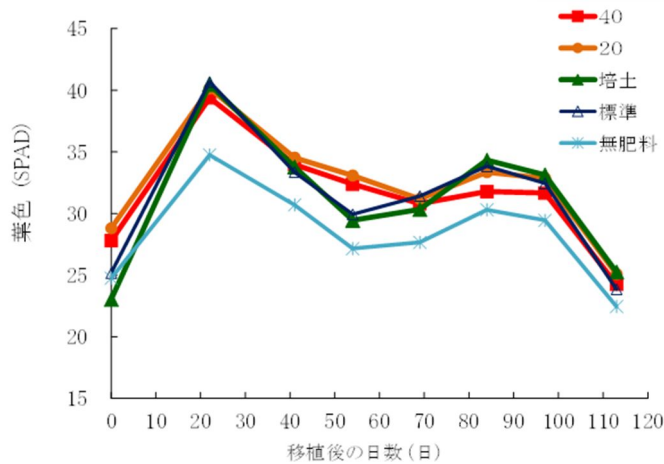
当郷町の本田生育状況を第4表に示した。2021年は6月8日の移植後、寒暖の差が大きく生育期間中4回ほど冷温となり、特に出穂前と出穂後の登熟期間前半の冷温が顕著であり、寡照の期間も目立った(参考資料第1～3図)。生育は例年よりも緩慢で、全般的に草丈、茎数の増加が鈍化した。通常の高分け期である7月下旬を過ぎても茎数増加が続き、特に20+密苗、40+密苗区で顕著であった。このため、両区は成熟期の穂数が移植後41日目の茎数を上回る現象が発生した。苗箱まかせの溶出が後ろにずれ込んだことが影響している。このことは第3図の溶出曲線からも裏付けられる。2019年は箱全量と密苗を組み合わせた40+密苗区、20+密苗区で培土+密苗区や標準区に対して茎数や草丈が小さかったが、2020年同様、明らかな差は認められなかった。成熟期調査の結果も第4表に示すが、稈長、穂長、穂数にいずれも試験区間の差はなかった。

穂数は無肥料区を除き、338～365本/m<sup>2</sup>となり十分な量を確保できていた。しかしながら1穂籾数の減少から全試験区を通じて全もみ数は不足気味であった。全籾数は30000粒を下回った。特に培土+密苗区の減少が著しく、22800粒/m<sup>2</sup>に留まり玄米重(収量)は45.4 kg/aで標準区の86%、最多の20+密苗区の57.0 kg/aと12.6 kg/aもの大差がついた。2021年は各試験区間相互に有意な差がつく特異な年次になった。千粒重や登熟歩合に有意な差はなく、収量差の主な要因は1穂籾数の差に起因する全籾数の差であった。

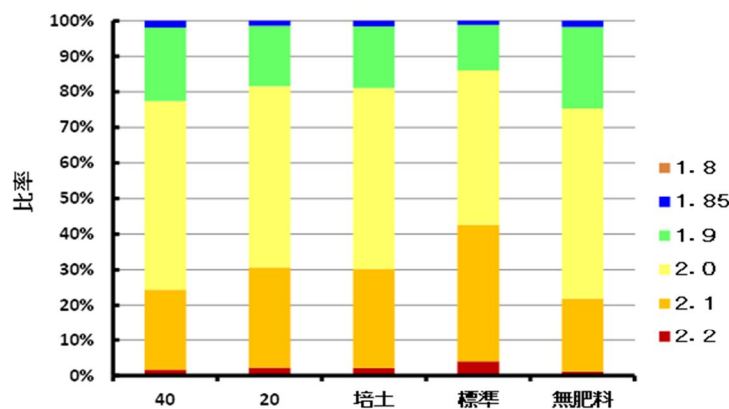
第1図の葉色の推移をみると、40+密苗区、20+密苗区は移植後53日のSPAD値が培土+密苗区や標準区よりも上回った。例年は最高分け期を過ぎた時点でSPAD値は標準区と同様の経過を示し、一度低下してその後出穂期に向かって再び上昇するが、2021年は異なった傾向になった。2021年の上記2区の傾向を見ると低下傾向にはあったものの、その低下が緩慢

であり、SPAD値の底値は2週間ほど遅れて生じていた。このことは最高分けつ期以降の茎数増加の要因と推定された、苗箱まかせの肥料溶出量の増加と関係しているものと考えられる。40+密苗区、20+密苗区では結果的に茎数が出穂期までだらだら増加し続けたことで全籾数を確保でき、多収につながった可能性が示唆された。40+密苗区は20+密苗区よりも肥料溶出が登熟期に伸びず、籾数が抑えられて玄米重がそれほど増加しなかった。

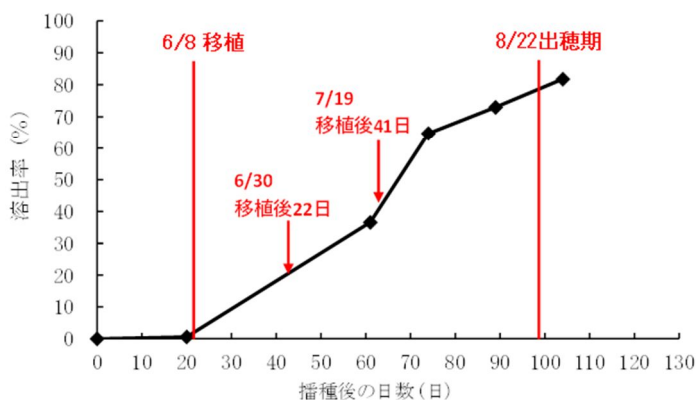
外観品質面は明らかな差はなかったが、タンパク質含有率は40+密苗区と20+密苗区で培土+密苗区や標準区より有意に優った。標準区は粒厚2.2 mm、同2.1 mmの割合が4試験区中で最も高くなり、2.0 mm以上の大粒歩合も80%台後半となり、最も良好であった。



第1図 異なる栽培方法が葉色の推移に及ぼす影響 (2021年 館林市当郷町).



第2図 異なる栽培法が粒厚分布に及ぼす影響 (2021: 館林市当郷町).



第3図 N400の肥料溶出割合曲線 (2021: 館林市当郷町).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高橋行継、加藤誠、大橋晃市、井上恵
2. 発表標題 水稻育苗箱全量基肥栽培と密苗栽培に関する研究(第9報)
3. 学会等名 日本作物学会第252回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤誠、高橋行継、大橋晃市、井上恵
2. 発表標題 水稻育苗箱全量基肥栽培と密苗栽培の技術融合による苗形質とマット強度について
3. 学会等名 日本作物学会関東支部第110回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤誠、高橋行継、大橋晃市、井上恵
2. 発表標題 水稻育苗箱全量基肥栽培と密苗栽培の技術融合による専用肥料の適量について
3. 学会等名 日本作物学会第253回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋行継、大橋晃市、井上恵
2. 発表標題 水稻育苗箱全量基肥と密苗栽培に関する研究（第6報）
3. 学会等名 日本作物学会第250回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋行継、大橋晃市、井上恵
2. 発表標題 水稻育苗箱全量基肥と密苗栽培に関する研究 (第7報)
3. 学会等名 日本作物学会関東支部第109回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋行継、大橋晃市、井上恵
2. 発表標題 水稻育苗箱全量基肥と密苗栽培に関する研究 (第8報)
3. 学会等名 日本作物学会第251回講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関