

## 研究・技術ノート

# 群馬県東毛地域の早植・普通期水稻栽培における育苗箱全量基肥施肥法の継続が水稻の生育・収量に及ぼす影響

高橋行継<sup>1,2)</sup>・吉田智彦<sup>3)</sup>

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

**要旨：**群馬県東毛地域の早植・普通期水稻栽培において育苗箱全量基肥施肥法によって継続して栽培を行い、水稻の生育・収量の変動について検討した。この地域の土壌はグライ土から成る肥沃な水田地帯である。館林市の現地圃場で「苗箱まかせ NK301-100」を供試し、4 か年継続して水稻を栽培した。施肥量は本田における標準体系の基肥と追肥合計窒素施肥量の 40% 減とした。前年作の稲わらは全量すき込みとして、専用肥料に不足している磷酸、加里成分は本田に施用しなかった。1 年目は標準体系に対する施肥量が実測値で 49% 減となり、生育・収量は標準体系に比べて不足気味となった。2~4 年目は同 38~45% 減の施肥量であったが、生育に明らかな差は認められなかった。3 年目は著しい虫害が発生したため、4 年目に 3 年目と同様の設計で追加試験を行った。収量までの検討は 3 年間であったが、継続施用による収量等の低下は特に発生しなかった。肥沃な土壌条件であれば、概ね減肥率 40% で稲わらを圃場に全量還元することによって化学肥料として磷酸、加里の不足分の補給を行わなくても標準体系と遜色ない生育・収量を得られることが明らかとなった。

**キーワード：**育苗箱、継続栽培、水稻、省力、施肥、早植、肥効調節型肥料、普通期。

水稻栽培農家の大規模化や兼業・高齢化に対応する技術として、様々な省力施肥法が開発されている。その例として肥効調節型肥料による全量全層基肥法や側条施肥法を挙げることができ、筆者らも群馬県東毛地域の水稲栽培体系や気象、土壌条件等に適合した専用肥料を開発し（高橋ら 2006）、普及している。

水稻育苗箱全量基肥施肥法（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。この技術は本田への基肥、追肥作業の必要がなく、大幅な省力・低コスト化が可能であり、すでに秋田県をはじめとする東北地方を中心に省力施肥技術として普及している（金田ら 1994、北村・今井 1995、田嶋・鶴ヶ崎 2005）。これまで著者らは、群馬県の早植・普通期栽培地域での箱全量の適応性を明らかにするために、1998 年から試験を継続してきた。この結果、肥料の過剰溶出による苗の徒長や移植後初期の生育障害が発生する場合もあったが、収量・品質は標準体系と遜色なかった（高橋ら 2007）。また、その後専用肥料の製品改良も実施され、2003 年以降は育苗期間を 22 日程度に設定することにより、前述の課題がほぼ解決したことを明らかにした（高橋・吉田 2006a, 2007）。

箱全量の専用肥料にはチッソ旭肥料（株）から市販されている「苗箱まかせ N400」と「同 NK301」の 2 種類（以下、それぞれ 400、301）があり、溶出期間が 60~120 日のシグモイド型の被覆肥料を 100% 配合したものである。400 は窒素成分 40% のみ、301 では窒素 30% 以外に加里 10% を

含んでいるが、いずれも被覆尿素による窒素成分を主体とした肥料である。このように磷酸の溶出制御技術は確立されておらず、加里については先述の 301 のみが実用化されてきた。このため不足する磷酸、加里成分は水稻移植時までに本田に別途施肥しておく必要がある。本田への磷酸、加里の施肥は冬期の農閑期に実施可能とはいえ、本田施肥作業が必要になることには変わりなく、箱全量が目指す省力施肥という作業面からは不十分である。

不足する磷酸、加里の供給に関して、池田ら（1995）は堆肥や稲わら等を圃場に施用する技術が普及しつつあり、これら有機物の圃場還元がきちんと実施されれば、箱全量専用施肥のみの栽培でも特に問題は発生しない可能性を示唆している。各地の事例をみると、栃木県では冬期に本田施用を行っているが、本技術の先進地である大潟村では、八郎潟干拓地で肥沃な土壌であるという好条件もあって 400 のみを使用し、堆肥や稲わらの施用は行っているが磷酸、加里については化学肥料による補給を特に行っていない（庄子 1999）。このように本田に磷酸、加里の不足分を化学肥料によってあえて投入していない地域も存在している。そこで、2003 年から稲わらを毎年全量鋤き込みし、301 のみを供試した現地での連用試験を 3 か年計画で実施した。しかし、3 年目の 2005 年は後述する虫害の影響で試験区間の収量・品質等の乱れが大きかったため 2006 年に再試験を行い、計 4 か年にわたって試験を実施した。2 年目までの概要は既報（高橋・吉田 2006 b）で紹介しているので、本報では 3 年目となる 2005 年以降の結果を中心

に4か年間の最終結果のとりまとめを行ったので報告する。

### 材料と方法

試験は2003～2006年の4か年、群馬県館林市当郷町の現地圃場5aで実施した。圃場の土壌はグライ土下層有機質である。2005年3月に測定した土壌分析結果ではpH5.7、EC0.29 mS/cm、石灰367 mg/100 g、苦土53 mg/100 g、硝酸態窒素10.0 mg/100 g、有効リン酸16.5 mg/100 g、加里15.0 mg/100 gであった。当地域の水田土壌は腐植と粘土分に富み、保肥力、保水性に優れ、群馬県内でも肥沃であるとされている（群馬県農政部2004）。供試品種にはあさひの夢を用いた。初年目の2003年は箱全量区と標準区のみ、2004年は箱全量1年目区と2年目区および標準区、2005年と2006年は箱全量1年目、2年目、3年目の各区と標準区を設定した。以下それぞれ箱全量1年区、箱全量2年区、箱全量3年区と略称する。各区の面積は92 m<sup>2</sup>で、前年作の稲わらを全量鋤込みとした。2004、2005年は前年の標準区の一部を新たに箱全量1年区として、区割り変更することで試験区を順次増やし、3か年で一連の試験を完了する計画であった。しかし、2005年は登熟期の9月中旬以降、当地域で例年は問題にならないイナズマヨコバイが大発生した。試験圃場では吸汁害の発生により、稲体の早期枯れ上がりが著しかった。このため収量・品質が著しく低下した上に、試験区間のデータの乱れも大きかった。2006年に前年の再試験を実施することにしたが、圃場面積の関係もあって2005年までと同様の区割り試験区を設けることができなかった。そこで、2005年の試験で箱全量3年区としていた区を標準区、標準区を箱全量1年区とし、以下箱全量1年区を同2年区、箱全量2年区は同3年区にすることで対応した。また、各年共に参考区として無肥料区を設定した。4か年を通じて各試験区の反復を設けなかった。

播種、移植、収穫等の作業実施日は年次によって数日異なるが、各試験区の設計内容は4か年間基本的に共通である。そこで、以下は最終年次である2006年の実施状況を中心に述べ、年次によって大きく異なっている部分のみ補足説明する。

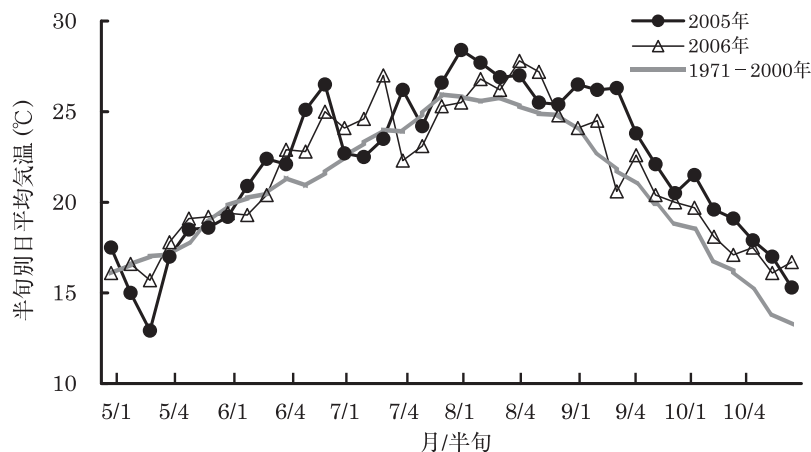
播種は標準区、箱全量区共に5月6日に手播き散播で行い、播種量は乾籾で130 g/箱とした。播種日からの苗種、育苗日数は現地慣行に準じて中苗、35日間とした（高橋・吉田2007）。2003～2005年は箱全量各区の育苗日数を22日間に設定した。これは当時、苗種、育苗日数は稚苗、22日間程度で301、400の過剰溶出による苗の徒長が少ないことを結論づけていたためである（高橋・吉田2006a）。標準区の基肥は化成肥料（窒素-リン酸-加里の保証成分量：14-14-14%）を各成分0.5 kg/a、追肥は8月6日にNK化成（同保証成分量：17-0-16%）で窒素0.2 kg/a、加里0.19 kg/aを施用した。箱全量各区の供試肥料は301を使用した。

育苗内の施肥位置は床土の上に301を層状施用した後に播種、覆土する上層方式とした。

箱当たりの施肥量は2003年には製品量で468 gを基準にした。これは、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%減が0.42 kg/aであり、高橋・吉田（2006a）に従い、使用育苗箱を30枚/10aとして換算したものである。しかし、2003年移植作業後の調査から投入量が施肥計画値よりも少なかったことが明らかになった。今回使用した歩行型4条田植機は苗送りや掻き取り量の細かい調整が難しい機種であることを考慮し、2004年以降は2003年の結果から逆算して施肥量を600 g/箱とした。本田に投入した肥料の実際量は、箱全量各区に共通使用した苗の残りから算出した。実窒素施肥量（減肥率）は2003年0.36 kg/a（49.0%）、以下順に2006年まで0.43 kg/a（38.5%）、0.40 kg/a（42.6%）、0.38 kg/a（45.3%）であった。同様に実加里施肥量は2003年0.12 kg/a、以下順に2006年まで0.14 kg/a、0.13 kg/a、0.13 kg/aであった。出芽は平置き出芽法（山口ら1991、高橋ら2004）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。植代掻きは6月8日、移植は6月10日に実施した。移植作業終了後に生育・収量調査地点を決定し、各区1か所40株、3か所計120株について1株当たりの植え付け本数が4本になるように調整した。生育、収量調査の際に必要な栽植密度を求めるための条間および株間の調査は、調査対象か所の実測によった。調査か所によって若干異なるが、14か所平均で条間29.4 cm、株間17.0 cm、栽植密度20.0 株/m<sup>2</sup>であった。

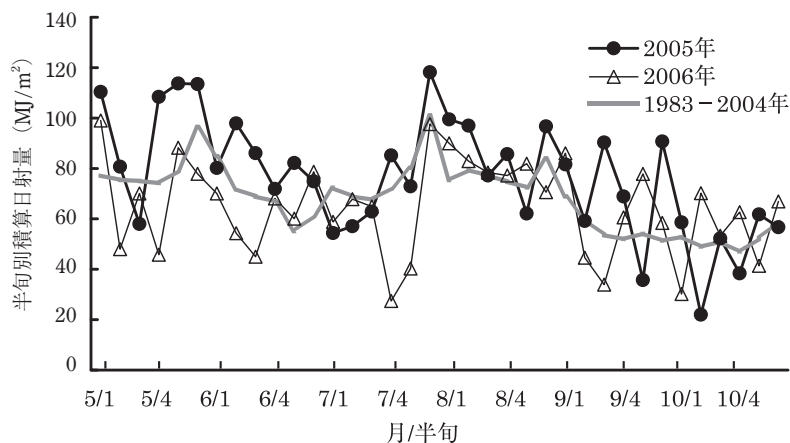
本田移植後21日目と42日目に生育調査として、草丈、茎数、葉色を調査した。1区3か所で草丈は各5個体、茎数、葉色は各10個体測定した。葉色はミノルタSPAD502（以下、葉緑素計）で各区10個体の最上位展開葉の中央部を測定した。葉色は移植後57、71、85、100、113日目にも同じ調査要領で測定した。出穂期と成熟期は観察により調査を行った。9月10日に稈長、穂長を、10月9日の収穫時に穂数、倒伏、病害虫の発生状況等を調査した。

稈長、穂数の調査個体数は生育調査に準じ、穂数は1区1か所につき40株、3か所120株を全て調査した。倒伏、病害虫は観察で0（無）～5（甚）の6段階判定とした。収量調査は収穫サンプルを風乾後、脱穀すりを行い、玄米重、千粒重、容積重等を調査した。全籾数は脱穀時に調査サンプルの全籾を回収、均分器で1/16にしたサンプルの籾数を計測してm<sup>2</sup>当たりに換算した。登熟歩合は、粒厚1.8 mm以上の玄米の千粒重とm<sup>2</sup>当たり玄米重からm<sup>2</sup>当たりの玄米粒数を計算して、先に求めた全籾数で除して求めた（楠田1995a, b）。外観品質は1（上上）～9（下下）の9段階評価とした。また、粗タンパク質含有率（以下、タンパク）は静岡製機のGS2000による玄米の近赤外線測定によって求めた（飯塚・大関1997）。



第1図 水稻栽培期間の気温推移 (2005, 2006 年).

試験圃場から北方向に約 300 m 離れた群馬県農業技術センター東部地域研究センター内における観測値. 1971-2000 年は 30 年間平均値.



第2図 水稻栽培期間の日射量の推移 (2005, 2006 年).

試験圃場から北方向に約 300 m 離れた群馬県農業技術センター東部地域研究センター内における観測値. 1983-2004 年は 22 年間の準平均値.

育苗箱内および圃場内での肥料溶出量を明らかにするために, 301 の肥料粒子中から塩化加里の被覆粒子を取り除き, 尿素的被覆粒子のみとしたサンプル 5 g をネットに封入し, 播種時に育苗箱内に埋め込んだ. これら肥料の回収を育苗期間中は概ね 1 週間おきに 2004 年は 3 回, 2005 年以降は 4 回, 移植後は各年共に概ね 1 か月毎に計 4 回実施した. 調査は 2004-2006 年の 3 か年, 1 区当たり 2 か所について付着した培土, 根を除去して風乾後, PDAB 発色による吸光光度法 (山添ら 1973) によって窒素成分の溶出率を調査した. まず回収したサンプルを粉碎, 加水, 調製して試料液を作成した. これに PDAB ( $(\text{CH}_3)_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{CHO}$ ) 溶液を加えて波長 430 nm の可視光で吸光光度を測定し, 残留した尿素的窒素量を求めた.

また, 各試験区の土壌を採取して成分分析を実施した. 調査時期は 2 年目試験終了後で 3 年目の試験前となる 2005 年 3 月と 4 年目終了の 2006 年 10 月であった. 土壌は各試

験区内の対角線上 2 か所から作土 (0-15 cm 深) を約 500 g 採取した. 風乾後に網目 2 mm の篩を通した 100 g のサンプルを用意した. 窒素成分は pH 水抽出法, 磷酸成分はトルオーグ法, 加里成分は酢酸アンモニウム抽出法で抽出し, 硝酸態窒素, 有効磷酸, 加里の含有量を測定した (土壌養分分析法委員会 1987). 気象データは試験圃場から北方向に約 300 m 離れた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気象観測施設の観測データを利用した.

今回の一連の試験では先述の通り, 各試験区について 3 か所の生育, 収量調査等を実施した. しかし, 各試験区の反復は設定しなかったこともあり, 試験区間の有意差検定は実施しなかった.

## 結 果

2005 年と 2006 年の気温と日射量の推移をそれぞれ第 1



第1表 箱全量専用肥料の継続施用が水稻の生育に及ぼす影響 (2005年)。

区名	移植後19日目		移植後40日目		稈長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	有効茎		
	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )			歩合 (%)	全穂数 (百粒/m <sup>2</sup> )	1穂粒数 (粒)
箱全量1	34 ± 0.2	243 ± 7	70 ± 1.6	403 ± 19	75 ± 0.6	371 ± 7	92 ± 4	285 ± 8	76.8 ± 1.7
箱全量2	36 ± 0.9	234 ± 7	70 ± 1.2	425 ± 43	75 ± 0.4	385 ± 14	91 ± 7	292 ± 8	76.0 ± 2.0
箱全量3	37 ± 0.8	251 ± 7	73 ± 1.1	404 ± 19	77 ± 0.9	386 ± 10	95 ± 2	288 ± 8	74.7 ± 4.9
標準	34 ± 0.3	249 ± 16	71 ± 1.3	435 ± 24	74 ± 1.1	353 ± 6	81 ± 3	282 ± 7	80.0 ± 1.2
無肥料	33 ± 1.5	215 ± 22	66 ± 1.4	426 ± 24	71 ± 1.2	313 ± 6	75 ± 1	218 ± 6	69.7 ± 0.1

箱全量1～3はそれぞれ箱全量1～3年目試験区を示す。各数値の右側に±で示した値は標準誤差を示す。全穂数は脱穀時に全穂を回収し、1/16に均分（無肥料区は1/8）したサンプルから粒数を計測して求めた。

第2表 箱全量専用肥料の継続施用が水稻の生育、収量および玄米品質に及ぼす影響 (2006年)。

区 名	移植後 21 日目		移植後 42 日目		稈長	穂数	有効茎			外観	タンパク質
	草丈	茎数	草丈	茎数			歩合	玄米重	屑米比		
	(cm)	(本/m <sup>2</sup> )	(cm)	(本/m <sup>2</sup> )							
箱全量 1	33 ± 1.4	256 ± 7	74 ± 1.4	392 ± 23	82 ± 0.5	338 ± 10	87 ± 10	52.3 ± 1.5	6.9 ± 0.4	2.5 ± 0.4	7.8 ± 0.1
箱全量 2	34 ± 0.7	240 ± 18	72 ± 0.7	358 ± 43	80 ± 0.2	296 ± 4	84 ± 4	51.9 ± 1.1	5.1 ± 0.6	1.8 ± 0.2	7.6 ± 0.0
箱全量 3	34 ± 0.4	250 ± 29	72 ± 0.7	380 ± 28	81 ± 0.9	316 ± 6	84 ± 6	55.0 ± 0.9	5.3 ± 0.5	1.8 ± 0.2	7.7 ± 0.1
標 準	34 ± 0.9	275 ± 7	82 ± 2.2	436 ± 15	82 ± 1.2	316 ± 10	73 ± 10	54.3 ± 0.9	5.2 ± 0.5	2.5 ± 0.0	7.7 ± 0.1
無肥料	31 ± 0.3	219 ± 28	67 ± 2.7	381 ± 21	74 ± 0.1	277 ± 18	73 ± 18	45.0 ± 1.8	2.6 ± 0.6	1.0 ± 0.0	7.4 ± 0.2

箱全量1～3はそれぞれ箱全量1～3年目試験区を示す。玄米水分は15.0%換算。品質は外観品質で1（上上）～9（下下）の9段階評価。タンパクは静岡製機GS2000による玄米の近赤外線測定値。各数値の右側に±で示した値は標準誤差を示す。

図、第2図に示した。両年の気温を比較すると、7月後半以降の傾向が大きく異なっていた。平年を上回る傾向は共通していたが、2005年は一部の期間を除いて2006年より高温に経過し、出穂期以降の高温が目立った。2005年の日射量は出穂期以降、多照と寡照の時期の変動が大きかった。2006年は育苗期から成熟期前半まで平年を下回る寡照の期間が多かった点が特徴的であった。

2005年の箱全量各区の施肥量は目標値よりやや少なかったが、概ね目標に近い標準区対比42.6%減であった。箱全量各区の草丈は標準区と同等かやや高かったが、茎数は移植後19日目、同40日目調査共に一部を除いて標準区をやや下回る傾向となった（第1表）。出穂期は全試験区で8月25日となり、区間差は認められなかった。有効茎歩合は標準区の81%に対して箱全量区各区において10%以上高まり、標準区を上回った。この結果、箱全量各区の穂数は371～386本/m<sup>2</sup>となり、標準区の353本/m<sup>2</sup>を上回った。箱全量各区の全穂数も28500～29200粒/m<sup>2</sup>と標準区の28200粒/m<sup>2</sup>に対してやや上回る傾向を示したが、箱全量各区の1穂粒数は標準区より減少した。なお、2005年は前述のとおり虫害によって成熟が著しく不良となって試験区間のデータが大きく乱れたため、収量・品質等の結論は得られなかった（データ省略）。

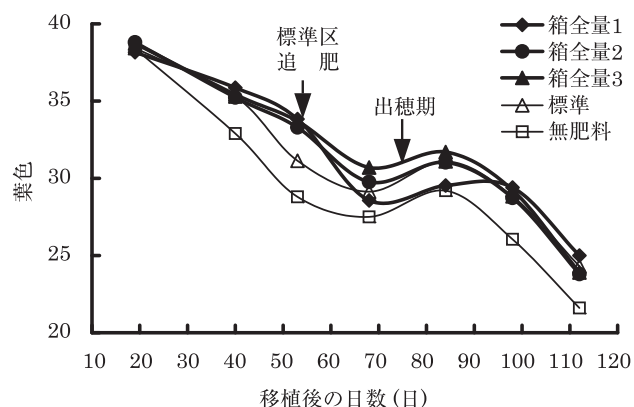
2006年は箱全量各区の施肥量が計画値を下回り、標準区対比45.3%減であった。生育は減肥率が49.0%と高かった2003年同様、草丈や茎数が標準区より下回る傾向

になった。すなわち、移植後21日目の茎数は標準区の275本/m<sup>2</sup>に対して、箱全量2年区では240本/m<sup>2</sup>となったほか、箱全量1年、3年区でも同様の傾向を示した（第2表）。また、同42日目は草丈は標準区の82cmに対して8～10cm短く、茎数も標準区の436本/m<sup>2</sup>に対し箱全量各区でそれぞれ358～392本/m<sup>2</sup>と下回った。出穂期は全試験区で8月26日となり、区間差は認められなかった。稈長には差はなく、穂数は箱全量1年区が338本/m<sup>2</sup>となり、標準区の316本/m<sup>2</sup>を上回った。一方、箱全量2年区は296本/m<sup>2</sup>となり標準区を下回った。有効茎歩合は箱全量1年～3年区が標準区に対して11～14%高い傾向を示し、これまでの傾向と一致した。

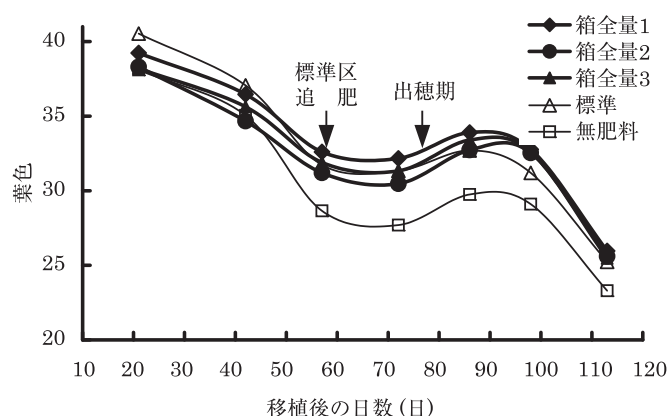
箱全量各区の茎数は標準区より少なくなった（第2表）。しかし、箱全量各区の有効茎歩合は標準区より高く、穂数は箱全量2年区を除き標準区並み以上になった。

葉色の推移を第3図と第4図に示した。2005年は移植後40日目までは無肥料区を除いて葉色に明らかな差は認められなかった。53日目では標準区の葉色31.1と箱全量各区の葉色33.3～33.8との差が最も大きくなった。さらに同68、83日目調査では箱全量各区の間に葉色差が発生した。一方、2006年は移植後21日目から箱全量各区の間で葉色の差が生じており、この傾向は同86日目まで続いた。

玄米重は箱全量3年区が55.0kg/aで標準区並み、箱全量1年、2年区の玄米重はそれぞれ52.3、51.9kg/aとなり、標準区の54.3kg/a対比で96%とやや少ない傾向を



第3図 箱全量専用肥料の継続施用が葉色の推移に及ぼす影響(2005年).  
葉色値は葉緑素計による測定値. 箱全量1~3はそれぞれ箱全量基肥1~3年目試験区. 標準は基肥+追肥試験区.

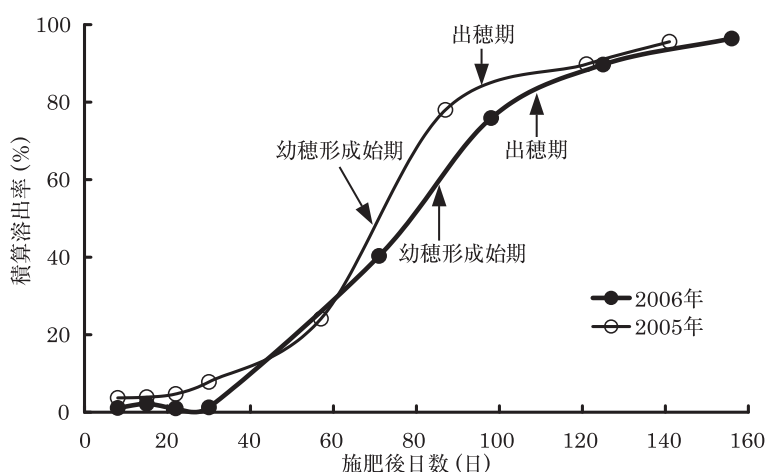


第4図 箱全量専用肥料の継続施用が葉色の推移に及ぼす影響(2006年).  
葉色値は葉緑素計による測定値. 箱全量1~3はそれぞれ箱全量基肥1~3年目試験区. 標準は基肥+追肥試験区.

第3表 箱全量専用肥料の継続施用が水稻の収量構成要素, 粒厚分布に及ぼす影響 (2006年).

区 名	全籾数 (百粒/m <sup>2</sup> )	1 穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	粒厚 (mm) 別割合 (%)				
					1.8-1.9	1.9-2.0	2.0-2.1	2.1 ≤	2.0 ≤
箱全量1	308 ± 5	91.2 ± 2.5	78 ± 1	21.7 ± 0.2	9.1 ± 0.4	39.9 ± 1.7	44.6 ± 0.9	6.4 ± 0.7	51.0 ± 1.7
箱全量2	284 ± 8	96.0 ± 1.2	83 ± 2	22.0 ± 0.1	7.1 ± 0.3	35.2 ± 0.3	48.9 ± 0.9	8.8 ± 0.4	57.7 ± 0.7
箱全量3	311 ± 9	98.4 ± 1.4	81 ± 2	22.0 ± 0.1	7.6 ± 0.7	37.4 ± 0.9	46.6 ± 1.2	8.4 ± 0.3	55.0 ± 1.5
標 準	302 ± 7	95.6 ± 2.3	82 ± 1	21.9 ± 0.1	7.6 ± 0.3	34.9 ± 2.1	48.7 ± 1.9	8.9 ± 0.2	57.5 ± 2.0
無肥料	225 ± 20	81.2 ± 2.0	90 ± 3	22.2 ± 0.5	5.6 ± 1.0	32.8 ± 5.4	53.0 ± 4.5	8.6 ± 1.9	61.6 ± 6.4

粒厚分布は, 1.8 mm 以上玄米 100 g を電動篩で4分間振とうして求めた. 全籾数は脱穀時に全籾を回収し, 1/16 に均分 (無肥料区は1/8) したサンプルから籾数を計測して求めた. 登熟歩合は, 粒厚 1.8 mm 以上の玄米粒数を全籾数で除することによって求めた. 各数値の右側に ± で示した値は標準誤差を示す.



第5図 窒素成分溶出率の推移 (2005, 2006年).

肥料サンプル 5 g をネットに封入し, 播種時に育苗箱に埋め込み, さらに移植時に育苗箱から本田内に埋め込んだ. サンプルは育苗時から定期的に回収して, PDAB 発色による吸光光度法で窒素成分の溶出率を求めた. 幼穂形成始期は幼穂長 1~2 mm.

示した (第2表). 外観品質やタンパクは概ね標準区並みであった.

全籾数は標準区の 30200 粒/m<sup>2</sup> に対して箱全量各区は

28400~31100 粒/m<sup>2</sup> となった (第3表). 1 穂籾数は箱全量1年区で標準区よりやや減少したが, その他の区ではやや増加する傾向にあった. 登熟歩合は箱全量1年区が78%

第4表 箱全量専用肥料の継続施用による土壌成分の変化 (2005, 2006年).

年次成分	2005年3月			2006年10月		
	硝酸態窒素 (mg/100 g)	有効リン酸 (mg/100g)	加里 (mg/100 g)	硝酸態窒素 (mg/100 g)	有効リン酸 (mg/100 g)	加里 (mg/100 g)
箱全量1	9.6 ± 0.3	14 ± 0.4	16 ± 0.0	0.79 ± 0.3	14 ± 1.6	19 ± 0.4
箱全量2	8.9 ± 0.8	13 ± 0.4	18 ± 1.2	0.56 ± 0.1	15 ± 0.0	18 ± 0.4
箱全量3	—	—	—	0.90 ± 0.0	14 ± 0.8	19 ± 1.2
標準	10.0 ± 0.1	17 ± 0.4	15 ± 1.6	0.79 ± 0.1	14 ± 0.8	25 ± 4.5
無肥料	9.0 ± 0.2	16 ± 2.0	19 ± 1.2	0.45 ± 0.0	12 ± 0.4	20 ± 1.6

箱全量1~3はそれぞれ箱全量1~3年目試験区を示す. 2005年3月は試験2年目のため, 箱全量3区は設定なし. 2年目試験終了後で3年目試験開始前(2005年3月)と4年目試験終了直後(2006年10月)に土壌を各区2か所採取して調査を実施した. 窒素はpH水抽出法, リン酸はトルオーグ法, 加里は酢酸アンモニウム抽出法による. 各数値の右側に±で示した値は標準誤差を示す.

第5表 箱全量専用肥料の継続施用が水稻の生育, 収量および玄米品質に及ぼす影響 (2003, 2004年).

年次	区 名	移植後 42 日目		有効茎				登熟	外觀			
		草丈	莖数	歩合	穂数	全穂数	歩合	千粒重	玄米重	屑米比	品質	
		(cm)	(本 / m <sup>2</sup> )	(%)	(本 / m <sup>2</sup> )	(百粒 / m <sup>2</sup> )	(%)	(g)	(kg/a)	(%)	(1-9)	
2003	箱全量	52.5 ± 2.6	376 ± 3	85 ± 2	322 ± 7	273 ± 14	88 ± 2	22.0 ± 0.1	53.7 ± 1.8	1.6 ± 0.3	2.0 ± 0.0	
	標 準	63.9 ± 2.7	488 ± 11	73 ± 4	357 ± 19	296 ± 16	87 ± 2	22.2 ± 0.2	58.6 ± 1.4	2.3 ± 0.6	2.0 ± 0.0	
	無肥料	52.3 ± 1.8	352 ± 9	88 ± 5	309 ± 10	219 ± 12	90 ± 1	21.9 ± 0.3	44.0 ± 2.3	1.4 ± 0.4	2.0 ± 0.0	
2004	箱全量 1	66.9 ± 1.5	426 ± 28	91 ± 6	388 ± 9	311 ± 11	87 ± 4	21.6 ± 0.1	58.4 ± 0.9	2.2 ± 0.7	2.6 ± 0.2	
	箱全量 2	65.9 ± 0.5	466 ± 25	88 ± 6	408 ± 15	330 ± 17	88 ± 2	21.7 ± 0.1	62.8 ± 1.8	2.8 ± 0.2	2.4 ± 0.1	
	標 準	69.6 ± 1.0	474 ± 18	79 ± 3	372 ± 3	293 ± 9	88 ± 2	22.4 ± 0.1	57.6 ± 1.2	3.4 ± 0.6	2.9 ± 0.1	
	無肥料	62.0 ± 1.6	416 ± 4	80 ± 1	332 ± 3	250 ± 10	90 ± 1	22.1 ± 0.1	49.8 ± 2.2	1.2 ± 0.1	2.0 ± 0.0	

高橋・吉田(2006b)より抜粋. 箱全量1は箱全量1年目試験区, 箱全量2は同2年目試験区. 玄米重の水分は15.0%換算. 外観品質は1(上上)~9(下下)の9段階評価. 全穂数は脱穀時に全穂を回収し, 1/16に均分(無肥料区は1/8)したサンプルから穂数を計測して求めた. 登熟歩合は, 粒厚1.8 mm以上の玄米粒数を全穂数で除することによって求めた. 各数値の右側に±で示した値は標準誤差を示す. 無肥料区は参考区.

で唯一, 標準区の82%を下回った.

窒素成分の溶出率は2005, 2006年両年でやや傾向が異なるものの, 施肥後30日目前後までは溶出が抑制されており, その後溶出率が増大して, 同100日目前後で約80%が溶出するシグモイド曲線状のパターンを示した(第5図). また, 2004年と2006年の栽培終了後に実施した土壌調査では2か年共に標準区と箱全量各区间に調査対象とした土壌成分中に明らかな差は認められなかった(第4表).

## 考 察

2005年は9月下旬以降の成熟期後半に発生した虫害のために試験区間のデータの乱れが大きく, 収量等は十分な結果を得ることができなかった. しかし, 2005年の出穂期から成熟期前半までの生育状況をみると, 有効茎歩合は他の3か年と同様に箱全量各区がいずれも標準区を上回っていた. 穂数, 全穂数については2005年の減肥率42.6%に対して, 49.0%と高かった2003年では異なる傾向を示したものの, 2004, 2006年の傾向とは概ね一致しており, 標準区に対して2006年の箱全量2年区でやや少ない傾向がみられたものの, 概ね同等以上となった(第1表~第3表,

第5表). また, 3か年の継続施用に伴う穂数や全穂数, 収量は低下しなかった.

2006年の箱全量各区の茎数は標準区より少ない傾向を示した(第2表). 箱全量各区の有効茎歩合は2005年には及ばないものの, 2003年から2004年までの結果と同様に高まり, 標準区より10%前後高くなった. このため, 移植後42日目の茎数が最も少なかった箱全量2年区を除き, 穂数は標準区並みかそれ以上となった.

葉色の推移をみると, 箱全量各区の間には2005年の出穂期前後や2006年の一部の期間で差が生じたこともあったが, 概ね葉色に明らかな差はなかった(第3図, 第4図). このうち2006年は, 移植後21日目から同様の傾向が登熟期まで続いた. 2005年と2006年の圃場における試験区の配置をみると, 2か年を通じて葉色が最も低かった2005年の箱全量1年区と2006年の箱全量2年区, および2番目に低かった2005年の同2年区と2006年の同3年区は共に同一区画を使用していた. これら同一区画で年次間の傾向が共通していることから, 圃場内の地力差も影響していると考えられた.

2006年の玄米重は箱全量1年, 2年区で標準区を下回っ



たが、標準区並みの玄米重であった同3年区を含め、各区の穂数、屑米比、全粒数や登熟歩合、粒厚分布などを個々に比較すると、それぞれ特徴があることが明らかになった(第2表)。箱全量1年区の穂数は箱全量各区中で最も多く確保できた。これは移植後42日目の茎数に代表される生育量の推移、ならびに第4表に示す2005年の標準区の硝酸態窒素の量や葉色値から、試験区の地力がやや高かったことによるものと推察された。しかし、同区では増加した穂数が登熟期前半の日照不足により、かえって登熟不良を招く結果となり、登熟歩合や千粒重が低下し、粒厚分布では小粒の比率が高くなるなど、玄米重の増加に結びつかなかった。一方、箱全量2年区は穂数、全粒数共に少なかったため、登熟歩合や千粒重、粒厚分布等は標準区並みかそれ以上であったものの、玄米重は低く抑えられた。これは移植後42日目の茎数に代表される生育量や葉色の推移から、試験区の地力がやや低かったことによると推察された。箱全量3年区は箱全量各区の中では穂数を始め登熟歩合、千粒重などで標準区に最も近い生育を示した結果、玄米重は標準区並み以上となった。

このように、2006年の生育、収量・品質は箱全量各区の間で個々に異なった結果を示した。しかし、減肥率45.3%という当初設計の40%を上回る少肥条件での試験であったことも考慮した上で、本技術により標準体系と概ね遜色がない収量・品質を得るという当初の目標(高橋ら2007)からみて箱全量1年、2年区玄米重の標準区対比96%は概ね許容される範囲内であると考えられた。

2か年の供試肥料の窒素成分溶出率をみると、溶出率曲線はほぼ類似した(第5図)。しかし、サンプルの抜き取り調査日が2か年で同一ではないことと、育苗期間が2005年は24日間、2006年は35日間で11日間の差があり、幼穂形成期や出穂期等に対応する施肥(播種)後の日数が2か年で多少異なっていた。2005年は溶出が盛んな時期と幼穂形成始期から出穂期がほぼ合致しており、有効茎歩合の向上や穂数増につながったと考えられた(第1表)。一方、2006年は溶出率の伸びが2005年よりも緩やかだった。このため、幼穂形成始期から出穂期にかけて肥料成分が2005年より供給不足気味となり、有効茎歩合の向上や穂数の増加が標準区対比で2005年を下回った一因であると推察された(第2表)。

箱全量専用肥料(苗箱まかせ)を含む肥効調節型肥料は普通化成肥料よりも肥料効率が高まるため、減肥が可能とされており、これまでの試験でもこれを裏付ける結果が得られている(北村・今井1995, 高橋・吉田2006b, 高橋ら2007)。しかしながら、2006年の減肥率45.3%では生育期中盤の生育量が不足しすぎ、本肥料が持つ有効茎歩合や登熟歩合の向上等の特性をもってしても、収量を高められなかったものと考えられた(第1表, 第2表)。2003年においても減肥率49.0%(高橋・吉田2006b)であったが、同様の結果が得られている(第5表)。

今回供試した箱全量専用肥料は緒言で触れたように燐酸、加里成分が欠如もしくは不足している。燐酸は分げつ期に必要な肥料成分であり、欠乏によって分げつの減少や登熟不良を招く。また、加里はタンパク質の合成に必要な肥料成分であり、欠乏は根の伸長が不良になるなど、両肥料成分の不足は水稻の生育に悪影響を及ぼすことが明らかにされている(渡辺1986, 群馬県農政部2004)。この点に関しては、近年普及しつつある稲わらや堆肥の圃場投入によって、成分不足を補う解決策が示唆されている(池田ら1995)。

本研究では4か年を通じて試験圃場に堆肥の投入を行わなかったが、圃場の稲わらは全量すき込んだ。2004年と2006年に各1回、土壤調査を実施した。2004年の調査は2005年の水稻栽培試験前、2006年は栽培後の土壤条件を示すものであった。標準区と箱全量各区の数値を比較しても、両年共に苗箱まかせの継続栽培が長くなることに伴う明らかな差は認められなかった(第4表)。土壤成分の数値は適正值とされる有効燐酸10~30 mg/100 g, 加里15~30 mg/100 gの範囲(群馬県農政部2004)に概ね入っており、成分不足の問題はないと考えられる。

なお、今回の検討は群馬県内でも土壤が肥沃とされる館林地域で試験を行った。このことは無肥料区において毎年、標準区対比で80%前後の玄米重が得られていることや、土壤分析のデータからも裏付けられている。加えて試験圃場では、毎年11~12月の時期に約50 kg/aの稲わらがすき込まれている。稲わらは成分換算すると、窒素0.3 kg/a, 燐酸0.05 kg/a, 加里0.45 kg/aに相当し(麻生ら1973)、燐酸の数値は低いものの、地力維持に貢献していることは否定しがたい。今回の一連の試験では、稲わらの全量鋤き込みを行った圃場条件で箱全量専用肥料を用いた。目標値よりも減肥率が高くなった年次は減収する傾向も認められたが、ほぼ設計通りの減肥率であれば、生育や収量は概ね標準体系並みを確保できた。また、群馬県をはじめ兼業化や高齢化が著しい稲作農家や、稲作を従とする複合経営農家にとって基肥、追肥作業の省力が可能な本技術は多少の減収があったとしても、それを十分に補うだけの導入効果があると考えられる(高橋・吉田2006b, c)。当然のことながら土壤条件に十分留意する必要があると考えられるが、肥沃な土壤でかつ3~4年程度の比較的短期間であれば、稲わらの全量鋤き込みを行えば、箱全量専用肥料に欠如または不足している燐酸、加里成分を本田で化学肥料として補給する必要はないことが明らかになった。

謝辞：現地試験に関しては館林市当郷町の篠木健、朝一、ふく、けい各氏には圃場提供のほか、作業面をはじめ様々な協力並びに配慮をいただいた。試験サンプルや情報の提供並びに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る協力をいただいた。土壤分析結果の解析等に当たってはJA全農ぐんま施肥防除支援センターの猿田正暁氏、鳥取県八頭農業改良普及所

の伊田黎之輔博士にご助言いただいた。この他にも今回の試験実施に際してJA 東日本くみあい飼料(株)の大島賢一、塚田耕一両氏、群馬県農業技術センター東部地域研究センターの山本光一氏をはじめ各位にも育苗管理や機材提供の協力をいただいた。一連の試験はこれらの方々への支援なしにはなし得なかったものである。ここに記して深く感謝する。

### 引用文献

- 麻生末雄・麻生昇平・松崎敏英 1973. 作物の栄養と肥料. 東京農業大学, 東京, 付表 4.
- 土壌養分分析法委員会 1987. 第 2～第 4 章. 土壌養分分析法. 養賢堂, 東京. 29-52.
- 群馬県農政部 2004. 土壌診断基準及び作物別施肥基準. 1-164.
- 飯塚清・大関清 1997. 食味評価装置を利用した米の食味向上. 第 1 報 - 機種と食味評価値, 測定成分 -. 農及園 72 : 1185-1191.
- 飯塚国夫・金井博・島田忠男 1978. 水稻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. 愛知県における水稻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稻不耕起移植栽培. 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 - 水稻の全量施肥技術 -. 土肥誌 66 : 71-79.
- 楠田宰 1995a. 水稻収量調査における  $m^2$  当たり初数の効率的調査法. 日作九支報 61 : 12-15.
- 楠田宰 1995b. 水稻の収量及び収量構成要素の調査方法について. 植調 29 : 138-143.
- 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. 水稻の育苗箱専用肥料「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 2004. 群馬県的水稻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・阿部邑美・加部武・大島賢一・神沢武男・吉田智彦 2006. 群馬県東毛地域における水稻全量基肥栽培専用肥料の開発. 日作紀 75 : 82-89.
- 高橋行継・吉田智彦 2006a. 群馬県稲麦二毛作地帯における水稻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稻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・普通期水稻栽培における育苗箱全量基肥栽培. 日作紀 76 : 171-180.
- 高橋行継・吉田智彦 2007. 群馬県における水稻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. 日作紀 76 : 370-378.
- 山口正篤・青木岳央・福島敏和 1991. 水稻の平置き出芽法における温度管理 - 被覆資材と出芽時の高温の影響 -. 日作関東支報 6 : 19-20.
- 山添文雄・越野正義・藤井国博・三輪睿太郎 1973. 改訂詳解肥料分析法. 3 主成分の分析法, 3・2 窒素, 3・2・4・4 ジメチルアミノベンズアルデヒド法. 養賢堂, 東京. 60-62.
- 渡辺和彦 1986. 第 3 章 各種元素の欠乏・過剰症の診断と対策. 原色生理障害の診断法. 農文協, 東京. 142-153.

**Effect of Successive Cultivation Using Single Whole Basal Fertilizer Application to the Nursery Box on the Growth and Yield of Paddy Rice under Early and Normal Season Culture in Tomo Area of Gunma Prefecture :** Yukitsugu TAKAHASHI<sup>1,2)</sup> and Tomohiko YOSHIDA<sup>3)</sup> (<sup>1)</sup>*Gunma Seibu Agr. Office, Fujioka, Gunma, 375-0024 Japan;* <sup>2)</sup>*United Grad. Sch. of Agr. Coll. Tokyo Univ. of Agr. and Tech. ;* <sup>3)</sup>*Fac. Agr., Utsunomiya Univ.)*

**Abstract :** We examined the growth and yield of paddy rice cultivated by the method of single whole basal fertilizer application to the nursery box in early and normal season culture in Tomo area of Gunma Prefecture. The soil of this area was gley soil, and the paddy fields were fertile. The controlled availability fertilizer named "Naebako-makase NK301-100" was used and the experiments were conducted for 4 years in the farmer's field in Tatebayashi city. The amount of nitrogen fertilizer was reduced by 40% compared with the standard fertilizer. Furthermore, phosphoric acid and potassium were not supplied because last year's rice straw was plowed into the field. In the first year, rice growth and yield were lower than in the control plot, because the amount of nitrogen fertilizer was reduced by 49% as compared with the standard fertilizer. From the second to the fourth year, the amount of nitrogen fertilizer was reduced by 38-45%, but no significant difference in growth and yield was found. However, since severe insect damage occurred in the third year, an additional experiment was conducted in the fourth year under the same condition. Judging from the results of the three years, we considered that even without the supply of phosphoric acid and potassium chemical fertilizer, plowing all rice straw into the soil, and reducing nitrogen fertilizer by about 40% resulted in the growth and yield equal to those in the standard fertilizer application.

**Key words :** Controlled availability fertilizer, Early planting, Fertilization, Labor-saving, Normal season culture, Nursery box, Paddy rice, Successive cultivation.