

## 温暖地二毛作における水稻の育苗箱内全量施肥による リン酸, 加里無施肥栽培に関する研究

林恭弘・東卓哉・森下年起

和歌山県農林水産総合技術センター 農業試験場

Studies on no Basal Fertilizer Cultivation of Phosphoric acid and Potassium oxide  
by a Single Application of Fertilizer in Nursery Boxes on Rice Culture  
for Tow-crop-a-year in Paddy Field on Clement Ground

Yasuhiro Hayashi, Takuya Azuma and Toshiki Morishita

*Agricultural Experiment Station*

*Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries*

### 緒 言

近年、環境保全型農業、持続的農業生産が推進され、2005年3月末における県内のエコファーマー数は約900名と急激に増加している。また、2000年の農業センサスでは、県総農家数の12% (4,896戸) が環境保全型農業等に取り組んでおり、この内水稻栽培農家が21% (1,037戸) となっている (農林水産省, 2000年)。一方で、高齢化、兼業化の社会情勢や米価低下が水稻栽培全体を取り巻く問題となっており、この両方の問題を解決するには、より省力で環境に配慮した水稻栽培法が必要である。

現在、水稻栽培では、被覆肥料を利用した全量基肥施肥栽培が普及しており、追肥作業が不要で、品種と資材の組み合わせにより施肥量は慣行分施肥法の20%削減で同程度の収量が得られる (和歌山県, 2000)。今回の研究に用いた育苗箱内全量施肥栽培は、従来の田植機を用い、現行の全量基肥施肥栽培より更なる省力化と環境負荷低減を目的に開発された施肥技術である。育苗箱内に本田で必要な肥料成分全量を施肥することから、本田での施肥作業が不要であり、慣行分施肥法の30%の減肥が可能とされている (河瀬ら, 1999, 荒木ら, 1999)。また、移植時に苗とともに本田に施肥することから、代かき時の窒素流亡がない環境に優しい省力施肥法である (中島, 2000)。

このため、東北、北陸地方の一部では既に実用化されているものの、西南暖地では育苗時の高気温 (窒素溶出量増加) による苗の徒長に対する不安等から導入事例が少ない。

和歌山市、紀の川市、那賀郡の紀ノ川流域では古くから水稻と野菜を組合せた二毛作が普及しており、県内二毛作実施面積の63%を占めている (農林水産省, 2000)。この地域では、主にアブラナ科野菜が作付けされており、施肥に関しては野菜、水稻の両作で3要素による施肥が行われ、リン酸等肥料成分の蓄積ほ場が多くみられる。

そこで、この省力施肥法を用い、野菜作での土壌改良、水田での残存肥料の有効利用 (リン酸, 加里) を図ることで、水田での施肥作業の省力化とコスト削減を図ることが可能と考え、窒素単肥による栽培法として検討した。

## 材料および方法

### 供試ほ場の条件

試験は、県北部紀ノ川中流の支流、貴志川下流沿岸の台地水田地帯で、階段状の棚田を造成、表土処理し、平坦な水田に造成した農林水産総合技術センター農業試験場内のほ場で実施した。土壌は紀ノ川流域を中心とした台地水田に分布する洪積土壌で細粒黄色土、黄褐色系（蓼沼統 1014）に分類され、減水深の小さい排水の悪いほ場である。作土層は 15cm 程度で土性は埴壤土（CL）である。下層土は軽埴土（LiC）で 70cm 以下に腐朽礫を含む基層（C 層）が出現する。気象条件は年平均最高気温が 20.4℃、最低気温は 10.0℃、平均気温は 15.1℃と県内ではやや涼しい地域となる。年降水量は 1600mm と県下では平均的な降水量で日照時間も比較的長い。

### 試験1 育苗箱内全量施肥が水稻苗に及ぼす影響

被覆尿素化成（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 40%:0%:0%、100日溶出、シグモイド型）を育苗箱内に第1図のとおり層状に施肥し、品種「キヌヒカリ」を1999年5月23日に播種（催芽籾200g）、市販の育苗用粒状培土（サンソイルS・NS-2（N:0.22g/l）を用い、蒸気式育苗器（31℃-2日）で出芽させた後に出庫（コンクリート上でビニール（0.03mm）の上に設置）、野外で2日間寒冷紗被覆し、その後は無被覆で管理した。調査は1999年6月15日、種子消毒は地域の慣行栽培に準じた。灌水は適宜行なった。試験区の構成は第1表のとおりである。

### 試験2 育苗箱内全量施肥が水稻生育に及ぼす影響

試験1で供試した水稻苗を用いて1999年6月15日に機械移植し、本田で栽培試験を行なった。栽植密度は1㎡当たり20.8株とした。供試ほ場の土壌は1967年より1997年まで水稻単作ほ場として苦土石灰でpH調整を行い化学肥料のみで栽培を続けた土壌である（第2表）。リン酸と加里はリン酸加里化成（くみあい苦土入りリン酸加里化成高度40号（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=0:20:20）で8.0kg/10a施肥した。慣行栽培は被覆肥料を用いて基肥全量施肥栽培（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O各8.0kg/10a、70日溶出）とした。

### 試験3 リン酸と加里の施肥が水稻の生育、収量に及ぼす影響

土壌理化学性が異なる野菜栽培跡土壌において1998年にリン酸と加里の施肥試験を行なった。供試土壌の土壌理化学性は、第3表のとおりである。リン酸と加里の施肥区と無施肥区を設けて、資材としてリン酸加里化成（くみあい苦土入りリン酸加里化成高度40号（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=0:20:20）を用いて、代かき時に施肥区は成分でリン酸、加里をそれぞれ2.5kg/10a施肥した。試験規模は1区50㎡、1連制とした。

供試ほ場は、有機物連用効果を明らかにすることを目的とした土壌保全対策事業「土壌環境基礎調査、基準点調査（1975～1997年、23年）」を行なったほ場であり、1998年より試験設計を変更した。試

第1表 試験区の構成

育苗箱内施肥量 (現物g・(窒素g/箱))	培土:肥料 (体積比)
0 (0g)	—
500 (200g)	2.5:1
750 (300g)	1.5:1
1000 (400g)	1:1
1250 (500g)	1:2
1000 (400g, 培土増)	1.5:1

覆土（水稻育苗用粒状培土）
催芽籾 播種量：200g/箱
被覆尿素化成（窒素40%，リン酸・加里0%）
床土（水稻育苗用粒状培土）

第1図 被覆尿素化成の施肥位置

第2表 供試土壌の理化学性

pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)	交換性塩基 (mg/100g)			有効態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	有効態 SiO <sub>2</sub> (mg/100g)
			CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
5.8	1.16	0.12	83	16	10	37	11

験区の構成と23年間の処理内容は、化学区が3要素施肥、有機区（稲わら 600kg/10a を冬作前に施肥）、無機区（珪カル 300kg、熔リン 100kg/10a を夏作前と冬作前に施肥）、総合区（稲わら 300kg/10a を冬作前に施肥、珪カル 150kg と熔リン 50kg/10a を夏作前と冬作前に施肥）とした。有機区、無機区と総合区は稲わら、無機改良資材と併せて3要素も施肥した。化学区と有機区は土壌 pH の状態に応じて冬作前に酸度矯正のため消石灰を施肥した。作付け体系は、「水稻-タマネギ」であり、土壌の移動を防ぐため畦シートで囲って水田の代かきを行った。

前作のタマネギ「OL黄」の最終施肥（N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 4.0 : 1.3 : 5.7kg/10 a）は3月中旬に行った。

耕種概要について、水稻品種「キヌヒカリ」を用いて、播種は5月29日、その後育苗器で出芽後、露地で緑化を行い、植え代は6月15日、移植は6月18日、栽植密度は20.8株/m<sup>2</sup>、稚苗機械移植とした。

#### 試験4 異なる土壌管理ほ場における育苗箱内全量施肥が水稻生育に及ぼす影響

土壌理化学性が異なる野菜栽培跡土壌において1998～2000年に栽培試験を行なった。

試験区の構成と土壌管理法は第4表のとおり、土壌改良は野菜作の前のみを行い、水稻作では窒素施肥のみとした。化学区が3要素施肥、有機区（牛糞オガクズ堆肥 3 t/10 a 施肥）、無機区（石灰窒素 200kg/10 a 施肥）、総合区（牛糞オガクズ堆肥 3 t/10 a 施肥、石灰窒素 200kg/10 a 施肥）の4試験区を設け、併せて各処理区とも野菜作前に苦土石灰 100～150kg/10 a を施肥した。試験規模は1区100m<sup>2</sup>、1連制で試験を行った。土壌の移動を防ぐため畦シートで囲って水田の代かきを行った。

耕種概要について、夏作は水稻、品種「キヌヒカリ」を用いて、播種は5月下旬、移植は6月中旬（機械移植）、収穫は9月下旬に行った。育苗は試験1に準じ、育苗箱内への被覆尿素肥料の施肥量は625～750g/箱とした。栽植密度は1m<sup>2</sup>当たり20.8株とし病虫害防除など一般管理は当地域の慣行栽培に準じて行った。冬作について、前作の野菜作は、1998年がタマネギ「OL黄」とし最終施肥は3月中旬に N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 4.0 : 1.3 : 5.7kg/10 a、以降はキャベツ「来陽」とし最終施肥は4月上～中旬に N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 12.0 : 3.2 : 12.0kg/10 a を施肥した。

供試ほ場は基準点調査を行なったほ場であり（試験3参考）、試験開始時における土壌理化学性は第3表のとおりであり、1998年より有機物連用試験として試験設計を変更した。

第3表 供試土壌の理化学性

試験区	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)	CaO (mg/100g)	MgO (mg/100g)	K <sub>2</sub> O (mg/100g)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	可給態窒素 (mg/100g)
化学	4.9	1.10	0.12	48	9	23	40	5
有機	5.3	1.26	0.13	73	14	27	40	9
無機	6.6	0.85	0.09	200	33	22	193	5
総合	6.6	0.96	0.10	168	29	30	133	8

注) T-C・T-N: CNCORDER、CaO・MgO・K<sub>2</sub>O: 1N酢酸アンモニウムで抽出後原子吸光（K<sub>2</sub>O: 炎光分析）、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0.002N硫酸抽出後ICP

第4表 試験区の構成と土壌管理法

試験区	土壌管理法（冬作前）	備考
化学	窒素，リン酸，加里	キャベツ施肥量（基肥（N・P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ・K <sub>2</sub> O=8.4・10.2・7.8），追肥1（N・P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ・K <sub>2</sub> O=12.8・8.0・11.2，追肥2（N・P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ・K <sub>2</sub> O=12.0・3.2・12.0）），施肥量に石灰窒素含まない，水稻作窒素施用の，苦土石灰100～150kg/10a施肥
有機	牛糞オガクズ堆肥3 t/10 a 窒素，リン酸，加里	
無機	石灰窒素200kg/10 a 窒素，リン酸，加里	
総合	牛糞オガクズ堆肥3 t，石灰窒素200kg/10 a 窒素，リン酸，加里	

注) 1998年冬作より

### 試験5 被覆尿素的溶出率

被覆尿素肥料の育苗期間中の温度、被覆肥料の溶出率について、2001年に調査を実施した。供試資材はLPS100（25℃条件下において約30日後に窒素の溶出を開始、約100日までに含有する窒素の80%を溶出する育苗箱内全量施肥専用のシグモイド型被覆肥料）とLPNK ロング 301（被覆された窒素と加里を成分で30%と10%含む）を用いた。両資材を5g精秤し、育苗培養土（サンソイルS・NS-2（N:0.22g/l））と軽く混和して、大きさ5cm×5cmの網状のネットに詰めた。この試料を育苗期間中は育苗箱内に埋設（上部に水稻「キヌヒカリ」を播種）し、移植直後に地表面下約5cmの深さに埋め込み、収穫まで3連で採取した。採取後付着した土壌を落とし、肥料を取り出し、乾燥後に試料の重量を測定し、粉碎後に乾式燃焼法（ヤナコ社 CN コーダー MT700）で窒素含有率を測定し、原体窒素量からの窒素溶出率を求めた。

なお、温度測定にはデータコレクター（安立計器株式会社、Am-7002）を用いた。

また、育苗は試験1に準じ、2001年5月25日に播種し、6月15日に移植（埋設）した。

### 分析方法

土壌の分析は常法（農林水産省農蚕園芸局農産課、1979）に基づいて実施した。作物体の全窒素を含む養分含有率は、サリチル硫酸一過酸化水素分解法（松永ら、1989）に基づいて、実施した。

## 結 果

### 試験1 育苗箱内全量施肥が水稻苗に及ぼす影響

育苗箱内全量施肥により育苗箱内は乾きやすく、培土/肥料の体積比が小さいほど灌水に注意した。1250g 施肥（N：500g/箱）はマット形成が不良であったが、1000g 施肥以下は実用上問題ないと判断した。

苗丈は育苗箱内全量施肥により1.5～4cm高くなった。葉齢、群落葉色は育苗箱内全量施肥量の増加に伴い大きくなる傾向であった。葉齢は育苗箱内全量施肥により慣行苗に比べて0.2～0.6葉進んだ。乾物重は箱当たり1000g施肥区まで増加する傾向となった。また、1000g施肥では培土を増やすことにより乾物重が増加した（第5表）。

移植時の苗の養分含有率については、窒素は箱当たり1000g区まで増加し、リンとカリは箱内施肥により低下する傾向であった。カルシウムとマグネシウムは1250g施肥区で低いが、他区は慣行苗より含有率が高くなった（第6表）。

第5表 育苗箱内への施肥が苗質に及ぼす影響

育苗箱内施肥量 (現物g・(窒素g/箱))	苗丈 (cm)	葉齢	乾物重 (mg/本)	群落 葉色	マット形成
0 (0g)	12.0	3.9	12.5	3.0	良
500 (200g)	13.5	4.1	13.2	4.5	良
750 (300g)	15.0	4.2	13.7	5.0～5.5	良
1000 (400g)	15.8	4.3	14.1	5.0～5.5	良
1250 (500g)	16.2	4.5	13.4	5.5	不良
1000 (400g培土増)	16.0	4.5	18.0	6.0	良

注) 施肥資材：被覆尿素化成（窒素40%）、群落葉色：葉色板、  
品種：「キヌヒカリ」、播種：1999年5月23日（催芽初200g）、  
調査：6月15日、マット形成：達観調査

第6表 育苗箱内への施肥が苗の養分含有率に及ぼす影響

育苗箱内施肥量 (現物g・(窒素g/箱))	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
0 (0g)	1.74	0.61	0.53	0.24	0.09
500 (200g)	3.95	0.50	0.42	0.44	0.14
750 (300g)	4.54	0.57	0.25	0.40	0.16
1000 (400g)	5.04	0.52	0.23	0.36	0.14
1250 (500g)	4.86	0.52	0.20	0.20	0.11
1000 (400g培土増)	4.92	0.50	0.34	0.35	0.14

注) 施肥資材：被覆尿素化成（窒素40%）、品種：「キヌヒカリ」、  
播種：1999年5月23日（催芽初200g）、調査：1999年6月15日

## 試験2 育苗箱内全量施肥が水稻生育に及ぼす影響

育苗箱内に被覆尿素肥料 (N: 40%) を現物重 500 ~ 1250g 施肥して機械移植することで本田に投入された窒素量は 3.7 ~ 9.2kg/10 a であった。また、育苗箱内全量施肥により出穂期が 2 ~ 3 日、成熟期は 2 ~ 9 日早まった (第 7 表)。

育苗箱内全量施肥による初期生育 (7 月 1 日) は各区とも慣行 (基肥全量施肥栽培) に比べて同程度以上の生育であった。最高分けつ期 (7 月 19 日) の生育は育苗箱当たり 750g 以上の施肥区で穂数は同程度以上の生育となったが、草丈は慣行区より劣った。成熟期における穂数は箱当たり 1000g と 1250g 施肥する区で慣行栽培よりも多くなったが、稈長は各区とも慣行区より劣った。倒伏程度は慣行区が 5.0 と最も大きく、1000g, 1250g 区が 1.5, 500g, 750g 区は 0.0 であった (第 8 表)。

精玄米重は 1250g 施肥が 59.5kg/a と最も大きく、育苗箱内全量施肥区は慣行比 76 ~ 105 であった。1 穂粒数は慣行区が 82.7 粒と最も多いが、登熟歩合と千粒重は育苗箱内全量施肥区が慣行区より大きくなった (第 9 表)。

## 試験3 リン酸と加里の施肥が水稻の生育、収量に及ぼす影響

リン酸と加里の施肥により水稻の生育は、化学区、有機区、総合区で良好となったが、無機区では逆の傾向が見られた。葉色はリン酸と加里の施肥により高まる傾向であった (第 10 表)。

稈長、穂長、穂数、収量は、リン酸と加里の施肥による影響は認められなかったが、わら重はリン酸と加里の施肥により増加する傾向であった (第 11 表)。また、収穫物の養分含有率は、リン酸と加里の

第7表 育苗箱内施肥による窒素施用量と出穂期・成熟期

育苗箱内施肥量 (現物 g・(窒素 g/箱))	窒素施用量 (kg/10 a)	出穂期 (月/日)	収穫期 (月/日)
500 (200 g)	3.67	8月10日	9月13日
750 (300 g)	5.50	8月10日	9月16日
1000 (400 g)	7.34	8月9日	9月20日
1250 (500 g)	9.17	8月9日	9月20日
慣行	8.00	8月12日	9月22日

注) 慣行：被覆肥料入り複合肥料 (N・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>・K<sub>2</sub>O各8.0kg/10 a)，田植機：三菱MPR50，栽植密度：20.8株/m<sup>2</sup>，資材：被覆尿素化成 (窒素40%)，品種：「キヌヒカリ」，播種：1999年5月23日，調査：1999年6月15日

第8表 育苗箱内施肥が水稻の生育に及ぼす影響

育苗箱内施肥量 (g)	本田窒素施用量 (kg/10a)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )		穂数 (本/m <sup>2</sup> )	草丈 (cm)		稈長 (cm)	穂長 (cm)	倒伏 程度
		7月1日	7月19日		7月1日	7月19日			
500	3.7	110.4	359.4	291	35.2	52.5	71.6	16.8	0.0
750	5.6	156.8	447.4	357	35.1	54.2	73.7	16.0	0.0
1000	7.4	154.2	481.8	390	34.5	53.0	74.2	16.7	1.5
1250	9.2	162.5	472.4	403	35.9	55.2	76.6	17.1	1.5
慣行	8.0	114.6	441.1	375	33.5	56.4	80.3	17.1	5.0

注) 慣行：被覆肥料入り複合肥料 (N・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>・K<sub>2</sub>O各8.0kg/10 a)，育苗箱内施肥資材：被覆尿素化成 (窒素40%)，品種：「キヌヒカリ」，播種：1999年5月23日 (催芽粉200 g)，移植：1999年6月15日，倒伏程度：無・0.0，微：1.0，少：2.0，中：3.0，多：4.0，甚：5.0

第9表 育苗箱内施肥が水稻収穫物に及ぼす影響

育苗箱内施肥量 (g)	わら重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	同左比 (対慣行)	m <sup>2</sup> 当たり 1穂粒数 粒数	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
500	42.4	42.9	76	21,509	73.9	23.4
750	49.7	49.2	87	25,483	71.3	23.1
1000	53.8	55.9	99	29,188	74.9	23.1
1250	55.0	59.5	105	31,197	77.5	23.3
慣行	63.2	56.7	100	31,013	82.7	22.3

注) 慣行：被覆肥料入り複合肥料 (N・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>・K<sub>2</sub>O各8.0kg/10 a)，育苗箱内施肥資材：被覆尿素化成 (窒素40%)，品種：「キヌヒカリ」，播種：1999年5月23日 (催芽粉200 g)，移植：1999年6月15日

施肥により窒素，カリは同程度であったが，リンは増加した（第12表）。

試験4 異なる土壌管理ほ場における育苗箱内全量施肥が水稻生育に及ぼす影響

育苗箱内に被覆尿素肥料を625～750g施肥することにより，約5.0kg/10aの窒素量をほ場に投入した（第13表）。

異なる土壌管理法の野菜栽培跡地における，育苗箱内全量施肥が水稻3要素の含有率に及ぼす影響を調査した。処理区の前歴からの影響もあり，わらのリン，カリは無機，総合区で低いものの（林ら，2001），各処理区ともリン酸，加里を施肥しなくても慣行区（水稻単作，3要素施肥）と同程度の養分含有率であった（第2図）。

最高分けつ期における茎数は，有機区と慣行区が同程度で多く，次いで無機区と総合区であった。収穫期の穂数は，慣行区で最も多く，次いで総合区と無機区であった。精玄米重は育苗箱内全量施肥区で50.8～59.2kg/aとなった。慣行区の57.3kg/aに比べると化学区が収量比で93～104となった。育苗箱内全量施肥は慣行栽培に比べて，穂数はやや少ないものの，1穂粒数は同程度であり，登熟歩合と千粒重は大きい値となった（第14表）。

試験5 被覆尿素の溶出率

育苗期間中の温度は，育苗器での出芽中は31℃程度で安定していた（データ省略）。出庫後3日程度は日平均気温よりも箱内温度が約3℃高く推移し，その後は日平均気温に比べて約1℃高く推移した（第3図）。育苗期間中に最も育苗箱内温度の上昇したのは寒冷沙被覆時であり，その時の最高気温は約34℃であった。

育苗期間中の窒素溶出率はLPS100とLPNKロング301ともに2%強であった。両資材とも6月中に含有する窒素の約10%を溶出した。その後急激に窒素が溶出し，7月中に含有する窒素のほぼ全量を溶出した。水稻の生育と平均地温積算値について，育苗期間中（5月25日～6月14日）に478℃，幼穂形成期直後（7月25日）が1605℃，出穂期後（8月15日）が2198℃，成熟期後（9月25日）が3170℃であった（第15表）。

第10表 土壌管理の異なる圃場におけるリン酸・加里施肥が水稻の生育に及ぼす影響

試験区	無施肥			リン酸・加里施肥		
	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色
化学	48.2	359	34.4	50.2 <sup>aa</sup>	420 <sup>aa</sup>	36.6 <sup>a</sup>
有機	49.9 <sup>bb</sup>	474 <sup>bb</sup>	34.7	51.4 <sup>aa</sup>	511 <sup>bb</sup>	36.9 <sup>aa</sup>
無機	52.1 <sup>bb</sup>	387	36.4 <sup>b</sup>	51.4	362 <sup>b</sup>	37.6
総合	51.9 <sup>bb</sup>	384	36.2 <sup>b</sup>	53.2 <sup>a,bb</sup>	414	37.1

注) 葉色: SPAD, 有意差は無施肥に対してa: 5%・aa: 1%, 化学に対してb: 5%・bb: 1%

第11表 土壌管理の異なる圃場におけるリン酸加里施用が収穫時の生育・収量に及ぼす影響

試験区	無施用					リン酸・加里施用				
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	わら重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	わら重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)
化学	73.4	17.6	301	47.0	45.5±2.9	73.4	17.9	328	53.8 <sup>a</sup>	47.1±1.9
有機	76.5 <sup>bb</sup>	17.2	323	57.4 <sup>bb</sup>	51.8±2.0	75.3 <sup>bb</sup>	17.6	330	59.1 <sup>a, b</sup>	52.4±1.8
無機	79.6 <sup>bb</sup>	17.7	304	57.1 <sup>bb</sup>	45.9±0.7	79.7 <sup>bb</sup>	18.1	261	60.7	46.5±1.7
総合	78.5 <sup>bb</sup>	17.9 <sup>b</sup>	310	57.3 <sup>bb</sup>	49.6±0.4	78.6 <sup>bb</sup>	18.2	289	59.4	45.1±2.0 <sup>a</sup>

注) 有意差は無施用に対してa: 5%・aa: 1%, 化学に対してb: 5%・bb: 1%

第12表 土壤管理の異なる圃場におけるリン酸加里施肥が収穫物の養分含有率に及ぼす影響

試験区	窒素				リン				カリ			
	籾		わら		籾		わら		籾		わら	
	無施肥	施肥	無施肥	施肥	無施肥	施肥	無施肥	施肥	無施肥	施肥	無施肥	施肥
化学	1.01	0.98	0.76	0.65	0.31	0.56	0.22	0.37	0.27	0.52	1.97	2.04
有機	1.09	1.06	0.66	0.75	0.43	0.54	0.27	0.33	0.44	0.32	2.05	1.98
無機	1.07	1.14	0.76	0.59	0.49	0.55	0.14	0.22	0.49	0.32	1.91	1.73
総合	1.17	1.51	0.54	0.62	0.48	0.75	0.15	0.24	0.37	0.44	1.87	1.77
平均	1.09	1.17	0.68	0.65	0.43	0.60	0.20	0.29	0.39	0.40	1.95	1.88

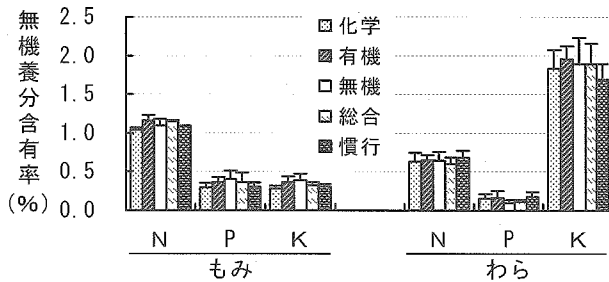
第13表 ほ場への窒素投入量

年次	箱内施肥量 (g/箱)	10 a 当たり箱数	窒素投入量 (kg/10a)
1998	625	20.0	5.00
1999	750	17.3	5.19
2000	750	16.1	4.84
平均	—	17.8	5.01±0.18

第14表 異なる土壤管理ほ場での育苗箱内施肥が水稻の生育・収量に及ぼす影響

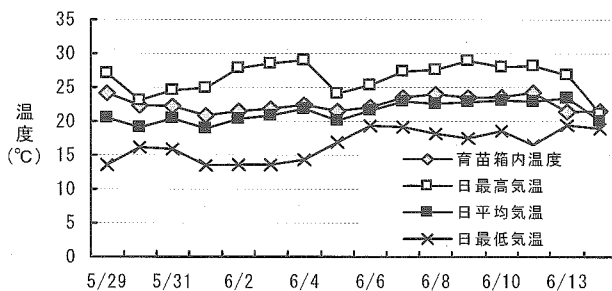
試験区	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	精玄米重 (kg/a)	同左比 (対慣行)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	1穂籾数	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
化学	418	50.8±5.8	89	360.6	77.3	88.3	23.1
有機	487	59.2±6.4	103	372.4	81.8	87.8	22.7
無機	456	52.0±8.8	91	380.3	86.9	87.8	22.6
総合	441	55.2±7.9	96	399.6	83.5	85.3	22.7
慣行	483	57.3±3.8	100	414.3	81.4	80.0	21.8

注) 1998~2000年, 土壤管理は表4に準ずる. N5.0kg/10a・リン酸・加里無施肥. 慣行: 基肥全量施肥 (N・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>・K<sub>2</sub>O=各8kg/10a, 水稻単作), 茎数: 最高分け時期, 5月下旬のアンモニア態窒素: 化学区23mg, 有機区20mg, 無機区15mg, 総合区20mg/kg



第2図 土壤管理法の異なる春どりキャベツ栽培跡地における育苗箱内全量施肥が水稻の養分含有率に及ぼす影響

注) 1998~2000年, 「キヌヒカリ」, N5.01±0.18kg/10a (LPS100). 処理区は表4に準ずる. リン酸・加里無施肥. 慣行: 基肥全量施肥 (N・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>・K<sub>2</sub>O=各8kg/10a, 水稻単作)



第3図 育苗箱内温度と気温の推移

第15表 平均地温積算値と窒素溶出率の関係

月日	平均地温積算値 (°C)	LPS100	LPNK ロング 301
5月25日	0	0.0	0.0
6月14日	478	2.2	2.1
6月22日	664	1.5	4.3
6月29日	859	7.1	9.0
7月16日	1,351	67.4	67.9
7月25日	1,605	89.9	85.4
8月2日	1,832	97.3	85.2
8月8日	2,005	97.1	93.2
8月15日	2,198	98.0	95.4
8月27日	2,509	97.9	96.7
9月11日	2,866	98.5	97.1
9月25日	3,170	99.3	96.3

注) 2001年, 出穂期: 8月11日, 中干し: 7月16日~7月20日, 地表面下約5cm

第16表 水稻栽培前の有効態リン酸・交換性加里含有量

		1998年	1999年	2000年	2001年	2002年
リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	化学	40	46	35	30	42
	有機	40	67	48	44	73
	無機	193	241	160	144	145
	総合	133	159	97	92	113
加里 (K <sub>2</sub> O)	化学	23	20	25	29	18
	有機	27	39	40	43	36
	無機	22	40	30	32	18
	総合	30	22	41	39	35

注) 単位: mg/100g

## 考 察

育苗箱内全量施肥は佐藤ら(1991)によって始めて報告されたものであるが、その報告は培土全体に肥料を混和する方式であり、池田ら(1995)、熊谷ら(1999)は育苗箱内への層状施肥について検討しており、本研究では播種機を利用することができる層状施肥(種子下部への中層施肥)で適応性について検討を行った。なお、これらの報告は育苗時の気温の低い地域、作型での報告が多く、育苗箱内全量施肥では本田へのリン酸、加里の施肥が必要とされていることから、普通期栽培の温暖地2毛作における適応性について検討した。

育苗箱内への施肥により慣行苗に比べて苗丈、葉令、乾物重、葉色が大きくなったことから、被覆肥料の窒素成分が溶出していると考えられ、苗の窒素含有率は4~5%と非常に高い。池田ら(1995)は育苗期間中に0.9~1.6%の溶出が認められているとしているが、本研究ではLPS100が2.2%の溶出と高くなった。これは池田らの報告が温暖地の早期から早植栽培(4月~5月中旬移植)での検討であるのに対し、本研究が普通期栽培(6月中旬移植)での検討であり、育苗時の気温が溶出量の増加につながったと考えられる。このことを本研究の箱内施肥量との関係に当てはめると、現物1000gの施肥で約8.8gの窒素溶出があると推測され、慣行の窒素施肥量(0.8g/箱)を大幅に上回る。本研究では1250g施肥で乾物重が低下しておりマット形勢が不良であったことから、窒素過多による生育抑制が生じていると考えられ、被覆尿素化成の投入量は1000g上限として施肥することが望ましいと考えられた。また、培土を増量した1000g施肥では乾物重が増加し苗質が向上しているため出来る限り多くの培土を使用することが望ましいであろう。

苗のその他養分含有率については、リン含有率は施肥量に関係なく慣行苗より低く、カリは施肥量の増加とともに減少、Ca、Mgは施肥により含有率は高まるが、施肥量の増加に伴い含有率が低下する傾向にあることから、窒素過多による吸収抑制又は窒素以外の成分が不足していると推察されることから、養分含有率からみた良苗生産には、育苗期の溶出が更に少ない育苗箱内全量施肥資材や窒素量の少ない培養土の開発が望まれる。

育苗時の障害に関して本田ら(1999)は、育苗箱内全量施肥時の苗白化症について、温度変動の大きい5月播きで緑化期間の短い場合に発生多く、肥料の洗浄により減少するとしているが、白化症苗も通常苗の本田生育に差は認められないとしている。なお、本研究では育苗器よりの出庫後に温度変動が大きくなったが、白化症苗の発生は、1作(育苗箱30枚)当たり数本程度であり、慣行栽培と同程度であった。また、本試験では見られなかったものの、出芽不良に関して北野ら(1999)は、覆土への水上がり不良による種子の給水不足等が原因で、覆土後の灌水が有効であるとしている。

本田の生育は育苗箱内全量施肥により出穂期が2~3日前進する効果が認められ、育苗での苗令進展と被覆尿素肥料の施肥位置が株元であるため、移植後の活着と生育が良好に進むのではないかと推察される。



育苗箱内全量施肥の本田における生育については、基肥全量施肥栽培 (N:8.0kg/10a) と比較すると初期の生育は旺盛であり、1000g (N:7.3kg/10a) 以上の施肥で穂数は多くなった。草丈については7月19日以降、基肥全量施肥栽培が優れており、秋台風の影響により基肥全量施肥区は成熟期に全面倒伏となったが、基肥全量施肥栽培よりも窒素投入量の多い1250g施肥では倒伏程度が1.5であり倒伏が回避された。収量については1000g、1250g施肥で基肥全量施肥と同等以上の収量が得られたが、750g、500g施肥で基肥全量施肥の87%、76%となった。このことから、育苗箱内全量施肥栽培では基肥全量施肥栽培よりやや少ない窒素レベルで同程度の収量確保が可能であると考えられた。

育苗箱内に施肥した被覆肥料の本田における窒素溶出は、幼穂形成時期までに窒素全量の約80%が溶出し、出穂期にはほぼ全量の溶出が認められた。500g施肥では後半の窒素切れによる枯れ上がりにより収穫期は基肥全量施肥栽培よりも9日早まったこと、また1000g施肥以下では穂長が短い傾向にあったことから、生育中後期の窒素供給が重要であると考えられた。

秋田県からの報告(秋田県農業試験場, 1998)は、窒素施肥量が少なくなる育苗箱内全量施肥を継続するためには、稲わらの全量還元による地力窒素の維持等が重要であり、リン酸と加里の必要性については、有効態リン酸10mg/100g、交換性加里は置換容量の1%以上の確保が必要であるとしている。本県における土壌環境基礎調査、基準点調査の結果からみて、この様な状態を維持するためには、水稻一タマネギの2毛作では稲わらの全量還元が必要であり、水稻単作では稲わらの全量還元とリン酸の補給が必要である(林ら, 2001, 2002)。また、東ら(2005)は、牛糞オガクズ堆肥3t/10aの連用により可給態窒素が増加し水稻は増収するとしているが、玄米品質低下がみられることから育苗箱内施肥(N:5kg/10a)栽培では、可給態窒素の上限を9mg/100gとしている。

今回、試験初年目のタマネギ栽培跡におけるリン酸と加里の施肥試験では、加里施肥の効果は認められず、リン酸が40mg/100g程度の化学区と有機区で葉色が濃く推移し、茎数、わら重が増加し、リン含有率増加に伴うとされる施肥効果が認められた。しかし、2年目以降、春キャベツ栽培跡地土壌においてリン酸、加里無施肥栽培を行ったところ、各区とも被覆複合肥料を用いた全量基肥栽培の穂と茎葉のリンとカリの養分含有率に大きな差はなく、リン酸と加里の施肥の必要性は認められなかった。また、慣行栽培(基肥全量施肥)と同程度の収量を得るためには、有機区、総合区にみられるように牛糞オガクズ堆肥を施肥して地力を高める必要がある。水稻栽培前の土壌のリン酸、加里の含有量を第17表に示したが、交換性加里は牛糞オガクズ堆肥を施用する有機区と総合区で増加しており、有効態リン酸は各区ともほぼ同レベルを維持している。

これらのことから、春どりキャベツの施肥に加えて牛糞オガクズ堆肥を施用する本作付け体系(窒素単肥栽培)では、土壌中の可給態窒素、交換性加里が増加、有効態リン酸は試験当初の40mg/100g程度を維持し、茎葉中のリンとカリの養分含有率は同程度で、収量も高く維持されることから、水稻作で育苗箱内に全量の窒素施肥でリン酸と加里の無施肥栽培の継続が可能である。

## 摘 要

和歌山市近郊の水田は県内一の二毛作地域である。この地域では野菜、水稻の両作で3要素による施肥が行われ、リン酸や塩基の集積も認められる。野菜作での残存肥料の有効利用と水田での施肥作業の省力化を図るため、水稻作で育苗箱内全量基肥施肥を用いたリン酸、加里無施肥による栽培法について検討した。

1. 春どりキャベツ栽培跡土壌を用いた水稻の育苗箱内全量施肥(シグモイド型被覆尿素100日タイプ、窒素40%)では、キャベツ作付け前の牛糞オガクズ堆肥3t/10a施用により土壌中の可給態窒素と交換性カリが高まり、有効態リン酸が維持されることから、リン酸と加里の無施肥栽培が継続できる。
2. 育苗箱内全量施肥により育苗中の葉齢進展が慣行法より早いため、出穂期と成熟期が早まる。

3. 育苗箱内への資材施肥量は1000g程度を上限とし、出庫直後の温度管理に留意し、健苗育成のため培土量を増やす。

### 引用文献

- 秋田県農業試験場. 1998. 肥沃土の低い水田では育苗箱全量施肥方式だけでは水稻栽培を継続できない. 東北農業成果情報 13.
- 東卓也. 垣内仁. 林恭弘. 2005. 黄色土水田における牛糞オガクズ堆肥, 石灰窒素の連用が水稻, キャベツの生育と土壤理化学性に及ぼす影響. 和歌山農林水技セ研報 6. 45 ~ 56.
- 荒木雅登. 兼子明. 井上恵子. 末信真二. 1999. 暖地の普通期水稻における被覆尿素による育苗箱全量施肥の実用性. 福岡農試研報. 17-20.
- 池田彰弘・今井克彦・日置雅之. 1995. 愛知県における水稻の育苗箱基肥栽培の適応性. 愛知県農総試研報. 27. 77 - 84.
- 河瀬弘一・杉本充. 1999. コシヒカリの育苗箱全量施肥の施肥適量. 近畿中国研究成果情報.
- 北野順一・神田幸英・出岡裕哉. 1999. 水稻育苗箱全量施肥における出芽不良の発生要因の解明. 関東東海農業研究成果情報.
- 熊谷勝巳・今野陽一・黒田潤・上野正夫. 1999. 水稻の育苗箱全量施肥法. 山形農試研報 33. 29 - 43.
- 佐藤徳雄・渋谷暁一. 1991. 全量床土施肥による水稻の省力栽培について. 日本作物学会東北支部会報 34. 15 - 16.
- 地力増進基本指針. 1984. 農林水産省.
- 中島秀治. 2000. 水田における各種成分濃度の変動. 農業と化学. 5-12.
- 林恭弘・森下年起. 2001. 黄色土水田における稲わら, 珪カルと熔リンの連用が水稻, タマネギと土壤に及ぼす影響. 和歌山農林水技セ研報 2. 99 - 114.
- 林恭弘・森下年起. 2002. 黄色土水田における稲わら, ケイカルと熔リンの連用が土壤と水稻の生育に及ぼす影響. 和歌山農林水技セ研報 3. 57 - 66.
- 本田宗央. 高橋幸蔵. 1998. 水稻育苗箱施肥における苗白化症の発生要因の検討. 関東東海農業研究成果情報.
- 松永俊朗・塩崎尚郎. 硝酸態窒素を含む作物中の全窒素定量のための硫酸一過酸化水素分解法. 1989. 土肥誌 60 : 458 - 460.
- 和歌山県統計書. 農業センサス. 2000. 農林水産省統計情報部.
- 和歌山県土壤肥料対策指針. 2000. 和歌山県農林水産部.