

II 露地野菜のリン酸施肥量削減のための新しい施肥方法

1. セル内リン酸施肥によるキャベツのリン酸施肥量の削減

1) 背景

現在行われている肥料の施用方法は、畑全面に散布した後、耕うんによって土壌中に混合する全面全層施肥方法が一般的です。この方法は、畑全体に肥料を施用するため、作物へ確実に肥料を供給できるという利点があります。一方、畝間など作物が吸収しにくい部分にも肥料が施用されるため、作物に吸収されずに土壌中に残る肥料の割合が高く、無駄が多いという欠点があります。リン酸は肥料の3要素の一つで作物にとって重要な養分ですが、窒素やカリウムと比べて吸収効率が低く、施用した肥料の多くが作物に吸収されずに残ってしまいます。これは、リン酸が土壌中で作物に吸収されにくい形態になりやすいこと（不可給化）や、根の近くに存在しないと吸収されにくいからです。リン酸の吸収効率を高めることができれば、リン酸の施肥量を減らせるため、肥料コストの削減が期待できます。

ここでは、リン酸の吸収効率を向上させることができるセル内リン酸施肥という新しい施肥方法と、それを用いたキャベツ栽培方法について紹介します。

2) 技術の内容と特徴

(1) セル内施肥とは？

セル内施肥は、作物が必要とする肥料を全てセル育苗培土に施用する方法で、作物の根の近くに集中して肥料が施用されるため、肥料の利用効率がこれまでの施肥方法（全面全層施肥）よりも高くなります（図1）

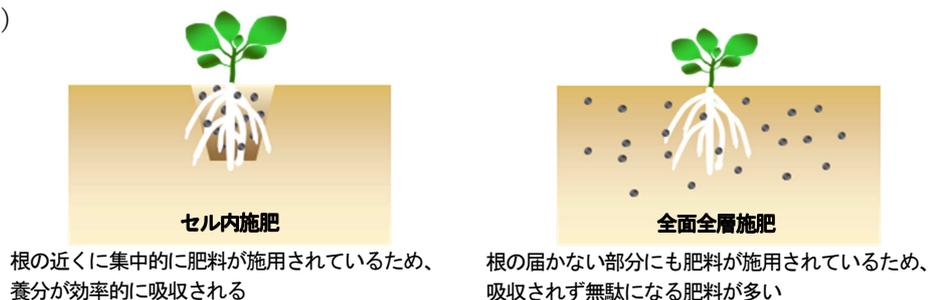


図1 セル内施肥方法と全面全層施肥方法の比較

(2) セル内リン酸施肥を用いたキャベツ施肥方法の概要

セル内リン酸施肥は、播種から収穫までにキャベツが必要とするリン酸をセル内施用する方法で、基本的に畑への施肥は窒素とカリウムのみを行い、リン酸は畑には施肥しません（図2）。セル内施肥により畑土壌との接触による不可給化が低減されると共に、作物の根の近くに集中してリン酸が施用されるため、リン酸が吸収されやすくなります。このため、リン酸肥料の利用効率が高くなり、施肥量の削減が可能となります。キャベツ栽培でセル内リン酸施肥を導入することにより、キャベツのリン酸利用率が向上し、収穫量は維持したままで、全面全層施肥と比べてリン酸施肥量を50%以上削減することが可能となり、肥料コストも3割以上削減できます。

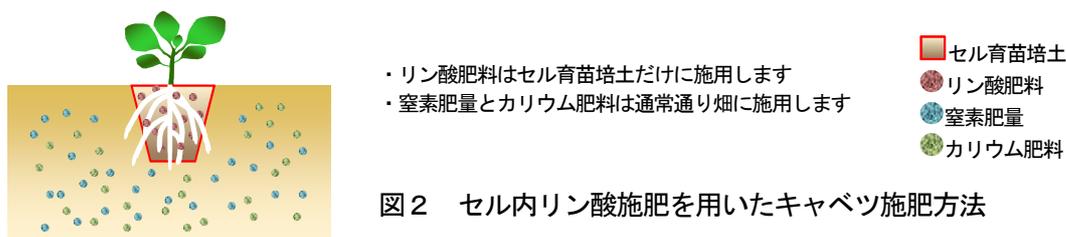


図2 セル内リン酸施肥を用いたキャベツ施肥方法

(3) リン酸セル内施肥に必要なもの

セルトレイ：128穴セルトレイを 사용합니다。

夏期に育苗する場合は白色のトレイが適しています。

育苗培土：キャベツ育苗に通常用いられる育苗専用培土（与作N8やナブラ養土等、ピートモスとバーミキュライトを主体とした育苗培土）を使用します。

セルトレイ1枚当たり約2L、10a当たり約74L（栽植密度4761株/10aの場合）必要です。

リン酸肥料：砂状熔リン（く溶性リン酸20.0%）、重過リン酸石灰（可溶性リン酸34.0%）を 사용합니다。

育苗培土に均一に混合するため、砂状や粒径の小さいものを使用します。

肥料混合機：使用する育苗培土量に応じた容量のものを準備します。育苗数が少ない場合は、コンテナやブルーシート上での混合も可能です。

窒素・カリウム肥料：圃場への施肥用としてNK化成などリン酸を含まないものを使用します。尿素、塩化カリウム等単肥の組み合わせでも可能です。



128穴セルトレイ



育苗培土

(4) リン酸セル内施肥の手順

(i) 育苗培土と肥料を混合する

以下の割合で育苗培土にリン酸肥料を加え、肥料混合機等を用いて均一になるようによく混合します。



下記量は、8kg/10aのリン酸施用量となります（慣行施肥量の約50%）。

	春まき夏どり			夏まき年内どり		
	育苗培土	熔リン	重過石	育苗培土	熔リン	重過石
セルトレイ 1枚分	2L	851g	215g	2L	1094g	72g
10a分 (37枚分)	74L	31.5kg	8.0kg	74L	40.5kg	2.7kg

(ii) 肥料を混合した育苗培土をセルトレイに充填する

(i) で調製した育苗培土を128穴セルトレイに充填し、十分に灌水します。

(iii) キャベツ種子を播種する

キャベツ種子を1粒ずつ播種し、育苗培土もしくは覆土用培土で覆土します。

(iv) 育苗管理

通常の育苗管理方法で温度管理、灌水等を行い、定植に適した大きさになるまで育苗します。

夏まき栽培では、高温による発芽・生育障害が発生しやすいため、寒冷紗等によって遮光し、育苗ハ

ウス内の気温を下げます。また、白色トレイを用いることで地温の上昇を抑制します。

肥料が添加されている育苗培土を使用する場合は、セル内施肥では通常と比べて1セル当たりの育苗培土量が少なくなるため、育苗後半に窒素が肥切れすることがあります。窒素が不足した場合、液肥で窒素を追肥します。



キャベツ苗



左：通常のセル苗
右：セル内施肥したセル苗



夏期の育苗
(寒冷紗による遮光処理)

(v) 定植・栽培

施肥基準量の窒素とカリウムを施肥(茨城県基準:各25kg/10a)した圃場にキャベツ苗を定植します。圃場にはリン酸肥料の施用は行いません。

(5) リン酸セル内施肥の効果

(i) キャベツ結球重に対するセル内施肥の効果

春まき初夏どり、夏まき冬どりとともに、標準P圃場、低P圃場においてセル内リン酸施肥を行った場合、リン酸施肥量を慣行施肥量の50%に削減しても、慣行施肥と同等の結球重が得られます(図3)。

(ii) 施肥リン酸利用率に対するセル内施肥の効果

リン酸肥料をセル内施肥することにより、肥料からのリン酸吸収効率が高まるため、施肥リン酸利用率が慣行の施肥方法と比べて向上します(図3)。

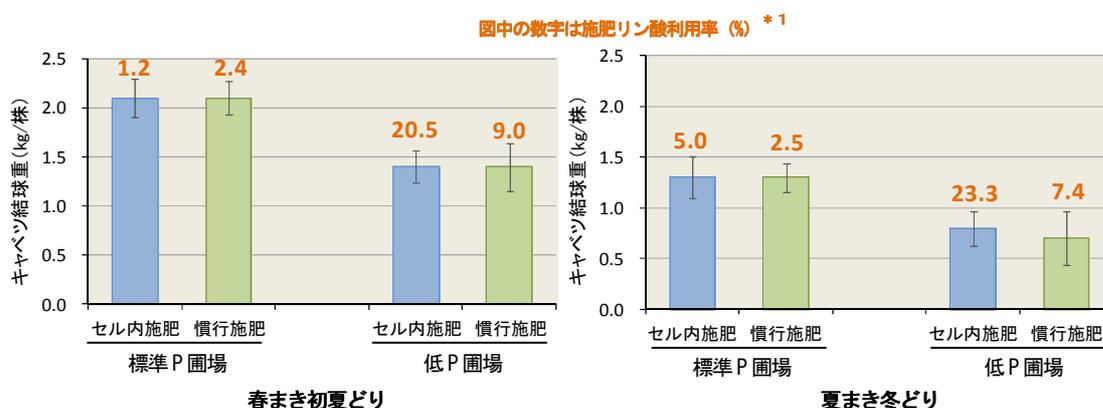


図3 キャベツ結球重と施肥リン酸利用率におけるセル内施肥方法と全面全量施肥方法の比較

*1 施肥リン酸利用率 (%) = (リン酸吸収量 - リン酸無施用区リン酸吸収量) ÷ リン酸施肥量 × 100

*2 有効態(トルオーグ)リン酸含量 (mg P₂O₅/100g 乾土)

春まき: 標準P圃場: 20 低P圃場: 2 夏まき: 標準P圃場: 10 低P圃場: 5

(iii) キャベツ苗に対するセル内施肥の影響

リン酸肥料をセル内施肥すると、慣行の方法と比べてキャベツ苗の生育は低下する傾向がありますが(図4)、定植後の生育には影響しません。

夏まき冬どり作では、高温対策が必要です。

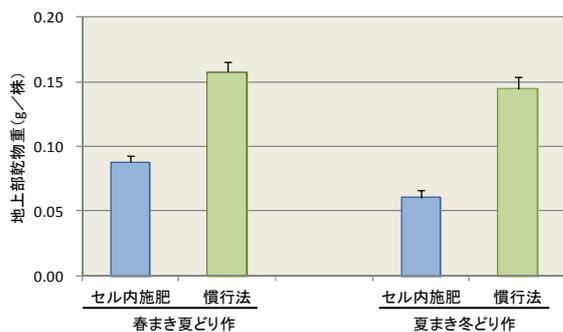


図4 キャベツ苗に対するセル内施肥の影響

(6) リン酸セル内施肥における注意点

- ・春まき初夏どり作では、慣行栽培法と比べて収穫までの栽培期間が長くなる場合があります。
- ・有効態リン酸含量が低い（トルオーグリン酸5mg/100g以下）圃場の場合、夏まき冬どり作では十分な収量が確保できない可能性があります。その場合は、9kg/10a程度圃場へリン酸肥料を施用するか、堆肥施用等により土壌のリン酸肥沃度の改善が必要です。

3) 技術導入にあたってのコスト評価

(円/10a)

セル内施肥		38,372		
内訳				
		熔リン	重過リン酸石灰	NK化成(16-0-16)
春まき		2,533 (32)	1,000 (8)	15,625 (156)
夏まき		3,257 (41)	333 (3)	15,625 (156)
慣行施肥		59,375		
内訳				
		化成(8-8-8)		
春まき		29,688 (313)		
夏まき		29,688 (313)		
差額	21,003	-35.4%		

注1 栽植密度4761株/10a

注2 ()内は施用量(kg/10a)

セル内施肥は、窒素とカリウムは慣行施肥と同様、1作当たり各25kg/10a施用しています。また、リン酸は熔リンと重過リン酸石灰の比率を春作7:3、秋作9:1とし、50%減肥（対慣行施肥比）しています。この場合、セル内施肥により10a当たり約21,000円の肥料代（慣行施肥の肥料代の約35%）を削減できます。上記に加え、肥料混合機を新規購入する場合：40,000～90,000円、新たにセル育苗を行う場合：7,400円（/10a）が初期投資として必要となります。

4) その他（参考資料等）

- ・菊地直、加藤直人、高橋茂、町田剛史（2013）：キャベツ栽培におけるセル内施肥によるリン酸減肥 第2報、日本土壌肥料学会講演要旨集、59、139
- ・小塚玲子、町田剛史、岩佐博邦、菊地直（2013）：セル内施用によるキャベツのリン酸減肥栽培技術 第3報 2年連用による影響、園芸学研究、12（別2）、168
- ・セル内リン酸施肥によるキャベツの減肥栽培技術：明日の農業のための技術シーズ集 2013年、

<http://www.s.affrc.go.jp/docs/project/genba/pdf/130115.pdf>

5) 担当者・問い合わせ先

研究担当者

(独) 農研機構 野菜茶業研究所
菊地直

(独) 農研機構 中央農業総合研究センター
加藤直人

千葉県農林総合研究センター

町田剛史、岩佐博邦、小塚玲子、永沢朋子、草川知行、吉田俊郎

問い合わせ先

(独) 農研機構 野菜茶業研究所 野菜生産技術研究領域
〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1 電話 029-838-8528

千葉県農林総合研究センター 東総野菜研究室

〒289-2714 千葉県旭市三川14886 電話 0479-57-4150

2. 定植前リン酸苗施用による野菜のリン酸施用量の削減

1) 背景

露地野菜栽培に対応した具体的なリン酸施肥低減技術の1つとして、定植前リン酸苗施用が挙げられます。渡邊ら（1997）によってキャベツのポット苗を対象に開発され、キャベツとスイートコーンのセル成型苗にも適用できることが示されました。さらに、水稻でも初期生育を促進することが認められましたが、その他の作目への適応性は検討されていません。また、限定された土壌条件における圃場試験のみの結果で、技術の効率化と適用条件の検討による実用化が求められています。

2) 技術の内容と特徴

(1) 定植前リン酸苗施用とは？

定植前にリン酸が不可給化されにくい培養土に、高濃度のリン酸カリ溶液を施用する方法です。それによって、作物によるリン酸の吸収を促進して初期生育を促進し、圃場へのリン酸施用量を削減できます（図1）。

(2) 定植前リン酸苗施用を用いた減肥方法の概要

リン酸は畑に直接施用すると土壌に吸着されて、植物に吸われにくくなってしまいます。育苗用土ではリン酸は不可給化されにくいので、定植前に高濃度のリン酸を施用すると植物に吸収されて体内のリン濃度が高まります。植物の生育にとって初期にリンが必要であることが知られており、これによって初期生育が顕著に促進されます。畑に施用するリン酸量を減らしても生育が促進されるので、収量を低下させることなく、減肥栽培が可能になります。

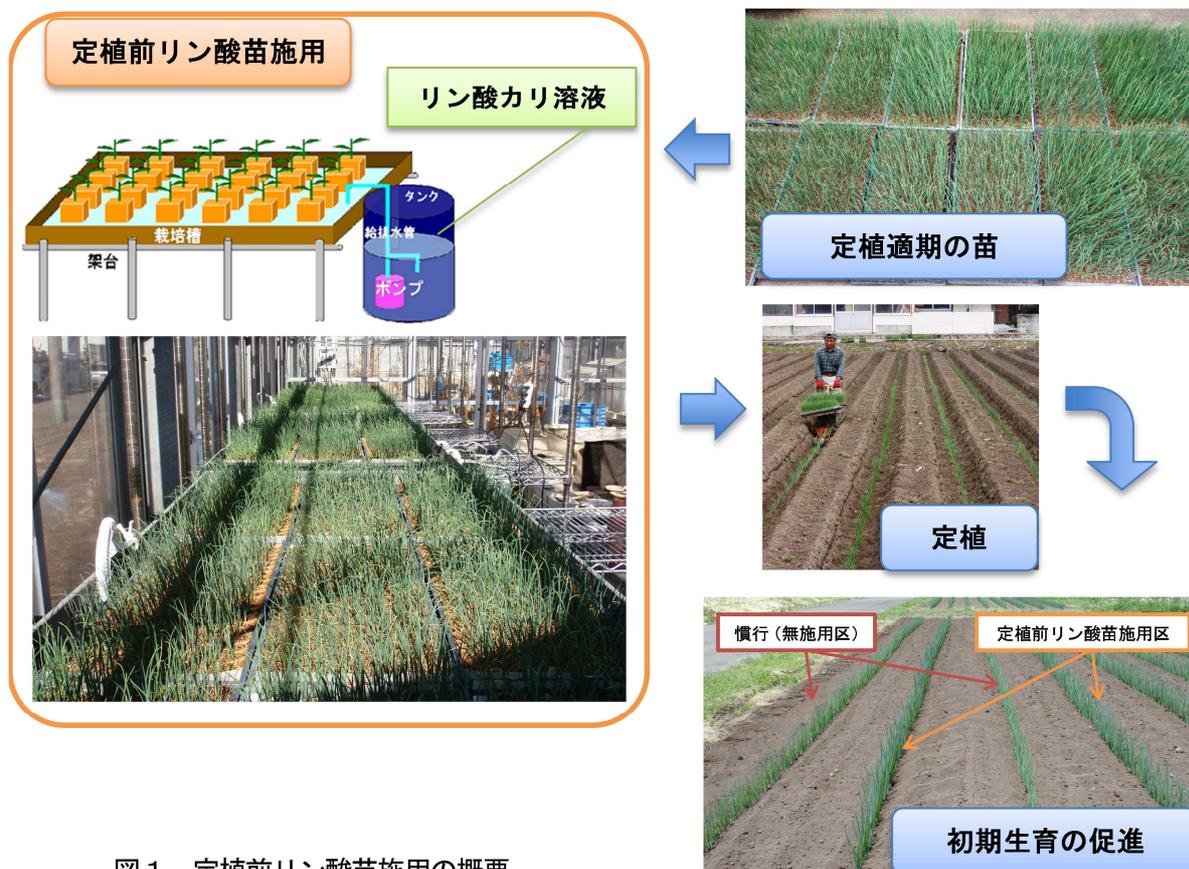


図1 定植前リン酸苗施用の概要

(3) 定植前リン酸苗施用に必要なもの

定植前リン酸苗施用用リン酸肥料：サンピプラス（大塚アグリテクノ、0-46-30-Mg0 1） 7kg/10a
大塚ハウス9号（大塚アグリテクノ、0-51-33） 6kg/10a

効果を確認した銘柄は、上記2種です。これら以外の銘柄も試してみましたが、中には効果のないもの、生育が阻害されてしまうものもありましたので、注意が必要です。

定植前リン酸苗施用の浸漬用資材：プラスチックトレイ（サンコーばんじゅう など）

底面給水装置（カネコ HIGH & LOW PONIC トレイなど）

プラスチックトレイは小規模の場合で、1トレイずつ浸漬します。底面給水装置は規模の大きい場合に適していて、自作も可能です。規模やマンパワーに応じて選択します。現地では、後述する方法でも行われています。

育苗資材：128穴セルトレイ（キャベツなど、夏は白、それ以外は黒） 50トレイ/10a

200穴セルトレイ（キャベツ、レタスなど、"） 30トレイ/10a

ペーパーポットNo.11（キャベツなど、水稻育苗箱が必要） 50冊/10a

チェーンポットCP303（ネギ、"） 80冊/10a

チェーンポットCP303-10（タマネギ、"） 140冊/10a

などを、品目や定植方法に応じて選択します。

育苗用土：タキイたねまき培土（キャベツなど、50L） 2袋/10a（128穴セルトレイの場合）

ニッテンネギ培土（30L） 16袋/10a（チェーンポットの場合）

げんきくんセル100（キャベツなど、26L） 3袋/10a（128穴セルトレイの場合）

上記の用土では、定植前リン酸苗施用の効果は確認済みです。現時点で、問題のある市販の用土は見つかっていません。

圃場施用肥料：NKエコロング203（ジェイカムアグリ、20-0-13）

エコロング250（ジェイカムアグリ、20-5-10）

などや、単肥を組み合わせて、各地域の品目ごとの施肥基準に基づいて準備します。

(4) 定植前リン酸苗施用の手順

(i) 通常で育苗し、定植間近になったら灌水を控えます。

育苗用土が乾いていた方が定植前リン酸苗施用によるリン酸の移行量が多く、苗のリン酸濃度が高まります。

(ii) P 0.5%にリン酸肥料を調製します。具体的な調製量は、以下の通りです。

サンピプラス 25g/L

大塚ハウス9号 22.5g/L

(iii) リン酸溶液にセルトレイや育苗箱ごと浸漬して、底面吸収させます。

以前はプラスチックトレイを使って1時間浸漬していましたが、大量に処理する場合には底面給水で短時間行っても効果は変わりません。また、現地では、軽トラックの荷台で処理している例もあります（図2）。この場合も、用土がリン酸溶液で湿ったことを確認できる程度に浸漬すれば、

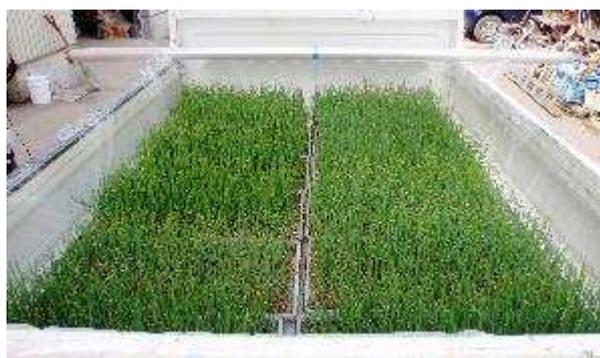


図2 現地での軽トラック利用

十分です。1トレイ当たり必要な液肥の量は、トレイの種類や用土の乾燥具合にもよりますが、2～3L程度です。

(iv) 通常通りに定植します。高温期には、十分に灌水します。

(5) 定植前リン酸苗施用による効果がみられる品目

定植前リン酸苗施用の効果が確認されていた品目は、スイートコーンとキャベツでしたが、新たにネギ、タマネギ、レタスでも有効であることを確認しました。特に、ネギでは、高い増収効果があります。

秋どりブロッコリーでは効果がなく、収量は低下しました(図3)。定植前リン酸苗施用によって浸透圧ストレスがかかりますので、品目によっては初期生育が阻害される可能性があります。

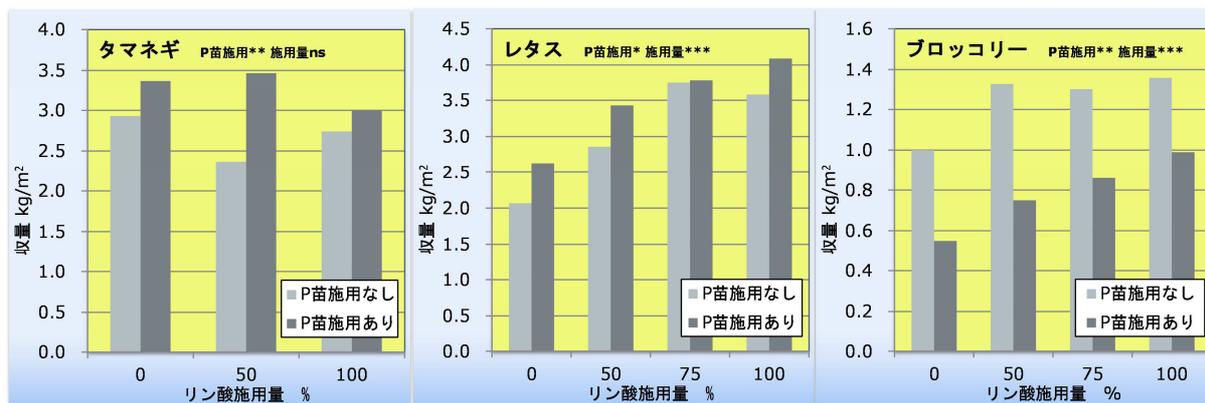


図3 タマネギ、レタス、ブロッコリーにおける定植前リン酸苗施用の影響
(慣行：P苗施用なし・リン酸施用量100%)

(6) ネギ栽培における定植前リン酸苗施用の利用

3月中旬播種、5月中旬定植、9～10月収穫の作型で、緩効性肥料を全量基肥で条施用した場合(試験を実施した福島県における施肥基準は、N 22.4g/m²、P₂O₅ 16.8g/m²、K₂O 22.4g/m²)、定植前リン酸苗施用によって、初期生育が顕著に促進されます。

収穫時までその効果が持続しており、収量が増加します。リン酸無施用でも、定植前リン酸苗施用を行うことによって、慣行並みの収量が得られます(図4)。3年間、同様の結果が得られており、50%以上のリン酸減肥が可能です。

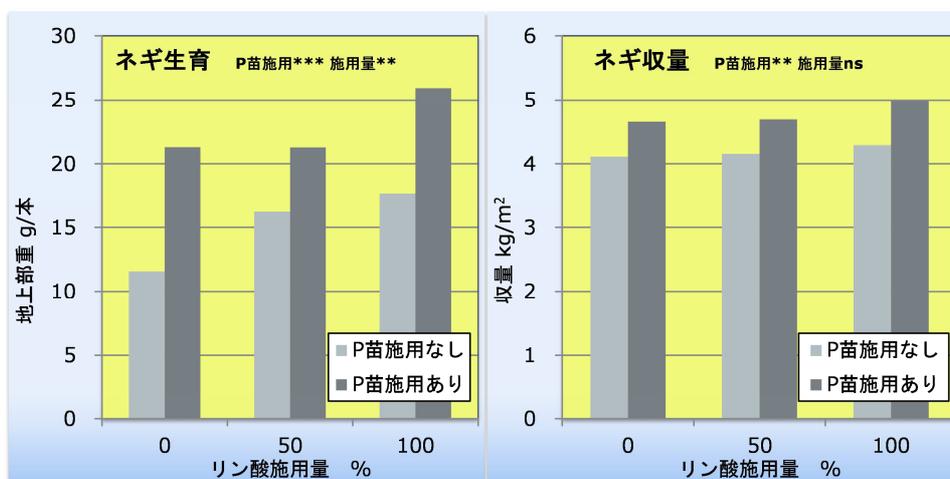


図4 定植前リン酸苗施用がネギの初期生育と収量に及ぼす影響
(慣行：P苗施用なし・リン酸施用量100%)

(7) ネギの作型とカリ減肥の影響

定植前リン酸苗施用の利用は、定植期が低温になる夏どりの作型でより効果的です。3～5月定植、7～9月どりの作型では、定植前リン酸苗施用によって有意に収量が増加しますが、6月定植、11月どりの作型では、やや効果が劣ります。

定植前リン酸苗施用を行うことによって、リン酸と同時にカリも50%程度削減しても、慣行に比べて収量が減少することはない、減肥可能です(図5)。

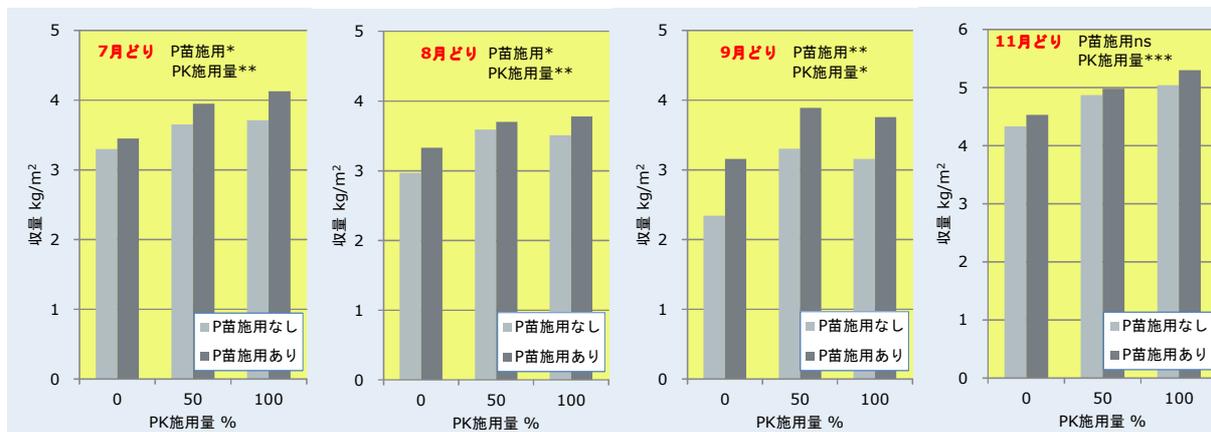


図5 ネギ栽培における定植前リン酸苗施用の効果に及ぼす作型とPK施用量の影響
(慣行：P苗施用なし・リン酸施用量100%)

(8) キャベツ栽培における定植前リン酸苗施用とうね内部分施用の併用

8月定植、11月収穫の作型で、うね内部分施用と定植前リン酸苗施用を組み合わせることによって、収量を落とすことなく、圃場へのリン酸施用量を1/3程度に削減することが可能です(図6)。

うね内部分施用には、エコうねまぜ君(井関USB21)を用いました。

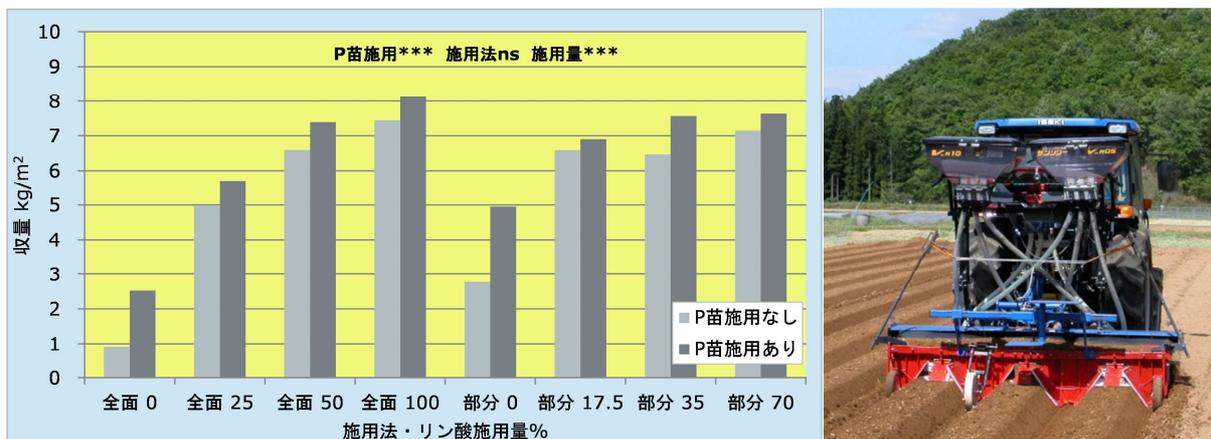


図6 キャベツの収量に及ぼすうね内部分施用と定植前リン酸苗施用の影響
(慣行：P苗施用なし・リン酸施用量全面100%)

(9) 圃場の土壌タイプと有効態リン酸濃度の影響

キャベツの定植前リン酸苗施用による増収効果は、圃場の有効態(トルオーグ)リン酸濃度10mg/100g以上ではほぼみられません。有効態リン酸濃度の適正範囲が20～50mg/100g程度とされていますから、かなり限定された低リン酸圃場にしか適用できないことになります。

ネギでは、有効態リン酸濃度が高い(110mg/100g)圃場でも増収効果がみられ、広い範囲に適用可能です(表1)。

表1 定植前リン酸苗施用のネギとキャベツへの適用性の違い

品目	作型	土壌タイプ	有効態リン酸 mg/100g	定植前リン酸苗施用による増収効果
 ネギ	夏	腐植質黒ボク土	19	▲ 有意に増収
	秋	腐植質黒ボク土	27	▲ 増収傾向
	秋	淡色黒ボク土	8	▲ 有意に増収
	夏	淡色黒ボク土	16	▲ 有意に増収
	秋	淡色黒ボク土	16	▶ 施用なしと同等
	秋	灰色低地土	18	▲ 有意に増収
	夏	灰色低地土	30	▲ 有意に増収
	夏	灰色低地土	30	▲ 有意に増収
	夏	褐色低地土	110	▲ 有意に増収
 キャベツ	秋	灰色低地土	16	▲ 増収傾向
	秋	灰色低地土	15	▶ 施用なしと同等
	秋	灰色低地土	42	▶ 施用なしと同等
	秋	褐色低地土	9	▶ 施用なしと同等
	秋	褐色森林土	3	▲ 有意に増収
	秋	褐色森林土	48	▶ 施用なしと同等
	秋	黒ボク土	8	▲ 有意に増収
	春	黒ボク土	98	▶ 施用なしと同等
	秋	黒ボク土	98	▶ 施用なしと同等
	春	淡色黒ボク土	8	▶ 施用なしと同等
	秋	淡色黒ボク土	8	▲ 有意に増収
	秋	淡色黒ボク土	8	▲ 有意に増収

太字は現地試験

3) 技術導入にあたってのコスト評価

底面給水装置などを導入すれば別ですが、定植前リン酸苗施用を行うために別途必要になるのは、定植前リン酸苗施用のための肥料だけです。「サンピプラス」であれば、7kg/10a 必要になります。

苗施用の溶液を調製して、苗を浸漬する労力が余分にかかります。10a 当たり 1.5～3 時間ほど労働時間が増加します。

収量が増加するため収入が増加し、圃場へのリン酸肥料を削減すれば、肥料費が節減されます。

表2に、2カ所の現地実証試験の試算例を示しました。いずれも増収効果が大きく、量だけでなく、L規格の割合が増加するという質的なメリットもありました。10a 当たり約 12～17 万円の所得増となっており、底面給水装置などの付帯施設を整備しても、その分を十分補填できます。

表2 定植前リン酸苗施用導入効果の試算例

	山形県河北町	福島県いわき市	備考
	9月どり	8月どり	
収入	182,000 ↑	125,000 ↑	平年のネギ卸売価格×増収分
人件費	6,000 ↑	3,000 ↑	時間単価 @2,000×労働時間増
支出			
定植前施用肥料	8,400 ↑	8,400 ↑	サンピプラス @1,200×7kg
圃場施用肥料	→	6,000 ↓	過リン酸石灰 @1,500×4袋
差し引き	167,600 ↑	119,600 ↑	

4) その他（参考資料等）

- ・渡邊和洋・森谷茂・渡邊好昭・藤井國博. 1997. 定植前重点施用によるリン酸施肥量の削減. 土肥誌. 68:622-628.
- ・定植前リン酸苗施用による野菜のリン酸減肥栽培
http://www.s.affrc.go.jp/docs/project/genba/pdf/120111_22201.pdf
- ・村山徹・宮沢佳恵、2013. 定植前リン酸苗施用によるネギの生育促進. 土肥誌、84:455-461.

5) 担当者・問い合わせ先

研究担当者

(独) 農研機構 東北農業研究センター
村山 徹・宮沢佳恵

福島県農業総合センター

根本知明・佐藤睦人・小野勇治・武田容枝・三浦吉則

問い合わせ先

(独) 農研機構 東北農業研究センター 業務第1科
〒020-0198 岩手県盛岡市下厨川字赤平4 電話 019-643-3433 (代表)

福島県農業総合センター 生産環境部 環境・作物栄養科

〒963-0531 福島県郡山市日和田町高倉字下中道116 電話 024-958-1700 (代表)

3. うね内複合施肥によるキャベツの施肥量の削減

1) 背景

キャベツ・ハクサイなど土地利用型の大規模露地野菜生産においては、移植前に肥料を圃場全面に散布し、土壌と攪拌・混和する「全面全層施用法」で施用されています。しかし、地上部の広がり大きい露地野菜では、土地全体を使って面的に栽培している一般畑作物と異なり、点的に栽培していると考えられ、このため、面的に施用された肥料をすべて利用しているのではなく、うね間等利用しにくい部分に施用された肥料は圃場内に蓄積したり、降雨などにより圃場外に流出したりして、近隣水域環境等周囲環境に影響を与える危険性があります。また、最近の高肥料価格により生産コストが増加し、露地野菜生産者の経営を圧迫しており、生産量と品質を確保しつつ無駄に施用されている肥料を大幅に減らす効率的施用技術の開発が求められています。

そこで、露地野菜作において肥料の効率的施用技術として線状に施用する「うね内部分施用法」と、さらに点状に施用範囲を限定して施用する「スポット施用法」を開発するとともに、これらの施用法を組み合わせた複合的施用技術による肥料施肥量削減技術を開発しました。

2) 技術の内容と特徴

(1) 効率的施用法の開発

(i) うね内部分施用法

「うね内部分施用法」は、現在、一般的に露地野菜作で行われている「全面全層施用法」（図1左参照）と異なり、うね中央部分の苗を定植する部分にのみ線状に土壌と混和させて施用する方法です（図1右参照）。

「うね内部分施用機」というトラクタ装着型の専用作業機で行います。この機械のロータリー軸には、一つのうねあたり2枚のディスクがうねの中心を境に同距離になるように取り付けられているのが特徴です（図2）。

ホoppaから繰り出された肥料は、2枚のディスク間の前方に散布され、2枚のディスクとその間の耕うん爪により横方向に逃げることなく土壌と攪拌・混和され、その後成形板でうね立て成形されます。これによって、施用する資材はうねの中央部の設定範囲内に帯状に土壌と混合して施用されます（図3）。この方法では、移植苗の根の周辺に肥料が存在するため、定植直後の根はすぐにその肥料を吸収することができ、初期生育が良好であるとともに、施肥量を削減しても慣行施用法と同等以上の収穫量が得られることが明らかになっています。

なお、「うね内部分施用機」は、経営規模や栽培作物、うね形状に応じて、4条用、3条用、2条用、平うね用の4種類の機械が市販されています（図4）。

「うね内部分施用技術」については、北海道から沖縄まで全国21道県で、キャベツ、ハクサイ、レタス、ブロッコリー、カリフラワー、ダイコン、ニンジン、ヤマトイモ、加工トマト、ナス、エダマメ等

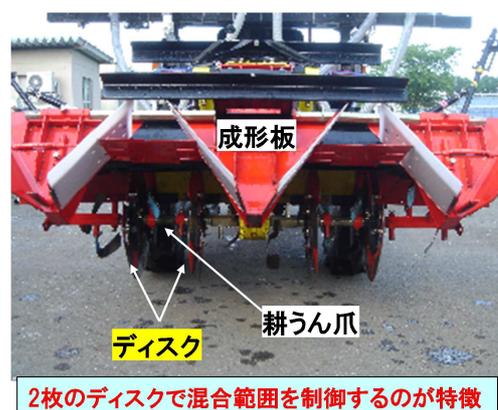
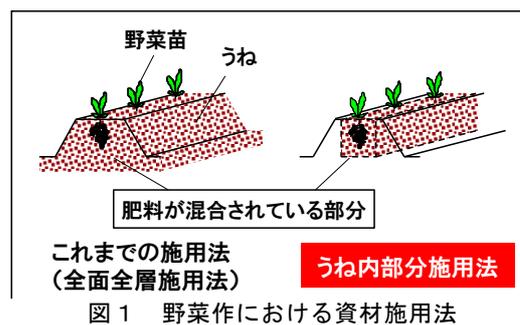


図2 うね内部分施用機の部分施用部

多くの種類の露地野菜で現地生産者、道県やJ Aの普及関係者の協力を得て技術展示や施肥量削減実証試験を実施し、窒素、リン酸、カリの施肥量を30~50%削減しても慣行施用法と同等以上の収穫量が得られることが明らかになりました。

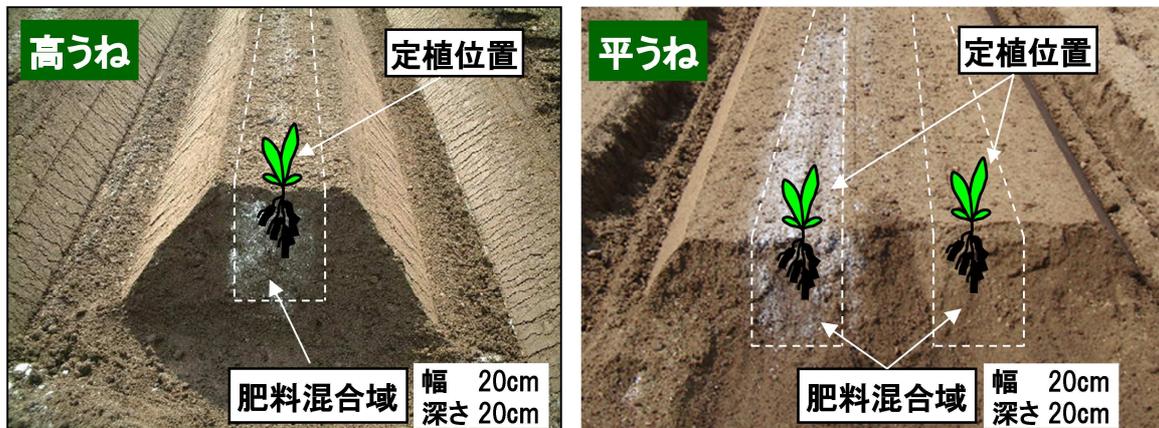


図3 うね内部分施用法による資材混合状況と施用範囲

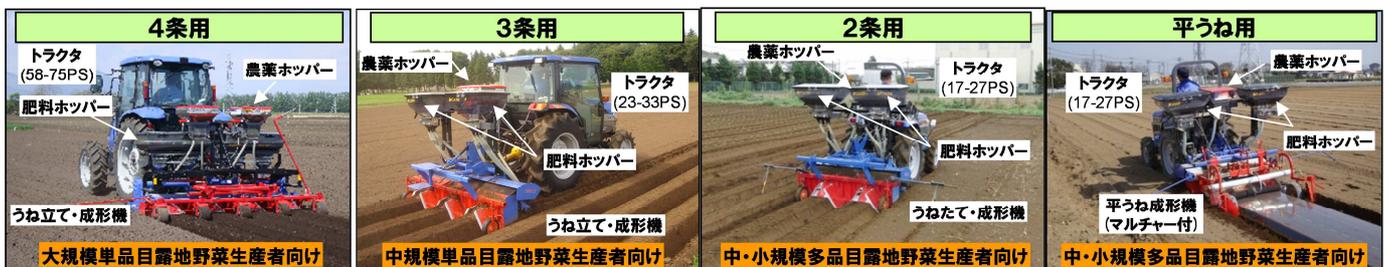


図4 「うね内部分施用法」を実現する「うね内部分施用機」(市販機)

(ii) スポット施用法

「スポット施用法」は、肥料を移植する野菜苗の根の近傍にのみ点的に施用する方法です。

この方法は移植苗の根の位置との位置関係が重要であることから、移植と同時に液肥をスポット的に施用する「スポット施用同時移植機」(開発機)という専用の作業機で行います。キャベツ等露地野菜を移植する際に、移植するセル苗の下0~10cm、側方0~10cm、前後0~5cmの位置に液体肥料を60mlまでスポット的に施用できます(図5)。

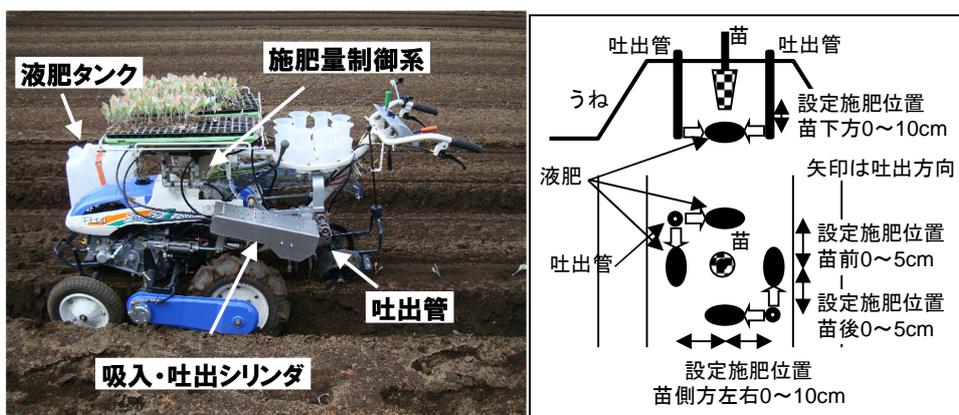


図5 「スポット施用同時移植機」と施肥位置

本方法では肥料を点的に施用できるため施肥施用量を大幅に削減できることが可能となる特徴があります。しかし、根の近傍に直接施肥するので、肥料による接触障害を防ぐために根から一定の距離において施肥する必要があります、そのため、地力の低い土壌では初期生育の遅れや生育ムラを生じやすい欠点があります。

そこで、その影響が少なくなると想定できるマルチを敷設した平うねにスポット施用同時移植機でキャベツおよびレタスを移植しながら有機液状肥料（12-5-5）を苗の下方に施肥した場合、施用量を30および50%削減しても慣行と同等の生育・収量が得られ、マルチ作であればスポット施用により肥料施用量を50%程度まで削減が可能であることが明らかになりました（図6）。

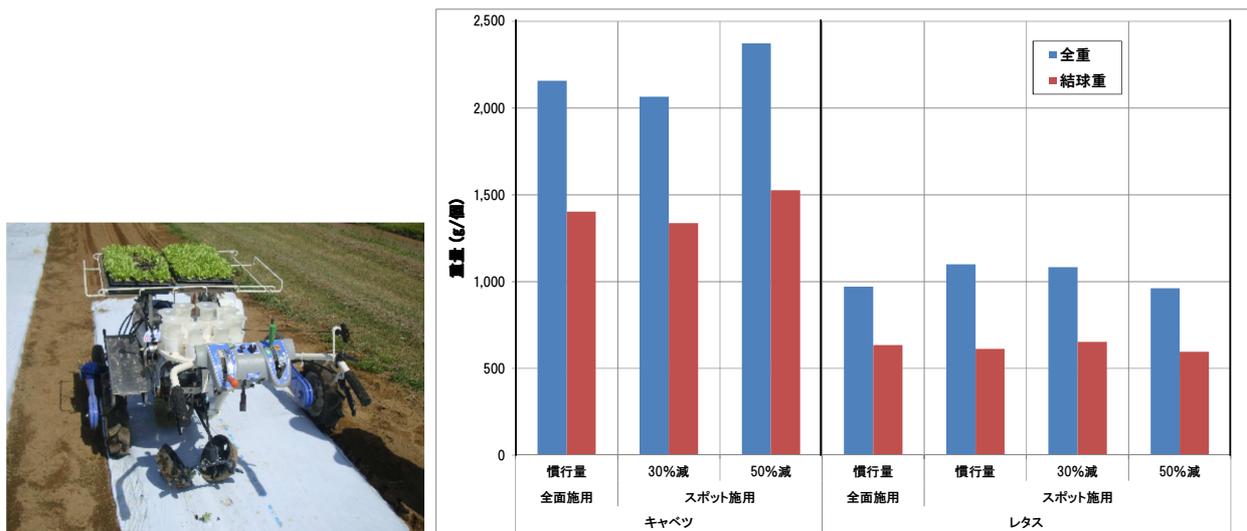


図6 スポット施用による肥料施用量が秋冬キャベツ・レタスの収量に及ぼす影響（茨城農総七園研圃場）

耕種概要：

- ①キャベツ：品種「初恋」は種 8/9、基肥 9/5、定植 9/13、収穫 11/19 栽植密度：うね間 60cm × 株間 39cm 慣行施肥量 (kg/10a) : N-P₂O₅-K₂O=25-10-10
- ②レタス：品種「パドヴァット」は種 8/17、基肥 9/5、定植 9/13、収穫 11/2 栽植密度：うね間 30cm × 株間 31cm 慣行施肥量 (kg/10a) : N-P₂O₅-K₂O=10-4-4

(2) スポット施用によるリン酸施用量削減効果

リン酸肥沃度の異なる土壌での秋冬キャベツ作において、全面全層及びスポットにリン酸（全面全層区：0-35-0、スポット区：0-10-5）を施用し、圃場のリン酸含量及びスポット施用によるリン酸施用量削減効果を調査した結果、低リン酸土壌（有効態リン酸：5mg/100g）においては、リン酸を全面全層に施用する場合、施用量の低下に伴い結球重も低下しましたが、スポット施用ではリン酸を30～50%削減しても慣行と同等の結球重が得られ、スポット施用によりリン酸施用量を50%程度まで削減が可能であることが明らかになりました。一方、中（有効態リン酸：47mg/100g）・高リン酸土壌（有効態リン酸：117mg/100g）では施用法にかかわらずリン酸を減肥しても収量に及ぼす影響はなく、リン酸の減肥は可能であることが明らかになりました（図7）。

本プロジェクト期間中3年間のデータをまとめると、有効態リン酸が10mg/100g以下ではスポット施用でリン酸を30～50%削減しても慣行とほぼ同等の結球重が得られ、スポット施用によりリン酸施用量を50%程度まで削減が可能であるが、有効態リン酸が10mg/100g以上では施用法にかかわらずリン酸を減肥しても収量に及ぼす影響はなく、リン酸の減肥は可能であることが明らかになりました。

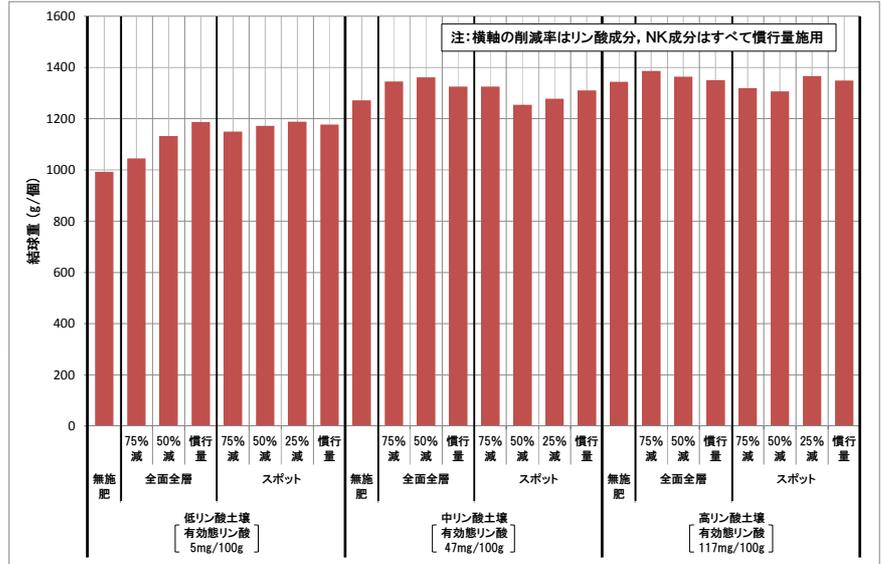


図7 スポット施用によるリン酸施肥量が秋冬キャベツの収量に及ぼす影響 (茨城農総セ園研圃場)

耕種概要:

品種「初恋」は種 8/9、基肥 9/2、定植 9/6、追肥 10/15、収穫 11/11-12 栽植密度:条間 60cm×株間 39cm 慣行施肥量(kg/10a):N-P₂O₅-K₂O=25-25-25

(3) 「うね内部分施用法」と「スポット施用法」を組み合わせた複合施用による施肥量削減効果

「スポット施用法」によりリン酸施肥量を50%程度まで削減が可能であることが明らかになりましたが、窒素とカリを全面全層に施用しては全体として施肥量を削減できません。そこで、茨城農総セ園研圃場および農家圃場において、窒素とカリを「うね内部分施用法」により部分的に施用し、リン酸をスポットに施用する複合施用により、窒素、カリの基肥量を50%、リン酸の総施肥量を30~50%減肥することが可能であることが確認できました(図8)。

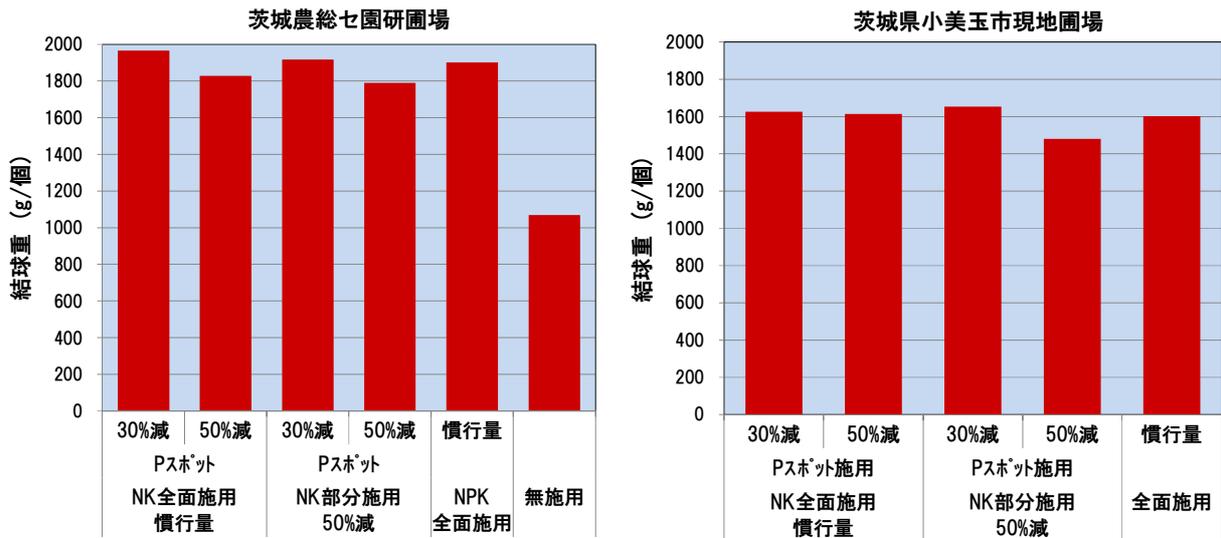


図8 秋冬キャベツ栽培においてNPK複合施用が結球重に及ぼす影響

耕種概要:

品種「あさしお」基肥・定植 8/26、追肥 9/30、収穫 11/30 うね間 60cm×株間 45cm 栽植密度:うね間 60cm×株間 39cm 慣行施肥量(kg/10a):N-P₂O₅-K₂O=25-25-25 有効態リン酸:茨城農総セ園場 2.6mg/100g、現地圃場 13.6mg/100g

3) 技術導入にあたってのコスト評価

(1) 「うね内部分施用法」による施肥量削減時のコスト評価

高度化成肥料（15-15-15）を用いて、「うね内部分施用法」で肥料施用量を削減した場合（図9）、30%削減の場合には約7,500円/10a、50%削減の場合には約12,500円/10aの肥料コストを削減できます。技術導入費として、約100万円の「うね内部分施用機」を購入し、5年間で購入費を償却すると仮定した場合、30%削減の場合、2.7ha、50%削減の場合、1.6ha以上の栽培面積があればプラスになると判断できます。

(2) 「スポット施用法」による施肥量削減時のコスト評価

有機液肥（12-5-5）を用いて、「スポット施肥法」で液肥施用量を削減した場合（図9）、30%削減の場合には約9,300円/10a、50%削減の場合には約15,500円/10aの肥料コストを削減できます。技術導入費として、約50万円の「スポット施肥同時移植機」を購入し、5年間で購入費を償却すると仮定した場合、30%削減の場合、1.1ha、50%削減の場合、60a以上の栽培面積があればプラスになると判断できます。

化成肥料を全面に施用した場合、化成肥料を「うね内部分施用機」で30%削減してうね内部分施用した場合、液肥を「スポット施肥同時移植機」で50%削減してスポット施用した場合で10a当たりの肥料代を比較すると、それぞれ24,950円、17,465円、15,521円となり、「スポット施用法」で施用量を50%削減できれば肥料コストを一番削減できることが明らかとなりました。

(3) 「うね内部分施用法」と「スポット施用法」の複合施用による施肥量削減時のコスト評価

「うね内部分施用法」により、窒素（硫安）、カリ（硫酸カリ）を50%、「スポット施肥法」でリン酸（リン酸液肥）を30%削減した場合、窒素分約3,400円/10a、カリ分約1,860円、リン酸分約10,900円/10a、合計約16,150円/10aの肥料コストを削減できます。技術導入費として、約100万円の「うね内部分施用機」と約50万円の「スポット施肥同時移植機」を購入し、5年間で購入費を償却すると仮定した場合、1.8ha以上の栽培面積があればプラスになると判断できます。しかし、現在リン酸液肥の価格が高価であるために、10a当たりの肥料代は高額となり、今後、「うね内複合施用技術」が普及するためにはリン酸液肥が低価格になることが必要であると考えられます。

	高度化成肥料 (15-15-15)	液体有機肥料 (12-5-5)	硫安 (21-0-0)	硫酸カリ (0-0-50)	リン酸液肥 (0-10-5)
肥料価格 (円/20kg)	2,988円	2,980円	1,147円	2,980円	2,900円
慣行施用量 (kg/10a)	167kg/10a	208kg/10a	119kg/10a	25kg/10a	250kg/10a
慣行量施用時 肥料代 (円/10a)	24,950円	31,042円	6,827円	3,725円	36,250円
削減量想定時 肥料代 (円/10a) (内は削減価格)	うね内部分施肥 で30%削減時 17,465円 (△7,485円)	スポット施肥で 30%削減時 21,730円 (△9,312円)	うね内部分施肥で50%削減時		スポット施肥で 30%削減時
			3,414円 (△3,414円)	1,862円 (△1,862円)	25,375円 (△10,875円)
	30,651円(△16,151円)				
	うね内部分施肥 で50%削減時 12,475円 (△12,475円)	スポット施肥で 50%削減時 15,521円 (△15,521円)	うね内部分施肥で50%削減時		スポット施肥で 50%削減時
3,414円 (△3,414円)			1,862円 (△1,862円)	18,125円 (△18,125円)	
23,401円(△23,401円)					

図9 開発技術による施肥量削減時のコスト評価

注1：肥料価格は2013年4月全国平均価格（農林水産省農村物価統計調査より）

注2：肥料施用量は25kgN/10aとして計算

4) その他 (参考資料等)

- ・うね内部分施用技術マニュアル (中央農研)

5) 担当者・問い合わせ先

研究担当者

(独) 農研機構 中央農業総合研究センター
屋代幹雄

茨城県農業総合センター
飯村 強・小田部 裕

問い合わせ先

(独) 農研機構 中央農業総合研究センター 作業技術研究領域
〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1 電話 029-838-8481(代表)

茨城県農業総合センター 園芸研究所 土壌肥料研究室
〒319-0292 茨城県笠間市安居3165-1 電話 0299-45-8340 (代表)

4. まとめ

本プロジェクトで開発した3つの施肥技術はいずれも、作物の収量を減らすことなく、リン酸施肥量を慣行施肥量の50%にまで減らすことが可能でした。しかし、国内には多くの野菜産地があり、それぞれ、栽培している野菜の種類や作型、土壌の性質、肥培管理の方法などが異なると考えられ、リン酸施肥量を削減するための方法も同一とは限りません。

下の表は、3つの施肥方法の開発にあたって実施された圃場での栽培試験の、各種条件と結果をまとめたものです。栽培試験を実施した時の、作物の種類と作型、土壌の種類と有効態リン酸含量、慣行施肥量に対する減肥率と、収量を慣行施肥と比較した時の結果を示しています。それぞれの施肥法が、どのような栽培条件でリン酸施肥量を削減することができたかが、わかっていただけだと思います。

この表に示した適用条件は、あくまでも技術開発にあたって検討された条件です。いくつかの条件が合致していれば、リン酸施肥量を必ず削減できるというわけではありません。また逆に、いくつかの条件が違うからといって、その技術を導入してもリン酸施肥量を減らすことができないというわけでもありません。それぞれの施肥技術の適用条件を十分理解し、それぞれの野菜産地に適した技術を導入することが大切です。

表1 開発したリン酸施肥量削減技術の適用条件一覧

施肥技術	地域	作目	作型	土壌の性質		減肥率 (%) *1	慣行施肥との収量の比較*2
				種類	有効態リン酸 (mgP ₂ O ₅ /100g)		
セル内施肥	茨城	キャベツ	夏どり	黒ボク土	>10	50(25)	○
	千葉	キャベツ	夏どり	黒ボク土	20	64(25)	○
			秋どり	黒ボク土	20	64(25)	○
定植前施用	福島	キャベツ	秋どり	黒ボク土	6	84(19)	○
			夏どり	黒ボク土	6	84(19)	○
		キャベツ スイート コーン	輪作	黒ボク土	8		○
		福島	ネギ	夏	淡色 黒ボク土	8	50(17)
	秋			淡色 黒ボク土	3	50(17)	○
スポット施肥	茨城	キャベツ	秋どり	黒ボク土	5	50(25)	○
		レタス	冬	黒ボク土	80	50(10)	○
複合施肥*3	茨城	キャベツ	秋どり	黒ボク土	14	NK:50 P:33	○

*1 括弧内は、比較対象とした慣行施肥でのリン酸施肥量 (kgP₂O₅/10a) を示す

*2 ◎は慣行に比べて収量増加あるいは生育促進、○は慣行施肥と同等の収量であったことを示す

*3 慣行施肥はN-P₂O₅-K₂O=14-15-12、複合施肥はN-P₂O₅-K₂O=7-10-6 (いずれも kg/10a)