

## 畝立同時作条施肥による 秋冬ハクサイの施肥量低減技術

兵庫県立農林水産技術総合センター  
農業技術センター

西 野 勝

### 1. ねらい

兵庫県のハクサイ作付面積は481ha（2015年度農林水産省統計）と全国で8番目に栽培が多く、県内でもそのほとんどが淡路地域で生産されている。淡路地域は県土の7%を占めるに過ぎないが、農業生産額は県下の28%を占め、農業が非常に盛んな地域である。ハクサイの他、タマネギ、レタス、キャベツなど秋～春の露地野菜を中心に水田での多毛作経営により、西日本屈指の野菜産地を形成している。生産者の高齢化に伴い生産量が減少傾向にあるなか、作業の省力化を図るため、これまでに様々な機械化が進められてきた。近年では施肥機を利用した畝立同時施肥技術が急速に普及し<sup>1)</sup>、すでに300台以上の施肥機が導入されている（2015年度 南淡路普及センター調べ）。この技術の普及のきっかけとなったのが、2008年に顕在化した肥料価格の高騰である。地域の露地野菜経営を圧迫する大きな問題となり、施肥コスト低減技術の開発が求められていた。畝立、施肥作業の省力とともに、従来の全面全層

施肥に比べ畝内に限って効率よく施肥できるため、減肥技術としても注目されることとなった。また、作物に利用されない部分に施用された肥料は降雨などにより流亡し、環境負荷を高める原因となる。露地野菜が盛んな地域にあっては、農家経営のみならず、環境負荷軽減の観点からもより一層の効率的な施肥技術の普及が必要である。

収量、品質を低下させず、安定的に施肥量を削減するためには、肥料の利用効率を高める必要がある。その方法として、肥効調節型肥料を利用したマルチ栽培あるいは作業機を用いた畝内局所施肥などが考えられる。畝内局所施肥技術では、施肥管などのアタッチメントを成型ロータリ内へ取り付け、畝内部にすじ状にまたは拡散させて局所施肥する方法が検討され、キャベツを対象に緩効性肥料と組み合わせることで慣行施肥基準の20%を低減できたとの報告がある<sup>2)3)</sup>。しかし、施肥管などを用いた方法では、専用のアタッチメントが必要であり、また、土壤水分が多く碎土が不十分な場合には肥料詰りや畝表面に深い溝跡を作る原

### 本 号 の 内 容

#### § 畝立同時作条施肥による秋冬ハクサイの施肥量低減技術 ..... 1

兵庫県立農林水産技術総合センター  
農業技術センター

西 野 勝

#### § 太陽熱養生処理法の周辺知見 ＝夢が広がる水溶性炭水化物施用＝ ..... 8

一般社団法人 食と農の健康研究所 所長  
元東京農業大学 客員教授

渡 辺 和 彦

因となるなどの問題が指摘されており、当地域ではこの方式は普及していない。また、当地域でマルチ栽培が一般的なレタスを対象に、ロータリ後部から肥料を投下し畝内表層部に全量基肥施肥する方法により慣行施肥基準に対し30%の減量が可能であったとしている<sup>4)</sup>。しかし、コストや作業面からマルチ栽培が一般的ではないハクサイなどの裸地栽培の品目では、降雨の影響を受けるため、全量基肥施用による安定的な施肥量の削減は難しいと考えられた。そこで、畝立同時施肥作業において特別なアタッチメントを必要としない局所施肥法により、多肥栽培で施肥コストの削減効果が高いハクサイを対象として、裸地栽培体系における施肥量低減技術を検討した。

## 2. 試験方法

兵庫県南あわじ市にある淡路農業技術センター場内圃場（水田、埴壤土）の水稻栽培跡において2009～2011年の3か年試験を実施した。各試験年度の供試品種、作型を表1に示した。育苗は128穴セルトレイにて行った。栽植密度は畝幅135cm、株間45cm、2条植えの3300株/10aとした。

施肥効率を高めるための局所施肥方法として、2条のそれぞれ定植位置周辺に基肥を集中して施用する作条施肥を検討した。

### (1) 作条施肥の効果と施肥量の検討（2009年）

局所施肥により発生が心配される濃度障害を回避するため、基肥は60%のIB態窒素を含むIB複合化成（スーパーIBS890、ジェイカムアグリ）を用いた。ハクサイに対する基肥の作条施肥の効果と適正量を把握するため、表2の試験区を設定した。慣行施肥基準に準じ基肥100kg/10aを

全層施用した慣行施肥区に対し、20%、40%を減らした作条20%減区、作条40%減区を設定した。作条施肥は、畝立後に所定量の基肥を定植する2条に概ね15cm幅ですじ状に手散布し、その上を小型管理機で浅く土壌混和することにより行った。その後3回の追肥は、慣行施肥区に準じ、磷硝安加里、NK化成を施用した。あわせて、慣行施肥区に対し20%増量した120kg/10aを上述の方法で作条施肥し、1回目の追肥を省略する作条20%増区を設定し、追肥の省略が生育に及ぼす影響を検討した。

外葉形成期の10月下旬（追肥1回目前）および結球開始期の11月上旬（追肥2回目前）に生育（最大葉幅・葉長、株直径）を、翌年1月上旬に収量（地上部全重、結球重）、品質（球内チップバーン発生程度）を調査した。

### (2) 畝立同時施肥作業による作条施肥の効果検討（2010～2011年）

(1)の作条施肥を施肥機で再現するため、以下の方法により施肥作業を行った。小型トラクタ

表1. 供試品種と作型

試験年度	品種	播種日	定植日	収穫日
2009年	CRひろ黄	2009年9月15日	10月1日	2010年1月7日
2010年	CRひろ黄	2010年9月15日	10月8日	2011年1月17日
2011年	CRひろ黄	2011年9月15日	10月3日	2012年1月31日
	CR黄味85	2011年9月15日	10月3日	2012年2月17日

表2. 試験区の構成（2009年）

試験区 <sup>a)</sup>	基肥施用方法	施肥量 (kg/10a) および供試肥料 (成分量)				合計窒素成分量 (kg/10a)
		基肥	追 肥 <sup>b)</sup>			
			1回目	2回目	3回目	
作条20%減区	作条	80	40	40	40	34
作条40%減区	作条	60	40	40	40	30
作条20%増区	作条	120	—	20	40	32
慣行施肥区	畝内全層	100	40	40	40	37

<sup>a)</sup> 1区20m<sup>2</sup>、2反復試験

<sup>b)</sup> 追肥は1回目を10月下旬（条間）、2回目を11月中旬（畝間）、3回目を12月上旬（畝間）にそれぞれ施用

(GK18VU, ヤンマー農機) に平高畝成型機 (7TU 101, 藤木農機) および施肥機 (VR-05-BMJ, ジョーニシ) を装着し, 成型機の天板後方に開口したスペースに施肥機から伸びるホース1本ずつを2条上にそれぞれ配置し, ロータリ直後から肥料を投下した (写真1)。ロータリ直後から肥料を投下すれば畝内の全層に混和されるが, 後方であるため広く混和されず局所的に施用される。既定量の肥料を正確に投下するため, 作業速度を一定とした条件で事前に施肥機の繰り出しロールの回転数などを綿密に調整した上で施肥作業を行った。

試験区はIB複合化成を基肥100kg/10aとして全層施用した慣行施肥区に対し, その30%, 50%を減量した作条30%減区, 作条50%減区を設定し, 施肥機により施用した。追肥は, 2009年に準じ生育にあわせて3回施用し, 2010年, 2011年のそれぞれ, 1回目を10月27日, 25日, 2回目を11月18日, 14日, 3回目を12月11日, 5日に施用した (表3)。

10月下旬 (追肥1回目前), 11月上旬 (追肥2回目前) に生育 (最大葉幅・葉長, 株直径) を, 翌年1月中旬~2月上旬に収量 (地上部全重, 結球重), 品質 (球内チップパーセント発生程度) を調査した。

**(3) 畝内土壌中の硝酸態窒素の推移**

畝立同時施肥試験における各試験区の畝内土壌中の硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) の変化をみるため, 基肥および3回追肥のそれぞれ施用前, 収穫後に土壌を採取した。2か所 (各条の株間と条間の畝表面深さ15cm範囲から採取), 2反復の計4か所分を混合して各区の

土壌サンプルとした。風乾細土に蒸留水を加え振とう後, 濾液をRQフレックスにより測定した。

**3. 結果と考察**

**(1) 作条施肥の効果と適正な施用量 (2009年)**

生育調査の結果を表4に示した。外葉形成期ま

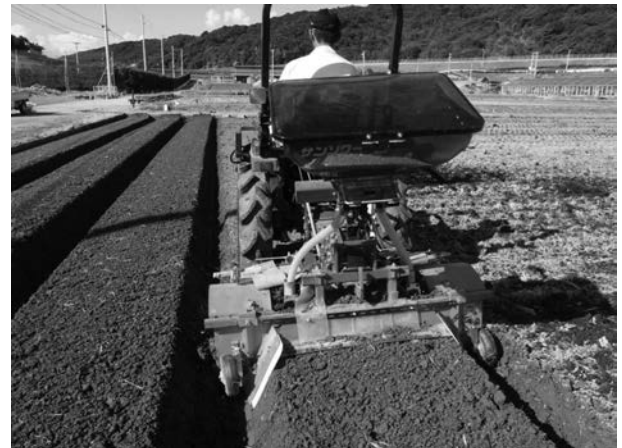


写真1. 畝立同時作条施肥作業

表3. 試験区の構成 (2010~2011年)

試験区 <sup>2</sup>	基肥施用方法	施用量 (kg/10a) および供試肥料 (成分量)				合計窒素成分量 (kg/10a)
		基肥	追 肥 <sup>3</sup>			
			1回目	2回目	3回目	
		IB複合化成 (18-9-10)	硝磷加安S500 (15-10-10)	NK化成 (18-0-18)		
作条30%減区	施肥機作条	70	40	40	40	32
作条50%減区	施肥機作条	50	40	40	40	28
慣行施肥区	手散布全層	100	40	40	40	37

<sup>2</sup> 1区20m<sup>2</sup>, 2反復試験

<sup>3</sup> 追肥は1回目を10月下旬 (条間), 2回目を11月中旬 (畝間), 3回目を12月上旬 (畝間) にそれぞれ施用

表4. 施肥量および施肥方法の違いが初期生育<sup>2</sup>に及ぼす影響 (2009年)

試験区	外葉形成期			結球開始期		
	最大葉長 (cm)	最大葉幅 (cm)	株径 (cm)	最大葉長 (cm)	最大葉幅 (cm)	株径 (cm)
作条20%減区	21.0	16.7	41.6	38.9	35.1	83.7
作条40%減区	21.0	17.2	42.2	37.3	34.3	86.4
作条20%増区	19.8	15.7	40.0	37.5	33.7	79.5
慣行施肥区	16.5	13.0	32.2	35.4	33.5	79.0

<sup>2</sup> 10月1日定植から18日後および36日後に各区20株, 2反復調査 (n=40)



での葉長、葉幅、株径は、慣行施肥区と比べ基肥量によらず作条施肥で大きく、初期生育が非常に旺盛であった。結球開始期になると1回目の追肥を省略した作条20%増区では慣行施肥区と生育はほぼ変わらなくなったが、作条20%減区、作条40%減区では旺盛な生育が維持されていた。IB複合化成では、作条の基肥量を120kg/10aとした場合でも明らかな濃度障害の発生は認められなかった。しかし、作条の基肥量が少ないほど生育がより伸びやかな傾向が観察されたことから、基肥量をさらに削減できる可能性が示唆された。

収量調査の結果を表5に示した。地上部全重、結球重とも慣行施肥区に比べ作条20%減区、作条40%減区で同等以上に大きかった。一方、作条20%増区では全重、結球重とも試験区の中で最も小さい傾向となり、初期の追肥を省略した影響と考えられた。球内チップバーンはいずれの試験区にも発生がなく、品質的な差は認められなかった。以上から、慣行施肥基準の基肥量を40%減量しても作条施肥することで初期生育が優れること、また、減肥した場合でも生育に応じて追肥を行うことにより収量が低下しないことがわかった。

表5. 施肥量および施肥方法の違いが収量、品質に及ぼす影響 (2009年)<sup>z</sup>

試験区	地上部全重 (g)	結球重 (g)	球内チップバーン発生程度 <sup>x</sup>
作条20%減区	3,987 ab <sup>y</sup>	2,822 a	0.0
作条40%減区	4,074 ab	2,912 a	0.0
作条20%増区	3,660 b	2,571 b	0.0
慣行施肥区	3,961 ab	2,687 ab	0.0

<sup>z</sup>2010年1月7日に各区10株、2反復調査 (n=20)

<sup>y</sup>Tukey-Kramerの多重検定により同一列の異符号間には5%水準で有意差あり

<sup>x</sup> $\Sigma$ (程度別株数×指数) / (4×調査株数) × 100 (指数: 無0~中2~甚4)

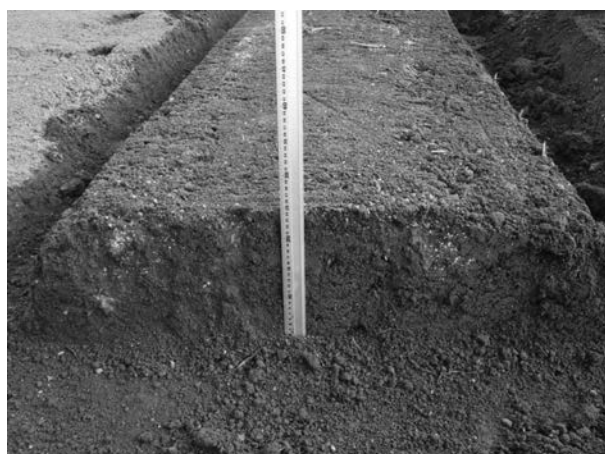


写真2. 作条施肥による畝断面の肥料分布

表6. 施肥量および施肥方法の違いが初期生育<sup>z</sup>に及ぼす影響 (2010~2011年)

試験年度	品種	試験区	外葉形成期			結球開始期		
			最大葉長 (cm)	最大葉幅 (cm)	株径 (cm)	最大葉長 (cm)	最大葉幅 (cm)	株径 (cm)
2010年 <sup>z</sup>	CRひろ黄	作条30%減区	22.6	19.1	47.3	34.9	29.0	78.6
		作条50%減区	23.7	20.0	46.7	35.2	29.3	78.9
		慣行施肥区	19.5	16.3	39.9	31.8	28.6	76.7
2011年 <sup>y</sup>	CRひろ黄	作条30%減区	27.4	22.7	55.5	37.4	29.4	85.3
		作条50%減区	25.4	21.4	52.1	36.6	28.1	82.0
		慣行施肥区	24.0	20.9	49.7	39.2	31.2	91.3
	CR黄味85	作条30%減区	24.9	19.8	49.5	41.5	31.4	87.1
		作条50%減区	23.9	18.5	48.4	40.8	30.5	85.0
		慣行施肥区	23.0	18.3	48.2	39.8	30.7	83.9

<sup>z</sup>10月8日定植から18日後および36日後に各区20株、2反復調査 (n=40)

<sup>y</sup>10月3日定植から22日後および42日後に各区20株、2反復調査 (n=40)

## (2) 畝立同時施肥作業による作条施肥の効果 (2010~2011年)

2009年の結果を踏まえ、基肥の削減量を慣行施肥基準の30%および50%とさらに高めた試験区設定とした。畝立同時施肥作業により施用された肥料は、2条のそれぞれ定植位置付近に幅、深さとも概ね10cmの範囲で分布していた(写真2)。また、予定の投下量に対し、実際の投下量は、いずれの年度、試験区においても±3%の範囲に収まり、圃場レベルの試験としてはほぼ誤差の範囲であると判断された。

生育調査の結果を表6に示した。いずれの生育ステージにおいても外葉形成期までの葉長、葉幅、株径は慣行施肥区に比べ作条施肥で同等か大

きく、初期生育が優れる傾向が確認できた。また、作条30%減区と作条50%減区の生育差はほぼ見られず、明らかな濃度障害の発生も認められなかった(写真3)。

表7に収量調査の結果を示した。試験年度、品種によらず、地上部全重、結球重はいずれの試験区も慣行施肥区と同等となり、収量差は認められなかった。また、球内チップバーンの発生はなく、品質差も認められなかった。

施肥機を用いロータリ後方から肥料を投下する畝立同時施肥作業によって2009年と同様の作条施肥の効果を再現することができた。また、作条施肥することにより慣行基肥量の最大50%まで減量しても収量、品質に影響しないことがわかった。



写真3. 各試験区のハクサイの初期生育 (2010年)

表7. 施肥量および施肥方法の違いが収量、品質に及ぼす影響 (2010~2011年)

試験年度	品種	試験区	地上部全量 (g)	結球重 (g)	球内チップバーン発生程度*
2010年 <sup>z</sup>	CRひろ黄	作条30%減区	3,909 a <sup>x</sup>	2,803 a	0.0
		作条50%減区	3,994 a	2,814 a	0.0
		慣行施肥区	3,904 a	2,596 a	0.0
2011年 <sup>y</sup>	CRひろ黄	作条30%減区	4,398 a	3,089 a	0.0
		作条50%減区	4,158 a	2,956 a	0.0
		慣行施肥区	4,335 a	3,135 a	0.0
	CR黄味85	作条30%減区	4,252 a	3,138 a	0.0
		作条50%減区	4,207 a	3,093 a	0.0
		慣行施肥区	3,765 b	2,813 b	0.0

<sup>z</sup>2011年1月17日に各区12株、2反復調査 (n=24)

<sup>y</sup>2012年1月31日 ('CRひろ黄'), 2月17日 ('CR黄味85') に各区12株、2反復調査 (n=24)

\*同一試験年度、品種間においてTukey-Kramerの多重検定により同一列の異符号間には5%水準で有意差あり

\*Σ (程度別株数×指数) / (4×調査株数) × 100 (指数: 無0~中2~甚4)

なお、2010年は降雨の影響により圃場準備が進まず、定植時期が予定よりも5日遅くなった。この年の結球重に試験区間で有意差は認められなかったが、慣行施肥区がやや球内葉の詰まりが悪く軽い傾向があった。作条施肥によって初期生育が促進されたことで、定植時期の遅れによる生育遅延を回復する効果もあったものと推察された。

**(3) 畝内土壌の硝酸態窒素**

図1に2011年試験時の栽培期間中のNO<sub>3</sub>-Nの変化を示した。慣行施肥区のNO<sub>3</sub>-Nは生育期間にわたり変動が小さく2~4mg/100gの範囲で推移した。一方、作条施肥では10月下旬(追肥1回目前)に高いピークを示して以降減少し、12月上旬(追肥3回目前)には慣行施肥区と同じレベルまで低下した。NO<sub>3</sub>-Nの推移は2010年も同様の傾向を示していた(データ略)。作条施肥によりハクサイ苗根域のNO<sub>3</sub>-N濃度が高められたこと

が初期生育の促進につながったと考えられた。なお、2回目以降の追肥は畝間施用であるため、採取土壌にはこれら追肥の影響は含まれていない。しかし、生育の中盤以降は畝内土壌のNO<sub>3</sub>-Nは3mg/100g前後まで低下していたことから、長期に肥効を維持するためには追肥が必要であると考えられた。

**4. まとめ**

以上の結果から、特別なアタッチメントなどを利用せず成型ロータリの後方から肥料を投下し作条施肥する方法により、基肥量を慣行施肥基準に対し30~50%削減しても定植直後から速やかに効率よく肥料が吸収されることで初期生育が促進された。その後の追肥により肥効を維持することで慣行施肥と同等の収量が得られることが分かった。施肥量は、地域慣行基準のトータル窒素成分量37kg/10aに対し、最大24%減の28kg/10aに低減でき、肥料コストでは約28%の削減につながる。

2012年には、南淡路農業改良普及センター、JAあわじ島の協力のもと、現地生産圃場において実証圃を設置し技術適応性について評価を行った<sup>5)</sup>。試験区設定は、場内試験と同様の作条30%減区、作条50%減区および対照となる慣行施肥区とした。耕種概要と結果については表8を参照されたい。作条施肥では初期生育、収量性とも慣行施肥区と遜色なく、現地での適応性が確認できた。今後は、ハクサイ以外の裸地栽培品目への当

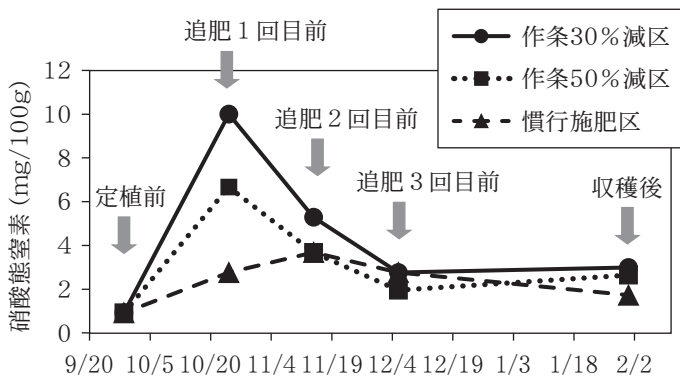


図1. 生育期間中の畝内土壌中の硝酸態窒素の推移 (2011年)

表8. 現地実証試験におけるハクサイの生育と収量 (2012年)

試験区	外葉形成期		結球開始期		収量・品質		
	株径 (cm)	葉色 (SPAD値)	株径 (cm)	葉色 (SPAD値)	全重 (g)	結球重 (g)	球内チップバーン発生程度
作条30%減区	44.8	28.2	68.5	28.4	3,993	2,938	0.0
作条50%減区	46.1	28.2	68.5	28.3	4,237	3,009	0.0
慣行施肥区	44.5	26.8	67.4	28.4	4,221	3,071	0.0

耕種概要：品種；ほまれ，播種；2012年9月19日(128穴セルトレイ育苗)，定植；10月9日，  
 収穫；2013年2月上旬，栽植密度；畝幅135cm，株間45cm，2条千鳥り植え(3,300株/10a)  
 (南淡路農業改良普及センター作成資料より抜粋)

技術の応用も検討する必要がある。

なお、定植時期が今回試験の10月上旬よりも早い作型では、初期の濃度障害の危険性もあるため、減肥率を50%以上に高めるなどの工夫が必要である。また、畝立同時施肥作業では、圃場条件によって作業速度が変わると、目標に対し実際の施肥量が増減することも多い。近年はGPSによる車速連動施肥機も手頃な価格で販売されており、均一で正確な施肥作業を行う上で今後必須技術となるであろう。

#### 参考文献・資料

- 1) 岡本直樹, 2016. 兵庫県における畝立成型同時施肥技術の普及. 農業と科学, 第679号, 7-12
- 2) 大川浩司・林悟朗, 1998. 機械利用によるうね内条施肥法がキャベツの生育斉一性と肥料の利用率に及ぼす影響. 愛知県農業総合試験場研究報告, 第30号, 157-162
- 3) 森山友幸・井手治・石坂晃, 2004. 幅広型畝内施肥器の開発と開発器を使ったキャベツ初冬出し栽培における減肥技術. 福岡県農業総合試験場研究報告, 第23号, 48-53
- 4) 小林尚司, 2010. 畝内表層施肥同時畝立て成型マルチを用いるレタス施肥の減量・省力化. 農業と科学, 第624号, 1-4
- 5) 和田有申, 2013. 畝立成型同時作条施肥によるはくさいの施肥量低減技術実証. 淡路地区営農推進協議会平成24年度試験展示圃成績発表会成績書, 92-94