

丘陵地のスイカ・ダイコンにおける環境にやさしい施肥

石川武之甫*・坂東義仁**・神田美奈子**・森永一***

Improving the Fertilization of Watermelon and Japanese radish

Bunoho ISHIKAWA**, Yoshihito BANDO*, Minako KANDA*, Hajime MORINAGA***

坂井北部丘陵の畑土壌において、溶出期間や溶出特性の異なる数種の被覆肥料の肥効特性を明らかにすると同時に、一般の速効性肥料に被覆肥料をブレンドすることにより、主要畑作物であるスイカとダイコン各々の全量基肥施肥法を開発した。この施肥法によって作業の省力化が図れると同時に、窒素成分の利用率が向上することから、スイカ栽培は20%、ダイコン栽培では25%の減肥ができ、地下水への負荷軽減にも効果のあることがわかった。

Key Words:被覆肥料 施肥改善 スイカ ダイコン 減肥

1. 緒言

硝酸態窒素による畑作地帯の地下水汚染が全国的に深刻な問題になっているが、福井県の北部に位置する北潟湖においても富栄養化が進み(T-N 1~2ppm)⁷⁾、農業側も施肥等による負荷の低減が課題となっている。その一方で、現地農家からは野菜作の軽労化やコスト低減のため機械化に対応した省力的施肥体系が求められている。

本県の主要な露地野菜のスイカとダイコンは、一部に硝酸化成抑制剤(ジシアンジアミド以下Dd)入りの肥料が基肥として使用されているが、主として速効性で溶脱し易い燐硝安加里が基肥や追肥に使用されている。

水稲作においては、シグモイドタイプ(遅効性とも称され施肥後一定期間を経過してS字状に溶出を開始)の被覆尿素を活用したコシヒカリの全量基肥施肥法が伊森ら^{2, 3, 4)}によって確立された。また、野菜作において小菅ら^{1, 5, 9)}は、溶出期間の異なる肥効調節型肥料を組み合わせることにより、イチゴの全量基肥が可能で、施肥量を減らしても果実収量が低下しないことを示した。

本研究は、福井県坂井北部丘陵地の主要畑作物である前作スイカ・後作ダイコンの作付け体系において、被覆

肥料の溶出特性を活用して、両作物の作付け前に肥料を全量基肥施用し、作業の省力化と環境負荷の軽減が可能であることを明らかにした。なお、本研究は、農林水産省の助成による「農業排水浄化対策推進事業一坂井北部丘陵地の施肥窒素動態」の一貫として1998~2001年の4年にわたり現地試験を実施したものである。

II. 試験方法

1. スイカに適した被覆肥料の選定と現地実証試験

スイカは、開花時に過繁茂になると梅雨の天候不順と重なり着果の不安定化や炭疽病等の多発を招くが、それ以降の玉の肥大時期には十分な肥効が要求される。全量基肥施用(図表内は、一括施肥)で、前記の肥効を得るには、通常の前肥に加えシグモイドタイプの肥料を組み合わせることが望ましいと思われる。そこで水稲に用いられる数種の被覆尿素を現地の畑地土壌に埋め込み、その中からほぼ慣行の追肥に近い溶出特性の肥料を選んで現地実証試験を行った。

1) 被覆肥料の選定

供試肥料は、シグモイドタイプ被覆尿素の内LPS60, LPS80, LPS100, LPSS100で、各肥料の特性を表1に示す。

各被覆肥料1gをカンレイシャ袋に入れ、丘陵地スイカの基肥施用時(5月上旬)に現地圃場のトンネルやマルチ下約5cmに埋め込み、定期的に掘り上げてケルター

* 福井県農業試験場 園芸・バイテク部 バイテク研究グループ

** 同上 生産環境部 地力保全グループ

*** 福井県奥越農林総合事務所

ル法により窒素残量を分析し溶出量を算出した。また、被覆肥料の溶出は、温度に依存するので埋め込み位置の地温を測定し積算値等を算出した。

表1 供試肥料の特性 (25℃恒温下の公称値)

肥料名	溶出抑制期間	80%溶出期間
LPS60	30日	60日
LPS80	40日	80日
LPS100	30日	100日
LPS100	45日	100日

2) スイカの全量基肥実証試験

埋め込み試験で、慣行栽培の追肥時期以降に溶出を開始する LPS60, LPS80 にスターターの速効性基肥を加え、全量基肥施用試験を実施した (芦原町井江葎 園芸振興センター 細粒質褐色森林土)。

基肥と被覆肥料の施肥位置は、図1のようにトンネル内の作土に基肥 (速効性窒素が主体のレオ有機 8-8-8 内有機 N 20%) を、そしてトンネル外側のネットマルチ下には、追肥に相当する被覆肥料を約 0.6m幅の帯状に施用し、トラクターで耕耘後にマルチ等を敷設した。施肥量は窒素全体で農家慣行量及びその 20%減肥とし、被覆肥料部分を減らした (表2)。

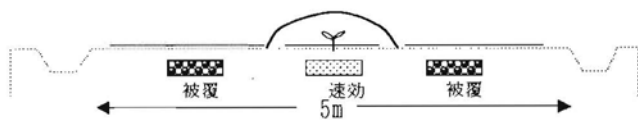


図1 全量基肥法の施肥位置

表2 スイカ施肥試験の施肥配分等 (N kg/10a)

区名	時期	基肥	追肥	合計
		速効+(被覆)	速効	
無肥料区		0.0 (0.0)	0.0	0.0
慣行施肥区		7.7 (0.0)	8.8	16.5
LPS60 一括区		3.0 (13.5)	0.0	16.5
LPS80 // 区		3.0 (13.5)	0.0	16.5
LPS60 減肥区		3.0 (10.2)	0.0	13.2
LPS80 // 区		3.0 (10.2)	0.0	13.2

定植：5月1半旬 トンネル除去：5月下旬 収穫：7月下旬～
 全区の基肥：レオ有機 (8-8-8 速効 80%)
 慣行区の追肥：固形 40 (10-10-10) 5月下旬に蔓先
 被覆肥料：基肥時にトンネル外 (ネットマルチ下)

3) スイカの土壤溶液中硝酸態窒素の動向調査

スイカの栽培期間中は、降雨後に土壤溶液の採取 (地表面下 30cm ポーラスカップ法) を行い硝酸態窒素 (流出しやすい窒素) の土壤溶液中への溶出状況を把握した。土壤溶液中の硝酸態窒素は、イオンクロマトグラフ法とデバルグ合金還元のケルダール蒸留法で分析した。

2. ダイコンに適する被覆肥料の選定と実証試験

ダイコンは、栄養生長が主で生育期間も比較的短いため、リニアタイプ (施肥後から徐々に溶出) の畑作用被覆肥料のロング 424 (25℃恒温で 40 日～360 日の間に 6 タイプ) から、ダイコンの生育期間に近い 40 日と 70 日のタイプを選び、さらに微生物分解性被覆のエコロング 40 日タイプも加えて埋め込み法で秋季の窒素溶出特性を把握した。

現地実証試験は、この 3 肥料にスターターの速効性基肥を加え、全量基肥区と同 25%減肥区を設けた。

播種は、9 月第 1 半旬で、試験区の構成や耕種概要等を表3に示した。現地圃場は、芦原町北湯の中粗粒灰色台地土 (平成 10～11 年度) と同井江葎の細粒褐色森林土 (12 年度) で、作土の土壤溶液中の硝酸態窒素はスイカに準じて分析を行った。

表3 ダイコン施肥実証試験の施肥配分等 (N kg/10a)

区名	時期	基肥		追肥		合計
		速効+(被覆)	9月中旬	9月末		
無肥料区		0.0 (0.0)	0.0	0.0		0.0
慣行施肥区		19.2 (0.0)	3.2	3.2		25.6
ロング一括区		12.8 (12.8)	0.0	0.0		25.6
ロング減肥区		12.8 (6.4)	0.0	0.0		19.2

播種：9月上旬 収穫：11月上旬
 慣行区の基肥と追肥：Dd 入り磷硝安加里と磷硝安加里
 一括区の基肥：Dd 入り磷硝安加里 被覆肥料：H10：ロング 70, H11～12：ロング 40 日

III. 結果および考察

1. スイカの全量基肥施用実証試験

1) スイカ圃場における被覆肥料の溶出特性

スイカの栽培期間中における埋め込み試験から、各被覆肥料は、埋め込み後約 35 日間 (積算地温 約 750℃)

は殆ど溶出せず、その後、徐々に溶出が増加した(図2)。

畑地は水田より乾湿の影響を受けやすいので、各被覆肥料の溶出開始時期やその後の溶出率増加曲線はやや乱れるが、概ね、LPS60とLPS100が早めに溶出を開始し、LPS80は溶出開始が若干遅れるものの、それ以降の溶出率の増加は早い傾向が読み取れた。最も溶出の遅いLPSS100は、スイカの生育が終わる時点で50%程度の溶出率にしか達しなかった。

溶出開始の早いLPS60とLPS100は、慣行の追肥時期から10日程度遅れて溶出を開始した。

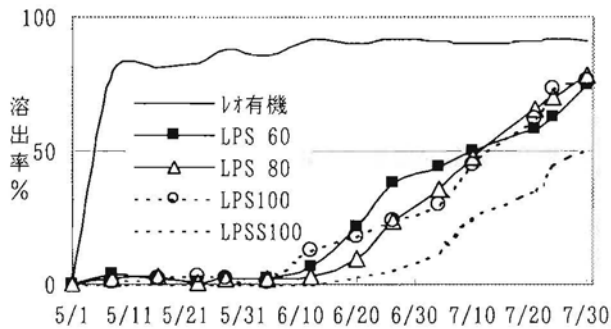


図2 埋め込み肥料の溶出特性(スイカ)

2) 土壌溶液中硝酸態窒素の動向

LPS60, LPS80を用いたスイカの全量基肥施用試験における土壌溶液中の硝酸態窒素濃度(溶けやすい窒素成分)の推移を、図3に示した。

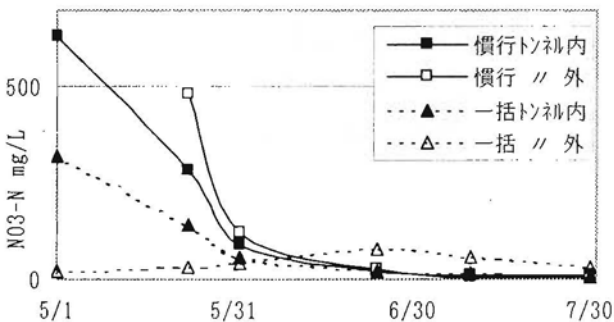


図3 土壌溶液中の硝酸態窒素(スイカ)

慣行施肥区(速効性が主体)は、施肥後間もなく基肥分の窒素がトンネル下の作土に硝酸態窒素として高濃度に存在し、以後1ヶ月ほどで急速に減少した。続いて、トンネル外の追肥部において硝酸態窒素濃度が上昇したが、6月下旬には低い濃度となった。

一方の全量基肥施用区も、当初はスターターとしての

肥料が施用されているので、トンネル内の作土において土壌溶液の硝酸態窒素濃度が高めとなったが、施肥量が少ないので慣行施肥の約半分の濃度で推移した。そして予め被覆肥料(慣行の追肥相当)が施用されたトンネル外(ネットマルチ下)において、5月中は窒素が溶出しないので土壌溶液中の硝酸態窒素濃度も低い値を示したが、被覆肥料が溶出し始める6月以降も比較的低いレベルで推移した。これは、被覆肥料の溶出に対してスイカの根による吸収が盛んな時期であるためと思われる。

3) スイカの生育・収量

スイカの施肥試験において、5月一杯はスターターの肥効が残るため、各区間にそれほど生育差が見られなかった。しかし慣行区は5月下旬に追肥を行っているので、6月一杯の葉色が濃く推移したが、全量基肥各区は被覆肥料の溶出特性や施肥位置(株元から離れている)の影響を受けて、6月一杯の葉色が慣行よりやや淡く推移した。一方、被覆肥料の窒素が盛んに溶出している7月中旬には、逆に慣行区より濃くなった(表4)。

このため全量基肥各区は着果もよく、果実収量は、LPS60区が慣行比112%、LPS80区が同108%と増収し、糖度も慣行区並となった。さらに、その減肥区(慣行区窒素比-20%)においても、ほぼ慣行区に近い98%、97%の収量が得られ、糖度も慣行区並となった。

表4 スイカ全量基肥施用実証試験の生育と収量

調査日 項目	6/23	7/14	収穫期	
	葉色 SPAD	葉色 SPAD	収量 t/10a	慣行区 糖度 比% Brix
無肥料区	32.4	31.2	1.6	42 11.4
慣行施肥区	46.3	36.4	3.9	100 12.0
LPS60一括区	45.8	41.6	4.3	112 12.2
LPS80//区	44.1	44.2	4.1	108 12.5
LPS60減肥区	41.1	42.1	3.8	98 12.2
LPS80//区	40.9	43.8	3.7	97 12.3

3. ダイコンの全量基肥施用実証試験

1) ダイコンの被覆肥料の溶出特性(秋まき)

供試した被覆肥料は、いずれもリニアタイプのため埋め込み直後から溶出を開始し、ロング40日タイプとエコロング40日タイプは、埋め込み後ほぼ1ヶ月(積算地温約900℃)で窒素成分の約70%を溶出したが、70日

タイプは溶出がやや遅く、この時期に約50%しか溶出しなかった(図4)。

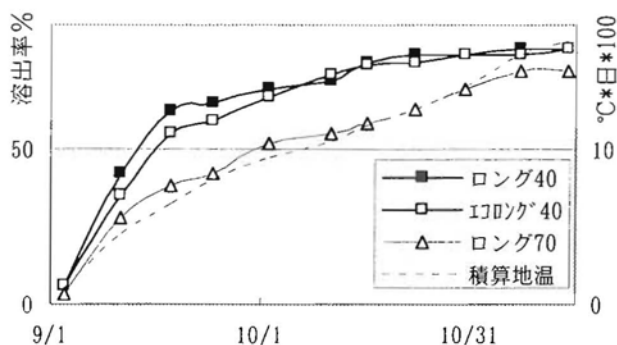


図4 埋め込み肥料の溶出特性(ダイコン)

2) ダイコンの土壌溶液中硝酸態窒素の動向

慣行区では、基肥の施用直後から窒素成分が急激に溶出するため、土壌溶液中の硝酸態窒素濃度は高い値を示したが、以後約1ヶ月で急速に減少した。これに対して、全量基肥区とその減肥区は、施肥直後の硝酸態窒素濃度が慣行区より少なく、その反面、吸収が盛んな生育中期の濃度が、慣行区よりもやや高く推移した(図5)。

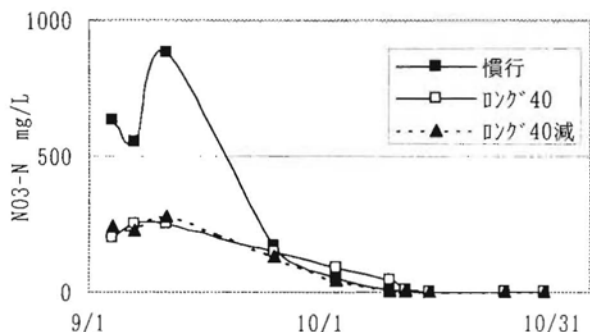


図5 土壌溶液中の硝酸態窒素(ダイコン)

3) ダイコンの生育・収量

3カ年にわたって大根の全量基肥施用試験を実施した結果を表5に示した。初年目に供試したロング70日(25°C70日間で80%溶出)による全量基肥区は、ほぼ慣行区と変わらないの収量であったが、その25%減肥区は慣行区の87%に減収した。これはダイコンの生育期間に比べロング70日の溶出期間が長すぎるためと考え、2年~3年目には、ロング40日およびエコロング40日を供試した。

その結果、全量基肥区は、慣行区比105~117%と増収

し、その25%減肥区においても、99~100%とほぼ慣行区並の収量を示し、品質も同等であった。

表5 ダイコンの生育・収量

年度	項目	葉色	葉長	根長	根径	収量	慣行区比	
土壌	区名	SPAD	cm	cm	cm	t/10a	%	
H10	無肥料区	39	22	13	4.2	1.2	36	
	慣行施肥区	42	36	28	5.8	3.4	100	
	灰色	ロング70一括区	46	37	27	5.9	3.3	97
	台地	ロング70減肥区	45	31	21	5.4	3.0	87
H11	無肥料区	41	23	26	4.2	2.2	44	
	慣行施肥区	43	39	35	6.8	4.9	100	
	灰色	ロング40一括区	46	40	35	6.9	5.8	117
	台地	ロング40減肥区	43	38	35	6.8	4.9	99
H12	無肥料区	39	35	29	4.1	2.6	56	
	慣行施肥区	46	43	33	5.0	4.5	100	
	細粒	ロング40一括区	42	46	34	4.7	4.8	105
	褐色	エコロング40区	41	53	34	4.9	4.9	108
森林	ロング40減肥区	40	49	35	5.0	4.5	100	
	エコロング40減肥区	40	46	32	5.0	4.8	107	

III. まとめ

1. スイカの全量基肥栽培の体系化

スイカの着果時期は梅雨期にあたるので、慣行の追肥体系においても玉着きや病気に気を使うところであるが、全量基肥体系においても同様である。図1の施肥法は、基肥を3条に施用するので施肥時の煩雑さはあるが、肥効中断が明瞭で梅雨時期の過繁茂を抑制するので、着果の安定や炭疽病等の抑制に有利と思われる。

この施用法では、トンネル内の作土に速効性肥料を、そしてトンネル外(両脇)にはシグモイドタイプの被覆肥料を帯状に施用し、合わせて3列の施肥を行っている。この作業の一層の簡略化や低価格化の可能性を探るため、図6~8の追加試験を行った(農試内)。この内、図6は坂井北部丘陵地の現地実証圃と同一処理であるが、図7はすべての肥料をトンネル下に一括施用、そして図8は、速効性肥料をトンネルの内外に離して施用したもので、トンネル外の肥料はいわゆる待ち肥となる。

その結果、図7,8(下二つ)の施肥法は、図6の施肥法に比べて着果時期の肥効中断がやや少ない傾向にあった。その要因として、図7のトンネル内に一括施肥する方法では、トンネル内の地温(図9)が外に比べ高めに

推移するため被覆肥料の溶出時期が早まることや、根の

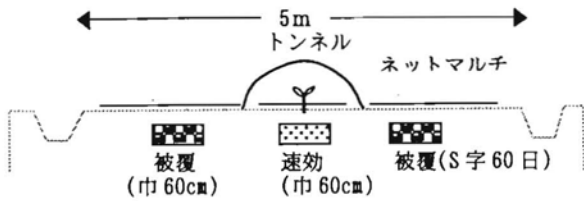


図6 速効性と被覆肥料の分離施用（トンネルの内と外）

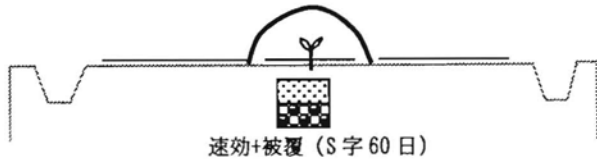


図7 速効性と被覆肥料の同時施用（トンネル内）

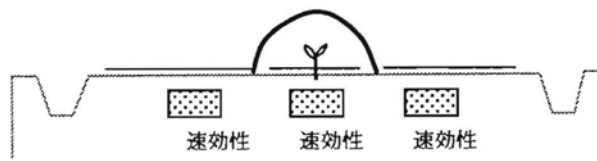


図8 慣行速効性の分離施用（トンネルの内と外）

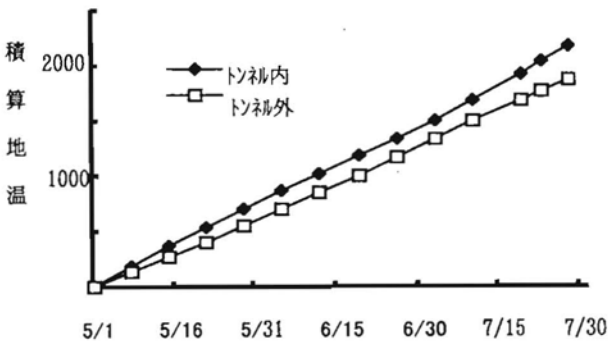


図9 埋め込み肥料の積算地温（2000年芦原ス仗）

ごく近くに被覆肥料があることから肥効の中断が不明瞭となるものと考えられ、今後、溶出開始時期の遅い LPS80 等を用いた追試が必要である。また、図8の速効性肥料を待ち肥にする方法は、マルチ下の肥料が土壌中で拡散しスイカの株元方向へも寄るため、肥効中断が明瞭でなくなるものと考えられ、待ち肥の位置を株元から更に離れた試験が必要と思われる。

2. ダイコンの全量基肥栽培の体系化

初年目に用いたロング 70 日タイプは、秋蒔きダイコンの生育に対して溶出期間が長すぎると思われるが、これはロング肥料が 40 日の次に 70 日タイプの商品しかないため、水稻の LP 尿素肥料（リニアタイプ）は、30 日、40 日、50 日、

70 日と商品設定が細かいので、こちらを用いれば、もっとダイコンの窒素吸収に適したタイプが選定できたと思われる。

ダイコンはスイカより施肥量が多く、慣行の体系においても 25~28kg/10a の窒素が施用される。特に播種 1 ヶ月目の肥効が重要⁶⁾と言われることから、基肥に多量（窒素で 20kg ほど）の速効性肥料が施用されることが多い。

播種 1 ヶ月後のダイコンは、まだ小さく、基肥窒素の一部しか吸収しないにもかかわらず、この多量の窒素が 40 日ほどで消失（図5）している。この要因として、水に溶けやすい硝酸態窒素が、降雨等で畝溝を伝って圃場外に、あるいは浸透水に伴って地下に流亡することが考えられる。

これに対して、ロング 40 日タイプを配合した全量基肥区は、施肥直後の土壌溶液中硝酸態窒素濃度が、慣行の半分ほどに抑えられる一方で、1 ヶ月目からダイコンの肥大最盛期にかけての濃度がやや高く維持され、被覆肥料からの緩やかな養分供給が示唆される。

また、ダイコン等の基肥として多用されている Dd 入り燐硝安加里肥料は、硝酸化成抑制剤の Dd が添加されているにもかかわらず、含まれる窒素の約半分がすでに硝酸態（降雨等で流亡しやすい）である。これに対し、同じ抑制剤の AM を含む AM 尿素化成肥料は、窒素成分がアンモニアと尿素（尿素も数日でアンモニアに変化）のため土壌にイオンの吸着される期間が長く、降雨等による溶脱が少ない。

以上のことから、ダイコンは硝酸化成抑制剤と窒素成分がマッチした基肥を選定し、作条施肥等で初期の肥料利用率を向上させること、更には速効性肥料と被覆肥料の比率、被覆肥料の溶出期間等を微調整すれば、収量と品質を損なうことなく慣行施肥の 50% 以下にまで減肥できるものと思われる。

3. 被覆肥料の活用と環境負荷低減

一般に畑作物は吸収量の 2~4 倍の速効性肥料が施用（表6）され、生じた硝酸態窒素は、濃度が高いほど表面流去水や地下浸透水への溶け込みが増える⁸⁾。

作物の吸収に合ったきめの細かい施肥を行えばロスを減らせるものの労力的に大変なので、流亡の少ない緩効性肥料の活用が望まれる。中でも被覆肥料は近年の技術開発が著しく、各種溶出特性を持ったものが開発されているので、これらを活用すれば省力的な全量基肥施用や肥料の利用率向上による減肥が可能となる。

一方、農家側も近年の担い手不足や経営面の悪化等から、収益性の低下しやすい減肥体系或いは、割高な肥料へ切り替えにくい現状にある。

このため、単に環境保全を訴えるだけでなく、作業の省力化や機械化あるいは肥料ロスの低減など農家メリッ

表6 施肥法と窒素の利用率 (/10a %)

		収量 t	施肥 N kg	吸収 N kg	施肥N 利用率
スイカ	無肥料区	1.6	0.0	2.5	—
	慣行区	3.9	16.5	5.9	21
	LPS60一括区	4.3	16.5	6.4	24
	LPS60減肥区	3.8	13.2	6.2	28
ダイコン	無肥料区	2.6	0.0	1.5	—
	慣行区	4.5	25.6	7.3	23
	ロング40一括区	4.8	25.6	8.5	28
	ロング40減肥区	4.5	19.2	7.1	30

N利用率 = (吸収N量 - 無肥料区吸収N量) / 施肥N量

トと直結する体系によって施肥量を減らすのが現実的と思われるので、全量基肥体系が普及できる可能性は高い。そして被覆肥料のコスト高部分は機械化適応性や作業の省力性さらには肥料が減る部分でほぼ相殺される。

さらに、スイカにおける一連の作業（トンネル除去→追肥→耕耘→ネットマルチ敷設の体系）において、基肥施用直後にネットマルチ敷設ができるので、雑草の発生量が少なくなる（表7）等、副次的効果も認められる。そして、この施肥法でトンネル外に施用された被覆肥料は6月中旬まで殆ど溶出しないので、通常の敷き藁を行う体系にも応用できる。

表7 作業時間や雑草発生量 (2000年 芦原 スイカ)

区名	追肥(hr)	耕耘(hr)	雑草(生 g/m ²)
無肥料区	—	0.18	350
慣行区	0.12	0.18	450
一括施肥区	—	—	10

ダイコンの全量基肥施用法も、作業の省力化や減肥に結びつくが、特にダイコンは基肥量が多いので作条施肥等で初期の肥料利用率を向上させると共に、硝酸化成抑制剤の効果が生きる肥料を選定し、更には速効性肥料と被覆肥料の比率、被覆肥料の溶出期間等を調整すれば、大幅な減肥が可能となる。

その上、夏作跡地の土壌には数 kg/10a の窒素成分が残っていることが多いので、省施肥を進める上で、その分を後作の基肥に有効利用すべきで、そのためには残効を手軽に把握できる診断技術の開発が課題となる。

また、被覆肥料の抜け殻が圃場に残る問題も、ダイコンに用いたエコロンG（微生物分解性の樹脂）のごとく環境を意識した被覆素材に切り替わりつつある。

引用文献

- 1) 池澤和弘 (1999). 春ハクサイ+スイートコーンにおけるワンショット施肥. 農業と科学 : 1~6
- 2) 伊森博志・坂東義仁・友廣啓二郎 (1949) 運動性肥料を利用した施肥田植機によるコシヒカリの全量基肥施肥法. 福井県農業試験場報告 31 : 53~63.
- 3) 伊森博志 (1933) .コシヒカリに対するワンショット施肥法について. 農業と科学 : 2~8.
- 4) 伊森博志 (1933) . 施肥田植機によるコシヒカリの全量基肥施肥法. 肥料 : 27~38.
- 5) 小菅佐代子・東隆夫・三枝正彦 (2000) .肥効調節型肥料の施肥法が促成イチゴの生育・収量に及ぼす影響. 園学雑 70 (5) : 616~621.
- 6) 高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄 (1976). 植物栄養土壌肥料大辞典. 772.
- 7) 福井県農林水産部 (1988) . 湖沼浄化対策指導指針 : 2~9
- 8) 松本成夫 (2000) . 地域における窒素フローの推定方法とこれによる環境負荷の評価. 環境技術研究所報告 18 : 81~152.
- 9) 渡辺修孝 (2000) . 被覆肥料を用いたイチゴ高設ベッド栽培. 農業と科学 : 15~18

Improvement of the Fertilizer Application Method for Watermelon and Japanese radish

Bunoho ISHIKAWA**, Yoshihito BANDO*, Minako KANDA*, Hajime MORINAGA**

Summary

In recent years, the groundwater contamination by nitrate-ion in the upland field has become an important problem. To avoid excess and momentary nitrogen resolution after fertilization, the effect of controlled-release coated nitrogen was examined for the cultivation of watermelon and Japanese radish where grown in Sakai northern hill area.

The results obtained from field experiments were as follows;

1. For watermelon cultivation, the coated nitrogen with the sigmoid-release characteristic was examined as a basal fertilizer. This fertilizer was applied at a site 1.3m apart from planted watermelon. The characteristic of this fertilizer was insoluble for 30 days and release 80% nitrogen during 30 to 60 days after application under fixed 25°C condition.
2. For Japanese radish cultivation, the coated nitrogen with linear-release characteristic was examined mixed with quick acting nitrogen fertilizer as a basal fertilizer. The characteristic of this fertilizer was release 80% nitrogen during 40 days after application under fixed 25°C condition.
3. By the application of these controlled-release nitrogen fertilizer, labor work for topdressing which had been customary conducted was saved. And the total amount of applied nitrogen fertilizer was able to be reduced 20% for watermelon and 25% for Japanese radish, respectively. In this improved method of fertilizer application, the reduction of nitrate nitrogen concentration in the soil was seemed to affect the run-off nitrogen by the rain and resulted in the favorable effect for the groundwater contamination.