

牛ふん堆肥を用いたアールスメロン栽培において養分管理に有効な診断カルテ Available Diagnosis Carte for Design of Fertilizer Application with Cattle Manure under Greenhouse Culture of Earl's Melon.

水上浩之・歌野裕子

Hiroyuki MIZUKAMI and Hiroko UTANO

要 約

熊本県の主要野菜であるアールスメロンに対する牛ふん堆肥の施用を基本とする土壌の養分集積が少ない施肥法（診断カルテ）を確立するため、黒ボク畑のビニルハウスにおいてアールスメロンを2005年秋冬作から6作連続栽培した。

アールスメロンの施肥基準に基づいて土壌残存窒素および交換性カリウムならびに堆肥由来養分量を考慮した診断カルテによる施肥法では、施肥量は少ないものの連続栽培したアールスメロンの一果重、果実糖度およびネットの形成は、牛ふん堆肥2t/10aに化学肥料あるいは有機質肥料を上乗せして施用する慣行施肥体系と同等以上であった。また6作終了後の栽培跡地土壌では残存する無機態窒素や交換性カリウムは、診断カルテ区が化学肥料区や有機質肥料区よりも少なく、連作しても増加が見られなかった。

以上の結果から、土壌残存窒素および交換性カリウムならびに堆肥由来養分量を考慮した診断カルテは、同一圃場におけるアールスメロンの連作において養分が集積しにくい養分管理のマニュアルとして有効である。

キーワード：診断、牛ふん堆肥、アールスメロン、交換性カリウム、有機質肥料

I 緒言

熊本県では、農業産出額（3,293億円：平成15年度）の1/3を野菜が占め中心品目となっている。なかでも、スイカやメロンをはじめとする果菜類はその約70%強を占めている。しかし、収益重視による栽培の集約化や長期化により土壌養分が作土中に蓄積され、環境への影響が顕在化し、昭和60年代前半から硝酸態窒素による地下水汚染がマスコミ等でも報道されている。本県では熊本市とその周辺のように飲料水のほとんどを地下水に頼っている地域もあり、地下水保全対策を確立することは緊急な課題となっている¹⁾。

野菜や果樹等の生産地における硝酸態窒素による地下水汚染を引き起こす主な要因としては、家畜排泄物の不適切な処理や過剰な有機物や化学肥料の施用が指摘されている²⁾。後の者は、今まで土づくり対策を目標とした有機物施用や生産性向上をねらいとした化学肥料の利用が使い方次第では環境負荷を与えることを示唆している。問題を解決するには、有機物や化学肥料等投入資材の総窒素量をうまく管理できる技術を開発したり、連作や資材の連用による地力変動や土壌中の窒素動態を基準とする新しい施肥体系の確立が必要であると考えられる。

また、消費者の農産物に対する「安全・安心」「おいしい」「環境にやさしい」を求める声はますます大きくなっている。従って、作物を生産する側の農家もこのような状況を意識しながら、「高品質な農産物を安定的に生産し、しかも化学肥料等からの養分投入を極力少なくする」ため、家畜ふん堆肥等の有機質資源を利用した土づくりと土壌診断に基づく適正施肥による作物生産に取り組んでいく必要がある。しかし、家畜ふん堆肥には種々多様なものがあり成分組成が原料によって偏りが見られたり、あるいは堆肥中の窒素の肥効が化学肥料に比べてかなり劣るなどの欠点を有している³⁾。このため、従来から行われているような土づくり資材として堆肥を画一的に圃場に施用することで収量や品質を安定させることは難しい状況にあり、栽培する作物の種類や土壌の地力実態に応じた施用が必要である。さらには、環境保全型農業においては、化学肥料だけでなく堆肥から供給される養分も含めて適切に管理しながら目標の品質、収量の達成することが求められている。

本研究の目的は、熊本県の主要野菜であるアールスメロンに対する牛ふん堆肥の施用を基本とする土壌の養分集積が少ない養分管理マニュアル（診断カルテ）を策定することである。

II 材料および方法

1) 試験場所、供試品種および耕種概要

試験は熊本県農業研究センター内のビニルハウス内圃場で行った。土壌条件は厚層多腐植質黒ボク土である。本圃場は試験開始前までアールスメロンが5年以上栽培されてきたもので、試験規模は1区11.0m² (1.1m × 10.0m) の2連で栽植密度は畝間110cm、株間40cm、1条植とした。供試品種は春作および春夏作では'アールスセイヌ夏II'、秋冬作では'ベネチア秋系'とした。栽培法はアールスメロンに対する耕種基準に準じて行った。耕種概要は、春作では定植日は4月15日、交配最盛日は5月4日、収穫日は7月3～5日、春夏作ではそれぞれ4月18日、5月21日、7月11～13日、秋冬作ではそれぞれ8月23～29日、9月18日、11月10～21日であった。交配は人工交配とし着果節位はいずれも11節以上であった。

2) 試験区の構成

試験区は、牛ふん堆肥2000kg/10aに化学肥料を組み合わせた標準施肥区、牛ふん堆肥に有機配合肥料を組み合わせた農家慣行に類似した有機質肥料区を設けた。さらに適正な養分管理法を明らかにする目的で、肥料および牛ふん堆肥からの窒素およびカリウムの供給量を考慮した診断カルテ区を設定した(表1)。基本となる各肥料成分の施肥量はアールスメロンに対する作型別施肥基

準(kg/10a) N:P₂O₅:K₂O=12:12:12あるいは15:15:15を基準とした。

診断カルテ区では、以下に述べるように、牛ふん堆肥由来養分量および栽培前土壌養分量を各作毎に分析し、これらの合計量をアールスメロンに対する施肥基準量から差し引くことによって化学肥料あるいは雪質肥料の施肥量を求める方法で施肥した。ただし、平成16年春夏作は土壌養分の不均衡等圃場条件を平準化する目的で、均一栽培を行った。

(1) 平成16年秋冬作(第1作)

診断カルテ区は土壌残存窒素量を考慮して、分析値である16.6kg/10aから施肥前の土壌に必要と考えられる無機態窒素量5.0kg/10aを差し引いた11.6kg/10aをアールスメロンに対する窒素の施肥基準12.0kg/10aから差し引き、その差0.4kg/10aを牛ふん堆肥からの窒素供給量として施用量を決定した。この場合、牛ふん堆肥の窒素肥効率は西尾⁴⁾が求めた値20%を採用した。

(2) 平成17年春夏作(第2作)

この作では診断カルテ区に対する土壌分析値のうち他の2区と比較して大幅な減少がみられた可給態窒素を増加させることを目的として試験を実施した。診断カルテ区では可給態窒素の代替物として肥効調節型窒素肥料(LP70)を用い標準施肥区の可給態窒素との差5.5kg/10aを施肥した。さらに、牛ふん堆肥2000kg/10aを施用した

第1表 試験区の構成と土壌および堆肥の分析結果

試験年度	試験区	作型	施肥量				作付け前の土壌分析値			牛ふん堆肥分析値		
			牛ふん堆肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	無機態N	可給態N	交換性K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			(kg/10a)				(mg/100g 乾土)			(%)		
16	標準施肥区	秋冬作	2000	12	12	12	16.6	—	63.5	0.54	0.84	1.24
	有機質肥料区	〃	2000	12	12	0						
	診断カルテ区	〃	370	11.6	12	0						
17	標準施肥区	春夏作	2000	12	12	12	—	7.4	45.0	0.54	0.84	1.24
	有機質肥料区	〃	2000	12	12	0	—	7.1	44.5			
	診断カルテ区	〃	2000	17.5	12	0	—	1.9	46.2			
	標準施肥区	秋冬作	2000	12	12	12	3.5	4.3	46.8	0.54	0.84	1.24
	有機質肥料区	〃	2000	12	12	0	2.2	3.3	41.3			
	診断カルテ区	〃	2000	7.6	7.6	0	3.6	4.5	40.8			
18	標準施肥区	春作	2000	15	15	15	0.6	1.1	46.1	0.45	0.74	0.96
	有機質肥料区	〃	2000	15	15	0	0.5	1.2	41.2			
	診断カルテ区	〃	2000	12.2	12	0	1.2	2.0	43.6			
	標準施肥区	秋冬作	2000	12	12	12	—	—	—	0.45	0.74	0.96
	有機質肥料区	〃	2000	12	12	0	—	—	—			
	診断カルテ区	〃	2840	9.3	6	3	—	2.3	40.2			
19	標準施肥区	春作	2000	15	15	15	—	—	—	1.00	0.74	0.96
	有機質肥料区	〃	2000	15	15	15	—	—	—			
	診断カルテ区	〃	1670	10	10	0	3.5	—	74.0			

注) 標準施肥区ではCDU複合高度化成肥料(商品名:たまごS555)、有機質肥料区および診断カルテ区では有機質肥料として加里を含まない有機配合肥料(商品名:オール有機66)を用いた。

うえに、基肥として標準窒素量12kg/10aを有機質肥料(オール有機66)で施肥した。

(3) 平成17年秋冬作(第3作)

診断カルテ区では、作付前の可給態窒素量4.5kg/10aの窒素利用率を50%として2.25kg/10aが土壤窒素供給量と仮定し、施肥標準の窒素量12kg/10aからこれを差し引いた9.8kgを牛ふん堆肥および有機質肥料(オール有機66)で施肥した。

(4) 平成18年春作(第4作)

診断カルテ区は作付前土壤の可給態窒素に対する分析値から窒素肥効率を50%として1.0kg/10aの寄与があると想定した。この値を施肥標準の窒素量15kg/10aから差し引き、不足分の窒素量14kgを牛ふん堆肥2000kg/10aから1.8kg(肥効率を20%として換算)、12.2kg/10aを有機質肥料(オール有機66)によって施肥した。

(5) 平成18年秋冬作(第5作)

診断カルテ区については、作付前の土壤分析結果から可給態窒素が2.3mg/100g乾土と低いため、窒素に関する減肥調整を今回せずに、カリウムに基づく施肥法を検討した。すなわち、第1表に示す土壤の交換性カリウムは40.2mg/100gと土壤診断基準値(40~95mg/100g)の中間値67.5mg/100gから作付け前の交換性カリウム量を差し引くと27.3mg/100gを施用する必要がある。これを土壤の仮比重56g/100ml、作土深18cmから換算し17.3kg/10aとした。この量は、牛ふん堆肥中のカリウムの肥効率は100%であるので、2840kg/10aの牛ふん堆肥に相当する。この牛ふん堆肥中に含まれる窒素量は13.5kgであり、牛ふん堆肥の窒素肥効率を20%と仮定すると、窒素供給量は2.7kgとなる。この値を施肥標準の窒素量12kg/10aから差し引いた9.3kgを菜種油粕を用いて施肥した。

(6) 平成19年春作(第6作)

診断カルテ区については、作付前土壤の交換性カリウムの値が74mg/100gであり、土壤診断基準値の最大値が90mg/100g(90kg/10a)であるので、その差16mgを堆肥から供給するため、10a当りに換算した16kgを牛ふん堆肥から供給するため1670kg/10aを施用した。

牛ふん堆肥1670kgには窒素が16.7kg含まれており、牛ふん堆肥の肥効率20%から3.3kgが有効窒素と考えられる。また、可給態窒素の分析値3.7mg/100gから窒素の肥効率を50%として計算される土壤由来窒素量は1.9kg/10aである。これらの合計量5.2kgを施肥標準の窒素量15kg/10aから差し引いた11.7kgを有機質肥料で施肥した。

3) 調査および分析法

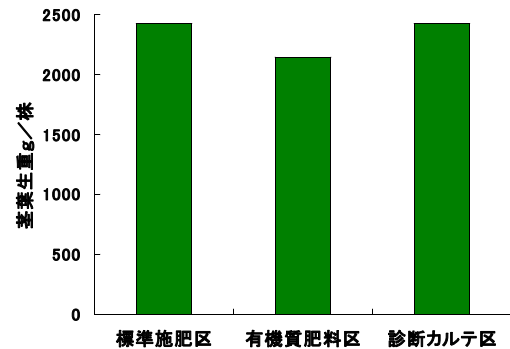
アールスメロンの調査は、収穫適期に調査株を病気

等の有無を観察することによって決定し、1試験区10株づつを果実および茎葉部に分けてサンプリングした。果実部は、新鮮な果実について一果重、果径、ネットの形成(粗密、盛上り)および果実糖度を調査した。果実および茎葉の一部のサンプルは通風乾燥し分析に供試した。この乾燥した作物体および採取した土壤および堆肥サンプルは定法によって分析した。

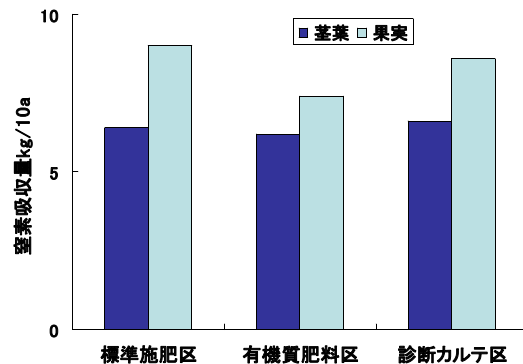
III 結果および考察

1) アールスメロンの生育および養分吸収

診断カルテによって施肥設計したアールスメロンの生育状況と窒素吸収のうち、第1図および第2図に第3作目に当たる平成17年秋冬作を例示している。第1図に示した茎葉生重は生育の良否を表す指標の一つであると考えられる。茎葉生重は標準施肥や有機質肥料区に比べて診断カルテ区はほぼ同じ値を示しており、この傾向はいずれの作付けにおいても同様に認められ、診断カルテによる施肥法はアールスメロンの生育に対する悪影響は認められなかった。また、第2図に示した収穫時の窒



第1図 平成17年度秋冬作メロンの生育状況(第3作)



第2図 平成17年度秋冬作メロンの窒素吸収(第3作)

素吸収については茎葉部および果実部とも診断カルテ区は他の2区と同程度の吸収量となり、生育量と同様に施肥法による違いは認められなかった。

2) アールスメロンの収量および品質

第2表に示すように、収穫果実の一果重は診断カルテ

第2表 収穫した果実の収量および品質

年・作型	一果重(kg)			糖度(Brix)			ネットの形成		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
16秋冬作	1.54	1.52	1.55	14.9	14.8	15.0	8.0	8.0	8.0
17春夏作	1.65	1.58	1.72	15.5	15.4	15.4	7.2	7.2	7.3
17秋冬作	1.88	1.94	1.89	15.5	15.7	15.3	7.4	7.6	7.5
18春作	1.74	1.67	1.93	14.9	14.7	15.4	7.0	6.8	8.0
18秋冬作	1.68	1.74	1.77	17.0	16.4	17.5	8.0	8.1	7.9
19春作	1.82	1.89	1.81	12.2	12.3	12.4	7.0	8.3	7.3
平均値	1.72	1.72	1.78	15.0	14.9	15.2	7.4	7.7	7.7

注1) I: 標準施肥区、II: 有機質肥料区、III: 診断カルテ区

注2) ネットの形成は粗密(1~5)と盛上り(1~5)の5段階評価の総計値で表示

区ではいずれの作とも出荷規格のL級(1.4kg)~3L級(2.0kg)に相当する一果重であった。また、標準施肥区および有機質肥料区では栽培年や作型によって変動が見られるものの、診断カルテ区とほぼ同等の一果重であった。

果実糖度は標準施肥区および有機質肥料区ではアールスメロンの一応の目標値であるBrix14以上を平成19年春作を除いて超えていた。これに対して、診断カルテ区では第3作目までは標準施肥区および有機質肥料区と同等の糖度であったが、平成18年春作以降は両区よりもやや糖度が高い傾向が認められた。なお、平成19年春作では、登熟期から収穫期にかけて長梅雨となり寡日照のため糖度が低下したと考えられた。

外観品質では、球形はやや横長あるいは縦長など各区とも年次による変動が見られた。一方、最も重要な外観品質であるネットの形成については、第2表に示すように、粗密および盛上りの合計値は栽培年次で変動したが、標準施肥区では平均7.4と有機質肥料区および診断カルテ区ではいずれも7.7となり、ネットの形成に対する施肥法の影響は明らかではなかった。

第3表 跡地土壌の化学性

年・作型	EC			無機態窒素			可給態窒素			交換性カリウム		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
試験開始	0.21			6.3			7.3			41.0		
16秋冬作	0.23	0.23	0.17	6.0	6.0	0.8	7.4	7.8	1.9	45.2	45.0	46.2
17春夏作	0.20	0.18	0.20	3.5	2.2	3.6	4.3	3.3	4.5	46.6	41.1	41.0
17秋冬作	0.08	0.08	0.09	0.5	0.6	1.2	1.1	1.2	2.0	46.1	41.2	43.6
18春作	0.27	0.26	0.18	4.7	3.5	2.2	6.0	5.6	4.3	59.0	45.9	40.4
18秋冬作	0.38	0.44	0.22	9.9	11.1	3.5	13.3	13.3	4.1	61.7	52.6	59.4
19春作	0.26	0.17	0.15	4.9	0.8	0.9	8.5	3.0	2.0	76.5	68.1	60.1

注1) I: 標準施肥、II: 有機質肥料、III: 診断カルテ

注2) ECはmS/cm、その他はmg/100g乾土で表示

以上のことから、各作で実施した診断カルテによる施肥法はアールスメロンの収量および品質を慣行施肥体系と同程度に確保できると推察される。

3) 跡地土壌の化学性

第3表に示すように、試験開始時土壌100g当たり16.6mg 残存した無機態窒素は、第1作後6.0mgへと大きく減少した。とりわけ、土壌残存窒素量を考慮に入れて施肥設計を行った診断カルテ区においては0.8mgと他区に比べて非常に低い値であった。また可給態窒素も第1作後大きく低下したが、第2作目の栽培以降では他の2区とほぼ同等となった。交換

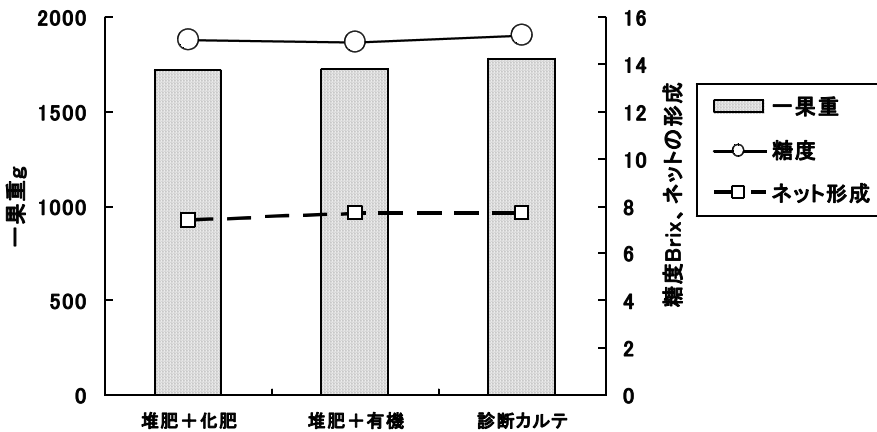
性カリウムは試験開始当初ではいずれの試験区においても土壌診断基準値の下限値に近い40mg程度で推移したが、アールスメロンの連作が進むにつれて標準施肥区で上昇する傾向が認められた。

IV 総合考察

施用基準では家畜ふん堆肥を毎作あるいは毎年適量連用するとしているが、このような堆肥施用では農家が期待するような高品質で安定なアールスメロンの生産ができるというプラスの効果とともに、土壌環境を悪化させるマイナスの影響に繋がるという指摘が多くなされている。マイナスの影響としては、養分の土壌集積を助長するだけでなく、作物の収量や品質の不安定化、硝酸性窒素による環境負荷の増大などがあげられる⁵⁾。問題解決には、堆肥が連用される条件において対象作物、ここではアールスメロン、の養分要求性に過不足を正二ないように土壌、堆肥および肥料からの養分供給量とアールスメロンによる養分吸収量をうまく一致させることができる施肥法を開発する必要がある⁶⁾。

この研究では、土壌中に特定の肥料成分が残存せず持続的な栽培が可能な施肥法として、堆肥由来養分、土壌の残存養分および可給態窒素を診断し、化学肥料あるいは有機質肥料の施肥量を決めるためのマニュアルである診断カルテについて検討した。

アールスメロンに対する診断カルテによる施肥法で基本となる養分は窒素とカリウムである。なぜならば、前者は生育および収量



第3図 診断カルテによって栽培されたアールスメロンの果実の性質

に大きく影響する肥料成分であり、後者は過剰施肥によりカルシウムおよびマグネシウム欠乏などアールスメロンにとって深刻な生理障害を引き起こす恐れがあるからである。第1作から第4作では窒素供給量を適正にするための施肥法について検討した。すなわち、第1作は栽培前土壌中の無機態窒素量相当分を牛ふん堆肥を削減した。その結果、第1作では前作で土壌に残存した無機態窒素量に相当する量の牛ふん堆肥を削減してもアールスメロンの収量および品質は慣行施肥体系と同様であることが明らかになった。

第2作では、第1作の牛ふん堆肥の施用量削減によって可給態窒素が急激に低下したので、被覆尿素肥料を利用した地力回復技術について検討した。被覆尿素肥料を利用した理由は、土壌の可給態窒素を増加させるには牛ふん堆肥の施用量を増やすことが一般的であり効果も高

いが、この場合カリウムが過剰施用されることになりメロンの生育に対する悪影響が懸念されたためである。その結果、慣行施肥体系との可給態窒素の差を被覆尿素肥料で代替しても、メロンの収量および品質には差が認められなかった。

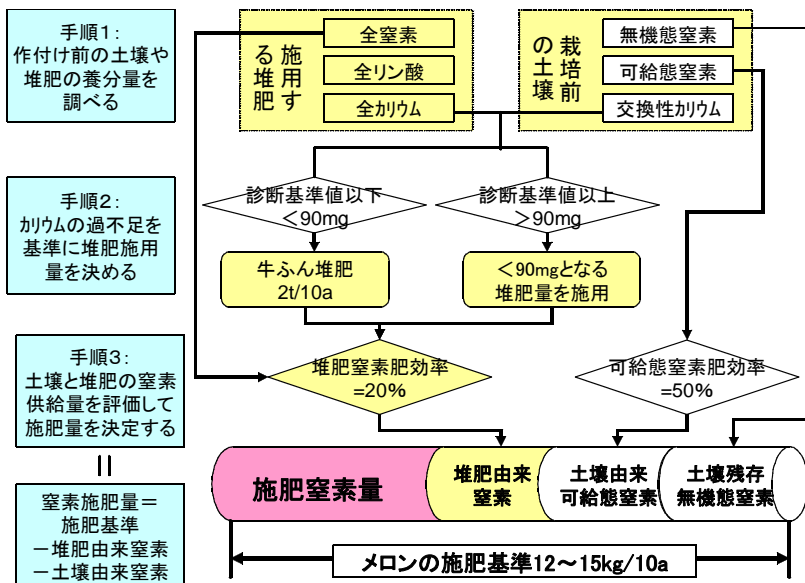
第3作から第4作では、作付け前の土壌無機態窒素と可給態窒素ならびに牛ふん堆肥由来窒素の3者からの窒素供給量を考慮した施肥法を検討した。その結果、牛ふん堆肥に化学肥料あ

るいは有機質肥料を上乗せ施用する慣行施肥体系と同等の収量、品質のアールスメロンが得られることが明らかとなった。土壌の化学性については、連作しても土壌に窒素の過剰な集積は認められず、環境負荷を軽減できる施肥法であると考えられた。

第5作および第6作では、窒素に加えカリウムの供給量を考慮した施肥法について検討した。すなわち、カリウムに対する土壌診断基準値 (90mg/100g 乾土) を上限値として牛ふん堆肥を2000kg/10a まで施用し、堆肥由来養分、土壌の残存養分および可給態窒素を診断し、化学肥料あるいは有機質肥料の施用量を決定した。その結果、診断カルテ区におけるアールスメロンの収量および品質は、第2表に示すように、各作付けとも牛ふん堆肥2000kg/10a に化学肥料あるいは有機質肥料を上乗せ施用する慣行施肥体系 (標準施肥区、有機質肥料区) と比較して

同等かあるいはそれ以上であった。また、第3表に示すように、牛ふん堆肥の連用によって土壌へ集積しやすい交換性カリウムは、診断カルテによる施肥法では栽培年次の経過とともに上昇していくが、その程度は慣行施肥体系に比較して小さかった。また、無機態窒素も低く抑えることが認められた。

以上のように、慣行施肥体系として実施されている施肥法に比較して診断カルテによる施肥法は、各作付けにおいても、また第4図に示すように全6作を通じて同程度以上の収量および品質のアールスメロンを安定して生産できる施肥法であると考えられる。さらに、この施肥法は、環境への影響が懸念される土壌中無機態窒素の集積が起こりにくいばかり



第4図 診断カルテによる施肥法の手順

でなく、生理障害の発生原因となる土壌中の交換性カリウムの集積が進みにくい利点も認められる。

以上のことから、第4図に示すような手順で実施する診断カルテは、アールスメロンに対する施肥法を決める有効なマニュアルであると考えられる。実施に当たっては、交換性カリウムに対する土壌診断基準値を指標として、牛ふん堆肥を施用し、この堆肥由来窒素量と土壌由来窒素量ならびにアールスメロンに対する施肥基準から各成分の施肥量を決定する手順になる。前述したように、この診断カルテに従えば、同一圃場で連作されるアールスメロンに対して牛ふん堆肥を連用しても土壌中での養分過剰が生じにくいいため、高品質メロンの生産と同時に、肥料成分による環境負荷軽減を図ることができると結論される。

V 引用文献

- 1) 柿内俊輔：熊本県における地下水の硝酸性窒素負荷の状況と改善に向けた取組、九州・沖縄の農業と土壌肥料、日本土壌肥料学会九州支部、P58～62、平成16年
- 2) 熊沢喜久雄：農業生産と環境保全、圃場と土壌 vol. 10・11、P1～7、平成9年
- 3) 山口武則、原田靖生、築城幹典：家畜ふん堆肥の製造・利用の現状とその成分的特徴、農業研究センター研究資料 vol. 41、平成12年
- 4) 西尾道徳：堆肥の肥効率の検証、農業技術大系、追録第17号、162の8～162の15、平成18年
- 5) 木村武：優良堆肥の条件と施用の基本、堆肥施用コーディネーター養成研修講義・実習テキスト(2)、P48～64、平成16年
- 6) 郡司掛則昭：マルチ条件下における有機物資材の分解と野菜の養分要求性、九州農業試験研究推進会議土壌肥料検討会資料、P8-(1)～8-(7)、平成7年

Summary

Available Diagnosis Carte for Design of Fertilizer Application with Cattle Manure under Greenhouse Culture of Earl's Melon.

Hiroyuki MIZUKAMI and Hiroko UTANO

Six successive field experiments in greenhouse on upland of Ando soil were conducted to make the available manual, as called diagnosis carte, to design environmental conservative fertilization of chemical fertilizer and cattle manure for cultivation of earl's melon which was the most popular agricultural crop in Kumamoto prefecture.

When earl's melon was cultivated from autumn-winter in 2005 to spring-summer in 2007 with diagnosis carte which evaluates the sum of nutrient supplied from soil and cattle manure on the basis of fertilizer recommendation for earl's melon, the melon fruits cultivated with diagnosis carte had larger weight and higher sugar content and better net conformation of fruit than those with conventional fertilization, which was applied with combination of commercial fertilizer and cattle manure. Furthermore, the contents of inorganic nitrogen and exchangeable potassium remained in soil after harvesting of 2007 were small compared to the former fertilization using diagnosis carte

From these results, it was concluded that the diagnosis carte on the basis of potassium status in cattle manure and soil was the available manual to design fertilization of cattle manure and fertilizer to prevent some nutrient accumulations in soil during successive cultivation of earl's melon on one upland field.

Key words: Diagnosis, Cattle Manure, Earl's Melon, Exchangeable Potassium, Organic Fertilizer