

底面給水システムの「置き肥」施用によるミズナの内部品質制御

石々川英樹 永井賢治 安西昭裕*

Quality control of potharb mustard (Mizuna) using packed additional fertilizer
in simple ebb and flow cultivation system

ISHIISHIKAWA Hideki, NAGAI Kenji, ANZAI Akihiro

要 旨

愛媛農水研方式底面給水システムによるミズナ栽培において、慣行施肥法である基肥のみの施用に加え、緩効性肥料を不織布のパックに封入して栽培槽内に設置する「置き肥」の有効性について検討した。収穫予定の数日前に「置き肥」を除去し一時的に窒素の供給を減少させることにより、収量を確保しつつ硝酸態窒素濃度を低下させ、アスコルビン酸と糖濃度を高める栽培が可能であった。

キーワード：置き肥，硝酸態窒素，乾物率，アスコルビン酸，糖

1. 緒言

愛媛農水研方式底面給水システムは、イチゴの育苗期間中における炭疽病の発生を低コストで抑制する目的で開発された。その後様々な改良が加えられるとともに(伊藤ら, 2007; 伊藤ら, 2008; 安西ら, 2013), イチゴ育苗以外の活用を想定して、切り花ヒマワリの他コマツナやミズナなど、葉菜類栽培への活用技術について継続的に検討が行われ、品目ごとの播種時期別施肥量や、給水管理方法等に関する基本的な技術が明らかになり、生産物は主に生食用として販売されている(安西ら, 2008a, b; 安西ら, 2009)。また筆者らは、本システムを利用したコマツナ栽培において、成長点を残し葉柄部を切断して収穫し、その後も栽培管理を継続して新たに展開する茎葉を収穫する「連続摘み採り収穫技術」について検討を行い、窒素成分が枯渇する条件で栽培されたコマツナには糖やアスコルビン酸が慣行栽培よりも多く含まれる事例を報告している(石々川ら, 2012)。

底面給水システムによる葉菜類栽培の特長は、基肥となる緩効性肥料を混和した培養土を充填したセルトレイに播種し、栽培期間中に水のみを給与することであり、種類や生育ステージの異なる葉菜類を同時に栽培管理できる優位性があげられるが、そのことは栽培期間中に肥料切れとなった場合においても、追肥などの肥培管理が行えない欠点ともなりうる。

このような特性を考慮したうえで、本システムにより安全性や食味に優れ、アスコルビン酸などの栄養成分を豊富に含む葉菜類の栽培技術を確立することは、消費者の要望に応えるとともに、生産現場への普及にも寄与すると考えられる。そこで筆者らは、ミズナの収量を維持しながらアスコルビン酸や糖濃度を高めるための肥培管理技術として、緩効性肥料を不織布のパックに封入して栽培槽に置床する「置き肥」として施用し、収穫予定の何日か前に置き肥を除去して一時的に窒素供給量を減少させる栽培方法について検討し、ミズナの収量や品質に与える影響について知見を得たので報告する。

2. 材料および方法

2.1 ミズナの栽培方法

栽培に供した底面給水システムは安西ら(2013)に準拠し、その概要を図1に示した。すなわち、水稻育苗箱を栽培槽とし、ココピートとパーミキュライトを主成分とする培養土を使用すること、灌水チューブによる給水と給水マットにより自然排水される仕組みがシステムの特徴となっている。ミズナの栽培には培養土と緩効性肥料エコロングトータル391(N:P₂O₅:K₂O=13:9:11)を基肥として混和して72穴セルトレイに4.20L充填し、‘早生千筋京水菜’のコーティング種子を各セルに1粒ずつ播種した後、培養土0.80で覆土した。置き肥

*現 農林水産部農産園芸課

としてはエコングトータル 391 (N:P₂O₅:K₂O=13:9:11) の40日溶出タイプを不織布のパックに封入して栽培槽内の前後二ヶ所に設置した(図1)。栽培は研究所内ガラスハウス(270 m²)で行い、2014年2月28日播種の第1回試験と4月17日播種の第2回試験を実施した。

各回の慣行区は、播種月別の慣行栽培条件(表1)に従い、それぞれの栽培試験において表2のとおり施肥条件の異なる試験区を設定した。置き肥は、施用量の1/2量を不織布パックに秤量し、各トレイの前後に配置した灌水チューブの中央直下に1個ずつ設置した。置き肥の設置時期は、第1回試験が播種10日後の3月10日、第2回試験では栽培開始と同時の4月17日とした。

給水管理は表1の慣行栽培方法とし、ハウス内の温度管理は最低温度10℃以上を確保し、27℃以上で換気を行った。試験区あたり3トレイを試験し、トレイ設置場所による試験区の生育差が生じにくいよう、適宜トレイ設置場所のローテーションを行った。

収穫は第1回試験では4月9日、第2回試験では5月20日に行い、地際部の主根を切断した後、老化した外葉を除去してトレイ毎の調製重を計測

するとともに、収穫した全ての株から発育中庸な株を選定し乾物率を測定した(2反復)。

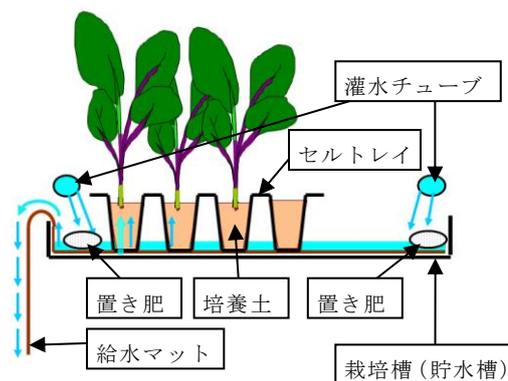


図1 底面給水システムの概要

2.2 ミズナの成分分析

ミズナの成分分析は、各試験区から発育中庸な数株をサンプルとした。糖および硝酸態窒素の測定は、20g程度のサンプルを正確に測りとり蒸留水20mlを加えてブレンダーで攪拌して得られたペースト約1gを精秤し、80%エタノールまたは蒸留水に分散させて目的とする成分を抽出し、遠心分離と上澄み液の回収を2回行った後に定容した。

糖については減圧乾固後に蒸留水に再度溶解し

表1 ミズナの慣行栽培方法(1~6月播種)

肥培管理						
播種月	1	2	3	4	5	6
施肥量(培養土10あたり)	10g			7g		
溶出タイプ	40日タイプ			70日タイプ		
給水管理						
給水回数(/日)	1		2		3	
給水時間(/回)	播種~7日	3分		4分		6分
	8~14日	5分		8分		10分
	15~21日					
	22~28日					
	29~35日	8分		-		
36~50日						

表2 播種日および試験区の設定

第1回(2014年2月28日播種 4月9日収穫)					第2回(2014年4月17日播種 5月20日収穫)				
試験区	基肥	置き肥	置き肥除去		試験区	基肥	置き肥	置き肥除去	
慣行	10	-	-		慣行	7	-	-	
基5置10	5日前	5	10	4月4日	基5置5	6日前	5	5	5月14日
基5置10	0日	5	10	除去しない	基5置5	3日前	5	5	5月17日
基2.5置10	5日前	2.5	10	4月4日	基5置5	0日	5	5	除去しない
基2.5置10	0日	2.5	10	除去しない	基2.7置7.5	6日前	2.5	7.5	5月14日
基0置10	5日前	0	10	4月4日	基2.5置7.5	3日前	2.5	7.5	5月17日
基0置10	0日	0	10	除去しない	基2.5置7.5	0日	2.5	7.5	除去しない

第1回の基肥は40日溶出タイプで、第2回の基肥は70日溶出タイプ

第1回の置き肥は播種10日後(3月10日)に設置し、第2回は栽培開始と同時に置き肥を設置
施用量は基肥、置き肥ともに培養土10あたりグラム数

て測定用試験液とし、硝酸態窒素については適宜希釈を行って測定用の試験液とした。アスコルビン酸測定用サンプルは、同じく精秤した 20 g 程度のミズナと 20 ml の 5%メタリン酸を攪拌して得られたペースト約 1 g を精秤し、5%メタリン酸溶液内に分散させ遠心分離と上澄み液の回収を 2 回行った後に定容し、測定用試験液とした。サンプルの採取は各区 2 反復とした。

各成分の濃度は HPLC により測定し、それぞれの測定条件を表 3 に示した。成分濃度は、濃度既知の溶液で作成した検量線から算出し、糖およびアスコルビン酸濃度は新鮮重 100g あたり含量、硝酸態窒素は新鮮重あたり窒素濃度を ppm として算出した。なお、糖濃度は HPLC により測定したス

クロース、グルコース、フルクトースの合計とした。

2.3 置き肥の窒素成分分析

栽培終了後に回収した置き肥は、不織布パックから取り出して自然乾燥した後十分に混和し、さらにデシケーター内で 24 時間乾燥させた。この試料 1 g を粉砕して蒸留水に溶解し、イオンクロマトグラフィ (メトローム) で硝酸態窒素濃度 (882 Compact IC plus, カラム: Metrosep C4, 溶離液: 1.7mM HNO₃ 0.7mM DPA) およびアンモニア態窒素濃度 (883 Basic plus, カラム: Metrosep A Supp7, 溶離液: 3.6mM Na₂CO₃) を測定し、施用前肥料の窒素量と比較した。

表 3 成分分析の HPLC 測定条件

対象成分	抽出液	カラム	カラム温度	溶離液	送液量	検出器
糖	80%エタノール	Shodex SUGAR SP0810	80 °C	蒸留水	0.8 ml	RI
アスコルビン酸	5%メタリン酸	TOSOH TSKgel ODS-100Z	40	0.1%メタリン酸	1.0	UV-254nm
硝酸態窒素	蒸留水	Shodex Asahipack NH2P-50	40	*	0.8	UV-210nm

* : リン酸水素二ナトリウム 12 水 1.79g リン酸二水素ナトリウム二水和物 0.78g
過塩素酸ナトリウム一水和物 14.04g を蒸留水に溶解して 10 に定容

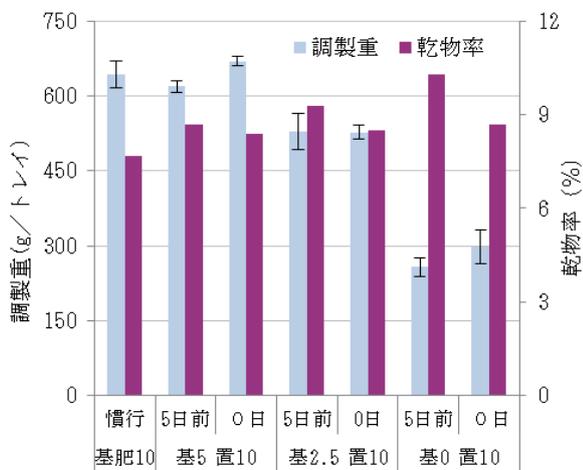


図 2 第 1 回栽培の調製重と乾物率
注：調製重のバーは標準誤差を示す

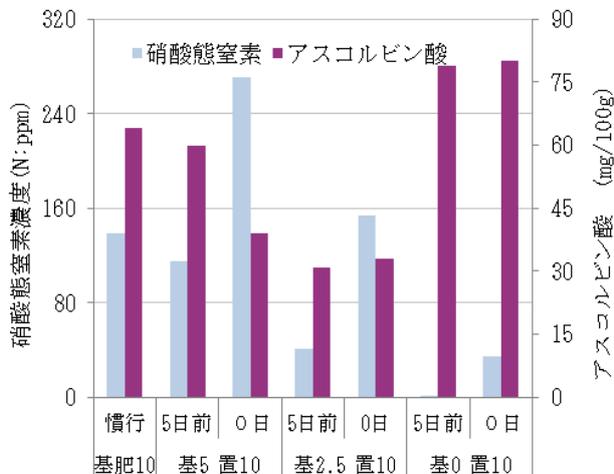


図 3 第 1 回栽培の硝酸態窒素濃度とアスコルビン酸含量

3. 結果および考察

3.1 第 1 回栽培試験

各試験区の調製重、乾物率、硝酸態窒素濃度、アスコルビン酸および糖濃度を図 2~4 に示した。慣行区の 1 トレイあたり調製重は 650 g で、この栽培時期における平均的な収量であった。基肥 5 g 区の収量は慣行と同レベルであったが、基肥 2.5 g あるいは 0 g 区の収量は慣行区よりも少なく、特に 0 g

区の収量は慣行区の 1/2 以下となった(図 2)。乾物率は、基肥施用量が少なく、置き肥を除去した試験区で高い傾向であった (図 2)。硝酸態窒素濃度は、基肥 5 および 2.5 g 区では置き肥を除去する区で、除去しない区の 1/2 以下に低下し、収穫前 5 日間におけるミズナの硝酸態窒素要求量が多いことを示していると考えられた。基肥 0 g 区では、置き肥を除去しない場合でも硝酸態窒素のレベルは慣行区の 1/3 程度であった (図 3)。

アスコルビン酸含量は、基肥 0 g 区が高く、慣行区、基肥 5 g 置き肥除去区の順であった。基肥 5 g 区では、置き肥除去によってアスコルビン酸含量が変化する状況がみられたが、基肥 2.5 および 0 g 区では置き肥除去による含量変化は明確ではなかった(図 3)。

糖濃度は基肥 0 と 2.5 g 区の 5 日前除去区で 2,000mg 前後と高く、慣行区が 1,433mg で最も低くなった。置き肥除去による糖濃度の変化は、基肥 2.5g 区のみで観察された(図 4)。今回分析したミズナの糖組成は、グルコースが最も多く全糖の約 65%を占め、次いでフルクトースが約 25%、スクロースが約 10%で、試験区間における糖組成の差は明らかではなかった。

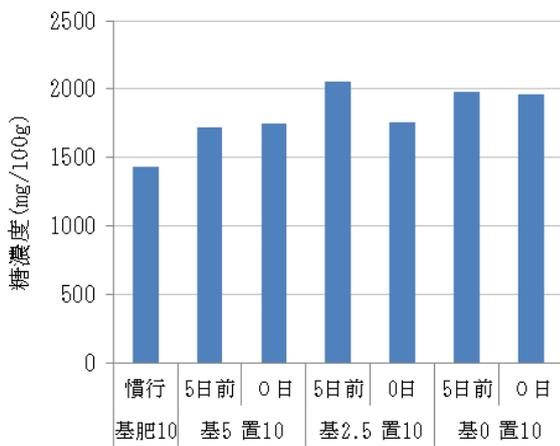


図 4 第 1 回栽培の糖濃度

各試験区の硝酸態窒素濃度とアスコルビン酸および糖濃度、乾物率との相関係数および p 値を表 4 に示した。アスコルビン酸および糖濃度とも、硝酸態窒素濃度と有意な負の相関が認められ、乾物率についても同じ傾向であった。葉菜類の硝酸態窒素濃度と糖、アスコルビン酸含量との関係については、建部ら (1995) がハウレンソウ、コマツナを異なる施肥条件で栽培し、植物体中の全窒素含有率の上昇に伴って、スクロース、総アスコルビン酸含有率、乾物率が低下する事例を報告しており、底面給水を利用した今回のミズナ栽培においても同様の結果を示した。

第 1 回栽培試験では、置き肥の設置を播種 10 日後に設定したが、慣行区に比べて基肥が少ない試験区の初期生育が明らかに劣り、その傾向は基肥 0 g 区で特に顕著であった。栽培終了後に回収した置き肥 (25 日間設置) の窒素残存率は 54%程度で

あり(表 5)、基肥 5 g +置き肥 10 g 区の窒素施用量は慣行区の 1.5 倍の設定となっているが、ミズナが利用できる 1 トレイあたり窒素成分量の試算では 6.24 g ((5g+10g×0.46)×0.13×50=6.24g) となり、慣行区の 6.5 g (10g×0.13×50=6.5g) と同程度であったと考えられる。

以上のことから、慣行栽培と同程度収量を確保するためには、初期生育に大きく影響する基肥の施用が不可欠であるとともに、播種 10 日後の置き肥施用では置き肥に含まれる窒素の半分以上が利用されないことから、より早い時期の置き肥施用が必要と考えられた。

表 4 硝酸態窒素濃度と成分濃度、乾物率との相関

		アスコルビン酸	全糖	乾物率
第 1 回	相関係数	-0.504	-0.515	-0.664
	p 値	0.033	0.030	0.052
第 2 回	相関係数	-0.503	-0.411	-0.781
	p 値	0.034	0.072	0.019

注：アスコルビン酸と全糖は n=14、乾物率は n=7

表 5 回収した置き肥の窒素成分量 (%)

	NO ₃ -N	NH ₄ -N	計	残存率
施用前 (0 日)	5.8	8.0	13.8	-
第 1 回 (25 日間)	2.6	4.8	7.4	53.6
第 2 回 (33 日間)	2.1	3.9	6.0	43.5

3.2 第 2 回栽培試験

第 1 回栽培試験の結果から、基肥施用を必須とし、置き肥を栽培開始と同時に設置する第 2 回栽培試験を表 2 の設定により実施し、調製重と乾物率、硝酸態窒素濃度とアスコルビン酸および糖濃度の結果を図 5~7 に示した。調製重は基肥 2.5 g では慣行区を下回ったが、基肥 5 g では慣行区と同程度となった(図 5)。乾物率は、置き肥の除去が早い試験区でわずかに高くなる傾向であった(図 5)。硝酸態窒素濃度は、基肥 5 および 2.5 g の区ともに、置き肥を除去した 6 日後には除去しない区の 1/4 程度に低下した。また、7g の基肥を施用した慣行区の硝酸態窒素濃度は 16ppm と低く、今回の栽培においては肥料不足の状況であったと推察された(図 6)。

アスコルビン酸含量と硝酸態窒素濃度の関係は、第 1 回栽培試験と同様に逆の関係性を示し、6 日前除去区と慣行区の含量が高く、その傾向は糖濃度についても同様であった(図 6, 7)。硝酸態窒素濃度とアスコルビン酸および糖濃度との相関係数は

表4に示したとおりであり、いずれも負の関係にあってアスコルビン酸濃度と乾物率については有意性が認められた。収穫日まで設置した置き肥の窒素残存率は約44%で、第1回試験よりも10%程度低い結果となった(表5)。

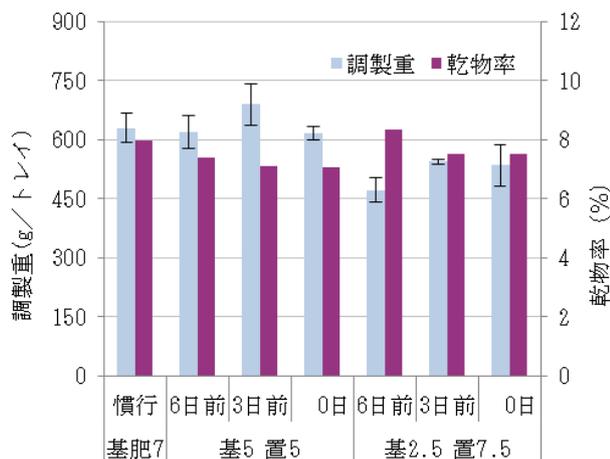


図5 第2回栽培の調製重と乾物率
注：調製重のバーは標準誤差を示す

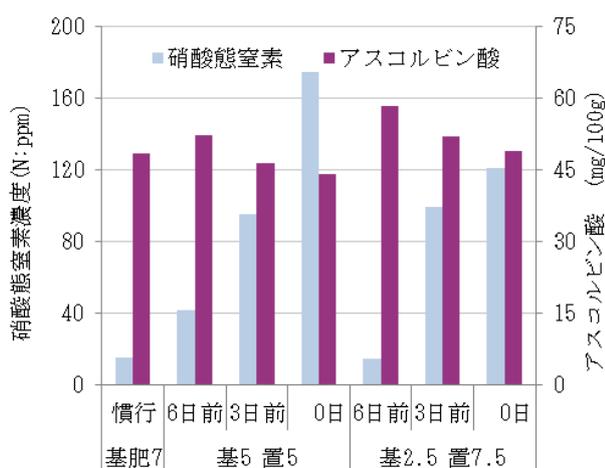


図6 第2回栽培の硝酸態窒素濃度とアスコルビン酸含量

第2回試験の初期生育は第1回試験より良好で、各試験区の収量は慣行区に近い水準であったことから、置き肥を除去することの影響について、置き肥を除去しない区あるいは慣行区と比較し、その増減割合を表6に示した。その結果、基肥2.5g区では調製重が慣行区より10%以上低下すること、収穫3日前の置き肥除去では、アスコルビン酸や糖濃度の変化が数%程度であり、内容成分の変化が小さい傾向であった。一方、基肥5g置き肥6日前除去区では収量や乾物率は大きく、アスコルビン酸および糖濃度では10~20%増加しており、

収量を維持し品質の高いミズナが収穫できる施肥方法と考えられた。

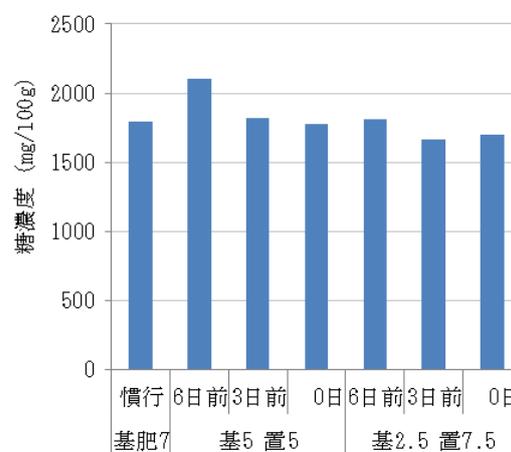


図7 第2回栽培の糖濃度

表6 置き肥除去による調製重、乾物率、および成分変化(第2回試験)

	3日前除去		6日前除去	
	%		%	
基肥2.5g区				
調製重	+2	(-14)	-12	(-25)
乾物率	0	(-10)	+11	(+18)
アスコルビン酸	+6	(+1)	+19	(+20)
糖	-2	(-7)	+3	(+1)
基肥5g区				
調製重	+12	(+9)	0	(-2)
乾物率	+1	(-4)	+5	(-7)
アスコルビン酸	+5	(-5)	+18	(+8)
糖	+3	(+1)	+19	(+18)

注：カッコ内は慣行区との比較

3.3 まとめ

愛媛農水研方式底面給水システムを利用したミズナやコマツナの栽培管理方法に加え、カラシナ、ハウレンソウ、エンサイなどについても、播種時期別の肥培・給水管理の最適条件が明らかにされ、マニュアルとして体系化されている。なかでも施肥方法については収量に直結することから、播種月別に肥料試験を実施したうえで、表1に示すような基肥施用量と溶出タイプを組合せることで、安定生産が可能であることが確認されている。マニュアルに示す施肥方法は、種子の発芽時に肥料成分による濃度障害が発生することなく、収量を最大化できる条件により決定されるが、様々な栽培条件によっては第2回試験の慣行区で示されたように、窒素の追加によって収量の増加が期待できる場合があることも示された。

本システムで栽培される葉菜類のほとんどは、播種後 40 日程度で一斉収穫を行うことで栽培が完了するが、エンサイの栽培においては数か月間にわたり継続的に収穫するのが一般的であり、収穫後期の品質・収量を確保するための追肥方法として、緩効性肥料を不織布パックに封入して栽培槽内に設置する方法が考案されており、今回はその応用技術としてミズナ栽培の「置き肥」として活用することの実用性について検証を行った。

窒素施用量と葉菜類の収量・品質との関係については、施肥量が多い条件で硝酸態窒素の濃度が上昇し、アスコルビン酸や糖濃度が低下するとともに、乾物率が低下する事例が多く観察されており(建部ら, 1995; 池羽ら, 2005), 好ましい品質としてアスコルビン酸や糖度が高まる条件と、硝酸態窒素濃度を維持して収量を確保する条件とがトレードオフの関係にあることから、収量を維持しつつアスコルビン酸や糖濃度が高いミズナ栽培を両立させるためには精密な施肥コントロールが必要となる。

今回の栽培試験では、基肥 5 g に加えて置き肥 5 g を施用し収穫予定日の 6 日前に置き肥を除去した試験区で、収量や品質面で当初の目的に合致した測定結果が得られたが、現状では 1 回のみ栽培試験結果であることから、その安定性についてはさらなる検証が必要である。また、今回置き肥として使用したエコロングトータル 40 日溶出タイプでは、肥料成分の 40% 程度が利用できていない状況であるため、より速やかに溶出するタイプの肥料の選択や、ミズナよりも栽培期間の長い品目への活用についても検討が必要であろう。

このように、基肥と置き肥とを併用しアスコルビン酸や糖の濃度を高める技術については、さらに解決すべき課題を残しつつも、実用化に向けた可能性が示されたと考えている。また、今回得られた知見をもとに、底面給水システムで栽培される葉菜類の硝酸態窒素濃度や乾物率の推移をモニタリングすることで収穫前の肥培管理に反映させ、栽培時期による品質のバラツキが少ない葉菜類栽培技術への発展が可能と思われる。

引用文献

安西昭裕, 伊藤博章, 石々川英樹 (2008a) : 野菜苗・花き類栽培における「簡易エブ・アンド・フロー方式」給水システムの適用 (第 3 報) 冬

季における数種葉菜類の収量に及ぼす施肥量の影響, 園芸学研究第 7 巻別冊, 2, 232.

安西昭裕, 藤林弘恭, 伊藤博章, 石々川英樹 (2008b) : 野菜苗・花き類栽培における「簡易エブ・アンド・フロー方式」給水システムの適用 (第 4 報) 切り花ヒマワリでの実用化, 園芸学研究第 7 巻別冊, 2, 338.

安西昭裕, 伊藤博章, 石々川英樹, 弓達隆 (2009) : 野菜苗・花き類栽培における「簡易エブ・アンド・フロー方式」給水システムの適用 (第 5 報) 夏季における数種葉菜類の収量に及ぼす施肥量の影響, 園芸学研究第 8 巻別冊, 1, 159.

安西昭裕, 伊藤博章, 弓達隆 (2013) : イチゴ育苗に適用できる「愛媛農水研方式底面給水システム」の開発, 愛媛農林水研報, 5, 6-17.

池羽智子, 貝塚隆史, 石井貴, 鹿島恭子 (2005) : チンゲンサイのビタミン C, 糖, 硝酸含量に及ぼす品種, 栽培条件の影響, 茨城農総セ園試研報, 13, 17-23.

石々川英樹, 清水篤, 安西昭裕 (2012) : 野菜苗・花き類栽培における「簡易エブ・アンド・フロー方式」給水システムの適用 (第 7 報) コマツナの連続摘み採り収穫による収量と内容成分, 園芸学研究第 11 巻別冊, 2, 211.

伊藤博章, 重川裕, 安西昭裕, 奈尾雅浩 (2007) : 野菜苗・花き類栽培における「簡易エブ・アンド・フロー方式」給水システムの適用 (第 1 報) 排水速度に影響する要因の解析, 園芸学研究第 6 巻別冊, 2, 254.

伊藤博章, 重川裕, 安西昭裕, 奈尾雅浩 (2008) : 野菜苗・花き類栽培における「簡易エブ・アンド・フロー方式」給水システムの適用 (第 2 報) イチゴ苗の大きさに与える給水回数や水深, 育苗容器の容量の影響, 園芸学研究第 7 巻別冊, 2, 265.

建部雅子, 石原俊幸, 松野宏治, 藤本順子, 米山忠克 (1995) : 窒素施用がハウレンソウとコマツナの生育と糖, アスコルビン酸, 硝酸, シュウ酸含有率に与える影響, 土肥誌, 66, 238-246.