

原著論文

レタスとエダマメの連続栽培後の畝とマルチを再利用した ブロッコリーの栽培方法の検討

佐野太郎・木矢博之*・米田祥二・神川 諭**

Broccoli Cultivation Reusing Ridges and Mulching Film from Consecutive Cultivation of Lettuce and Green Soybeans

Taro SANO, Hiroyuki KIYA, Hirotsugu YONEDA and Satoshi KAMIKAWA

Summary

Broccoli cultivation reusing ridges and mulching film from consecutive cultivation of lettuce and green soybeans was studied. Slow-release fertilizer of 70-day type (12-8-10-2-0.1-0.06 of N-P₂O₅-K₂O-Mg-Mn-B) was suitable as basal fertilizer mixed in planting hole soil. Application of 8 kg-N/10a of this fertilizer was sufficient for the yield of broccoli with acceptable head shape. For this broccoli cultivation, 30 cm intra-row spacing was regarded as better than 35 cm which was conventionally used in Yamato plateau region. It was the same intra-row spacing as previous cultivation, thus no new planting hole was needed. Furthermore, dense planting was suggested as producing higher yield. As a labor saving method, plant foot application of 2-4 kg-N/10a slow-release fertilizer was determined as an adequate method to obtain equivalent yield of broccoli compared to that of conventional cultivation in which 16 kg-N/10a fertilizer was applied to the plow layer. Additionally, application of 4-8 kg-N/10a controlled release fertilizer (24-0-1 N-P₂O₅-K₂O, 140-day type) to nursery plug trays was estimated to be another labor saving method. It brought higher yield than conventional cultivation.

Key Words: broccoli, consecutive cultivation, green soybeans, lettuce

緒言

奈良県大和高原地域では、春どりレタスの露地栽培が国営総合農地開発事業による造成農地を中心に行われている。大和高原地域の大部分を管轄する奈良県東部農林振興事務所管内の市村（宇陀市，山添村，曾爾村および御杖村）のレタスの作付けは、78経営体、5haに及んでいる（農林水産省大臣官房統計部，2016）。近年、圃場の高度利用を目的として、春どりレタスを栽培したあとの畝とマルチを再利用した早生エダマメの連続栽培技術が確立された（木矢，2016）。高齢化が進行する中、この栽培方法は、軽作業で取り組めるため、生産者の好評を受け普及してきた。

一方で、大和高原地域の造成農地では秋冬の土地利用型作物として、ハクサイの栽培が盛んに行われてきた。しかし、近年の生産者の高齢化により、重量野菜であるハクサイは敬遠されるようになり、奈良県東部農林振興事務所管内のハクサイの作付けは、

2005年には326経営体、9haであった（農林水産省大臣官房統計部，2007）が、2015年には234経営体、6ha（農林水産省大臣官房統計部，2016）と経営体数と面積の両面で減少している。これは、比較的軽量のレタスの作付けが2005年の126経営体、5ha（農林水産省大臣官房統計部，2007）から、経営体数は減少しているものの面積を維持していることと対照的である。これらのことを踏まえ、近年、大和高原地域ではハクサイの代替品目として、より軽量のブロッコリーの栽培が振興されるようになっている。

レタスとエダマメの後作としてブロッコリーに取り組む生産者は多いが、慣行の栽培方法ではエダマメ栽培後の畝を耕耘したうえで新たに畝を成型している。大和高原地域でのブロッコリーの定植は8月中旬から下旬に行うため、作畝は高温期の作業となり、特に高齢の生産者にとっては負担が大きい。そこで、レタスとエダマメを連続栽培したあとの畝とマルチを再利用してブロッコリーの栽培を行うことができれば、高温期の作畝作業が不要となり、軽労

*奈良県農林部農業水産振興課

**奈良県東部農林振興事務所

化につながると期待される。

大和高原地域で行われているレタスの畝とマルチを再利用したエダマメの栽培では、エダマメ栽培時の基肥の施用は行わず、レタス栽培での残肥のみで、慣行を超える収量が得られている(木矢, 2016)。これは、エダマメが、共生微生物により窒素固定を行い、慣行栽培での施肥量がN成分量で2kg/10aと少ないために可能であると考えられる。一方で、稲葉(2001)は、秋レタスと春ブロッコリーの連続作付け体系において、肥効調節型肥料を用いて、前作の秋レタスの基肥施用時に後作の春ブロッコリーの基肥も同時施用することで、慣行栽培と同等の春ブロッコリー収量が得られることを示している。同様に前作の基肥施用時に後作の基肥を同時施用する方法はカボチャの連作においても検討されている(池田・西村, 2015)。しかし、レタスとエダマメの連続栽培後の畝とマルチを再利用してブロッコリーを栽培する場合には、窒素要求量の少ないエダマメの栽培を挟むため、レタスの基肥施用時にブロッコリーの基肥を同時に施用することは困難であると考えられる。本研究ではレタスとエダマメの連続栽培後の畝とマルチを再利用したブロッコリーの栽培方法の確立を目指して、基肥の施肥方法を中心に検討を行った。

材料および方法

実験1 植穴に混和する緩効性肥料の種類とN成分量が収量と花蕾品質に及ぼす影響

実験は標高350mに位置する大和野菜研究センター内(奈良県宇陀市榛原三宮寺125)で行った。レタスの定植に先立ち、水平の露地圃場に、IB化成S1号(N-P₂O₅-K₂O-Mg:10-10-1)を70kg/10a、FTE入り燐硝安加里S604(N-P₂O₅-K₂O-Mn-B:16-10-14-0.4-0.2)を30kg/10a、BMリンスター(P₂O₅-Mg-Mn-B:30-8-1-0.5)を20kg/10a、苦土石灰を100kg/10a、すなわちN成分量で11.8kg/10aを全層に施用した。畝幅は1.5mとし、0.03mm厚の黒色ポリフィルムでマルチングを行った。2015年3月24日にレタスを定植した。栽培間隔は株間30cm、条間35cm、3条千鳥植えとし、5月上中旬に収穫を行った。レタスの地上部を収穫後の植穴に、レタスの株元を残したまま、6月2日にエダマメを播種し、8月中旬に株元で切断し地上部を収穫した。エダマメの株元

はブロッコリーの定植までに除去した。供試したブロッコリーの品種は‘ファイター’(株)ブロード)とし、8月5日に育苗用土として与作N150(ジェイカムアグリ(株))を充填した128穴セルトレイに播種した。ブロッコリーの定植は8月28日に行い、2条植えとした。株間は35cm、条間は70cmとし、エダマメの株元を取り除いたあとの中央条を除く2条に新たな植穴を設けつつ、レタスとエダマメ栽培に用いた植穴と重なり、利用できる場合にはその植穴を利用した。基肥の種類は2水準とし、マイクロロングトータル280(70日タイプ)(N-P₂O₅-K₂O-Mg-Mn-B:12-8-10-2-0.1-0.06、ジェイカムアグリ(株))またはエコロング413(70日タイプ)(N-P₂O₅-K₂O:14-11-13、ジェイカムアグリ(株))を定植直前の植穴に混和して施用した。基肥のN成分量は2水準とし、12kg/10aと8kg/10aとした。追肥として燐硝安加里S604(N-P₂O₅-K₂O:16-10-14)を9月17日にN成分量で4.8kg/10a、10月6日に同1.6kg/10aを畝肩に穴を設け施用した。花蕾の収穫適期に、地上部重、花蕾重、花蕾径および花蕾の品質(正常花蕾、不整形花蕾、リーフィー、花茎空洞、花茎表面褐変)を調査した。試験規模は1区14~23株、2反復とした。花蕾品質別の発生株率は各試験区について、反復を合計した株数で算出した。

実験2 株間が収量に及ぼす影響

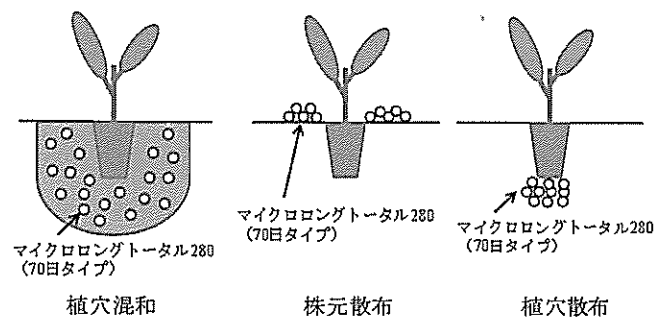
レタスとエダマメの栽培およびブロッコリーの供試品種と育苗は実験1と同様とした。ブロッコリーの定植は8月28日に行い、条間70cm、2条植えとした。株間を35cmと30cmの2水準とした。株間が35cmの区は実験1と同様に設定し、株間が30cmの区ではエダマメの株元を取り除いた植穴について、中央条を除く2条の植穴をそのまま利用した。追肥は実験1と同様に行い、花蕾の収穫適期に地上部重、正常花蕾の花蕾重および正常花蕾の花蕾径を調査した。試験規模は、1区19~24株、2反復とした。

実験3 基肥の植穴への施用方法が収量と花蕾品質に及ぼす影響

実験は大和野菜研究センター内で、2016年と2017年に行った。2016年は、レタスの定植に先立ち、水平の露地圃場にCDU複合燐加安S682(N-P₂O₅-K₂O:16-8-12)を60kg/10a、燐硝安加里S604を20kg/10a、BMようりん(P₂O₅-Mg-Mn-B:15-13-1-0.5)を30kg/10a、FTE(Mn-B:19-9)を2kg/10a、苦土石灰を120kg/10a、

すなわち N 成分量で 12.8kg/10a を全層に施用した。畝幅は 1.5m とし、0.03 mm 厚の黒色ポリフィルムでマルチングを行った。3 月 17 日にレタスを定植した。栽培間隔は株間 30 cm, 条間 35 cm, 3 条千鳥植えとし、5 月上中旬に収穫を行った。レタス収穫後の植穴にレタスの株元を残したまま、5 月 24 日にエダマメを播種し、7 月下旬から 8 月上旬に株元で切断し地上部を収穫した。供試したブロッコリーの品種は「ファイター」とし、7 月 27 日に与作 N150 を充填した 128 穴セルトレイに播種した。エダマメの株元を取り除いたのち、中央条を除く 2 条の植穴に 8 月 18 日にブロッコリーを定植した。基肥にはマイクロロングトータル 280 (70 日タイプ) を用い、N 成分量で 8kg/10a を施用した。基肥の施用方法として、定植直前の植穴に施用し混和する「植穴混和 N8 区」と定植直後の株元へ散布する「株元散布 N8 区」の 2 区を設けた。追肥として燐硝酸加里 S604 を 9 月 8 日に N 成分量で 4.8kg/10a, 9 月 21 日に同 1.6kg/10a, 畝肩に穴を設けて施用した。2017 年は、レタスの定植に先立ち、約 6 度の傾斜を有する露地圃場に、IB 化成 S1 号を 70kg/10a, FTE 入り燐硝酸加里 S604 を 30kg/10a, BM リンスターを 20kg/10a, 苦土石灰を 100kg/10a, すなわち N 成分量で 11.8kg/10a を全層に施用した。畝幅は 1.5m とし、0.03 mm 厚の黒色ポリフィルムでマルチングを行った。2017 年 3 月 16 日にレタスを定植した。栽培間隔は株間 30 cm, 条間 35 cm, 3 条千鳥植えとした。5 月上中旬に収穫を行った。レタス収穫後の植穴にレタスの株元を残したまま、5 月 22 日から 30 日にエダマメを播種し、7 月下旬から 8 月上旬に株元で切断し地上部を収穫した。供試したブロッコリーの品種は「ファイター」とし、8 月 9 日に与作 N150 を充填した 128 穴セルトレイに播種し、8 月 31 日に定植した。畝とマルチを再利用する場合の基肥にはマイクロロングトータル 280 (70 日タイプ) を用いた。基肥の施用量と施用方法として、N 成分量で 2kg/10a を定植直後の株元に散布する「株元散布 N2 区」、N 成分量で 4 kg/10a を定植直後の株元に散布する「株元散布 N4 区」、N 成分量で 8kg/10a を定植直前に掘った植穴に散布し混和を行わない「植穴散布 N8 区」、N 成分量で 8kg/10a を定植直前の植穴に混和する「植穴混和 N8 区」を設けた (第 1 図)。また、エダマメ収穫後にマルチを取り除き、CDU 複合燐加安 S682 を 60kg/10a, FTE 入り燐硝酸加里 S604 を 40kg/10a および BM リンスターを 40kg/10a, すなわち N 成分量で 16kg/10a の基肥を全層に施用したのち、畝幅を

1.5m とし 0.03 mm 厚の黒色ポリフィルムでマルチングを行った「新畝・マルチ N16 区」を設定した。さらに、新畝・マルチ N16 区と同様に基肥を全層に施用したのち、畝幅を 1.5m としマルチングを行わなかった「慣行 N16 区」を設けた。株元散布 N2 区, 株元散布 N4 区, 植穴散布 N8 区, 植穴混和 N8 区においては株間 30 cm, 条間 70 cm, 2 条植えとし、実験 1 と同様にエダマメの植穴を利用した。新畝・マルチ N16 区は株間 30 cm, 条間 70 cm, 2 条植えとした。慣行 N16 区は、株間 35 cm, 条間 70 cm, 2 条植えとした。追肥として FTE 入り燐硝酸加里 S604 を 9 月 21 日に N 成分量で 4.8kg/10a, 10 月 5 日に同 1.6kg/10a を畝肩に穴を設けて施用した。2016 年と 2017 年ともに、花蕾の収穫適期に、地上部重, 花蕾重, 花蕾径および花蕾の品質 (正常花蕾, 不整形花蕾, リーフイー, 花茎空洞, 花茎表面褐変) を調査した。試験規模は 1 区 10 株, 3 反復とした。花蕾品質別の発生株率は各試験区について、反復を合計した株数で算出した。



第1図 基肥の植穴への施用方法

Fig. 1. Basal fertilizer application to planting holes

実験 4 基肥のセル内への施用が苗の生育, 収量および花蕾品質に及ぼす影響

実験は大和野菜研究センター内で 2016 年と 2017 年に行った。レタスとエダマメの栽培は実験 3 と同様に行った。2016 年は、育苗用土には与作 N150 を用い、育苗じまん 2401 (80 日タイプ) (N-P₂O₅-K₂O : 24-0-1, ジェイカムアグリ (株)) を基肥として混和し 128 穴セルトレイに充填した。基肥のセルトレイへの施用量は栽植密度を 4444 株/10a とした場合に、8, 4 および 2kg/10a となるように設定し、それぞれ「セル内基肥 80 日 N8 区」、「セル内基肥 80 日 N4 区」および「セル内基肥 80 日 N2 区」とした。また、基肥のセルトレイへの施用を行わない「無処理区」を

設定した。ブロッコリーの品種は‘ファイター’とし、7月27日に播種した。8月10日と18日に処理区ごとに12個体の苗の葉数、草丈、葉身長および葉色を調査した。実験3と同様にエダマメの株元を取り除いたあとの植穴に、株間30cm、条間70cm、2条植えとして定植した。また、エダマメ収穫後にマルチを取り除き、CDU複合燐加安S682を60kg/10a、燐硝安加里S604を40kg/10aおよび粒状BMようりん(P₂O₅-Mg-Mn-B:20-12-1-0.5)を60kg/10a、すなわちN成分量で16kg/10aの基肥を全層に施用したのち、畝幅を1.5mとし0.03mm厚の黒色ポリフィルムでマルチングを行った「新畝・マルチN16区」を設定した。さらに、新畝・マルチN16区と同様に基肥を全層に施用したのち、畝幅を1.5mとしマルチングを行わなかった「慣行N16区」を設けた。新畝・マルチN16区と慣行N16区には、育苗時の無処理区の苗を定植した。新畝・マルチN16区は株間30cm、条間70cm、2条植えとし、慣行N16区は株間35cm、条間70cm、2条植えとした。2017年は、育苗用土には与作N150を用い、育苗じまん2401(140日タイプ)(N-P₂O₅-K₂O:24-0-1、ジェイカムアグリ(株))または育苗じまん2401(80日タイプ)を基肥として混和し128穴セルトレイに充填した。基肥のセルトレイへの施用は栽植密度を4444株/10aとした場合に、140日タイプでは8、4および2kg/10aならびに80日タイプでは2kg/10aとなるように設定し、それぞれ「セル内基肥140日N8区」、「セル内基肥140日N4区」、「セル内基肥140日N2区」および「セル内基肥80日N2区」とした。また、基肥のセルトレイへの施用を行わない「無処理区」を設定した。ブロッコリーの品種は‘ファイター’とし、8月9日に播種した。8月30日に処理区ごとに10個体の苗の葉数、草丈、葉身長および葉色を調査した。8月31日にエダマメの株元

を取り除いたあとの植穴に、株間30cm、条間70cm、2条植えとして定植した。また、エダマメ収穫後にマルチを取り除き、CDU複合燐加安S682を60kg/10a、FTE入り燐硝安加里S604を40kg/10aおよびBMリンスターを40kg/10a、すなわちN成分量で16kg/10aの基肥を全層に施用したのち、畝幅を1.5mとし0.03mm厚の黒色ポリフィルムでマルチングを行った「新畝・マルチN16区」を設定した。さらに、新畝・マルチN16区と同様に基肥を全層に施用したのち、畝幅を1.5mとしマルチングを行わなかった「慣行N16区」を設けた。新畝・マルチN16区と慣行N16区には、育苗時の無処理区の苗を定植した。2016年と2017年ともに、追肥は、すべての処理区について実験3と同様におこなった。花蕾の収穫適期に、地上部重、花蕾重、花蕾径および花蕾の品質(正常花蕾、不整形花蕾、リーフィー、花茎空洞、花茎表面褐変)を調査した。試験規模は1区10株、3反復とした。花蕾品質別の発生株率は各試験区について、反復を合計した株数で算出した。

結果

実験1 植穴に混和する緩効性肥料の種類とN成分量が収量と花蕾品質に及ぼす影響

総地上部重、正常花蕾の収量および正常花蕾の花蕾重は、基肥にマイクロロングトータル280(70日タイプ)を用いた場合に、エコロング413(70日タイプ)を用いた場合と比較して大きい傾向がみられた(第1表)。正常花蕾の花蕾径に肥料の種類が及ぼす影響は明らかでなかった。総地上部重、正常花蕾の収量、正常花蕾の花蕾重および正常花蕾の花蕾径に基肥のN成分量が及ぼす影響は明らかでなかった。

第1表 植穴に混和する緩効性肥料の種類とN成分量がブロッコリーの収量に及ぼす影響

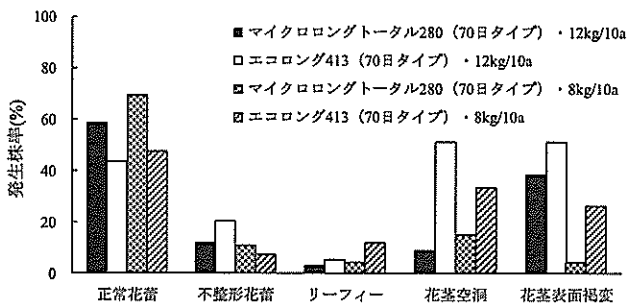
Table 1. Effects of brands and nitrogen contents of slow-release fertilizer applied to planting holes on broccoli yield

種類	基肥		総地上部重		正常花蕾	
	N成分量(kg/10a)	(kg/10a)	収量(kg/10a)	花蕾重(g/株)	花蕾径(cm)	
マイクロロングトータル 280(70日タイプ)	12	7073	947	412	13.0	
エコロング413 (70日タイプ)	8	6996	1125	420	13.3	
エコロング413 (70日タイプ)	12	6040	626	374	12.5	
	8	5729	621	357	12.7	
	種類	** ²	*	*	ns	
二元配置分散分析	N成分量	ns	ns	ns	ns	
	種類×N成分量	ns	ns	ns	ns	

定植日:2015年8月28日

²二元配置分散分析により**は1%水準、*は5%水準での有意差があることを示し、nsは有意差が認められないことを示す(n=2)

正常花蕾の発生株率は、マイクロロングトータル 280 (70 日タイプ) を用いた場合に、同一 N 成分量のエコロング 413 (70 日タイプ) を用いた場合と比較してやや高かった (第 2 図)。不整形花蕾およびリーフイーの発生株率に、基肥の種類が及ぼす影響は明らかでなかった。花茎空洞の発生株率は、マイクロロングトータル 280 (70 日タイプ) を用いた場合に、同一 N 成分量のエコロング 413 (70 日タイプ) を用いた場合と比較して低かった。花茎表面褐変の発生株率は、基肥にマイクロロングトータル 280 (70 日タイプ) を用いた場合に、同一 N 成分量のエコロング 413 (70 日タイプ) を用いた場合と比較して低かった。



第2図 植穴に混和する緩効性肥料の種類とN成分量がブロッコリーの花蕾品質に及ぼす影響

Fig. 2. Effects of brands and nitrogen contents of slow-release fertilizer applied to planting holes on broccoli head quality

定植日：2015年8月28日

第2表 株間がブロッコリーの収量に及ぼす影響
Table 2. Effects of intra-row spacing on broccoli yield

株間 (cm)	総地上部重 (kg/10a)	平均株重 (g/株)	正常花蕾		
			収量(kg/10a)	花蕾重(g/株)	花蕾径(cm)
30	7995 ± 128 ^z	1799 ± 29	1416 ± 126	400 ± 0	13.4 ± 0.2
35	7073 ± 268	1857 ± 70	947 ± 227	412 ± 52	13.0 ± 0.7

定植日：2015年8月28日

^z平均値±反復間の差 (n=2)

第3表 基肥の植穴への施用方法がブロッコリーの収量に及ぼす影響

Table 3. Effects of basal fertilizer application method to planting holes on broccoli yield

栽培年	処理区	総地上部重 (kg/10a)	正常花蕾			
			収量(kg/10a)	花蕾重(g/株)	花蕾径(cm)	
2016年	株元散布N8	5057	385	281	12.1	
	植穴混和N8	4598	488	251	12.3	
		t検定 ^z	ns	ns	ns	
2017年	株元散布N2区	4115 b ^y	1358 ab	305 a	12.2 a	
	株元散布N4区	4895 ab	1444 ab	325 a	12.4 a	
	植穴散布N8区	3954 b	1151 b	298 a	11.7 a	
	植穴混和N8区	4629 ab	1377 ab	310 a	12.1 a	
	新・畝マルチN16区	6042 a	1606 a	361 a	12.9 a	
		慣行N16区	4163 b	1138 b	299 a	12.1 a

^znsは5%水準での有意差がないことを示す (Student t-test, n=3)

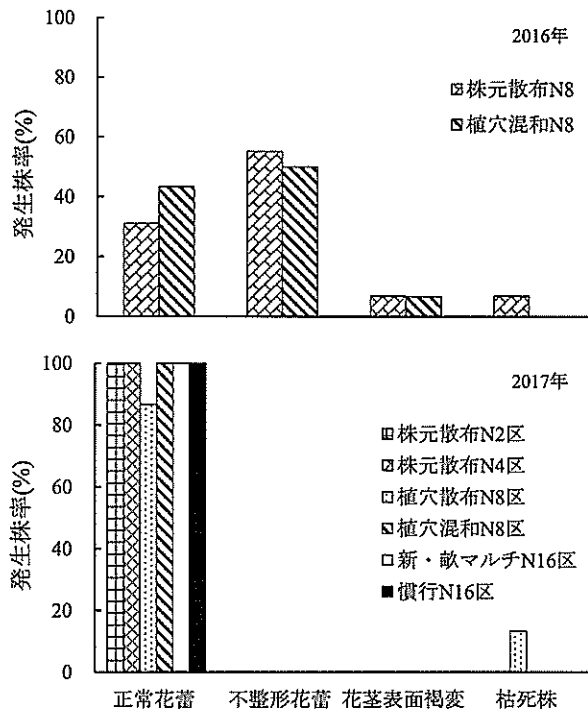
^y異なる文字間に5%水準での有意な差があることを示す (Tukey's HSD test, n=3)

実験 2 株間が収量に及ぼす影響

総地上部重と正常花蕾の収量は株間が 30 cm の場合に、35 cm の場合と比較して大きい傾向がみられた (第 2 表)。平均株重、正常花蕾の花蕾重および正常花蕾の花蕾径に株間が及ぼす影響は明らかでなかった。

実験 3 基肥の植穴への施用方法が収量と花蕾品質に及ぼす影響

2016 年の総地上部重、正常花蕾の収量、正常花蕾の花蕾重および正常花蕾の花蕾径は株元散布 N8 区と植穴混和 N8 区とで有意な差が認められなかった (第 3 表)。正常花蕾の発生株率は株元散布 N8 区で植穴混和 N8 区と比較してやや低かった (第 3 図)。不整形花蕾と花茎表面褐変の発生株率に基肥の植穴への施用方法が及ぼす影響は明らかでなかった。植穴混和 N8 区では枯死株の発生は認められなかったのに対し、株元散布 N8 区では枯死株の発生がみられた。2017 年の総地上部重と正常花蕾の収量は、植穴散布 N8 区で新畝・マルチ N16 区と比較して有意に小さかった。株元散布 N2 区、株元散布 N4 区および植穴混和 N8 区の正常花蕾の収量は同等であり、慣行 N16 区と比較して有意な差が認められなかった。正常花蕾の花蕾重と花蕾径に処理区間の差は認められなかった。植穴散布 N8 区では枯死する株が認められ、枯死株率は 13% に達した。



第3図 基肥の植穴への施用方法がブロッコリーの花蕾品質に及ぼす影響

Fig. 3. Effects of basal fertilizer application method to planting holes on broccoli head quality

実験4 基肥のセル内への施用が苗の生育、収量および花蕾品質に及ぼす影響

2016年の苗の生育について、播種14日後の8月10日の草丈と葉身長は、セル内基肥80日N8区で無処理区と比較して大きかった(第4表)。葉数と葉色に育苗用土への基肥の混和が及ぼす影響は明らかでなかった。また、播種22日後の8月18日の葉数、草丈および葉身長は、セル内基肥80日N8区とセル内基肥80日N4区で、セル内基肥80日N2区と無処理区と比較して有意に大きかった。セル内基肥80日N2区の葉数は無処理と有意な差が認められなかったが、草丈と葉身長は無処理区と比較して有意に大きかった。葉色はセル内基肥80日N8区で、セル内基肥80日N2区と比較して有意に大きかったが、無処理区との比較では有意な差が認められなかった。2017年は、播種21日後の8月30日の苗の生育を調査したところ、葉数はセル内基肥140日N8区で無処理と比較して大きかったが、セル内基肥140日N4区、セル内基肥140日N2区およびセル内基肥80日N2区で、無処理と同等であった(第5表)。草丈は育苗用土に基肥を混和したすべての場合において無処理と比較して大きかった。葉身長はセル内基肥140日

N8区、セル内基肥140日N2区およびセル内基肥80日N2区で無処理区と比較して大きく、セル内基肥140日N4区では、無処理区と比較して有意な差が認められなかった。葉色に育苗用土への基肥の混和が及ぼす影響は明らかでなかった。

2016年の収量と花蕾品質について、総地上部重はセル内基肥80日N8区でセル内基肥80日N4区、セル内基肥80日N2区、新畝・マルチN16区および慣行N16区と比較して有意に小さかった(第6表)。正常花蕾の収量、花蕾重および花蕾径に処理区間での有意な差は認められなかった。正常花蕾の発生株率はセル内基肥80日N8区とセル内基肥80日N4区で新畝・マルチN16区と慣行N16区と比較して明らかに低かった(第4図)。枯死株は、セル内基肥80日N8区とセル内基肥80日N4区で認められ、その発生株率はセル内基肥80日N8区で69%、セル内基肥80日N4区で23%であった。2017年の総地上部重はセル内基肥140日N8区、セル内基肥140日N4区、セル内基肥140日N2区、セル内基肥80日N2区および慣行N16区で同等であり、新畝・マルチN16区と比較して有意に小さかった。正常花蕾の収量は、セル内基肥140日N8区、セル内基肥140日N4区および新畝・マルチN16区で同等であり、慣行N16区と比較して有意に大きかった。セル内基肥80日N2区の正常花蕾の収量は慣行N16区と比較して有意に大きかったが、新畝・マルチN16区と比較して有意に小さかった。セル内基肥140日N2区の正常花蕾の収量は慣行N16区と同等であり、新・畝マルチN16区と比較して有意に小さかった。正常花蕾の花蕾重はセル内基肥140日N8区、セル内基肥140日N4区、セル内基肥140日N2区およびセル内基肥80日N2区で慣行N16区と同等であった。セル内基肥140日N8区とセル内基肥140日N4区の正常花蕾の花蕾重は新畝・マルチN16区と同等であったが、セル内基肥140日N2区とセル内基肥80日N2区では新畝・マルチN16区と比較して有意に小さかった。正常花蕾の花蕾径はセル内基肥140日N8区、セル内基肥140日N4区、セル内基肥140日N2区およびセル内基肥80日N2区で慣行N16区と同等であった。セル内基肥140日N8区、セル内基肥140日N4区およびセル内基肥80日N2区の正常花蕾の花蕾径は新畝・マルチN16区と同等であったが、セル内基肥140日N2区では新畝・マルチN16区と比較して有意に小さかった。いずれの区においても正常花蕾株率が100%であり、枯死株は認められなかった。

第4表 セル内への基肥施用がブロッコリー苗の生育に及ぼす影響 (2016年)

Table 4. Effects of basal fertilizer application to nursery plug trays on growth of broccoli nursery plants (2016)

処理区	8月10日				8月18日			
	葉数	草丈(mm)	葉身長 ^z (mm)	葉色 ^y	葉数	草丈(mm)	葉身長 ^z (mm)	葉色 ^y
セル内基肥80日N8	2.0 a ^x	84.8 a	35.4 a	42.8 a	3.3 a	192.5 a	61.8 a	47.1 a
セル内基肥80日N4	1.8 a	71.3 ab	31.0 ab	44.3 a	3.8 a	184.9 a	62.0 a	46.2 ab
セル内基肥80日N2	1.7 a	64.3 b	26.3 bc	42.4 a	2.5 b	145.8 b	50.5 ^z b	41.0 b
無処理	1.8 a	62.8 b	23.8 c	42.7 a	2.0 b	84.3 c	33.8 c	43.4 ab

播種日：2016年7月27日

^x最大葉を測定

^yミノルタ葉緑素計 (SPAD-502) により最大葉の中央を1か所を測定

^z異なる文字間に5%水準での有意な差があることを示す (Tukey's HSD test, n=12)

第5表 セル内基肥の肥効期間とN成分量がブロッコリー苗の生育に及ぼす影響 (2017年)

Table 5. Effects of the fertilizer effect period and content of basal fertilizer applied to nursery plug trays on growth of broccoli nursery plants (2017)

処理区	葉数	草丈(mm)	葉身長 ^z (mm)	葉色 ^y
セル内基肥140日N8	2.7 a ^x	115 a	40 ab	40.9 a
セル内基肥140日N4	2.5 ab	108 a	35 bc	40.5 a
セル内基肥140日N2	2.4 ab	109 a	37 ab	41.9 a
セル内基肥80日N2	2.3 ab	109 a	42 a	42.5 a
無処理	2.0 b	80 b	30 c	41.3 a

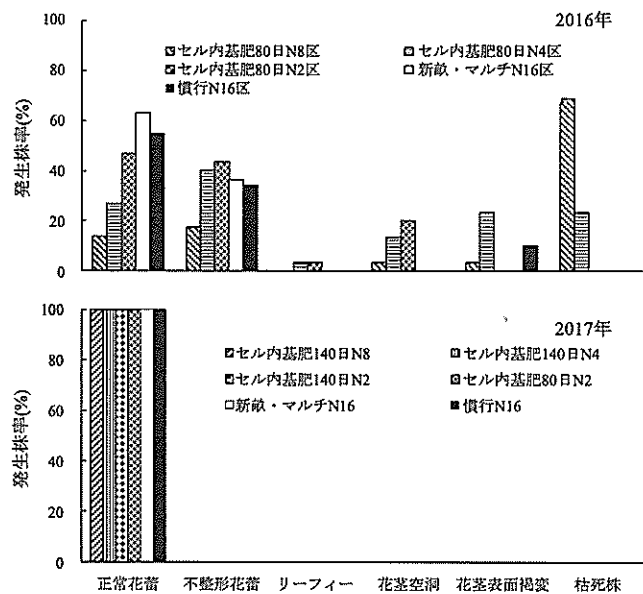
播種日：2017年8月9日

調査日：2017年8月30日

^x最大葉を測定

^yミノルタ葉緑素計 (SPAD-502) により最大葉の中央を1か所を測定

^z異なる文字間に5%水準での有意な差があることを示す (Tukey's HSD test, n=10)



第4図 セル内への基肥施用がブロッコリーの花蕾品質に及ぼす影響

Fig. 4. Effects of basal fertilizer application to nursery plug trays on head quality of broccoli

第6表 セル内への基肥施用がブロッコリーの収量に及ぼす影響

Table 6. Effects of basal fertilizer application to nursery plug trays on broccoli yield

栽培年	処理区	総地上部重(kg/10a)	正常花蕾		
			収量(kg/10a)	花蕾重(g/株)	花蕾径(cm)
2016年	セル内基肥80日N8区	2024 b ^z	202 a	302 a	12.2 a
	セル内基肥80日N4区	4255 a	357 a	293 a	12.6 a
	セル内基肥80日N2区	4783 a	563 a	268 a	12.8 a
	新畝・マルチN16区	4757 a	800 a	284 a	12.7 a
	慣行N16区	4995 a	670 a	317 a	13.3 a
2017年	セル内基肥140日N8	4470 b ^z	1495 ab	336 ab	12.6 ab
	セル内基肥140日N4	4292 b	1399 ab	315 ab	12.0 ab
	セル内基肥140日N2	4014 b	1293 bc	291 b	11.6 b
	セル内基肥80日N2	4285 b	1373 b	309 b	12.0 ab
	新畝・マルチN16	6042 a	1606 a	361 a	12.9 a
慣行N16	4163 b	1138 c	299 b	12.1 ab	

^z同一栽培年の異なる文字間に5%水準での有意な差があることを示す (Tukey's HSD test, n=3)

考察

1. 植穴への緩効性肥料の施用について

1) 緩効性肥料の種類について

リーフレタスの連続栽培において、永井ら(2017)は、前作の植穴に肥料を混和し、定植は前作の植穴間に新たに植穴を設けて行う方法を考案している。また、畝とマルチを連続利用した例ではないが、抑制キュウリ(川崎ら, 2008)とピーマン(高橋・佐藤, 2001)において緩効性肥料を定植時の植穴へ土壌混和する方法が報告されている。これらを参考に、ブロッコリーを定植する直前の植穴に、基肥として緩効性肥料を混和する方法を検討した。実験1において、植穴に施用する緩効性肥料の種類とN成分量を検討したところ、N成分量については、総地上部重と正常花蕾の収量に及ぼす影響は明らかでなかった。基肥を植穴に局所施用する栽培方法においては、慣行の全層施肥と比較して、N成分量でピーマンでは約3割(高橋・佐藤, 2001)、抑制キュウリでは約3~5割(川崎ら, 2008)の減肥が可能であることが示されている。実験3において、N成分量で8kg/10aのマイクロロングトータル280(70日タイプ)を植穴に混和した植穴混和N8区の正常花蕾の収量は、株間とマルチングの有無が同じで、慣行の基準に従って全層にN成分量で16kg/10aの基肥を施用した新畝・マルチN16区と比較して有意な差が認められなかったことも踏まえると、レタスとエダマメを連続栽培したあとの畝とマルチを再利用したブロッコリーの栽培においても、植穴に基肥を混和することで局所施用の効果が得られ、慣行の5割減に相当する8kg/10aのN成分量で基肥として充分であったと推測される。肥料の種類について、マイクロロングトータル280(70日タイプ)を用いた場合にエコロング413(70日タイプ)を用いた場合と比較して総地上部重、正常花蕾の収量および正常花蕾の花蕾重が大きかったうえに、花茎表面が褐変した花蕾の発生株率が低い傾向にあった。ブロッコリーはホウ素が欠乏すると花蕾の花茎表面がコルク化することが指摘されており(Shelpら, 1992)、マイクロロングトータル280(70日タイプ)にはホウ素が0.06%含まれている一方で、エコロング413(70日タイプ)にはホウ素が含まれていないことが影響した可能性がある。さらに、ブロッコリーではホウ素が不足すると花蕾径と花蕾収量が減少することが知られている(Shelpら, 1992)が、本実験の結果と合致する。以上のことから、

マイクロロングトータル280(70日タイプ)が植穴への基肥としてより適していると考えられた。

2) 株間について

大和高原地域での慣行のブロッコリーの株間は35cmである。一方で、レタスとエダマメを畝とマルチを連続利用して栽培する場合の株間は30cmである。ブロッコリーをレタスとエダマメの栽培後の畝とマルチを再利用して栽培する場合に、株間を30cmとすることができれば、ブロッコリーを定植する際、マルチに新たな植穴を設ける必要がない。そこで、実験2では、株間が収量と花蕾品質に及ぼす影響を検討した。平均株重に株間が及ぼす影響は明らかでなかった一方で、総地上部重は株間が30cmの場合に35cmの場合と比較して大きく、群落としての生育は株間を30cmとすることで向上すると考えられた。正常花蕾の花蕾重および花蕾径は、株間を30cmとした場合に35cmとした場合と比較して同程度であった。前者の方が後者よりも密植となることを考慮すると、株間を30cmとした場合に収量が増加することが期待され、本実験では、株間を30cmとした場合に、35cmとした場合より正常花蕾の収量が大きいたことが確認できた。したがって、レタスとエダマメの栽培後の畝とマルチを再利用してブロッコリーを栽培する際の株間は、レタスとエダマメの株間に合わせた30cmでよいと考えられた。

3) 植穴への緩効性肥料の施用方法について

実験1と実験2では緩効性肥料を基肥として植穴に混和して施用した。この施用方法では、基肥と土壌とを混和する作業に手間を要すること、降雨の影響により土壌の水分含有率が高いと混和が困難であると想定されるという問題がある。そこで、マイクロロングトータル280(70日タイプ)を基肥として施用する際の施用方法について、省力化につながり、かつ降雨後でも作業できると考えられる方法として、株元への散布を検討した。N成分量で4kg/10aまたは2kg/10aの基肥を株元に散布したところ、8kg/10aの基肥を植穴に混和する場合と比較して同等の収量と花蕾品質が得られた。N成分量で4kg/10aまたは2kg/10aの基肥を株元に散布する方法は、慣行の栽培方法と比較して正常花蕾の収量が同等であり、生産現場への普及を図るうえで十分な水準の収量が得られたと考えられる。

4) 植穴への緩効性肥料の施用における注意点について

(1) 植穴混和について

実験3では、2017年にマイクロロングトータル280(70日タイプ)を植穴に施用する際、N成分量で8kg/10aを混和せずに施用する方法も検討したが、13%の株が枯死した。これは、植穴の狭い範囲にN成分量で1.8g/株の基肥が集中したことによる濃度障害と考えられた。生産現場への普及を考えた際、マイクロロングトータル280(70日タイプ)を植穴に混和する方法では、混和が充分に行われないうことが想定されるが、そうした場合には、植穴散布と同様の状況となり枯死株が発生することが懸念される。普及における留意点とする必要がある。

(2) 株元散布について

実験3では2016年にN成分量で8kg/10aのマイクロロングトータル280(70日タイプ)を定植後の株元に散布する方法を検討した。定植直前の植穴に混和する場合と比較して、収量に有意な差は認められなかったものの、枯死株率がやや高く、正常花蕾株率がやや低かった。肥料成分の溶出が早まる高温期に、8kg/10aすなわち1.8g/株のN成分量の基肥を株元というかなり狭い範囲に散布したことで、濃度障害を受けた可能性がある。マイクロロングトータル280(70日タイプ)の株元への散布は、4kg/10aまたは2kg/10aで十分な収量が得られており、必要以上の肥料の株元への散布は避けるべきである。

2. 基肥のセル内への施用について

1) 苗の生育について

過剰な窒素施用による環境負荷の軽減などを目的として、キャベツ、ネギ、タマネギおよびレタスにおいてセルトレイやチェーンポットの育苗用土へ肥効調節型肥料を添加し基肥とする局所施用法が開発されている(岩佐ら, 2005; 山本・松丸, 2007; 小野寺, 2011; 大津・生部, 2017)。ブロッコリーについても、リン酸とカリの蓄積圃場の改善を目的とした窒素成分を主体の被覆燐硝安肥料のセル内全量基肥法が開発されている(鎌田ら, 2010)。これらの方法では、定植時の基肥の施用が不要となることから、レタスとエダマメの畝とマルチを再利用した栽培における省力的な基肥施用方法として利用できると想定される。そこで、まず、セル内への基肥の施用がブロッコリーの苗の生育に及ぼす影響について検討した。2016年に、80日タイプの基肥を育苗用土に混和し、7月下旬に播種したところ、N成分量で8kg/10aの基肥を育苗用土に混和した場合の苗の草丈は、播種14日後において無処理より大きく、4kg/10aと2kg/10aの基肥を混和した場合には無処理との有意な

差はみとめられなかったものの、いずれの場合においても、育苗期間中に肥料成分が溶出し始めたと考えられる。播種22日後の草丈は、N成分量で8kg/10a、4kg/10aおよび2kg/10aの基肥を育苗用土に混和した場合に、無処理と比較して大きく、苗は徒長していた。これらの苗を8月中旬に本圃へ定植したところ、N成分量で8kg/10aと4kg/10aの基肥を育苗用土に混和した場合には、定植後に枯死する株が認められた。本実験で用いた80日タイプの被覆肥料は25°Cにおいて施肥後約25日で溶出が始まるとされる。しかし、高温期の育苗ではより早期に溶出が始まり、育苗期間中の苗の徒長を引き起こしたのみならず、定植後の根鉢内でも溶出が進み、濃度障害を発生させ、苗を枯死せしめたものと推測される。そこで、2017年には、25°C条件下において約35日で溶出が始まる140日タイプの被覆肥料を基肥として育苗用土へ混和することを検討した。140日タイプの基肥を育苗用土に混和した場合、播種21日後の苗の草丈は無処理と比較して有意に大きかったが、N成分量が8kg/10aの場合の草丈の増加率は44%であり、2016年の80日タイプの基肥を用いた場合の播種22日後の草丈の増加率128%と比較すると低かった。各年の80日タイプの基肥を2kg/10a混和した場合を基準とすると、2017年の140日タイプの基肥を8kg/10a混和した場合の播種21日後の草丈は6%大きかった。一方、2016年の80日タイプの基肥を8kg/10a混和した場合には、播種22日後の草丈は32%大きかった。これらのことから、140日タイプの被覆肥料を用いることで、80日タイプの被覆肥料を用いる場合より苗の草丈の増加を抑えられると考えられた。

2) 収量について

正常花蕾の収量は140日タイプの基肥の混和量をN成分量で8kg/10aまたは4kg/10aとした場合に、慣行の基準にしたがってN成分量で16kg/10aの基肥を全層に施用し、マルチングを行った場合と同等の収量が得られた。また、マルチングを行わず、株間を35cmとした慣行の栽培方法と比較した場合には収量が大きかった。育苗用土に基肥を混和する場合には、N成分量で4~8kg/10aの育苗じまん2401(140日タイプ)を育苗用土に混和するのが適していると考えられた。

3. 基肥の植穴への施用とセル内への施用の比較について

実験3と実験4は栽培年と圃場が同一であることから、直接、結果を比較することができるが、実験3

の2016年の実験でマイクロロングトータル280(70日タイプ)を基肥とした場合、実験4の2016年の実験で育苗じまん2401(80日タイプ)を基肥とした場合と比較して、花茎空洞と花茎表面褐変の発生株率の合計は少ない傾向があった。花蕾の花茎が空洞になる症状は、窒素肥料の施用量が多いほど多く発生することが知られており(Zink, 1968)、また、ホウ素の欠乏によっても発生することが報告されている(Shelpら, 1992)。花茎表面の褐変は前述のとおり、ホウ素の欠乏が要因であると考えられている。すなわち、マイクロロングトータル280(70日タイプ)を基肥とした場合には、育苗じまん2401(80日タイプ)を基肥とした場合に比べてホウ素の欠乏が要因となりうる異常花蕾の発生が少なかった。実験圃場について、実験1、実験3の2016年の実験および実験4の2016年の実験は同一の圃場で実施したが、実験1においても、花茎空洞と花茎表面褐変が観察されていることから、この圃場はホウ素が不足する傾向にあったものと推測される。マイクロロングトータル280(70日タイプ)はホウ素を0.06%含むが、育苗じまん2401(80日タイプ)はホウ素を含まない。これらのことから、ホウ素欠乏が懸念される圃場で、レタスとエダマメの連続栽培後の畝とマルチを再利用してブロッコリーの栽培を行う場合、ホウ素を含むマイクロロングトータル280(70日タイプ)を植穴に施用する方法がより安全であると考えられる。

4. 定植時期について

実験3と実験4について、2016年の実験では不整形花蕾の発生割合が極めて高かった。不整形花蕾について、Dufault(1996)は、生育期の平均最高気温が花蕾の形状に影響し、感受性の高い品種においては、生育期の平均最高気温が高ければ高いほど、花蕾形状の許容度が直線的に減少することを報告しており、岩波ら(1993)は、花蕾形成中期の高温が最も影響が強いことを指摘している。実験3と実験4について2016年の実験では、8月18日に定植を行い、収穫は10月中旬から下旬に行っている。このことから、花蕾形成期を含む生育期間に高温にさらされ、不整形花蕾が多く発生したものと考えられる。一方、8月31日に定植を行った2017年の実験では不整形花蕾の発生は認められなかった。気温の推移の年次間差を考慮する必要はあるが、8月末に定植を行うことで、生育期間中、特に花蕾形成期の高温を回避することができるものと考えられる。

また、大和高原地域の慣行ではマルチングを行わ

ないが、レタスとエダマメの連続栽培後の畝とマルチを再利用する栽培では、黒色ポリフィルムでマルチングを行う。実験3と実験4において、全層に慣行基準での基肥を施用しマルチングを行った場合とマルチングを行わない慣行栽培とでは、株間が異なるために単純な比較はできないが、不整形花蕾の発生割合に差は認められなかった。また、花蕾重と花蕾径についても同様に、マルチングによる負の影響は認められなかった。したがって、この作型において、黒色ポリフィルムによるマルチングは、ブロッコリーの花芽と花蕾の発育には負の影響を及ぼさないと考えられる。しかし、マルチングを行った区の定植後の栽培管理について、8月18日に定植した2016年は活着までの灌水管理に多大な労力を要した。一方の8月31日定植をおこなった2017年は、容易に活着させることができた。黒色ポリフィルムでマルチングを行う場合には、8月下旬に定植することで活着が順調に進むと考えられる。

以上のことから、大和高原地域におけるレタスとエダマメの畝とマルチを再利用するブロッコリーの栽培では、定植は8月下旬に行うのがよく、定植後の活着と不整形花蕾の発生防止の両面から早期の定植は避けるべきであると考えられた。

摘要

レタスとエダマメを連続栽培したあとの畝とマルチを再利用したブロッコリーの栽培を検討した。植穴へ緩効性肥料を混和することを想定して、肥料の種類とN成分量を検討したところ、マイクロロングトータル280(70日タイプ)の8kg/10aの施用が適していた。株間は、新たな植穴を設ける必要がなく、密植による収量増が期待できることからレタスとエダマメの株間である30cmでよいと考えられた。省力的な基肥の施用方法を検討したところ、マイクロロングトータル280(70日タイプ)を2~4kg/10a、定植後の株元に散布することで慣行と同等の収量が得られた。また、セル内へあらかじめ基肥を施用することも可能であり、N成分量で4~8kg/10aの育苗じまん2401(140日タイプ)を育苗用土に混和することで、慣行より収量が大きかった。

引用文献

- Dufault, Robert J. Dynamic relationships between field temperatures and broccoli head quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1996, 121(4), 705-710.
- 池田稚則, 西村康平. 春作うねを連続利用した秋作カボチャの不耕起栽培. 石川県農林総研セ農試研報. 2015, 31, 35-37.
- 稲葉清弘. 秋レタス—春ブロッコリー体系における前作マルチ連続利用・後作不耕起栽培. 農耕と園芸. 2001, 56(5), 96-99.
- 岩波壽, 野口正樹, 井上昭司. ブロッコリーの花蕾形質に及ぼす高温の影響. 近畿中国農研. 1993, 86, 43-48.
- 岩佐博邦, 大塚英一, 真行寺孝, 井上満, 小林 広行. セル培養土内基肥施用によるキャベツの減窒素栽培. 千葉農総研研報. 2005, 4, 23-31.
- 鎌田淳, 畑克利, 江村薫. リン酸・カリ蓄積圃場におけるブロッコリーセル苗全量基肥法の開発. 埼玉農総研研報. 2010, 10, 31-36.
- 川崎佳栄, 西原基樹, 横山明敏. 抑制キュウリにおける被覆燐硝安加里肥料を用いた植穴施肥栽培. 農業および園芸. 2008, 83(11), 1179-1188.
- 木矢博之. レタス跡・畝マルチを再利用した早生エダマメの省力栽培. 奈良農研ニュース. 2016, 150, 1.
- 永井賢治, 河内博文, 武田正孝. リーフレタスの低コスト省力安定生産のためのマルチ・畝連続利用栽培技術の確立. 愛媛県農林水研報. 2017, 9, 1-8.
- 農林水産省大臣官房統計部. 2005年農林業センサス第1巻奈良県統計書. 農林統計協会, 2007, 252p.
- 農林水産省大臣官房統計部. 2015年農林業センサス第1巻奈良県統計書. 農林統計協会, 2016, 223p.
- 小野寺政行. 移植タマネギにおける肥効調節型肥料を用いたポット内施肥法. 日本土壤肥料学雑誌. 2011, 82(4), 312-315.
- 大津善雄, 生部和宏. 肥効調節型肥料のセル内施肥による年内どりレタスの窒素減肥栽培. 2017, 88(3), 238-241.
- Shelp, B. J.; Penner, R.; Zhu, Z. et al. Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cultivar response to boron deficiency. *Can. J. Plant Sci.* 1992, 72, 883-888.
- 高橋正樹, 佐藤喬. ピーマンでの肥効調節型肥料を利用した局所施肥. 東北農業研究. 2001, 54, 215-216.
- 山本二美, 松丸恒夫. ネギのチェーンポット内全量窒素施肥が生育および収量に及ぼす影響. 日本土壤肥料学雑誌. 2007, 78(4), 371-378.
- Zink, F. W. Hollow in broccoli. *Calif. Agr.* 1968, 22(1), 8-9.