農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

Control of the Growth and Harvest Time of Pot-cultured Lettuce (Lactuca sativa L.) by Changing the Concentration and Application Frequency of Liquid Fertilizer

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 佐々木, 英和, 中野, 有加, 岡田, 邦彦 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001860

液肥の施用濃度および頻度の変更による ポット栽培したレタスの生育および収穫期の調節†

佐々木　英和・中野　有加・岡田　邦彦*

（平成 26 年 11 月 7 日受理）

Control of the Growth and Harvest Time of Pot-cultured Lettuce (*Lactuca sativa* L.) by Changing the Concentration and Application Frequency of Liquid Fertilizer

Hidekazu Sasaki, Yuka Nakano and Kunihiko Okada

Ⅰ 緒　　言

野菜の露地栽培では，気象条件の影響を受けやすいため，しばしば収穫期の遅れや減収，品質の低下が引き起こされている．一方，豊作時には市場価格が低迷し，圃場廃棄せざるを得ないなど過剰生産も問題となっている．そのため，収穫時期が集中して過剰生産が予想される場合に，生育の調節により収穫時期を分散させることの意義は大きい．しかしながら，施設栽培に比べ露地栽培では，定植後に栽培管理によって生育を調節できる程度は低い．

現在，精密な養水分管理のためには灌水同時施肥栽培（養液土耕栽培）方式があり，これまでに露地野菜でも果菜類のナス（植田ら，2011）やピーマン（吉川ら，2010），葉菜類のハクサイとレタス（植田ら，2009）について養液土耕栽培技術が報告されている．しかしながら，特に葉菜類を中心として普及は進んでいない．植え替え時に灌水チューブを撤去する必要があることや設置コストの問題，導入による肥料削減以外の利点が明らかでないことが，その理由と考えられる．

施設を中心とした果菜類の栽培では，環境制御や肥培管理による生育制御が可能である（大石ら，2013）が，葉菜類では生育制御や収穫期を検討した例は少ない．砂耕のレタスで肥料を一定期間欠除させ，施肥方針を検討した研究（加藤，1965）や地中点滴灌漑を用いて施用窒素量を変えることで，ロメインレタスの収量を比較した試験（Thompson ら，1995）でも収穫期については報告されていない．キャベツでは，窒素追肥時期によって収穫期がどのように変動するか試験されたが，土壌表面散布による追肥のため効果がなかったとされている（藤野ら，1980）．

これまでに我々は，露地野菜においても精密な養水分管理による生育制御が期待できる畑地用地下灌漑システム（OPSIS）を開発し，これを用いた野菜の安定生産技術の確立を進めている（佐々木ら，2014）．このシステムは，地下に埋設した溝状の遮水シートから毛管力で水を移動させるもので，給水管等を撤去することなく植え替えや機械作業が可能である．今後は，安定生産技術だけでなく，地中からの養水分供給における利用効果を明らかにし，効率的な利用法を確立して行く必要がある．本研究では，その利用法のひとつと考えられる精密養水分管理において，生育制御を行う場合の基礎的データを得ることを目的とする．1 株ごとに液肥を施用でき，培地容量が少ないことから同時に複数の処理区を設定しやすいポット栽培を用い，液肥の施用濃度および頻度を変えることによるレタスの生育と収穫期調節効果について明らかにする．

〒 305-8666　茨城県つくば市観音台 3-1-1
野菜生産技術研究領域
＊研究調整役
† 本報告の一部は，園芸学会平成 24 年度春季大会で発表した．

II 材料および方法

1 液肥の施用濃度の上昇時期が結球前の生育に及ぼす影響（実験1）

育苗培養土（ナプラ野菜養土Sタイプ，ヤンマー，肥料成分N50, $P_2O_5$500, K_2O100mg•L^{-1}）を詰めた128穴セル成型トレイにレタス品種‘パトリオット’種子を2011年8月26日に播種し，無加温ガラス室内（つくば市観音台）で育苗した．育苗時には灌水のみ行い，液肥は施用しなかった．無肥料成分培養土（セル成型用培養土無肥料型，信濃培養土）を詰めたビニルポット（12cm）へ播種20日後に移植，引き続きガラス室内で栽培した．移植時から栽培期間を通じて，市販の液肥（OK-F-1，OATアグリオ，N:P_2O_5:K_2O=15:8:17）の500倍希釈液（N濃度0.3g・L^{-1}）を施用した区を対照区とした．移植後，1000倍希釈液肥（N濃度0.15g・L^{-1}）を施用し，それぞれ移植10，20，30日後から500倍希釈液肥に変更した3区（それぞれI10，I20，I30区）を設定した．生育段階にあわせて移植10日後までは9日おき，40日後までは4日おき，それ以降は2日おきを目安に希釈液肥を1ポットにつき50，もしくは100mL施用した．液肥を施用しなかった日は，適宜灌水を行った．いずれの区でも移植時から10日ごとに移植60日後まで，各区5個体ずつの地上部新鮮重と乾物重を測定した．

2 液肥の施用濃度の低下時期が結球前の生育に及ぼす影響（実験2）

育苗培養土（ナプラ野菜養土Sタイプ）を詰めた128穴セル成型トレイにレタス品種‘パトリオット’種子を2011年9月5日に播種し，全期間を通じて無加温ガラス室内で栽培した．無肥料成分培養土（セル成型用培養土無肥料型）を詰めたビニルポット（12cm）へ播種20日後に移植した．移植時から500倍希釈した液肥（OK-F-1）を施用し，それぞれ移植20，30，40，50日後から1000倍希釈液肥に変更した4区（それぞれD20，D30，D40，D50区）と，変更しなかった対照区を設けた．移植後は，生育段階にあわせて2日から9日おきに希釈液肥を1ポットにつき50，もしくは100mL施用した．液肥を施用しなかった日は，適宜灌水を行った．移植時から移植50日後までの10日ごとと65日後に各区5個体ずつの地上部新鮮重と乾物重を測定した．

3 液肥の施用濃度の変更が結球後の生育に及ぼす影響（実験3）

育苗培養土（ナプラ野菜養土Sタイプ）を詰めた128穴セル成型トレイにレタス品種‘シスコ’を2012年1月5日に播種し，全期間を通じて無加温ガラス室内で栽培した．無肥料成分培養土（セル成型用培養土無肥料型）を詰めたビニルポット（12cm）へ播種25日後に移植した．移植時から500倍希釈した液肥（OK-F-1）を施用した対照区と，移植時から1000倍希釈液肥を施用し，それぞれ移植35，45日後から500倍希釈液肥に変更した2区（それぞれI35，I45区），移植時から500倍希釈液肥を施用し，移植35日後から1000倍希釈液肥に変更した区（D35区）を設定した．移植後は，生育段階にあわせて2日から4日おきに希釈液肥を1ポットにつき50，もしくは100mL施用した．液肥を施用しなかった日は，適宜灌水を行った．結球部の直径が12cm程度に達した日を収穫期とし，各区で収穫期に達した日に5個体ずつの外葉と結球葉の新鮮重と乾物重を測定した．また，対照区で収穫期に達した移植78日後に各区5個体ずつの外葉と結球葉の新鮮重と乾物重を測定した．

4 液肥の施用頻度・濃度が収穫期に及ぼす影響（実験4）

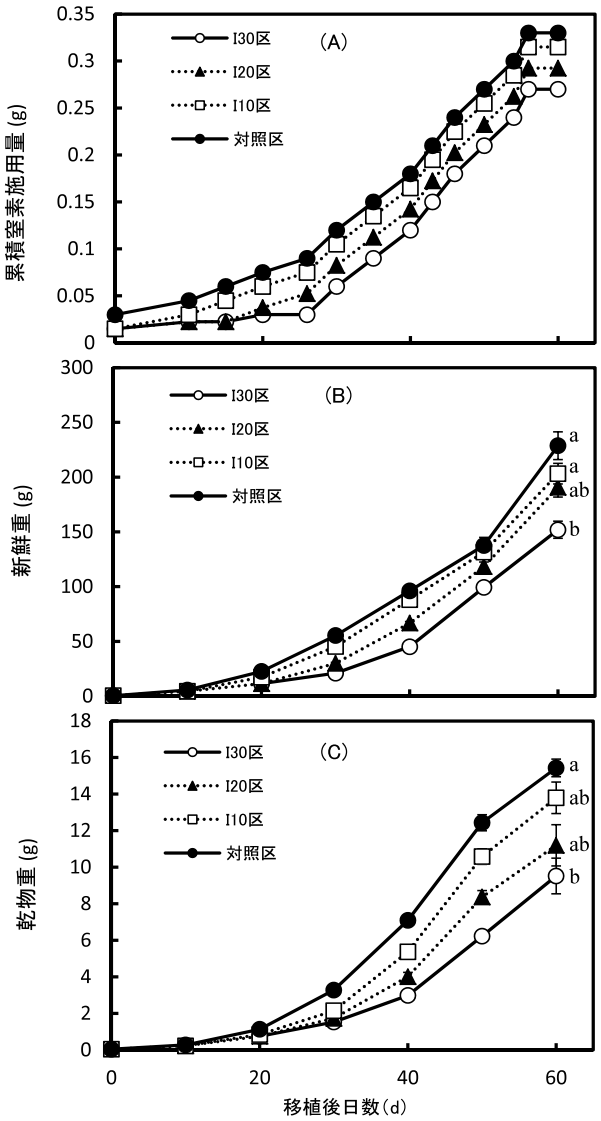
育苗培養土（ナプラ野菜養土Sタイプ）を詰めた128穴セル成型トレイにレタス品種‘Vレタス’種子を2013年3月1日に播種し，全期間を通じて無加温ガラス室内で栽培した．無肥料成分培養土（セル成型用培養土無肥料型）を詰めたビニルポット（15cm）へ播種20日後に移植した．移植時から500倍希釈した液肥（OK-F-1）を施用した対照区と，移植時から1000倍希釈液肥を施用し，移植25日後から500倍希釈液肥に変更した区（I25区），移植時から500倍希釈液肥を施用し，移植35日後から1000倍希釈液肥に変更した区（D35区）を設けた．さらに，移植時から1000倍希釈液肥を施用し，移植35日後から500倍希釈液肥を対照区の2倍の頻度で施用した区（S35区）を設定した．希釈液肥は1回あたり1ポットにつき100mL施用し，施用頻度はS35区を除いて各区同じく生育段階にあわせて2日から4日おきとした．液肥を施用しなかった日は，適宜灌水を行った．対照区の平均的な生育のレタスを1株調査して，収穫適期と考えられる結球緊度が0.35 g•cm^{-3}程度（小澤ら，2012）となった移植57日後を対照区の収穫期とした．移植57日後に各区5個体ずつの外葉と結球葉の新鮮重，球長径，球短

径，球高を測定した．次式により結球緊度を計算した．結球緊度［g•cm^{-3}］＝結球葉の新鮮重［g］/（π /6 ×球長径［cm］×球短径［cm］×球高［cm］）．対照区以外の区については，平均的な生育をしたレタスの結球部の堅さを触感により調査し，対照区の収穫期（移植 57 日後）と同程度となった日を各区の収穫期とした．

III　結　　果

1　液肥の施用濃度の上昇時期が結球前の生育に及ぼす影響（実験 1）

実験期間中の流出分を含めた累積窒素施用量は，移植時から液肥濃度が高かった対照区で多く推移し，液肥濃度の上昇時期が最も遅かった I30 区では対照区に比べて移植 60 日後で 0.06g 少なかった（図－ 1A）．地上部新鮮重は，移植時から高濃度の液肥を施用した対照区で最も大きく推移した（図－ 1B）．移植 30 日後以降での各区の地上部新鮮重の大小は，累積窒素施用量の多少と同じ順序で推移した．液肥濃度を上昇させる時期が遅くなるにしたがって，移植 60 日後の新鮮重は小さくなり，I30 区は対照区に比べて有意に小さかった．地上部乾物重も，液肥濃度を上昇させる時期が遅くなるにしたがって，小さくなり，I30 区では対照区より有意に小さくなったが，液肥濃度を上昇させると比較的速やかに新鮮重が増加したのに比べて緩やかな増加であった（図－ 1C）．移植 60 日後の I10，I20，I30 区それぞれの対照区に対する減少割合は，地上部新鮮重で 11.1，16.6，33.5%であった．乾物重では 10.6，27.4，38.3% となり，乾物重の方が液肥の施用濃度が上昇しても増加しにくく，累積窒素施用量が少ない場合，対照区に対する減少割合は大きかった．



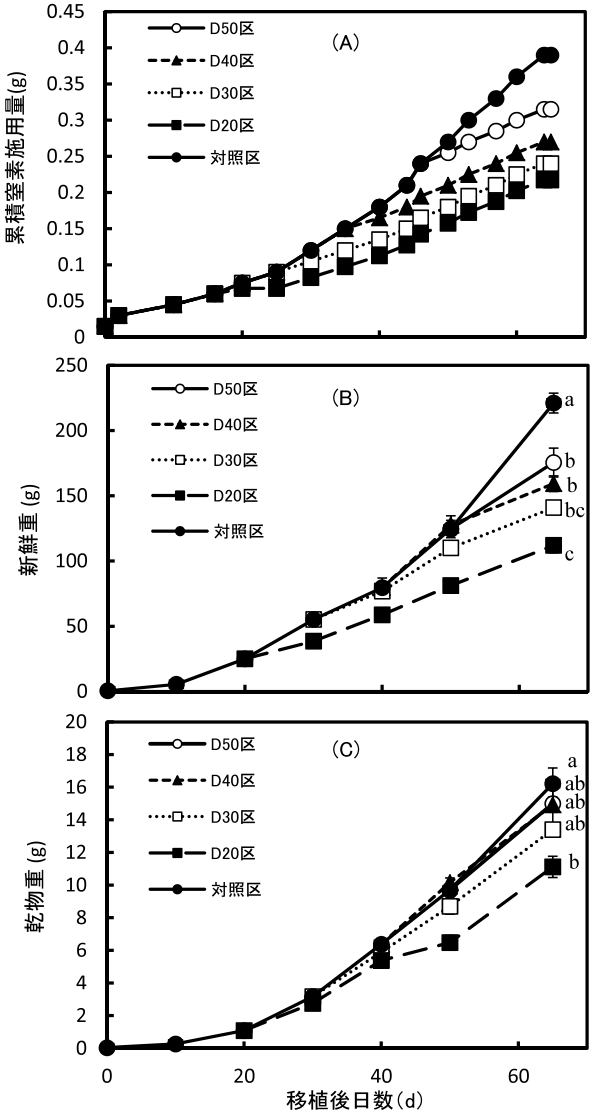
図－ 1　液肥の施用濃度の上昇時期が累積窒素施用量の推移と結球前の生育に及ぼす影響（実験 1）
(A) 累積窒素施用量，(B) 地上部新鮮重，(C) 地上部乾物重
移植 60 日後における異なるアルファベットは，5%水準で処理区間の値に有意差があることを示す（Tukey 法による多重比較）．
地上部重の上下線は標準誤差（n=5）を示す．

2　液肥の施用濃度の低下時期が結球前の生育に及ぼす影響（実験 2）

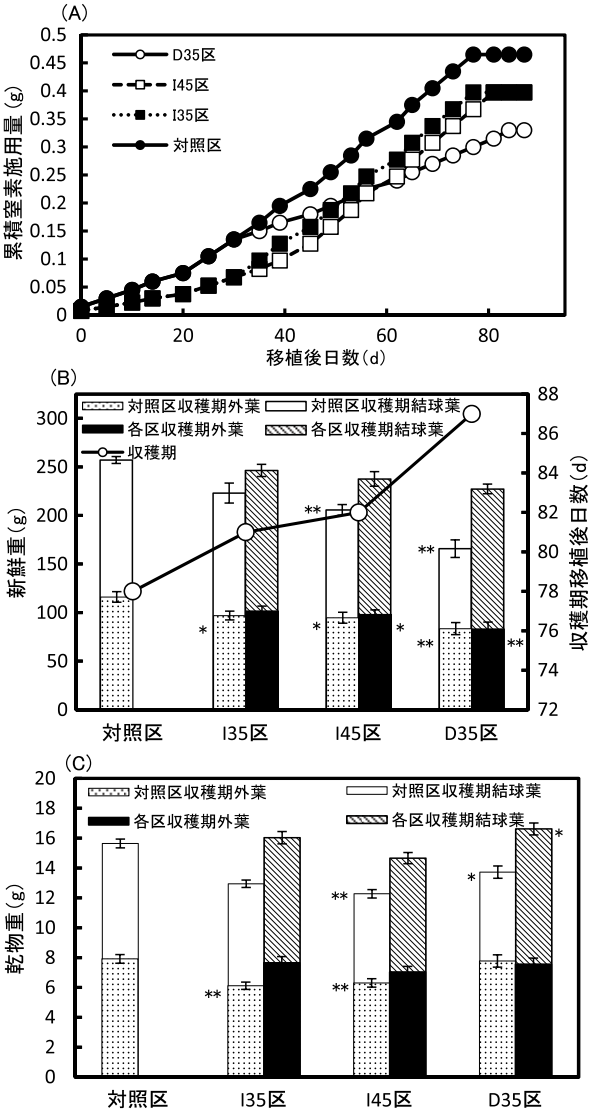
液肥濃度の低下時期が最も早い D20 区では，流出分を含む累積窒素施用量が少なく推移し，移植 65 日後で対照区に比べて約 0.17g 少なかった（図－ 2A）．地上部新鮮重は，対照区で最も大きく推移し，移植 65 日後の値で有意に他の区よりも大きかった（図－ 2B）．液肥濃度を低下させる時期が早いほど，移植 65 日後の新鮮重は小さくなった．地上部乾物重も対照区が最も大きく，液肥濃度を低下させる時期が早くなるにしたがって，小さくなった（図－ 2C）．移植 65 日後の D20，D30，D40，D50 区それぞれの対照区に対する減少割合は，地上部新鮮重で 49.3，36.2，27.9，20.6%，乾物重では 31.5，17.4，8.0，7.5% となり，液肥を低濃度から高濃度に変更する場合とは逆に，対照区に対する減少は，乾物重より新鮮重で顕著であった．

3　液肥の施用濃度の変更が結球後の生育に及ぼす影響（実験 3）

実験期間中の流出分を含む累積窒素施用量は，移植時から液肥濃度が高かった対照区で多く推移した（図－ 3A）．低濃度から高濃度の液肥に変更した I35 と I45 区



図－２ 液肥の施用濃度の低下時期が累積窒素施用量の推移と結球前の生育に及ぼす影響（実験 2）
(A) 累積窒素施用量，(B) 地上部新鮮重，(C) 地上部乾物重
移植 65 日後における異なるアルファベットは，5%水準で処理区間の値に有意差があることを示す（Tukey 法による多重比較）．
地上部重の上下線は標準誤差（n=5）を示す．

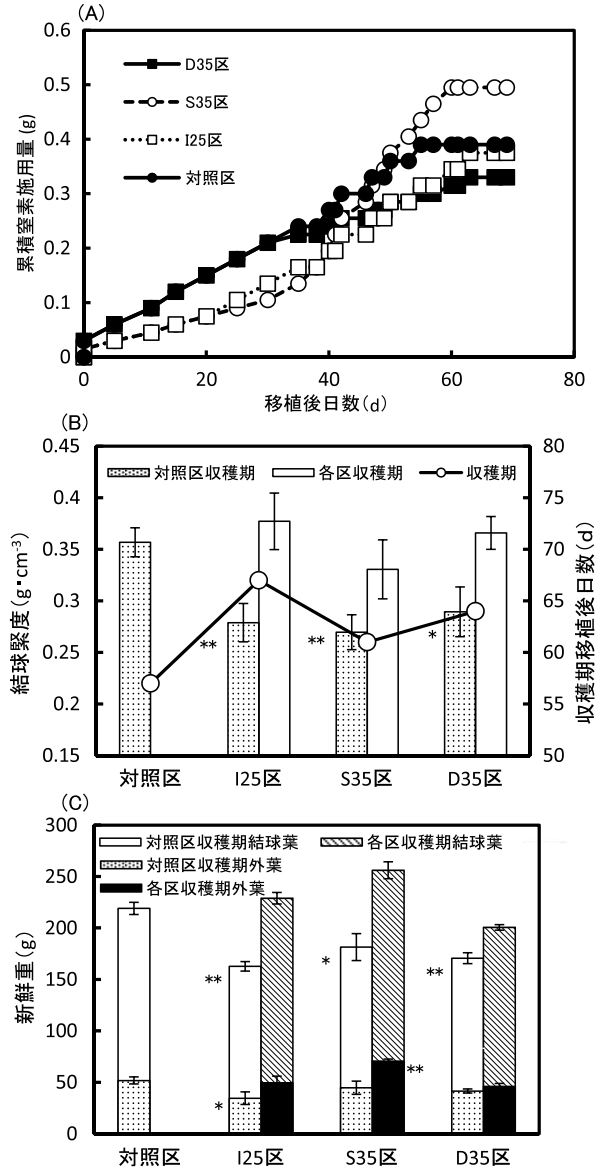


図－３ 液肥の施用濃度の変更が累積窒素施用量の推移と結球後の生育に及ぼす影響（実験 3）
(A) 累積窒素施用量，(B) 外葉と結球葉の新鮮重および収穫期，(C) 外葉と結球葉の乾物重
各処理区の左側カラムは，対照区での収穫期における処理区の値を示す．
**，* は，それぞれ 1，5%水準で対照区の葉重と有意差があることを示す（t 検定）．
葉重の上下線は標準誤差（n=5）を示す．

では，それぞれ移植 53，62 日後に D35 区よりも累積窒素施用量が多くなった．対照区で生育は最も速く，移植 78 日後に収穫期に達した（図－ 3B）．なお，外見から結球開始が確認されたのは，対照区で移植 49 日後であった．移植 78 日後の地上部新鮮重は，対照区，I35 区，I45 区，D35 区の順に大きく，累積窒素施用量の多少と同じ順序となった．I35 区は移植 81 日後に収穫期に達し，その時の結球葉新鮮重は収穫期の対照区と同等であった．I45 区，D35 区はそれぞれ移植 82，87 日後に収穫期に達し，収穫期での対照区の値と同等となった．結球葉乾物重は，収穫期の対照区より収穫期の D35 区で有意に大きかった（図－ 3C）．

4 液肥の施用頻度・濃度が収穫期に及ぼす影響（実験 4）

流出分を含む累積窒素施用量は，移植 49 日後までは液肥濃度が高かった対照区で多く推移し，それ以降は施肥頻度を高くした S35 区で多かった（図－ 4A）．対照



図－4　液肥の施用頻度・濃度が累積窒素施用量の推移と収穫期に及ぼす影響（実験 4）
(A) 累積窒素施用量，(B) 結球緊度と収穫期，(C) 外葉と結球葉の新鮮重
各処理区の左側カラムは，対照区での収穫期における処理区の値を示す．
**，* は，それぞれ 1，5%水準で対照区の結球緊度，葉重と有意差があることを示す（t 検定）．
上下線は標準誤差（n=5）を示す．

区では，移植 57 日後に結球緊度は 0.36g•cm^{-3} となり，最も早く収穫期に達した（図－ 4B）．その時の他の処理区では，結球緊度が 0.29 g•cm^{-3} 以下であり，収穫期に達していなかった．S35 区では，移植 61 日後に収穫期に達し，D35 区，I25 区がそれに続いた．対照区の収穫期では，対照区の結球葉重が最も大きかった（図－ 4C）．しかし，それぞれの収穫期における結球葉重は，D35 区でやや小さい傾向はあるものの，収穫期における対照区の値とほぼ同様であった．

IV　考　　察

実験 1，2 では，生育途中から液肥濃度を上昇，あるいは低下させた場合，どちらも窒素施用量の多少とレタスの新鮮重は，同様に推移した．また，液肥濃度を上昇させた場合，地上部の新鮮重よりも乾物重で処理区間の差が明瞭であったが，液肥濃度を低下させた場合には，乾物重よりも新鮮重で差が明らかであった．このことから，液肥濃度を上昇させてもすぐには乾物生産が増加せず，逆に液肥濃度を低下させても乾物生産はすぐには低下しないと推察された．こうした結果は，水耕栽培したホウレンソウで窒素の施用を栽培途中から欠除させた場合，欠除期間が長くなるにしたがって，新鮮重は有意に減少したが，乾物重は最も欠除期間が長い区でのみ低下した報告（王ら，1997）と同様の傾向であった．

一方，生育ステージによっても肥料の施用量の生育に及ぼす影響は異なり，加藤（1965）は，レタスの生育期間中に 15 日間窒素を欠除させた砂耕試験から，生育初期に窒素を欠除させても欠除させなかった対照との結球葉重の差はなかったが，結球中に窒素を欠除させると結球葉重に著しい影響を与えると考察している．実験 3 での対照区の収穫期における結球葉重は，移植 35 日後から液肥濃度を上昇させた区では，結球中に窒素量が確保できたため，対照区と有意差がなかったのに対し，移植 45 日後から上昇させた区と移植 35 日後から低下させた区では，結球中に窒素量が不足したため，対照区に比べて小さかったと考えられる．

キャベツでは，基肥量により生育を調節でき，追肥は土壌に表面散布するのではなく，土中に施用する必要があると考察されている（藤野ら，1980）．レタスを用いた本研究では，液肥を施用したことで，速やかに植物体が窒素成分を吸収し，生育を制御できたと考えられる．本研究の結果から，液肥の施用濃度や頻度を変えることにより生育量と収穫期を制御できることが示されたが，ポット栽培では培地量や根系が制限されることから，本研究で用いた窒素施用量をそのまま圃場での栽培に用いることはできない．しかしながら，ポット栽培による試験は，多くの処理区を設定できること，培地量が少ないために液肥濃度に反応しやすいことなどの利点があり，畑地用地下灌漑システム（OPSIS）を用いた精密養水分管理法を開発するための基礎的知見を得るには有効で

ある．本研究は，精密養水分管理法による生育制御を露地野菜の収穫期の調節に応用することを意図したものである．OPSIS について，その給水管からの水分動態は解明されてきたが（佐々木ら，2014），肥料成分が給水管からどのように土壌中を移動するかは明らかになっていない．今後，生育制御のための精密養水分管理法の開発とともに，OPSIS 利用における肥料成分の動態解明とそれを制御する液肥施用法についても研究を進める必要がある．

本研究では，施用する液肥の濃度を変更することによりレタスの結球前の生育が変わること，新鮮重と乾物重でその反応する速さに違いがあることが示された．このことは，葉菜類の含水率の調節や非結球性の葉菜類での生育制御の可能性も示唆している．また，実験 3 では，生育途中から施用する液肥を高濃度から低濃度に変更，あるいは生育途中まで低濃度の液肥を施用すると，収穫期が遅れた．さらに，実験 4 では，結球緊度が低く，結球葉重が小さかった区は，結球緊度が対照区の収穫期と同等になる時期には，結球葉重も対照区の収穫期と同等となった．これらの結果は，施用する液肥濃度を変更することでレタスの収穫期を調節できることを示している．以上のことから，生育期間中に施用する液肥濃度・頻度を変えることにより，レタスの生育量を制御でき，収穫期を調節できると考えられた．

V 摘　　要

野菜の露地栽培において，精密養水分管理による生育制御，収穫期の調節技術を開発するために，ポット栽培したレタスの生育，収穫期に及ぼす施用する液肥濃度・頻度の影響について検討した．施用する液肥を低濃度から高濃度に変更する時期が遅くなる，あるいは施用する液肥を高濃度から低濃度に変更する時期が早くなるにしたがって，結球前の地上部新鮮重は小さくなった．生育期間を通じて高濃度の液肥を施用した対照区に比べ，生育途中まで低濃度の液肥を施用した後に対照区と同じ頻度，または高頻度で高濃度の液肥を施用，あるいは生育途中に高濃度から低濃度に変更した区では，結球葉重は小さく推移し，収穫期は遅れたが，収穫期の結球葉重は対照区と同等であった．以上のことから，生育期間中に施用する液肥濃度・頻度を変えることにより，ポット栽培したレタスの生育量を制御でき，収穫期を調整できると考えられた．

引用文献

1）藤野雅丈・亀野　貞・高田勝也（1980）：秋どりキャベツの収穫期及び収量に及ぼす栽植密度及び窒素追肥時期の影響．近畿中国農研．，**60**，64-67.
2）加藤　徹（1965）：レタスの施肥に関する基礎的研究．高知大学学術研究報告，**14**，49-60.
3）大石直記・守谷栄樹（2013）：循環キャピラリー養液栽培システムを用いた高糖度トマト生産における NO_3-N 供給量による成育制御．植物環境工学，**25**，183-194.
4）王　秀峰・伊東　正（1997）：水耕ホウレンソウの生育，収量および NO_3 含量に及ぼす補給液の NO_3-N の影響．園学雑．，**66**，313-319.
5）小澤智美・星野英正・小松和彦・塩川正則・鈴木尚俊・重盛勲・上杉壽和（2012）：夏秋季加工・業務用レタスの栽培体系と経営試算．平成 23 年度関東東海北陸農業研究成果情報.
6）佐々木英和・中野有加・島田信二・岡田邦彦（2014）：遮水シート溝式地下灌漑システムを用いた給水制御方式がレタスとホウレンソウの地上部および根部の生育に及ぼす影響．根の研究，**23**，5-13.
7）Thompson, T. L. and T. A. Doerge (1995): Nitrogen and water rates for subsurface trickle-irrigated romaine lettuce. *HortScience*, **30**, 1233-1237.
8）植田稔宏・池羽智子・安　東赫・加藤一幾・河野　隆・松本英一（2009）：葉菜類の露地栽培における点滴灌水施肥（養液土耕）栽培が収量・品質と施肥効率に及ぼす影響．土肥誌．，**80**，477-486.
9）植田稔宏・瀧澤利恵・萩原　愛・松本英一（2011）：露地ナス栽培における点滴灌水施肥技術の効果と実証．茨城農総セ園研報．，**18**，17-24.
10）吉川弘恭・中尾誠司・渡邊修一・福島　昭・本田　理・沖本さやか・北川真輔・原田和文（2010）：日射制御型拍動自動灌水装置の利用による露地夏秋ピーマンの減化学肥料栽培．近畿中国四国農業研究センター 2010 年成果情報.

Control of the Growth and Harvest Time of Pot-cultured Lettuce (*Lactuca sativa* L.) by Changing the Concentration and Application Frequency of Liquid Fertilizer

Hidekazu Sasaki, Yuka Nakano and Kunihiko Okada

Summary

We investigated the effects of changing the liquid fertilizer concentration and application frequency on the growth and harvest time of pot-cultured lettuce (*Lactuca sativa* L.), with the goal of developing technologies for controlling growth and harvest time in open-field cultivation. The later the liquid fertilizer concentration was changed from low to high, the smaller the shoot fresh weight of the lettuce at harvest. In addition, the shoot fresh weight decreased when the fertilizer concentration decreased early in the cultivation period. When the fertilizer concentration changed from low to high or from high to low, the shoot weight remained smaller than that in the control, in which a high concentration of liquid fertilizer was applied. The harvest time was earliest in the control. However, the shoot weight of lettuce for which the fertilizer concentration was changed during the growth period eventually equaled that of the control, though with a delay of 4-10 days. These results suggest that changing the concentration of liquid fertilizer and its application frequency can control the growth and harvest time of pot-grown lettuce.

Accepted; November 7. 2014
Vegetable Production Technology Division
3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8666 Japan