

## KCl添加培養液を用いたエブ&フロー灌水による キャベツセル成型苗への耐干性の付与<sup>†</sup>

村上 健二・岡田 邦彦・生駒 泰基\*・山崎 敬亮\*\*・相澤 証子・東尾 久雄

(平成20年12月22日受理)

## Addition of Drought Tolerance for Cabbage Plug Seedling by Additional of KCl to the Culture Solution in Ebb and Flow Irrigation

Kenji Murakami, Kunihiko Okada, Hiroki Ikoma\*,  
Keisuke Yamazaki\*\*, Shouko Aizawa and Hisao Higashio

### I 緒言

輸入野菜に対抗して国産野菜生産を発展・維持させるためには、省力化による生産コストの低減が重要である。キャベツでは、省力・機械化栽培体系の一環として全自動移植機の普及が進んでいる。移植機用の苗は128穴セルトレイに専用の育苗用土を用いて育苗するが、頭上灌水によって育苗後期に過繁茂になり灌水ムラが生じ易い。特に、育苗期間が夏季高温期となる年内採り作型の場合に、その灌水ムラの影響は大きく、一斉収穫が困難となる。また、定植後においても、高温・乾燥条件のため苗が活着不良となり易い。

頭上灌水による苗揃いの低下に対しては、トマトを対象としてセル内へ均一に給水可能なエブ&フロー灌水による育苗が検討されてきた(渋谷ら, 1999)。キャベツセル成型苗においても、エブ&フロー灌水の実用性が報告されている(佐藤ら, 2002)。藤原ら(2001)は、乾燥条件下における定植時の活着不良対策として、苗に耐干性を付与することを目的に、定植5日前からNaClを添加した培養液を用いるエブ&フロー灌水法について報告している。しかしながら、この方法ではNaCl添加培養液の廃液処理、処理期間による収穫時の球重低下等の問題が起り易い。このため、廃液処理の問題が少なく、長期間利用可能な培養液による育苗が望ましいと考えられる。一方、植物の塩ストレスに対する生育反応は塩の

種類で異なり、KClによる生育阻害はNaClより小さいと報告されている(王ら, 2001)。

そこで、本研究においては、NaCl同様に安価で単肥としても使用されているKClを用い、エブ&フロー灌水の培養液への添加によるキャベツ苗への耐干性の付与効果について検討した。

### II 材料および方法

以下の試験は、野菜茶業研究所(三重県津市安濃町)内の施設・圃場で実施した。

#### 1 エブ&フロー灌水システムの構成

エブ&フロー灌水装置は透明なアクリル製の縦70cm×横40cm×高さ10cmのコンテナ、市販の家庭用水中ポンプ(N-30P, 松下電器)、家庭用タイマーおよび40L入りのポリバケツで構成される自作システムを用いた。コンテナは育苗箱に入れたセルトレイ1枚の設置(収容)が可能であり、水深が調節可能なオーバーフロー用の排水口を設けた。育苗箱とコンテナ基底の間には高さ1cm、長さ40cmのアクリル製の角棒を入れて空間を作り、トレイ底面が通気できるようにした。培養液はポリバケツ内のポンプからコンテナに給液され、排水口からバケツへ還流する。なお、給液時における水深は、セルトレイが3cm程度の深さで培養液に浸るように調節した。

〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1

業務用野菜研究チーム

\* 九州沖縄農業研究センター

\*\* 近畿中国四国農業研究センター

† 本報告の一部は2006年度生物環境調節学会で発表した。

培養液は、当初40L準備し、給液に支障が生じる残量約10Lまで減少した場合に更新した。

## 2 栽培および処理方法

人工気象室（明期/暗期の日長12hr/12hr、気温30°C/25°C、PPFD 330  $\mu$  mol/m<sup>2</sup>/s）およびガラス温室内で行った。キャベツ品種‘松波’（石井育種場）を肥料成分無添加のセル成型苗用育苗用土（信濃培養土）を充填した128穴セルトレイに播種した。播種3日後から、水40Lあたりに4.2g大塚ハウス1号、3.5gの大塚ハウス2号を溶解した大塚A処方 7/100単位の培養液でエブ&フロー灌水してセル成型苗を育苗し、これを対照区とした。一方、処理区は、大塚A処方液 7/100単位のそれぞれKCl、NaClを加えたKCl添加区、NaCl添加区を設けた。エブ&フロー灌水回数は、1日1回5分間、育苗は約30日間行った。

### a 培養液に添加する塩の違いが苗および耐干性に及ぼす影響

試験は人工気象室で行った。試験区の構成は対照区とKCl添加区、NaCl添加区であり、塩濃度は12mM、24mMとした。育苗終了時に後述の条件で苗の生育を調査するとともに、直径8cmのポリポットに定植した。また、定植1日および2日後に灌水を開始し、定植15日後に茎葉重を調査した。調査個体数はそれぞれ1処理につき8株、10株とした。

また、KCl添加処理区では育苗終了時に本葉第2葉のエピクチクラワックス量を測定した。

### b 培養液へのKCl添加量の違いが夏季高温期の苗の生育および耐干性に及ぼす影響

試験はガラス温室で行った。試験区の構成は、対照区と6mM、12mM、18mM、24mM、30mMKCl添加処理区である。2004年8月9日に播種し、9月8日まで育苗した。なお、培養液は9月2日に更新した。9月8日に後述の条件で苗の生育調査をするとともに、耐干性評価のために直径8cmの丸形ジフィーポット（日本ジフィーポットプロダクツ）に移植した。移植1日、2日、3日、4日後に灌水を開始し、9月18日に研究所内圃場にポットごと植え付け、12月1日に球重を調査した。施肥は、9月16日に基肥として尿素リン加安系高度化成肥料（N:P:K=16:8:12）、被覆複合肥料（N:P:K=14:12:14、40日溶出タイプ）、苦土重焼リン（N:P:K=0:35:0）をそれぞれ105kg/10a、100kg/10a、30kg/10a施用した。移植

時における苗の生育および圃場における球重調査は、それぞれ1処理あたり8株および5株4反復とした。

## 3 調査項目

### a 苗の生育

育苗終了時に、苗をサンプリングして茎葉重（新鮮重）、乾物率、根重（乾燥重）および本葉第2葉の葉厚を調査した。

### b 耐干性

耐干性は移植後の断水期間が生育に及ぼす影響より評価した。即ち、灌水直後の苗を乾燥したヤンマーナプラ養土S（標準）タイプを充填したポットに移植し、断水期間後に灌水（約80ml/ポット、1日1回）を開始した。そして灌水開始15日目以降の茎葉重および圃場に定植後の球重を測定した。

### c 葉のエピクチクラワックス量

葉のエピクチクラワックスの量は藤原ら（2002a）の方法に準じて測定した。即ち、クロロホルム30mLが入ったビーカーに、60枚の本葉第2葉の葉身を15枚ずつ約3秒浸漬した後、濾過した浸漬液からクロロホルムを揮発させ残存したワックス重量を測定した。調査は1処理につき60株4反復とした。

### d 生育環境条件および水ポテンシャル

ガラス温室内で試験した時の生育環境条件として、気温、日射量を計測した。また、ポットに充填されたナプラ養土の水ポテンシャルを水ポテンシャル測定装置（WP4 Decagon社）で測定した。

## III 結果

### 1 培養液に添加する塩の違いが苗の生育および耐干性に及ぼす影響

培養液にKClとNaClをそれぞれ12mM、24mM添加した際の苗の生育状況を表-1に示す。茎葉重は24mM KClおよびNaCl添加で低下した。また、乾物率は24mM MKCl添加で低下した。根重は塩濃度の上昇に従い対照より減少したが、その減少程度は塩の種類で異なり、KCl添加では12mM、24mMの添加によって対照の約73%、55%までそれぞれ減少した。一方、NaCl添加では12mM、24mMの添加により対照の約55%、33%とKCl添加と比べ著しく減少した。この時、24mMのNaCl添加で

は、根鉢の形成が不十分でセルトレイからの抜き取りに問題が認められた（データ省略）。

次に、培養液にKClとNaClを添加した際の苗の耐干性を図-1に示す。苗生存率は、対照では、断水期間が1日の場合100%、2日の場合40%であった。一方、KCl、NaCl添加では断水1日、2日とも100%であった。また、茎葉重は、対照では、断水期間が1日の場合に約2.2g、2日の場合に約0.6gと断水期間が長くなると低下した。一方、NaCl、KCl添加では、断水処理1日、2

日とも対照より増加した。また、断水1日では処理塩の種類による違いはみられなかったが、断水2日では12mM NaCl添加処理で茎葉重の減少が認められた。

単位葉面積あたりのエピクチクラワックス量は、図-2に示すように12mM添加、24mM添加、対照の順に低下した。また、本葉第2葉あたりのワックス量は、対照と24mM添加処理の間に違いが認められなかったが、12mM添加で上昇した。一方、葉面積は対照、12mM添加、24mM添加処理の順に低下した。

表-1 培養液に添加する塩の種類と濃度の違いがキャベツ苗に及ぼす影響

塩の種類	濃度 (mM)	茎葉重 (g F.W.)	乾物率 (%)	根重 (mg D. W.)
対照区	0	1.39 ± 0.02 a	14.7 ± 0.69 a	290 ± 9.8 a
NaCl添加区	12	1.36 ± 0.03 a	12.6 ± 0.72 a	161 ± 7.8 c
	24	1.09 ± 0.05 b	12.7 ± 0.23 a	100 ± 13.2 d
KCl添加区	12	1.31 ± 0.03 ab	13.0 ± 0.67 a	223 ± 7.9 b
	24	1.18 ± 0.02 b	11.7 ± 0.24 b	156 ± 2.5 c

育苗日数は、30日であり、31日日目に苗を調査した。

表中の数値は、(平均) ± (標準誤差)である。

同一縦行内の異なる英文字は、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差あり。

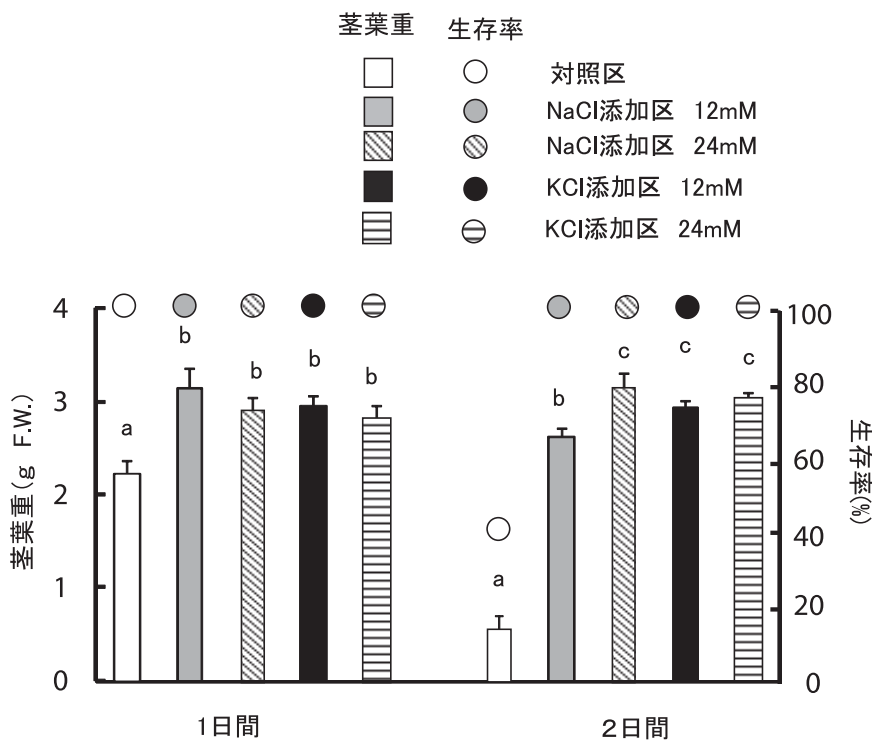


図-1 培養液に添加した塩の種類・濃度がキャベツ苗の耐干性に及ぼす影響

同じ断水期間の異なる英文字は、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差あり。

耐干性は、定植後すぐに断水期間を与えた後15日目の茎葉重で評価した。

Iは標準誤差を示す。

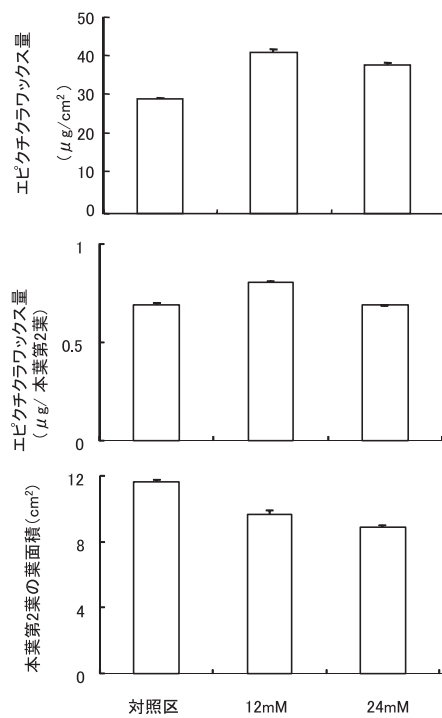


図-2 育苗期における培養液へのKCl添加が定植期のキャベツ苗の葉のエピクテカラワックス含量および葉面積に及ぼす影響

Iは標準誤差を示す。

## 2 KCl添加量の違いが夏季高温期の苗生育および耐干性に及ぼす影響

断水期間中に相当する9月8日～9月12日の天気概況は、晴れ一時薄曇り、晴れ、曇り一時雨、曇り、曇り一時雨であった。ガラス温室内の平均気温は24.9～30.0℃で推移した。最高気温は36.0℃、34.7℃、31.0℃、29.1℃、28.5℃と移植当日が最も高く、その後やや低下した。日射量は14.6MJ/m<sup>2</sup>、13.9MJ/m<sup>2</sup>、3.45MJ/m<sup>2</sup>、3.32MJ/m<sup>2</sup>、3.77MJ/m<sup>2</sup>であり、移植当日が最も高くその後低下した。なお、苗を移植したナプラ養土の水ポテ

ンシャルは-10.5MPaであった。

KCl添加濃度の異なる培養液で育苗した苗の生育状況は表-2に示すとおりである。茎葉重は対照がKCl添加処理区より重く、添加処理濃度が24mM以上で低下する割合が大きくなった。葉厚はKCl添加量の増加にともない増加した。乾物率は添加処理濃度が24mMで低下する傾向を示した。一方、根重は6mM添加処理区が最も重く、高濃度では低下した。また、30mM添加処理区で子葉の黄化がみられた(データ省略)。

KCl添加濃度の違いによる苗の耐干性を図-3に示す。収穫時における株生存率は、対照では断水期間が長くなるにともない60%、70%、60%、45%と低下する傾向がみられた。また、6mM添加処理でも90%、100%、80%、60%と低下する傾向を示した。しかし、処理濃度が12mM以上となると断水期間に関わらず100%の株生存率が得られた。一方、球重は対照、6mM添加処理で断水期間が長くなると減少した。しかし、処理濃度が12mM以上の球重は断水期間に関わらずいずれも約1200gと変わらなかった。ただし、24mM、30mM添加処理では、断水期間2日以上で球重が減少する傾向がみられた。

## IV 考察

本試験はエブ&フロー灌水技術で育苗した苗に耐干性を付与することを目的として行ったものである。藤原らの報告(2001)との比較のためにNaCl、KCl添加培養液で出芽直後から定植前まで育苗したところ、両培養液間で地上部の生育に違いは認められなかった(表-1)。また、塩の種類による耐干性の違いを比較した場合、生存率では違いが認められなかったものの、2日間の断水処理後の茎葉重は、12mM KCl添加区より同濃度のNaCl添加区で減少した。この結果は断水処理によって12mM NaCl添加苗の生育がKCl添加より遅延したものであり、

表-2 育苗時のエブ&フロー灌水における培養液へのKCl添加量がキャベツ苗の生育に及ぼす影響

KCl添加量	茎葉重 (g F.W.)	葉厚 (mm)	乾物率 (%)	根重 (mg D.W.)
対照区	1.40 ± 0.01	0.26 ± 0.003	11.3 ± 0.46	387 ± 4.8
6mM	1.18 ± 0.02	0.31 ± 0.009	12.6 ± 0.64	424 ± 9.8
12mM	1.27 ± 0.03	0.34 ± 0.007	12.6 ± 0.47	354 ± 8.2
18mM	1.24 ± 0.02	0.37 ± 0.003	13.6 ± 0.65	305 ± 11.2
24mM	1.03 ± 0.02	0.39 ± 0.010	10.2 ± 0.88	246 ± 5.6
30mM	1.10 ± 0.02	0.41 ± 0.006	8.7 ± 0.32	231 ± 8.2

育苗期間は、8月9日から9月8日までの30日間、調査日は、9月8日である。

表中の数値は、(平均)±(標準誤差)である。

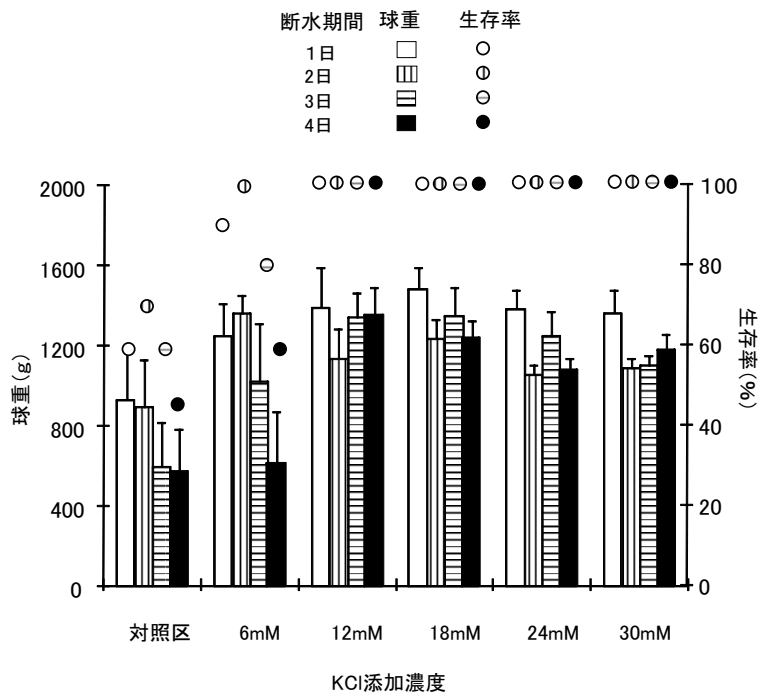


図-3 育苗時における培養液のKCl添加濃度がキャベツの耐干性に及ぼす影響  
 断水期間は、9月8日～9月12日である。球重は12月1日に調査した。  
 Iは標準誤差を示す。

NaCl添加苗の耐干性はKClを添加した場合よりやや低いと考えられる(図-1)。藤原(2002)らは、キャベツ苗の耐干性は単位葉面積あたりのエピクチクラワックスの増加によって上昇すると報告しているが、本試験でも培養液へのKCl添加によって同様の結果が得られた。しかしながら、本葉第2葉あたりのワックス量は、対照と24mM添加処理間ではほぼ同じであった。これらの結果から、24mM添加区で単位葉面積あたりのワックス量が増加したのは、ワックス生成量の増加によるものではなく葉面積の減少によると考えられる(図-2)。また、根重は12mM、24mM NaCl添加ともに同じ濃度のKCl添加より約2割減少した(表-1)。全自動移植機の場合、爪がセル成型苗の用土に貫入して苗を引き抜くため、根鉢形成が機械定植適性に大きく影響する。このため、エブ&フロー灌水で添加する塩としてNaClより根の生育が良好なKClがより望ましいと判断された。

また、本試験は、KClを添加して育苗した苗の耐干性を年内採り作型の定植時期にガラス温室内で評価した。この時の環境条件は、最高気温が28.5℃以上で土壌も乾燥しており、耐干性の評価に十分な高温・乾燥条件であったと考えられる。本試験の結果によれば、12mM以上のKCl添加処理した苗は断水期間に関わらず100%の生存率を維持していた。通常、「松波」を用いた年内採りの作型では、9月上旬に定植し12月上旬から1200～

1500g程度の球を中心に収穫している。本試験においてもほぼ同時期に同レベルの球が収穫できたことから、KClの添加処理で定植後の生育阻害を伴わずに十分な耐干性が付与されたと考えられる(図-3)。また、本試験では5段階のKCl濃度を検討したが、24mM以上で根重が著しく低下し(表-2)、30mM添加で子葉の黄化が観察された。生産現場では、天候不順による育苗期間の延長が想定される。このため苗へのストレスの低減を図る上でも添加するKCl濃度は低い方が望ましく、培養液に12mM～18mMの濃度で添加するのが適当と思われる。

以上、本研究では、エブ&フロー灌水育苗法の培養液にKClを添加することで、効率的にキャベツ苗に耐干性を付与できることを明らかにした。しかし、培養液の組成まで踏みこんだ検討はできていない。今後、さらなる研究によってエブ&フロー灌水でキャベツ苗質を向上させる培養液開発を望みたい。

## V 摘要

エブ&フロー灌水において、キャベツのセル成型苗に耐干性を付与することを目的に、KClを添加した培養液の処理条件を検討した。その結果、発芽後から定植まで12mM～30mMのKClを添加した培養液で育苗すると、

エピクチクラワックスが蓄積するとともに耐干性が向上することが認められた。しかし、天候不順等による育苗期間の延長を考慮すると、実用的な培養液へのKCl添加量は、12mM～18mMが適当であると考えられた。また、適切な濃度のKClを添加して育苗することにより、高温・乾燥の環境下における定植であっても、約1200gの球を収穫することが可能であった。

#### 引用文献

- 1) 藤原隆広・中山真義・菊地直・吉岡宏・佐藤文生 (2002) : NaCl施用によるキャベツセル成型苗の徒長抑制・順化効果. 園芸学雑誌, 71 (6), 796-804.
- 2) 藤原隆広・吉岡宏・佐藤文生 (2001) : エブ&フロー灌水と培養液へのNaCl添加によるセル成型苗の省力化とキャベツ苗品質の向上. 農作業研究, 36 (3), 153-161.
- 3) 王羽梅・藤井清永・原田健一・新居直祐 (2001) : 各種類の塩処理がアマランサスの生長, イオン含量ならびにグリシンベタイン含量とその生成酵素の発現に及ぼす影響. 名城大学学術報告, 37, 11-127.
- 4) 佐藤文生・吉岡宏・藤原隆広・岡田邦彦 (2002) : エブ&フロー灌水方式における肥培条件がキャベツセル成型苗の生育および機械定植適性, 結球重に及ぼす影響. 野菜茶業研究所研究報告, 1, 15-22.
- 5) 渋谷俊夫・中原正一・古在豊樹 (1999) : セル成型苗個体群の蒸発散量計測に基づく自動干満灌水システムの開発. 生物環境調節, 37 (1), 57-61.



## Addition of Drought Tolerance for Cabbage Plug Seedling by Additional of KCl to the Culture Solution in Ebb and Flow Irrigation

Kenji Murakami, Kunihiko Okada, Hiroki Ikoma,  
Keisuke Yamazaki, Shouko Aizawa and Hisao Higashio

### Summary

To add drought tolerance in cabbage plugs seedling, we examined additional density of KCl to the culture solution in the ebb and flow irrigation. The results of, adding KCl at 12 mM~30 mM to the culture solution from emergence to transplanting encouraged improvement of drought tolerance and an increase in epicuticular wax. However, in consideration of the extension of the raising of seedlings in bad weather, we concluded that it is suitable to add KCl at 12 mM~18 mM to the culture solution. In addition, it was possible to produce cabbage heads around 1200 g then under environmental conditions of high temperature by transplanting seedlings raised in culture solution with the appropriate KCl density.