

イチゴ高設栽培における 排液測定による肥培管理マニュアル



第 1 版

作成者	大分県産業科学技術センター 竹中 智哉 大分県農林水産研究指導センター 山田 晴夫
作成日	2019年4月9日
最終更新日	2020年3月30日

目次

はじめに

1. 排液量・排液 EC 測定のかえ方

- (1) 排液率について……………1
- (2) 排液 EC 値について……………2
- (3) 原水の水質について……………3

2. 排液量（率）と排液 EC 値の測定方法

- (1) 手作業による測定方法……………4
- (2) 自動測定による測定方法（フィールドサーバー）……………4

3. 排液量と排液 EC 値による肥培管理指標

- (1) 具体的な肥培管理方法……………7
- (2) 排液率の適正範囲……………7
- (3) 排液率から見たかん水量の目安……………7
- (4) 排液 EC 値の適正範囲……………8
- (5) 排液率と排液 EC 値による具体的な調整例……………9
- (6) 管理上の注意事項……………10

4. その他

- (1) 生理障害……………11
- (2) 生育期間中の葉柄汁中硝酸イオン濃度……………11

5. 関連資料……………12

はじめに

イチゴ高設栽培では、土耕栽培と比べ株あたりの培地量が少ないため、培地内水分の過不足が生じやすい。

過剰なかん水は、根傷みによる収量減や窒素などの肥料成分の圃場外への流出による環境負荷およびコスト増加となる。一方でかん水量不足は生育停滞や生理障害を招き、これも収量減の要因となっている。

また、杉バークや鹿沼土などを含む高設栽培の培地では地力窒素の発現や緩衝能がほとんど期待できないことから、施肥の影響がイチゴの生育に直接かつ強く影響する。

大分県のイチゴ栽培は8割以上が高設栽培され、その栽培システムは大分県開発方式や複数の民間メーカーの栽培方式が導入されている。そのため、培地の種類や培地量が異なり、施肥体系も緩効性肥料（ロング等）を中心とした固形置肥タイプと、固形肥料を使わない養液中心タイプとその中間型などに分かれるため、かん水量や施肥の目安が提示しにくい現状がある。

そこで、大分県では高設栽培の方式や施肥体系が異なっても、培地中と排液中の窒素分量の相関が高いことに着目し、排液量（率）と排液 EC 値(電気伝導率：Electrical Conductivity) を活用した肥培管理の調整について研究を行ったので紹介する。

なお、このマニュアルにおける EC 値の表示単位は、現地に普及している「mS/cm」に統一している。また、試験に用いた品種は「さがほのか」である。

1. 排液量・排液 EC 測定のコエ方

排液率と排液 EC 値を測定することが高設栽培の方式や施肥体系が異なっても生育ステージに応じた適正な肥培管理を行うための指標となる。その測定には下記の3項目が必要となる。

- ・排液率の測定
- ・排液 EC 値の測定
- ・原水水質の測定

(1) 排液率について

排液率の測定は、経営するハウス群を代表する場所を選定する。例として、任意のハウス中央付近の栽培ベッドを選定する。

基準となる栽培ベッドの「給液量」の確認をして、排出される量（排液量）を後述の方法（6～7 ページ参照）によって測定し「排液率」を下記の計算式により求める。

給液量 (ℓ/日) = かん水チューブ吐出量 (ℓ/m・分) × ベッドのチューブ長 (m) × かん水時間 (分)

排液率 (%) = 排液量 (ℓ/日) ÷ 給液量 (ℓ/日) × 100

※肥培管理の調整には1週間毎の排液率と排液 EC 値を用いる。

<参考>

今回の試験で使ったかん水チューブの場合は、下記の時間当たりの給水量になる。

表 点滴チューブのかん水量目安（ストリームラインプラス 60 10cm ピッチ）

入口水圧 (bar)	給水量 (t/10a/10分)
0.6	1.00
0.8	1.15
1.0	1.28

注1：1棟5ベッド、チューブを1列設置の場合チューブ長は750m/10aとなる。

注2：給水量の計算には、かん水開始～終了の時間ではなく、実際にチューブから水が出ている時間を把握する。

(2) 排液 EC 値について

排液 EC 値は EC センサーで測定する。この測定値は排液中の肥料成分に加えて、原水の EC 値が加算されているため、原水水質によって数値が増減する。そのため、管理に用いる排液 EC 値は下記の計算が必要になる。

$$\text{排液 EC 値} = \text{排液の実測 EC 値} - \text{原水の実測 EC 値}$$

※以下、マニュアルにおける排液 EC 値は、原則として上記計算後の数値である。

(3) 原水の水質について

① 原水の EC 値について

県内のイチゴ栽培で使用されている原水の EC 値については 0.2 以下が多く、年間通じて大きな変動は少ないものの圃場により条件が異なるため、定期的に測定して実態を把握することを推奨する。

表 イチゴ現地の原水成分分析事例

原水場所	EC	pH	重炭酸	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄ -S
	(mS/cm)		ppm	(me/l)	(me/l)	(me/l)	(me/l)	(me/l)	(me/l)	(me/l)
A圃場	0.19	7.0	97.6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.7	0.2
B圃場	0.20	6.9	76.9	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.6	0.2
C圃場	0.19	7.3	81.7	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.6	0.2
D圃場	0.15	7.6	84.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.6	0.1

② 原水の pH 値について

排液の pH 値は 5.5~6.5 の範囲が適正であり、pH 値が 7.0 以上と高くなる場合は、微量要素の吸収阻害などで収量・品質に影響が出る可能性があるので注意する。

重炭酸イオン濃度 (HCO₃⁻) が高いと培地の pH 値が高くなるため、重炭酸イオン濃度は 30~50ppm が適正である。排液の pH 値が 7.0 以上の状態が続く場合は、県の振興局に相談して対応する。

<参考>

重炭酸イオン濃度が高い場合はオルトリン酸を給液に加えることで補正することが可能である。重炭酸イオン濃度を分析して以下の計算式に当てはめて補正のためのオルトリン酸の必要量を求めることができる。

$$\text{オルトリン酸の必要量 (ml)} = (\text{重炭酸イオン濃度} - 50) \div 892 \times \text{濃厚液の水量 (l)} \times \text{希釈倍率}$$

例：重炭酸塩濃度 200ppm、濃厚液水量 100 l、希釈倍率 200 倍の時

$$(200 - 50) \div 892 \times 100 \times 200 = 3,363 \text{ml} \approx 3 \text{l}$$

2. 排水量（率）と排水 EC 値の測定方法

（1）測定の方法

排水量や排水の EC 値は手作業での測定も可能であり、コスト面で優位であることから現地への技術導入ハードルが低いため、手作業による測定方法について先に紹介する。

しかし、後述するフィールドサーバーを用いて自動測定する方が手間もかからずに精度も高いため、本マニュアルでは機械測定を推奨する。

（2）手作業による測定方法

ベンチからの排水経路にバケツなどで貯留槽を設けて排水を回収し、一日あたりの排水量や EC 値を毎日一定（朝 8 時など）のタイミングに測定する必要がある。なお、排水がオーバーフローしないように栽培ベッドの長さに応じた貯留槽が必要となる。

具体的には下図のようにバケツなどを用いて 1 日分の排水を貯留して排水量を測定する。1 日に 2 t /10a のかん水を行った場合、排水率 50%と多めに見積もると 50mのベッドでは 70 ℓ 程度の排水が出てくるため、設置するバケツの大きさは 100 ℓ 程度の大きさが必要になる。なお、かん水量が多くなる 4 月以降では手作業による対応が困難となるため、測定せずに排出させて良い。

排水量はバケツの目盛などを目視で読み取る。排水 EC 値はバケツ内の排水を少し攪拌してポータブル EC 計などで測定する。調査後のバケツ内の排水はバスポンプなどを使って圃場外に排出する。



図 手作業による排水回収方法

(3) 自動測定方法

市販されているフィールドサーバーに排液量センサーと EC センサーを接続することで自動測定が可能になる。導入にあたっては各地域振興局の普及指導員と十分に協議を行った上で、各自の目的に応じたシステムを選定すること。

① 排液量の測定

排液量センサーは大分県産業科学技術センターで開発した特許技術（特許第 6291669）を移転した製品である。雨量計と同様にシシオドシの原理を用いたセンサーとなっており、フィールドサーバーに接続して自動測定を行う。

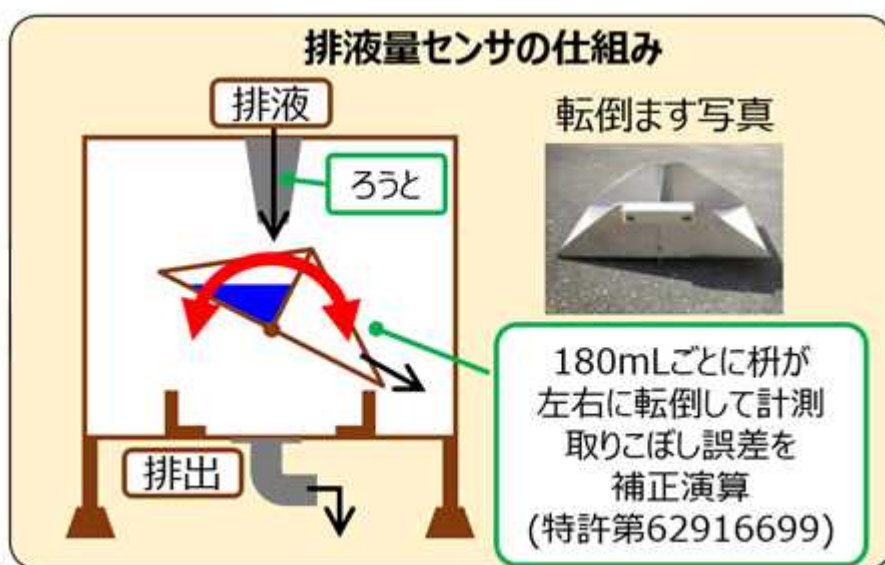


図 排液量センサーの構造

② 排液 EC 値の測定

フィールドサーバーに EC センサーを接続して排液 EC 値を自動測定する。

導入するフィールドサーバーによって接続できる EC センサーが異なるので、それぞれに応じた校正作業やメンテナンス作業を確認して対応することが重要となる。

特にセンサーの感知部分は消耗が激しく、製品保証期間は 1 年間程度である。また、保証期間内であっても、定期的にメンテナンスを行わないとゴミの付着などにより正確な測定ができないため注意が必要である。

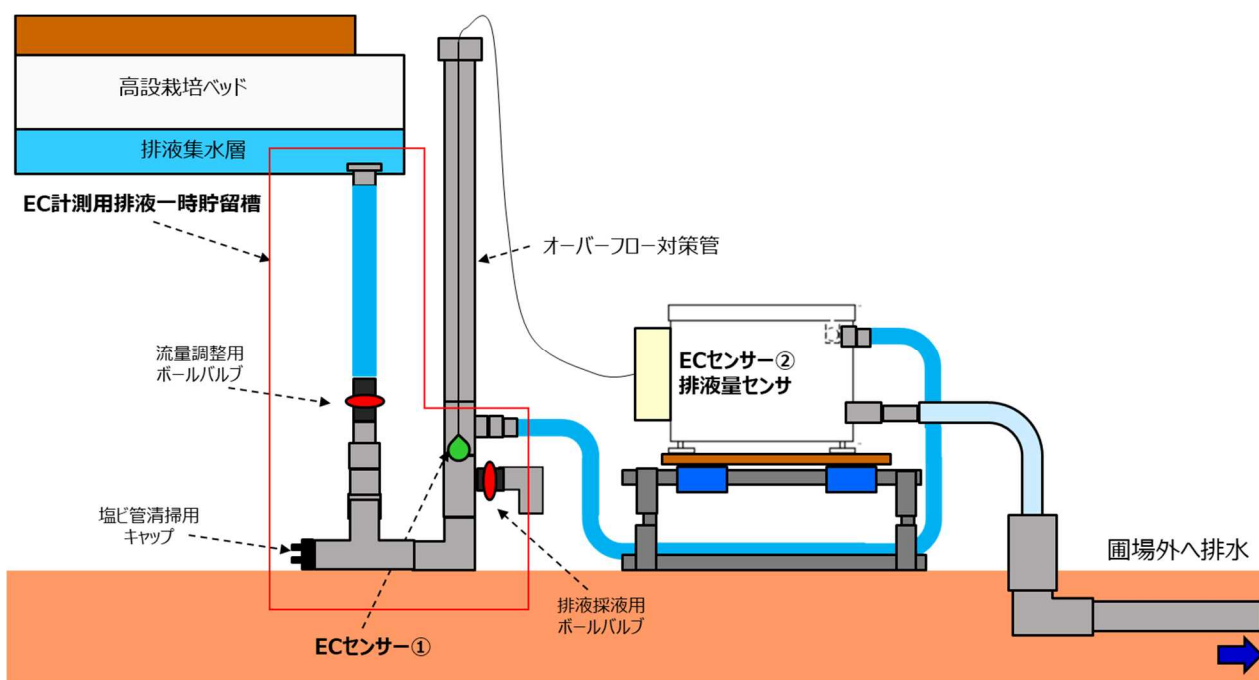
③ センサー類の設置について

ベッドから排出された排液は「EC 測定用排液一時貯留槽（以下、貯留槽）」に配置した EC センサー（図中 EC センサー①）もしくは、排液量センサーに内蔵された EC センサー（図中 EC センサー②）で EC 値を測定後、排液量センサーで排液量を測定され、既設の排水口へ排水される。

貯留槽は「硬質ポリ塩化ビニル管(Unplasticized Poly(Vinyl Chloride)(PVC-U) Pipes)」(以下、塩ビ管) 等で構成する。オーバーフロー対策管の上端は栽培ベッドよりも高くなるように設置する。なお、オーバーフロー対策管はメンテナンス時に取り外すことがあるため、貯留槽と接着しない方がよい。

また、貯留槽の途中にボールバルブで蛇口を設けておくと、ポータブル計用の採液が容易になる。さらに貯留槽内部の清掃を行うときの排水口として利用するため、貯留槽下部に塩ビ管清掃用のバルブを設ける。

排液量センサーは測定精度を保つために水平な台座に設置する必要がある。排液量センサーのケース底部にはアジャスタが付いており水平の調整が可能であるが、図のようにあらかじめ水平が取れた台座を用意しておくとも再設置が容易となる。また排液量センサーは落差を利用して測定等を行うため、ベッドの排液集水液面よりも低い位置（ベッド下部空間など）に設置する必要がある。



フィールドサーバー接続タイプのセンサー設置例

④ 環境モニタリング画面での確認（例）

フィールドサーバーで測定した排水量や排水 EC 値については、専用のアプリを使うことでパソコンやスマホで確認ができる。

排水率の計算には 1 週間毎の排水量が必要になるため、アプリから任意の 1 週間の総排水量を確認する。総排水量が表示されない場合は、毎日の排水量を 7 日分合計する。

排水 EC 値も同様に任意の 1 週間の平均 EC 値を確認する。平均 EC 値が表示されない場合は、毎日の最低 EC 値を 7 日分平均化する。

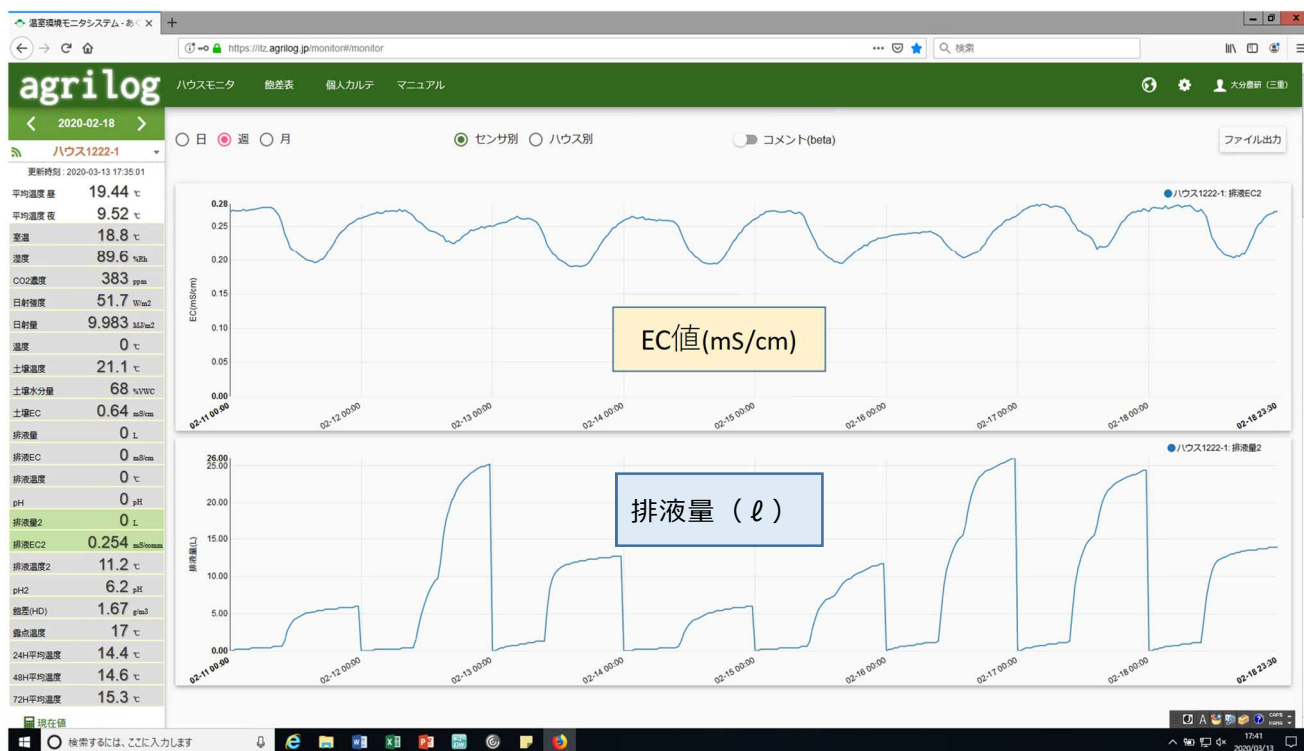


図 パソコン画面上に示した測定データ

※センサーで測定した EC 値が表示されるので、実際の使用においては、上記画面の排水の実測 EC 値から、原水の実測 EC 値を差し引いたものを用いること。

3. 排液量と排液 EC 値による肥培管理指標

(1) 具体的なかん水と施肥の管理方法

排液センサー等で排液率と排液 EC 値を把握して適正範囲（EC0.1～0.6、排液率 10～30%）に入るようにかん水と施肥量を 1 週間単位で調整する。

(2) 排液率の適正範囲

2013 年の試験で、排液 EC 値を 0.2、かん水回数を 1 日 1 回、排液率を 10、30、50%に設定して栽培を行った結果、10%区が最も高収量であったが、生産現場で排液率 10%を維持するのは難しく、萎れが発生する恐れも高いため、排液率の適正範囲を 10～30%とした。

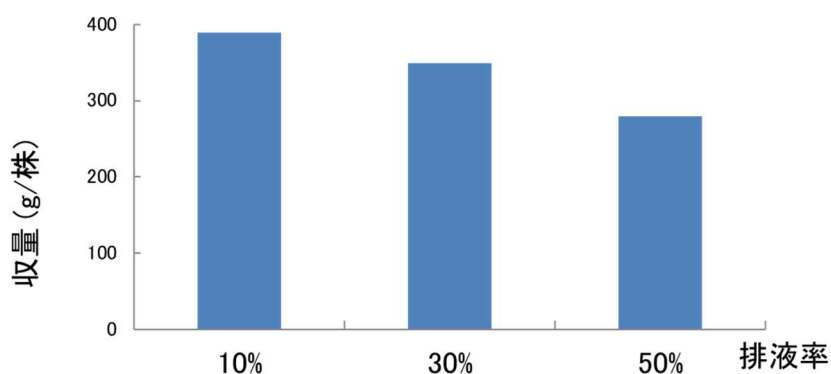


図 排液率と 2 月までの収量

(3) 排液率から見たかん水量の目安

イチゴの株当たりの吸水量は下図のようになり、かん水量の目安は下表のようになる。但し、日々の天候によって大きく異なるため、排液率を確認して調整する。

特に 2 月から吸水量が急激に増えるため、注意が必要である。

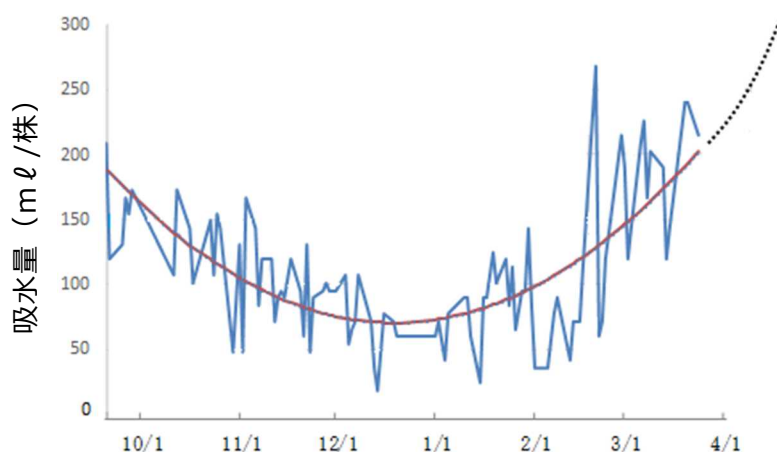


図 イチゴの時期別吸水量（「さがほのか」の事例）

表 イチゴの吸水量から見たかん水量の目安（排液率 30%目標）

		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月 (推定)
イチゴの吸水量	ml/日・株	122	98	74	83	91	183	250
	t/日・10a	0.9	0.7	0.5	0.6	0.6	1.3	1.8
かん水量の目安	t/日・10a	1.1	0.9	0.7	0.8	0.8	1.7	2.3

※7,000 株/10a で試算

（４）排液 EC 値の適正範囲

試験では、排液の EC 値（実測 EC 値－原水 EC 値）が 0.1～0.6 の範囲で生産が安定する傾向が確認されたことから、これを適正範囲と設定した。なお、排液の EC 値が高くなるとチップバーンの発生リスクが高くなるため、注意が必要である。

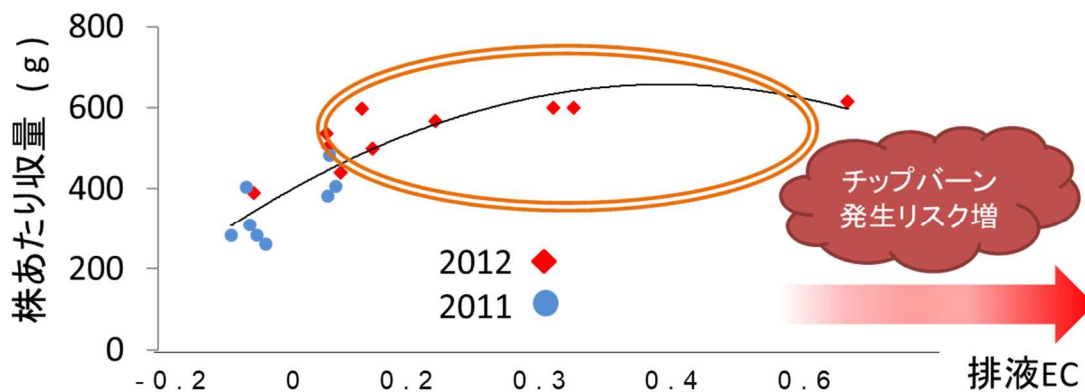


図 排液の EC 値と収量

EC とは「Electric Conductivity : 電気伝導度」であり、溶液中の電気の伝わりやすさを指す。高設栽培の排液における EC 値は、排液に含まれている肥料成分の総量を表すものである。

排液 EC 値を確認することで、低すぎる場合は施肥不足、高すぎる場合は過剰施肥の可能性があるので、かん水や施肥の増減を判断することができるようになる。

(5) 排液率と排液 EC 値による具体的な調整例

肥培管理の調整は、排液率と排液 EC 値の 1 週間毎の平均値で行う。

		排液EC値 (排液の実測EC値 - 原水の実測EC値)			
		0.1未満	0.1~0.6	0.6以上	
排液率	固形置き肥タイプ	10%以下	かん水量 3割増 +増肥	かん水量 3割増	かん水量 3割増 +減肥
		10~30%	増肥	適正範囲	減肥
		30~50%	かん水量 2割減 +増肥	かん水量 2割減	かん水量 2割減 +減肥
		50%以上	かん水量 3割減 +増肥	かん水量 3割減	かん水量 3割減 +施肥中断
	養液中心タイプ	10%以下	養液量 3割増 +養液400倍	養液量 3割増 +養液600倍	養液量 3割増 +養液800倍
		10~30%	養液量変更なし +養液300倍	適正範囲	養液量変更なし +養液600倍
		30~50%	養液量 2割減 +養液300倍	養液量 2割減 +養液400倍	養液量 2割減 +養液600倍
		50%以上	養液量 3割減 +養液250倍	養液量 3割減 +養液350倍	養液量 3割減 +養液500倍

図 排液率と排液 EC 値による肥培管理の調整指針

<用語解説>

増肥：本来の追肥とは別に、タンクミックス F&B の 250 倍液を 700L/10a 施用する。

減肥：固形置き肥タイプでは、次回の追肥の EC 値を現在より 0.2 下げて施用する。

※養液中心タイプでは養液施用でかん水と施肥を合わせて行っているため、施用している養液量の増減がそのまま施肥量の増減になるため、原液の希釈倍率と合わせて調整をしている。

※タンクミックス F&B の希釈倍率等は P10 の「液肥濃度の目安を参照」

(6) 管理上の注意事項

① 液肥濃度の目安 (タンクミックス F&B の例)

EC 管理が重要なので、追肥 (養液) の EC 値や窒素濃度を把握しておく必要がある。

表 タンクミックスF&Bの希釈倍率別EC値

濃厚原液からの倍率	200倍	250倍	300倍	350倍	400倍	500倍	600倍	700倍
養液のEC値	1.26	1.01	0.84	0.72	0.63	0.51	0.42	0.36
液肥の窒素濃度 (ppm)	135	108	90	77	68	54	45	39

※濃厚液は、タンクミックスF11kg(1袋)を70ℓの水に溶解し、その後タンクミックスB20kg(1箱)と水を加えて100ℓにしたもの。

※上記の養液のEC値に原水の実測EC値を加えたものが実際に施用する養液の実測EC値となる。

② 生育ステージによる影響

1～3番果房の果実肥大の時には、肥料の要求量が高いため、栽培指針等においても施肥量を多くしているものの供給量が需要量を下回ると、下図のように排水 EC 値が低下する傾向が見られる。この時期は、排水 EC が 0.1 未満に下がらないように特に注意深く管理することが重要である。

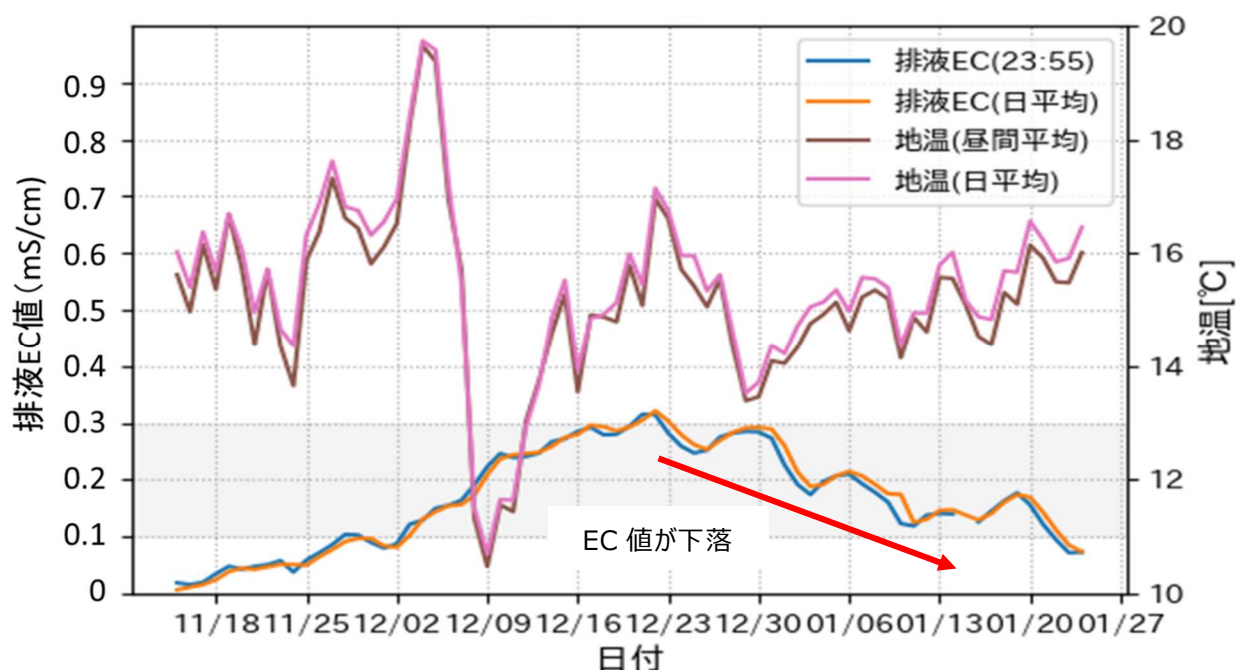


図 現地の排水 EC 値の事例

(上図の排水 EC 値は、原水の実測 EC 値を差し引いたもの)

4. その他

(1) 栽培中に見られる肥料による生理障害

培地内の肥料濃度が高い場合や水不足が生じると、チップバーン（下記写真）が発生しやすくなり、葉縁が枯れる肥料焼けの症状が発生することがある。排液 EC 値が 1.0 以上になると発生しやすくなる。



チップバーン



肥料焼け症状

(2) 葉柄汁中硝酸イオンについて

養液中心タイプで適正な液肥濃度で栽培すると、葉柄汁中硝酸イオン濃度は 2000~3000ppm 程度に維持されることから、この範囲に収めるような肥培管理が求められる。

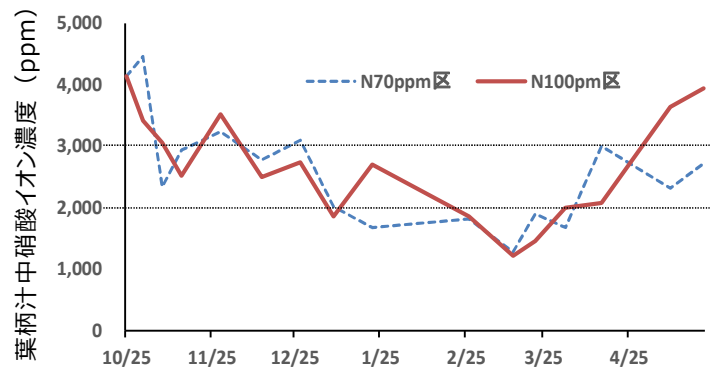


図 追肥の窒素成分量と葉柄汁中硝酸イオン濃度

5. 関連資料

- (1) 安部貞昭 (2014) イチゴ高設栽培における施肥試験について, 平成 26 年度施肥防除対策研修会発表資料.
- (2) 農業研究部イチゴチーム (2012) 高設栽培装置における培地の窒素量を把握するための調査項目の比較, 大分県農林水産研究指導センター農業研究部試験研究成書, P.41-42.
- (3) 農業研究部イチゴチーム (2014) 排液率およびかん水方法が生育および収量に及ぼす影響, 大分県農林水産研究指導センター農業研究部試験研究成績書, P.40-46.
- (4) 農業研究部果菜類チーム (2018) イチゴ大規模経営体を支援・育成する生産システムの確立, 大分県農林水産研究指導センター農業研究部試験研究成績書, p.197-223
- (5) 排液量センサーおよび EC センサーが接続可能なフィールドサーバーメーカー
 - ・株式会社 IT 工房 Z
URL : <https://itkobo-z.jp>
 - ・ホーリー・アンド・カンパニー株式会社
URL : <http://www.holly-linux.com/>
- (6) 各種センサー情報
 - ・ラピスセミコンダクタ社製 MJ1011
<http://www.lapis-semi.com/jp/solution/soilsensor/>
 - ・A.R.P 社製 WD-3-WET シリーズ
<http://www.arp-id.co.jp/hp/product/wd-3.html>
 - ・堀場製作所社製 LAQUAtwin-EC-33B
<http://www.horiba.com/jp/appLication/material-property-characterization/water-analysis/water-quality-electrochemistry-instrumentation/compact/details/laquatwin-ec-33-25025/>

(7) 養液分析の連絡先（大分県）

・ JA 系の場合は、各農協支店に御相談ください。

・ 民間での分析先（例）

（株）みらい蔵 大分県豊後大野市犬飼町大寒 1700 番地 TEL : 097-578-1190

(8) マニュアルに関する連絡先

「かん水・肥培管理方法」大分県農林水産研究指導センター農業研究部 果菜類チーム

大分県豊後大野市三重町赤嶺 2328-8 TEL : 0974-28-2081 FAX : 0974-22-0940

「排液 EC と排液量の測定方法」 大分県産業科学技術センター 電子・情報担当

大分県大分市高江西 1-4361-10 TEL : 097-596-7100 FAX : 097-596-7110

本マニュアルに掲載の成果は、

革新的技術開発・緊急展開事業（地域戦略プロジェクト）

「イチゴの省エネ栽培・収量予測・低コスト輸送技術の融合による販売力・国際競争力の強化

課題番号：16822352」の助成を受けたものです。