

水耕栽培由来小粒塊茎の種いも利用の可能性と課題

元 農研機構 北海道農業研究センター 大規模畑作研究領域
契約研究員なか お
中尾たかし
敬

はじめに

ばれいしょ生産において種いもの安定供給は重要であるが、種いも生産が可能な地域はジャガイモシストセンチュウの発生等により狭まるとともに、多大な作業時間を必要とすることから、原採種栽培面積は32年間で27%減少した。

種いも生産にかかる作業では、3月下旬から4月上旬の種いも切断作業、8月下旬から9月上旬の収穫作業、栽培期間通しての病害株抜き取り作業に、生食用より多大な労力を要している（図1）。これらの作業の省力化を目的とした各種技術開発が進められており、種いもについては切断不要な小粒の割合を高める栽培技術の開発に取

り組まれているが、大幅な割合増加は難しい状況にある。

近年、民間企業において閉鎖系水耕栽培による0.5～1 g程度の極小粒塊茎生産技術が開発されつつあり、これらが種いもとして利用できれば、切断作業は不要になるとともに、軽量化、病害リスク低減などの省力化と軽労化が図れる可能性がある。また、種いもの増殖率は圃場における土耕栽培より飛躍的に高まると推測される。

そこで、2018年に閉鎖系水耕栽培で生産された塊茎を種いもに用いた予備的な圃場栽培を実施し、問題化が懸念される課題を抽出した。2019年には課題解決を想定した各種対策試験を実施した（表1）。その試験結果に基づいて、種いもとしての適用性の評価および種いも適性を高める生産条件の解析を行ったので、概要について報告する。

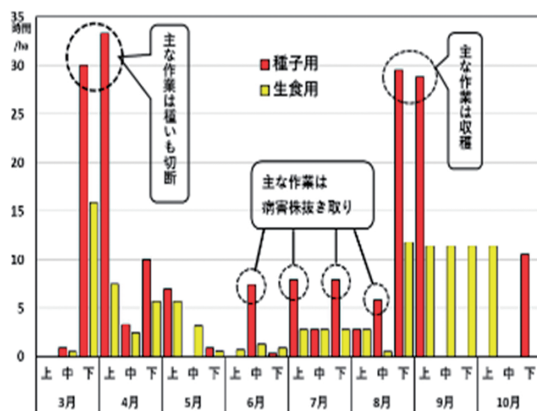


図1 種子用と青果用のばれいしょ栽培に要する労働時間

(2019年北海道農政部資料より作図)

表1 水耕栽培種いもの課題と対策試験

課 題	対 策 試 験
○ 萌芽期の早進化と揃いの安定化	○ 水耕種いもと土耕種いもの比較
○ 初期生育の促進	○ 種いもの小ささの限界
○ 収量の確保	○ 種いもの収穫適期
○ 小粒種いもに適した栽培体系の確立	○ 種いもの貯蔵温度
	○ 種いもの浴光処理期間
	○ ジベレリン処理の効果
	○ 密植適応性
	○ 機械化適応性

1 種いもの由来と耕種概要

水耕栽培由来種いもはPanasonic社が2018年から2019年に施設内で水耕栽培し、2018年7月から2019年2月までに採取した小粒の塊茎で、品種は「男しゃくいも」である。種いものほとんどは2月18日に到着し、常温貯蔵庫に保管したのち、浴光処理を30日間行った（写真1）。到着時には全塊茎が見かけ上健全に見えるものであったが、貯蔵・浴光処理中に4%の塊茎が腐敗した。貯蔵・浴光中の腐敗は10、11月収穫の塊茎に特異的に多く見られ、収穫後の取り扱いや選別の影響が示唆された。

特徴的な栽培管理としては、5月9日に農研機構北海道農業研究センター芽室研究



写真1 植付け直前の水耕栽培由来塊茎
(容器枠の1辺は1.5cm)

拠点内の畑作圃場に植え付け、種いもが0.5～1gと小さいため植え付け後の覆土は1～3cmと浅く行った。また、本試験の培土は、試験区の配置上一斉に行い、通常より薄い3cm程度とし、時期も通常より遅い7月2日に実施した。萌芽と生育の大きなばらつきに対応したため、培土時に生育が進んでいた個体は一部で葉の折損が、生育が遅れていた個体は培土により埋もれ（救出措置は実施）、その後欠株となる個体も観察された。枯凋剤は使用せず全株が自然枯凋後に収穫を行った。以下の結果は、上記の試験条件で得られたものである。

2 水耕栽培由来種いもと土耕栽培由来種いもの生育、収量の比較

水耕栽培由来種いもと土耕栽培由来種いもの生育や収量の差異を明らかにするため、種いもの重さが0.5g、1g、5gについて比較を行った。なお、本試験では水耕栽培由来種いもは2018年11月までに採取したものをを用いた。また、土耕栽培由来種いもは2018年に北海道の標準的な作型で栽培し、9月に収穫したものである（以下の章でも同様）。

1gと5gでは水耕由来が土耕由来に比較して萌芽期が7～11日遅く、萌芽揃いと



写真2 水耕栽培試験における萌芽状況

表2 水耕栽培由来種いもと土耕栽培由来種いもの生育

	由来	萌芽期 (月日)	萌芽率 (%)	萌芽の 早晩	萌芽の 揃い	開花期 (月日)	茎数 (本/株)	茎長 (cm)	黄変期 (月日)	生育日数 (日)	収穫株率 (%)
0.5 g	水耕	6/2	93			7/18	2.1	59	9/11	101	93
	土耕	6/1	93			7/19	1.8	56	9/10	101	90
1 g	水耕	6/2	97			7/17	2.7	58	9/9	99	97
	土耕	5/26	100	早	良	7/9	1.9	44	9/1	98	100
5 g	水耕	6/3	73		不良	7/11	3.0	51	9/5	94	97
	土耕	5/23	100	早	良	6/28	2.0	41	8/18	87	100

* 萌芽率は植付70日後の調査

* 種いもの収穫時期：水耕栽培由来—10、11月、土耕栽培由来—9月

初期生育が劣り、黄変期も遅かった。0.5gでは水耕由来と土耕由来はほぼ同時期に萌芽し、開花期、黄変期、生育期間も同等であった（表2）。

週1回測定したNDVI（正規化差植生指標：植生の分布状況や活性度を示す指標）の推移では、萌芽が早かった土耕由来1gと5gは上昇が早くて7月下旬にピークを迎え、減少に転じた。萌芽が遅かった水耕由来および土耕由来0.5gは7/19調査時点では土耕由来1gと5gにほぼ追いついた後も上昇を続け、8月上旬がピークとなり、生育時期のずれが示された（図2）。生育量の大きさを比較すると、種いもの重さに

かわらず水耕由来が茎数は多く、茎長は長く（表2）、NDVIのピーク値も高い傾向にあり生育は旺盛であったが、初期生育の遅れに伴う気象条件の違いの影響も考えられる。

単位面積当たりの収穫塊茎数と上いも平均重を図3に示した。塊茎数は種いも規格内を枠で囲むとともに、同サイズ種いもの土耕由来比の数値を記入してある。種いも規格内塊茎数（40g～189g）は、0.5gでは水耕由来が土耕由来より多く、1gでは同等、5gでは少なかった。平均重は0.5gと1gでは水耕由来が大きく、5gでは小さかった。本年の結果では水耕栽培由来種いも

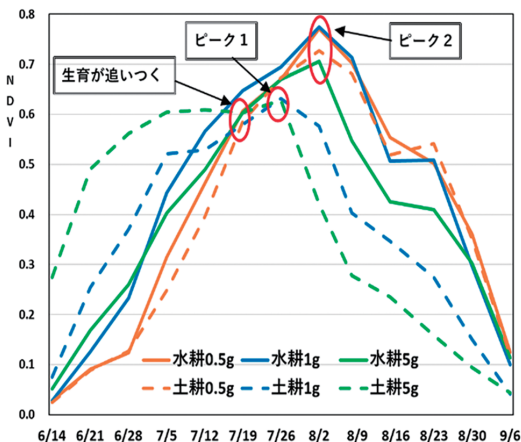


図2 土耕由来と水耕由来のNDVIの推移

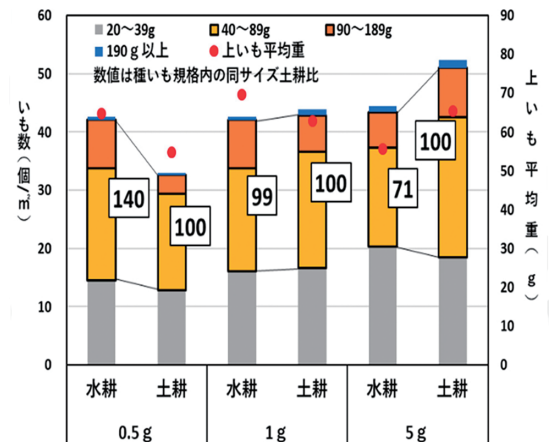


図3 土耕と水耕の収穫塊茎数、平均重の比較

表3 水耕栽培由来種いもの収穫時期と生育

重さ	収穫時期	萌芽期 (月日)	萌芽率 (%)	萌芽の 早晚	萌芽の 揃い	開花期 (月日)	茎数 (本/株)	茎長 (cm)	黄変期 (月日)	生育日数 (日)	収穫株率 (%)
0.5g	7、8月	5/31	90			7/17	2.2	56	9/12	104	90
	10、11月	6/2	93			7/18	2.1	59	9/11	101	93
	1、2月	未達	10	遅	不良	—	1.2	46	9/18	—	33
1g	7、8月	5/28	100	早	良	7/13	2.2	51	9/9	104	100
	10、11月	6/2	97			7/17	2.7	58	9/9	99	97
	1、2月	未達	10	遅	不良	—	1.7	54	—	—	30

* 萌芽率は植付70日後の調査

もと土耕栽培種いもによる収穫塊茎数、平均重に一定の傾向は見られず、同じ重さの種いもを用いた場合の収量性の優劣は明らかではなかった。

3 種いもの収穫時期と生育、収量

水耕栽培由来種いもの収穫適期を明らかにするために、収穫時期が7、8月、10、11月、1、2月の0.5gと1g種いもについて生育や収量の比較を行った。

生育面では、萌芽期は0.5g、1gとも7、8月収穫と比較して萌芽期は10、11月収穫では2～5日遅く、黄変期は同等であった。1、2月収穫の萌芽期は未達であり、萌芽揃いも不良であった(表3)。植え付け70日後の時点の欠株率や萌芽遅れ率は7、8月収穫では低く、収穫時期が遅くなるほど高まり、1、2月収穫塊茎では計78%と非常に高く、栽培管理に支障をきたした(図4)。茎数は7、8月、10、11月では大差なく、1、2月は少なかった。茎長は10、11月がやや高くなる傾向が見られた(表3)。

収穫塊茎数は、両サイズとも7、8月収穫と比較して10、11月では1割前後少なくなり、1、2月では半分以下であった。平均重は7、8月と10、11月は同等で、1、2月では小さかった(図5)。なお、1、

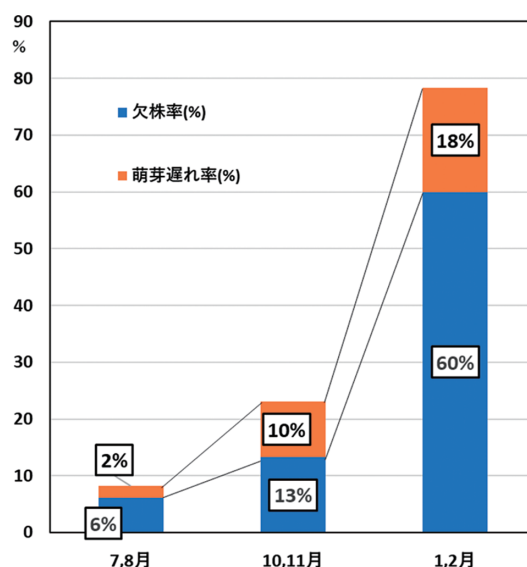


図4 種いもの収穫時期と欠株、萌芽遅れ率(種いも0.5g)

(注) 植付後70日目の調査、調査後の萌芽個体もある

2月収穫種いもでは表3の萌芽調査後の萌芽個体もあり、収穫時の株率0.5gでは33%、1gでは30%であった(表3)。

水耕栽培由来の塊茎を種いもとして利用する場合は、土耕由来と同様に十分な休眠期間の確保が必要であり、5月上旬前後を植え付け時期とする北海道の種いも生産体系では、7、8月収穫種いもが0.5g、1gとも生育、収量の両面から望ましかった。10、11月収穫種いもは萌芽期がやや遅れ規格内塊茎数はやや減少したが、休眠打破促進等の対策により使用可能範囲内と考えら

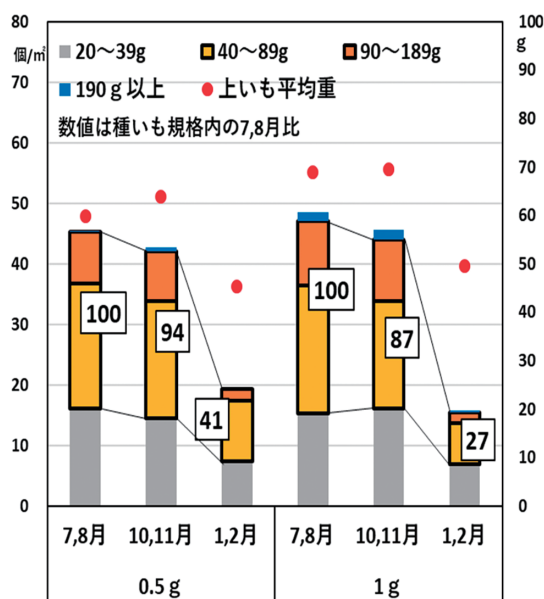


図5 水耕種いもの収穫時期と収穫塊茎数、平均重

れる。1、2月収穫塊茎を従来の種いも生産体系に用いることは、萌芽期が遅れて不揃いになり、収量が大幅に低下することから不適である。これらの塊茎を種いもとして使用するためには、水耕種いもの休眠期間を明らかにしたうえで、それに適した作型を改めて検討する必要がある。

4 種いもの重さと生育、収量

水耕栽培由来種いもの重さが生育に及ぼす影響を明らかにするために、7、8月と10、11月に収穫された0.5gと1gの種いもについてに比較した。

欠株と萌芽遅れを比較すると、いずれも0.5gが1gより発生率の合計が2.5倍以上高かった(図6)ことから、種いもとして利用する水耕栽培塊茎の大きさは0.5gより1gの方が望ましかった。種いものが小さくなると初期生育に必要となる栄養の貯蔵量が少なく、萌芽が遅れやすく、萌芽後の茎の伸長も時間がかかることから欠株になりや

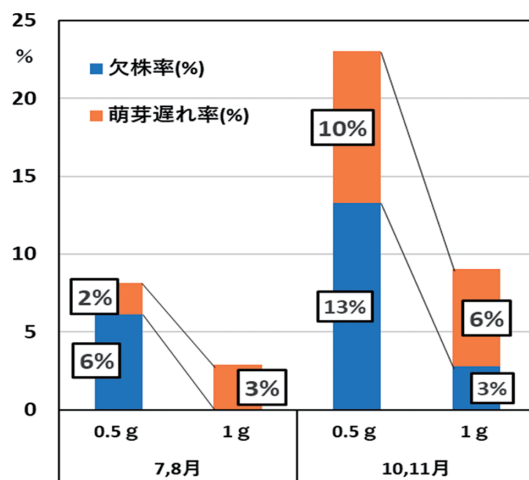


図6 種いもの収穫時期と重さと欠株、萌芽遅れの発生率

すかったと考えられる。また、小粒塊茎を種いもに用いる場合は萌芽や萌芽後の生育遅れに対応した栽培管理が必要となるが、さらに小さな塊茎に対応するには、塊茎の大きさに合わせて播種法や培土法(時期と培土量)を調整する必要があるものと考えられる。また、種いもの大きさ、採種時期等が異なる種いもが混在した場合、管理が困難になることから、適正な選別・管理・供給の一貫した体制が必須である。

次に、種いもの大きさが生育と収量に及ぼす影響を明らかにするために、2章に示した前年10月と11月収穫の0.5g、1gの種いもに加えて、さらに小粒である7-9月収穫の0.3gの種いもについて比較を行うとともに、参考として一般的に用いられている土耕栽培由来40gの種いもとの比較を行った。

水耕由来種いもは重さにかかわらず6月第1半旬に萌芽したものの、重さが軽いものほど初期生育が緩慢で、土耕由来40gと比較すると水耕由来は萌芽期が10~13日遅く、黄変期が20~22日遅くなり、生育日数

表4 水耕栽培由来種いもの重さと生育

種いもの 重さ	萌芽期 (月日)	萌芽率 (%)	萌芽の 早晩	萌芽の 揃い	開花期 (月日)	茎数 (本/株)	茎長 (cm)	黄変期 (月日)	生育日数 (日)	収穫株率 (%)
0.3 g	6/5	97	遅		7/21	1.9	57	9/11	98	87
0.5 g	6/2	93			7/18	2.1	59	9/11	101	93
1 g	6/2	97			7/17	2.7	58	9/9	99	97
土耕40 g	5/23	100	早	良	—	5.5	45	8/20	89	100

* 萌芽率は植付70日後の調査

* 種いもの収穫時期：0.3g—7～9月、0.5g、1 g、5 g—10、11月、土耕40g—9月

は10日前後長かった。株当たりの茎数は、水耕由来は1.9～2.7本/株と土耕40gの5.5本/株の半分以下であり、種いもの重さが軽くなるにつれて少なくなった。茎長はいずれも土耕40gよりは長かった（表4）。

種いもの重さが収量に及ぼす影響としては、種いものが重くなるほど収穫塊茎数、平均重は増加傾向にあったが、土耕40gと比較すると水耕由来種いも規格内塊茎数は50～62%と少なかった（図7）。平均重は60g前後と大差ないことから、塊茎数が少ないことが収量低下の原因となっていた。小粒種いもの収量増加を図るためには、茎数を

増加させて塊茎数を確保することが有効と推測された。後述する密植試験において、密植区（株間20cm）が普通植区（株間30cm）より面積当たり茎数と規格内塊茎数および収量は増加する傾向が見られており、本格的な検証が必要である。

5 収穫塊茎の障害発生

収穫した塊茎の障害発生率は、変形、緑化、腐敗を中心に水耕由来種いもは57%、土耕由来種いもは44%といずれも高かった（図8）。その原因は、種いものが小さいため植え付け後の覆土を浅くし、生育のばらつ

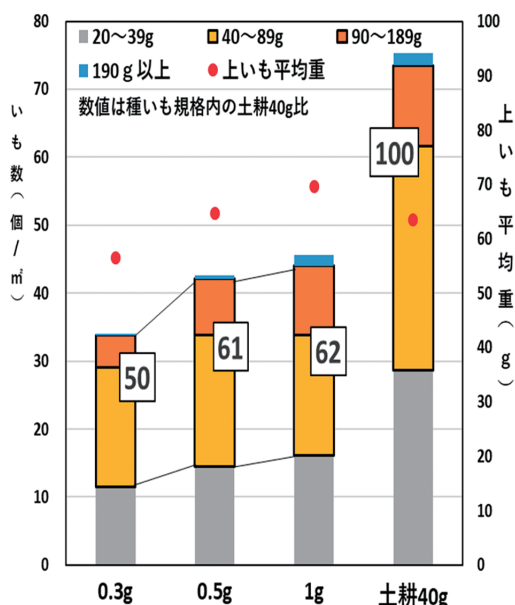


図7 水耕栽培種いもの大きさと収穫塊茎数、平均重

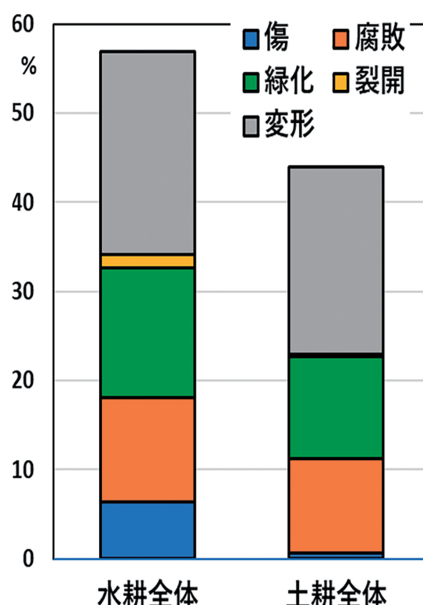


図8 水耕栽培試験における収穫塊茎の障害発生率

きが大きかったため培土を遅めに軽く行った結果、生育中の倒伏や茎折れが多発し、障害いもが増加したと考えられる。その対策としては、萌芽と初期生育が均一になる種いもの生産が必要であり、併せて小粒種いものに適した栽培体系の確立が必要である。なお、水耕栽培由来の収穫塊茎において特異的に表皮のひび割れ傷やストロン部の傷が多く見られたが、原因は不明である。

6 その他の試験における生育、収量の概要

(1) 貯蔵温度と浴光期間

一般的に植え付け時期の種いもは休眠明けしているが老齢化していない状態が望ましい。水耕栽培では季節に左右されずに一年中収穫できるメリットはあるものの、初期生育が遅い小粒いもを種いもとして利用することから、適正な齢の種いものに揃えることがより重要である。そこで、貯蔵条件と浴光条件による種いも齢の調節を目的に、7、8月に収穫した1gの種いもを用いて貯蔵温度を2℃と常温貯蔵（約2℃～4℃）、浴光期間を30日間と50日間を組み合わせる試験を実施した。

その結果2℃貯蔵において萌芽期、開花期、黄変期が遅くなり、茎数は減少し、茎長は長くなる傾向にあったが、収量への影響には一定の傾向は見られなかった。50日間浴光処理は30日間浴光処理と比較して生育における差はほとんどなかったが、規格内収量は1割程度低下した。

(2) ジベレリン処理

小粒塊茎は初期生育が遅れるため、萌芽期と初期生育の促進を目的に、10、11月収穫の0.5gと1g種いもを用いてジベレリン処理試験（10ppm、30秒間浸漬）を行った。

しかし、無処理と比較してジベレリン処理は萌芽期、開花期、黄変期は数日遅れとなり、試験目的とは逆の結果となった。収穫塊茎数の増減には一定の傾向は見られず、小粒塊茎の増加に伴い1個平均重はやや小さくなった。過去のジベレリン処理試験においても萌芽・生育促進効果の有無や程度には年次間差が見られており、本年実施した他のジベレリン処理試験においても効果が現れにくい年であったことから、再検討が望まれる。

(3) 密植栽培

小粒種いもでは収量が減少することが予想されたため、株間20cmの密植栽培（通常は30cm）による収量の増加について検討した。密植により株当たりの茎数が減少したものの面積当たりの茎数は増加し、茎長はやや長くなった。密植により1個平均重は小さくなったものの面積当たりの収穫塊茎数は増加し、収量は増加傾向にあった。本試験は種いも数の関係で無反復であったため、再検討が必要である。

(4) 機械植適応性

1g程度の小粒種いもでは既存のばれいしょ播種機は使用できないため、目皿式大豆播種機を用いた機械植への適応性について検討した（写真3、4）。機械植の欠株率は13%で、手植えの3%に比較して高かったが、萌芽期、生育、茎数や茎長は同等で、収穫塊茎数は手植え比94%であった。1gより小粒の種いもに対応するには、真空播種機の使用等が必要と考えられる。

7 水耕栽培由来小粒塊茎の種いも利用の課題と可能性

本年の試験結果から、水耕栽培由来の小



写真3 大豆播種機による水耕栽培塊茎の播種



写真4 大豆播種機の目皿

粒種いもには以下の特徴や必要な対策があることが明らかになった。

- ① 北海道の従来種のいも生産体系に用いるには、種いもの収穫は秋までに実施し、十分な休眠期間を取る必要がある。
- ② 種いもの大きさは0.5gでは欠株や萌芽遅れが増加することから、1gが望ましい。
- ③ 水耕栽培由来種いもでは貯蔵・浴光中に一部腐敗がみられることから、貯蔵条件と選別法を明らかにする必要がある。
- ④ 萌芽のばらつきや欠株の多発を防ぐには、作型に合わせた適正な採種時期を明確にし、催芽方法を検討する必要がある。また、植え付け後の萌芽促進法を確立する必要がある。
- ⑤ 萌芽や初期生育の揃いが悪いため、培土の時期や培土量の判断が困難であるとともに、軽い覆土と培土を実施した場合は倒伏や茎折れ等による収穫塊茎の変形、緑化、腐敗などの障害率が高まることから、培土手法を含めた栽培法を確立する必要がある。
- ⑥ 収量は通常種いも（40g）の50～60%程度と少ないが、同サイズの土耕由来種

いもとの収量性の優劣は明らかではない。

本格的な試験の1年目であったためネガティブな結果が多いが、それを改善するヒントも多く得られている。種いもの収穫を適期に行い、十分な休眠期間を確保し、齢を揃えることで欠株や萌芽遅れ等の栽培上の問題は軽減される。また、効果的な種いも選別法の開発と貯蔵方法や浴光方法の検討などにより、さらなる種いもの品質向上と生育の均一化が図れる可能性がある。また、収穫塊茎の障害率が示すように、小粒種いもに適した覆土、仮培土、本培土などの栽培技術が未確立であり、これらの改良が必要である。

生産現場での実用化に向けては多くの課題があり、その解決には年数を要すると考えられる。しかし、密植栽培や大豆播種機を用いた機械化適応性では好感度が得られている。冒頭に述べたように種いもの安定供給はばれいしょ生産の維持発展に必須であり、作業時間が長い種いも生産の省力化と軽労化に向けて、水耕栽培由来塊茎の種いも利用の実用性が高まることが期待される。