

アスパラガス(*Asparagus officinalis* L.)の新栽培法「1年養成株全収穫栽培法」における「収量優劣推定プログラム」の作成

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者名	津田, 湊子 元木, 悟
発行元	養賢堂
巻/号	93巻9号
巻号補足	
掲載ページ	p. 755-765
発行年月	2018年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



アスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) の新栽培法「1年養成株全収穫栽培法」における「収量優劣推定プログラム」の作成

津田 溪子*・元木 悟**

〔キーワード〕: 茎径, 露地栽培, 省力化, 採りつきり栽培®

1. 緒言

アスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) は、キジカクシ科クサスギカズラ属に属する地中海沿岸原産の多年生植物であり (上杉 2008), おもに若茎を食用とする野菜である。アスパラガスの原種は、ヨーロッパから西部アジアにかけて、海岸や河川付近などに多く自生しており、ポーランドおよび南ロシア地域の半砂漠的草原においても、アスパラガスの原種で覆われた場所が存在する (八鍬 2004)。アスパラガスは、原産地の環境から、耐乾性、耐暑性および耐寒性に優れる (元木 2016)。そのため、現在ではヨーロッパ北部やカナダ、アメリカ北部、中国北部などの寒冷地域から、メキシコや中国南部、東南アジアなどの熱帯・亜熱帯地域まで幅広く栽培されており、2009年現在、世界の60か国以上でおよそ20万haの栽培面積がある (Benson 2012)。日本においては、18世紀後半に伝わり、明治時代以降は、缶詰用のホワイトアスパラガスとして栽培されてきた (皆川 2007)。1970年代頃には、緑黄色野菜が健康食品として注目されるようになり、グリーンアスパラガス (以下、グリーン) の生産量が増加し、以降は急速に一般家庭に広まった (皆川 2007)。

2016年現在、日本国内におけるアスパラガスの生産量は、年間30,400tであり (農林水産省 2017)、近年増加傾向にある。その理由として、前述のように、アスパラガスは幅広い気候および地域で栽培可能であり、日本国内においても多様な作型が分化してきたことが関係している。日本国内におけるアスパラガスの作型は、露地栽培、ハウス半促成栽培および伏せ込み促成栽培の3種類に大別される (元木 2003)。このうち、露地栽培およびハウス半促成栽培は、収穫体系の違いにより、春どりのみ行う普通栽

培、春どり打ち切り後に収穫を休止して立茎させて所定の茎数に整理したのちに夏秋どりを行う2季どり栽培、そして春どりから立茎期間中も収穫を休止せず夏秋どりに移行する長期どり栽培があり (元木 2003)、近年では収量の高さから西南暖地を中心に長期どり栽培が広く普及している。

蕪野ら (2018) は、既存の作型に加えて、新たな作型である「1年養成株全収穫栽培法」を開発し、「採りつきり栽培®」 (以下、採りつきり栽培) と名付けた。採りつきり栽培は、1年間だけ養成した株について、翌春に萌芽する若茎をすべて収穫し、その株の収穫を終了させる作型である。採りつきり栽培では、アスパラガスのセル成型苗を、専用ホーラー (清水ら 2016) を用いて早期に深植えすることにより、従来は定植が不可能とされた2~3月の定植が可能である。株養成が長期化することにより、大株が養成され、L級規格以上の太ものの若茎の収量が増加する。春季の出荷端境期となる4月に収量が増加するため、収穫1年目の収量が露地普通栽培の年平均単収と同等か高くなる (蕪野ら 2018)。また、露地普通栽培と異なり、立茎を行わず、若茎をすべて収穫し、1年で栽培を打ち切るため、長期間栽培で発生しやすい茎枯病などの病害 (小泉・中條 2008; 元木 2003) を回避し、収量の低下を防ぐことができる。そのような特徴から、本作型は今後普及が見込まれる。

ところで、アスパラガスを作付けするに当たり、生産者は品質や収量性などが優れる品種を選定することが極めて重要である (元木 2003)。アスパラガスの品種・系統間差および処理間差の生産力検定などの実際の栽培試験における収量性の比較検討、すなわち収量形質の検討のためには、収穫調製後の収量調査が不可欠である。しかし、アスパラガスの収穫調製作業は労働力の半分以上を占めるとされ (元木 2003)、大規模な試験圃場や生産現場における栽培試験の実施が難しい。そこで、栽培試験における収

*明治大学大学院農学研究科 (Keiko Tsuda)

**明治大学農学部 (Satoru Motoki)

量調査の負担の軽減を目的として、元木ら (2007) は、収穫終了時に収穫茎すべての茎径を計測することにより、当年の収量形質を推定する手法を検討し、蓄積されたデータから「収量優劣推定プログラム」を作成した。その「収量優劣推定プログラム」を用いて栽培試験の収量形質を推定し、実際の収量調査で得た収量形質の実測値と比較したところ、収量および株当本数に高い正の相関が認められた。このことから、「収量優劣推定プログラム」によって品種・系統間差および処理間差の優劣の推定が可能であり、栽培試験における収量調査の負担を軽減できることが明らかになった。

採りつきり栽培の現地実証試験においても、「収量優劣推定プログラム」を利用することができれば、収量調査が省力化および簡易化し、採りつきり栽培の普及拡大に繋がると期待される。ただし、前述の「収量優劣推定プログラム」(元木ら 2007) は、アスパラガスの長期どり栽培において使用することを想定し、長期どり栽培の収量データをもとに作成されたものであり、採りつきり栽培用の規格を定める必要がある。

そこで、アスパラガスの新栽培法である採りつきり栽培の普及のため、栽培の現地実証試験における収量調査の負担軽減を目指し、採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」を作成した。さらに、作成した「収量優劣推定プログラム」の有用性を検討した。

2. 材料および方法

(1) 供試品種

供試品種は、グリーンの‘アティカス’ (ベジョー ジャパン (株)) およびムラサキアスパラガス (以下、ムラサキ) の‘満味紫’ (パイオニアエコサイエンス (株)) を用いた。

(2) 栽培方法

栽培は、明治大学生田キャンパス南圃場 (神奈川県川崎市、標高 65 m、赤黄色土、pH 6.0、EC 0.10 $\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$) で行った (蕪野ら 2018)。

栽培試験 1 年目 (以下、1 年目) は、2013 年 11 月 18 日および 2014 年 2 月 10 日に 128 穴セルトレイに播種し、それぞれ 2014 年 3 月 7 日および 6 月 2 日に採りつきり栽培専用ホーラー (清水ら 2016, 図



図1 専用ホーラーおよび慣行ホーラー (清水撮影)
写真左側が専用ホーラー、右側が慣行ホーラー。

1) を用いてセル成型苗を深さ 15 cm 程度の位置に定植した。栽植密度は、畝幅 140 cm、株間 30 cm の 1 条植え ($2,380 \text{ 株} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$) とした。基肥は牛ふん堆肥を $4 \text{ t} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ 、緩効性の化成肥料 (くみあい CDU 複合燐加安 S555, ジェイカムアグリ (株)) を $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 15 : 15 : 15 \text{ kg} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ 施用し、追肥および灌水は行わなかった。定植年は、株養成のみとし、畝面を黒マルチ (オークラ農ポリ FC-50, 大倉工業 (株)、幅 135 cm、厚さ 0.02 mm) で覆い、収穫は行わなかった。その他の栽培管理は、露地普通栽培の慣行 (元木 2003) に準じた。

栽培試験 2 年目 (以下、2 年目) は、2014 年 11 月 17 日から 2015 年 3 月にかけて 1 か月おきに 128 穴セルトレイに播種し、89~112 日間育苗した苗を専用ホーラー (清水ら 2016) を用いて深さ 15 cm 程度の位置に定植した。定植は、1 か月ごとに 2015 年 2 月 19 日、3 月 13 日、4 月 12 日、5 月 13 日および 6 月 15 日の計 5 回行い、栽植密度は、畝幅 140 cm、株間 40 cm の 1 条植え ($1,786 \text{ 株} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$) とした。その他の栽培管理は、1 年目と同様に行った。

品種および定植月ごとに試験区を設け、1 年目は 1 区 10 株、2 年目は 1 区 12 株とした。

(3) 採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」の作成

2015 年 4 月 3 日~5 月 29 日の 57 日間および 2016

表1 アスパラガスの重量別規格および中間重量

規格	重量範囲 ^z	中間重量 (g) ^y
2L	40 g 以上	50.0
L太	25 g 以上 40 g 未満	32.5
L細	15 g 以上 25 g 未満	20.0
M	10 g 以上 15 g 未満	12.5
S	7 g 以上 10 g 未満	8.5
B	5 g 以上 7 g 未満	6.0
規格外	5 g 未満	2.5

^z 2001年調査時における長野県の一般的なアスパラガスの出荷規格（元木ら 2007）。

^y 中間重量は重量範囲の中間値である。調査時の2L級規格以上の実際の重量平均は48.9 gであり、中間重量を50.0 gとした。

年3月4日～5月31日の88日間、1日おきに、25 cm以上に伸びた若茎と奇茎および病虫害茎すべて

を地際から切りとり、さらに先端から25 cm長に調製し、重量を計測して重量別規格（2001年調査時における長野県の一般的なアスパラガスの出荷規格、表1）（元木ら 2007）に分けた。調査期間中は収穫した若茎の重量に加え、茎径も同時に計測した。

収量および茎径調査のデータをもとに、アスパラガスの収穫茎の規格および茎径別の規格割合を求めた。元木ら（2007）は、中間重量（g）×規格割合（%）＝推定茎重（g）と報告している（中間重量とは、重量範囲の中間値を指す。本試験における中間重量を表1に示した。例えば、2001年調査時において、長野県の一般的なアスパラガスの出荷規格（元木ら 2007）におけるL太級規格の重量範囲は25 g以上40 g未満であり、この中間値である32.5 gが中間重量となる。2L級規格は、上限値を定めていな

	1株	2株	3株	4株	5株	6株	7株	8株	9株	10株
1	19.5	10.9	13.3	5.0	15.8	15.6	7.0	10.8	2.6	12.1
2	2.4	11.2	15.3	9.2	6.7	15.6	10.0	14.8	10.6	7.4
3	10.9	6.6	10.7	7.0	10.3	15.0	7.3	19.2	14.6	9.5
4	12.2	13.8	11.7	5.2	6.1	11.1	6.0	11.6	1.2	14.4
5	8.5	2.6	12.8	10.1	6.9	15.8	6.2	17.3	2.1	13.5
6	9.8	10.2	6.1	10.9	4.1	13.7	16.6	6.4	12.8	2.0
7		3.7	16.6	10.4		6.3	9.7	9.8	3.3	2.5
8		3.0	18.0	12.1		20.3	15.1	9.2	21.6	
9		10.3		5.9		14.6	5.8	17.6	16.0	
10		7.2				12.1	8.4	8.0	16.9	
11		8.1				14.2	15.1	17.8	12.6	
12		9.8				15.7	13.0	10.3	10.5	
13		9.4				14.1	2.0	8.8	8.1	
14		7.5				13.1	9.5	11.2	3.5	
15		9.9				1.6	7.3		13.1	
16		11.2				12.0	5.7			
17		9.0					8.6			
18		5.4					14.1			
19		12.2					13.3			
20		10.2					2.6			
21		10.8					6.1			
22		9.2								
23										
24										
25										
26										
27										
28										
ave	10.6	8.7	13.1	8.4	8.3	13.2	9.0	12.3	10.0	8.8

10.24 Average of average stem diameter (mm)
10.24 Average of total stem diameter (mm)

茎径別の頻度分布

上端 (mm)	茎径範囲 (mm)	1株	2株	3株	4株	5株	6株	7株	8株	9株	10株
1.9	0～1.9	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
3.9	2～3.9	1	3					2		4	2
5.9	4～5.9		1		3	1		2			
7.9	6～7.9		3	1	1	3	1	6	1		1
9.9	8～9.9	2	6		1			4	4	1	1
11.9	10～11.9	1	7	2	3	1	1	1	4	2	
13.9	12～13.9	1	2	2	1		4	2		3	2
15.9	14～15.9			1		1	8	3	1	1	1
17.9	16～17.9			1				1	3	2	
19.9	18～19.9	1		1					1		
21.9	20～21.9						1			1	
23.9	22～23.9										
25.9	24～25.9										
26～											
Total		6	22	8	9	6	16	21	14	15	7

規格別推定本数

	1株	2株	3株	4株	5株	6株	7株	8株	9株	10株	試験区平均 (本)
2L	0.6	0.0	0.8	0.0	0.0	1.0	0.2	1.2	1.3	0.0	2L 0.5
L太	0.6	0.6	2.6	0.3	0.9	8.2	4.0	3.6	3.4	1.4	L太 1.9
L細	1.9	8.7	3.4	3.6	1.0	4.6	3.3	4.4	4.2	1.7	L細 4.2
M	1.7	6.0	0.4	1.3	0.7	0.3	4.5	3.7	1.0	1.0	M 2.5
S	0.1	2.3	0.6	1.0	1.9	0.7	4.1	0.9	0.1	0.7	S 1.4
B	0.0	1.1	0.2	1.8	1.1	0.2	2.2	0.2	0.0	0.2	B 0.9
規格外	1	3	0	1	0	1	3	0	5	2	規格外 1.5
総本数	6	22	8	9	6	16	21	14	15	7	総本数 12.8
High	9	1			10		2				
Low	22	21			6	6					

推定収量 (g)

	Plant1	Plant2	Plant3	Plant4	Plant5	Plant6	Plant7	Plant8	Plant9	Plant10	試験区平均 (g)
50g	32	0	42	0	1	52	11	61	67	1	2L 25.3
32.5g	21	18	84	9	29	267	130	117	109	47	L太 61.8
20g	38	174	67	72	20	91	65	88	85	33	L細 83.5
12.5g	21	75	5	16	9	4	56	47	13	13	M 30.9
8.5g	1	19	5	8	16	6	35	7	1	6	S 11.6
6.0g	0	6	1	10	6	1	12	1	0	1	B 4.8
3規格外	3	8	0	3	1	3	7	0	13	5	規格外 5.5
総収量	116	301	205	118	81	423	316	321	286	105	総収量 223.5
High	422.8	321.2			10	1		2		9	可販収量 197.0
Low	81.36	105.1									

図2 採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」
Microsoft Office Excelのシートにより作成した。

いため、調査時の2L級規格以上の実際の重量平均である48.9gに近い値である50.0gを中間重量とした。この式を用いて、調査終了時に計測した収穫した若茎の地下残存部(以下、残茎)の各茎径から、中間重量と茎径別の規格割合により1茎重を推定した。さらに、全残茎の推定1茎重を合算することにより、収量、規格別本数割合および可販率を推定するプログラムをMicrosoft Office Excelにより作成した。そのような手順で作成したプログラムを、採りつき栽培版の「収量優劣推定プログラム」とした(図2)。

なお、中間重量と茎径別の規格割合をもとに各茎径から1茎重を推定し、求めた各株の総収量を、以下、推定値と呼ぶ。調査期間における各株の収穫茎の重量(実際の総収量)を、以下、実測値とした。

(4) 採りつき栽培版の「収量優劣推定プログラム」の有用性の検討

調査終了後、収穫した若茎の残茎(図3)をすべて抜き取り、その茎径を各株の地際部で計測した(図4)。

図5に示した採りつき栽培版の「収量優劣推定プログラム」用シートを用いて、推定値と実測値との相関関係を調べた。図5の①のエリアに各株における残茎の茎径を入力すると、自動的に②のエリアへ茎径範囲別に残茎本数が振り分けられる。同時に、②で振り分けた茎径および茎径本数から、中間重量によって規格別本数およびその割合を推定し、可販率が求められる。また、重量範囲の中間値から規格

別収量が計算される。これによって総収量が求まり、右下の枠で囲った③のエリアに表示される。同時に、総収量および可販率から試験区の平均可販収量が推定される。このように求めた各株の推定値をx軸、実測値をy軸として散布図を作成し、回帰分析を行った。

3. 結果および考察

(1) 1年養成株における実測値と推定値との相関 ①グリーンにおける実測値と推定値との相関

表2に、1年目のグリーンのみで作成した採りつき栽培版の重量および茎径別の規格割合を示した。1年目のグリーンのみで作成した採りつき栽培版の「収量優劣推定プログラム」(以下、YEP2015G)を用いて推定した1年目のグリーンの株ごとの収量の推定値と実測値を比較した散布図を図6に示した。ピアソンの積率相関係数では、 $n=55$ の場合、 $r=0.345$ 以上であれば無相関とは認められないため、収量の推定値と実測値との間に有意な正の相関が認められた(表3, $r=0.937$, $p<0.01$)。また、YEP2015Gを用いて推定した1年目のグリーンの株ごとの収穫本数の推定値と実測値との間にも、有意な正の相関が認められた(表3, $r=0.912$, $p<0.01$) (散布図は省略)。

②ムラサキにおける実測値と推定値との相関

表4に、1年目のムラサキのみで作成した採りつき栽培版の重量および茎径別の規格割合を示した。1年目のムラサキのみで作成した採りつき栽培

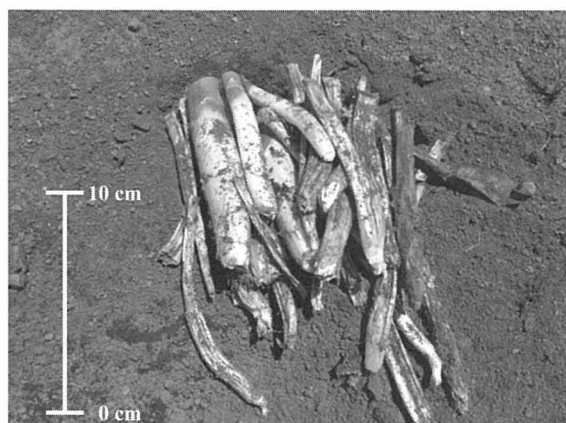


図3 アスパラガスの収穫終了後における残茎



図4 茎径調査の様子

	1株	2株	3株	4株	5株	6株	7株	8株	9株	10株
1	19.5	10.9	13.3	5.0	15.8	15.6	7.0	10.8	2.6	12.1
2	2.4	11.2	15.3	9.2	6.7	15.6	10.0	14.8	10.6	7.4
3	10.9	6.6	10.7	7.0	10.3	15.0	7.3	19.2	14.6	9.5
4	12.2	13.8	11.7	5.2	6.1	11.1	6.0	11.6	1.2	14.4
5	8.5	2.6	12.8	10.1	6.9	15.8	6.2	17.3	2.1	13.5
6	9.8	10.2	6.1	10.9	4.1	13.7	16.6	6.4	12.8	2.0
7		3.7	16.6	10.4		6.3	9.7	9.8	3.3	2.5
8		3.0	18.0	12.1		20.3	15.1	9.2	21.6	
9		10.3		5.9		14.6	5.8	17.6	16.0	
10		7.2				12.1	8.4	8.0	16.9	
11		8.1				14.2	15.1	17.8	12.6	
12		9.8				15.7	13.0	10.3	10.5	
13		9.4				14.1	2.0	8.8	8.1	
14		7.5				13.1	9.5	11.2	3.5	
15		9.9				1.6	7.3		13.1	
16		11.2				12.0	5.7			
17		9.0					8.6			
18		5.4					14.1			
19		12.2					13.3			
20		10.2					2.6			
21		10.8					6.1			
22		9.2								
23										
24										
25										
26										
27										
28										
ave	10.6	8.7	13.1	8.4	8.3	13.2	9.0	12.3	10.0	8.8

10.24 Average of average stem diameter (mm)
10.24 Average of total stem diameter (mm)

茎径別の頻度分布										
上端(mm)	茎径範囲(mm)	1株	2株	3株	4株	5株	6株	7株	8株	9株
1.9	0~1.9	0	0	0	0	0	1	0	0	1
3.9	2~3.9	1	3					2		4
5.9	4~5.9		1		3	1		2		
7.9	6~7.9		3	1	1	3	1	6	1	1
9.9	8~9.9	2	6		1			4	4	1
11.9	10~11.9	1	7	2	3	1	1	1	4	2
13.9	12~13.9	1	2	2	1		4	2		3
15.9	14~15.9			1		1	8	3	1	1
17.9	16~17.9			1				1	3	2
19.9	18~19.9	1		1					1	
21.9	20~21.9						1			1
23.9	22~23.9									
25.9	24~25.9									
26~										
Total		6	22	8	9	6	16	21	14	15

規格別推定本数										
	1株	2株	3株	4株	5株	6株	7株	8株	9株	10株
2L	0.6	0.0	0.8	0.0	0.0	1.0	0.2	1.2	1.3	0.0
L太	0.6	0.6	2.6	0.3	0.9	8.2	4.0	3.6	3.4	1.4
L細	1.9	8.7	3.4	3.6	1.0	4.6	3.3	4.4	4.2	1.7
M	1.7	6.0	0.4	1.3	0.7	0.3	4.5	3.7	1.0	1.0
S	0.1	2.3	0.6	1.0	1.9	0.7	4.1	0.9	0.1	0.7
B	0.0	1.1	0.2	1.8	1.1	0.2	2.2	0.2	0.0	0.2
規格外	1	3	0	1	0	1	3	0	5	2
総本数	6	22	8	9	6	16	21	14	15	7
High	9	1			10		2			
Low	22	21		6	6					

試験区平均 0.5
1.9
4.2
2.5
1.4
0.9
1.5
12.8

推定収量 (g)										
	Plant1	Plant2	Plant3	Plant4	Plant5	Plant6	Plant7	Plant8	Plant9	Plant10
50g	32	0	42	0	1	52	11	61	67	1
32.5g	21	18	84	9	29	267	130	117	109	47
20g	38	174	67	72	20	91	65	88	85	33
12.5g	21	75	5	16	9	4	56	47	13	13
8.5g	1	19	5	8	16	6	35	7	1	6
6.0g	0	6	1	10	6	1	12	1	0	1
規格外	3	8	0	3	1	3	7	0	13	5
総収量	116	301	205	118	81	423	316	321	286	105
High	422.8	321.2								
Low	81.36	105.1								

試験区平均 (g)
25.3
61.8
83.5
30.9
11.6
4.8
5.5
223.5
197.0

図5 採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」の使用法

①のエリアに残茎の茎径を入力すると、右下の枠で囲った③のエリアの総収量および可販収量に自動的に値が算出される。

表2 アスパラガスの収穫茎の重量および茎径別の規格割合 (1年目のグリーンのみ)

規格	重量 範囲 ²	中間 ³ 重量 (g)	収穫 本数 (本)	平均 茎径 (mm)	茎径別の規格割合(%)									
					>22 mm	>20	>18	>16	>14	>12	>10	>8	>6	>4
2L	40 g~	50.0	58	20.4	100	91	57	10	0	0	0	0	0	0
L太	25 g~	32.5	138	15.7	0	9	43	90	85	16	0	0	0	0
L細	15 g~	20.0	187	11.9	0	0	0	0	15	83	87	11	0	0
M	10 g~	12.5	79	9.1	0	0	0	0	0	1	13	80	6	0
S	7 g~	8.5	53	7.2	0	0	0	0	0	0	0	9	64	5
B	5 g~	6.0	47	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	28	52
規格外	<5 g	2.5	62	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	43
合計			624		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 茎重の推定値 (g) ⁴					50.0	48.4	42.5	34.3	30.6	21.9	19.0	13.0	7.8	4.4

² 2001年調査時における長野県の一般的なアスパラガスの出荷規格 (元木ら 2007)。

³ 中間重量は重量範囲の中間値である。調査時の2L級規格以上の実際の重量平均は48.9gであり、中間重量を50.0gとした。

⁴ 例えば残茎の茎径が17.2mmの場合、茎径別の規格では16mm以上18mm未満の範囲に入り、2L級規格以上(中間重量50.0g)の可能性が10%、L太級規格(中間重量32.5g)の可能性が90%となり、収穫茎の1茎重を34.3gと推定する。

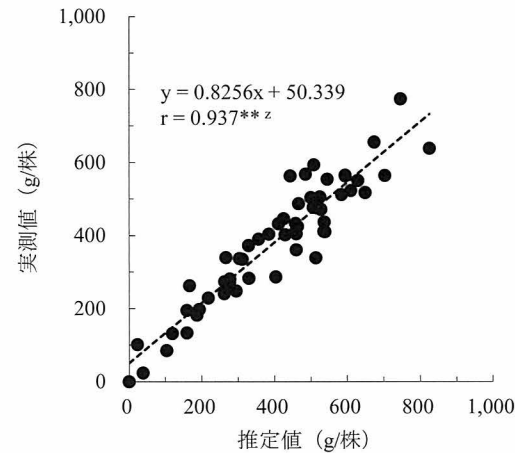


図6 YEP2015Gを用いて推定した1年目のグリーン
の株ごとの収量の推定値と実測値の散布図
z ピアソンの積率相関係数により, **は1%水
準で有意である (n=55).

培版の「収量優劣推定プログラム」(以下, YEP2015P)
を用いて推定した1年目のムラサキの株ごとの収

量の推定値と実測値を比較した散布図を図7に示
した. ピアソンの積率相関係数では, n = 113 の場
合, $r=0.210$ 以上であれば無相関とは認められな
いため, 収量の推定値と実測値との間に有意な正の相
関が認められた(表3, $r=0.936$, $p<0.01$). また,
YEP2015Pを用いて推定した1年目のムラサキの株
ごとの収穫本数の推定値と実測値との間にも, 有意
な正の相関が認められた(表3, $r=0.966$, $p<0.01$)
(散布図は省略).

③グリーンおよびムラサキにおける実測値と推定
値との相関

表5に, 1年目のグリーンおよびムラサキのデー
タを合算して作成した採りつき栽培版の重量お
よび茎径別の規格割合を示した. 1年目のグリーン
およびムラサキのデータを合算して作成した採
りつき栽培版「収量優劣推定プログラム」(以下,
YEP2015A)を用いて推定した1年目のグリーンお
よびムラサキの株ごとの収量の推定値と実測値を

表3 プログラムシートごとの実測値と推定値の関係

	YEP2015G (n=55)	YEP 2015P (n=113)	YEP 2015A (n=168)	YEP 2016G (n=56)	YEP 2016P (n=56)	YEP 2016A (n=112)	YEP 1516A (n=280)
調査項目							
収量	0.937** z	0.936**	0.934**	0.882**	0.910**	0.922**	0.896**
株当本数	0.912**	0.966**	0.951**	0.927**	0.917**	0.951**	0.943**

z ピアソンの積率相関係数により, **は1%水準で有意である.

表4 アスパラガスの収穫茎の重量および茎径別の規格割合 (1年目のムラサキのみ)

規格	重量 範囲 z	中間 y 重量 (g)	収穫 本数 (本)	平均 茎径 (mm)	茎径別の規格割合 (%)									
					>22 mm	>20	>18	>16	>14	>12	>10	>8	>6	>4
2L	40 g~	50.0	73	19.8	100	100	72	25	1	0	0	0	0	0
L 太	25 g~	32.5	186	15.2	0	0	28	72	92	39	1	0	0	0
L 細	15 g~	20.0	185	11.5	0	0	0	3	6	61	95	19	0	0
M	10 g~	12.5	91	8.6	0	0	0	0	1	0	4	78	36	0
S	7 g~	8.5	45	7.0	0	0	0	0	0	0	0	3	59	14
B	5 g~	6.0	32	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	58
規格外	<5 g	2.5	42	3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
合計			654		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 茎重の推定値 (g) x					50.0	50.0	45.1	36.5	31.7	24.9	19.8	13.9	9.8	7.4

z 2001 年調査時における長野県の一般的なアスパラガスの出荷規格 (元木ら 2007) .
y 中間重量は重量範囲の中間値である. 調査時の 2L 級規格以上の実際の重量平均は 48.9 g であり, 中間重量を 50.0 g とした.
x 例えば残茎の茎径が 17.2 mm の場合, 茎径別の規格では 16 mm 以上 18 mm 未満の範囲に入り, 2L 級規格以上 (中間重量 50.0 g) の可能性が 25%, L 太級規格 (中間重量 32.5 g) の可能性が 72%, L 細級規格 (中間重量 20.0 g) の可能性が 3% となり, 収穫茎の 1 茎重を 36.5 g と推定する.

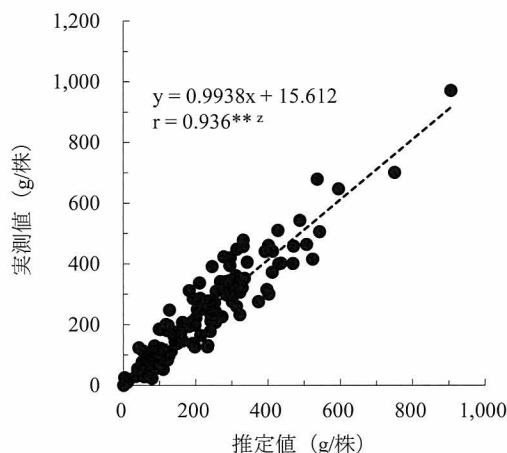


図7 YEP2015Gを用いて推定した1年目のムラサキの株ごとの収量の推定値と実測値の散布図
^z ピアソンの積率相関係数により, **は1%水準で有意である (n=113)。

比較した散布図を図8に示した。ピアソンの積率相関係数では, n=168の場合, r=0.182以上であれば無相関とは認められないため, 収量の推定値と実測値との間に有意な正の相関が認められた(表3, r=0.934, p<0.01)。また, YEP2015Aを用いて推定した1年目のグリーンおよびムラサキの株ごとの収穫本数の推定値と実測値との間にも, 有意な正の相関が認められた(表3, r=0.951, p<0.01)(散布図は省略)。

さらに, YEP2015Aを用いて, 1年目のグリーンのみおよび1年目のムラサキのみの収量の推定値を求め, それぞれの実測値と比較した相関をみると, グリーンのみでは r=0.938, ムラサキのみでは r=0.935であり(図8), いずれも有意な正の相関が認められた。2つの相関係数の差の有意差判定の公式($z = \frac{z'_1 - z'_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}}}$)(住田 1988)を用い, グリーンおよびムラサキの両データに対するグリーンのみ, ムラサキのみの相関係数をそれぞれ比較した結果, いずれも有意差は認められなかった(データ略)。

同様に, YEP2015G, YEP2015PおよびYEP2015Aのプログラムシートごとの収量の推定値と実測値における相関係数を比較した結果, YEP2015G-YEP2015P, YEP2015G-YEP2015AおよびYEP2015P-YEP2015Aのいずれの組合せにおいても有意差は認められなかった(データ略)。

以上から, グリーン, ムラサキの違いに関わらず, 採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」が利用可能であることが示された。

(2) 採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」における年次間差異

①2年目のみのデータを用いた実測値と推定値との相関

2年目のグリーンのみで作成した採りつきり栽培

表5 アスパラガスの収穫茎の重量および茎径別の規格割合(1年目のグリーンおよびムラサキ)

規格	重量 範囲 ^z	中間 ^y 重量 (g)	収穫 本数 (本)	平均 茎径 (mm)	茎径別の規格割合 (%)									
					>22 mm	>20	>18	>16	>14	>12	>10	>8	>6	>4
2L	40 g~	50.0	131	20.1	100	95	64	19	1	0	0	0	0	0
L太	25 g~	32.5	324	15.4	0	5	36	79	88	28	0	0	0	0
L細	15 g~	20.0	372	11.7	0	0	0	2	10	71	91	15	0	0
M	10 g~	12.5	170	8.8	0	0	0	0	1	1	9	79	20	0
S	7 g~	8.5	98	7.1	0	0	0	0	0	0	0	6	61	10
B	5 g~	6.0	79	5.6	0	0	0	0	0	0	0	0	18	55
規格外	<5 g	2.5	104	3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	35
合計			1,278		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1茎重の推定値 (g) ^x					50.0	49.1	43.7	35.6	31.2	23.4	19.3	13.4	8.7	4.8

^z 2001年調査時における長野県の一般的なアスパラガスの出荷規格(元木ら 2007)。

^y 中間重量は重量範囲の中間値である。調査時の2L級規格以上の実際の重量平均は48.9 gであり, 中間重量を50.0 gとした。

^x 例えば残茎の茎径が17.2 mmの場合, 茎径別の規格では16 mm以上18 mm未満の範囲に入り, 2L級規格以上(中間重量50.0 g)の可能性が19%, L太級規格(中間重量32.5 g)の可能性が79%, L細級規格(中間重量20.0 g)の可能性が2%となり, 収穫茎の1茎重を35.6 gと推定する。

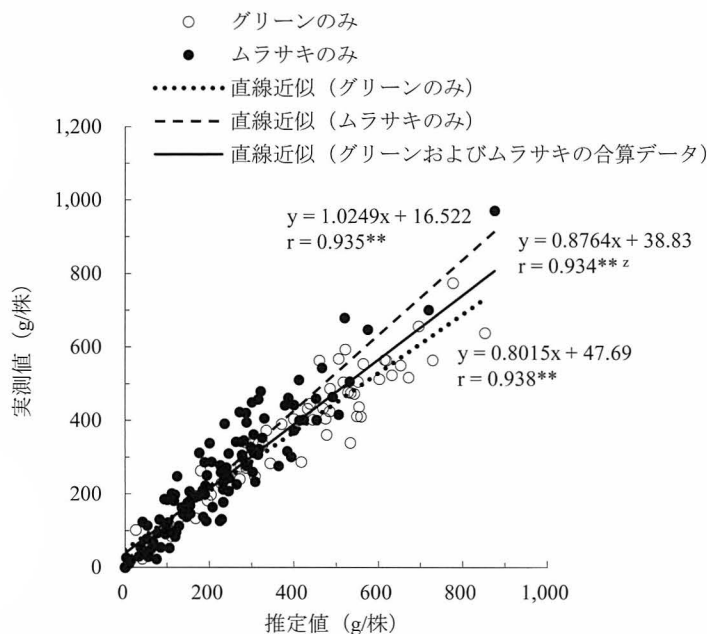


図8 YEP2015A を用いて推定した1年目のグリーンおよびムラサキの株ごとの収量の推定値と実測値の散布図

^z ピアソンの積率相関係数により, **は1%水準で有意である (n=168).

版の「収量優劣推定プログラム」(以下, YEP2016G)を用いて推定した2年目のグリーンの株ごとの収量の推定値と実測値を比較した結果, 収量の推定値と実測値との間に有意な正の相関が認められた(表3, $r=0.882$, $p<0.01$) (データ略). また, YEP2016Gを用いて推定した2年目のグリーンの株ごとの収穫本数の推定値と実測値との間にも, $r=0.927$ の有意な正の相関が認められ(表3, $r=0.927$, $p<0.01$) (散布図は省略), 1年目のYEP2015Gの結果を支持した.

2年目のムラサキのみで作成した採りつき栽培版の「収量優劣推定プログラム」(以下, YEP2016P)を用いて推定した2年目のムラサキの株ごとの収量の推定値と実測値を比較した結果, 収量の推定値と実測値との間に有意な正の相関が認められた(表3, $r=0.910$, $p<0.01$) (データ略). また, YEP2016Pを用いて推定した2年目ムラサキの株ごとの収穫本数の推定値と実測値との間にも, 有意な正の相関が認められ(表3, $r=0.917$, $p<0.01$) (散布図は省略), 1年目のYEP2015Pの結果を支持した.

2年目のグリーンおよびムラサキのデータを合算

して作成した採りつき栽培版の「収量優劣推定プログラム」(以下, YEP2016A)を用いて推定した2年目のグリーンおよびムラサキの株ごとの収量の推定値と実測値を比較した結果, 収量の推定値と実測値との間に有意な正の相関が認められた(表3, $r=0.922$, $p<0.01$) (データ略). また, YEP2016Aを用いて推定した2年目のグリーンおよびムラサキの株ごとの収穫本数の推定値と実測値との間にも, 有意な正の相関が認められ(表3, $r=0.951$, $p<0.01$) (散布図は省略), 1年目のYEP2015Aの結果を支持した.

②2年間の合算データにおける実測値と推定値との相関

1年目および2年目のグリーンおよびムラサキのデータを合算して作成した採りつき栽培版の「収量優劣推定プログラム」(以下, YEP1516A)を用いて推定した1年目および2年目のグリーンおよびムラサキの株ごとの収量の推定値と実測値を比較した散布図を図9に示した. ピアソンの積率相関係数では, $n=280$ の場合, $r=0.149$ 以上であれば無相関

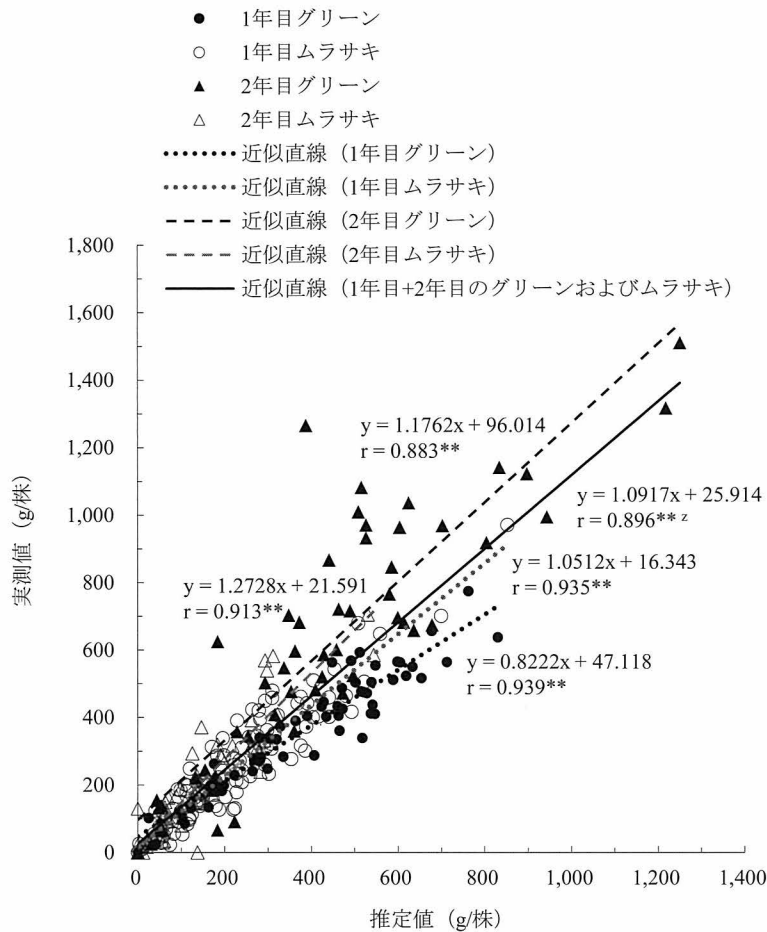


図9 YEP1516Aを用いて推定した1年目および2年目のグリーンおよびムラサキの株ごとの収量の推定値と実測値の散布図

^z ピアソンの積率相関係数により, **は1%水準で有意である (n=280)。

とは認められないため、収量の推定値と実測値との間に有意な正の相関が認められた (表3, $r=0.896$, $p<0.01$)。また、YEP1516Aを用いて推定した1年目および2年目のグリーンおよびムラサキの株ごとの収穫本数の推定値と実測値との間にも、有意な正の相関が認められた (表3, $r=0.943$, $p<0.01$) (散布図は省略)。

さらに、YEP1516Aを用いて、1年目のグリーン、1年目のムラサキ、2年目のグリーンおよび2年目のムラサキの収量の推定値を求め、それぞれの実測値と比較した相関をみると、1年目のグリーンは $r=0.939$ 、1年目のムラサキは $r=0.935$ 、2年目のグリーンは $r=0.883$ および2年目のムラサキは $r=0.913$ であり (図9)、いずれも有意な正の相関が認められ

た。2つの相関係数の差の有意差判定の公式 ($z = \frac{z'_1 - z'_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}}}$) (住田 1988) を用い、2年間の合算データに対する1年目のグリーン、1年目のムラサキ、2年目のグリーンおよび2年目のムラサキの相関係数をそれぞれ比較した結果、1年目のムラサキのみの相関係数と有意差が認められ ($p<0.05$)、収量の推定値と実測値との相関は、1年目のムラサキのみが合算データに比べて有意に高かった (データ略)。これは、1年目のムラサキのサンプルサイズが最も大きく、かつ相関係数も高かったためであると考えられる。

同様に、YEP1516Aに対するYEP2015G、YEP2015P、YEP2015A、YEP2016GおよびYEP2016P

のプログラムシートごとの収量の推定値と実測値における相関係数を比較した結果、YEP2015G－YEP1516A，YEP2016G－YEP1516A および YEP2016P－YEP1516A では有意差は認められなかったものの、YEP2015P－YEP1516A および YEP2015A－YEP1516A では有意差が認められ ($p<0.05$)、収量の推定値と実測値との相関係数は、YEP2015P および YEP2015A が YEP1516A に比べて有意に高かった (データ略)。これに関しても、1年目のムラサキのサンプルサイズと相関係数が影響しているものと考えられる。

このように、2年間の合算データをもとに作成したプログラムは、年次およびグリーン、ムラサキを区別せず平均した関係上、単年度のデータに比べて相関が低くなった。しかし、その相関関係の高低は相対的に比較した結果であり、絶対的な尺度で見れば、YEP1516A の相関係数 $r=0.896$ ($n=280$) も有意な正の相関として認められるため、YEP1516A は採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」として利用可能であると考えられる。

以上から、年次間差およびグリーン、ムラサキの違いに関わらず、採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」が利用可能であることが示された。

4. まとめ

全国的な広がりが見られるアスパラガスの露地栽培の新栽培法である採りつきり栽培 (蕪野ら 2018) の普及のため、現地実証試験などにおける栽培試験の収量調査の負担軽減を目指し、現在利用されている長期どり栽培用の「収量優劣推定プログラム」(元木ら 2007) をもとに、採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」を新たに作成し、有用性を検討した。2年間の栽培試験の結果、プログラムを用いて推定した収量の推定値と実測値との間に有意な正の相関関係が認められた。以上から、これまで検証されていなかった1年養成株利用の採りつきり栽培においても、年次間差およびグリーン、ムラサキの違いに関わらず、「収量優劣推定プログラム」が利用可能であることが示された。

本プログラムの利用上の留意点として、従来の「収量優劣推定プログラム」(元木ら 2007) と同様、調査株は最低10株が必要である点、収穫茎を25 cm 長に調製して作成したプログラムであるため、生産

現場の出荷規格により多少の誤差が生じる点のほか、品種の生産力検定や資材の有効性検討など、現地実証試験などにおける栽培試験の品種・系統間差および処理間差の優劣、すなわち相対的な収量形質の優劣判定に利用できるが、絶対的な収量形質を示すものではない点が挙げられる。このため、本プログラムでは、例えば、「試験区Aの収量の実測値」と「試験区Bの収量の推定値」などは比較することができない。

また、本プログラムの仕様上、2L級規格について重量の上限が定められていることにも留意したい。1年養成株利用の採りつきり栽培では、長期どり栽培ほどは太ものの割合は高くないと考えられるが、1茎重が50 g以上の若茎が多く収穫される圃場においては、収量の推定値と実測値との相関係数が低下し、推定値が小さくなる可能性がある。

このように、本プログラムは絶対的な収量形質を示すものではないものの、生産現場の現地実証試験などにおける栽培試験の相対的な収量形質の優劣判定に利用できると考える。この採りつきり栽培版の「収量優劣推定プログラム」を用いることにより、採りつきり栽培の現地実証試験では、栽培終了後に残茎の茎径を調査するだけで、収穫のたびに収量調査を行う必要がなくなるため、生産者および調査者の負担軽減に繋がり、現地実証試験の頻度を増やすことが期待できる。今後、全国への普及が見込まれる採りつきり栽培において、栽培試験の収量調査を省力かつ簡易化でき、採りつきり栽培の普及拡大に繋がるものと期待される。

今後は、本プログラムをより容易に利用することができるよう、Microsoft Office Excel だけに限らず、マルチデバイスで利用可能なアプリケーションなど、さらなる応用的な開発を行うことが望まれる。また、本研究では、2001年調査時における長野県の一般的なアスパラガスの出荷規格(元木ら 2007) をもとにプログラムを作成したため、出荷規格が異なる都道府県および地域でも、その地域に適したプログラムが作成できるよう、例えばその地域の出荷重量規格、残茎の本数および茎径を入力すると即時に規格割合を作成するプログラムを構築することも必要である。

引用文献

- Benson, B. L. 2012. 2009 update of the world's asparagus production areas, spear utilization and production periods. *Acta Hort.* 950: 87-100.
- 燕野有貴・田口 巧・松永邦則・高橋ゆうき・元木 悟 2018. アスパラガスの新栽培法（1年養成株全収穫栽培法）における定植時期が生育、収量および収益に及ぼす影響. *園学研* 17: 345-357.
- 小泉丈晴・中條博也 2008. 伏せ込み促成アスパラガス栽培における1年半株養成法が茎枯病発生、根株および若茎の生育に及ぼす影響. *群馬農技セ研報* 5: 44-45.
- 皆川祐一 2007. 品種生態と特性. p.基51-54の2. *農業技術大系野菜編* 8-2. タマネギ・アスパラガス. 農文協, 東京.
- 元木 悟 2003. アスパラガスの作業便利帳. pp.1-152. 農文協, 東京.
- 元木 悟編著 2016. 世界と日本のアスパラガス. pp.1-321. 養賢堂, 東京.
- 元木 悟・植竹裕三・松永邦則・上原敬義・臼井富太 2007. アスパラガスの茎径調査による収量形質の推定. *長野野菜花き試報* 13: 8-13.
- 農林水産省 生産流通消費統計課 2017. 作物統計調査作況調査(野菜)アスパラガス. <<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031645228&fileKind=0>> (2016年2月29日閲覧)
- 清水 祐・松永邦則・浦上敦子・柘植一希・山口貴之・元木 悟 2016. 新たに開発したホーラーがアスパラガスの定植における作業性に及ぼす影響. *農作業研究* 51: 11-21.
- 住田幸次郎 1988. 初歩の心理・教育統計法. pp. 162-165. ナカニシヤ出版, 京都.
- 上杉壽和 2008. アスパラガスの来歴と特性. pp.基3-7. *農業技術大系野菜編* 8-2. タマネギ・アスパラガス. 農文協, 東京.
- 八鍬利朗 2004. 植物大百科 アスパラガス. pp.9-13, 215. 農文協, 東京.