

系統の異なるシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) の セレン耐性および蓄積の違い

森 武 栄 光, 清 水 栄 人, 細 見 亮 太[†], 福 永 健 治, 吉 田 宗 弘

(関西大学化学生命工学部栄養化学・食品化学研究室*)

(受付 2020年8月31日, 受理 2020年9月28日)

Variation in selenium tolerance and accumulation among 72 *Arabidopsis thaliana* accessions

Eiko MORITAKE, Eito SHIMIZU, Ryota HOSOMI, Kenji FUKUNAGA, and Munehiro YOSHIDA

Laboratory of Food and Nutritional Sciences, Faculty of Chemistry,

Materials and Bioengineering, Kansai University

Summary

Arabidopsis thaliana accessions have been screened and selected for identification and cloning of selenium (Se)-related genes by comparing the differences in Se tolerance among the accessions. In the present study, we evaluated Se tolerance and accumulation in leaves and roots of 72 *A. thaliana* accessions. After cultivation of *A. thaliana* for 28 day at 25 °C under conditions of 0 and 1.0 ppm sodium selenite, root length and Se concentration in leaves and roots were measured. The Se tolerance index (STI) (calculated as root length in the presence of Se divided by root length in the non-Se medium) was used to correct for differences in growth between accessions in the non-Se condition. The STI varied from 0.28 to 2.24 among the 72 accessions. There was no correlation between the STI and Se concentration in leaves and roots. However, there was a significant correlation between Se concentration in leaves and roots among the accessions. We selected the Wt-2 and Kas-1 accessions as having the highest and lowest STI, respectively. The result of this study was the identification and selection of *A. thaliana* accessions based on differences in Se tolerance and accumulation.

動物および一部の微生物において、セレンはセレノシステイン (SeCys) としてタンパク質に組み込まれグルタチオンペルオキシダーゼなど酸化・還元に関わるいくつかの酵素に存在する。一方、高等植物では、セレンが必須であるという明確な報告はなされていない。植物内に蓄積される主なセレン化合物の化学構造は、含硫アミノ酸のセレンアナログである含セレンアミノ酸である。これまでに Se-(メチル)セレノ-L-システイン (MeSeCys)^{1,2)}, γ -グルタミル-Se-メチル-L-セレノシステイン^{1,2)}, セレノ-L-メチオニン^{1,2)}, セレノホモランチオニン³⁾が種々のセレン高蓄積植物に存在していることが報告されている。

セレン高蓄積植物として知られるレンゲソウ (*Astragalus bisulcatus*) やブロッコリー (*Brassica oleracea*) では、セレンは主に MeSeCys として蓄積される。この MeSeCys への変換を触媒している酵素がセレノシステインメチルトランスフェラーゼ (SMT) であり、セレン毒

性の緩和に関与していると考えられている^{4,5)}。一方、モデル植物であるシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) のゲノムは全解読されているが、SMT をコードする遺伝子は発見されていない。そのためシロイヌナズナでは、SMT 遺伝子を有しておらず、SeCys から MeSeCys に変換できないと考えられていた。しかし、我々は亜セレン酸ナトリウム (selenite) を曝露したシロイヌナズナに MeSeCys が存在していることを見出した⁶⁾。シロイヌナズナにおけるセレン耐性、蓄積および代謝について明らかにするためには、セレン耐性および蓄積量の異なるシロイヌナズナの系統を選抜し、これらを比較することで関連する遺伝子の同定およびクローニングといった新たな知見の取得につながると考えた。そこで本研究では、理化学研究所バイオリソース研究センター (理研 BRC) が保有するシロイヌナズナ野生株 72 系統のシロイヌナズナの selenite 曝露におけるセレン耐性および蓄積量を評価した。

*所在地：大阪府吹田市山手町3-3-35 (〒564-8680)

[†]連絡先 (Corresponding Author), Tel: 06-6368-1765, E-mail: hryotan@kansai-u.ac.jp

実験方法

1. シロイヌナズナの培養

シロイヌナズナは理研 BRC が保有するシロイヌナズナ野性株 72 系統を用いた。用いた系統の詳細については、RIKEN BRC Experimental Plant Web Catalog (https://plant.rtc.riken.jp/resource/crossedaccession/crossedaccession_information.html) より BRC No. および起源 (国名) を取得し、Table 1 にまとめた。培地組成は、20 g/L スクロース、4.6 g/L ムラシゲ・スクーグ培地用混合塩類、3 mg/L チアミン塩酸塩、5 mg/L ニコチン酸、5 mg/L ピリドキシン塩酸塩および 8 g/L アガーとした。この培地にセレン濃度が 1.0 ppm となるように selenite を添加した。対照には、セレンを含まない培地を用いた (セレン無添加)。培地溶液をオートクレーブ滅菌後、90 mm 滅菌シャーレに移し、滅菌種子を 1 粒播種した。その後、長日条件の光周期 (16 時間明期、8 時間暗期) のもと、無菌的に 25 °C で培養した。4 週間培養後、葉と根を分別採取し、根の長さを測定した。selenite 曝露の根の長さをセレン無添加の根の長さで除した値を Se tolerance index とした⁷⁾。

2. セレン含量の測定

凍結乾燥した葉および根を秤量後、ケルダールフラスコに移し、濃硝酸 5 mL を加え、固形物が溶解するまで加熱した。冷却後、過塩素酸 2 mL を加え、過塩素酸の白煙が生じるまで加熱灰化した。灰化試料に超純水を加えて 10 mL に定容し、0.45 μm メンブレンフィルターでろ過した。セレンの定量は、誘導結合プラズマ質量分析計により行った。使用機種は ICPMS-2030 (島津製作所、京都)、分析質量数は 82、内部標準はロジウムを用いた。

3. 統計解析

データは平均値 ± 標準誤差で示した。Se tolerance index と葉および根のセレン含量との関係を Pearson の相関係数を用い、 p 値が 0.05 以下を有意とした。統計解析は

GraphPad Prism for Mac, ver 7.0 (GraphPad Software, Inc., California, USA) を用いて解析した。

結果と考察

Table 1 に培養後のシロイヌナズナの根の長さ、Se tolerance index、葉および根のセレン濃度を示した。Se tolerance index と葉および根のセレン蓄積量の両方に関して、本研究で評価した 72 系統間で大きなばらつきが見られた。シロイヌナズナの根の長さは、セレン無添加で平均値 2.1 cm、範囲 0.5 cm (Can-0 および Ob-1) ~ 8.1 cm (Kas-1)、中央値 1.6 cm (Ak-1、Bu-5 および Wc-2) であり、セレン添加で平均値 1.5 cm、範囲 0.5 cm (Rsch-4) ~ 4.8 cm (Le-0)、中央値 1.3 cm (Bla-1、Bus-0、Gu-0、Van-0 および Wc-2) であった。また、これらの数値から求めた Se tolerance index は、平均値 0.86、範囲 0.28 (Kas-1) ~ 2.24 (Wt-2)、中央値 0.81 (Wc-2) であった。一方、selenite 添加したシロイヌナズナの葉および根のセレン濃度は、葉で平均値 6.4 μg/g、範囲 1.3 μg/g (X-0) ~ 24.6 μg/g (Ze-0)、中央値 5.8 μg/g (Bu-22) であり、根で平均値 57.0 μg/g、範囲 6.9 μg/g (Kas-1) ~ 164.0 μg/g (Ob-1)、中央値 49.5 μg/g (Ts-6) であった。Fig. 1 に Se tolerance index、葉および根のセレン濃度間の相関を示した。Se tolerance index とシロイヌナズナの葉および根のセレン濃度間には相関関係は見られなかった (Fig. 1 A および 1B)。一方、シロイヌナズナの葉および根のセレン濃度間において有意な相関がみられた (Fig. 1 C, $R = 0.28$, $p = 0.01$)。本研究で評価した系統の中で Se tolerance index が最も高い系統は Wt-2、次いで Bl-1、Ha-0 であった。一方、Se tolerance index が最も低い系統は Kas-1、次いで Mrk-0、Bu-22 であった。この中で Kas-1 は、Se tolerance index に加え、根のセレン濃度も最も低値を示したことから、取り込んだセレンの反応性を抑制する能力が低いと考えた。

これまでにシロイヌナズナの異なる系統にセレン曝露し

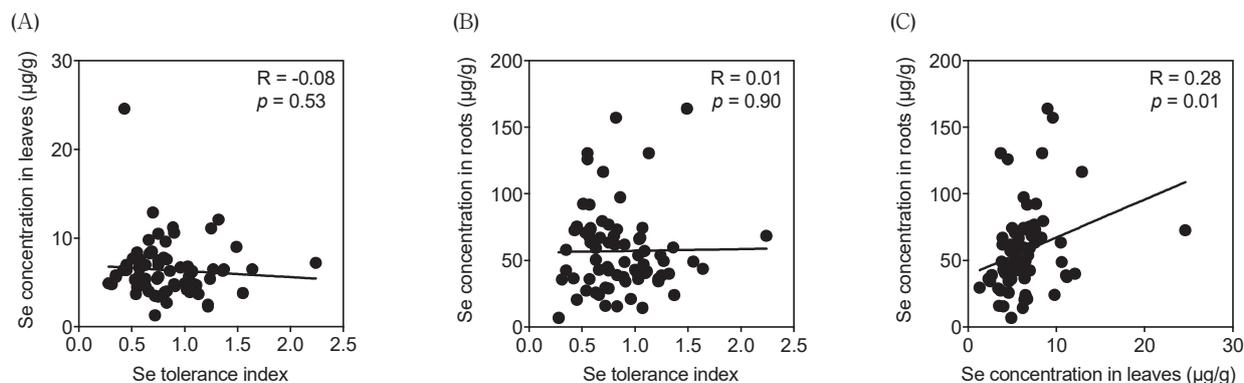


Fig. 1 Relationship between Se tolerance index and Se concentration in leaves and roots

(A) Se tolerance index and Se concentration in leaves.

(B) Se tolerance index and Se concentration in roots.

(C) Se concentration in leaves and roots.

Se, selenium.

た場合、セレン耐性および濃度は系統間で大きく異なることが報告されており⁸⁾、本研究結果と同様であった。この系統の違いによるセレン耐性および濃度の差異は、各シロイヌナズナが自生していた自然環境の違いに起因するものと考えられる。元素に対する耐性と蓄積に関する表現型の違いは一般的な現象である^{9,10)}。集団間および集団内での遺伝的変異の研究において、元素に対する耐性と蓄積は、互いに相関しないことが示されている^{11,12)}。高セレン土壌地域では、セレン耐性が生存に有利な機構として進化した可能性がある。また、セレンとイオウの蓄積は関連しているので^{13,14)}、植物はイオウが欠乏した土壌でより効率的にイオウを取り込める機構を進化させ、それがイオウのみならずセレン取り込み能を高めたことも考えられる。さらに、植物体へのセレン蓄積は真菌の感染および昆虫による植食から保護することが報告されているため^{15,16)}、シロイヌナズナなどの非高セレン蓄積植物においても、セレン蓄積能の高いものが生存に有利であった可能性も考えられる。本研究では、シロイヌナズナの72系統について selenite 曝露時のセレン耐性および蓄積を評価し、Se tolerance index およびセレン蓄積量の大きく異なる系統を選抜することができた。本研究で用いた各系統が自生していた土壌のセレンおよびイオウ濃度あるいはその他の環境条件に関する情報を含めさらに考察する必要がある。

参考文献

- 1) Sugihara S, Kondo M, Chihara Y, Yuji M, Hattori H, Yoshida M (2004) Preparation of selenium-enriched sprouts and identification of their selenium species by high-performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Biosci Biotech Biochem* 68: 193-199.
- 2) Yoshida M, Sugihara S, Inoue Y, Chihara Y, Kondô M, Miyamoto S, Sukcharoen B (2005) Composition of chemical species of selenium contained in selenium-enriched shiitake mushroom and vegetables determined by high performance liquid chromatography with inductively coupled plasma mass spectrometry. *J Nutr Sci Vitaminol* 51: 194-199.
- 3) 水谷泰輔, 吉田宗弘 (2010) セレン蓄積植物に存在する含セレンアミノ酸のLC-MSによる同定. *微量栄養素研究* 27: 88-91.
- 4) Neuhierl B, Thanbichler M, Lottspeich F, Böck A (1999) A family of S-methylmethionine-dependent thiol/selenol methyltransferases. Role in selenium tolerance and evolutionary relation. *J Biol Chem* 274: 5407-5414.
- 5) LeDuc DL, Tarun AS, Montes-Bayon M, Meija J, Malit MF, Wu CP, AbdelSamie M, Chiang CY, Tagmount A, deSouza M, Neuhierl B, Böck A, Caruso J, Terry N (2004) Overexpression of selenocysteine methyltransferase in *Arabidopsis* and Indian mustard increases selenium tolerance and accumulation. *Plant Physiol* 135: 377-383.
- 6) 森武栄光, 大塚政志, 細見亮太, 福永健治, 吉田宗弘 (2019) 亜セレン酸ナトリウムを曝露したシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) 中に存在する Se- (メチル) セレノ-L-システインの同定. *微量栄養素研究* 36: 10-14.
- 7) Murphy A, Taiz L (1995) A New Vertical Mesh Transfer Technique for Metal-Tolerance Studies in *Arabidopsis* (Ecotypic Variation and Copper-Sensitive Mutants). *Plant Physiol* 108: 29-38.
- 8) Zhang L, Ackley AR, Pilon-Smits EA (2007) Variation in selenium tolerance and accumulation among 19 *Arabidopsis thaliana* accessions. *J Plant Physiol* 164: 327-336.
- 9) Baker AJM (1987) Metal tolerance. *New Phytol* 106: 93-111.
- 10) Macnair MR (1999) The genetics of metal tolerance in vascular plants. *New Phytol* 124: 541-559.
- 11) Macnair MR, Bert V, Huitson SB, Saumitou-Laprade P, Petit D (1999) Zinc tolerance and hyperaccumulation are genetically independent characters. *Proc R Soc London B266*: 2175-2179.
- 12) Feist LJ, Parker DR (2001) Ecotypic variation in selenium accumulation among populations of *Stanleya pinnata*. *New Phytol* 149: 61-69.
- 13) Grossman A, Takahashi H (2001) Macronutrient utilization by photosynthetic eukaryotes and the fabric of interactions. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 52: 163-210.
- 14) Shibagaki N, Rose A, McDermott JP, Fujiwara T, Hayashi H, Yoneyama T, Davies JP (2002) Selenate-resistant mutants of *Arabidopsis thaliana* identify Sultr1;2, a sulfate transporter required for efficient transport of sulfate into roots. *Plant J* 29: 475-486.
- 15) Hanson B, Garifullina GF, Lindblom SD, Wangeline A, Ackley A, Kramer K, Norton AP, Lawrence CB, Pilon-Smits EAH (2003) Selenium accumulation protects *Brassica juncea* from invertebrate herbivory and fungal infection. *New Phytol* 159: 461-469.
- 16) Hanson BR, Lindblom SD, Loeffler ML, Pilon-Smits EAH (2004) Selenium protects plants from phloem-feeding aphids due to both deterrence and toxicity. *New Phytol* 162: 655-662.

Table 1. Selenium tolerance and tissue concentration in 72 *Arabidopsis thaliana* accessions treated with sodium selenite (1.0 ppm)

Resource Name	BRC No.	Country	Root length (cm)		Se tolerance index*	Se concentration in Se treatment ($\mu\text{g/g}$ fresh weight)	
			Non-Se	Se		Leave	Root
Ak-1	sja00301	Germany	1.6 \pm 0.3	1.5 \pm 0.3	0.90	4.8 \pm 0.2	61.8 \pm 5.1
An-1	sja00601	Belgium	2.4 \pm 0.8	1.6 \pm 0.3	0.66	9.8 \pm 1.6	24.2 \pm 5.8
Ang-1	sja00701	Belgium	1.7 \pm 0.1	0.9 \pm 0.1	0.55	8.4 \pm 0.2	130.5 \pm 30.0
Ba-1	sja00801	United Kingdom	1.4 \pm 0.1	0.8 \pm 0.1	0.57	5.7 \pm 1.6	67.5 \pm 10.1
Be-1	sja26901	Germany	1.9 \pm 0.0	1.1 \pm 0.1	0.57	4.6 \pm 0.4	36.0 \pm 3.1
Bl-1	sja01301	Italy	0.6 \pm 0.1	1.0 \pm 0.2	1.64	6.5 \pm 1.2	43.7 \pm 12.9
Bla-1	sja01401	Spain	1.2 \pm 0.0	1.3 \pm 0.0	1.07	6.3 \pm 0.8	74.5 \pm 13.4
Bs-1	sja02201	Switzerland	2.1 \pm 0.1	2.2 \pm 0.6	1.04	5.7 \pm 1.0	66.1 \pm 19.5
Bu-0	sja02501	Germany	5.7 \pm 1.9	3.9 \pm 2.4	0.67	8.3 \pm 2.4	67.0 \pm 23.1
Bu-22	sja04001	Germany	4.4 \pm 0.2	1.5 \pm 0.4	0.35	5.8 \pm 0.6	42.5 \pm 1.8
Bu-25	sja04301	Germany	2.1 \pm 0.1	1.2 \pm 0.3	0.58	5.0 \pm 1.1	74.3 \pm 11.8
Bu-5	sja02901	Germany	1.6 \pm 0.8	1.2 \pm 0.1	0.75	7.0 \pm 1.7	42.4 \pm 5.5
Bus-0	sja04501	Norway	2.1 \pm 0.1	1.3 \pm 0.2	0.63	4.6 \pm 0.8	25.8 \pm 2.1
Cal-0	sja04801	United Kingdom	0.8 \pm 0.0	1.0 \pm 0.2	1.22	2.3 \pm 1.0	36.2 \pm 8.9
Can-0	sja04901	Spain	0.5 \pm 0.0	0.6 \pm 0.1	1.11	4.7 \pm 1.1	41.9 \pm 16.8
Cha-0	sja05101	Switzerland	0.8 \pm 0.1	0.6 \pm 0.1	0.75	7.5 \pm 0.9	76.9 \pm 36.5
Col-0	sja05801	USA	2.9 \pm 0.4	3.2 \pm 0.8	1.09	4.8 \pm 0.2	57.1 \pm 7.5
Ct-1	sja05901	Italy	1.1 \pm 0.1	1.0 \pm 0.1	0.91	4.6 \pm 1.5	34.2 \pm 7.3
Cvi-0	sja06001	Cape Verd Is.	0.9 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0	0.83	7.6 \pm 1.1	73.2 \pm 24.4
Do-0	sja06601	Germany	3.1 \pm 0.2	1.8 \pm 0.5	0.58	7.6 \pm 1.2	63.5 \pm 10.0
El-0	sja07201	Germany	2.3 \pm 0.6	1.6 \pm 0.3	0.69	8.5 \pm 1.1	79.5 \pm 11.9
Er-0	sja07501	Germany	0.6 \pm 0.1	0.6 \pm 0.0	0.90	10.6 \pm 2.8	48.8 \pm 11.4
Es-0	sja07601	Finland	1.1 \pm 0.1	0.8 \pm 0.0	0.75	3.4 \pm 0.4	29.0 \pm 2.1
Est-0	sja07801	Russia	1.0 \pm 0.1	0.8 \pm 0.0	0.80	7.8 \pm 0.4	68.4 \pm 9.8
Ge-0	sja08901	Switzerland	3.0 \pm 0.1	1.1 \pm 0.1	0.35	5.6 \pm 0.2	57.9 \pm 1.8
Gre-0	sja09601	USA	2.7 \pm 0.4	1.5 \pm 0.2	0.54	3.7 \pm 0.8	27.3 \pm 1.5
Gu-0	sja09701	Germany	2.1 \pm 0.7	1.3 \pm 0.4	0.63	7.0 \pm 0.7	59.3 \pm 11.5
Gy-0	sja09801	France	1.0 \pm 0.1	0.7 \pm 0.2	0.70	12.9 \pm 3.4	116.4 \pm 43.3
Ha-0	sja09901	Germany	0.6 \pm 0.1	0.9 \pm 0.0	1.55	3.8 \pm 0.4	49.0 \pm 2.4
IK	sjw12101	Japan	0.9 \pm 0.1	1.0 \pm 0.1	1.10	4.2 \pm 0.5	40.7 \pm 8.7
In-0	sja11001	Austria	2.7 \pm 0.2	2.7 \pm 0.1	1.03	6.8 \pm 2.1	53.9 \pm 16.0
Is-0	sja11101	Germany	6.0 \pm 0.6	2.5 \pm 1.0	0.42	6.4 \pm 0.5	36.5 \pm 9.0
Ita-0	sja11201	Morocco	1.9 \pm 0.2	0.9 \pm 0.0	0.45	6.4 \pm 1.2	20.5 \pm 8.3
Jm-0	sja11501	Czech Republic	1.1 \pm 0.2	1.1 \pm 0.1	1.02	4.2 \pm 0.7	40.4 \pm 6.8
Ka-0	sja11701	Austria	2.8 \pm 0.1	1.6 \pm 0.6	0.58	6.7 \pm 0.9	73.1 \pm 26.3
Kas-1	sja11901	India	8.1 \pm 0.3	2.3 \pm 0.1	0.28	4.9 \pm 0.6	6.9 \pm 0.2
Kl-0	sja12301	Germany	3.1 \pm 0.5	2.0 \pm 0.2	0.63	5.4 \pm 1.1	50.5 \pm 10.6

Table 1. *continued.*

Resource Name	BRC No.	Country	Root length (cm)		Se tolerance index*	Se concentration in Se treatment ($\mu\text{g/g}$ fresh weight)	
			Non-Se	Se		Leave	Root
Kyoto-2	sjw13801	Japan	0.8 \pm 0.0	0.9 \pm 0.2	1.07	6.2 \pm 0.6	14.4 \pm 11.2
Le-0	sjw13401	Netherlands	5.4 \pm 0.5	4.8 \pm 0.4	0.89	11.2 \pm 1.1	37.6 \pm 2.6
Li-3-3	sjw13701	Germany	2.9 \pm 0.4	2.4 \pm 0.2	0.83	4.0 \pm 0.2	15.6 \pm 1.6
Li-5-3	sjw32401	Germany	1.0 \pm 0.2	1.4 \pm 0.2	1.37	6.5 \pm 0.6	23.9 \pm 2.6
Lu-1	sjw14501	Sweden	0.7 \pm 0.0	0.8 \pm 0.2	1.03	4.9 \pm 0.8	36.0 \pm 7.7
Ma-0	sjw14701	Germany	2.4 \pm 1.4	1.2 \pm 0.2	0.51	7.7 \pm 1.7	92.4 \pm 19.2
Mrk-0	sjw15601	Germany	7.5 \pm 0.3	2.3 \pm 0.3	0.31	4.8 \pm 0.1	35.7 \pm 2.6
Mt-0	sjw15801	Libya	2.6 \pm 0.4	1.5 \pm 0.2	0.57	6.7 \pm 0.5	91.8 \pm 8.2
No-0	sjw16501	Germany	2.8 \pm 0.5	2.7 \pm 0.1	0.96	6.7 \pm 0.4	21.1 \pm 2.4
Ob-1	sjw17401	Germany	0.5 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0	1.49	9.0 \pm 1.8	164.0 \pm 13.8
Ost-0	sjw17901	Sweden	1.9 \pm 0.6	1.1 \pm 0.1	0.55	4.5 \pm 1.1	125.9 \pm 20.6
Ove-0	sjw18001	Germany	1.4 \pm 0.4	1.5 \pm 0.4	1.08	4.6 \pm 0.6	47.0 \pm 12.3
Pak-2	sjw10601	Pakistan	2.7 \pm 0.3	1.8 \pm 0.1	0.66	4.0 \pm 0.4	43.0 \pm 4.8
Per-2	sjw18501	Russia	2.1 \pm 0.1	1.8 \pm 0.1	0.86	6.3 \pm 0.1	97.4 \pm 7.4
Pr-0	sjw19301	Germany	2.7 \pm 1.7	1.9 \pm 1.0	0.72	3.5 \pm 0.5	15.9 \pm 1.5
Ra-0	sjw19501	France	1.1 \pm 0.1	1.5 \pm 0.3	1.36	6.3 \pm 0.4	59.7 \pm 12.6
Rd-0	sjw19701	Germany	4.4 \pm 0.9	3.3 \pm 0.4	0.75	10.5 \pm 1.1	63.5 \pm 2.8
Rsch-4	sjw20201	Russia	1.0 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0	0.45	7.0 \pm 1.7	75.5 \pm 17.7
Sap-0	sjw12801	Japan	0.8 \pm 0.0	0.9 \pm 0.1	1.05	3.9 \pm 0.3	67.0 \pm 8.8
Sap-1	sjw12901	Japan	3.4 \pm 0.2	1.8 \pm 0.1	0.53	5.3 \pm 0.2	70.8 \pm 2.8
Se-0	sjw20801	Spain	1.2 \pm 0.3	1.0 \pm 0.1	0.83	2.7 \pm 0.6	39.0 \pm 6.0
Sf-2	sjw21301	Spain	0.7 \pm 0.1	0.8 \pm 0.2	1.13	3.7 \pm 0.9	130.5 \pm 34.8
Sg-2	sjw21501	Germany	1.3 \pm 0.2	1.6 \pm 0.1	1.25	11.1 \pm 0.7	38.8 \pm 5.4
TKS	sjw12001	Japan	2.9 \pm 0.0	2.2 \pm 0.2	0.75	5.6 \pm 0.3	43.0 \pm 1.9
Ts-6	sjw23401	Spain	1.0 \pm 0.1	1.2 \pm 0.1	1.27	6.5 \pm 0.5	49.5 \pm 8.4
Tsu-0	sjw23601	Japan	1.0 \pm 0.1	1.0 \pm 0.0	1.00	4.9 \pm 0.7	43.0 \pm 0.3
Ty-0	sjw23901	United Kingdom	0.8 \pm 0.1	0.7 \pm 0.2	0.82	9.6 \pm 3.3	157.1 \pm 35.2
Van-0	sjw24301	Canada	1.0 \pm 0.1	1.3 \pm 0.2	1.24	5.4 \pm 0.2	53.9 \pm 6.2
Wc-2	sjw24701	Germany	1.6 \pm 0.1	1.3 \pm 0.1	0.81	3.9 \pm 0.5	61.8 \pm 6.0
Wil-1	sjw24801	Lithuania	0.7 \pm 0.2	0.8 \pm 0.1	1.22	2.5 \pm 0.4	34.3 \pm 4.2
WS	sjw14201	-	1.0 \pm 0.1	1.3 \pm 0.1	1.32	12.1 \pm 1.6	40.0 \pm 9.8
Wt-2	sjw25401	Germany	1.0 \pm 0.1	2.2 \pm 0.6	2.24	7.2 \pm 1.3	68.4 \pm 20.9
X-0	sjw25901	-	4.8 \pm 1.3	3.4 \pm 0.7	0.72	1.3 \pm 0.3	29.6 \pm 13.2
Ze-0	sjw26301	Switzerland	3.5 \pm 0.2	1.5 \pm 0.1	0.43	24.6 \pm 2.2	72.6 \pm 8.0
Zu-0	sjw26401	Switzerland	1.3 \pm 0.4	1.0 \pm 0.3	0.74	5.4 \pm 0.3	45.1 \pm 3.7

Values represent the means and standard deviation errors of 3–6 replicates.

* Se tolerance index was calculated as root length in the presence of Se divided by root length in the non-Se medium.

Sodium selenite [$\text{Na}_2\text{SeO}_3(\text{H}_2\text{O})_5$] was used as the source of Se.

Se, selenium.