

제주 Water 농축에 따른 3종 새싹채소의 성장 및 Vanadium의 흡수 특성

박성환¹ · 윤지현¹ · 이진하² · 이옥환² · 조주현¹

¹휴림 중앙연구소

²강원대학교 식품생명공학과

Growth of Three Sprout Vegetables and Absorption Characteristics of Vanadium according to Jeju Water Concentration

Sung-Hwan Park¹, Ji-Hyun Yun¹, Jin-Ha Lee², Ok-Hwan Lee², and Ju-Hyun Cho¹

¹Hurum Central Research Institute

²Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University

ABSTRACT Vanadium is a trace mineral present in dietary sources, most commonly vegetables. The aim of this study was to investigate the growth and vanadium absorption characteristics of *Brassica napus* L., *Fagopyrum esculentum*, and *Hordeum vulgare* L. using different Jeju water concentrations. The growth of three sprout vegetables and absorption characteristics of vanadium were different depending on Jeju water concentration containing vanadium. In the case of *B. napus* L. and *H. vulgare* L., germination rate was inhibited by increasing Jeju water concentration, whereas in *F. esculentum*, the best germination rate (60.7 %) was obtained at 40 times concentration of Jeju water (vanadium, 1.34 mg/L). For the sprout growth, growth of shoots increased with increasing Jeju water concentration, but root growth was gradually inhibited by increasing Jeju water concentration. For the absorption of vanadium by Jeju water concentration, vanadium was not detected in *H. vulgare* L. The vanadium contents of *B. napus* L. and *F. esculentum* were 4.2 mg/kg and 2.9 mg/kg at 10 times concentration of Jeju water (vanadium, 0.46 mg/L), respectively.

Key words: *Brassica napus* L., *Fagopyrum esculentum*, *Hordeum vulgare* L., vanadium, Jeju water concentration

서 론

제주 지하수 화산 암반수 특성으로 연수(soft water), 천연탄산수, 고미네랄워터, 용암해수 등 다양한 지하수를 가지고 있으며(1), 특히 vanadium water의 경우 국내의 다른 지역보다 높게 조사되었고, 제주도 내 제주시 와흘과 어음리, 서귀포 지역을 대상으로 분석한 결과 30~50 ppb 이상의 vanadium이 존재하는 것으로 보고하였다(2).

Vanadium water의 경우 위치에 크게 의존하며 0.2~100 ppb로 분포하고 있으며, 해수에서는 평균적으로 0.2~29 ppb로 분포하고 있다고 보고되고 있다(2). 국외의 경우 캘리포니아 Fresno 지역 지하수와 북미의 빙하기원 지하수에서 평균 20.5 ppb, 4.40 ppb의 vanadium을 함유한다고 보고한 바 있으며(3), 다양한 vanadium water가 판매되고 있는 일본에서는 vanadium 함량이 65~140 ppb로 높은 함유량을 보인다고 보고하였다(4).

Vanadium은 스웨덴학자 Nil Gabriel Selfstrom에 의해 최초 발견되었고, 고등동물에서 정상적인 성장과 발생에 요

구되는 원소로, 인간의 질병과 관련되어 당뇨병에 대한 개선 효과가 있다고 보고되었다(3-7). 또한, 중성지방, 체지방, 혈당과 관련된 질병에 효과가 있다고 발표한 바 있으며(4), 백혈병 쥐를 대상으로 vanadium을 투여하였을 시 항종양 활성(8), 유방암 형성단계 유방암 예방 작용 효과를 보였다고 하였고(9), 갑상선암 기왕력자를 대상으로 vanadium water를 음용 후 만성피로 개선에 효과가 있다고 보고하였다(10).

오늘날 서구화된 식생활방식으로 변화됨에 따라 각종 질병들의 발생이 급격히 증가하고 있는 추세이다. 따라서 건강에 대한 사람들의 관심이 높아지면서 각종 성인병 및 당뇨, 고혈압, 스트레스에 대하여 예방 및 개선효과를 보이는 기능성 농산물에 대한 소비자의 관심이 증가하고 있어 이와 관련된 기능성 물질을 함유한 채소에 관심이 많아지고 있으며, 생장조절 및 기능성에 대한 연구도 많이 수행되고 있다(11).

따라서 기존에 연구 보고된 게르마늄(Ge), 셀레늄(Se) 및 바나듐(V) 등의 시약을 사용하여 기능성 새싹채소의 가능성을 연구한 결과(11-14)와 달리 제주도의 지하수이면서 천연자원인 vanadium water를 활용하여 단기간에 쉽게 재배 가능한 새싹채소인 유채, 메밀, 보리를 대상으로 고탐량 vanadium을 함유한 기능성 채소의 가능성을 알아보려고 하였다.

Received 22 May 2017; Accepted 24 June 2017

Corresponding author: Ju-Hyun Cho, Hurum Central Research Institute, Jeju 63608, Korea
E-mail: dusvnd608@hurum.co.kr, Phone: +82-70-4231-1078

재료 및 방법

실험재료

제주 water 공급원은 제주도 내 vanadium 함량이 높다고 보고된 서귀포(0.053 mg/L), 제주시 와흘(0.032 mg/L), 어음(0.045 mg/L) 지역 중 서귀포 지역 지하수 2곳(J-1, J-2)과 제주시 어음리 지역 1곳(J-3)을 선정하여(2) 취수 후 감압 농축하여 사용하였다. 감압 농축 시 rotary vacuum evaporator(N-21NS, EYELA, Tokyo, Japan)를 사용하였다. 본 실험에서 재배한 새싹채소인 새싹유채(*Brassica napus* L.), 새싹메밀(*Fagopyrum esculentum*), 새싹보리(*Hordeum vulgare* L.) 종자는 아시아종묘(Seoul, Korea)와 아람웰빙종묘(Seoul, Korea)에서 제품을 구입하여 사용하였다.

새싹채소 종자발아 및 생육조사

발아실험은 control(수도수)과 제주 water 원수, 10배, 20배, 40배 농축수를 실험 전 6시간 동안 침종 후 사용하였고, petri dish(90×15 mm)에 filter paper(No.2, 90 mm, Advantec, Seoul, Korea) 2매를 깔고, 8시간 침종한 각 새싹채소 종자를 각각 100립씩 치상 후 control과 제주 water 원수, 10배, 20배, 40배 농축수로 각각 4 mL씩 처리 후 25 °C, 암조건에서 발아시켰다. Control과 제주 water 원수, 10배, 20배, 40배 농축수 2 mL를 24시간 마다 보충하였다. 발아는 유근이 종피를 뚫고 1 mm 이상 신장한 것을 기준으로 5일간 육안으로 조사하였다. 생육조사는 종자 파종 7일째 임의로 30개체를 수확하여 지상부, 지하부 뿌리, 생물중량 및 건조물 중량을 조사하였다.

새싹채소 분석시료 제조

수경 재배한 3종의 새싹채소는 조건별로 세척 후 36시간 동안 Convection oven(MOV-212F, SANYO, Osaka, Japan)에서 60°C로 건조시켜 무게 측정 후 시료를 얻었다.

표준용액 제조 및 검량선 작성

미량원소인 Mn, Fe, Co, Zn, Cu와 중금속원소 vanadium 및 Pb, Cd, Se의 검량선은 1,000 mg/L 표준저장용액을 1 mL씩 취하고 100 mL 부피 플라스크에 넣어 증류수를 표시 선까지 정용 후 10 mg/L 저장용액을 제조하고, 제조한 10 mg/L 저장용액을 단계적으로 희석하여 0.03, 0.05, 0.1, 0.1, 1 그리고 2 mg/L가 되도록 제조하고 검량선을 작성하였으며, 분석조건은 Table 1과 같은 조건으로 수행하였다.

제주 water와 새싹채소의 vanadium 및 미량원소 분석시료 제조

제주 water 원수와 농축배수별 용액, 새싹채소 3종 건조 시료의 분석조건은 Table 1에 나타내었고, 분석시료를 삼각 플라스크에 시료 0.4 g을 취하고 HNO₃ 용액 10 mL를 첨가하여 가열/교반한 후 시료가 완전히 분해되면 가열하여

Table 1. Operating condition of ICP-OES

Instrument	SPECTRO, ARCOS
Power	1,400 W
Pump speed	30 rpm
Argon gas flow rate	
Coolant flow	12 L/min
Auxiliary flow	1.0 L/min
Nebulizer flow	0.8 L/min
Run time	500 s
Sampling rate	2.0 Hz
Integration interval	500 ms
Nebulizer	Cross flow
Monitor wavelength	311.071 nm

HNO₃를 날려 보내고, 다시 삼각플라스크에 HNO₃ 3 mL를 첨가 후 가열하면서 H₂O₂를 첨가한 다음 방랭 후 0.45 μm syringe filter로 여과하여 50 mL tube에 옮겨 최종 부피가 20 mL가 되게 증류수로 정용하였다. 실험횟수는 3반복 이상 수행하였고, 함량은 평균값으로 나타내었다.

통계분석

통계적 유의성은 one-way ANOVA와 paired *t*-test로 비교하였다. 유의수준은 *P* value가 0.05 미만으로 하였다.

결과 및 고찰

제주 water의 vanadium 농축 특성

제주도 내 3곳을 선정하여 취수한 제주 water 원수와 10배, 20배, 40배 농축수의 vanadium 함량은 Table 2에 나타내었으며, 미량원소인 Mn, Fe, Co, Zn, Cu와 중금속인 Pb, Cd, Se은 측정 결과 모든 시료에서 검출한계 이하의 함량을 보여 별도로 표기하지 않았다. 제주 water 원수의 경우 J-1 지역에서 가장 높은 함량이 확인되었으며, J-2와 J-3 지역에서는 검출한계 이하로 측정되었다. 하지만 J-1~3의 세 지역 모두 10배로 농축 시 vanadium 함량이 높아지는 것을 확인하였고, 제주도 내 3곳을 대상으로 vanadium water를 취수 후 단계별 농축처리 시 vanadium 함량이 지역별로 최초 0.03~0.05 mg/L에서 최종 0.09~0.17 mg/L로 높아진다는 연구 결과(2)와 동일하였다. 특히 vanadium 함량이 높은 J-1 지역을 지속해서 농축시켜 확인한 결과 농축배수가 높아질수록 vanadium 함량이 증가하는 것이 확인되었으며,

Table 2. The vanadium contents of Jeju water concentration

Number of concentration (Jeju water)	Location		
	J-1	J-2	J-3
	V (mg/L)	V (mg/L)	V (mg/L)
Jeju water (1×)	0.05 ¹⁾	ND ²⁾	ND
Jeju water (10×)	0.46	0.15	0.06
Jeju water (20×)	0.80		
Jeju water (40×)	1.34		

¹⁾Mean value.

²⁾Detection limit: 0.05 mg/L.

Table 3. Effects of Jeju water concentration on seed germination of three sprouts

Seed	Control (0 mg/L) ¹⁾	1× (0.05 mg/L)	10× (0.46 mg/L)	20× (0.80 mg/L)	40× (1.34 mg/L)
<i>Brassica napus</i> L.	63.0±4.5 ²⁾	59.0±7.8	62.5±5.0	55.8±3.3	30.8±2.9*
<i>Fagopyrum esculentum</i>	42.7±2.1	46.3±6.4	48.7±5.8	57.0±4.0	60.7±1.2*
<i>Hordeum vulgare</i> L.	88.8±2.2	83.3±2.1	83.3±2.9	83.0±2.9	79.0±0.7*

¹⁾Vanadium concentration of Jeju water. ²⁾Data are mean±SE (n=4).

*Significant at $P<0.05$.

J-1 지역 vanadium water 농축수를 새싹채소 종자발아실험과 생육실험에 사용하였다.

제주 water 농축수 처리에 따른 새싹채소 종자 발아에 미치는 영향

새싹채소 3종 종자 발아에 미치는 영향을 알아보기 위하여 control(수도수), 제주 water 원수(0.05 mg/L), 10배(0.46 mg/L), 20배(0.80 mg/L), 40배(1.34 mg/L) 농축수로 처리하여 발아율을 확인하였다(Table 3). 새싹유채의 경우 control과 제주 water 원수, 10배 농축수까지 발아율은 차이를 보이지 않았으나 농축배수가 20배, 40배로 증가할수록 발아율이 감소하는 경향을 보였으며, 특히 40배 농축수에서 발아율이 control과 비교하여 약 50%가 감소하였다. 새싹메밀의 경우 농축배수가 증가할수록 종자 발아율이 control 42.7%에서 40배 농축수 60.7%로 발아율이 반대로 증가하는 것을 확인하였다. 새싹보리의 경우 control의 발아율 88.8%와 40배 농축수로 처리한 발아율 79.0%를 비교 시 소폭 감소한 결과를 보이며, 20배 농축수까지 큰 영향은 없는 것으로 확인되었다. 체내의 여러 가지 작용에 필수적인 미량원소인 셀레늄을 사용하여 50, 100 ppm으로 고농도로 처리하여 배추, 상추, 청경채, 갯 종자 발아율의 영향을 연구(11)한 내용 중 배추, 청경채, 갯 종자 발아율은 감소하였지만, 상추의 경우 발아 억제가 미미하였고 종자의 종류에 따라 셀레늄 처리 시 발아반응이 다양하게 나타났다고 보고된 내용과 전반적인 경향은 유사하였다.

이는 제주 water를 농축 시 K, P, Ca, Na과 같은 다량원소의 농도가 높아짐에 따라 새싹채소 3종의 발아율에 각기 다른 영향을 줌으로써 차이를 보이는 것으로 예상할 수 있으며(15,16), 다른 한편으로는 vanadium의 농도에 따라 발아율에 영향을 주는 것으로 생각된다.

제주 water 농축수 처리에 따른 새싹채소 생장에 미치는 영향

제주 water가 새싹채소의 지상부 성장과 지하부 뿌리 생장에 미치는 영향은 종자 파종 7일째에 임의로 30개체를 수확하여 조사하였고 그 결과는 Fig. 1과 Table 4에 나타내었다.

실험은 3종 새싹채소 종자에 control과 제주 water 원수(0.05 mg/L), 10배 농축수(0.46 mg/L)만을 재배액으로 사용하였다. 20배(0.80 mg/L), 40배 농축수(1.34 mg/L) 처리 시 발아는 진행되나 생장이 억제되어 사용하지 않았다.

새싹유채의 경우 vanadium 농도가 높아질수록 지상부 길이, 뿌리의 생장이 모두 억제되었으며, 생물 중량 및 건조물 중량 또한 control과 비교 시 10배 농축수로 재배한 조건에서 감소하였다. 새싹메밀의 경우 vanadium 농도가 증가함에 따라 지상부 길이의 생장이 증가하였지만, 지하부 뿌리의 생장은 역으로 생장이 억제되었고, 생물 중량 및 건조물 중량 또한 새싹유채와 동일하게 vanadium 농도가 증가할수록 감소하였다. 새싹보리의 경우 새싹메밀과 동일한 경향으로 제주 water 원수 처리 시 control과 비교하여 지상부 생장이 억제되었지만 10배 농축수 처리 시 지상부의 생장이 증가하고 뿌리생장은 억제되었으며, 생물 중량과 건조물 중량은 control 대비 10배 농축수에서 감소하였다.

위의 결과로 볼 때 새싹유채, 메밀, 보리에서 제주 water 농축 정도에 따라 새싹채소별 지상부 성장과 지하부 뿌리 생장의 일정한 경향이 나타나지 않았는데 이는 새싹채소별 특성이 다르기 때문이라 생각된다. 공통으로 새싹유채, 새싹

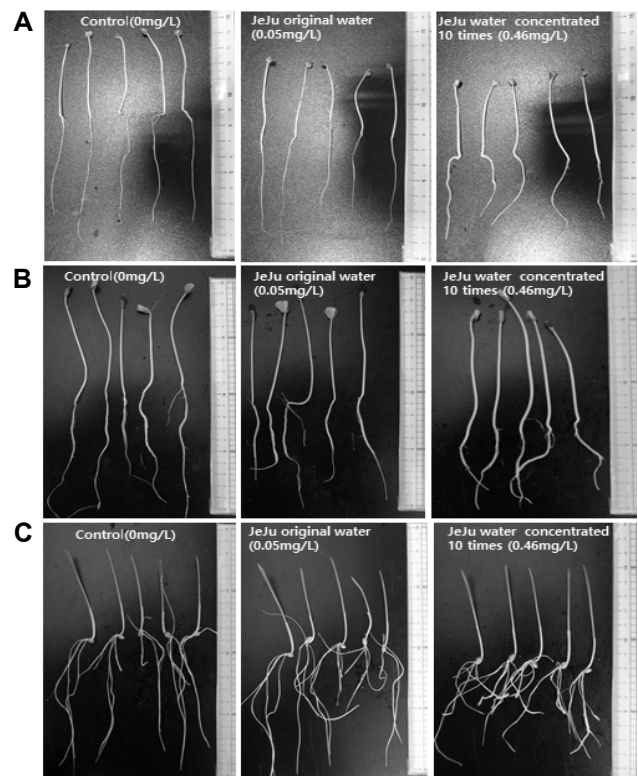


Fig. 1. Comparison of the sprout growth of three sprouts as affected by Jeju water concentration. *B. napus* L. (A), *F. esculentum* (B), *H. vulgare* L. (C).

Table 4. Comparison of the sprout growth of three sprouts by Jeju water concentration

<i>B. napus</i> L. (seeding rates=18 g)				
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g/total plants)	Dry weight (g/total plants)
Control (Tap water)	5.2±0.4 ¹⁾	6.7±0.8	57.1	4.3
Jeju water (1×)	5.1±0.5	5.2±0.8	62.0	4.5
Jeju water (10×)	4.3±0.4*	4.2±0.9*	56.0*	4.1*
<i>F. esculentum</i> (seeding rates=23 g)				
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g/total plants)	Dry weight (g/total plants)
Control (Tap water)	8.5±0.8	10.1±1.2	30.9	2.6
Jeju water (1×)	9.3±0.8	8.0±0.8	25.4	2.2
Jeju water (10×)	10.2±0.7*	6.3±0.9*	23.9*	2.0*
<i>H. vulgare</i> L. (seeding rates=23 g)				
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g/total plants)	Dry weight (g/total plants)
Control (Tap water)	6.1±1.0	11.0±0.9	59.6	6.0
Jeju water (1×)	5.6±1.3	10.5±1.5	51.4	5.1
Jeju water (10×)	7.0±0.8*	7.5±1.0*	53.9*	5.5*

¹⁾Data are mean±SE (n=30). *Significant at $P<0.05$.

보리, 새싹메밀에서 vanadium 농도가 높아질수록 지하부 뿌리의 생장 및 생물 중량, 건조물 중량은 억제 및 감소하였으며, Zhang 등(17)의 연구에서 Chickpeas 새싹채소에 vanadium(NaVO_3)을 저농도에서 고농도별로 처리 시 고농도로 갈수록 Chickpeas 새싹채소 생장 억제에 영향을 준다고 보고하였다.

새싹채소의 vanadium 흡수 및 미량원소 함량 특성

Control, 제주 water 원수(0.05 mg/L), 10배 농축수(0.46 mg/L) 처리에 따른 3종 새싹채소 vanadium 및 미량원소 Mn, Fe, Co, Zn, Cu와 중금속원소 Pb, Cd, Se의 함량 결과는 Table 5와 같다.

Vanadium 함량 결과를 보면 공통으로 새싹유채, 새싹메밀, 새싹보리 control에서 검출한계 이하의 함량을 보였다. 새싹유채의 경우 제주 water 원수와 제주 water 10배 농축수에서 각각 1.4 mg/kg과 4.2 mg/kg으로 함량이 3배 정도 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었고, 새싹메밀의 경우 제

주 water 원수와 10배 농축수로 재배한 경우 vanadium의 함량이 각각 1.3 mg/kg, 2.9 mg/kg으로 새싹유채보다 낮은 함량을 갖는 것으로 확인되었다. 새싹보리의 경우 vanadium 함량은 본 연구에서 제주 water 원수, 10배 농축수 재배조건 모두 검출한계 이하의 함량을 보였고, Chickpea 새싹채소에 vanadium(NaVO_3)을 50~1,600 mg/L의 11개 농도로 처리하여 재배한 연구(17)와 Chinese green mustard와 tomato에 vanadium(NH_4VO_3) 농도를 0~80 mg/L의 5개 농도로 처리하여 재배한 연구내용(18)에서 공통적으로 vanadium 농도가 높을수록 새싹채소의 vanadium 함량이 높아진다는 결과와 일치하였다. 즉 3종 새싹채소의 vanadium 흡수에 대한 특성은 제주 water의 농축배수가 높으면 vanadium의 흡수율이 높아지는 결과를 확인할 수 있으며, 동일한 vanadium 농도의 재배액을 처리한 새싹채소를 비교 시 새싹채소 종류에 따라 vanadium이 축적되는 양이 다르다는 것을 확인할 수 있었다.

미량원소인 Mn, Fe, Co, Zn, Cu와 중금속인 Cd, Pb, Se

Table 5. Mineral elements of three sprouts by Jeju water concentration

Sample		Mineral elements (mg/kg)								
		Mn	Fe	Co	Zn	Cd	Pb	Se	V	Cu
Control (Tap water)	<i>B. napus</i> L.	27.6 ¹⁾	54.4		33.3				ND	11.3
	<i>F. esculentum</i>	13.7	29.7	ND ²⁾	45.6		ND		ND	6.6
	<i>H. vulgare</i> L.	27.2	71.2		41.1				ND	7.4
Jeju water (1×, 0.05 mg/L)	<i>B. napus</i> L.	37.9	37.8		30.1				1.4	26.1
	<i>F. esculentum</i>	10.2	19.9	ND	22.9		ND		1.3	7.3
	<i>H. vulgare</i> L.	22.2	58.4		44.8				ND	8.1
Jeju water (10×, 0.46 mg/L)	<i>B. napus</i> L.	25.3	31.1		22.0				4.2	10.9
	<i>F. esculentum</i>	11.6	28.4	ND	23.7		ND		2.9	6.0
	<i>H. vulgare</i> L.	12.9	53.4		31.8				ND	5.4

¹⁾Mean value. ²⁾Detection limit: 0.05 mg/L.

의 함유 특성을 살펴보면, 3종 새싹채소에서 미량원소 Co와 중금속원소 Cd, Pb, Se가 검출한계 이하의 함량을 보였으나 Mn, Fe, Zn, Cu가 확인되었다. 브로콜리, 유채, 다채 및 배추씨를 받아서 얻은 새싹 추출물에 대한 미량원소 함량 연구(18,19)에서 새싹채소에서 Zn, Fe 및 Mn은 높은 함량으로 존재하며, 그 외에도 Cu, Mg, K 등이 분석되었다고 보고한 결과와 유사하였다. 새싹유채의 경우 Fe, Zn은 control에서 가장 높았으며 Mn, Cu는 제주 water 원수에서 가장 높은 함량을 보였다. 새싹메밀인 경우 Mn, Fe, Zn 함량이 control에서 가장 높았으며, 새싹보리에서는 Mn, Fe이 control에서 가장 높은 함량을 보이는 것으로 확인되었고, Zn, Cu의 경우 제주 water 원수에서 함량이 가장 높았다.

일반적으로 vanadium의 경우 식품으로 섭취한 흡수율은 1~2% 정도로 매우 낮은 것으로 알려져 있다. Vanadium이 결핍될 때에는 심혈관이나 신장의 질환 등이 알려져 있고, 과잉 섭취 시 급성 및 만성독성으로 나타나는 것으로 보고되고 있다. 본 연구를 통하여 새싹채소에 제주의 천연자원인 vanadium water로 처리하여 고함량 vanadium 함유 기능성 새싹채소 생산 가능성을 보았다. 하지만 vanadium에 관한 연구는 아직 미진한 것이 많다. 또한, vanadium이 필수미네랄이라는 것은 인정하고 있으나 필요한 양이 어느 정도인지도 밝혀지지 않아 권장섭취량도 설정되어 있지 않고 독성에 대한 자료도 부족하여 상한섭취량도 정해지지 않았다. 따라서 vanadium의 이용에 대하여 안정성에 대한 연구가 더 진행되어야 한다고 생각되며 앞으로 더 다양한 새싹채소를 대상으로 vanadium 흡수 특성과 기능성에 대한 생리기작과 생화학적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

제주 water를 농축하여 새싹유채, 메밀, 보리의 종자발아 영향과 생장 및 vanadium 흡수특성을 알아보고자 실험을 수행하였다. 제주 water를 배수별로 농축시킨 결과 vanadium 농도가 제주 water 원수, 10배, 20배, 40배 농축수에서 각각 0.05 mg/L, 0.46 mg/L, 0.80 mg/L, 1.34 mg/L의 함량을 보였다. Control(수도수)과 제주 water 원수, 10배, 20배, 40배 농축수를 사용하여 종자발아율 측정 시 새싹유채의 경우 control과 제주 water 원수, 10배 농축수까지 발아율은 차이를 보이지 않았으나 농축배수가 20배, 40배로 증가할수록 발아율이 감소하는 경향을 보였으며, 특히 40배 농축수에서 발아율이 control과 비교하여 약 50% 감소하였다. 새싹메밀의 경우 농축배수가 증가할수록 종자 발아율이 control 42.7%에서 40배 농축수 60.7%로 발아율이 증가하는 것이 확인되었다. 새싹보리의 경우 control의 발아율 88.8%와 40배 농축수로 처리한 발아율 79.0%를 비교 시 소폭 감소한 결과를 보이며, 20배 농축수까지 큰 영향은 없는 것으로 확인되었다. 새싹채소 생장 영향을 알아보고자 control(수도수), 제주 water 원수(0.05 mg/L), 제주 water

10배 농축수(0.46 mg/L)로 7일간 재배하여 확인한 결과 새싹유채의 경우 vanadium 농도가 높아질수록 지상부 길이, 뿌리의 생장이 모두 억제되었으며, 생물 중량 및 건조물 중량 또한 control과 비교 시 10배 농축수로 재배한 조건에서 감소하였다. 새싹메밀의 경우 vanadium 농도가 증가함에 따라 지상부 길이의 생장이 증가하였지만, 지하부 뿌리의 생장은 역으로 생장이 억제되었고, 생물 중량 및 건조물 중량 또한 새싹유채와 동일하게 vanadium 농도가 증가할수록 감소하였다. 새싹보리의 경우 새싹메밀과 동일한 경향으로 제주 water 원수 처리 시 control과 비교하여 지상부 생장이 억제되었지만 10배 농축수 처리 시 지상부의 생장이 증가하였고 뿌리생장은 억제되었으며, 생물 중량 및 건조물 중량은 control 대비 10배 농축수에서 감소하였다. 또한, 새싹채소의 vanadium 흡수특성을 확인한 결과 공통적으로 새싹유채, 새싹메밀, 새싹보리 control에서 vanadium 함량은 검출한계 이하의 함량을 보였다. 새싹유채의 경우 제주 water 원수와 제주 water 10배 농축수에서 각각 1.4 mg/kg과 4.2 mg/kg으로 함량이 3배 정도 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었고, 새싹메밀의 경우 제주 water 원수와 10배 농축수로 재배한 경우 vanadium의 함량이 각각 1.3 mg/kg, 2.9 mg/kg으로 새싹유채보다 낮은 함량을 갖는 것으로 확인되었다. 새싹보리의 경우 vanadium 함량은 본 연구에서 제주 water 원수, 10배 농축수 재배조건 모두 검출한계 이하의 함량을 보였다.

REFERENCES

1. Ko SB, Hyun CS, Kang KW. 2011. A study on setting the direction of development for the functional and mixed drinks using the Jeju water. *J Korea Acad Indust Coop Soc* 12: 2133-2141.
2. Moon SH, Lee HW, Ko KS. 2008. Concentration of vanadium in Jeju groundwater using reverse osmosis processes. *Membrane J* 18: 241-249.
3. Linstedt KD, Kruger P. 1970. Determination of vanadium in natural waters by neutron activation analysis. *Anal Chem* 42: 113-115.
4. Kitta T, Yamada S, Asakawa T, Ishihara K, Watanabe N, Ishiyama H, Watanabe Y. 2003. Effects of natural vanadium contained Mt. Fuji underground water on human hyperglycemia. *Pharmacometrics* 64: 77-84.
5. Shechter Y, Karlish SJ. 1980. Insulin-like stimulation of glucose oxidation in rat adipocytes by vanadyl (IV) ions. *Nature* 284: 556-558.
6. Tsiani E, Fantus IG. 1997. Vanadium compounds biological actions and potential as pharmacological agents. *Trends Endocrinol Metab* 8: 51-58.
7. Goldwaser I, Gefel D, Gershonov E, Fridkin M, Shechter Y. 2000. Insulin-like effects of vanadium: basic and clinical implications. *J Inorg Biochem* 80: 21-25.
8. Thompson HJ, Chasteen ND, Meeker LD. 1984. Dietary vanadyl (IV) sulfate inhibits chemically-induced mammary carcinogenesis. *Carcinogenesis* 15: 849-851.
9. Piper BF, Dibble SL, Dodd MJ, Weiss MC, Slaughter RE, Paul SM. 1998. The revised Piper Fatigue Scale: psychometric evaluation in women with breast cancer. *Oncol Nurs*

- Forum* 25: 677-684.
10. Zheng HM, Kim DH, Lee SH, Kim KS, Yoo HS. 2012. Effects of vanadium water on cancer-related fatigue of non advanced thyroid cancer patients: Randomized, three armed, triple blinded controlled trial. *The Journal of Daejeon Oriental Medicine* 20: 79-89.
 11. Cheong YH, Han MJ, Sung SJ, Seo DC, Kang JG, Sohn BK, Heo JS, Cho JS. 2009. Effects of selenium supplement on germination, sprout growth and selenium uptake in four vegetables. *Korean J Environ Agric* 28: 179-185.
 12. Han MJ, Kim SU, Seo DC, Cheong YH, Lee DJ, Park MS, Rim YS, Shon BK, Heo JS, Cho JS. 2007. Uptake properties of germanium to vegetable plants and its effect on seed germination and on early stage growth. *Korean J Environ Agric* 26: 217-222.
 13. Mao X, Zhang L, Xia Q, Sun Z, Zhao X, Cai H, Yang X, Xia Z, Tang Y. 2008. Vanadium-enriched chickpea sprout ameliorated hyperglycemia and impaired memory in streptozotocin-induced diabetes rats. *Biometals* 21: 563-570.
 14. Cha BC, Kim MD, Ryu HS. 2011. Effect of vitamin C, germanium oxide and selenium treatment on the during cultivation of sprouts. *Korean J Food Nutr* 24: 226-232.
 15. Aref IM, El-Juhany LI, Elkhalfifa KF. 2004. Effects of sodium chloride concentrations on seed germination of *Acacia nilotica* ssp. *tomentosa* and *Acacia gerrardii* var. *najdensis*. *J Advan Agric Res* 9: 33-41.
 16. Tobe K, Li X, Omasa K. 2004. Effects of five different salts on seed germination and seedling growth of *Haloxylon ammodendron* (*Chenopodiaceae*). *Seed Sci Res* 14: 345-353.
 17. Zhang L, Mao X, Xia Z. 2012. Effects of sodium metavanadate and germination on the sprouting of chickpeas and its content of vanadium, formononetin and biochanin A in the sprouts. *J Diet Suppl* 9: 34-44.
 18. Vachirapatama N, Jirakiattikul Y, Dicinoski G, Townsend AT, Haddad PR. 2011. Effect of vanadium on plant growth and its accumulation in plant tissues. *Songklanakarin J Sci Technol* 33: 255-261.
 19. Cho WG. 2010. Anti-oxidative activity and trace component of a sprout serum. *J Korean Oil Chem Soc* 27: 14-19.