

전 략 체 계	안정 - 6 - 1		수행시기	전반기 (계속)	
기술분야코드	V2	기술유형코드	S03	작목구분코드	FC-05-0501
과 제 종 류	기관고유		과 제 번 호	LP003650	
과 제 명	상위단계 씨감자 생산·관리체계 구축				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	박아름		농업연구사	강원특별자치도원 감자연구소	
연 구 기 간	2023 ~ 계속		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 고효율 조직배양묘 생산기술 개발			감자연구소	최 옥	'21~'23
2) 상위단계 씨감자 생산기술 개발			감자연구소	박아름	'17~계속
3) 상위단계 씨감자 조기 대량 생산			감자연구소	박아름	'17~계속
4) 씨감자 바이러스 발생분석 및 진단체계 확립			감자연구소	원현섭	'16~계속
키 워 드	조직배양묘, 씨감자, 소괴경, 분무경, 배지경, 바이러스, 발생분석				

ABSTRACT

This study aims to examine seedling quality and nutrient consumption according to the composition of the tissue culture media and then investigate the seedling quality of tissue culture tailored to the variety. Potatoes have different growth and nutrient culture conditions depending on the variety, and it takes a lot of cost and labor to produce tissue culture seedlings, so it is necessary to establish a standardized tissue culture seedling production technology suitable for the variety.

High concentrations of NO_3^- , K^+ , and Ca^{2+} were maintained until the late stage of liquid culture. The total concentration of Mg^{2+} ions was less than 100mg/L, but 67% (Oryun) and 81% (Pungnong) of the initial concentration were maintained even after the end of the culture, so there was not much nutrient consumption.

The nutrient consumption pattern according to the culture period in solid media showed a similar pattern to liquid shaking culture, but consumption was lower than that in liquid culture. In a growth comparison test according to sucrose concentration, Oryun and Pungnong had the best growth at a sucrose concentration of 1.5%. Growth changes of Oryun variety in liquid medium showed a good trend in phosphate 0.34g/L and 100MS medium. In solid medium, it was excellent when formulated with 0.34g/L and 1/2MS medium. As a result of comparing the growth of liquid and solid media, the growth of tissue cultured seedlings of Oryun and Pungnong cultivars grown on liquid was robust. For the Jami, unlike Jahwang and Pungnong, the cultivation period could be shortened from 4 weeks to 3 weeks.

1 연구목표

강원특별자치도원 감자연구소는 신품종 감자로 미백, 옥, 새알, 오륜, 풍농, 자황, 자미 역강을 육성하였으며, 무병씨감자를 농가에 보급하기 위해 조직배양묘, 기본종, 기본식물 등 상위단계 씨감자 생산에 주력하고 있다. 조직배양은 생장점배양에서 바이러스 검정을 통해 무병식물체를 생산하고 증식단계에서 대량으로 생산하여 보급하는 과정이며 감자는 품종에 따라 생육이나 양액재배 조건이 다르다. 또한 조직배양묘를 생산하는데 많은 비용과 노동력이 소요되므로 품종에 적합하고 규격화된 조직배양묘 생산기술 확립이 필요하다. 그러므로 조직배양묘 배지 조성에 따라 묘소질과 양분소모량을 검정한 후 품종 맞춤형 조직배양 묘소질을 구명하고자 한다.

2 재료 및 방법

<제1세부과제 : 고효율 조직배양묘 생산기술 개발>

(시험 1) 액체 진탕 배양기간에 따른 품종별 양분 소모량 분석(2021)

본 연구는 2021년에 강원특별자치도원 감자연구소에서 육성한 오륜, 풍농으로 MS배지 4.4g/L(표 1)와 sucrose 15g/L를 이용하여 배지를 조제한 후 조직배양묘를 치상하여 1주 간격으로 4주 동안 pH, EC, NO³⁻, NH⁴⁺, PO₄³⁻, K⁺ 양분소모량을 조사하였다.

표 1. MS 배지 성분표

성분	농도 (mg/L)	성분	농도 (mg/L)
CaCl ₂ ·2H ₂ O	440	MnSO ₄ ·4H ₂ O	22.3
KH ₂ PO ₄	170	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8.6
KNO ₃	1,900	FeSO ₄ ·7H ₂ O	27.8
MgSO ₄ ·7H ₂ O	370	Na ₂ EDTA	37.3
NH ₄ NO ₃	1,650	Myo-Inositol	100
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.025	Nicotinic acid	0.5
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.025	Thiamine·HCl	0.1
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.25	Pyridoxine·HCl	0.5
H ₃ BO ₃	6.2	Glycine	2.0
KI	0.83	Sucrose	15,000

(시험 2) 고체 배양기간에 따른 품종별 양분 소모량 분석(2021)

본 연구는 2021년 강원특별자치도원 감자연구소에서 육성한 오륜, 풍농 품종으로 MS배지 4.4g/L(표 1)와 sucrose 15g/L, Agar 8%를 처리하여 배지를 조제한 후 배양용기에 30주씩 조직배양묘를 치상하여 1주 간격으로 4주 동안 pH, EC, NO³⁻, NH⁴⁺, PO₄³⁻, K⁺, sucrose 등이 양분소모량을 조사하였다.

(시험 3) 고체 배지내 sucrose 양에 따른 생장량 비교(2021)

본 연구는 2021년 강원특별자치도농업기술원 감자연구소에서 육성한 오룬, 풍농 품종으로 MS 배지 4.4g/L(표 1), Agar 8%에 sucrose 15, 30, 45, 60g/L를 각각 처리하여 배지를 조제한 후 조직배양묘를 치상하여 3주 후에 초장, 엽장, 엽폭, 생체중, sucrose 잔량 등을 조사하였다.

(시험 4) 고효율 액체 진탕 및 고체배양 배지 조성액 개발(2022)

본 연구는 2021년 실험결과 조직배양묘 생육에 따른 양분소모량을 분석하였을때 5대 원소 중 하나인 인산 이온이 2주 후부터 급격히 감소하여 4주차에 검출되지 않는 것을 확인하여 인산염을 추가로 공급하여 실험하였다.(표 2, 3) 시험품종은 오룬과 풍농으로 MS배지 농도(표 1)를 각각 1(4.4g/L), 2/3(3.0), 1/2(2.2), 1/3(1.5)배 처리와 인산염을 각각 0.17, 0.34g/L 처리, sucrose 15g/L이며, Agar는 고체배양에는 8%를 액체 진탕배지에는 무첨가하여 배지를 제조하여 125×110mm의 배양용기에 30주씩 3반복으로 조직배양묘를 치상한 후 1주 간격으로 4주 동안 생체중, 초장, 엽수를 조사하였으며, pH, EC, NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} 에 대한 양분소모량을 매주 조사하였다.

(시험 5) 품종별 적정 액체배지 선발 및 묘소질 구명(2023)

본 연구는 강원특별자치도농업기술원 감자연구소에서 육성한 풍농, 자황, 자미를 이용하여 풍농은 MS배지를 1, 1/2배 처리, 자황, 자미는 MS배지를 1배 처리하고 추가로 인산염을 각각 무처리, 100(0.17), 200(0.34g/L)배 처리, sucrose 15g/L를 넣어 배지를 제조하여 125×110mm 배양용기에 100ml씩 분주하여 조직배양묘를 20주씩 치상하여 매주 4주 동안 pH, EC, NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 양분소모량과 초장, 경경, 경수, 생체중 등 생육을 조사하였다.

3 결과 및 고찰

<제1세부과제 : 고효율 조직배양묘 생산기술 개발>

(시험 1) 액체 진탕 배양기간에 따른 품종별 양분 소모량 분석(2021)

감자 액체 진탕 배양기를 이용하여 오룬, 풍농의 배양기간에 따른 양분소모량을 분석하였다(표 2). 액체 진탕배양에서는 배양기간에 따른 pH변화는 오룬, 풍농 모두 배양 1주 이후부터 각각 5.23, 4.06으로 약산성화 되었으며, 오룬의 경우 EC는 배양 1주차 7.3ds/m에서 배양 4주차에는 3.5ds/m 낮아졌으며, 풍농의 경우 1주차 6.9ds/m에서 배양 4주차에는 4.1ds/m로 낮았다. 일반적인 감자 조직배양 기간은 3주 정도로 향후 조직배양 배지내의 이온함량을 낮추어 배양시험이 필요하였다. 배양 후기까지 NO_3^- 이온, K^+ 이온, Ca^{2+} 이온 성분은 높은 농도를 유지하였고, Mg^{2+} 이온의 전체 농도는 100mg/L 이하이지만 배양 종료 후에도 초기 농도의 67%(오

륜), 81%(풍농)를 유지하여 양분 소모량이 많지 않았다. 5대 원소 중 인산 이온은 2주 후부터 급격하게 감소하여 4주차에는 검출되지 않아 공급량 증강이 필요하며, SO_4^{2-} 이온도 배양 4주 후 1주차 대비 34%(오륜), 40%(풍농)로 줄었다.

표 2. 품종별 배양기간에 따른 배지내 양분함량 변화

품종	기간 (주)	pH	EC (dS/m)	음이온				양이온		
				NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
(mg/L)										
오륜	1	5.23	7.3±1.1	2,998±502	93±25	199±32	478±77	1,193±178	369±32	73±9
	2	4.44	6.6±0.1	2,559±45	58±2	164±3	390±1	1,082±18	343±1	66±2
	3	4.46	4.7±0.7	1,649±233	2±4	90±17	161±6	810±73	308±13	54±4
	4	4.73	3.5±0.5	1,237±152	ND	67±9	97±18	619±82	295±14	49±4
풍농	1	4.06	6.9±0.1	2,784±75	71±4	177±5	440±18	1,145±30	352±25	67±3
	2	4.14	6.8±0.1	2,536±29	51±6	163±3	391±5	1,068±3	342±19	59±6
	3	4.58	6.0±0.4	2,149±159	25±15	137±7	291±46	968±43	340±11	62±2
	4	4.21	4.1±0.1	1,477±36	ND	70±13	124±19	763±49	296±8	54±5

액체 진탕배양에 따른 지상부 성장량은 오륜 품종이 풍농 품종에 비해 1.6배 많았으며, 성장량 변화를 보면(표 3) 오륜 품종은 2주 후 급격히 성장하다 3주 이후에는 성장이 둔화되었으나, 풍농 품종은 2주 후부터 4주까지 지속적으로 성장하였다.

표 3. 품종별 배양기간에 따른 성장량 변화

품종	기간 (주)	지상부 생체중		지하부 생체중	
		총무게 (g/병)	개체 무게 (g/주)	총무게 (g/병)	개체 무게 (g/주)
오륜	1	0.603	0.024	-	-
	2	1.298	0.052	0.065	-
	3	5.407	0.216	1.261	0.111
	4	7.526	0.301	2.609	0.104
풍농	1	0.471	0.019	-	-
	2	0.737	0.029	0.016	-
	3	1.743	0.070	0.964	0.055
	4	4.662	0.186	1.986	0.079

(시험 2) 고체 배양기간에 따른 품종별 양분 소모량 분석(2021)

고체배지에서 배양기간에 따른 양분 소모량 패턴은 액체 진탕 배양과 유사한 패턴을 보였으나 액체 배양보다 소모량은 적었으며, 고체배양에서도 인산 이온 소모량은 많아서 오륜 품종은 배양 4주차에 인산 이용 농도가 19mg/L, 풍농 품종은 고갈되어 검출되지 않았다. 칼슘이온의 농도는 액체 진탕 배양에 비해 오륜 품종은 46%, 풍농 품종에서는 52%로 낮게 검출된 것은 고체 배지의 agar에 의한 영향으로 판단된다(표 4).

표 4. 품종별 배양기간에 따른 배지내 양분함량 변화

품종	기간 (주)	pH	EC (dS/m)	음이온				양이온		
				NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	NH ⁴⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
(mg/L)										
오륜	1	5.01	6.1±0.2	2,613±56	99±7	217±8	384±10	1,015±21	151±4	40±2
	2	4.64	5.9±0.2	2,424±95	48±15	207±16	346±15	951±41	143±13	41±3
	3	4.29	5.7±0.2	2,206±154	36±20	203±9	294±30	918±51	152±10	41±1
	4	4.10	5.6±0.1	2,193±132	19±10	192±11	272±38	918±32	156±15	42±4
풍농	1	4.65	6.1±0.1	2,389±57	79±5	206±10	332±15	980±47	237±55	50±8
	2	4.21	5.8±0.2	2,232±89	37±1	195±8	281±16	922±30	149±11	39±1
	3	3.98	5.3±0.4	2,011±140	13±6	183±6	208±26	878±39	154±9	37±2
	4	3.96	4.9±0.1	1,793±47	ND	171±4	156±4	845±9	150±5	35±1

고체 배양에 따른 품종별 지상부 생육은 1주~2주차에는 오륜의 생육이 빠르나 3~4주차에서는 풍농이 좋았으며, 지하부는 오륜의 생육이 왕성하였다.(표 5)

고체 배양(표 5)과 액체 진탕 배양(표 4)에 따른 성장량을 비교한 결과 오륜과 풍농의 성장량은 비슷하였지만, 오륜 품종은 액체 진탕 배양이 고체 배양에 비해 1.9배 성장량이 많아 배양 효율이 우수하였다.

표 5. 품종별 배양기간에 따른 성장량 변화

품종	기간 (주)	지상부 생체중		지하부 생체중	
		총무게 (g/병)	개체 무게 (g/주)	총무게 (g/병)	개체 무게 (g/주)
오륜	1	1.287	0.051	0.354	0.014
	2	2.361	0.094	0.878	0.035
	3	3.063	0.123	1.372	0.055
	4	3.968	0.159	1.200	0.048
풍농	1	0.969	0.039	0.228	0.010
	2	2.329	0.093	1.005	0.042
	3	3.515	0.141	1.107	0.045
	4	4.500	0.180	0.996	0.040

(시험 3) 고체 배지내 sucrose 양에 따른 성장량 비교(2021)

sucrose 농도에 따른 품종별 성장량 변화를 비교한 결과,(표 6) 오륜 품종은 sucrose 농도 1.5%에서 초장은 8.3cm, 엽수 8.3개로 가장 우수하였고, 풍농 품종도 sucrose 농도 1.5%에서 초장 8.8cm, 엽수 8.8개로 가장 우수하였다.

양분 소모량 분석에서는 오륜 품종은 sucrose 농도 4.5%에서, 풍농 품종은 sucrose 농도 6.0%에서 가장 많았다. 인산 이온 함량은 대부분 처리에서 검출되지 않아 향후 인산 함량을 증가하였다.(표 7)

표 6. 품종별 sucrose양에 따른 성장량 변화

품종	sucrose 농도(%)	초장(cm)	엽수(개)	지상부 생체중(g)	지하부 생체중(g)
오륜	1.5	8.3	8.3	0.234	0.050
	3.0	8.2	6.2	0.206	0.046
	4.5	8.2	7.4	0.218	0.035
	6.0	6.2	7.8	0.151	0.040
풍농	1.5	8.8	8.8	0.266	0.051
	3.0	7.1	7.5	0.224	0.072
	4.5	6.9	7.5	0.226	0.080
	6.0	6.1	7.1	0.202	0.073

표 7. sucrose양에 따른 배지내 양분 함량 변화

품종	sucrose 농도 (%)	pH	EC (dS/m)	음이온				양이온			
				NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	NH ⁴⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
오륜	1.5	4.18	5.2±0.3	2,022±164	ND	162±17	286±14	799±50	138±9	35±3	
	3.0	4.48	4.2±0.1	1,650±85	ND	126±16	189±22	827±28	242±20	44±7	
	4.5	4.88	3.3±0.1	1,278±43	ND	113±8	93±9	793±36	229±4	41±3	
	6.0	4.74	3.8±0.5	1,525±65	12±4	140±8	132±4	919±18	231±4	44±2	
풍농	1.5	3.89	4.5±0.3	1,528±113	ND	153±13	128±15	741±62	155±44	37±7	
	3.0	3.89	3.6±0.5	993±192	ND	94±14	41±32	648±58	197±9	39±2	
	4.5	4.16	2.7±0.5	756±320	ND	95±38	3±6	667±208	234±75	41±12	
	6.0	4.34	2.4±0.3	704±195	ND	98±10	ND	773±75	284±20	42±4	

(시험 4) 고효율 액체 진탕 및 고체배양 배지 조성액 개발(2022)

액체배지에서의 오륜 생육 변화는(그림 1) 인산염 0.34g/L를 공급하였을 때 생육이 우수하였으며 지상부 생체중은 1주(0.71g/30주), 2주(3.28), 3주(6.37), 4주(9.46)로 100MS 배지가 가장 우수했으며, 지하부 생체중은 1주(0g/주), 2주(0.03), 3주(1.20), 4주(2.58)로 1/3MS 배지에서 생육이 우수하였으나 100MS배지에서 좋은 경향을 보였다.(표 8)

표 8. 액체배지 배양기간에 따른 오륜 생육특성

인산염	기간 (주)	지상부 생체중(g/30주)				지하부 생체중(g/주)			
		100MS	2/3MS	1/2MS	1/3MS	100MS	2/3MS	1/2MS	1/3MS
0.17 (g/L)	1주차	0.87	0.86	0.91	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
	2주차	2.54	1.78	1.30	1.22	0.01(2.1)	0.02(4.7)	0.03(8.0)	0.05(10.0)
	3주차	5.82	6.09	4.06	2.66	0.90(21.7)	1.34(27.3)	2.06(29.3)	1.19(28.7)
	4주차	9.07	6.97	5.88	3.22	2.13(30.0)	1.45(30.0)	2.00(30.0)	2.39(30.0)
0.34 (g/L)	1주차	0.71	0.69	0.67	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00
	2주차	3.28	1.76	1.67	1.04	0.02(4.3)	0.03(4.7)	0.02(3.7)	0.03(6.0)
	3주차	6.37	4.02	3.50	2.61	1.22(28.0)	1.03(26.7)	1.67(29.0)	1.20(29.7)
	4주차	9.46	8.17	6.26	3.41	2.13(30.0)	1.74(30.0)	2.23(30.0)	2.58(30.0)

고체배지에서도 0.34g/L를 추가하였을 때 우수하였으며, 지상부는 1주(0.96g/30주), 2주(1.21), 3주(2.14), 4주(3.46)이고, 지하부는 1주(0g/주), 2주(0.47), 3주(0.97), 4주(1.22)로 모두 1/2MS 배지로 조성하였을 때 우수하였다.(표 9)

표 9. 고체배지 배양기간에 따른 오륜 생육특성

인산염	기간 (주)	지상부 생체중(g/30주)				지하부 생체중(g/주)			
		100MS	2/3MS	1/2MS	1/3MS	100MS	2/3MS	1/2MS	1/3MS
0.17 (g/L)	1주차	0.69	0.74	0.79	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
	2주차	0.61	1.13	0.82	0.61	0.06(16.3) [♢]	0.23(15.0)	0.08(22.7)	0.03(5.3)
	3주차	0.72	1.97	0.75	1.19	0.05(12.7)	0.80(29.3)	0.13(26.3)	0.20(16.0)
	4주차	1.06	1.95	1.55	1.26	0.22(18.0)	0.59(27.7)	0.32(27.7)	0.22(23.0)
0.34 (g/L)	1주차	0.66	0.68	0.96	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00
	2주차	0.70	0.88	1.21	0.92	0.09(19.3)	0.18(22.7)	0.47(23.3)	0.25(25.0)
	3주차	0.71	1.49	2.14	0.97	0.10(20.0)	0.46(30.0)	0.97(27.7)	0.12(21.7)
	4주차	1.37	2.11	3.46	1.52	0.23(27.3)	0.75(29.3)	1.22(29.0)	0.35(29.7)

♢: () 뿌리 발생 개체수

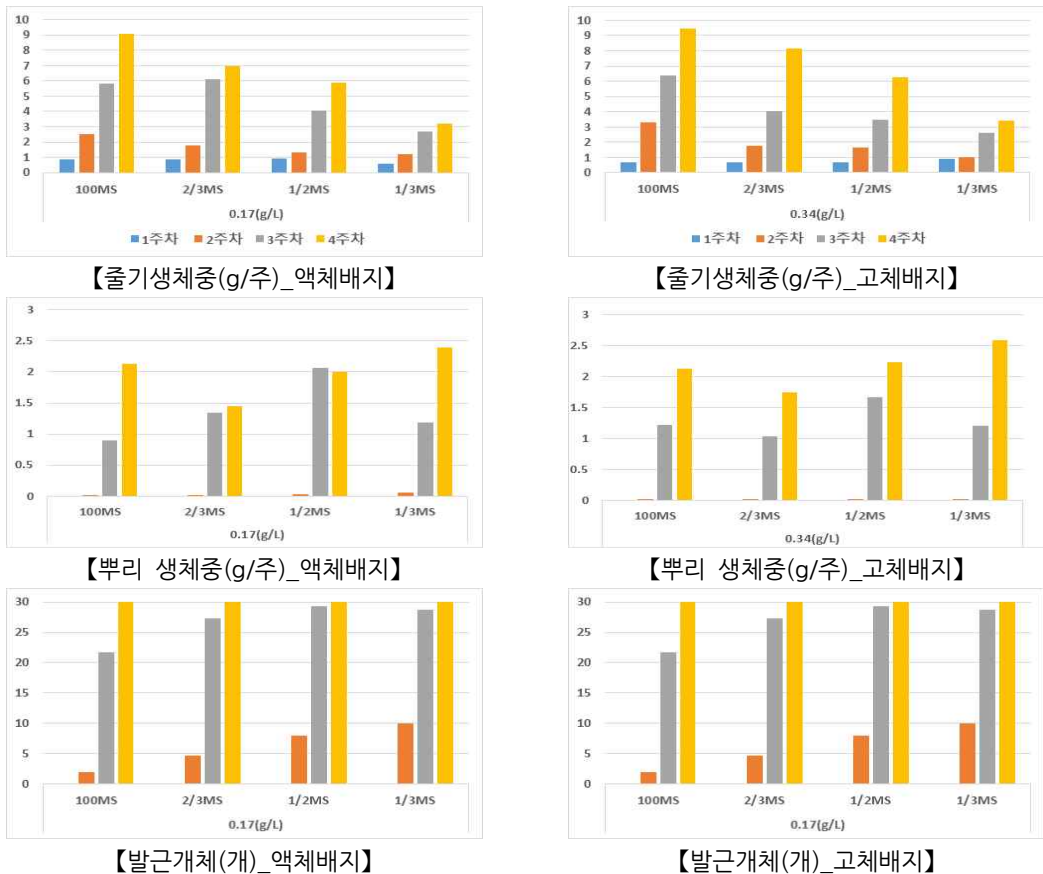


그림 1. 오륜 배지조성 및 인산염농도에 따른 지상부 생육

오륜의 4주차 생육상황에서(표10, 그림 2) 액체배지에 인산염 0.17g/L과 0.34g/L 처리 차이는 거의 없었으며 2/3MS배지 처리가 가장 우수하므로 인산염은 0.17g/L, MS는 2/3 처리가 가장 좋다. 고체배지에서는 인산염과 MS처리마다 다른 경향을 보이는데 인산염 0.34g/L, 2/3MS 배지가 초장이 5.0cm, 엽수 6.2개, 발근개체 29개로 가장 우수하였다.

표 10. 오륜 4주차 생육현황

인산염	배지조성	액체			고체		
		초장(cm)	엽수 (개/주)	발근개체 (개)	초장	엽수 (개/주)	발근개체 (개)
0.17g/L	100MS	7.8	9.0	30.0	1.7	2.2	18.0
	2/3MS	8.6	9.3	30.0	3.6	5.0	27.7
	1/2MS	6.8	8.3	30.0	2.8	3.7	27.7
	1/3MS	4.9	7.0	30.0	3.2	4.6	23.0
0.34g/L	100MS	8.4	9.0	30.0	2.4	4.4	27.3
	2/3MS	8.6	9.0	30.0	3.4	4.7	29.3
	1/2MS	6.8	8.0	30.0	5.0	6.2	29.0
	1/3MS	4.3	7.0	30.0	3.2	4.3	29.7

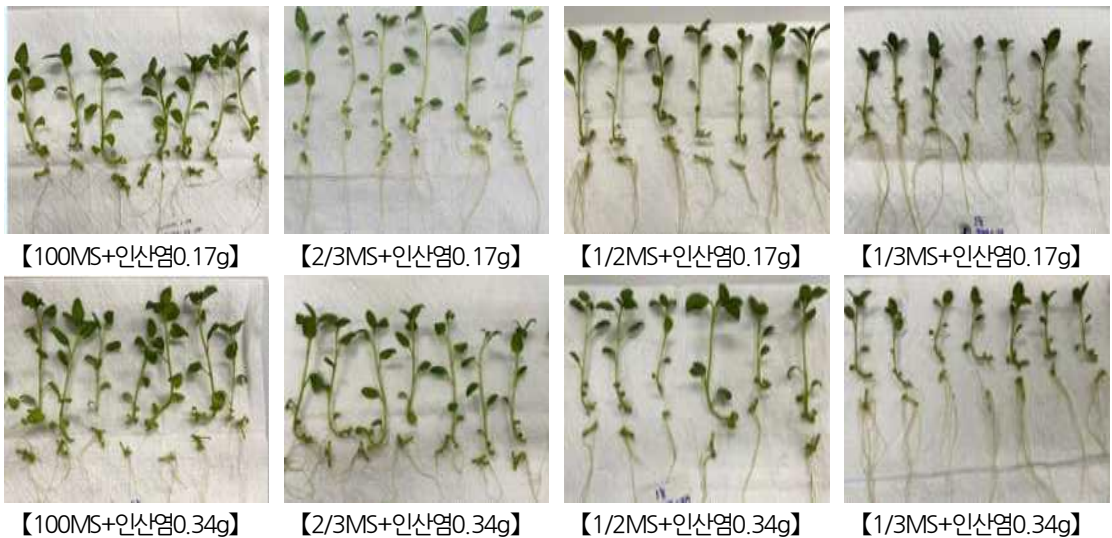


그림 2. 오륜 액체배지 농도별 조직배양묘 생육(4주차)

액체배지에서 풍농의 생육은(그림 3) 인산염을 0.17g/L을 넣었을 때 우수하였으며 지상부 생체중은 6.54g/30주로 1/2MS일 때 지하부 생체중은 0.10g/주로 100MS배지에서 생육이 우수하였다.(표 11)

고체배지에서는 인산염을 0.34g/L, MS배지를 1/2배 주었을 때 지상부 생체중은 2.52g/30주, 지하부 생체중은 0.01g/주, 발근개체는 29.3개로 가장 우수하였다.(표 12)

표 11. 액체배지 배양 기간에 따른 풍농 생육특성

인산염	기간 (주)	지상부 생체중(g/30주)				지하부 생체중(g/주)			
		100MS	2/3MS	1/2MS	1/3MS	100MS	2/3MS	1/2MS	1/3MS
0.17 (g/L)	1주차	0.77	0.82	0.38	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00
	2주차	0.84	0.78	0.56	1.06	0.03(19.0) ^b	0.04(22.0)	0.01(7.3)	0.00
	3주차	2.32	2.45	1.84	0.88	0.07(26.7)	0.09(30.0)	0.00	0.05(28.3)
	4주차	4.66	5.10	6.54	2.75	0.10(30.0)	0.09(30.0)	0.03(30.0)	0.09(30.0)
0.34 (g/L)	1주차	0.77	0.73	0.68	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
	2주차	1.01	1.03	0.75	0.67	0.04(11.7)	0.04(22.0)	0.00	0.01(2.0)
	3주차	1.96	1.78	1.90	0.83	0.06(30.0)	0.03(29.0)	0.00	0.04(23.7)
	4주차	5.15	4.64	3.76	3.00	0.11(30.0)	0.09(30.0)	0.09(29.7)	0.07(30.0)

♪: () 뿌리 발생 개체수

표 12. 고체배지 배양 기간에 따른 풍농 생육특성

인산염 (g/L)	기간	지상부 생체중(g/30주)				지하부 생체중(g/주)			
		100MS	2/3MS	1/2MS	1/3MS	100MS	2/3MS	1/2MS	1/3MS
0.17	1주차	0.69	0.80	0.46	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	2주차	1.06	0.82	0.69	0.81	0.01(15.0) ^b	0.00	0.01(5.0)	0.02(21.7)
	3주차	1.51	1.25	0.77	1.50	0.01(27.3)	0.01(16.0)	0.02(20.7)	0.02(27.7)
	4주차	2.37	1.61	1.91	2.58	0.02(28.7)	0.01(19.7)	0.01(26.0)	0.03(30.0)
0.34	1주차	0.85	0.67	0.65	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00
	2주차	1.17	0.81	1.09	0.65	0.01(15.7)	0.01(1.0)	0.01(24.0)	0.01(21.0)
	3주차	1.61	0.95	1.64	1.34	0.01(24.0)	0.01(14.7)	0.01(29.7)	0.01(24.0)
	4주차	2.07	1.44	2.52	2.47	0.02(28.0)	0.01(19.0)	0.01(29.3)	0.03(28.0)

♪: () 뿌리 발생 개체수

액체와 고체배지의 생육을 비교한 결과 액체에 치상한 풍농의 조직배양묘의 생육이 왕성하였다. (표 13, 그림 3) 액체배지에서는 인산염 0.17g/L과 2/3MS 배지 처리시 초장이 10.5cm, 엽수 7.3개, 발근개체 30개로 생육이 가장 우수하였다.

표 13. 풍농 4주차 생육현황

인산염 (g/L)	배지조성	액체			고체		
		초장(cm)	엽수 (개/주)	발근개체 (개/주)	초장	엽수 (개/주)	발근개체 (개)
0.17g/L	100MS	7.3	7.0	30.0	4.2	6.5	28.7
	2/3MS	10.5	7.3	30.0	3.4	4.4	19.7
	1/2MS	9.7	9.4	30.0	4.9	6.1	26.0
	1/3MS	7.4	7.0	30.0	5.3	6.4	30.0
0.34g/L	100MS	8.1	7.7	30.0	4.1	6.6	28.0
	2/3MS	8.9	7.3	30.0	3.6	5.6	19.0
	1/2MS	7.9	6.4	29.7	4.5	6.3	29.7
	1/3MS	7.0	6.7	30.0	5.7	6.1	28.0

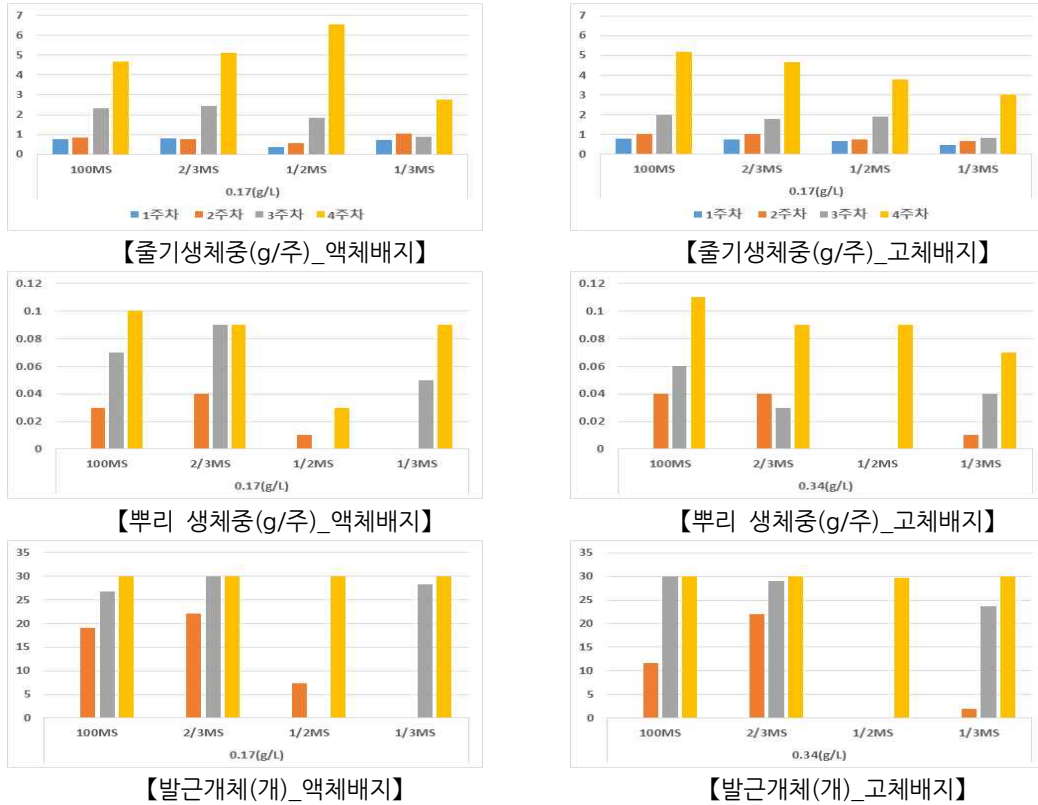


그림 3. 풍농 배지조성 및 인산염농도에 따른 지상부 생육

표 14. 배양 기간에 따른 액체배지 양분소모량(오류)

인산염	기간	배지 농도	pH	EC (dS/m)	음이온				양이온		
					NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
- mg/L -											
0.17 g/L	1주차	100	5.51	5.13	2564.19	188.31	124.53	368.40	872.64	106.12	19.09
		1/2	5.60	2.82	117.41	131.98	55.88	171.60	484.97	64.52	19.29
	2주차	100	5.34	4.91	2314.63	143.44	106.28	322.54	845.69	114.06	23.17
		1/2	4.91	2.57	1012.26	106.47	44.28	139.54	457.60	62.95	17.57
	3주차	100	4.40	3.78	1763.33	57.30	58.28	178.30	662.66	123.54	32.93
		1/2	4.79	1.25	411.20	22.59	0.60	25.20	272.70	49.96	12.45
	4주차	100	4.50	2.04	851.31	0.67	0.77	38.92	374.61	96.56	21.72
		1/2	5.31	0.30	3.32	ND	1.63	ND	58.75	19.87	1.95
0.34 g/L	1주차	100	5.43	5.39	2561.58	282.53	119.21	374.52	985.14	129.31	37.62
		1/2	5.39	2.87	1144.22	21.50	48.93	180.31	503.36	63.10	18.50
	2주차	100	4.96	4.81	2162.66	210.24	91.25	283.11	878.69	126.17	35.88
		1/2	5.04	4.81	177.79	37.58	136.78	136.78	469.47	59.56	16.27
	3주차	100	4.65	3.47	1544.15	132.86	38.19	145.57	648.37	112.51	29.55
		1/2	5.10	1.61	522.89	126.07	2.65	61.17	312.16	47.86	11.51
	4주차	100	4.62	1.91	691.38	39.00	1.23	30.29	384.37	96.10	19.64
		1/2	5.11	0.29	24.16	51.29	ND	2.20	64.62	12.96	1.60

액체배지에서 배양기간에 따라 오륜의 양분소모량을 비교한 결과(표 14) pH농도는 인산염 변화에는 차이가 없으나 MS배지 농도는 100MS배지일 때 높은 경향이 있었다. EC는 100MS에서 2~3배 정도 높았으며 NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 는 MS배지와 인산염에 관계 없이 배양기간에 따라 낮아지며 그중에서 1/2MS배지에서는 PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ 는 검출되지 않았다.

표 15. 배양 기간에 따른 고체배지 양분소모량(오륜)

인산염 (g/L)	기간 (주)	배지 농도	pH	EC (dS/m)	음이온			양이온			
					NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
- mg/L -											
0.17	1주차	100	5.89	0.14	7.11	0.64	0.52	1.21	8.09	1.28	0.56
		2/3	5.91	0.09	1.86	0.69	0.53	ND	11.57	1.15	ND
		1/2	5.90	0.09	2.38	0.48	0.23	0.43	7.65	1.44	0.30
		1/3	6.05	0.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2주차	100	5.70	0.13	3.84	0.43	0.45	1.45	6.23	0.90	ND
		2/3	5.87	0.10	2.82	0.96	0.66	0.91	13.39	1.22	ND
		1/2	5.88	0.09	4.23	0.53	0.27	ND	9.13	2.01	ND
		1/3	6.05	0.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3주차	100	5.74	0.14	1.36	0.17	0.25	1.50	6.15	1.17	ND
		2/3	6.03	0.09	2.27	0.63	0.52	0.35	11.56	1.31	ND
		1/2	5.83	0.09	3.42	0.49	0.23	ND	9.14	1.93	ND
		1/3	6.04	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4주차	100	5.75	0.18	5.22	0.42	0.34	1.35	11.42	1.52	0.52
		2/3	6.05	0.09	2.27	0.65	0.52	ND	11.09	1.18	ND
		1/2	5.76	0.07	1.02	0.28	ND	ND	5.64	1.40	ND
		1/3	6.03	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
0.34	1주차	100	5.86	0.15	4.42	1.36	0.53	2.58	13.97	1.89	ND
		2/3	6.05	0.10	3.57	0.42	0.70	0.65	12.96	1.36	ND
		1/2	5.96	0.10	1.44	0.69	0.24	ND	8.28	0.70	ND
		1/3	6.16	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2주차	100	5.96	0.14	5.51	0.79	0.34	1.13	13.04	1.72	0.66
		2/3	6.08	0.10	2.41	0.29	0.60	0.41	13.14	1.29	ND
		1/2	5.96	0.09	0.54	0.44	0.18	ND	5.97	0.63	ND
		1/3	6.09	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3주차	100	5.89	0.15	7.64	0.97	0.44	1.82	15.49	2.73	0.58
		2/3	6.07	0.10	2.80	0.21	0.64	0.36	14.19	1.66	ND
		1/2	6.01	0.08	0.18	0.23	ND	ND	3.79	0.39	ND
		1/3	5.98	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4주차	100	5.76	0.16	13.01	2.29	0.93	3.72	23.61	4.05	0.90
		2/3	6.08	0.09	0.41	0.22	0.51	1.08	12.70	1.36	ND
		1/2	6.15	0.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.78
		1/3	5.95	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

고체배지의 오рын 양분소모량은 인산염과 MS배지농도에서 pH, EC의 차이는 없었으며, NO³⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺는 배양기간에 따라 감소하였으며, 1/3MS배지는 1주차부터 양분이 검출되지 않았다.

(시험 5) 품종별 적정 액체배지 선발 및 요소질 구멍(2023)

풍농을 각각 1/2, 1MS배지 및 인산염 처리하여 생장을 비교할 결과(표 16, 그림 4) 1/2MS 배지에 치상한 풍농품종은 지상부와 지하부의 생육이 부진하였다. 경경은 배양 1주에서는 거의 생장을 하지 않았으나 배양 2주에는 0.88~0.96mm/주로 자랐으며 3주부터는 거의 생육 변화가 없었다. 엽수, 생체중, 발근수는 거의 비슷하였으나, 초장은 0.17g 인산염 추가일 때 91.87mm/주가 가장 길었으며, 뿌리길이는 83.55mm/주로 나타났다.

표 16. 배지조성 및 인산염 처리에 따른 성장량 변화(풍농)

MS 배지 (%)	인산염 (g/L)	기간 (1주)	지상부				지하부	
			초장 (mm/주)	경경 (mm/주)	엽수 (개/주)	생체중 (mg/주)	발근수 (개/20주)	뿌리길이 (mm/20주)
100	무처리	1	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	12.11	0.88	4.39	0.01	0.48	0.98
		3	29.37	1.07	8.59	0.09	5.50	12.16
		4	94.36	0.93	10.34	0.37	16.33	58.55
	0.17	1	2.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
		2	9.89	0.91	3.95	0.01	0.51	0.77
		3	25.46	0.91	9.71	0.07	7.28	13.53
		4	75.92	0.94	10.34	0.33	18.50	83.55
	0.34	1	0.27	0.00	0.00	0.00	0.05	0.20
		2	11.26	0.96	4.10	0.01	0.44	0.92
		3	25.26	0.91	7.89	0.07	5.19	12.30
		4	75.92	0.94	8.80	0.33	19.38	76.40
50	무처리	1	1.61	0.00	0.00	0.00	0.14	0.37
		2	7.47	0.82	3.01	0.01	1.00	1.57
		3	13.46	0.95	4.62	0.05	3.00	3.75
		4	37.63	0.95	9.38	0.07	6.18	13.00
	0.17	1	1.45	0.00	0.00	0.00	0.08	0.55
		2	9.83	0.78	3.76	0.01	0.75	1.36
		3	30.50	0.99	7.84	0.05	7.28	20.32
		4	56.54	1.03	9.61	0.13	8.49	19.44
	0.34	1	1.66	0.00	0.00	0.00	0.05	0.16
		2	8.30	0.82	2.93	0.01	0.39	0.69
		3	23.40	0.97	6.85	0.16	6.79	18.48
		4	52.48	0.95	7.45	0.31	15.33	32.60

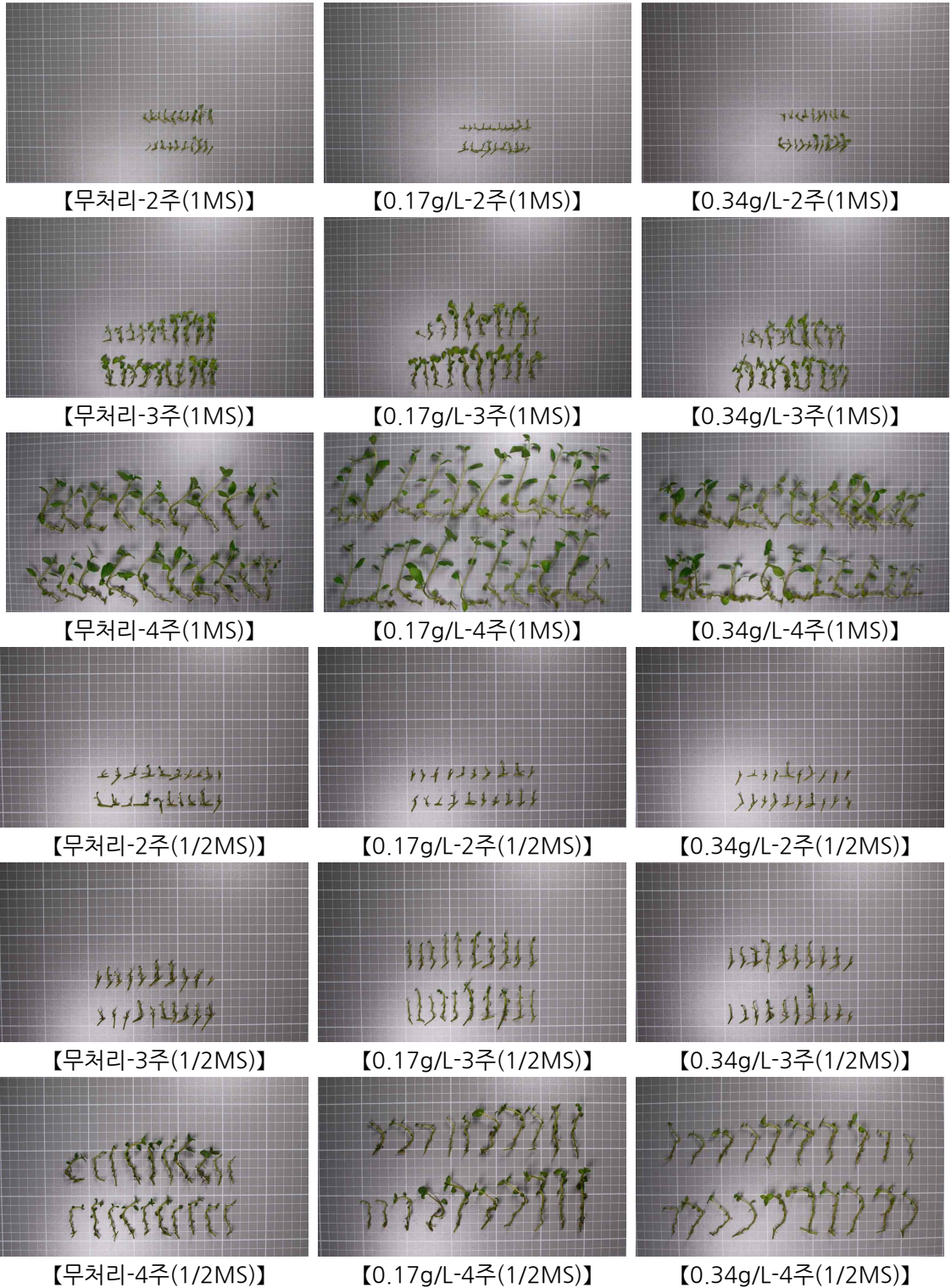


그림 4. 배양기간별 풍농 생육상태

자황의 경경은 배양 2주는 1.24 ~ 1.50mm/주로 풍농보다 0.5mm정도 굵게 자랐지만, 3주 후에는 변화가 거의 없었으며, 인산염 0.17g을 추가하였을 때 초장이 95.83mm, 뿌리길이가 189.47mm로 가장 왕성한 생육을 보였다. 또한 자황의 경우 인산염 0.17, 0.34g일 때 초장의 길이가 각각 53.54, 54.85mm/주로 조직배양묘 묘소질이 걱정하였으나 발근수가 각각 9.40, 6.70개/주로 적정 묘소질에 적당하지 않았다.(표 17, 그림 5)

표 17. 배지조성 및 인산염 처리에 따른 생장량 변화(자황)

MS 배지 (%)	인산염 (g/L)	기간 (1주)	지상부				지하부	
			초장 (mm/주)	경경 (mm/주)	엽수 (개/주)	생체중 (mg/주)	발근수 (개/주)	뿌리길이 (mm/주)
100	무처리	1	3.65	0.00	0.00	0.00	0.08	0.46
		2	16.06	1.38	5.42	0.07	1.29	6.02
		3	51.16	1.38	8.51	0.39	8.70	50.34
		4	92.91	1.41	11.41	0.60	18.18	114.72
	0.17	1	3.26	0.00	0.00	0.00	0.07	0.98
		2	18.37	1.39	5.06	0.06	0.56	6.10
		3	54.18	1.49	9.48	0.41	9.40	86.58
		4	95.83	1.49	11.39	0.63	13.60	189.47
	0.34	1	3.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	17.94	1.50	5.24	0.08	1.25	4.11
		3	54.85	1.39	9.08	0.40	6.70	47.94
		4	84.83	1.49	11.06	0.66	12.41	112.43

표 18. 배지조성 및 인산염 처리에 따른 생장량 변화(자미)

MS 배지 (%)	인산염 (g/L)	기간 (1주)	지상부				지하부	
			초장 (mm/주)	경경 (mm/주)	엽수 (개/주)	생체중 (mg/주)	발근수 (개/주)	뿌리길이 (mm/주)
100	무처리	1	3.31	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
		2	13.15	1.56	3.60	0.03	3.40	7.93
		3	30.61	1.30	9.61	0.10	7.81	9.07
		4	71.12	1.57	10.51	0.53	13.23	374.88
	0.17	1	7.78	1.00	2.95	0.01	0.01	0.08
		2	23.46	1.49	6.39	0.17	8.30	67.88
		3	55.22	1.76	10.05	0.48	15.81	332.31
		4	96.64	1.84	11.80	0.79	14.35	607.08
	0.34	1	9.43	1.00	2.69	0.01	0.10	0.10
		2	29.84	1.44	6.94	0.26	11.29	98.21
		3	72.38	1.70	10.14	0.49	15.18	352.81
		4	92.84	1.59	11.08	0.72	12.99	463.55

자미의 경경은 1주에는 형성되지 않으나 2주에 경경형성이 완성되어 3주에는 거의 변화가 없었으나, 초기 생육이 왕성하며 0.17, 0.34g 인산염 추가 시 배양기간 3주만에 초장은 각각 55.22, 72.38mm/주, 발근수는 15.81, 15.18개/주 이었다. 이처럼 자미는 다른 품종에 비해 배양기간이 4주에서 3주로 단축하는 것이 적당하며 0.34g보다는 0.17g일 때 줄기의 지름(경경) 및 생체중 등 더 좋은 경향을 보였다.(표 18, 그림 6)

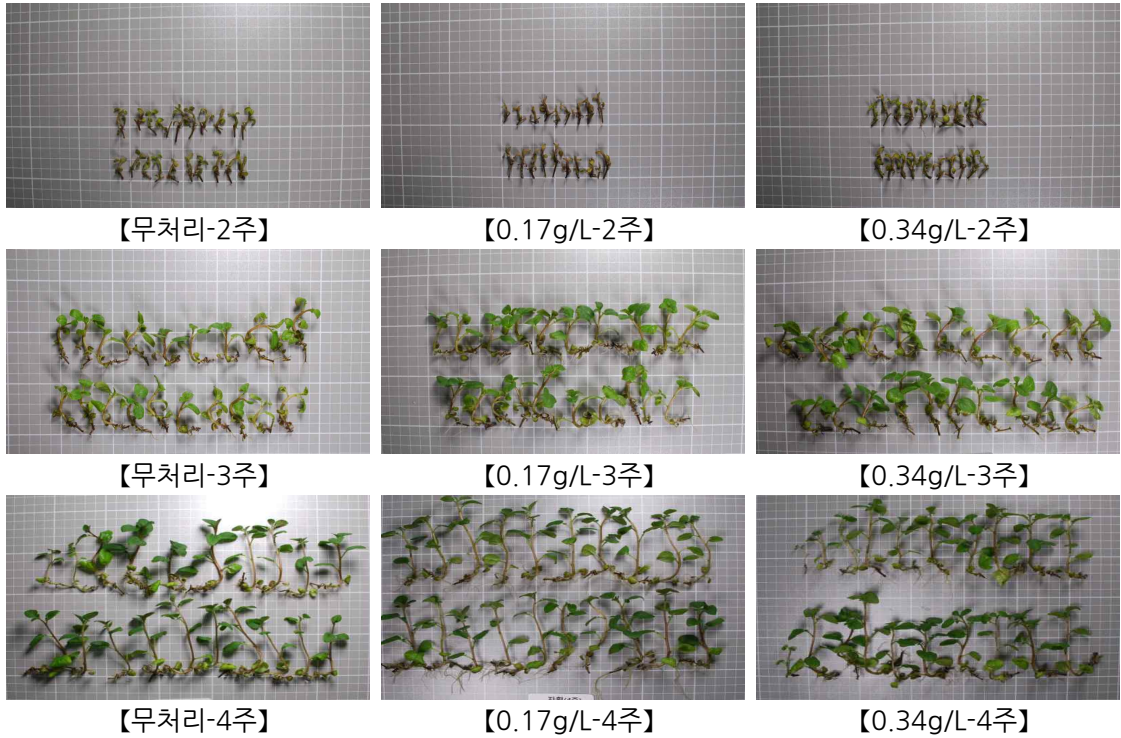


그림 5. 배양기간별 자황(1MS배지) 생육상태

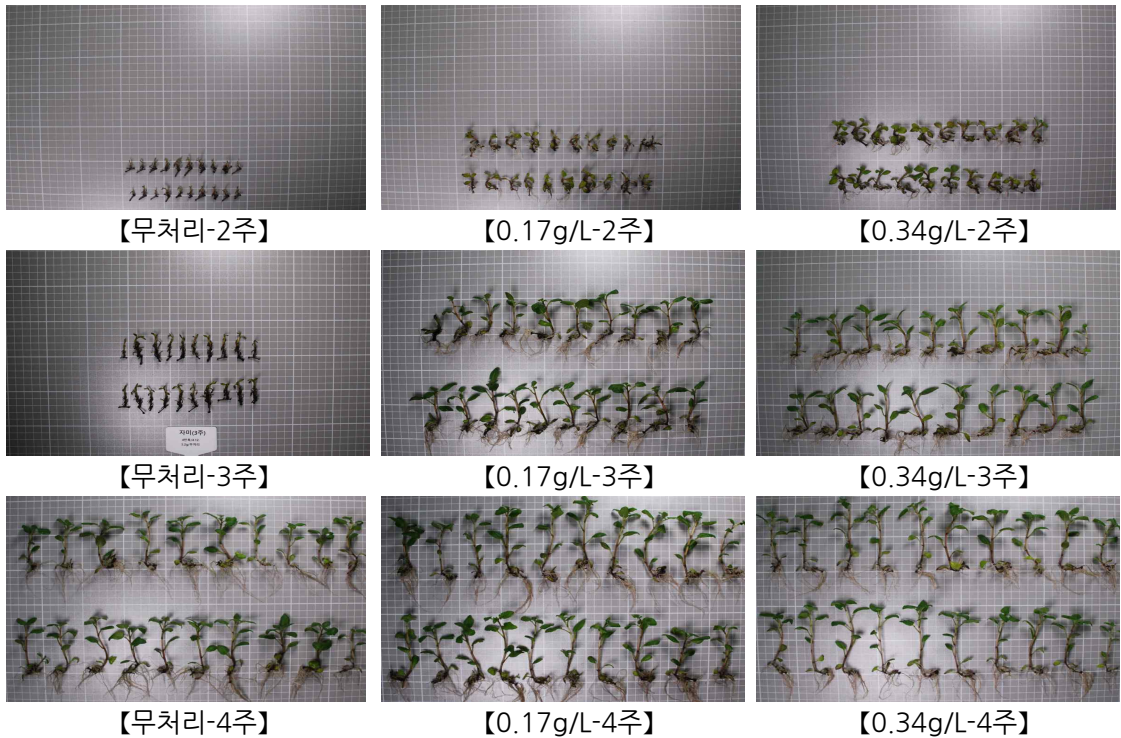


그림 6. 배양기간별 자황(1MS배지) 생육상태

배양기간에 따른 풍농 양분소모량을 보면(표 19) 인삼염과 MS배지 농도에 따라 pH 변화가 없으며, EC는 100% MS배지가 50% MS배지의 2배이며, NO³⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, NH⁴⁺, K⁺은 배양기간에 따라 감소하나 양이온인 Ca²⁺, Mg²⁺는 양분소모량의 변화가 없었다.

표 19. 배양기간에 따른 배지내 양분소모량 변화(풍농)

MS 배지 (%)	인삼염 (g/L)	기간 (주)	양분 소모량 (ml)	pH	EC (dS/m)	음이온			양이온				
						NO ³⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	NH ⁴⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
						(mg/L)							
100	무처리	1	9.2	4.5	7.1	732.3	33.3	53.3	373.1	1010.9	138.7	41.1	
		2	10.7	4.8	7.0	715.9	30.1	52.5	359.8	1062.1	136.6	40.5	
		3	16.2	4.9	6.9	692.1	18.7	46.1	331.4	964.0	141.7	39.8	
		4	23.7	4.5	5.3	504.2	0.7	25.1	213.5	751.7	130.6	37.9	
	0.17	1	8.0	4.3	7.1	719.4	58.2	56.8	364.1	1027.5	145.7	43.5	
		2	10.7	4.5	7.2	723.2	56.0	56.8	357.9	1057.6	145.1	42.9	
		3	16.2	4.7	6.3	510.9	0.7	25.0	268.8	915.9	136.5	37.8	
		4	23.7	4.3	5.1	519.7	4.12	26.1	195.1	904.8	161.1	45.2	
	0.34	1	8.2	4.3	7.4	727.8	55.9	57.0	378.4	1026.3	138.7	41.3	
		2	10.7	4.5	7.3	588.3	23.4	39.3	380.7	1051.2	141.3	41.0	
		3	16.0	4.6	7.0	467.7	ND	23.5	348.6	1027.7	140.5	41.0	
		4	22.5	4.4	5.5	553.1	35.3	20.7	231.1	955.0	160.9	41.5	
	50	무처리	1	7.2	4.0	3.7	337.6	15.8	25.2	165.0	516.4	74.3	23.3
			2	9.5	4.0	3.7	332.0	13.3	24.9	150.5	567.1	74.7	21.6
			3	11.2	4.0	3.6	314.1	8.7	24.0	135.5	616.7	76.5	21.5
			4	16.7	4.2	3.2	246.1	2.9	19.3	102.4	526.9	74.6	20.2
0.17		1	7.7	4.3	4.2	372.2	59.0	28.7	172.0	662.9	83.4	24.8	
		2	9.5	4.5	4.1	358.0	55.1	28.4	165.7	639.6	82.8	24.0	
		3	11.5	4.7	3.8	327.2	47.3	26.1	147.1	616.7	81.2	23.2	
		4	17.7	4.5	3.3	254.0	27.6	17.9	87.3	549.3	79.4	21.2	
0.34		1	8.7	4.2	4.0	357.1	102.5	28.5	223.7	721.6	108.4	38.3	
		2	11.5	4.4	4.0	347.1	99.2	29.0	216.6	689.3	110.1	35.4	
		3	11.5	4.6	3.8	326.7	91.9	27.8	204.5	680.4	108.2	33.5	
		4	17.0	4.5	3.2	279.0	76.8	23.1	172.0	654.6	107.0	32.7	

자황의 경우(표 20) 양분소모량은 0.34g/L이 가장 높았으며 pH, EC, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺는 배양기간에 따라 감소 경향을 보이거나 Mg²⁺는 양분소모량의 변화가 없었다. 대체로 PO₄³⁻, SO₄²⁻은 배양후 4주후에 검출량이 적거나 검출되지 않았다.

표 20. 배양기간에 따른 배지내 양분소모량 변화(자황)

MS 배지 (%)	인산염 (g/L)	기간 (주)	양분 소모량 (ml)	pH	EC (dS/m)	음이온			양이온			
						NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
100	무처리	1	7.5	5.5	7.0	701.9	37.0	60.4	408.2	1029.5	201.8	67.4
		2	11.5	5.4	6.6	609.0	24.3	50.2	360.0	975.1	196.7	64.0
		3	23.5	4.8	4.7	410.2	0.7	25.6	198.2	832.3	177.8	53.4
		4	29.5	4.5	3.6	254.1	ND	12.1	69.8	600.5	156.3	45.3
	0.17	1	12.0	5.6	7.3	686.7	55.5	58.5	379.0	1007.9	183.9	60.8
		2	15.5	5.4	6.9	643.8	44.9	53.6	370.9	1061.2	200.6	66.4
		3	29.2	4.7	5.0	406.3	6.5	28.0	191.2	828.0	179.5	53.9
		4	36.0	4.5	3.6	228.7	0.2	8.1	57.6	672.9	166.2	47.1
	0.34	1	6.2	5.6	7.5	721.1	77.4	59.2	356.1	1056.8	145.1	45.5
		2	15.7	5.5	7.0	414.0	35.0	31.0	308.0	1041.1	145.3	41.9
		3	28.2	4.8	5.4	452.0	19.1	30.0	166.7	793.0	131.5	37.1
		4	37.0	4.6	3.5	224.1	ND	9.5	ND	536.6	117.7	29.3

자미는(표 21) 다른 품종에 비해 양분소모량이 많았으며 그중에 인산염 0.17g/L이 42.0ml로 가장 많았으며 pH는 인산염 처리에 따라 다른 경향을 보였다. EC의 농도는 인산염 0.17g/L 처리시 1주(7.1dS/m), 2주(6.2), 3주(4.3), 4주(2.9)로 다른 품종에 비해 감소폭이 컸으며, NO₃⁻ 등 음이온, NH₄⁺ 등의 양이온 변화가 컸으며, PO₄³⁻는 배양 후 3~4주후에 검출되지 않았다.

표 21. 배양기간에 따른 배지내 양분소모량 변화(자미)

MS 배지 (%)	인산염 (g/L)	기간 (주)	양분 소모량 (ml)	pH	EC (dS/m)	음이온			양이온			
						NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
100	무처리	1	14.5	4.2	7.6	757.8	34.4	60.1	369.5	1058.8	155.7	46.2
		2	16.5	4.3	7.4	705.8	25.7	56.4	347.7	1006.8	155.6	37.3
		3	19.2	4.2	7.0	633.1	15.8	49.3	303.1	954.6	151.2	42.5
		4	35.7	4.9	4.6	384.8	ND	21.2	150.7	707.0	88.6	21.8
	0.17	1	8.5	5.8	7.1	639.0	38.2	45.1	345.6	753.4	115.4	33.2
		2	16.2	5.0	6.2	507.8	23.1	35.5	294.4	707.0	104.2	30.3
		3	29.5	5.1	4.3	248.7	ND	5.9	124.7	402.4	60.5	14.3
		4	42.0	5.1	2.9	143.1	ND	0.2	73.0	255.2	49.7	11.0
	0.34	1	8.5	5.8	7.0	252.7	24.0	19.6	218.1	683.7	94.2	27.2
		2	19.0	5.0	5.5	301.7	22.5	21.3	156.3	604.5	80.9	21.3
		3	27.0	5.1	4.5	278.5	2.2	12.5	96.3	561.9	78.0	19.3
		4	34.0	5.2	4.0	363.5	ND	7.21	21.7	654.1	98.8	21.7

〈제1세부과제 : 고효율 조직배양묘 생산기술 개발〉

(시험 1) 액체 진탕 배양기간에 따른 품종별 양분 소모량 분석(2021)

- 가. 액체 진탕배양에서 배양기간에 따른 pH 변화는 오륜, 풍농 모두 배양 1주 이후부터 각각 5.23, 4.06으로 약산성화 되었음
- 나. EC는 오륜의 경우 배양 1주차 7.3ds/m에서 배양 4주차에는 3.5ds/m 낮아졌으며, 풍농은 1주차 6.9ds/m에서 배양 4주차에는 4.1ds/m로 낮아졌음. 일반적인 감자 조직배양 기간은 3주 정도로 향후 조직배양 배지내 전체 이온 함량을 낮추어서 배양시험 할 필요가 있음.
- 다. 배양 후기까지 NO_3^- 이온, K^+ 이온, Ca^{2+} 이온 성분은 높은 농도를 유지하였고, Mg^{2+} 이온의 전체 농도는 100mg/L 이하이지만 배양 종료 후에도 초기 농도의 67%(오륜), 81%(풍농)를 유지하여 양분 소모량이 많지 않았음.
- 라. 5대 원소 중 인산 이온은 2주 후부터 급격하게 감소하여 4주차에는 검출되지 않아 공급량 증강이 필요할 것으로 생각됨.
- 마. SO_4^{2-} 이온도 배양 4주 후 1주차 대비 34%(오륜), 40%(풍농)로 줄었음.
- 바. 지상부 성장량은 오륜 품종이 풍농 품종에 비해 1.6배 많았으며, 성장량 변화를 보면 오륜 품종은 2주 후 급격히 성장하다 3주 이후에는 성장이 둔화되었으나, 풍농 품종은 2주 후부터 4주까지 지속적인 성장하였음.

(시험 2) 고체 배양기간에 따른 품종별 양분 소모량 분석(2021)

- 가. 고체 배지에서 배양기간에 따른 양분 소모량 패턴은 액체 진탕 배양과 유사한 패턴을 보였으나 액체 배양보다 소모량은 적었음.
- 나. 고체 배양에서도 인산 이온 소모량은 많아서 오륜 품종은 배양 4주차에 인산 이용 농도가 19mg/L, 풍농 품종은 고갈이 되어 검출되지 않았음.
- 다. 칼슘이온의 농도는 액체 진탕 배양에 비해 오륜 품종은 46%, 풍농 품종에서는 52%로 낮게 검출되어 고체 배지의 agar에 의한 영향으로 판단됨.
- 라. 고체 배양과 액체 진탕 배양에서의 풍농 품종은 고체 배양과 액체 진탕 배양의 성장량이 비슷하였지만, 오륜 품종은 액체 진탕 배양이 고체 배양에 비해 1.9배 성장량이 많아 배양 효율이 우수하였음.

(시험 3) 고체 배지내 Sucrose 양에 따른 성장량 비교(2021)

- 가. sucrose 농도에 따른 성장량 비교 시험에서 오륜품종은 sucrose 농도 1.5%에서 초장은 8.3cm, 엽수 8.3개로 가장 우수하였고, 풍농 품종도 sucrose 농도 1.5%에서 초장 8.8cm, 엽수 8.8개로 가장 우수하였음.
- 나. 양분 소모량 분석에서는 오륜 품종은 sucrose 농도 4.5%에서, 풍농 품종은 sucrose 농도 6.0%에서 가장 많았음.
- 다. 인산 이온 함량은 대부분 처리에서 검출되지 않아 향후 인산 함량을 증가시켜서 배양 시험을 수행 할 필요가 있음.

(시험 4) 고효율 액체진탕 및 고체 배양 배지 조성액 개발(2022)

- 가. 액체배지에서의 오륜 생육 변화는 인산염 0.34g/L를 공급하였을 때 생육이 우수하였으며

- 지상부 생체중은 1주(0.71g/30주), 2주(3.28), 3주(6.37), 4주(9.46)로 100MS 배지가 가장 우수했으며, 지하부 생체중은 1주(0g/주), 2주(0.03), 3주(1.20), 4주(2.58)로 1/3MS 배지에서 생육이 우수하였으나 100MS배지에서 좋은 경향을 보였음
- 나. 고체배지에서도 0.34g/L를 추가하였을 때 우수하였으며, 지상부는 1주(0.96g/30주), 2주(1.21), 3주(2.14), 4주(3.46)이고, 지하부는 1주(0g/주), 2주(0.47), 3주(0.97), 4주(1.22)로 모두 1/2MS 배지로 조성하였을 때 우수함
- 다. 오륜의 4주차 생육상황에서 액체배지에 인산염 0.17g/L과 0.34g/L 처리 차이는 거의 없었으며 2/3MS배지 처리가 가장 우수하므로 인산염은 0.17g/L, MS는 2/3 처리가 가장 좋았음. 고체배지에서는 인산염과 MS처리마다 다른 경향을 보이는데 인산염 0.34g/L, 2/3MS배지가 초장이 5.0cm, 엽수 6.2개, 발근개체 29개로 가장 우수함.
- 라. 액체배지에서 풍농의 생육은 인산염을 0.17g/L을 넣었을 때 우수하였으며 지상부 생체중은 6.54g/30주로 1/2MS일 때 지하부 생체중은 0.10g/주로 100MS배지에서 생육이 우수함. 고체배지에서는 인산염을 0.34g/L, MS배지를 1/2배 주었을 때 지상부 생체중은 2.52g/30주, 지하부 생체중은 0.01g/주, 발근개체는 29.3개로 가장 우수함.
- 마. 액체와 고체배지의 생육을 비교한 결과 액체에 치상한 풍농의 조직배양묘의 생육이 왕성함. 액체배지에서는 인산염 0.17g/L과 2/3MS 배지 처리시 초장이 10.5cm, 엽수 7.3개, 발근개체 30개로 생육이 가장 우수함
- 바. 액체배지에서 배양기간에 따라 오륜의 양분소모량을 비교한 결과 pH농도는 인산염 변화에는 차이가 없으나 MS배지 농도는 100MS배지일 때 높은 경향이 있었음. EC는 100MS에서 2~3배 정도 높았으며 NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 는 MS배지와 인산염에 관계없이 배양기간에 따라 낮아지며 그중에서 1/2MS배지에서는 PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ 는 검출되지 않았음.
- 사. 고체배지의 오륜 양분소모량은 인산염과 MS배지농도에서 pH, EC의 차이는 없었으며, NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 는 배양기간에 따라 감소하는 경향을 보였음

(시험 5) 품종별 적정 액체배지 선발 및 묘소질 구명(2023)

- 가. 1/2, 1MS배지 및 인산염 처리하여 생장을 비교할 결과 1/2MS배지에 치상한 풍농품종은 지상부와 지하부의 생육이 부진함. 경경은 배양 1주에서는 거의 생장을 하지 않았으나 배양 2주에는 0.88~0.96mm/주로 자랐으며 3주부터는 거의 생육 변화가 없었으며, 엽수, 생체중, 발근수는 거의 비슷하였으나, 초장은 무처리 94.36mm/주가 가장 길었으며, 뿌리길이는 인산염 0.17g일 때 83.55mm/20주로 가장 길었음.
- 나. 풍농 묘소질에 가장 좋은 조건은 1MS배지에 인산염 0.17g를 추가한 배지임
- 다. 자황의 경경은 배양 1주 거의 생장을 하지 않았으나 배양 2주는 1.44 ~ 1.56mm/주로 풍농보다 0.5mm정도 굵게 자랐으며 3주 후에는 변화가 거의 없음. 자황은 인산염 0.17g를 추가하였을 때 초장이 95.83mm, 뿌리길이가 189.47mm로 가장 왕성한 생육을 보임
- 라. 자미 경경은 1주에는 형성되지 않으나 2주에 경경형성이 완성되어 3주에는 거의 변화가 없었으며 조직배양묘는 배지에 치상한 후 4주에 순화하지만 자미는 초기의 생육이 왕성

- 하여 배양기간을 4주에서 3주로 단축이 가능함
- 마. 자미는 인산염을 추가하였을 때 지상부와 지하부의 생육이 좋으며, 0.17g의 인산염을 추가하였을 때 더 생육이 좋음
- 바. 배양기간에 따른 풍농 양분소모량을 보면 인산염과 MS배지 농도에 따라 pH 변화가 없으며, EC는 100% MS배지가 50% MS배지의 2배이며, NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K^+ 은 배양기간에 따라 감소하나 양이온인 Ca^{2+} , Mg^{2+} 는 양분소모량의 변화가 없었음
- 사. 자황의 경우 양분소모량은 0.34g/L이 가장 높았으며 pH, EC, NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} 는 배양기간에 따라 감소 경향을 보이거나 Mg^{2+} 는 양분소모량의 변화가 없었다. 대체로 PO_4^{3-} , SO_4^{2-} 은 배양후 4주후에 검출량이 적거나 검출되지 않았음
- 아. 자미는 다른 품종에 비해 양분소모량이 많았으며 그중에 인산염 0.17g/L이 42.0ml로 가장 많았으며 pH는 인산염 처리에 따라 다른 경향을 보였음. EC의 농도는 인산염 0.17g/L 처리시 1주(7.1dS/m), 2주(6.2), 3주(4.3), 4주(2.9)로 다른 품종에 비해 감소폭이 컸으며, NO_3^- 등 음이온, NH_4^+ 등의 양이온 변화가 컸으며, PO_4^{3-} 는 배양 후 3~4주 후에 검출되지 않았음

5 인용문헌

김경호, 조지훈, 권도하, 고윤자, 김승호. 2020. 농업기술길잡이 31. 감자. 농촌진흥청

고선아, 최기영, 이용범. 2014. Microponic system에서 배양액의 농도변화가 감자 식물체 생육에 미치는 영향. 144-147, Protected Horticulture and Plant Factory

김재훈, 최은경, 김정국. 2009. 액체배지를 이용한 조직배양 감자줄기의 대량증식. vol 36, No 1. 1~6. 식물생명공학회지 제36권 제1호

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2021(1년)	기초자료	Sucrose농도 조정으로 인한 비용 절감(30g/L → 15)
2022(2년)	기초자료	인산염 양분 추가 공급 시 조직배양묘 생육 우수
2023(3년)	기초자료	자미 배양기간 단축(4주 → 3)

성과지표	연도		1년차 (2021)		2년차 (2022)		3년차 (2023)		계	
	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
기초자료	-	1	-	1	-	1	-	1	-	3
계	-	1	-	1	-	1	-	1	-	3

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'21	'22	'23
과제책임자	감자연구소	농업연구사	최강준	과제 총괄	○		
	감자연구소	"	조운상	"		○	
	감자연구소	"	박아름	"			○
세부책임자	감자연구소	농업연구사	최강준	세부주관 수행	○		
	감자연구소	"	조운상	"		○	
	감자연구소	"	최 욱	"			○
공동연구자	감자연구소	농업연구사	송윤호	시험수행 및 평가	○	○	○
	감자연구소	"	맹진희	품질조사 지원	○		
	감자연구소	"	박아름	품질조사 지원	○	○	○
	감자연구소	"	원헌섭	시험수행 및 평가			○
	감자연구소	"	한규석	시험수행 및 평가	○	○	
	감자연구소	운전주사보	전성찬	현장조사 지원	○	○	○
	감자연구소	공업서기	남경남	현장조사 지원	○	○	○
	감자연구소	농업연구관	하건수	평가분석 지원	○	○	
감자연구소	농업연구관	박기진	평가분석 지원		○	○	