

Effects for Growth and Chlorophyll in Old-barley and New-barley Seed exposed by X-ray

Sang-Bok Jeong¹, Sun-Cheol Jeong², Mo-Kwon Lee³, Yun-Ho Choi⁴, Kang-Un Byun⁴, Su-Ah Yu⁴, Sang-Eun Han⁴, Jun-Beom Heo⁴, Wan-Sik Shin⁵, Won-Jeong Lee^{4,*}

¹DS Dunsan Nursing Academy

²Department of Medical Non-commissioned, Daejeon Health Institute of Technology

³Department of Environmental Safety & Health, Daejeon Health Institute of Technology

⁴Department of Radiological Technology, Daejeon Health Institute of Technology

⁵Department of Radiology, Baekse convalescent hospital

Received: December 26, 2022. Revised: February 08, 2023. Accepted: February 28, 2023.

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare of growth and chlorophyll between old-barley seed (OBS, 2019) and New-barley seed (NBS, 2020) exposed by X-ray. After germination the OBS and NBS, experimental group was exposed by 30 Gy X-ray using linear accelerator (Clinac IS, VERIAN, USA), by 6 MV X-ray, SSD 100 cm, 18 x 10 cm², 600 MU/min. Length was measured every day until 9th day, and chlorophyll was analyzed using spectrophotometer(uv-1800, shimadzu, japan) after measuring weight in 9th day. Data analysis was performed the Independent T-test using SPSS ver 26.0(Chicago, IL, USA). NBS grow more faster than OBS in control group, but OBS grow more faster than NBS in experimental group. Length of control group was longer significantly every day than that of experimental group in OBS. NBS weighted more than OBS in control group, but OBS weighted more than NBS in experimental group. In comparing chlorophyll density, NBS high more than OBS in control group as well as experimental group. Growth and weight of OBS was effected more those than NBS by X-ray, but NBS in chlorophyll by X-ray. It is expected to be used as basic data for future X-ray research in barley seed.

Keywords: X-ray, Barley Seed, Chlorophyll, Growth

I. INTRODUCTION

방사선은 지구가 생성될 때부터 존재하였고, 깊은 바다에서 생명체가 출현된 후 우주에서 날아드는 방사선이 오존층에서 차단이 이루어지면서 생명체가 육상으로 올라오게 되었다. 오래전부터 지금까지 방사선은 생명체와 공존하면서 인류의 진화에 영향을 미친 것으로 일부 학자들은 지지하고 있다^[1].

자연에만 존재하던 방사선이 켈트겐박사에 의해 1895년 X-선이 발견된 이래 인공방사선은 의학 및

산업, 원자력, 공업, 농업 등에서 널리 사용되어 왔다. 특히, 인간의 질병 진단 및 치료에 사용되면서 유용성이 증명되었고, 지속적인 기술 개발과 사회적인 변화로 인간을 대상으로 하는 의료기관 뿐만 아니라 동물병원에도 빠르게 확산 보급되고 있다^[2]. 하지만, 의학을 비롯한 다양한 산업 및 분야에서 유용하게 사용되고 있는 방사선이 살아있는 생명체에 조사되었을 때, 체내에서 물리화학적 과정, 화학적 과정, 생화학적 과정, 생물학적인 과정을 거치면서 유전자 등에 변이를 일으켜 돌연변이, 유전적 영향, 발암 등에 대한 유해성 연구가 동물 및 식

* Corresponding Author: Won-Jeong Lee

E-mail: wjlee@hit.ac.kr

Tel: +82-42-670-9175

물을 통해 많이 이루어져 왔다.

동물에 대상으로는 임신한 쥐에 고에너지 X-선을 노출시켰을 때 유도되는 눈, 발가락, 꼬리 기형 등 다양한 선천적인 기형에 대해 보고한 바 있고^[3], 흰쥐의 생식세포를 이용한 흰쥐 난포에서 저선량 방사선조사로 유도된 hormesis효과 연구^[4]가 있었다. 곤충을 대상으로는 고에너지 X-선을 장수풍뎅이 유충에 조사 후 성장 과정을 관찰하면서 발육과 생존에 미치는 영향^[5]과 감마선을 무당벌레에 조사했을 때 발육과 생존에 미치는 영향^[6] 등이 보고된 바 있다. 인구사회학적 구조 변화와 생명존중에 대한 중요성 등으로 동물에 대한 시각이 달라지면서 동물 연구윤리가 강화되었다. 비교적 연구윤리가 유연한 곤충과 식물을 이용한 연구에 관심이 커지고 있다.

동물보다 연구과정 및 연구윤리 측면에서 수월한 식물에 대한 연구가 관심이 증가되고 있고, 식물에서는 호박, 감자, 고구마, 배추 등에 대한 저선량 감마선을 이용한 연구가 이루어져 왔다^[7]. 저선량 감마선은고선량과는 다르게 생육 및 생리를 활성화시킴으로써 발아율과 수량증가 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히 보리는 성장속도가 빠르고 수정재배가 가능하여 실험 연구에 많이 사용되고 있다^[8,9].

방사선이 식물의 발아 및 수량에 미치는 영향, 방사선이 식물의 광합성에 미치는 영향, 식물의 성장에 온도 및 습도가 미치는 영향 등이 연구가 이루어져 왔지만^[10-13], 종자(씨앗)의 생산 나이도 발아와 성장에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되지만 아직까지 보고된 바 없다.

따라서, 본 연구에서는 보리의 생산년도에 따른 성장과 광합성 차이를 알아보고자 질병의 진단 및 치료에 가장 많이 이용하는 고에너지 X-선을 묵은 보리씨앗과 햇보리씨앗에 조사하여 연구를 수행하였다.

II. MATERIALS AND METHODS

1. 대상

발아와 생장이 빠르고 수정재배에 적합한 보리 종자(barley seed)를 실험 재료로 사용하였다. 묵은

보리(2019년)와 햇보리(2020년) 종자를 암실에서 24 시간 동안 물에 불려 발아 시킨 후 대조군과 실험군(30 Gy X-선을 조사)으로 나누었고, 군당 20립씩 사용하였다. 새싹재배기 바닥에 젖은 종이 타월(paper towel)을 펴 놓고 보리 종자를 각 군별로 분리하여 실온에서 Fig. 1-(a)과 같이 재배하였다. 1일에 2회 재배기에 물을 보충하고 환경적인 영향을 최소화하기 위해 동일 장소에서 재배하였다.

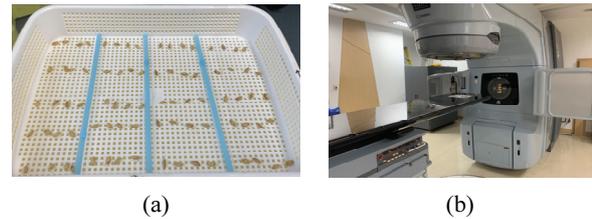


Fig. 1. (a) sprouted barley in control and experimental group, (b) X-ray exposing by linear accelerator (Clinac IS, VERIAN, USA)

2. X-선 조사

묵은보리와 햇보리 종자가 싹이 튼 것을 확인 후, 대조군을 제외한 실험군에 대해 방사선종양학과의 선형가속기(Clinac IS, VERIAN, USA, 2011)를 이용하여 X-선을 Fig. 1.(B)와 같이 조사하였다. 조사 조건은 6 MV X-ray, 조사거리(Source-surface distance) 100 cm, 조사면적(field size) 18 x 10 cm², 선량률(dose rate) 600 MU/min 에서 실시하였다.

3. 줄기길이 및 무게 측정

보리의 기간별 성장을 관찰하기 위하여 종자별로 X-선 조사 후 4일차부터 1일 간격으로 9일차까지 30 cm 자로 줄기의 길이(씨앗의 줄기가 시작된 부분부터 줄기 끝 까지 측정)를 동일한 연구자가 측정하여 평균을 구하였다^[9]. 무게는 클로로필 측정 전 9일째 되는 날 수분을 제거 후 군별로 저울을 이용하여 측정하였다.

4. 클로로필 a (Chlorophyll a) 측정

X-선이 보리 싹의 엽록소 형성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 분광광도법을 이용하여 클로로필 a 농도를 측정하였다^[9]. 새싹보리 내 클로로필 a 색소를 추출하기 위해 새싹보리 시료를 0.3 g 내외로

무게저울로 측정된 뒤 조직마쇄기(SC.J708, (주)대한과학, 한국)를 이용하여 분쇄하고 여기에 아세톤(9+1) 용액을 10 ml 첨가하였다. 시료의 추가적인 광합성 반응을 방지하고 안정적인 색소 추출을 위해 마개 있는 원심분리관에 넣고 밀봉 후 4°C의 암실에 24시간 동안 방치하였다. 24시간 이후 상등액 추출을 위해 500 g 의 원심력을 가한 원심분리기(Combi 508, 한일과학, 한국)에서 상등액을 층장 10 mm 의 흡수셀에 옮겨 663 nm, 645 nm, 630 nm 및 750 nm의 파장에서 UV-1800 (SHIMADZU CO.) 분광광도계를 이용(UV-1800, SHIMADZU, 일본)하여 측정하였다. 대조액으로는 아세톤(9+1) 용액을 이용하였다. Chlorophyll a 의 측정을 위한 흡광도의 계산은 Eq. (1)과 같다.

$$\text{Chlorophyll a}(mg/m^3) = \frac{(11.64X_1 - 2.16X_2 + 0.10X_3) \times V_1}{V_2} \quad (1)$$

- X1: OD663-OD750 OD: optical density(흡광도)
- X2: OD645-OD750 V1: 상등액의 양(mL)
- X3: OD630-OD750 V2: 여과한 시료의 양(L)

5. 통계분석

모든 데이터는 평균과 표준오차, 백분율(%)로 나타내었고, SPSS ver 26.0(Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계분석을 실시하였다. 대조군과 실험군에서 묵은보리와 햇보리 간에 줄기길이 비교와 묵은보리 씨앗과 햇보리 씨앗에서 대조군과 실험군 간에 줄기길이 비교는 독립표본 T-검정(Independent T-test)을 실

시하여 통계학적인 유의성을 검정하였다. 대조군과 실험군에서 묵은보리와 햇보리 간에 생존율 차이와 대조군과 실험군에서 묵은보리와 햇보리 간에 무게 차이, 대조군과 실험군에서 묵은보리와 햇보리 간에 클로로필 농도 비교는 데이터 성격 상 통계분석을 실시할 수 없었다.

III. RESULTS

1. 대조군과 실험군에서 묵은보리와 햇보리 간에 줄기길이 비교

X-선 조사 후 4일째부터 9일째 까지 줄기길이를 측정하여 대조군과 실험군에서 묵은보리와 햇보리 간에 줄기길이를 Table 1과 같이 비교하였다. 대조군에서는 묵은보리 보다 햇보리의 줄기길이가 모든 측정일차에서 통계적학적으로 유의하게 컸다 (p<0.01). 4일째에는 묵은 보리와 햇보리 간에 1.85 cm 차이를 보였고(7.27 vs. 9.12, p=0.004), 5일째 2.66 cm, 6일째 3.47 cm, 7일째 3.76 cm, 8일째 4.42 cm, 9일째에는 4.72 cm 차이(10.03 VS. 14.75, P<0.001)를 보였다.

실험군에서는 묵은보리가 햇보리 보다 모든 측정일차에서 통계적학적으로 유의하게 컸다(p<0.01). 4일째에는 묵은 보리와 햇보리 간에 3.46 cm 차이를 보였고(5.18 vs. 1.72, p<0.001), 5일째 3.92 cm, 6일째 4.32 cm, 7일째 4.97 cm, 8일째 4.78 cm, 9일째에는 4.68 cm 차이(7.45 VS. 2.77, P<0.001)를 보였다.

Table 1. Length comparison between OBS and NBS in post-seed germination group

Group	Duration after irradiation (day)										[unit: cm]		
	4		5		6		7		8		9		
	M(SE)	P	M(SE)	P	M(SE)	P	M(SE)	P	M(SE)	P	M(SE)	P	
CG	OBS	7.27 (0.31)	0.004	8.45 (0.37)	<0.001	9.24 (0.44)	<0.001	10.09 (0.48)	<0.001	10.30 (0.50)	<0.001	10.03 (0.74)	<0.001
	NBS	9.12 (0.52)		11.11 (0.53)		12.71 (0.60)		13.85 (0.63)		14.72 (0.59)		14.75 (0.63)	
EG	OBS	5.18 (0.51)	<0.001	5.92 (0.56)	<0.001	6.59 (0.62)	<0.001	7.49 (0.66)	<0.001	7.43 (0.66)	<0.001	7.45 (0.66)	<0.001
	NBS	1.72 (0.21)		2.00 (0.25)		2.27 (0.27)		2.52 (0.29)		2.65 (0.28)		2.77 (0.29)	

M = mean, SE = standard error, CG = control group, EG = experimental group, OBS = old-barley seed, 2019; NBS = New-barley seed, 2020. P = p-value. P-value was calculated by Independent T-test.

2. 목은보리 씨앗과 햇보리 씨앗에서 대조군과 실험군 간에 줄기길이 비교

X-선 조사 후 4일째 부터 9일째 까지 줄기길이를 측정하여 목은보리 씨앗과 햇보리 씨앗에서 대조군과 실험군 간에 줄기길이를 Table 2와 같이 비교하였다.

목은보리에서 대조군의 길이가 실험군 보다 모든 측정일차에서 통계학적으로 유의하게 컸다 ($p < 0.05$). 4일째에는 대조군과 실험군 간에 2.09 cm 차이를 보였고(7.27 vs. 5.18, $p = 0.007$), 5일째 2.53

cm, 6일째 2.65 cm, 7일째 2.60 cm, 8일째 2.87 cm, 9일째에는 2.58 cm 차이(10.03 VS. 7.45, $P = 0.042$)를 보였다.

햇보리에서도 대조군의 줄기길이가 실험군 보다 모든 측정일차에서 통계학적으로 유의하게 컸다 ($p < 0.001$). 4일째에는 대조군과 실험군 간에 7.4 cm 차이를 보였고(9.12 vs. 1.72, $p < 0.001$), 5일째 9.33 cm, 6일째 10.44 cm, 7일째 11.33 cm, 8일째 12.07 cm, 9일째에는 11.98 cm 차이(14.75 VS. 2.77, $P < 0.001$)를 보였다.

Table 2. Length comparison between Control group and Experimental group in OBS or NBS

Group	Duration after irradiation (day)										[unit: cm]		
	4		5		6		7		8		9		
	M(SE)	P	M(SE)	P	M(SE)	P	M(SE)	P	M(SE)	P	M(SE)	P	
OBS	CG	7.27 (0.31)	0.007	8.45 (0.37)	0.003	9.24 (0.44)	0.006	10.09 (0.48)	0.008	10.30 (0.50)	0.007	10.03 (0.74)	0.042
	EG	5.18 (0.51)		5.92 (0.56)		6.59 (0.62)		7.49 (0.66)		7.43 (0.66)		7.45 (0.66)	
NBS	CG	9.12 (0.52)	<0.001	11.33 (0.51)	<0.001	12.71 (0.60)	<0.001	13.85 (0.63)	<0.001	14.72 (0.59)	<0.001	14.75 (0.63)	<0.001
	EG	1.72 (0.21)		2.00 (0.25)		2.27 (0.27)		2.52 (0.29)		2.65 (0.28)		2.77 (0.29)	

M = mean, SE = standard error, CG = control group, EG = experimental group, OBS = old-barley seed, 2019; NBS = New-barley seed, 2020. P = p-value. P-value was calculated by Independent T-test.

3. 대조군과 실험군에서 목은보리와 햇보리 간에 무게 차이

X-선 조사 후 9일째 엽록소 측정 전에 무게를 측정하여 대조군과 실험군에서 목은보리와 햇보리 간에 무게를 측정하여 Table 3과 같이 비교하였다. 무게는 1개립씩 측정이 불가하여 생존한 보리를 한 꺼번에 군 별로 측정하였다. 대조군에서는 목은보리 보다 햇보리의 무게가 무거웠지만(2.16 g vs. 2.73 g), 실험군에서는 목은보리의 무게가 햇보리 무게 보다 높게 나타났다(1.54 g vs. 0.65 g).

Table 3. Comparison of total barley's weight between OBS and NBS

Group	OBS	NBS
Control group	2.16 g	2.73 g
Experimental group	1.54 g	0.65 g

OBS=old-barley seed, 2019; NBS=New-barley seed, 2020

4. 대조군과 실험군에서 목은보리와 햇보리 간에 클로로필 농도 비교

X-선 조사 후 9일째 대조군과 실험군에서 목은보리와 햇보리 간에 클로로필 농도를 측정하여 Table 4와 같이 비교하였다. 대조군에서 663 nm 파장에서는 햇보리가 목은보리 보다 높았지만(0.948 vs. 0.900), 645 nm 와 630 nm 에서는 목은보리가 높게 나타났다.

실험군에서도 663 nm 파장에서는 햇보리가 목은보리 보다 높았지만(1.225 vs. 1.100), 645 nm 와 630 nm 에서는 목은보리가 높게 나타났다. 클로로필 농도는 대조군에서는 목은보리 보다 햇보리가 높았고(0.232 vs. 0.247), 실험군에서도 목은보리 보다 햇보리가 높게 나타났다(0.288 vs. 0.322).

Table 4. Comparison of Chlorophyll between OBS and NBS

Wavelength (nm)	Control Group		Experimental group	
	OBS	NBS	OBS	NBS
663	0.900	0.948	1.100	1.225
645	0.250	0.205	0.205	0.195
630	0.225	0.195	0.200	0.195
750	0.002	0.002	0.005	0.005
Chlorophyll a (ppm)	0.232	0.247	0.288	0.322

OBS=old-barley seed, 2019; NBS=New-barley seed, 2020

5. 대조군과 실험군에서 묵은보리와 햇보리 간에 생존율 차이

X-선 조사 후 4일째부터 9일째 까지 대조군과 실험군에서 묵은보리와 햇보리 간에 생존율 차이를 비교하였다. 대조군에서는 묵은보리와 햇보리 모두 4일째부터 20립 모두 생존하였고, 9일째 까지 20립 모두 생존하여 100% 생존율을 보였다. 실험군의 묵은보리는 조사 4일째 1립만 생존하지 못하였고 19립이 생존하여 95%의 생존율을 보인 후 9일째까지 계속되었다. 실험군의 햇보리는 조사 4일째 3립이 생존하지 못하였고 17립이 생존하여 85%의 생존율을 보인 후 5일째 1립이 다시 생존한 후 9일째까지 90% 생존율을 보였다.

IV. DISCUSSION

X-선이 동식물에 미치는 영향은 오래전부터 다양한 종이나 개체를 통해 많은 연구가 이루어져왔지만, 연구결과에 영향을 미치는 많은 요인들을 변화시킨 연구는 지속적으로 수행되어오고 있다. 최근 저자들은 X-선을 보리에 노출 시킨 후 생장을 관찰하면서 선량이 높을수록 생장이 늦어지고 무게가 감소하는 것을 확인하였고, 엽록소의 크로로필 농도는 선량이 증가하면서 높아지는 의미 있는 결과를 보고한 바 있다^[9].

식물의 생장은 토양^[14] 및 빛, 온도, 습도, 인공조명 등 다양한 환경에 영향을 받는다^[10,11,13]. 식물의 생장에는 씨앗의 생산 년도나 보관 시 온도 및 습도 등이 발아와 생장에 미치는 것으로 알려져 왔지만, 파장이 짧은 빛의 일종인 X-선이 생산 년도가 다른 묵은보리 씨앗과 햇보리 씨앗 간에 생장에 미

치는 영향을 보고한 연구는 없다. 보리 종자를 물에 불렀다가 1~2주간 길렀을 때 어린순을 새싹보리라고 하는데 이 기간 동안에 영양소를 비롯한 다양한 성분들이 합성이 이루어지고, 생장이 빨라 실험을 할 때 기간 및 관찰이 용이하기 때문에 식물에 대한 연구는 새싹보리를 많이 사용하고 있다^[9-11,13]. 우리연구에서도 새싹보리를 물에 불려 싹을 틔운 후 X-선을 조사하여 9일 간 길이를 측정하여 생장을 관찰하였다.

Kim^[11]은 배양액과 인공광 처리가 수정재배 보리의 성장과 이화학적 특성에 미치는 영향에 대한 연구결과에서 광원의 종류에 따라 성장 속도와 무게가 차이가 남을 보고하였고, 보리의 생육단계별 온도 조건은 생장에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데^[13], 우리연구는 자연광이 일정하게 잘 드는 실내의 실온 상태에서 성장과정을 실험하였다.

X-선을 조사한 새싹보리 연구에서 선량이 높을수록 길이가 짧게 나타나 고선량 엑스선은 성장을 억제시키는 것으로 보고된 바 있고^[9], 30 Gy 조사군에서 9일차에 3.8 cm 나타나 우리연구결과의 2.8 cm와 큰 차이를 보이지 않았다. 또한, 우리연구의 X-선을 조사하지 않은 대조군에서는 햇보리가 묵은보리 보다 생장이 빨랐지만, X-선을 조사한 실험군에서는 묵은보리가 햇보리 보다 빠른 성장을 보임으로써 X-선이 햇보리의 성장을 느리게 하는 결과를 가져온 것으로 판단된다.

X-선은 새싹보리의 무게 감소에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있고^[9], 빛의 종류에 따라서도 새싹보리의 무게는 차이가 있었다^[10]. 우리연구의 대조군에서는 묵은보리 보다 햇보리의 무게가 무거웠지만, 실험군에서는 묵은보리의 무게가 햇보리 무게 보다 높은 결과를 보였는데, 이러한 결과는 X-선이 무게에도 영향을 미치는 것으로 짐작하지만 기전에 관해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한, 묵은보리와 햇보리 모두 대조군 보다 실험군의 무게가 가벼웠다.

Lee 등의 연구^[9]에서 대조군 보다 30 Gy를 조사한 실험군에서 조사 9일차에 길이를 측정한 결과 통계학적으로 유의하게 짧았다. 우리연구에서도 묵은보리와 햇보리 모두 대조군보다 30 Gy를 조사한

실험군의 길이가 유의하게 짧게 나타난 것은 X-선은 성장을 저해하는 요인으로 판단된다.

X-선이 새싹보리의 생존율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 한 우리 연구는 대조군에서는 묵은보리와 햇보리 모두 생존하여 생존율 차이가 없었지만, 실험군에서는 묵은보리의 생존율이 햇보리 생존율보다 높게 나타났다. 하지만, 이전에 연구한 결과가 없어 비교할 수 없었다.

녹색식물은 광합성을 통해 양분을 만든다. 즉, 엽록소가 흡수한 빛을 이용하여 공기 중에 있는 이산화탄소와 흙에서 끌어올린 물과 무기물을 결합하여 양분을 만든다. 이 과정에서 산소가 공기 중으로 방출되는데, 사람과 동물이 숨 쉬며 살기 위해서는 산소가 꼭 필요하다. 광합성은 잎의 세포에 있는 엽록체라고 하는 소기관에서 일어나며, 이 엽록체에 빛을 흡수하는 엽록소가 들어 있다. 빛 에너지가 물 분자를 수소와 산소로 분해하면, 여기에서 나온 수소가 이산화탄소의 탄소 분자와 결합하여 당을 만들고, 당은 식물에게 필요한 녹말, 지방, 단백질, 비타민 등 다른 물질을 만드는 데 이용된다. 클로로필(chlorophyll)은 광합성의 핵심 분자로 빛에너지를 흡수하는 안테나 역할을 하는 색소로 실험에 많이 이용되고 있다.

식물의 성장에는 온도 및 습도, 빛 등의 환경의 영향을 많이 받고, 특히 빛의 파장은 380 ~ 750 nm 범위에서 커다란 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다^[10]. 클로로필 함량은 470, 648, 664 nm 에서 흡광도를 측정하고 가시광선의 파장은 380 ~ 800 nm 이고, X-선의 파장은 0.01 ~ 10 nm 인 전자기파이다. 고선량 X-선을 이용한 선량에 따른 클로로필 농도 차이에 대한 연구^[9]에서 클로로필 농도는 대조군 보다 실험군에서 높게 나타났고, 선량이 높을수록 높게 나타남으로써 고선량 X-선은 광합성작용을 촉진시키는 것으로 나타났다.

우리 연구는 X-선 조사 후 9일째 대조군과 실험군에서 묵은보리와 햇보리 간에 클로로필 농도를 측정하여 비교한 결과에서 대조군 실험군 모두 묵은보리 보다 햇보리가 높은 결과를 보였다. 또한, 대조군 보다 30 Gy X-선을 조사한 실험군이 높게 나타남으로써 선행연구^[9]와 유사한 결과를 보였다.

본 연구는 대조군과 실험군 간에 무게 차이를 알아보기 위하여 클로로필 측정 전 9일째 되는 날 수분을 제거 후 무게를 측정하였지만, 개체별로 측정하기에는 너무 가벼워 군별로 측정함으로써 평균과 표준편차를 구할 수 없는 한계점을 갖고 있다.

V. CONCLUSION

식물에 대한 연구에서 새싹보리의 성장에 미치는 영향은 많이 보고되어 왔지만, X-선이 새싹보리에 미치는 영향과 묵은보리와 햇보리 간에 차이에 대한 연구결과는 보고된 바 없어 비교할 수 없었다. X-선은 햇보리 보다 묵은보리의 성장과 무게를 촉진시켰고, 클로로필 농도에는 햇보리에게 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 향후 X-선이 새싹보리에 미치는 영향에 대한 연구의 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

Acknowledgement

이 논문은 2022학년도 대전보건대학교 혁신지원사업 지원에 의한 논문임

References

- [1] https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7790/-Radiation_Effects_and_sources-2016Radiation_-_Effects_and_Sources_KR.pdg.pdf?sequence=29&isAllowed=y
- [2] W. J. Lee, S. M. Jo, "Survey for Diagnostic Radiography Examination in Veterinary Hospital", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 16, No. 2, pp. 177-184, 2008. <https://doi.org/10.7742/jksr.2022.16.2.177>
- [3] W. J. Lee, S. R. Han, O. Jeong, S. I. Kim, M. J. Cho, W. S. Kim, "Radiation-induced congenital anomalies in the rat fetuses", *Korean Journal of Physical Anthropology*, Vol. 14, No. 2, pp. 159-168, 2001. <https://doi.org/10.11637/kjpa.2001.14.2.159>
- [4] W. J. Lee, S. K. Son, M. A. Lee, Y. S. Yang, W. S. Kim, "Low-dose radiation-induced hormetic effect in the rat ovarian follicle", *Korean Journal of Physical Anthropology*, Vol. 20, No. 3, pp. 201-211, 2007. <https://doi.org/10.11637/kjpa.2007.20.3.201>

- [5] W. J. Lee, D. H. Lim, J. S. Park, Y. E. Sim, Y. J. Jeong, J. H. Kim, S. J. Yoo, "Effects of X-ray irradiation on the survival rate and weight of the rhinoceros beetle larvae", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 14, No. 3, pp. 271-277, 2020. <https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.3.271>
- [6] M. J. Seo, H. J. Lee, E. J. Kang, S. Y. Kang, Y. M. Yu, Y. N. Youn, "Effects of gamma irradiation on the survival and development of the multicolored asian ladybird beetle, *harmonia axyridis* (Coccinellidae, Coleoptera)", *Korean Journal of Applied Entomology*, Vol. 50, No. 4, pp. 335-342, 2011. <https://doi.org/10.5656/KSAE.2011.10.0.60>
- [7] J. S. Kim, M. H. Baek, Y. K. Lee, H. Y. Lee, J. C. Yoo, "Effect of Low-Dose Gamma Radiation to Enhance Germination Rate in Bottle Gourd and Pumpkin Seeds", *Korean Journal of Environmental Agriculture*, Vol. 21, No. 3, pp. 202-207, 2002. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2002.21.3.202>
- [8] K. N. Oh, K. E. Kim, J. S. Yang, "Germination properties of Wheat and Barley Exposed to Gamma Irradiation", *Journal of Food Hygiene and Safety*, Vol. 16, No. 2, pp. 139-144, 2001.
- [9] W. J. Lee, M. K. Lee, J. R. Lee, H. N. Kim, S. J. Yoo, B. W. Lee, S. C. Jeong, "Measurement of growth and chlorophyll in barley exposed by X-ray", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 44, No. 3, pp. 253-260, 2021. <https://doi.org/10.17946/JRST.2021.44.3.253>
- [10] J. S. Kim, "The effects of artificial lights on the growth and quality of hydroponic cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.) sprouts", *Journal of Plant Biotechnology*, Vol. 48, No. 1, pp. 62-70, 2021. <https://doi.org/10.5010/JPB.2021.48.1.062>
- [11] J. S. Kim, "Effects of nutrient solution and artificial light on the growth and physicochemical properties of hydroponically cultivated barley", *Journal of Plant Biotechnology*, Vol. 48, No. 2, pp. 77-85, 2021. <https://doi.org/10.5010/JPB.2021.48.2.77>
- [12] E. Y. Lee, S. K. Moon, "Effects of Several Soil Medias on the Plant Growth in Artificial Planting Ground", *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, Vol. 2, No. 3, pp. 18-24, 1999.
- [13] Y. H. Ryu, C. D. Lee, Y. W. Ha, "Temperature effects at different growth stages on grain filling in winter barley", *Korean Journal of Crop Science*, Vol. 38, No. 5, pp. 425-431, 1993.

X-선이 묵은보리 씨앗과 햇보리 씨앗의 생장과 클로로필 농도에 미치는 영향

정상복¹, 정순철², 이모권³, 최윤희⁴, 변강운⁴, 유수아⁴, 한상은⁴, 허준범⁴, 신완식⁵, 이원정^{4*}

¹(주)대전세종둔산간호학원, ²대전보건대학교 의무부사관과, ³대전보건대학교 환경안전보건과,
⁴대전보건대학교 방사선(학)과, ⁵백세요양병원 방사선과

요 약

보리의 생산년도에 따른 생장과 광합성 차이를 알아보고자 질병의 진단 및 치료에 가장 많이 이용하는 고에너지 X-선을 묵은보리씨앗과 햇보리씨앗에 조사하여 연구를 수행하였다. 묵은보리와 햇보리 종자가 싹이 튼 것을 확인 후, 대조군을 제외한 실험군에 대해 방사선종양학과의 선형가속기(Clinac IS, VERIAN, USA, 2011)를 이용하여 30 Gy X-선을 조사하였다. 조사 조건은 6 MV X-ray, 조사거리(Source-surface distance) 100 cm, 조사면적(field size) 18 x 10 cm², 선량률(dose rate) 600 MU/min 에서 실시하였다. 보리의 생장은 종자별로 X-선 조사 후 4일차 부터 1일 간격으로 9일차 까지 줄기의 길이를 측정하였다. X-선이 보리 싹의 엽록소 형성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 분광광도법을 이용하여 클로로필 a 농도를 측정하였다. 통계분석은 SPSS ver 26.0(Chicago, IL, USA)을 사용하여 독립표본 T-검정(Independent T-test)을 실시하였다. 대조군에서는 햇보리가 묵은보리 보다 성장이 빨랐지만, 실험군에서는 묵은보리가 햇보리 보다 빠른 성장을 보였다. 묵은보리에서 대조군의 길이가 실험군 보다 모든 일차에서 유의하게 큰 것으로 나타났다. 대조군에서는 묵은보리 보다 햇보리의 무게가 무거웠지만, 실험군에서는 묵은보리의 무게가 햇보리 무게 보다 높았다. 클로로필 농도를 측정하여 비교한 결과, 대조군 실험군 모두 묵은보리 보다 햇보리가 높은 결과를 보였고, 대조군 보다 실험군이 높게 나타났다. X-선은 햇보리 보다 묵은보리의 성장과 무게를 촉진시켰고, 클로로필 농도에는 햇보리에게 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 향후 X-선이 새싹 보리에 미치는 영향에 대한 연구의 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

중심단어: X-선, 새싹보리, 클로로필, 성장

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	정상복	(주)대전세종둔산간호학원	대표
(공동저자)	정순철	대전보건대학교 의무부사관과	부교수
	이모권	대전보건대학교 환경안전보건과	조교수
	최윤희	대전보건대학교 방사선(학)과	학부생
	변강운	대전보건대학교 방사선(학)과	학부생
	유수아	대전보건대학교 방사선(학)과	학부생
	한상은	대전보건대학교 방사선(학)과	학부생
	허준범	대전보건대학교 방사선(학)과	학부생
	신완식	백세요양병원 방사선과	부장
(교신저자)	이원정	대전보건대학교 방사선(학)과	부교수