감마선 조사 유래 블랙베리 (*Rubus fructicosus* L.) 돌연변이 계통의 농업부산물 사료가치 분석

류재혁 · 김동섭 · 하보근 · 김진백 · 김상훈 · 안준우
정일윤 · 조한직[1] · 김이엽[1] · 강시용*

한국원자력연구원 첨단방사선연구소, [1](주)바이오플러스

Forage Quality Evaluation of Mutant Lines derived from Gamma-ray Treatments in *Rubus fructicosus* L.

Jaihyunk Ryu, Dong sub Kim, Bo-Keun Ha, Jin-Baek Kim, Sang Hoon Kim, Joon-Woo Ahn, Il Yun Jeong, Han-Jik Jo[1], Ee-Yup Kim[1] and Si-Yong Kang*

Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongup 580-185, Korea, [1]Bioplus (co.) Wanju 565-862, Korea

Abstract - We examined the forage quality to provide the basic information for the utilization of blackberry by-products (leaf and stem) among thirty-five mutant lines derived from gamma-ray. The leaves had higher crude protein (CP) contents than stems. In addition, the leaves showed broad ranges of variation in crude fat, crude fiber and crude ash. The overall forage quality of the stems were similar to those of the original variety. The mean of neutral detergent fiber (NDF) content of leaves and stems in mutant lines were 25.88% and 58.98%, respectively. Also, the mean of acid detergent fiber (ADF) content of leaves and stems in mutant lines were 15.43% and 49.27%, respectively. Forage quality grades of all blackberry leaf were special quality class. However, the blackberry stem ranked 1st to 5th in quality class. The stem diameter was negatively ($P \leq 0.05$) correlated with the moisture and crude protein. Also, the fruit length was highly negatively ($P \leq 0.01$) correlated with the RFV (relative feed value) in blackberry leaf. The one hundred fruit weight was highly negatively ($P \leq 0.01$) correlated with the crude ash. Based on these results, the by-products of blackberry could provide high quality forage for feeding of live stock.

Key words : Blackberry by-products, Forage quality, Forage quality grades, Mutant, Gamma irradiation

서 론

나무딸기 (*Rubus*)는 장과류 과수로 장미과 (Rosaceae)에 속하는 관목성 식물로서 우리나라에는 복분자 (*R. coreanus*), 멍석딸기 (*R. parvifolius*)를 비롯하여 19종 (이 1996)이 보고되어 있다. 나무딸기에는 플라보노이드 (Kim *et al.* 1997), 탄닌 (Kim *et al.* 1996; Kim *et al.* 2000), 페놀성 화합물 (Wang and Lin 2000), β-시스토스테롤 등의 성분을 함유하고 있어, 항산화 작용 (Kim *et al.* 2000; Wang and Lin 2000; Cho *et al.* 2004)과 항암작용 (Casto *et al.* 2002; Kresty *et al.* 2006)이 우수하다. 현재 국내에서는

* Corresponding author: Si-Yong Kang, Tel. +82-63-570-3310, Fax. +82-63-570-3329, E-mail. sykang@kaeri.re.kr

전북 고창, 정읍 및 제주도 등에서 복분자가 널리 재배되고 있다.

국내 블랙베리 (*Rubus fructicosus* L.)는 2002년부터 뉴질랜드에서 도입된 가시가 없는 품종을 보급하여 완주군을 중심으로 10 ha 정도 재배되고 있으며 봄철 10～30% 개화시 지상 60 cm 길이로 전정을 하여 다시 자란 가지를 결과모지 (結果母支)로 이용하며, 과실 수확 후 이듬해 결과모지로 이용할 3～5개 신초를 제외하고 모두 제거한다. 이처럼 재배과정에서 전정으로 다량의 잎과 가지 부산물이 배출되고 있으나 현재 완주 등 재배지 산지에서는 그 활용가치가 크게 부각되지 못하여 매년 소각 등으로 폐기하고 있는 실정이다. 또한 최근에는 건강에 대한 관심이 높아지면서 국내 수요가 증대되어 재배면적이 증가하고 있어 앞으로 대단위 단지 재배시 발생하는 부산물의 효율적인 처리 방법이 요구되고 있으나 국내 관련 연구는 전무한 실정이다.

우리나라는 가축 사육두수에 비해 조사료 생산량이 부족하고, 수입 곡물사료의 가격 상승으로 인하여 정부차원의 대책으로 사료작물 재배면적을 증가시키고 있다 (RDA 2011; Seo *et al.* 2012). 현재 국내에서 생산되는 양질 조사료는 연간 996～1,266톤으로 총 소요량의 29.0～34.9% 수준에 머무르고 있으며 (농촌진흥청 2011), 조사료 생산 기반인 재배면적의 확대가 어려워 경영비 절감을 위한 양질 조사료의 재배와 함께 부존 조사료자원으로 활용 가능한 농업 부산물 사료화 이용에 대한 관심이 높다 (MIFAFF 2010; RDA 2011; Seo *et al.* 2012). 현재 우리나라에서 블랙베리와 같이 재배 및 관리에서 생산되는 농림부산물은 60～100톤 (농식품부 2010; 농촌진흥청 2011)으로 추정되며, 이를 활용하는 비율은 매우 낮기 때문에 이러한 부산물을 활용한다면 환경오염 방지 및 농가 소득향상에 기여할 것으로 기대된다 (농식품부 2010; Seo *et al.* 2012).

방사선을 이용한 식물의 돌연변이 연구는 1928년 미국의 Stadler에 의해 처음 출발하였으나 1940년대부터 스웨덴을 중심으로 독일, 이태리 등 유럽에서 연구가 활성화되었고, 1960년대 IAEA와 FAO 공동으로 이 분야의 연구를 전담하는 기구가 IAEA에 설립됨으로서 본격적인 연구가 시작되었다. 돌연변이의 유발원으로는 물리적 유발원인 x선, 감마선, 이온빔, 중성자빔 등과 화학적 돌연변이원으로 EMS, EI 등이 연구에 사용되고 있다 (Hiroyasu *et al.* 2009; Atsushi *et al.* 2010). 또한 돌연변이원을 식물체나 식물세포에 이용하면 많은 돌연변이 유전자원을 확보 할 수 있기 때문에 식물의 다양한 기능을 구명하는데 유용하며 (Shikazono *et al.* 1998; Bae *et al.* 2001), 이러한 돌연변이 유발은 고갈되어 가고 있는 유전자원 확보 차원에서 매우 바람직한 접근 방법이다. FAO/IAEA 데이터베이스에 등록된 돌연변이 유도에는 감마선 이용이 46%로 가장 많고, X-선 조사가 14%, 각종 돌연변이 유기 약품 처리가 8%, 기타 32%이다. 2010년 현재 돌연변이 품종개발은 세계 63개국 172종의 식물에 3,000여 품종에 달한다고 보고되어져 있으며, 나무딸기류의 돌연변이 품종은 화학적 돌연변이원 (N-nitrosoethylurea) 처리에 의해 육성된 1개 품종 (colo-colchnik, Russia)이 등록되어 있다 (IAEA 2013). 국내에서도 기내 배양을 통한 블랙베리 대량번식에 관한 연구 (Shin *et al.* 2005)가 진행되었다.

본 연구는 감마선을 처리하여 육성한 블랙베리 돌연변이 계통을 대상으로 과실 수확 후 발생하는 잎과 줄기 부산물의 조사료자원으로 활용 가치를 탐색하고자 신품종 육성을 위해 감마선 처리 및 교배에 의해 육성한 블랙베리 변이계통에 잎과 줄기를 대상으로 유용 사료성분과 사료가치를 평가하였다.

재료 및 방법

1. 식물재료

본 연구는 2005년도에 돌연변이 육종에 의해 개발한 블랙베리 V-9 계통을 대상으로 감마선 조사하여 육성한 계통의 과실수확 후 전정된 부산물의 잎과 가지를 이용하였다. 돌연변이체 유기방법으로는 V-9계통의 기내배양체 및 삽수체에 ^{60}Co 감마선을 20, 40, 60, 80 Gy 선량으로 조사하여 35 계통을 육성하였고 각 개체별 변이원 처리 내용은 Table 1과 같다. 재료 육성은 (주) 바이오플러스 (Bioplus Co. Korea) 육종포장 (전북 완주 소재)에서 V자형 철재파이프 재배지주에 검은색의 PE을 멀칭하여 주간거리 0.5 m, 열간거리 3 m로 정식하여 재배하였다. 비배관리는 퇴비 (4000 kg 10a^{-1})와 패화석 (oyster shell) 비료 (40 kg 10a^{-1})를 이용하였다.

2. 사료성분 및 가치 분석

블랙베리 과실수확 후 전정된 잎과 가지를 완전히 건조한 후 수분, 조단백질 (crude protein), 조지방 (crude fat), 조섬유 (crude fiber), 조회분 (crude ash)은 A.O.A.C. (1990)로 분석하였으며, Neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) 등 세포벽 구성물질은 Goering and Van Soest (1970) 방법으로 분석하였다. 총가소화영양분 (total digestable nutrient; TDN)은 ADF 함량에 의한 계산식 {88.9－(0.79×ADF%)}에 의하여 산출하였으며, 상대적

Table 1. Mutant lines of *Rubus fructicosus* L. by gamma irradiation that used in this study

No.	Lines	Treatment
1	V-9	control
2	γ-1	γ-ray* 80 Gy
3	γ-2	γ-ray 80 Gy
4	γ-4	γ-ray 80 Gy
5	γ-A202	γ-ray 60 Gy
6	γ-A219	γ-ray 60 Gy
7	γ-B101	γ-ray 80 Gy
8	γ-B116	γ-ray 80 Gy
9	γ-B122	γ-ray 80 Gy
10	γ-B201	γ-ray 80 Gy
11	γ-B205	γ-ray 80 Gy
12	γ-B221	γ-ray 80 Gy
13	γ-B303	γ-ray 80 Gy
14	γ-C105	γ-ray 60 Gy
15	γ-C137	γ-ray 60 Gy
16	γ-C209	γ-ray 60 Gy
17	γ-C216	γ-ray 60 Gy
18	γ-D109	γ-ray 40 Gy
19	γ-D120	γ-ray 40 Gy
20	γ-D144	γ-ray 40 Gy
21	γ-D210	γ-ray 40 Gy
22	γ-F153	γ-ray 20 Gy
23	γ-F205	γ-ray 20 Gy
24	γ-F207	γ-ray 20 Gy
25	γ-F211	γ-ray 20 Gy
26	γ-F250	γ-ray 20 Gy
27	γ-G103	γ-ray 60 Gy
28	γ-G202	γ-ray 60 Gy
29	γ-G204	γ-ray 60 Gy
30	γ-G213	γ-ray 60 Gy
31	γ-G214	γ-ray 60 Gy
32	γ-S1	γ-ray 40 Gy
33	γ-S2	γ-ray 40 Gy
34	γ-S3	γ-ray 40 Gy
35	γ-S4	γ-ray 40 Gy
36	γ-S10	γ-ray 40 Gy

*γ-ray: ^{60}Co (KAERI, Daejeon)

사료가치(relative feed value; RFV)는 Holland *et al.* (1990)의 계산식으로 산출하고 국내 건초 조사료 품질 등급 기준에 의해 건초 사료가치 등급을 적용하였다.

$$RFV = \frac{DMD\,(\%) \times DMI\,(\%)}{1.29}$$

가소화건물(DMD)=88.9−(ADF%×0.779)

건물섭취량(DMI)=120/NDF%

3. 상관분석

류 등(2012)이 보고한 6개 생육형질(경직경, 잎의 길이, 잎의 넓이, 과실의 길이, 과실의 넓이, 백과중)과 사료성분 및 사료가치간에 상관관계를 분석하였다. 각 형질의 측정치를 통계프로그램[SPSS Ver. 12 (SPSS Inc., USA)]에 입력하여 Pearson 상관계수(pearson correlation coefficients)를 이용하여 0.05% 유의수준에서 상관분석을 실시하였다.

결과 및 논의

1. 잎의 사료가치 평가

과실 수확 후 블랙베리 부산물의 잎에 사료성분 함량 및 사료품질을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 수분함량은 6.11%에서 8.95% 사이로 계통간에 차이가 크지 않았다. 조단백 함량은 최소 12.73% (γ-A219 계통)에서 최대 20.25% (γ-G213 계통) 사이로 평균 16.61%를 나타내었다. 조지방 함량은 최소 2.67% (γ-B201)에서 최대 9.50% (γ-1) 사이로 평균 5.86%였다. 조섬유 함량은 최소 9.46% (γ-G213)에서 최대 48.83% (γ-C209) 사이로 평균 13.88%로 계통간 차이가 크게 나타났으며. 조회분 함량은 γ-4 계통에서 9.82%로 가장 높았고, γ-D210 계통에서 3.96%로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 섭취량과 관련 있는 NDF 함량은 평균 26.04%로 γ-D109 계통에서 13.80%로 가장 낮았으며, γ-G202 계통에서 40.01%로 가장 높았다. 소화율과 관련 있는 ADF 함량은 평균 15.51%로 γ-G204 계통에서 9.86%로 가장 낮았고, γ-B303 계통에서 25.70%로 가장 높았다. 이는 조단백질 함량이 매우 높아 사료가치가 우수한 이탈리안라이그라스 잎의 NDF (%) 23～32%와 ADF (%) 20～33% (농촌진흥청 2011)보다 낮은 수치이다. TDN은 최소 68.60% (γ-B303)에서 81.11% (γ-G204) 사이로 평균 76.65%의 수치를 보이며, 청보리 (59.5%), 이탈리안라이그라스 (65.4%)와 비교하여 높은 수준이었다 (농촌진흥청 2011). 선발된 블랙베리 계통의 잎에 상대적 사료가치 (RFV)는 최소 166.4 (γ-B303)에서 최대 523.6으로 국내 건초 조사료 품질등급에 의한 사료등급에서 모두 최고 등급 (special quality)인 RFV＞151로 분류되었다.

특히, 블랙베리 잎의 단백질 함량은 청보리 9～13%보다 높고 이탈리안라이그라스 40%출수기에서 수잉기 15～18% (김 등 2004; 농촌진흥청 2011) 및 두과사료작물인 알팔파 (*Medicago sativa*) 16～18% (농촌진흥청 2011)와 유사한 수준의 평균 조단백 함량을 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때 블랙베리 잎이 가축에 단백질 공급원으로 활용가치가 매우 높다고 판단된다. 그러나 조사료는 사료가치도 중요하지만 가축의 기호성과 생산성이 중요하기 때문에 기호성 비교실험과 주요 조사료 작물과 혼합시 사료가치 등에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

Table 2. Forage qualities of leave from the mutant lines of *Rubus fructicosus* L. by gamma irradiation

No.	Water content	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	Crude protein	NDF	ADF	TDN[a]	RFV[b]	Quality class
1	7.42	4.65	9.95	4.45	18.07	30.55	20.26	72.89	222.6	S[c]
2	6.40	9.50	11.11	5.62	16.13	17.17	14.28	77.62	421.4	S
3	6.24	6.94	10.11	5.33	15.51	19.73	15.50	76.66	362.2	S
4	6.14	6.00	9.57	9.82	14.94	23.38	15.27	76.84	306.4	S
5	7.11	5.03	10.98	6.27	15.81	24.92	17.14	75.36	282.0	S
6	7.87	4.53	10.97	5.60	12.73	30.91	12.33	79.16	238.6	S
7	6.11	7.27	10.79	7.38	15.67	29.38	14.10	77.76	246.7	S
8	7.63	5.95	9.70	4.14	14.26	21.84	17.00	75.47	322.2	S
9	6.59	8.32	9.57	4.86	16.19	21.82	17.34	75.20	321.4	S
10	8.53	2.67	15.05	5.75	16.81	34.53	13.34	78.36	211.5	S
11	6.50	6.25	9.73	6.01	17.29	25.25	13.73	78.05	288.1	S
12	8.40	5.16	16.33	5.07	18.73	33.57	15.18	76.91	213.6	S
13	7.98	6.85	15.51	5.40	18.08	33.38	25.70	68.60	192.0	S
14	8.95	4.29	14.34	5.06	17.51	30.92	12.41	79.10	238.4	S
15	7.94	4.98	20.48	5.60	18.54	34.69	13.58	78.17	210.0	S
16	8.19	3.93	48.83	4.86	17.03	24.57	16.61	75.78	287.6	S
17	6.13	5.80	30.55	7.91	14.67	16.41	14.75	77.25	438.8	S
18	7.09	7.68	11.15	5.42	14.76	13.80	14.41	77.52	523.6	S
19	6.98	8.19	10.68	5.90	19.18	20.23	15.79	76.43	352.2	S
20	7.29	4.52	11.15	4.59	13.37	22.83	15.90	76.34	311.8	S
21	7.47	6.47	11.34	3.96	14.84	20.30	16.07	76.20	350.0	S
22	6.70	4.73	11.35	7.27	14.88	18.74	16.49	75.87	377.5	S
23	7.59	4.45	10.82	5.28	16.64	19.97	13.68	78.09	364.5	S
24	6.66	2.80	13.50	6.71	16.45	29.29	15.13	76.95	244.9	S
25	6.79	7.02	11.52	6.54	17.05	23.16	14.67	77.31	311.2	S
26	7.75	4.19	14.38	5.44	17.86	17.97	13.19	78.48	407.0	S
27	6.81	7.18	12.65	6.95	16.77	24.62	13.86	77.95	295.1	S
28	8.46	3.81	16.92	5.83	16.83	41.01	16.45	75.90	172.6	S
29	7.51	6.51	11.80	7.03	18.43	37.41	9.86	81.11	202.0	S
30	7.13	4.55	9.46	6.03	20.25	39.96	22.35	71.24	166.4	S
31	8.13	3.28	19.48	6.02	17.29	37.17	18.17	74.55	187.1	S
32	8.17	6.33	11.43	4.09	19.20	25.13	15.00	77.05	285.8	S
33	6.78	8.96	12.09	5.94	15.96	18.57	13.97	77.86	390.8	S
34	7.38	4.85	12.51	5.67	18.74	37.22	16.81	75.62	189.5	S
35	7.43	8.43	11.49	5.29	15.85	19.02	14.59	77.37	379.2	S
36	6.91	8.85	12.26	4.64	15.60	17.89	13.35	78.35	408.2	S
Mean	7.31	5.86	13.88	5.77	16.61	26.04	15.51	76.65	297.86	S

[a]TDN: 88.9 − (0.79 × ADF%), [b]RFV: DMD × DMI/1.29, [c]S: special quality class

2. 줄기의 사료가치 평가

블랙베리 부산물의 줄기에 사료성분 함량 및 사료품질을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 수분함량은 5.26%에서 7.79% 사이로 평균 6.51%를 나타내었다. 조단백 함량은 최소 4.51% (γ-F205)에서 최대 9.83% (γ-D144) 사이로 평균 7.35%를 나타내었다. 조지방 함량은 최소 0.67% (γ-F153)에서 최대 3.10% (γ-D144) 사이로 평균 1.64%였다. 조섬유 함량은 최소 34.93% (γ-A202)에서 최대 59.54 사이로 평균 13.79%로 잎과 비교하여 3배 이상 많은 조섬유 함량을 나타내었다. 조회분 함량은 1.43% (γ-1)~4.60% (γ-S10) 사이로 모두 8% 이내로 검출되었다. 이와 같이 블랙베리 줄기는 섬유소 공급원 조사료 자원으로 활용이 가능하다 (농촌진흥청 2011; Seo *et al.* 2011). 줄기 부위의 사료품질과 관련된 NDF 함량은 평균 58.98%로 원계통 (V-9)에서 28.51%로 가장 낮았으며, γ-D210 계통에서 71.04%로 가장 높았다. ADF 함량은 평균 49.27%로 γ-S10 계통에서 41.58%로 가장 낮았고, γ-D210 계통에서 71.04%로 가장 높았다. TDN 평균은 49.98%로 볏짚 (43.7%)보다 다소 높으며 (김 2004), 야초류 중 조사료 자원으로 활용하고 있는 갈대 (50.50%)와 유사한 수준이었다 (Seo *et al.* 2012). 선발된 블랙베리 계통에서 줄기의 상대적 사료가치 (RFV)는 잎과 다르게 계통간에 차이가 크게 나타났는데, γ-D210 계통에서 59.2로 가장 낮았고 원계통 (V-9)에서 150.7로 가장 높았다. 건초 조사료 품질등급에 의해 줄기의 사료가치를 분류하면 1급 (RFV: 123~151) 1계통 (V-9), 3급 (RFV: 87~102) 3계통 (γ-A202, γ-D109, γ-S10), 4급 10계통 (γ-1, γ-2, γ-4, γ-B101, γ-D144, γ-F153, γ-F207, γ-F211, γ-S3, γ-S4), 5급 7계통 (γ-B116, γ-B122, γ-C216, γ-D210, γ-F205, γ-G103, γ-

Table 3. Forage qualities of stems from the mutant lines of *Rubus fructicosus* L. by gamma irradiation

No.	Water content	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	Crude protein	NDF	ADF	TDN	RFV	Quality class
1	5.56	2.27	42.04	2.85	7.21	28.51	54.84	45.58	150.7	1
2	7.79	1.72	40.34	1.43	8.50	58.01	48.76	50.38	81.6	4
3	6.85	1.62	41.60	2.40	7.14	60.09	49.05	50.15	78.5	4
4	7.78	1.59	39.07	4.44	9.44	57.65	45.90	52.64	85.8	4
5	6.52	1.62	34.93	4.19	7.02	55.53	45.79	52.73	89.2	3
7	5.26	1.28	40.23	4.34	8.06	59.46	45.67	52.82	83.4	4
8	6.02	1.42	43.76	2.57	6.11	64.49	53.55	46.60	68.1	5
9	6.00	1.02	44.60	2.86	6.66	65.64	55.33	45.19	64.9	5
17	6.02	1.92	46.76	2.57	8.92	61.94	50.23	49.22	74.7	5
18	6.62	2.14	59.54	3.48	6.97	54.58	46.45	52.20	89.8	3
20	6.82	3.10	37.70	3.27	9.83	57.30	48.23	50.80	83.3	4
21	6.46	2.10	45.35	2.34	6.24	71.04	56.12	44.57	59.2	5
22	6.97	0.67	40.90	4.44	8.37	57.75	49.55	49.76	81.0	4
23	6.67	1.50	45.01	3.29	4.51	64.45	53.83	46.37	67.8	5
24	6.46	1.09	42.73	4.31	8.15	57.67	47.08	51.71	84.2	4
25	6.94	1.52	42.04	4.20	4.84	57.98	47.21	51.60	83.6	4
27	6.71	1.09	42.54	3.77	8.29	64.33	51.33	48.35	70.7	5
33	6.27	1.59	41.47	4.03	8.28	63.25	47.42	51.44	76.4	5
34	6.18	1.68	44.09	3.51	6.68	58.72	47.58	51.31	82.1	4
35	6.61	1.52	41.78	4.19	6.03	58.93	47.28	51.55	82.2	4
36	6.13	2.73	37.59	4.60	7.86	57.50	41.58	56.05	91.4	3
Mean	6.51	1.68	42.57	3.48	7.39	58.80	49.18	50.05	82.31	4.05

[a]TDN: 88.9−(0.79×ADF%), [b]RFV: DMD×DMI/1.29, [c]1: excellent, 3: normal, 4: a little poor, 5: poor

S2)으로 분류되며, 전체 계통의 줄기의 평균 사료가치는 4등급으로 야초 조사료 자원인 갈대(Seo *et al.* 2012)와 국내 보급된 31개 주요 벼 품종의 볏짚(김 2004)과 유사한 수준이다. 일반적으로 사료작물에서 조단백질 함량은 줄기보다 잎에 많이 함유되어 있으며(Cherney and Marten 1982), 블랙베리 부산물에서도 같은 경향이었다. 그러나 RFV가 83 이하인 사료의 경우 조단백 함량이나 상대적 사료가치로 평가하기 어렵기 때문에(Fisher *et al.* 1995; Moore 1995) 정확한 블랙베리 줄기의 사료가치를 측정하기 위해서는 소화율 측정 등의 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

잎과 줄기의 사료가치를 종합하면 잎의 상대적 사료가치는 모두 특등급이며, 4계통(γ-1, γ-C216, γ-D109, γ-S10)에서 평균 RFV보다 100 이상 높았다. 줄기의 상대적사료 가치는 원계통(V-9)에서 가장 높았으며, 돌연변이 계통 중 3계통(γ-A202, γ-D109, γ-S10)이 3등급을 나타내었다. 따라서 γ-D109, γ-S10 계통은 잎과 줄기 모두 높은 사료가치를 보유한 유전자원으로 분류되었다.

3. 상관분석

Ryu *et al.* (2012)이 제시한 6개 생육형질과 블랙베리 부산물의 잎에 사료관련 성분 및 사료가치와의 상관관계를 분석한 결과(Table 4), 15개 형질간에 조단백과 수분 및 NDF, 조섬유와 RFV간에 유의성 있는 양의 상관관계를 나타냈다. 반면에 RFV와 과실길이, 수분, 조단백, NDF, 조섬유와 NDF 간에 유의적인 음의 상관관계를 나타냈다. 줄기의 사료가치와 생육형질과의 상관관계를 분석한 결과(Table 5), 조단백 함량과 TDN간에 양의 상관관계를 나타내었다. 반면 조단백과 경직경, ADF, 백과중과 조회분, NDF와 RFV −0.991**간에 음의 상관관계를 나타내었다. 이를 종합해 보면 블랙베리 농업부산물의 경직경이 클수록 조단백함량이 낮았고, 과실의 크기가 클수록 잎의 상대적 사료가치가 낮게 나타났다. 김 (2004)은 31개 국내 보급 벼 품종의 볏짚을 대상으로 생육형질과 사료가치간에 상관분석을 실시한 결과, 조단백 함량과 생육일수, 간장, 비중엽, 건물중과 부의 상관관계를 엽건물중과 정의 상관관계를 나타내었고, 벼 짚의 NDF와 ADF 함량이 낮추기 위해서는 줄기의 비율이 높은 품종이 사료가치가 높다고 평가하였다.

결 론

본 연구는 블랙베리 재배시 과실 수확 후 발생하는 부산물의 조사료자원으로 활용 가치를 탐색하고자 신품종 육성을 위해 감마선 처리에 의해 육성한 블랙베리 변이 계통에 잎과 줄기를 대상으로 유용 사료성분과 사료가치를 평가하였다. 블랙베리 잎의 조성분은 조단백 함량이 평균 16.33%로 매우 높고, 국내 주요 조사료 자원인

Table 4. Correlation coefficients between forage content and growth Characteristics in *Rubus fructicosus* L. leaves

	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Fruit length	Fruit width	100 fruit weight	Water content	Crude fiber	Crude fat	Crude ash	Crude protein	NDF	ADF	TDN	RFV
Stem diameter	1														
Leaf length	0.090	1													
Leaf width	0.190	0.546**	1												
Fruit length	−0.088	0.032	0.065	1											
Fruit width	0.026	0.096	0.065	0.827**	1										
100 fruit weight	0.277	0.227	0.128	0.510**	0.477**	1									
Water content	−0.330*	0.154	0.146	0.154	−0.006	−0.105	1								
Crude fiber	0.162	−0.197	−0.194	0.074	0.196	0.112	−0.517**	1							
Crude fat	−0.138	−0.097	−0.011	0.027	0.063	−0.004	0.273	−0.312	1						
Crude ash	0.170	0.161	0.135	−0.130	−0.105	0.125	−0.513**	−0.024	0.003	1					
Crude protein	−0.364	−0.026	0.027	0.268	0.156	−0.066	0.332*	−0.121	0.070	−0.099	1				
NDF	−0.247	0.235	0.185	0.310	0.132	−0.029	0.514**	−0.560**	0.070	0.047	0.512**	1			
ADF	−0.105	−0.195	−0.029	0.002	0.031	−0.300	0.043	−0.128	0.048	−0.154	0.244	0.264	1		
TDN	0.105	0.194	0.029	−0.002	−0.031	0.300	−0.043	0.128	−0.047	0.154	−0.244	−0.264	−1.000**	1	
RFV	0.168	−0.213	−0.150	−0.369**	−0.187	−0.117	−0.480**	0.561**	−0.059	−0.020	−0.486**	−0.959**	−0.320	0.320	1

Table 5. Correlation coefficients between forage content and growth Characteristics in *Rubus fructicosus* L. stems

	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Fruit length	Fruit width	100 fruit weight	Water content	Crude fiber	Crude fat	Crude ash	Crude protein	NDF	ADF	TDN	RFV
Stem diameter	1														
Leaf length	0.077	1													
Leaf width	0.385	0.420	1												
Fruit length	0.072	−0.027	0.198	1											
Fruit width	0.091	0.238	0.252	0.879**	1										
100 fruit weight	0.282	0.215	0.136	0.640**	0.629**	1									
Water content	0.386	−0.099	0.495*	−0.071	−0.041	−0.113	1								
Crude fiber	0.024	0.115	0.316	0.057	0.020	0.032	0.148	1							
Crude fat	−0.268	−0.124	−0.025	0.196	0.157	−0.248	−0.098	0.224	1						
Crude ash	−0.010	−0.069	−0.074	−0.280	−0.247	−0.569**	−0.066	−0.303	−0.080	1					
Crude protein	−0.428*	0.096	−0.234	−0.045	0.036	0.146	−0.116	0.113	−0.113	−0.307	1				
NDF	0.079	0.156	0.001	0.007	0.098	0.055	0.192	−0.138	−0.308	0.108	−0.098	1			
ADF	0.223	0.088	0.225	0.014	−0.101	−0.027	−0.156	−0.354	−0.205	0.276	−0.628**	0.099	1		
TDN	−0.223	−0.088	−0.225	−0.014	0.101	0.027	0.156	0.355	0.205	−0.276	0.628**	−0.099	−1.000**	1	
RFV	−0.116	−0.128	0.002	0.036	−0.032	−0.015	−0.240	0.147	0.350	−0.139	0.139	−0.991**	−0.135	0.136	1

청보리, 이탈리안라이그라스, 볏짚보다 TDN 값이 우수하였으며, 상대적 사료가치(RFV)에 의한 국내 건초 조사료 품질등급을 기준으로 모든 계통에서 최상위 등급인 특등급을 나타내었다. 줄기의 조성분은 조단백 함량이 평균 7.35%로 잎의 절반 수준이었고, 조섬유 함량은 평균 42.83%로 잎보다 2배 이상 높은 함량을 나타내었다. 줄기부위의 조사료 품질등급은 계통별로 차이를 나타내어 1～5등급으로 분류되었고, 전체 평균은 4등급이었다. 특히 γ-D109, γ-S10 계통은 잎과 줄기의 상대적 사료가치가 다른 돌연변이 계통보다 높아 부산물 사료 개발에 유용한 유전자원이다. 따라서 블랙베리 대단위 재배지 조성시 매년 대량으로 배출될 것으로 예상되는 블랙베리 농산 부산물은 조사료 자원으로 활용 가치가 높은 것으로 확인되었으며 차후 기호성 비교실험과 주요 조사료 작물과 혼합 급여시 사료가치 등에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 정읍시의 “정읍 특화사업 육성을 위한 블랙베리 신품종 및 대량생산 활용 기술 개발의 지원과제 및 농림수산식품부 생명산업기술개발 사업”의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

김원호, 신재순, 임영철, 박근제, 서 성, 이주삼. 2004. 논을 이용한 사료작물 작부체계 연구. 농촌진흥청 축산연구소 연구보고서. pp 12-45.

김창호. 2004. 볏짚 사료가치의 품종간 차이 및 생육형질과 관련성. *Kor. J. Crop. Sci.* **49**(6):516-521.

농림수산식품부. 2010. 양질 조사료 생산 확대 방안. 농림수산식품부 축산정책과.

농촌진흥청. 2011. 조사료생산・이용 기술교본.

류재혁, 김동섭, 하보근, 김진백, 김상훈, 정일윤, 조한직, 김이엽, 강시용. 2012. 블랙베리(*Rubus fructicosus* L.) 돌연변이 유전자원의 생육특성과 형태학적 변이 분석. 방사선산업학회지. **6**(3):257-265.

이영노. 1996. 한국식물도감. 교학사, pp. 322-328, 서울, 한국.

A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis of the association (15th ed.). association of official analytical chemists, Washington, D.C.

Atsushi M, Toshikazu N, Noriyuki F, Ken H, Yasuhiro M and Yoshihiro H. 2010. Ray florets color and shape mutants induced by $^{12}C^{5+}$ ion beam irradiation in *Chrysanthemum. Scientia Horti*. **123**:558-561.

Bae CH, Abe T, Matsuyama N, Fukunishi N, Nagata T, Nakano T, Kaneko Y, Miyoshi K, Matsushima H and Yoshida S. 2001. Regulation of chloroplast gene expression is affected in *ali*, a novel *tobacco* albino mutant. *Ann. Bot*. **88**:545-553.

Casto BC, Kresty LA, Kraly CL, Pearl DK, Knobloch TJ, Schut HA, Stoner GD, Mallery SR and Weghorst CM. 2002. Chemoprevention of oral cancer by black rasberries. *Anticancer Res*. **22**:4005-4015.

Cherney JH and Marten GC. 1982. Small grain crop potential II interrelationships among biological, chemical, morphological and anatomical determinants of quality. *Crop Sci*. **22**:240-245.

Cho MJ, Howard LR, Prior RL and Clark JR. 2004. Flavonoid glycosides and antioxidant capacity of various blackberry, blueberry and red grape genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *J. Food Agri*. **84**(13):1771-1782.

Fisher DS, Barns JC and Moore E. 1995. The nutritive evaluation of forage. *Forage*. 105-115.

Goering HK and Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analysis. Agricultural Handbook. No. 379. ARS, USDA, Washington, D.C.

Hiroyasu Y, Akemi S, Yoshihiro H, Konosuke D, Atsushi T and Toshikazu M. 2009. Mutation induction with ion beam irradiation of lateral buds of *chrysanthemum* and analysis of chimeric structure of induced mutants. *Euphytica* **165**: 97-103.

Holland C, Kezar W, Kautz WP, Lazowski EJ, Mahanna WC and Reinhart R. 1990. Pioneer forage manual : A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred International, Inc. Des moines, IA. pp. 1-55.

IAEA, 2013. http://www-mvd.iaea.org.

Kim KH, Lee YA, Kim JS, Lee DI, Choi YW, Kim HH and Lee MW. 2000. Antioxidative activity of tannins from Rubus coreanum. *J. Pharm, Soc. Korea*. **44**:354-357.

Kim MS, Pang GC and Lee MW. 1996. Tannins from the leaves of *Rubus coreanum*. *J. Pharm, Soc. Korea* **40**:666-669.

Kim MS, Pang GC and Lee MW. 1997. Flavonoids from the leaves of *Rubus coreanum*. *J. Pharm, Soc. Korea* **41**:1-6.

Kresty LA, Frankel WL, Hammond CD, Baird ME, Mele JM, Stoner GD and Fromkes JJ. 2006. Transitioning from preclinical to clinical chemopreventive assessments of lyophilized blackberries: interim results show berries modulate markers of oxidative stress in Barrett's esophagus patients. *Nutr. Cancer* **54**:148-156.

MIFAFF. 2010. Forage production of Animal Science. Ministry for Food, Agriculture, Forest and Fisheries.

Moore JE. 1995. Forage quality indices, development and application forage quality evaluation and utilization. Editor George, C,C Fahey 868-998.

Seo S, Kim WH, Jung MW, Lee SH, Kim CM, Choi JH, Kim JS, Kim HY and Lee JK 2012. Forage quality and production of phragmites communis as a native grass according to growth stages. *Kor. Grassl. Forage Sci*. **32**(2):109-116.

Shikazono N, Yokota Y, Tanaka A, Watanabe H and Tano S. 1998. Molecular analysis of carbon ion-induced mutations in *Arabidopsis thaliana*. *Genes Genet. Syst*. **73**:173-179.

Shin JS, Sim OK, Lee JC, Cho HJ, Kim EY and Lee KS. 2005. Plant regeneration via multiple shoot formation from sucker explants of *Rubus fruticosus* L. *Kor. J. Plant Res.* **18**(3):456-461.

Wang, SY and Lin HS. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *J. Agric. Food Chem*. **48**(2):140-146.

Manuscript Received: May 30, 2013
Revised: July 24, 2013
Revision Accepted: August 1, 2013