

Soil Chemical Properties and Bush Growth of Two Blueberry Cultivars as Affected by Soil Media Mixed with Peatmoss and Cocopeat

Mi Geon Cheon^{1*}, Seo Hyoun Lee¹, Kyung Mi Park¹, Seong-Tae Choi², Yeon Hyeon Hwang², and Young Ho Chang²

¹Researcher, Research and Development Bureau, Gyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

²Senior Researcher, Research and Development Bureau, Gyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

*Corresponding author: mg1000ok@korea.kr

ABSTRACT

Received: August 11, 2021

Revised: August 21, 2021

Accepted: August 25, 2021

ORCID

Mi Geon Cheon

<https://orcid.org/0000-0002-5548-4060>

This experiment was conducted to evaluate the usefulness of cocopeat as a soil medium in blueberry cultivation. Two-year-old northern highbush blueberry ‘Duke’ and southern highbush blueberry ‘Spring High’ were planted in soil medium mixed with peatmoss (soil:peatmoss (v/v), 1:1) or cocopeat (soil:cocopeat (v/v), 1:1) in open fields in 2019. Soil pH measured in 2020 and 2021 ranged from 4.2 to 5.0 in peatmoss and 5.2 to 5.8 in cocopeat medium, indicating peatmoss has more suitable pH for blueberry growth. Two years soil analyses indicated that peatmoss medium tended to contain a higher available P₂O₅ content and lower exchangeable cations compared with those of cocopeat. In 2021, peatmoss medium significantly increased the number of shoots per bush, by 16% for ‘Duke’ and 92% for ‘Spring High’ compared with the cocopeat. Bushes from peatmoss medium produced yield 1.9- to 2.7-fold higher for two years in ‘Duke’ and 1.4- to 1.8-fold higher in ‘Spring High’ compared with respective yields from cocopeat. Fruit characteristics for two years were not consistently affected by different soil media, except that the acidity was slightly higher in peatmoss. The results suggested that since the better bush growth from peatmoss medium resulted mainly from lower soil pH, the use of cocopeat as a soil medium should be followed by pH adjustment.

Keywords: Blueberry, Cocopeat, Peatmoss, Soil chemical property

Yield and fruit characteristics of two blueberry cultivars as affected by different soil media.

Year	Cultivar	Soil medium	Yield (kg/bush)	Fruit characteristic				
				Berry weight (g)	Soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)	Firmness (N)	
2020	Duke	Peatmoss	0.97	2.2	10.5	0.35	4.9	
		Cocopeat	0.36**	2.4 ^{ns}	9.8*	0.33 ^{ns}	3.4 ^{ns}	
	Spring high	Peatmoss	0.46	2.3	10.2	0.34	3.6	
		Cocopeat	0.34*	2.3 ^{ns}	10.0 ^{ns}	0.34 ^{ns}	3.1 ^{ns}	
	2021	Duke	Peatmoss	4.0	2.2	11.1	0.58	3.1
			Cocopeat	2.1*	2.4 ^{ns}	10.1 ^{ns}	0.38*	3.1 ^{ns}
Spring high		Peatmoss	5.2	3.3	11.2	0.48	3.8	
		Cocopeat	2.9**	3.2 ^{ns}	11.0 ^{ns}	0.36 ^{ns}	2.7*	

ns, *, ** Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, or 0.01, respectively.



Introduction

블루베리 소비 증가와 더불어 국내 블루베리 재배면적은 2010년 534 ha에서 2018년 3,700 ha로 꾸준히 증가해 왔다 (KBA, 2019). 그러나 블루베리는 다른 과수에 비해 토양 적응성이 낮아 적정 토양 pH와 충분한 유기물 함량이 유지되어야 건전한 수체생육을 할 수 있다 (Brown and Draper, 1980; Starast et al., 2002; Ancu et al., 2010). 토양 조건에 따른 블루베리의 적응성은 품종마다 서로 다른데 레빗아이 계통의 품종 (*Vaccinium virgatum*)들이 훨씬 적응성이 강하고, 우리나라에서 많이 재배하고 있는 하이부쉬 품종 (*V. corymbosum*)들은 낮은 편이다 (Retamales and Hancock, 2012). 하이부쉬 블루베리 재배에 적합한 토양 pH는 4 - 5이고 (Hall et al., 1964; Eck and Childers, 1989), 유기물은 3% 이상이 되어야 하지만 (Haynes and Swift, 1985; RDA, 2020), 국내 대부분의 작물 재배토양은 토양 pH 조건과 유기물 함량이 블루베리를 재배하는데 적합하지 못한 실정이다 (Jung et al., 2001).

토양 pH가 높을 경우, 생육 전에 미리 유허분을 뿌려 pH를 낮출 수 있지만 (Spiers, 1982), 블루베리 과원의 pH를 적정하게 맞추고 동시에 유기물을 공급하는 방법으로 피트모스를 상토로 사용하는 것이 일반적이다 (Xie and Wu, 2009). 국내 대부분의 블루베리 재배농가들은 묘목 재식 전에 피트모스를 토양에 혼합하여 토양환경 조건을 맞추고 있지만, 피트모스 가격이 비싼 편이어서 일부 농가에서는 대체 재료로 비교적 값이 싸고 부피가 작아 다루기가 편한 코코피트를 혼합하여 사용하기도 한다. 피트모스와 코코피트의 화학적 특성은 생산국이나 제조사에 따라 차이가 나지만 일반적으로 피트모스는 코코피트보다 pH 및 전기전도도 (electrical conductivity, EC)가 낮다 (Kim et al., 2010; Shin et al., 2012). Kim et al. (2010)은 1년간 용기 실험에서 피트모스를 토양과 50% 비율로 혼합한 상토가 피트모스 100% 상토보다 수분과 양분의 보유력이 높아 블루베리의 생육이 양호하고, 코코피트 상토는 pH가 높게 유지되므로 미량원소 흡수가 나빠져 생육이 좋지 못하였다고 하였다.

이러한 결과로 볼 때 노지에서도 블루베리가 코코피트보다 피트모스 상토에서 생육이 좋을 것으로 예상할 수 있지만 구체적인 연구결과는 제시되지 않았다. 본 연구는 코코피트와 코코피트를 혼합한 상토의 토양화학성 변화와 북부 하이부쉬 품종과 남부하이부쉬 품종의 생육 차이를 조사하여 원인을 분석하고, 코코피트를 활용할 때 개선해야 할 사항을 제시하고자 수행되었다.

Materials and Methods

시험 처리 및 시험수 관리 본 시험은 경남 진주시 소재한 물 빠짐이 좋은 사양토 노지 과원에서 2019년 봄부터 2021년 7월까지 수행하였다. 국내에서 재배하는 대표적인 북부하이부쉬 ‘듀크’ (*Vaccinium corymbosum* L., cv. Duke)와 남부하이부쉬 ‘스프링하이’ (cv. Spring high) 품종 2년생 묘목을 2019년 3월에 두 종류의 상토에 재식하였다. 피트모스 30 L와 펠라이트 2 L (v/v)를 혼합한 피트모스 상토와, 코코피트 30 L와 펠라이트 2 L (v/v)를 혼합한 코코피트 상토를 나무별로 토양에 공급하였다. 각각의 상토는 깊이 25 cm, 폭 60 cm의 원형 구덩이에 토양과 1:1 비율 (v/v)로 섞은 후 두 품종의 시험주를 재식하였다. 묘목 재식 전 시험에 사용한 피트모스와 코코피트를 분석한 결과는 Table 1과 같이 피트모스는 코코피트에 비해 pH가 낮고 질산태질소 함량은 높으나 유효인산과 치환성양이온 함량은 낮았다. 시험주는 열간거리 2.5 m, 주간거리 1.5 m로 처리별 1열로 10주씩 배치하고 나무 양쪽은 점적호스를 설치하였다. 이랑은 높이를 20 cm로 하여 톱밥을 2 cm 두께로 덮은 후 시험 종료 때까지 별도의 유기물은 공급하지 않고 잡초 방지용 부직포로 토양 표면을 피복하여 관리하였다. 양분은 자동양액공급기를 통하여 양액으로 공급하였는데,

유럽의 블루베리 재배용 양액을 약간 변형시켜 3월 상순부터 6월 하순까지 $\text{NO}_3\text{-N}$ 4.6, $\text{NH}_4\text{-N}$ 3.4, $\text{PO}_4\text{-P}$ 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2 mmol L^{-1} 를 EC 1.5로 조절하여 7일 간격으로 8 L씩 나무별로 공급하였다. 작과는 재식 이듬해부터 시작되었으며, 과다 작과를 방지하기 위해 관행에 따라 결과지당 화층이 8개 이상 되지 않도록 꽃봉오리를 솎아주었다. 전정은 동계에만 실시하였으며, 생육기에 일주일 동안 강우량이 20 mm 이하이면 매일 주당 8 L 정도의 관수를 실시하였다.

Table 1. Chemical properties of peatmoss and cocopeat used in the experiment.

Medium	pH (1:5)	EC (dS m^{-1})	OM (g kg^{-1})	Nitrogen (mg kg^{-1})			Avail. P_2O_5 (mg kg^{-1})	Ex. cation ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)			
				$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	T-N		K	Ca	Mg	Na
Peatmoss	4.1	0.0	58.5	99.2	1.7	100.9	2.7	0.2	3.1	2.1	0.5
Cocopeat	5.7	0.6	70.7	1.7	6.4	8.1	24.4	18.5	10.6	8.0	5.3

분석 및 조사 상토 혼합 토양의 화학적 특성 변화를 분석하기 위해 2020년 2월 18일과 2021년 6월 21일에 처리별로 5개소에서 나무의 근관 (crown)으로부터 20 cm 거리에서 토양 표면으로부터 20 cm 깊이까지 토양시료를 채취하였다. 상토 재료 및 토양은 농촌진흥청 표준분석법 (RDA, 2002)에 따라 분석하였다. 상토 종류가 수체 생장에 미치는 영향은 처리별로 4주씩을 선정하여 2021년 7월 6일에 조사하였다. 지면에서 5 cm 상단에서 모든 주축지 직경을 측정하고, 주당 10개의 신초를 대상으로 평균 신초장을 구하였으며, 나무의 총 신초수를 조사하였다. 또한 주당 신초의 중간 부위 잎 10개로부터 엽장과 엽록소 (SPAD 값)를 측정하였다. 2020년과 2021년 6월에 2 - 3회로 나누어 과실을 수확하여 주당 총 수량을 구하고 수확 최성기에 나무별로 50개의 과실에 대하여 특성을 조사하였다. 평균 과중을 구한 후 과실경도는 물성측정기 (COMPAC-100, Sun scientific, Japan)로 측정을 하였고, 과실을 착즙하여 굴절당도계 (PR-100, Atago, Japan)로 가용성 고형물을 측정하였다. 과즙 5 mL를 채취하여 0.05 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 중화적정 후 소요된 NaOH 양을 계산하여 산함량을 구하였다.

피트모스와 코코피트 상토 간의 토양화학성 변화 및 품종별 수체 생육을 비교하기 위하여 시험성적은 R 통계프로그램 (i386 4.1.0)을 이용하여 T-test를 수행하였다.

Results

시험주를 재식한 후 2년째인 2020년 2월과 3년째인 2021년 6월에 채취한 상토의 화학성은 Table 2와 같다. pH는 연차간 변이는 뚜렷하지 않았고, 2년간 피트모스 상토는 4.2 - 5.0, 코코피트는 5.2 - 5.8의 범위로 두 품종에서 피트모스가 코코피트보다 0.6 - 1.2가 낮았다. 유기물 함량은 2년간 유의적인 차이는 없었으나, 2021년에는 피트모스가 코코피트 상토보다 듀크와 스프링하이에서 각각 38%와 110% 높았다. 총 질소 함량은 피트모스 상토에서 높은 경향이었으나 통계적 유의성은 없었다. 유효인산은 2021년 스프링하이 품종을 제외하고 피트모스에서 유의적으로 높았다. 치환성양이온 칼륨은 코코피트에서 오히려 높게 나타나 2년간 듀크에서 72 - 79%, 스프링하이에서는 29 - 161%가 높았다. 치환성양이온 칼슘과 마그네슘 함량은 코코피트 상토에서 뚜렷하게 높은 경향이였다.

Table 2. Change in chemical properties of different soil media after planting blueberries in 2019.

Sampling date	Cultivar	Soil medium	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	EC (dS m ⁻¹)	T-N (%)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation (cmol _c kg ⁻¹)		
								K	Ca	Mg
Feb. 18, 2020	Duke	Peatmoss	4.2	117	0.33	0.35	525	0.29	8.29	2.75
		Cocopeat	5.4	124	0.25	0.30	328	0.50	14.88	3.78
	Spring high	Peatmoss	*	ns	ns	ns	*	**	**	*
		Cocopeat	4.9	63	0.23	0.22	407	0.28	6.69	1.87
		Cocopeat	5.8	66	0.21	0.19	376	0.73	8.54	2.82
		Cocopeat	*	ns	ns	ns	*	**	**	*
June 21, 2021	Duke	Peatmoss	4.9	62	0.42	0.12	626	0.24	7.43	1.93
		Cocopeat	5.2	45	0.55	0.14	567	0.43	8.66	2.58
	Spring high	Peatmoss	*	ns	ns	ns	**	**	*	*
		Cocopeat	5.0	61	0.33	0.19	607	0.24	6.06	1.32
		Cocopeat	5.6	29	0.27	0.10	620	0.31	6.40	1.54
		Cocopeat	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$ or 0.01 , respectively.

수체의 영양생장은 북부하이부쉬 듀크와 남부하이부쉬 스프링하이 두 품종 모두 코코피트보다 피트모스 혼합 상토에 재배했을 때 양호하였다 (Table 3). 코코피트에 비해 피트모스에서 주축지 직경이 굵은 경향이었으나 유의적인 수준은 아니었다. 엽장도 피트모스에서 큰 경향이었지만 유의성은 듀크에서만 나타났다. 평균 신초장, 엽록소에서도 상토 종류에 따른 주목할 만한 변화는 없었다. 수체 생장의 가장 큰 차이는 신초수에서 나타났는데, 코코피트보다 피트모스에서 듀크와 스프링하이가 각각 16%, 92% 많았다.

Table 3. Bush growth of two blueberry cultivars on July 6, 2021 as affected by different soil media.

Cultivar	Soil medium	Cane diameter (mm)	Shoot length (cm)	No. of shoots	Leaf length (cm)	Chlorophyll (SPAD value)
Duke	Peatmoss	18.3	19.0	540.3	6.2	50.0
	Cocopeat	16.7	17.8	466.5	5.9	50.7
	Cocopeat	ns	ns	*	*	ns
Spring high	Peatmoss	18.8	27.7	719.5	5.9	54.3
	Cocopeat	16.7	27.8	374.0	5.5	56.4
	Cocopeat	ns	ns	**	ns	ns

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$ or 0.01 , respectively.

수량은 2020년에 비해 수량이 4년생으로 높아진 2021년에 모든 처리구에서 4배 이상 증가하였는데, 2년간 두 품종 모두 피트모스 상토에서 월등히 많았다 (Table 4). 코코피트보다 피트모스 상토에서 듀크는 2020년에 2.7배, 2021년에는 1.9배 많았고, 스프링하이는 각각 1.4배, 1.8배였다. 2년 동안 과실 산도는 피트모스에서 높은 경향이었으나, 크기, 당도, 경도 등의 특성은 상토 종류에 따라 일관되거나 유의적인 차이로 나타나지는 않았다.

Table 4. Yield and fruit characteristics of two blueberry cultivars as affected by different soil media.

Year	Cultivar	Soil medium	Yield (kg/bush)	Fruit characteristic			
				Berry weight (g)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Firmness (N)
2020	Duke	Peatmoss	0.97	2.2	10.5	0.35	4.9
		Cocopeat	0.36	2.4	9.8	0.33	3.4
			**	ns	*	ns	ns
	Spring high	Peatmoss	0.46	2.3	10.2	0.34	3.6
		Cocopeat	0.34	2.3	10.0	0.34	3.1
			*	ns	ns	ns	ns
2021	Duke	Peatmoss	4.0	2.2	11.1	0.58	3.1
		Cocopeat	2.1	2.4	10.1	0.38	3.1
			*	ns	ns	*	ns
	Spring high	Peatmoss	5.2	3.3	11.2	0.48	3.8
		Cocopeat	2.9	3.2	11.0	0.36	2.7
			**	ns	ns	ns	*

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$ or 0.01 , respectively.

Discussion

Table 1에서 피트모스는 코코피트에 비해 총 질소 함량이 현저히 높고 유효인산과 치환성양이온은 큰 차이로 낮았지만, 토양에서 1 - 2년 경과 후에는 차이가 없거나 감소하였다 (Table 2). 이는 토양에서 이들 유기물이 분해되어 식물체에 흡수되었거나 물에 의해 용탈된 점도 있겠지만, 양액을 주기적으로 공급하여 토양에 양분이 잔류된 원인이 클 것으로 생각된다.

일반적으로 하이부쉬 블루베리는 질산태질소보다 암모니아태질소를 잘 흡수하는데, pH 4 - 5 토양에서 암모니아태질소가 유리한 것으로 알려져 있다 (Claussen and Lenz, 1999). 그러므로 이러한 pH에 근접한 피트모스 상토에서 질소 흡수량이 많아 수체의 영양생장이 양호하였을 것 (Townsend, 1967)으로 생각된다. Table 2에 나타난 토양분석 결과는 재식 2년 및 3년차이므로 뚜렷한 차이가 없지만 피트모스에 함유된 상당량의 질소 성분은 이미 식물체에 흡수되었을 가능성이 높다. 반면 코코피트 상토는 치환성양이온 함량은 높았지만 pH 5.2 - 5.8 범위에 있어 암모니아태질소 질소 흡수가 불리하여 영양생장이 악화되고 수체의 착과 능력 감소와 함께 수량도 줄어들 수밖에 없었던 것으로 판단된다. 만약 코코피트에 pH 조절을 위한 별도의 처리를 하였다면 수체 생장이 피트모스 상토와 비슷할 수도 있을 것이다.

또한 블루베리는 재배 토양의 적정 유기물함량은 3% 이상이 요구된다고 알려져 있다 (Haynes and Swift, 1985; Korcak, 1988; Westwood, 1993). 재식 2년차 때는 코코피트 상토에서 유기물 함량이 높았으나 3년차 때는 피트모스에서 높은 경향을 나타낸 것으로 보아 장기적으로 피트모스가 유기물 함량 유지에 유리한 것으로 판단된다. 블루베리는 근모가 없어 수분 및 양분스트레스에 민감하므로 (Eck et al., 1990), 충분한 유기물을 공급하여 보수력과 보비력을 높여 주는 것이 중요하다 (Spiers, 1986; Starast et al., 2002; Grajkowski et al., 2007; Xie and Wu, 2009; Ancu et al., 2010). 이런 측면에서 코코피트는 토양에 혼합되었을 때 유기물 함량이 빨리 감소하므로 블루베리 생육에 불리하게

작용했을 수도 있다. 그러므로 코코피트 상토에서 장기적으로 재배할 때는 피트모스보다 유기물 보충이 더 필요할 것이다. 한편 작물의 생장에 영향을 줄 수 있는 토양의 통기성 및 보수력 등에 대해서는 상토 종류별로 추가적인 조사가 필요한 것으로 생각된다.

Conclusions

본 연구결과는 코코피트보다 피트모스에서 블루베리 생육이 좋은 이유 중 토양의 pH가 큰 원인임을 확인시켜 주었다. 코코피트의 경우 가격이 싸고 다루기가 편리한 측면이 있더라도 단점을 보완하지 않으면 안정생산에 불리함을 알 수 있었다. 따라서 블루베리 상토로 피트모스가 유리하지만 코코피트를 사용할 경우 적정 pH 조절을 위한 조치가 따라야 할 것으로 판단된다.

References

- Ancu, I., M. Iancu, P. Mladin, and S. Ancu. 2010. The planting substrate effects on some growth characteristics of seven blueberry cultivars. *Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj-Napoca Hort.* 67:91-95.
- Brown, J.C. and A.D. Draper. 1980. Differential response of blueberry (*Vaccinium*) progenies to pH and subsequent use of iron. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 105:20-24.
- Claussen, W. and F. Lenz. 1999. Effect of ammonium or nitrate nutrition on net photosynthesis, growth, and activity of the enzymes nitrate reductase and glutamine synthetase in blueberry, raspberry and strawberry. *Plant Soil* 208:95-102.
- Eck, P. and N.F. Childers. 1989. *Blueberry culture*. 4th ed. Rutgers University Press, New Brunswick, London.
- Eck, P., R.E. Gough, I.V. Hall, and J.M. Spiers. 1990. Blueberry management. p. 273-301. In G.J. Galletta and D.G. Himelrick (eds.) *Small fruit crop management*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Grajkowski, J., I. Ochman, and Z. Mulinski. 2007. Firmness and antioxidant capacity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) grown on three types of organic bed. *Veg. Crops Res. Bull.* 66:155-159.
- Hall, I.V., L.E. Aalders, and L.R. Townsend. 1964. Nitrogen uptake in blueberry fields. *Can. J. Plant Sci.* 44:30-36.
- Haynes, R.J. and R.S. Swift. 1985. Effects of soil acidification on the chemical extractability of Fe, Mn, Zn and Cu and the growth and micronutrient uptake of highbush blueberry plants. *Plant and Soil* 84:201-212.
- Jung, B.G., J.W. Choi, E.S. Yun, J.H. Yoon, and Y.H. Kim. 2001. Monitoring on chemical properties of bench marked upland soils in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34:326-332.
- KBA. 2019. *Blueberry newsletter*. Korea Blueberry Association, Jangheung, Korea.
- Kim, H.L., H.D. Kim, J.G. Kim, Y.B. Kwack, and Choi, Y.H. 2010. Effect of organic substrates mixture ratio on 2-year-old highbush blueberry growth and soil chemical properties. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:858-863.
- Korcak, R.F. 1988. Nutrition of blueberry and other calcifuges. *Hortic. Rev.* 10:183-227.
- RDA. 2002. *Standard analysis of substrate*. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2020. *Blueberry*. Rural Development Administration, Wanju, Korea.
- Retamales, J.B. and J.F. Hancock. 2012. Blueberries. p. 51-54. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Shin, B.K., J.E. Son, and J.M. Choi. 2012. Physico-chemical properties of peatmoss and coir dust currently used as root medium components for crop production in Korean plant factories. *J. Bio-Env. Con.* 21:362-371.
- Spiers, J.M. 1982. Fertilization, incorporated organic matter and early growth of rabbiteye blueberries. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107:1054-1058.

- Spiers, J.M. 1986. Root distribution of 'Tifblue' rabbiteye blueberry as influenced by irrigation, incorporated peatmoss, and mulch. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 111:877-880.
- Starast, M., K. Karp, and T. Paal. 2002. The effect of using different mulches and growth substrates on half-highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* × *V. angustifolium*) cultivars 'Northblue' and 'Northcountry'. *Acta Hortic.* 574: 281-286.
- Townsend, L.R. 1967. Effect of ammonium nitrogen and nitrate nitrogen, separately and in combination, on the growth of the highbush blueberry. *Can. J. Plant Sci.* 47:555-562.
- Westwood, M.N. 1993. *Temperate-zone pomology*. p. 100-101. Timber Press, Portland, OR, USA.
- Xie, Z.S. and X.C. Wu. 2009. Studies on substrates for blueberry cultivation. *Acta Hortic.* 810:513-520.