

경북에서 도입 콤먼베치 및 자생종의 생육특성과 수량

신정남¹ · 고기환^{1*} · 김종덕²

¹계명문화대학교, 대구, 704-703, ²천안연암대학, 천안, 330-709

Agronomic Characteristics and Productivity of Introduced Common Vetch (*Vicia sativa*) Cultivars and Korean Wild Common Vetch in Kyeongbuk

Chung Nam Shin¹, Ki Hwan Ko^{1*} and Jong Duk Kim²

¹Keimyung College University Daegu 704-703, Korea,

²Division of Animal Husbandry, Cheonan Yonam College, Cheonan 330-709, Korea

ABSTRACT

This experiment was conducted to evaluate agronomic characteristics, forage quality, and dry matter (DM) yield of hairy vetch 'Cold green', common vetch 'Maxivesa', 'Wild common', 'Rasina', 'Morava', and 'Blanchefleur', at Seongju in Kyeongbuk from 2010 to 2012. The experiment was arranged in randomized complete block design with three replications. Vetches were seeded on the 10th of Oct. 2010 and on the 3rd of Oct. 2011. Vetch plants were harvested on the 4th of May 2011 and on the 10th of May in 2012. 'Cold green' and 'Wild common' exhibited greater cold tolerance than other cultivars. Fifty percent-flowering of 'Cold green' occurred on the 22nd of Apr., whereas that of 'Wild common' occurred on the 26th of Apr. and those of 'Rasina' and 'Blanchefleur' occurred on 28th of Apr. and that of 'Maxivesa' occurred on 17th of May. The DM yield of 'Cold green' was higher ($p < 0.05$) than all other cultivars, whereas the DM yield of 'Wild common' was higher ($p < 0.05$) than those of the remaining 4 cultivars. According to the results obtained from this study, it is suggested 'Wild common' vetch is be recommendable for cultivation where increased DM production is sought.

(Key words : Common vetch, Cold tolerance, Flowering date, Yield)

I. 서 론

사초 또는 녹비용으로 사용되는 *Vicia*속의 베치류의 종류는 다양하며 콤먼베치 (Common vetch; *Vicia sativa* L.), 헤어리베치 (Hairy vetch; *Vicia villosa* Roth), 울리포드베치 (Wolypod vetch; *Vicia villosa ssp. dasycarpa* (Ten.) Eav.), 퍼플베치 (Purple vetch; *Vicia benghalensis* L.) 등이 있다 (Park et al., 1982; Walton, 1991).

헤어리베치는 winter vetch, fodder vetch, woolypod vetch 라고도 하며 콤먼베치는 spring vetch라 부르기도 한다. 헤어리베치는 내한성이 강하여 중북부 이북지방에서도 재배가 가능하며 울리포드베치는 내한성이 다소 약하며 (Shin and Ko, 2003, 2011) 콤먼베치와 퍼플베치는 내한성이 약하여 경북지역이나 수원지역에서 월동이 불가능하거나 수량이 낮다고 보고된 바 있다 (Shin et al., 2000; Kim et al., 2004). 미국에서도 내한성이 강한 헤어리베치는 적응성

이 광범위한 지역에 걸쳐 있으나 콤먼베치는 겨울이 온난한 지역에서만 재배될 수 있으며 배수가 불량한 토양에서 헤어리베치가 콤먼베치보다 내습성이 강하다. 일반적으로 베치는 대부분의 두과작물보다 내산성이 강하다고 보고된 바 있다 (Hoveland and Townsend, 1985). 또한 베치는 토양의 적응범위가 넓어 경사토나 진흙땅에서도 재배가 가능하고 산성토양에도 다른 두과작물보다 잘 견딘다 (Bull and Mayfield, 1992).

베치의 재배 면적은 시대 상황에 따라 다소 변화가 심한데, 1900년대 초 미국 남부지역에서도 겨울철 녹비작물로 널리 재배되었으나 그 후 질소비료의 가격하락으로 재배면적이 크게 줄었다 (Hoveland and Townsend, 1985).

그런데 호주에서는 1992년 재배면적이 13,000 ha 이던 것이 2011년에는 500,000 ha로 증가 될 것으로 예상하고 있으며 울리포드베치와 콤먼베치를 주로 재배하고 이용형태는 건초나 사일리지로 약 70%, 녹비작물로 15%, 곡물

* Corresponding author : Ki Hwan Ko, Golf course & Horticulture Faculty, Keimyung College, Daegu 704-703, Korea. Tel : +82-53-589-7636, Fax : +82-53-589-7580, E-mail : kkh1119@kmcu.ac.kr

(콤먼베치)로 약 10%가 이용되며, 강우량이 낮은 지역에 적응성이 우수하고 작물윤작에 적합한 품종개발 연구를 진행중에 있다(Matic et al., 2008).

베치 속(屬)은 아니지만 영어명이 밀크 베치(milk vetch)인 자운영은 중국원산의 목초로서 우리나라 남부지방에서도 자생하고 있으며 1960년에는 그 재배면적이 37,000 ha에 이르렀으며 헤어리베치는 9천여 ha가 재배되었고 1980년 이후에는 재배가 거의 중단되었다(Park et al., 1982). 최근에 지속가능한 환경농축산업의 중요성이 강조되면서 화본과 위주의 사료·녹비작물재배에서 콩과작물의 중요성이 강조되고 있으며 헤어리베치 종자수입량이 2010년에는 1,300톤에 이르렀다. 베치의 재배 면적이 증가됨에 따라 2005년부터 농가의 품종 선택에 도움을 주기 위하여 수입 적응시험 대상 작물로 선정되었으며 이를 계기로 헤어리베치 6품종이 장려품종으로 선정되었으나 콤먼베치 장려품종은 없다. 그런데 헤어리베치는 독성이 있어 종자나 식물체를 섭취했을 때 소가 여러 증상으로 폐사했다는 보고가 있었으나 사일리지나 건초 섭취 시 발병한 예는 보고된 바 없다(Roger et al., 1992). 그러므로 헤어리베치를 방목이나 청초로 이용할 때 개화 50%에서 깎지 50% 형성 시까지 사용이 불가능하다고 했으나 콤먼베치는 독성을 일으키는 항영양인자(anti nutritional component)가 없어 종자나 식물체 전체를 안전하게 급여할 수 있다(Matic et al., 2008). 이러한 점을 감안하여 본 연구에서는 경북에서 2모작 작부 체계에 알맞은 조숙성이며 다수성인 콤먼베치 품종을 선발하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 포장 시험 및 사료가치

1년차 시험은 2010년 10월 11일에 파종하여 2011년 5월 4일에 수확하였고, 봄파종 시험은 2011년 3월 29일에 파종하여 동년 5월 29일 수확하였으며 2년차 시험은 2011년 10월 3일 파종하여 2012년 5월 10일에 수확하였으며 경북 성주 계명문화대학 실험목장에서 수행하였다.

시험에 사용한 헤어리베치의 품종은 조생종으로 국내개발품종인 Cold green, 콤먼베치는 자생지에서 채종한 Wild common, 호주에서도 도입한 Rasina, Morava 및 Blanche fleur 와 미국에서 도입한 Maxivesa를 이용하였다. 시험설계는 품종을 처리로한 6처리 3반복 난괴법으로 하였으며, 시험구의 크기는 6 m² (4 × 1.5 m)였다. 파종량은 40 kg/ha이었고 조파하였으며 시비량은 기비로 질소 30 kg/ha, 인산 150 kg/ha, 칼리 80 kg/ha을 주었다. 시험포장의 토양분석결과는 Table 1과 같으며 시험기간 동안의 기온과 강수량은 Table 2와 같다. 생육특성은 유식물활력, 내병성, 내충성, 내도복성 및 내한성을 조사하였으며 평점은 1에서 9까지 점수를 부여하였고, 아주 나쁜 경우를 9로 하고 아주 좋은 경우 1로 점수를 평가했다.

청초의 건물함량 측정은 각 처리구에서 고르게 2~3 kg을 전체수량에서 고르게 시료를 채취하여 잘게 썰고, 잘 혼합한 후 65℃로 조절된 송풍건조기 내에 청초 100 g씩 3반복으로 건조용 접시에 담아 72시간 이상 향량이 될 때까지 건조 후 측정하였다. 분석용 시료는 건물측정 후 분쇄(공

Table 1. Soil characteristics of experimental field at Seongju

pH (1:5)	T-N (%)	Organic matter (g/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol ⁺ /kg)		
				K	Ca	Mg
6.20	0.25	17.00	300.00	1.80	5.90	3.90

Table 2. Mean air temperature and precipitation during experiment in Kyeongbuk, 2010 to 2012

Month	Temperature			Precipitation		
	30 years 1981~2010	2010~2011	2011~2012	30 years 1981~2010	2010~2011	2011~2012
 °C mm		
December	2.9	2.0	2.3	21.5	27.4	9.6
January	0.6	-2.5	0.6	20.6	1.0	8.1
February	3.0	4.2	1.2	28.6	64.4	7.1
March	7.7	6.9	7.6	48.1	16.5	82.1
April	14.2	13.7	15.1	62.5	104.5	74.4
May	19.1	18.8	20.1	80.8	156.8	50.6
Mean temp. and total precipi.	7.9	7.2	7.8	262.1	370.6	231.9

경 1 mm)하여 사용하였다. 조단백질 함량은 AOAC법 (1995)에 따라 분석하였으며 NDF (neutral detergent fiber)와 ADF (acid detergent fiber)는 Goering과 Van Soest (1970)의 방법으로 분석하였다. 가소화건물 (digestible dry matter : DDM), 상대사료가치 (relative feed value; RFV)의 계산은 미국초지협회 (Linn and Martin, 1989)의 기준으로 가소화건물 (DDM, %) = 88.9 - (0.779 × ADF, %)을 계산하였으며 이때 ADF, %는 건물기준이다. 상대사료가치의 계산은 상대사료가치 (RFV) = 가소화건물 (DDM) × 건물섭취량 (DMI) ÷ 1.29이며 이 때 체중의 %에 대한 건물섭취량 (DMI) = 120 ÷ 사초의 NDF%이다. 이 때 NDF%는 건물기준이다. 통계분석방법은 SAS (1999) 프로그램 (ver. 6.12)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리 간의 비교는 최소유의차 (LSD)를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 베치의 생육특성 및 건물함량

2010년과 2011년 가을에 파종하고 이듬해 봄에 수확한

베치의 품종별 생육특성과 건물함량은 Table 3과 같다. 가을 초형은 Wild common은 부복형이었으며 다른 5품종은 반직립형이었다. 유식물 활력은 Wild common을 제외하고는 모두 우수한 경향을 보였다. 내도복성은 Cold green, Wild common 및 Blanchefleur가 미미하나마 다른 품종에 비하여 약한 경향을 보였다. 내한성은 Cold green과 Wild common이 우수했으며 다른 품종들은 약했고 2011년 대비 2012년도에 동해가 심한 것은 2012년 늦겨울 (2월) 기온이 평년 기온보다 낮았으며 2011년에 비해 적설량이 거의 없어 늦은 겨울에 휴면이 타파되고 생장이 시작될 무렵 기온이 내려가서 더 많은 냉해를 입었기 때문인 것으로 생각된다.

개화기는 Cold green 4월 22일, Wild common 4월 26일, Rasina와 Blanchefleur 4월 28일로 비교적 조생이었으며 Morava 5월 5일 및 Maxivesa 5월 17일로 중만생종에 해당되었다. 꽃색은 Blanchefleur의 흰색을 제외하고는 다른 품종은 자주색이었다. 초고는 44~67 cm의 범위였으며 Cold green이 가장 길었고 Rasina가 가장 짧았다. Maxivesa는 Rasina를 제외한 다른 베치품종들 보다 초고가 낮은 것은 동일 시기에 수확하여 개화기가 늦은 만생종이었기 때문이라 생각된다. 건물함량의 범위는 13.8~16.9%의 범위를 보

Table 3. Agronomic characteristics of vetch, 2010 to 2012

Cultivar	Year	Growth habit in fall	Seedling vigor	Disease resistance	Insect resistance	Logging resistance	Cold resistance	Flowering date	Flower color	Pant height	Dry matter
			1-9*							... cm % ...
Cold green	2011	se**	1	1	1	2	1	18 Apr.	Purple	66	15.1
	2012	se	1	1	1	2	1	25 Apr.	Purple	68	15.2
	Mean	se	1	1	1	2	1	22 Apr.		67	15.2
Maxivesa	2011	se	1	1	1	1	3	13 May.	Purple	45	13.9
	2012	se	1	1	1	2	8	20 May.	Purple	48	13.6
	Mean	se	1	1	1	2	6	17 May.		47	13.8
Wild Common	2011	p***	3	1	1	2	1	22 Apr.	Purple	65	14.7
	2012	p	3	1	1	2	1	29 Apr.	Purple	50	14.6
	Mean	p	3	1	1	2	1	26 Apr.		58	14.7
Rasina	2011	se	1	1	1	1	7	24 Apr.	Purple	48	16.9
	2012	se	1	1	1	2	9	1 May.	Purple	40	16.7
	Mean	se	1	1	1	2	8	28 Apr.		44	16.8
Morava	2011	se	1	1	1	1	5	1 May.	Purple	48	16.8
	2012	se	1	1	1	2	9	8 May.	Purple	43	16.4
	Mean	se	1	1	1	2	7	5 May.		46	16.6
Blanchefleur	2011	se	1	1	1	2	4	24 Apr.	White	60	16.9
	2012	se	1	1	1	2	8	1 May.	White	45	16.9
	Mean	se	1	1	1	2	6	28 Apr.		53	16.9

* Rating : 1 = outstanding, 9 = poor.

** se = semi-erect

*** p = prostrate

였으며 만생종인 Maxivesa가 가장 낮았고 조중생종인 Rasina, Blanchefleur 및 Morava는 비슷한 경향을 보였다.

2011년 봄에 파종한 베치의 생육특성과 건물함량은 Table 4와 같다. 봄철에 파종한 베치의 개화기는 가을 파종보다 약 20 정도 늦었으며, Rasina와 Blanchefleur가 5월 20일로 가장 빨랐고 Maxivesa는 6월 8일로 가장 늦어 가을 파종의 개화시기와 비슷한 경향을 보였다. 초고는 Blanchefleur가 가장 길었으며 Maxivesa가 가장 짧았으며 Rasina는 Morava 보다는 다소 길었다. 이러한 경향은 가을에 파종했던 것과 유사한 경향을 보였다. 건물함량은 Rasina, Morava 및 Blanchefleur는 비슷하였고 Maxivesa가 다소 낮았다.

2. 베치의 건물수량 및 사료가치

베치 품종별 건물수량은 Table 5와 같다. 2011년 5월 4일에 수확한 1년차 시험에서 건물수량은 Cold green, Wild common, Maxivesa, Blanchefleur, Morava 및 Rasina의 순서로 각각 7,439, 5,447, 3,339, 3,131, 1,845 및 1,261 kg/ha이었다. Cold green은 다른 5품종보다 수량이 높았으며 (p<0.05), Wild common은 나머지 4품종보다 많았으며 (p<0.05), Maxivesa와 Blanchefleur는 Rasina와 Morava보다

는 높았다.(p<0.05). 이와 같이 콤먼베치 중에서 Wild common을 제외한 4품종의 수량이 낮은 것은 Table 3에서와 같이 내한성이 Wild common에 비하여 다른 콤먼베치 품종들은 낮아 추위피해를 입었기 때문이다.

2012년 5월 10일에 수확한 2년차 시험에서 건물수량은 Cold green은 다른 5품종보다 높았으며 (p<0.05), Wild common은 나머지 4품종보다 높았다 (p<0.05). 2년차 시험에서 1년차 시험에서보다 콤먼베치의 수량이 더 낮아진 이유는 Table 3에서 보여주는 바와 같이 2년차에는 추위의 피해를 더 받아 내한성이 1년차보다 더 낮아진 것이 그 이유였다.

2011년 봄파종 베치의 품종별 건물수량은 Table 6과 같다. Blanchefleur는 Rasina와는 수량차이가 없었으나 Maxivesa나 Morava 보다는 많았으며 (p<0.05), Rasina는 Morava와는 차이가 없었으나 Maxivesa 보다는 많았다 (p<0.05). 이러한 결과는 조생품종이 만생품종보다 수량이 높았으며, 헤어리베치 조기수확 시 조생품종이 만생품종보다 수량이 많았다는 다른 연구결과와도 유사한 경향을 보였다 (Shin and Ko, 2011).

베치의 품종별 사료가치는 Table 7과 같다. CP 함량은 조생계통 Cold green, Wild common, Rasina 및 Blanchefleur에 비해 중만생계통 Morava와 Maxivesa가 높았다 (p<0.05).

Table 4. Agronomic characteristics of vetch seeded on spring, 2011

Cultivar	Seedling vigor	Disease resistance	Insect resistance	Logging resistance	Flowering date	Flower color	Plant height	Dry matter
		1-9*					... cm % ...
Maxivesa	1	2	1	1	8 June.	Purple	35	12.9
Rasina	1	2	1	1	20 May.	Purple	45	13.5
Morava	1	2	1	1	26 May.	Purple	40	13.4
Blanchefleur	1	2	1	1	20 May.	White	48	13.5

* Rating : 1 = outstanding, 9 = poor.

Table 5. Dry matter yield of vetch cultivar, 2010 to 2012

Year	Dry matter yield (kg/ha)					
	Cold green	Maxivesa	Wild common	Rasina	Morava	Blanchefleur
2011	7,439 ^a	3,339 ^c	5,447 ^b	1,261 ^d	1,845 ^d	3,131 ^c
2012	6,911 ^a	835 ^c	4,770 ^b	315 ^d	461 ^{cd}	783 ^c
Mean	7,175 ^a	2,087 ^c	5,109 ^b	788 ^d	1,153 ^d	1,957 ^c

^{abcd} Means in the same row with different letters were significantly different (p<0.05)

Table 6. Dry matter yield of vetch cultivar seeded on spring, 2011

Dry matter yield (kg/ha)			
Blanchefleur	Rasina	Morava	Maxivesa
1,450 ^a	1,360 ^{ab}	1,240 ^b	1,050 ^c

^{abc} Means in the same row with different letters were significantly different (p<0.05)

Table 7. The content of crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), dry matter digestibility (DDM) and relative feed value (RFV) of vetch cultivar, 2011

Cultivars	CP	ADF	NDF	DDM*	RFV**
 % , DM basis				
Cold green	17.4 ^b	35.9 ^a	51.3 ^a	60.9 ^b	110
Maxivesa	20.1 ^a	33.0 ^b	48.2 ^b	63.1 ^a	122
Wild common	17.8 ^b	35.3 ^a	50.4 ^a	61.4 ^b	113
Rasina	18.2 ^b	35.0 ^a	50.3 ^a	61.6 ^b	114
Morava	19.3 ^a	33.6 ^b	48.9 ^b	62.7 ^a	119
Blanchefleur	18.0 ^b	34.8 ^a	50.6 ^a	61.8 ^b	114

^{abc} Means in the same column with different letters were significantly different ($p < 0.05$).

* DDM, % : calculated.

** RFV : calculated.

ADF 함량은 조생계통에 비해 중만생계통이 낮았고 ($p < 0.05$), NDF 함량 또한 조생계통에 비해 중만생계통이 낮았으며 ($p < 0.05$) DDM 함량은 조생계통에 비해 중만생계통이 높은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 이러한 결과는 식물의 생육단계가 진행되면 CP 함량은 감소되고 섬유소는 증가되는 경향을 보여주었으며 품종 간의 차이보다는 수확시의 생육단계 즉 개화기의 차이에 기인된 것으로 생각된다. RFV는 2등급 (103-124)에 속하는 110-122의 범위였다. 이러한 사초품질에 관한 시험결과는 다른 연구보고 (Shin et al., 2000; Lee et al., 2007; Shin and Ko, 2011)와 대체로 유사한 경향을 보여주었다.

IV. 요약

본 시험은 2010년부터 2012년까지 경북 성주에서 2모작 작부체계에 알맞은 다수성이며 조숙성인 콤멘베치의 품종을 선발 할 목적으로 헤어리베치 Cold green, 콤멘베치 Maxivesa, Wild common, Rasina, Morava 및 Blanchefleur의 생육특성, 건물수량 및 사초품질을 평가하였다. 시험설계는 품종을 처리로한 6처리 3반복의 난괴법으로 배치하였다. 파종은 2010년 10월 11일과 2011년 10월 3일에 하였으며 수확은 2011년 5월 4일과 2012년 5월 10일에 실시하였다. 가을의 초형은 Wild common은 부북형이었으며 다른 품종들은 반직립형이었다. 유식물의 활력은 다른 품종들에 비해 Wild common이 다소 낮았다. 내한성은 Cold green과 Wild common이 우수했으나 다른 콤멘베치 품종들은 낮았다. 개화기는 Cold green이 4월 22일로 가장 빨랐으며 Wild common은 4월 26일 Rasina와 Blanchefleur가 4월 28일이었으며 Maxivesa가 5월 17일이었다. 1년차 시험에서 건물수량은 Cold green은 다른 5품종보다 수량이 높았으며

($p < 0.05$), Wild common은 나머지 4품종보다 많았으며 ($p < 0.05$), Maxivesa와 Blanchefleur는 Rasina와 Morava보다 높았다 ($p < 0.05$). 2년차 시험에서도 건물수량은 Cold green은 다른 5품종 보다 높았으며 ($p < 0.05$), Wild common은 다른 4품종보다 높았다 ($p < 0.05$). 일반적으로 베치의 CP 함량은 높았고 섬유소함량은 낮았다. 가을 파종 콤멘베치의 품종은 개화기가 빠르며 내한성이 강한 Wild common이 좋을 것으로 생각된다.

V. 인용 문헌

- AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical chemists, Washington DC.
- Bull, B. and Mayfield, A. 1992. Growing Vetch. Bold Images, Australia.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. Agriculture. Handbook. 397. ARS. USDA. Beltsville.
- Hoveland, C.S. and Townsend, C.E. 1985. Winter annual legumes, Vetches. In Heath, M.E., R.E. Barnes and D.S. Metcalfe: Forages (4th Ed.), Iowa State University, Iowa, USA. pp. 149-151.
- Kim, J.G., Chung, E.S., Lim, Y.C., Seo, S. and Kim, M.J. 2004. Studies on the comparison of agronomic characteristics and productivity in introduced vetch cultivar. Journal of the Korean Grassland and Forage Science. 24:177-182.
- Lee, J.K., Lim, K.B., Kim, K.Y., Choi, G.J., Seong, B.R., Seo, S., Ji, H.C., Choi, Y.S., Shin, C.N. and Park, H.S. 2007. Comparison of growth characteristics and productivities of hairy vetch (*Vicia villosa*) varieties. Journal of the Korean Grassland and Forage Science. 27:249-256.
- Linn, J.G. and Martin, N.P. 1989. Forage quality tests and interpretation. AG-FO-2637, Minnesota Extension, USA.

- Matic, R., Nagel, S., Kirby, G., Young, I. and Smith, K. 2008. Vetch breeding and use in Australia. Field Crop Improvement Centre, South Australia's Research and Development Institute (SARDI).
- Park, C.H., Lee, J.Y. and Kim, D.A. 1982. Forage and green manure crops. Hyangmoonsa. Seoul. pp. 270-286.
- Roger, J.P., Moiser, D.A. and Ritchey, J.W. 1992. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) poisoning in cattle: update and experimental induction of disease. Journal of Veterinary Diagn Invest 4:318-325.
- SAS. 1999. SAS User's Guide Statistics. SAS Inst, In, Cary. NC.
- Shin, C.N. and Ko, K.H. 2011. Performance trial for developing high-yielding and early maturing hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) cultivar under double cropping system. Journal of the Korean Grassland and Forage Science. 31:243-250.
- Shin, C.N. and Ko, K.H. 2003. Comparison of forage performance of introduced vetch cultivars and Korean wild vetch. Journal of the Korean Grassland and Forage Science. 23:223-228.
- Shin, C.N., Kim, D.A., Ko, K.H. and Kim, Y.W. 2000. Forage performance of introduced vetch cultivars and Korean native vetch. Journal of the Korean Grassland and Forage Science. 20:251-258.
- Walton, G. 1991. Vetches. Farmnote (NO.56/91), West Aust. Dept. of Agri. Australia.

(Received April 12, 2013/Accepted May 15, 2013)