

原著論文 (一般論文)

無処理杉ノコクズを主要な粗飼料とする黒毛和種繁殖牛の飼養におけるノコクズの粒度が反芻行動, ルーメン液性状および血液性状に及ぼす影響

中川敏法¹・福山喜一¹・小林郁雄¹・新美光弘²・川村 修²

宮崎大学大学院農学工学総合研究科・

¹ 宮崎大学農学部附属自然共生フィールド科学教育研究センター・² 宮崎大学農学部

(受付 2010 年 7 月 7 日 ; 受理 2010 年 8 月 5 日)

要 約 宮崎県内の黒毛和種繁殖牛飼養農家で, 無処理の杉ノコクズを主要な粗飼料とする飼養法が普及しつつある. 本研究では, この飼養法におけるノコクズの粒度が採食・反芻, 粗飼料因子(RVI), ルーメン液性状, 血液性状に及ぼす影響について調査した. 3頭の黒毛和種繁殖牛を用い, 約1カ月間の試験期間の前半を対照区, 後半を処理区とした. 対照区では通常のノコクズを, 処理区では5 mm 篩を通したノコクズを, それぞれ濃厚飼料と3:4で混合して給与した. 両試験区ともローズグラス乾草を1日1頭当たり0.5 kg 補給した.

その結果, 反芻期数, 平均反芻時間, 採食終了から反芻開始までの時間, RVIは試験区間に有意差が認められなかった. また, 反芻時間は両試験区とも十分に確保された. ルーメン液性状, 血液性状についても, 両試験区ともに特に問題はなかった. 以上のことから, このような飼養法においては, ノコクズの粒度に特に留意する必要はないと考えられた.

日本暖地畜産学会報 53 (2) : 127-132, 2010

キーワード: 血液性状, 杉ノコクズ, 粗飼料因子, 粒度, ルーメン液性状

緒 言

我が国は国土の3分の2を森林が占める木質系資源に恵まれた環境にありながら, 木材の自給率が20%程度に留まっている. そのため, 国内の森林の多くは手入れ不足による荒廃が憂慮されており, 木質系資源の有効活用が望まれている(原田 2003). 木質系資源の飼料的利用に関しては, かなり以前から多くの研究がなされている. たとえば我が国では, 1981年から農林水産省の“バイオマス変換計画”の一環として, 木質系資源(主に広葉樹)の飼料化技術に関する試験が多数行われてきた(斎藤ら 1987; 寺田ら 1988; 緒方ら 1990). 木質系資源は, 家畜による消化性が著しく低い. このことから, 従来の研究は, 主要な消化阻害因子であるリグニンの分解・除去に主眼を置いて実施された. しかしながら, リグニンの分解・除去にコストが嵩むことや, 処理によって有害物質が生じる可能性があることなどから, 一般農家にはほとんど普及していない(農林水産省 1988).

また, 我が国の家畜飼養においては, 生産者の高齢化が進み, 省力化が望まれている.

このような中で現在, 宮崎県内の黒毛和種繁殖牛飼養農家では, 無処理の杉ノコクズ(以下, ノコクズ)を主要な粗飼料とする飼養法が普及しつつある(福山 2005). この飼養法は牧草の代わりにノコクズを濃厚飼料と混合して給与する方法で, 一般的にはノコクズと濃厚飼料を3:4(原物比)で混合したものに, 少量の長モノ(乾草, イナワラ等)を補給して行われ, 1) 飼料給与時間が短縮できる, 2) 牧草生産のための労働力および特別な機械・設備が不要である, 3) 糞中の水分含量が少なく除糞作業が比較的容易である, といった利点が認められている(福山ら 2006). 現在までのところ, ノコクズの採食性, ノコクズを採食した場合のルーメン液性状, 血液性状, 繁殖成績に関して大きな問題はないことが報告されている(福山ら 2004, 2006; 福山 2005). また, ノコクズには栄養供給機能はなく, 主に反芻を促すための粗飼料因子(RVI; Roughage Value Index)として働くことが明らかになっている(中川ら 2009). 反芻を促すためには, 粗飼料の長さが平均で5 mm以上必要とされており(山崎 1998), 通常用いられるノコクズには, 5 mm

以上の粒子が約 15% (乾物割合) 混在している(福山 2005)。一方、採食性が良くなるという理由でより細かいノコズを給与する農家もみられる。これらのことから、給与するノコズの粒度が反芻行動および家畜の健康状態に関する知見を得る必要があると思われた。そこで本研究では、通常用いられるノコズを給与した場合と、5 mm の篩を通した細かい粒度のノコズを給与した場合の反芻時間、採食・反芻パターン、RVI、ルーメン液性状、血液性状について検討した。

材料および方法

供試動物として宮崎大学農学部附属自然共生フィールド科学教育研究センター住吉フィールドで飼養している黒毛和種繁殖牛 3 頭(試験開始時の体重は、供試牛 A: 443 kg, 供試牛 B: 364 kg, 供試牛 C: 396 kg)を用いた。試験期間は約 1 カ月間の前半を対照区にあて、通常のノコズと濃厚飼料(バイオ繁殖、バイオあしかび、宮崎県児湯郡、CP12%, TDN68%)を 3:4 (原物比)の割合で混合して朝 9 時に給与し、後半を処理区として、対照区で用いたノコズを篩を用いて 5 mm 以上の粒子を除去し、濃厚飼料と 3:4 (原物比)の割合で混合して朝 9 時に給与した。なお、本実験で用いたノコズ中の、5 mm 以上の粒子割合(乾物)は 14.3% であった。混合飼料の給与量は、試験開始時に測定した各供試牛の体重の維持要求量を満たすように設定した。用いたノコズの乾物率は、対照区と処理区でそれぞれ 72.6%, 74.2% で、試験区間の乾物摂取量は同程度であった。また、両試験区とも 1 日 1 頭当たり 0.5 kg (原物)のローズグラス乾草を夕方 4 時に補給した。なお、各飼料とも個体毎に給与し、水は自由に摂取させた。

供試動物の体重測定は各試験区の開始日および終了日の朝、混合飼料の給与直前に行った。採食、反芻時間は、各試験区終了日の前日の朝、混合飼料給与直後から 2 日間連続で観察・計測した。ルーメン液は、混合飼料の給与直前、給与 4 時間後および給与 6 時間後に経口カテーテルを用いて採取し、血液は、混合飼料の給与直前に頸静脈より採取した。なお、ルーメン液と血液は、各試験区の飼料給与開始 10 日目以降に採取した。

ルーメン液は採取後、ただちにガラス電極 pH メーター (HM-60V; 東亜電波工業株式会社, 東京)で pH の測定を行い、その後、2 重ガーゼで濾過したものを分析用として凍結保存した。分析にあたっては、これを解凍し、揮発性塩基態窒素(VBN)は水蒸気蒸留法(阿部 2001)で、揮発性脂肪酸(VFA)はルーメン液 10 ml に 50% リン酸 2.0 ml と内部標準としてクロトン酸を加え、一夜冷所に放置後ガスクロマトグラフィ法(GC 14B; 島津製作所製, 京都, カラム充填剤:

FAL-M)で測定した。また、ルーメン液をメチルグリーン-ホルマリン-食塩溶液で染色し、グリセリン溶液で希釈した後、界線入計数板に滴下し、顕微鏡下で原虫数の計数を行った(中村ら 1973)。

血液一般検査は、白血球数(WBC)、赤血球数(RBC)、ヘモグロビン、ヘマトクリット、平均赤血球色素量(MCH)、平均赤血球色素濃度(MCHC)、血小板数、リンパ球割合(白血球百分率)については多項目自動血球計数装置(シスメックス株式会社, 神戸)で、血糖については生化学自動分析装置(富士フィルム株式会社, 東京)で分析した。

血清生化学検査は、3,000 rpm で 15 分間遠心分離後、総タンパク質濃度(TP)、アルブミン濃度(Alb)、尿素態窒素濃度(BUN)、カルシウム(Ca)、無機リン(IP)、マグネシウム(Mg)について株式会社ビー・エム・エル(宮崎市)に分析を依頼した。

得られたデータは、対応のある t 検定で有意差を検定した。

結果および考察

供試牛 C では、対照区で混合飼料の残餌が若干みられた(平均 36 g/日)が、それ以外ではすべての給与飼料が採食された。処理区では、どの供試牛でも残餌はみられなかった。試験開始日から試験終了日までの体重の変化について、対照区では、供試牛 A, B, C でそれぞれ -5, +3, ± 0 kg, 処理区では、供試牛 A, B, C でそれぞれ +2, -7, +6 kg と、供試牛 3 頭とも大幅な増減はみられなかった。

総反芻時間、反芻期数、1 反芻期当たりの平均反芻時間、採食終了から反芻開始までの経過時間および RVI については、いずれの項目も対照区と処理区との間に有意差は認められなかった(表 1)。総反芻時間は、一般的に 4 ~ 9 時間/日程度とされており(鈴木 1988)、両試験区ともにこの範囲内であった。反芻期数および平均反芻時間はそれぞれ通常 1 日 10 ~ 20 回、20 ~ 60 分とされており(鈴木 1988)、両試験区ともにこの範囲内であった。採食終了後 45 ~ 70 分で反芻が開始されると言われている(森本 1989)が、両試験区ともその 2 倍以上の時間を要した。このように採食終了後から反芻開始までの時間が長くなることは、粒度の違いにかかわらずノコズを給与した場合の一つの特徴であると考えられた。飼料物理性の指標となる RVI は、乳牛では乳脂率を 3.5% 以上に維持し、生産病を防止するために 31 分/DMI・kg 以上が必要であると言われている(Sudweeks ら 1981)。肉用牛に関しては明確な数値は示されていないが、両試験区とも 80 分/DMI・kg 以上を示し、粒度が小さいノコズでも十分な物理性が得られると考えられた。しかしながら、現在ノコズを給与している農家では、一般的に長モノ(乾草・イナワラ)

表 1. 反芻時間, 反芻パターン, RVI

	対照区	処理区	区間差
総反芻時間(分/日)	419.7	401.8	NS
反芻期数(回/日)	13.7	12.0	NS
1反芻期当たりの平均反芻時間(分)	30.8	33.8	NS
採食終了から反芻開始までの経過時間(分)	160.8	202.5	NS
RVI (分/DMI・kg)	86.2	82.2	NS

供試牛 3 頭の平均値.
NS: 有意性なし.

が補給されることが多い. 本研究においても対照区, 処理区ともにローズグラス乾草を 1 日 1 頭当たり 500 g 補給した. 補給した乾草が反芻の促進に対してどのような役割を果たしているのかは明らかではないが, Robert ら(1972)はショートリーフサザンパインのノコクズを 2 週齢のホルスタイン雄牛に給与した試験において, 乾草を補給することで消化物の通過が促進され, その結果通常ルーメン粘膜の形成・維持ができたと報告している. このことから, 乾草には消化機能を正常に保つための一定の効果があると考えられ, 今後乾草補給の効果についても調査する必要がある.

ルーメン液性状を表 2 に示した. pH については, 混合飼料の給与直前に対照区と処理区との間で有意差が認められた ($P<0.05$) が, 混合飼料の給与後は, 試験区間に有意差は認められなかった. 両試験区とも, 混合飼料の給与直前には 7.5 前後で, 飼料摂取後でも 6.5 以上を示した. 前述のように, 飼料の採食終了から最初の反芻開始までの経過時間が 3 時間前後 (160 ~ 200 分) と長く, その間は咀嚼行動が行われていない. すなわち, この間は緩衝作用を持つ唾液の分泌が比較的少なくなっていると推察される. にもかかわらず, 飼料給与 4 時間後および 6 時間後のルーメン pH は著しい低下を示さなかった.

ルーメン VBN 濃度は, 5 ~ 10 mgN/dl 前後が至適濃度とされている (板橋 1998). 両試験区とも混合飼料の給与直前には 15 mgN/dl 前後と高い値を示したが, 飼料摂取後には至適濃度範囲付近となった. ルーメン内総窒素は, 尿素を含む唾液が流入することで増加を示す (渡辺 1966). 我々は, 本実験のようなノコクズ給与の場合, 乾草給与の場合など通常の飼養と比較して, 夜間における反芻行動が多いことを観察している (中川ら, 2009 未発表データ) ので, 夜間の反芻に伴う唾液流入量の増加が混合飼料の給与直前に高い VBN 値を示した一因と推察されるが, 詳細は明らかでない.

ルーメン原虫数は通常, ルーメン液 1 ml 中 10 ~ 100 万存在するといわれている (板橋 1998) が, 両試験区とも, 供試牛 3 頭の平均値は 10 万 /ml 未満と少ない状態であった. 原虫数は, 動物が摂取する飼料の質,

表 2. ルーメン液性状

	採取時 [†]	対照区	処理区	区間差	
pH	0	7.8	7.5	*	
	4	6.6	6.5	NS	
	6	6.8	6.6	NS	
VBN (mg/dl)	0	14.4	17.5	NS	
	4	9.8	6.4	*	
	6	6.5	7.4	NS	
原虫数 ($\times 10^4$ /ml)	0	10.0	7.8	NS	
	4	3.5	3.2	NS	
	6	5.4	4.6	NS	
総 VFA (mmol/dl)	0	2.0	2.2	NS	
	4	6.4	6.5	NS	
	6	6.2	6.3	NS	
VFA モル比 (%)	C2	0	64.1	63.0	*
		4	58.0	56.4	*
		6	56.7	55.5	NS
C3	0	18.5	20.3	*	
	4	27.0	29.5	*	
	6	28.1	30.0	NS	
C4	0	10.6	10.2	NS	
	4	10.4	10.1	NS	
	6	10.8	10.3	NS	
C5	0	6.9	6.4	*	
	4	4.7	4.1	*	
	6	4.5	4.2	NS	

数値は供試牛 3 頭の平均値.

[†] 0= 混合飼料給与直前, 4= 給与 4 時間後, 6= 給与 6 時間後.

VBN: 揮発性塩基態窒素.

C2: 酢酸, C3: プロピオン酸, C4: 酪酸, C5: 吉草酸.

*: 有意 ($P<0.05$), NS: 有意性なし.

量, 摂取頻度や, 飼料のルーメン通過速度など数多くの要因によって影響される(中村 1985). ノコクズは, 一般的な粗飼料(牧草等)と比較して粒度が小さいため, ルーメン通過速度が速いと考えられる. このことが, 原虫数が少ないことの要因であると推察されるが, 詳細は明らかでない. なお, ノコクズを給与した場合に原虫数が少なくなる現象は以前の調査結果(中川ら 2009)と同様であった.

ルーメン液の総 VFA 濃度は通常, 5 ~ 15 mmol/dl とされている(小原 2004). 両試験区とも混合飼料の給与直前には約 2 mmol/dl と低い値を示し, 給与後は上昇したが 6 mmol/dl 程度であった. なお, 対照区と処理区との間に有意差は認められなかった. 各 VFA のモル比については, 混合飼料の給与直前および給与 4 時間後に, 酢酸は対照区よりも処理区で有意に低く (P<0.05), プロピオン酸は対照区よりも処理区で有意に高かった (P<0.05). 両試験区とも, 酢酸比率が 60% 前後, プロピオン酸比率が 20 ~ 30% と, 濃厚飼料多給時の様相を示した. 酪酸は, 対照区と処理区との間に有意差は認められなかった. 吉草酸は, 混合飼料の給与直前および給与 4 時間後において, 対照区よりも処理区で有意に低かった (P<0.05).

以上のように, ルーメン液性状に関しては, いくつかの項目で対照区と処理区との間に有意差が認められたが, 両試験区ともに家畜の健康上特に問題と

思われる値はみられなかった.

表 3 に供試牛ごとの血液性状を示した. 血液一般検査について, WBC は両試験区とも供試牛 A が基準値を下回った. ストレスに反応した牛では, WBC の低下はごく普通に起こるとされており (Rosenberger 1981) 供試牛 A では何らかのストレスの関与が示唆された. MCHC は, 両試験区ともすべての供試牛でやや高い値を示したが, 基準値を大幅には外れなかった. 血糖は, 両試験区ともほぼ基準値の範囲内であったが, 対照区より処理区で有意に低い値を示した (P<0.05). その他の項目はほぼ基準値の範囲内にあり, 両試験区の間には有意差は認められなかった. 血清生化学検査について, TP, Alb, BUN は基準値の範囲内であった. IP は両試験区ともすべての供試牛で基準値を上回ったが, 極端な高リン状態ではないため, 大きな問題はないと考えられた.

以上のように, 大きい粒子を除いて粒度が小さいノコクズのみを給与した場合でも, 十分な反芻時間が確保され, 採食・反芻の様相, ルーメン液性状, 血液性状に関しても特に大きな問題は見られなかった. これらのことから, 現在農家が行っている無処理の杉ノコクズを主要な粗飼料とする飼養法においては, ノコクズの粒度に特に留意する必要はないと考えられた.

表 3. 血液性状

	対照区			処理区			基準値 [†]
	牛 A	牛 B	牛 C	牛 A	牛 B	牛 C	
血液一般検査							
WBC (× 10 ² /μl)	30	63	91	35	68	86	50-100
RBC (× 10 ⁴ /μl)	672	605	648	671	597	693	500-800
ヘモグロビン (g/dl)	11.9	11.0	11.2	12.3	10.9	12.1	8-12
ヘマトクリット (%)	32.2	28.5	29.7	31.5	28.2	31.9	30-40
MCH (pg)	17.7	18.2	17.3	18.3	18.3	17.5	14-24
MCHC (g/dl)	37.0	38.6	37.7	39.0	38.7	37.9	26-34
血小板数 (× 10 ⁴ /μl)	39.0	37.5	30.8	31.7	24.6	30.1	20-80
リンパ球割合	62.3	59.7	59.8	60.9	63.6	62.8	45-65
血糖 (mg/dl)	64.0	60.0	59.0	59.0	51.0	50.0	45-60
血清生化学検査							
TP (g/dl)	7.4	7.0	7.1	7.6	7.0	7.1	6.0-8.0
Alb (g/dl)	3.1	3.3	3.1	3.0	3.3	3.0	3.0-4.0
BUN (mg/dl)	11.8	11.9	14.7	10.8	12.3	15.1	10-40
Ca (mg/dl)	7.6	8.3	8.7	7.9	8.3	8.7	8.0-12.0
IP (mg/dl)	8.0	7.8	7.2	7.6	8.1	7.6	4.0-7.0
Mg (mg/dl)	2.5	2.3	2.2	2.3	2.2	2.2	1.7-3.0

[†] Rosenberger (1981) から引用.

WBC: 白血球数, RBC: 赤血球数, MCH: 平均赤血球色素量, MCHC: 平均赤血球色素濃度, TP: 総タンパク質濃度, Alb: アルブミン濃度, BUN: 尿素態窒素濃度, Ca: カルシウム濃度, IP: 無機リン濃度, Mg: マグネシウム濃度.

文 献

- 阿部 亮. 2001. 新編動物栄養試験法. 455-496. 石橋 晃監修. 養賢堂. 東京.
- 福山喜一. 2005. 木質系バイオマスの飼料的利用. 飼料自給率向上のための未利用資源の飼料化～九州沖縄地域の資源循環型畜産システムを考える～. 西日本畜産学会, 日本草地学会九州支部, 九州沖縄農業試験研究推進会議畜産・草地推進部会合同シンポジウム資料, 24-29.
- 福山喜一・林 智彦・黒木志郎・本田直樹・弓削嗣彦・邊見広一郎・藤代 剛・川村 修. 2004. 未利用資源ノコクズの飼料的利用. 日本草地学会誌, 50 (別) : 406 - 407.
- 福山喜一・林 智彦・山根大介・川村 修. 2006. 未利用資源ノコクズの飼料的活用—特に黒毛和種繁殖牛の分娩前後の飼養について—. 日本草地学会誌, 52 (別2) : 321-323.
- 原田 清. 2003. 森林の荒廃に思う. 共栄学園短期大学研究紀要, 19: 73-84.
- 板橋久雄. 1998. 反芻動物の栄養生理学. 87 - 112. 佐々木康之監修. 農山漁村文化協会. 東京.
- 森本 宏. 1989. 家畜栄養学. 212-214. 養賢堂. 東京.
- 中川敏法・福山喜一・川村啓太・新美光弘・川村 修. 2009. 黒毛和種繁殖牛飼養における主要な粗飼料としての無処理杉ノコクズの栄養的機能に関する検討. 日本暖地畜産学会報, 52 (1) : 33-37.
- 中村和夫. 1985. ルーメンの世界—微生物生態と代謝機能—. 142-167. 神立 誠・須藤恒二監修. 農山漁村文化協会. 東京.
- 中村良一・米村寿男・須藤恒二. 1973. 牛の臨床検査法. 6: 14-17. 農山漁村文化協会. 東京.
- 農林水産省. 1988. 蒸煮広葉樹による乳牛および肉用牛の飼養マニュアル.
- 小原嘉昭. 2004. 新ルーメンの世界—微生物生態と代謝制御—. 341-344. 小野寺良次監修. 農山漁村文化協会. 東京.
- 緒方良治・押川 晶・畠山澄雄・仁田脇一義. 1990. 木材等の飼料化技術の開発—杉間伐材(爆砕物)の飼料化と給与効果—. 九州農業研究, 52: 134.
- Robert EC Jr, Morrill JL, Hibbs CM. 1972. Effect of dietary screened sawdust on health, feed intake and performance of the bovine. *Journal of Animal Science*, 35: 460-465.
- Rosenberg G. 1981. 牛の臨床検査診断. 143-155. 其田三夫・河田啓一郎訳. 近代出版. 東京.
- 齋藤直人・大宮康則・遠藤 展・松本 章. 1987. 木質飼料の製造に関する研究(第3報). 林産試験場月報. 1 (3) : 18-22.
- Sudweeks EM, Ely LO, Mertens DR, Sisk LR. 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: roughage value index system. *Journal of Animal Science*, 53: 1406-1412.
- 鈴木省三. 1988. 家畜行動学. 131-132. 三村 耕編著. 養賢堂. 東京.
- 寺田文典・阿部啓之・Juan Boo Liang・浜口 勇・大谷文博・鎌田八郎・岩崎和雄・田野良衡・針生程吉. 1988. 蒸煮処理カラマツの肥育用飼料における飼料としての利用. 日本畜産学会報, 60: 300-302.
- 渡辺泰邦. 1966. ルーメン内における窒素代謝の量的考察. 信州大学農学部紀要, 4 (1) : 47-104.
- 山崎 淳. 1998. 反芻動物の栄養生理学. 68-82. 佐々木康之監修. 農山漁村文化協会. 東京.

Abstract

Effect of Particle Size of Sawdust as Main Roughage on Eating and Ruminating Patterns, Rumen Fluid Characteristics and Blood Composition in Breeding Japanese Black Cattle

Toshinori NAKAGAWA, Kiichi FUKUYAMA¹, Ikuo KOBAYASHI¹,
Mitsuhiro NIIMI² and Osamu KAWAMURA²

Interdisciplinary Graduate School of Agriculture and Engineering, University of Miyazaki, Japan

¹*Sumiyoshi Livestock Science Station, University of Miyazaki, Japan*

²*Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, Japan*

Correspondence: Osamu KAWAMURA (tel: +81-(0)985-58-7259, fax: +81-(0)985-7259,

e-mail: kawamura@cc.miyazaki-u.ac.jp)

Feeding of cedar raw sawdust as main roughage to breeding Japanese Black cattle is gradually spreading in Miyazaki prefecture, Japan. In general, this feeding method has been done by a mixture of sawdust and concentrate. In addition, a small amount of forage usually offers to animals in the afternoon. We investigated the feeding effect of particle size of sawdust on eating and ruminating patterns, Roughage Value Index (RVI), rumen fluid characteristics and blood serum composition. Cattle were given 2 different rations, (1) a mixture of normal size sawdust (without sieving) with concentrate, and a small amount (448 g DM/head) of rhodesgrass hay (control), (2) a mixture of small size sawdust (through a 5 mm sieve) with concentrate, and a small amount (448 g DM/head) of rhodesgrass hay (treatment).

Results showed that total rumination time, number of rumination, average ruminating time, elapsed time (from the end of eating time to the beginning of rumination) and RVI were not affected ($P>0.05$) by the feeding of rations. In rumen fluid characteristics, pH value was more than 6.5 in both control and treatment rations. The protozoa numbers of feeding of both control and treatment rations were lower than the normal level ($10-100 \times 10^4/\text{dl}$ of ruminal fluid). In blood composition, the values of some parameters were not within the standard level, but did not get off remarkably.

In conclusion, particle size of sawdust may not be a matter of concern, if animals are introduced to the sawdust with concentrate and a small amount of forage.

Journal of Warm Regional Society of Animal Science, Japan 53(2): 127-132, 2010

Key words : blood composition, cedar sawdust, particle size, rumen fluid characteristics, RVI