

VISCUM COLORATUM (SANTALACEAE) – КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Н.В. Петрова, А.Л. Буданцев

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН,
197376, Санкт-Петербург, ул. профессора Попова, 2, Россия, NPetrova@binran.ru

Представлен обзор, посвященный компонентному составу и терапевтическим свойствам *Viscum coloratum* (Ком.) Nakai (Santalaceae). Показано, что наряду с богатым набором вторичных метаболитов из числа фенольных и других классов соединений, для данного вида характерно накопление высокомолекулярных азотсодержащих соединений – лектинов, вискотоксинов, дефенсинов и др., а также диарилгептаноидов, лигнанов и хромонов, многие из которых не обнаружены пока у других видов растений. Для большинства фенольных соединений приведены структурные формулы. Представлены результаты фармакологических исследований, в которых сообщалось о цитотоксических, иммуномодулирующих, гипогликемических и других свойствах экстрактов и индивидуальных соединений *V. coloratum*.

Ключевые слова: Омела окрашенная, диарилгептаноиды, лектины, вискотоксины, дефенсины, флавоноиды, лигнаны, биологическая активность.

ВВЕДЕНИЕ

Род *Viscum* L. – омела, выделяемый иногда в самостоятельное семейство Viscaceae Miers, содержит свыше 70 видов, распространенных в Евразии, Африке, Новой Гвинее и в Австралии (Таджаджан, 1987; Wielgorslaya, 1995; <http://www.theplantlist.org>). Виды омелы представляют собой хлорофиллсодержащие кустарники, ведущие полупаразитический образ жизни на листовых (виды *Tilia*, *Quercus*, *Malus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Ulmus* и др.) и некоторых хвойных породах. В России встречаются два вида рода *Viscum*: *V. album* L. – омела белая и *V. coloratum* (Ком.) Nakai – омела окрашенная, Korean mistletoe, которая некоторыми систематиками рассматривается в качестве подвида (*V. album* subsp. *coloratum* Ком.) или разновидности (*V. album* var. *coloratum* Ohwi) омелы белой. Ареал типичной *V. album* охватывает практически всю Европу, в том числе среднюю и южную части Восточной Европы, Кавказ и на востоке доходит до Гималаев. На севере ареала *V. coloratum* доходит до Приамурья и Приморья, а основная его часть включает центральные и восточные районы Китая, Корею и Японию. Эти виды отличаются главным образом окраской плодов и числом хромосом: у *V. album* плоды белые, $2n = 20$, тогда как у *V. coloratum* ягоды желтые или оранжевые и $2n = 40$ (<http://www.efloras.org>; Kim et al., 2013; Горовой и др., 2018).

К настоящему времени опубликован ряд обзорных статей, посвященных компонентному со-

ставу и биологической активности *V. album*. И в тех случаях, когда этот вид принимается в широком таксономическом смысле, в обзоры включены и сведения, относящиеся к *V. coloratum*. В то же время обобщающих публикаций по разнообразию компонентного состава и биологической активности омелы окрашенной, которая многими, в том числе и отечественными систематиками, рассматривается в качестве самостоятельного вида, нами обнаружено не было. В этой связи целью нашей работы был анализ и обобщение результатов опубликованных исследований по химическому составу и фармакологическим свойствам непосредственно *V. coloratum*.

В китайской традиционной медицине *V. coloratum* используется при геморрагических кровотечениях, гипертонической болезни, подагре, атеросклерозе, артритах, как противовоспалительное средство (Shen et al., 2011). Противовоспалительные свойства экстрактов были подтверждены фармакологическими исследованиями. В частности, экстракт снижал воспалительные процессы в органах дыхания и эузинофильную инфильтрацию (Shen et al., 2011), а этанольный экстракт оказывал противовоспалительное действие при экспериментальном колите, подавляя при этом активность тучных клеток (Yoo et al., 2019). В экспериментах также было установлено, что экстракты *V. coloratum* обладали тонизирующими свойствами, стимулируя активность митохондрий (Jung et

al., 2012), этанольный экстракт и полипептид вискотинин – гипогликемическими (Park et al., 2019), водный экстракт плодоносящих побегов оказался эффективным при лечении ожирения в составе диеты (Jung et al., 2013), а этанольный экстракт ингибировал активность тирозиназы (Choi et al., 2019). Установлено, что водный экстракт листьев увеличивал продолжительность жизни нематоды (*Caenorhabditis elegans*) и дрозофилы (*Drosophila melanogaster*), что оценивается как проявление гормезиса (мягкого стимулирующего агента) (Lee et al., 2014). Водный экстракт всех частей растения обладал иммуностимулирующим действием для нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*) при инфекции *Aeromonas hydrophila* (Park, Choi, 2012). Водный экстракт, входящий в состав гранул, состоящих из выстилающего кишечника полимера, проявлял цитотоксическую активность в отношении клеток линии В16F10 (меланома) *in vivo* и *in vitro* (Han et al., 2015).

Компонентный состав *V. coloratum* весьма разнообразен и представлен веществами, относящимися к полипептидам, флавоноидам, лигнанам, диарилгептаноидам, терпеноидам и другим группам и классам природных соединений.

Особое внимание привлекают азотсодержащие компоненты, изучение которых у видов *Viscum* началось еще в 60-х годах XX в. (Vester, Mai, 1960; Vester, 1965; Vester et al., 1968a,b; Nienhaus et al., 1970). К азотсодержащим соединениям *V. coloratum* относятся лектины, вискотоксины, растительные дефенсины и алкалоиды.

Название лектин было предложено W. Boyd в 1954 г. для протеинов, обладающих свойством связывать углеводы (Boyd, Shapleigh, 1954). Известны различные классификации лектинов, основанные на их локализации (лектины растений, животных, внутри- и внеклеточные), соотношении в их молекуле белка и углеводов (гликопротеиды, протеогликаны и т. д.), количества субъединиц в молекуле (димеры, тетрамеры, олигомеры и т. д.), избирательности к связыванию моно-, ди- и олигосахаридов и др. (Vann Damme et al., 1998, 2008; Mishra et al., 2019). К настоящему времени из растений (как низших, в том числе лишайников, так и высших) выделено более 500 различных лектинов (Santos et al., 2014). Лектины в растениях накапливаются в корнях, листьях, плодах, семенах, древесине (Vann Damme et al., 1998; Peumans et al., 2001). Считается, что они обеспечивают защиту растений от фитопатогенных микроорганизмов и фитофагов, играют решающую роль в установке симбиотических связей, участвуют в передаче межклеточных сигналов (Van Rhijn et al., 1998; Sharon, Lis, 2004; De Hoff et al., 2009).

Лектины *V. coloratum*, содержание которых в экстрактах не превышает 2 % от общего количества полипептидов и белков, представляют собой два наиболее распространенных в растениях типа: рибосом-инактивирующие белки (RIP) и хитин-связывающие агглютинины (Park et al., 1997; Yoon et al., 1999; Lyu et al., 2000). RIP-белки состоят из двух цепочек: цепь А отвечает за ферментативную активность, а цепь В связывает углеводы, способствуя проникновению молекулы лектина внутрь клетки. Между собой эти белки различаются по молекулярной массе, а также по специфичности к углеводам: лектины I (ML I) и их изоформы; лектины II (ML II) и лектины III (ML III). Лектины I – димеры и связываются с D-галактозой, а лектины II и III – мономеры, но лектины II связываются с D-галактозой и N-ацетил-D-галактозамином, а лектины III – только с N-ацетил-D-галактозамином (Nazaruk, Orlikowski, 2015). Роль связываемых углеводов, возможно, состоит в увеличении растворимости в воде конкретного гликопротеида (Huguet Soler et al., 1996). Полагают, что лектины I чаще синтезируются в ветвях *V. coloratum*, лектины III – в ветвях и листьях (Park et al., 1997), но большая часть лектинов *V. coloratum*, вне зависимости от экстрагируемых частей растения, относится к группе лектинов II (Kim et al., 2000). К группе лектинов II относится и лектин KML-C, состоящий из четырех белковых цепочек (Yoon et al., 1999; Lyu, Park, 2007). Позже выяснено, что KML-C представляет собой смесь двух лектинов KML-IIU и KML-III (Kang et al., 2007), строение и свойства которых очень близки, и обнаруживаются они пока только совместно (Hong et al., 2015). В 2000 г. S.Y. Lyu с соавторами выделили из *V. coloratum* новый лектин – VCA, термически более стабильный хитин-связывающий агглютинин (Lyu et al., 2000). В отличие от вискотоксинов и алкалоидов *V. coloratum* лектины являются термически нестабильными, однако был разработан способ их получения из каллуса этого растения (Lee, Lee, 2013). Показано, что первичная структура лектинов на 91 % идентична таковой у *V. album* (Kong et al., 2004; Ma et al., 2008; Jiang et al., 2014), что открывает широкие перспективы для их дальнейшего изучения как терапевтического агента.

К сожалению, большинство исследований, посвященных биологической активности лектинов, не сопровождалось уточнением их принадлежности к конкретной группе. Тем не менее установлено, что лектин обладал иммуномодулирующими (Lee et al., 2009) и антиоксидантными свойствами (Kim et al., 2010), стимулировал пролиферацию мезенхимных стволовых клеток посредством активации процесса аутофагии (Choi et al., 2012), усили-

вал цитотоксичность Т-лимфоцитов (natural killer cells) (Kim et al., 2018), способствовал обновлению мезенхимных стволовых клеток (Kim et al., 2019), в низких концентрациях (1–10 рк/ml) стимулировал инвазию трофобластов линии HTR-8/SVneo в межклеточный матрикс (Lyu et al., 2013). Лектин KML-B, не обладающий цитотоксическими свойствами, стимулировал созревание дендритных клеток (Kim et al., 2017). Галактоза- и N-ацетил-D-галактозаминспецифические лектины проявляли антимутагенную активность *in vitro* (Hong, Lyu, 2012). Токсичность лектина снижалась при его γ-облучении дозой 5 kGy (Sung et al., 2013).

Вискотоксины *V. coloratum*, представляют собой группу пептидов, которые относятся к тионидам III типа (белки с относительно низкой молекулярной массой, имеющие 6 или 8 остатков цистеина в молекуле и характерные только для растений) (Orrú et al., 1997). Вискотоксины, действуя на мембранный аппарат растений, способны вступать в комплексы с другими белковыми токсинами, тем самым изменяя их цитотоксическое действие на клетки-мишени. При введении экспериментальным животным экстрактов, содержащих эти вещества, понижается артериальное давление, возникает гемолиз эритроцитов и токсикоз сердечной мышцы. Функция и механизм биологических эффектов вискотоксинов пока остаются неясными. Вискотоксины обнаружены у видов семейств Brassicaceae, Santalaceae и Viscaceae (Romagnoli et al., 2003). *V. coloratum* продуцирует вискотоксины B2, B5, B8, C1, которые представляют собой пептиды из 45–46 аминокислот (в том числе 6 остатков цистеина), соединенных тремя дисульфидными мостиками (Romagnoli et al., 2003; Kong et al., 2004; Liu et al., 2006), и вискотионин, отличающийся последовательностью аминокислот (Park et al., 2019).

Вискотоксины B2, B5, B8 и C1 проявляют цитотоксическую активность (Liu et al., 2006), а вискотионин обладает гипогликемическими свойствами (Park et al., 2019).

В 2007 г. S.L. Liu с соавторами выделили из экстракта *V. coloratum* новый полипептид, принадлежащий к группе растительных дефенсинов, отличающихся от вискотоксинов последовательностью аминокислот и количеством дисульфидных связей. Новый полипептид назван дефенсин SM. *V. coloratum* остается пока единственным видом растения, синтезирующим одновременно вискотоксины и дефенсины (Liu et al., 2007).

Помимо вискотоксинов и лектинов в экстрактах *V. coloratum* обнаружены циклические пептиды, увеличивающие проницаемость клеточной мембраны широкого спектра бактериальных кле-

ток-патогенов. Один из таких полипептидов выделен Y. Okumura и A. Sakurai в 1972 г. и назван вискумамид (Okumura, Sakurai, 1973), а позже вискумамид и его аналоги были синтезированы (Okumura, Sakurai, 1979). Циклические пептиды, в отличие от классических антибиотиков, действуют на проницаемость клеточных оболочек микроорганизмов. При этом усиливается селективная токсичность именно в отношении клеток возбудителя инфекций, а не клеток пациента (Dathe et al., 2002; Poojary, Belagali, 2005).

Индивидуальные алкалоиды *V. coloratum* практически не охарактеризованы. Пока только разработаны методы экстракции алкалоидов из сырья *V. coloratum* (Wang, Wang, 2008). Предложено различать 5 групп фракций экстрактов, содержащих алкалоиды: “phenol weak alkaloids”, “non-phenol weak alkaloids”, “phenol tertiary amine alkaloids”, “non-phenol tertiary amine alkaloids” и “lipid alkaloids” (Khwaja et al., 1980, 1986; Wang et al., 2007).

Первоначально считалось, что алкалоиды *Viscum* и других представителей семейств Loranthaceae и Santalaceae, идентичны алкалоидам растений-хозяев (Kanner, 1939; Martin-Cordera et al., 1997; Deeni, Sadiq, 2002). Лишь в 2012 г. B. Amer с соавторами сообщили о выделении аминоалкалоидов из *V. album ssp. album*, не содержащихся в дереве-хозяине (Amer et al., 2012).

Установлено, что фракции алкалоидов *V. coloratum* оказывают ингибирующее действие на рост клеток карциномы, проявляют антибактериальную активность в отношении *Escherichia coli* (Peng et al., 2005; Wang et al., 2007). Они обладают гепатопротективными свойствами (Jiang et al., 2014) и токсичны для клеток линии U2OS (остеосаркома) (Ge et al., 2016).

Из других азотсодержащих соединений, из этанольного экстракта *V. coloratum* были выделены аденозин, тимидин (Park et al., 2017), никотинамид и ацетамид (Chen et al., 2009).

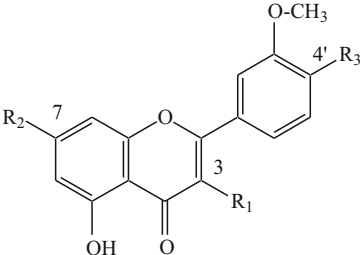
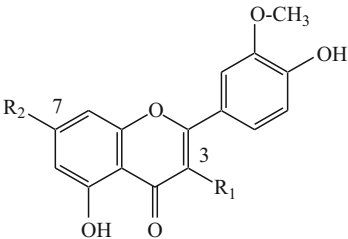
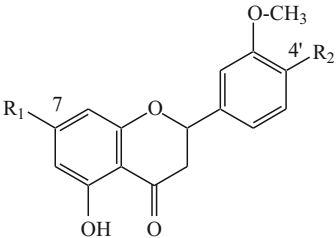
Из числа фенольных соединений *V. coloratum* разнообразен пул флавоноидов (таблица).

Флавоны представлены у *V. coloratum* тремя соединениями (1–3), один из которых гликозилирован по 4'-положению. В экстрактах *V. coloratum* обнаружено 21 флаванон (22–43), 14 из которых представляют собой 7-О- и 4'-О-гликозиды гомоэриодиктиола, нарингенина и др., однако эти же соединения встречаются и в виде агликонов. Группа флавонолов, соединений, содержащих в своей основе 2-фенил-1-бензопиран-4-он и имеющих гидроксильную группу в С-3 положении, в экстрактах *V. coloratum* часто встречается в виде гли-

Флавоноиды *Viscum coloratum* s.l.

Flavonoids from *Viscum coloratum* s.l.

№	Название соединения	Структурная формула	Литературный источник
ФЛАВОНЫ			
1	5,7-Дигидроксифлаво (хризин)	R ₁ = OH R ₂ = R ₃ = H	Long et al., 2017
2	7,3'-Ди-О-метиллютеолин (флавоядоринин В, велутин)	R ₁ = R ₂ = O-CH ₃ R ₃ = OH	Ohta, Yagishita, 1970; Fukunada et al., 1989; Long et al., 2017; Jung et al., 2019
3	4'-О-β-D-Глюкоапиозид 7,3'-ди-О-метиллютеолина (гомофлавоядоринин В)	R ₁ = R ₂ = O-CH ₃ R ₃ = O-Glc-Api	Ohta, Yagishita, 1970; Choi et al., 2013
ФЛАВОНОЛЫ			
4	7,4'-Диметилкверцетин (омбуин)	R ₁ = R ₃ = OH R ₂ = R ₄ = O-CH ₃	Zhao et al., 2012
5	3,3'-Диметилкверцетин	R ₁ = R ₃ = O-CH ₃ R ₂ = R ₄ = OH	Zhao et al., 2011, 2012; Yoo et al., 2016
6	3-О-Галактозид кверцетина (гиперозид)	R ₁ = O-Gal R ₂ = R ₃ = R ₄ = OH	Long et al., 2017
7	4'-О-β-D-Апиофуранозил-(1→2)-О-β-D-глюкопиранозид 3,7,3'-три-О-метилкверцетина	R ₁ = R ₂ = R ₃ = O-CH ₃ R ₄ = O-Api-O-Glc	Nhiem et al., 2013
8	4'-О-β-D-Глюкопиранозил-3-О-[6'''-(3-гидрокси-3-метилглутароил)]-α-D-глюкопиранозид 7,3'-диметилкверцетина	R ₁ = O-6'''-(3-hydroxy-3-methylglutaroyl)-Glc R ₂ = R ₃ = O-CH ₃ R ₄ = O-Glc	»
9	4'-О-β-D-Глюкопиранозил-3-О-[6'''→5''']-О-1''''-(синап-4-ил)-β-D-глюкопиранозил-6''''-(3-гидрокси-3-метилглутароил)]-α-D-глюкопиранозид 7,3'-диметилкверцетина	R ₁ = O-[6'''→5''']-О-1''''-(sinap-4-yl)-β-D-Glc-6''''-(3-hydroxy-3-methylglutaroyl)-Glc R ₂ = R ₃ = O-CH ₃ R ₄ = O-Glc	»
10	3,5,4'-Тригидрокси-7,3'-диметоксифлаво (рамназин)	R ₁ = R ₂ = OH	Cao D. et al., 2016
			Ohta, Yagishita, 1970; Kong et al., 1987a; Zhao et al., 2011, 2012; Fan et al., 2012; Cao et al., 2019

№	Название соединения	Структурная формула	Литературный источник
11	3-О-β-D-Глюкопиранозид рамназина (флавоидоринин А)	R ₁ = O-Glc R ₂ = OH	Kong et al., 1987a; Zhao et al., 2012; Long et al., 2017; Cao et al., 2019
12	3-О-β-D-(6''-Ацетил)-О-β-D-глюкопиранозид рамназина (вискумнеозид II)	R ₁ = O-Ac-O-Glc R ₂ = OH	Kong et al., 1988b; Zhao et al., 2011, 2012; Fan et al., 2012; Long et al., 2017
13	3-О-β-D-(6''-β-Гидрокси-β-метилглутарил)-глюкозид рамназина (вискумнеозид IV)	R ₁ = O-(6''-гидрокси-метилглутарил)-Glc R ₂ = OH	Kong et al., 1990
14	3-О-β-D-Апиозил-(1→2)-[6''-О-(3-гидрокси-3-метилглутарил)]-О-β-D-глюкопиранозид рамназина (вискумнеозид VII)	R ₁ = O-Api-(6''-гидрокси-метилглутарил)-Glc R ₂ = OH	Fan et al., 2014
15	3-О-β-D-(6''-β-Гидрокси-β-метилглутарил)-β-D-глюкозил-4'-О-β-D-глюкопиранозид рамназина	R ₁ = O-(6''-гидрокси-метилглутарил)-Glc R ₂ = O-Glc	
16	3-О-β-D-Апиозил-(1→2)-О-β-D-глюкозид рамназина (вискумнеозид IX)	R ₁ = O-Api-O-Glc R ₂ = OH	Cao et al., 2016
			
17	5,7,4'-Тригидрокси-3,3'-диметоксифлаво	R ₁ = O-CH ₃ R ₂ = R ₃ = OH	Zhao et al., 2011
18	5,4'-Дигидрокси-3,7,3'-триметоксифлаво (пахиподол)	R ₁ = O-CH ₃ R ₂ = R ₃ = OH	Zhao et al., 2011, 2012; Yoo et al., 2016
19	4'-О-β-D-Глюкопиранозид 5-гидрокси-3,7,3'-триметоксифлаво	R ₁ = R ₂ = O-CH ₃ R ₃ = O-Glc	Zhao et al., 2011
			
20	3-О-β-D-Глюкозид изорамнетина	R ₁ = O-Glc R ₂ = OH	Fan et al., 2012; Zhao et al., 2011, 2012; Yoo et al., 2016; Long et al., 2017
21	7-О-β-D-Глюкозид изорамнетина	R ₁ = OH R ₂ = O-Glc	Растительные ресурсы..., 2010
		ФЛАВАНОНЫ	
			
22	5,7,4'-Тригидрокси-3'-метоксифлаванон (гомозериодиол)	R ₁ = R ₂ = OH	Kong et al., 1987a; Zhao et al., 2011, 2012; Yoo et al., 2016

Продолжение табл.

№	Название соединения	Структурная формула	Литературный источник
23	7- <i>O</i> -β-D-Глюкозид (2 <i>S</i>)-гомоэриодиола	R ₁ = O-Glc R ₂ = OH	Sun et al., 2000; Yao et al., 2006; Yin et al., 2008; Han et al., 2011; Zhao et al., 2006, 2011, 2012; Ma et al., 2015; Yoo et al., 2016
24	7,4'-Ди- <i>O</i> -β-D-глюкопиранозид гомоэриодиктиола	R ₁ = R ₂ = O-Glc	Yao et al., 2006
25	7- <i>O</i> -β-D-Глюкопиранозид-4'- <i>O</i> -β-D-апиозид гомоэриодиктиола (вискумнеозид I)	R ₁ = O-Glc R ₂ = O-Api	Yin et al., 2008; Han et al., 2011
26	7- <i>O</i> -β-D-Апиозил-(1→2)- <i>O</i> -β-D-глюкопиранозид гомоэриодиктиола (вискумнеозид III)	R ₁ = O-Api-O-Glc R ₂ = OH	Kong et al., 1988a; Han et al., 2011; Zhao et al., 2011, 2012; Ma et al., 2015; Yoo et al., 2016; Long et al., 2017; Park et al., 2017
27	7- <i>O</i> -β-D-Апиозил-(1→5)-β-D-апиозил-(1→2)-β-D-глюкозид гомоэриодиктиола (вискумнеозид V)	R ₁ = O-Api-Api-Glc R ₂ = OH	Kong et al., 1988a; Zhao et al., 2011, 2012; Ma et al., 2015; Yoo et al., 2016; Park et al., 2017
28	7- <i>O</i> -(6''- <i>O</i> -Ацетил)-β-D-глюкопиранозид гомоэриодиктиола (вискумнеозид VI)	R ₁ = O-Ac-Glc R ₂ = OH	Kong et al., 1988a; Zhao et al., 2011, 2012; Yoo et al., 2016
29	7- <i>O</i> -β-D-[6-(3-Гидроксибутаноил)-β-D-глюкопиранозид гомоэриодиктиола (вискумнеозид IX)	R ₁ = O-[(6-(3-hydroxybutanoyl)]-Glc R ₂ = O-CH ₃	Han et al., 2011
30	7- <i>O</i> -β-D-[6-(3-Гидроксибутаноил)-глюкопиранозил]-(1→2)-β-D-глюкопиранозид гомоэриодиктиола (вискумнеозид X)	R ₁ = O-[(6-(3-hydroxybutanoyl)]-Glc-Glc R ₂ = OH	»
31	5,7,3',4'-Тетрагидроксифлаванон (эриодиктиол)	R ₁ = R ₂ = OH	Long et al., 2017
32	7- <i>O</i> -β-D-Глюкопиранозид эриодиктиола	R ₁ = O-Glc R ₂ = OH	Yao et al., 2006
33	7,4'-Ди- <i>O</i> -β-D-глюкопиранозид эриодиктиола	R ₁ = R ₂ = O-Glc	»
34	5,7,4'-Тригидроксифлаванон (нарингенин)	R ₁ = OH	Leu et al., 2006
35	7- <i>O</i> -β-D-Глюкопиранозид (2 <i>S</i>)-нарингенина	R ₁ = O-Glc	Leu et al., 2006; Yao et al., 2006

№	Название соединения	Структурная формула	Литературный источник
36	(2 <i>S</i>)-7,4'-Дигидрокси-5,3'-диметоксифлаванон		Растительные ресурсы..., 2010
37	7-(2- <i>O</i> - α -L-Рамнопиранозил)- β -D-глюкопиранозид 5,4'-дигидрокси-3'-метоксифлаванона	$R_1 = O-CH_3$ $R_2 = OH$	Han et al., 2011
38	5,7,3'-Тригидрокси-4'-метоксифлаванон (гесперетин)		Kim et al., 2016
39	7- <i>O</i> -Глюкозид (2 <i>S</i>)-5,3',4'-тригидроксифлаванона	$R_1 = OH$ $R_2 = O-CH_3$ $R_1 = O-Glc$ $R_2 = OH$	Растительные ресурсы..., 2010
40	5,7-Дигидроксифлаванон (пиноцембрин)		Leu et al., 2006
41	7- <i>O</i> -глюкозид пиноцембрина	$R_1 = OH$ $R_1 = O-Glc$	»
42	7- <i>O</i> -[Апиозил-(1 \rightarrow 2)]-глюкозид пиноцембрина	$R_1 = O-Api-Glc$	»
43	7- <i>O</i> -[Циннамоил-(1 \rightarrow 5)-апиозил-(1 \rightarrow 2)]-глюкозид пиноцембрина	$R_1 = O-Cin-Api-Glc$	»
		ХАЛКОНЫ	
44	4- <i>O</i> -Глюкозид 2'-гидрокси-4',6'-диметоксихалкона		Choi et al., 2011
45	4- <i>O</i> -[Апиозил-(1 \rightarrow 2)]-глюкозид 2'-гидрокси-4',6'-диметоксихалкона	$R = Glc$ $R = Api-(1\rightarrow 2)-Glc$	»
46	4,4'-Дигидрокси-2',3',6',3''-тетраметокси-1,3-дифенилпропан (висколин)		Hwang et al., 2006; Leu et al., 2006

козидов рамназина и изорамнетина, с присоединением сахарной части в С-3 и С-7 положениях. Наиболее интересными представляются флавоидоринин А (11), флавоидоринин В (2) и его глюкоапиозид гомофлавоидоринин В (3), выделенные впервые из листьев *V. coloratum* в 1957 г. К.Ф. Ts'eng и S.C. Li, однако структуру этих соединений удалось установить лишь в 1970 г. (Ohta, Yagishita, 1970). Вискумнеозиды I (25), III (26), V (27), VI (28), X (30) представляют собой гликозиды гомозриодиктиола, а агликоном вискумнеозидов II (12), IV (13), VII (14) является рамназин. Следует отметить, что тривиальное название вискумнеозид IX присвоено двум разным соединениям (16 и 29), выделенным разными авторами в 2011 и 2016 г. соответственно (Han et al., 2011; Cao et al., 2016). Содержание вискумнеозидов III (26) и V (27), в экстрактах *V. coloratum* может колебаться от 5 до 300 мкг/мл и от 0.8 до 125 мкг/мл соответственно (Zhao et al., 2011). Халкон висколин (46) обнаружен пока только у *V. coloratum* (Hwang et al., 2006; Leu et al., 2006).

Среди других фенольных компонентов *V. coloratum* содержит ванилин, сиреневый альдегид, ацетованиллон, 4-гидроксibenзальдегид, сирингин, 4'-O-D-апиозид и 4-O-апиозил-β-D-глюкозид сирингенина, а также кумарин (Kong et al., 1992; Sun et al., 2000; Leu Y. et al., 2006; Ma et al., 2015; Kang, 2016; Kim et al., 2016; Long et al., 2017).

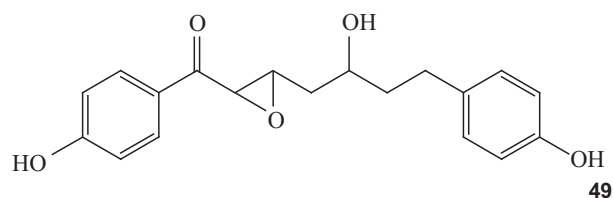
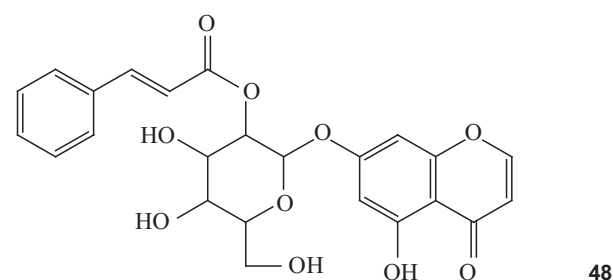
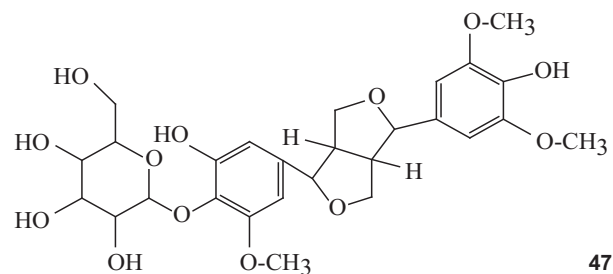
Из фенольных кислот у этого вида отмечены 4-гидроксibenзойная, протокатеховая и др., оксикоричные кислоты (хлорогеновая, кофейная, *para*-кумаровая, феруловая, *транс*-коричная, ванилиновая и др.), а также метил-3-O-ферулоилхиннат и 4-синапоилхинная кислота (Kong et al., 1989; Leu et al., 2006; Kim et al., 2016; Long et al., 2017).

Помимо антиоксидантных свойств, неоднократно отмечавшихся для фенольного комплекса *V. coloratum*, обнаружена цитотоксическая активность 4'-O-β-D-глюкозида 5-гидрокси-3,7,3'-триметоксифлавона (9) и диарилгептаноида 1,7-бис-(4-гидроксифенил)-1,4-гептадиен-3-он *in vitro* в отношении клеток линий HeLa, SGC-7901, MCF-7 и U251 (Zhao et al., 2012). Вискумнеозиды I (25), IX (29), X (30) и 7-O-β-D-глюкопиранозид 2-гомоэриодиктиола (23) ингибировали образование остеокластов (Han et al., 2011). Показано также, что флавоноид 4'-O-β-D-апиофуранозил-(1→2)-O-β-D-глюкопиранозид 3,7,3'-три-O-метилкверцетина (7) и диарилгептаноид (3*S*,5*R*)-3-гидрокси-5-метокси-1,7-бис-(4-гидроксифенил)-6*E*-гептен обладали противовоспалительными свойствами (Nhiem et al., 2013). Обнаружено, что висколин (46) может

предупреждать развитие атеросклероза и воспалительных процессов (Liang et al., 2011).

Из лигнанов в экстрактах *V. coloratum* обнаружены (+)-сирингарезинол и его O-β-глюкопиранозид, (+)-пинорезинол, элеутерозид E, (+)-медирезинол, обладающий противовоспалительными свойствами, лионирезинол, 3α-O-β-D-глюкопиранозиды (+)- и (-)-лионирезинола (Kong et al., 1992; Yin et al., 2008; Zhao et al., 2012; Nhiem et al., 2012, 2013; Kim et al., 2016; Long et al., 2017). Из ветвей *V. coloratum* был выделен новый лигнан, названный висколоратином (47) (рисунок) (Yin et al., 2007). Позже из листьев и ветвей *V. coloratum* были выделены алангилгностид С, а также новые лигнаны, представляющие собой гликозилированные диастереоизомеры с заместителями в 7,8 и 7',8' положениях и названные лигалбумозиды А – Е (Nhiem et al., 2012).

В состав хромонов, идентифицированных у *V. coloratum* входят 5,7-дигидроксихромон, 7-O-глюкозид 5-гидроксихромона и (7-O-(2-*E*-циннамоил-β-D-глюкопиранозид) 5,7-дигидроксихромона, названный ликвидамбозид (48) (Leu et



Другие фенольные соединения *Viscum coloratum* s.l.:
47 – висколоратин; 48 – ликвидамбозид; 49 – мистлетонон.

Other phenolic compounds *Viscum coloratum* s.l.

al., 2006; Long et al., 2017). Последний был впервые выделен в 2005 г. Y.J. Yang с соавторами из *Viscum liquidambaricum* Hayata и обнаружен только у видов *Viscum* (Yang et al., 2005).

Мистлетонон – диарилгептаноид, представляющий собой 1,7-ди-(*n*-гидроксифенил)-5-гидрокси-цис-2,3-эпоксигептан-1-он (**49**), был выделен из ветвей и листьев *V. coloratum* (Yao et al., 2007), позже обнаружены 1,7-бис-(4-гидроксифенил)-1,4-гептадиен-3-он, (3*S*,5*R*)-3-гидрокси-5-метокси-1,7-бис-(4-гидроксифенил)-6*E*-гептен, (3*S*,5*S*)-3-гидрокси-5-метокси-1,7-бис-(4-гидроксифенил)-6*E*-гептен и (3*S*)-3-гидрокси-1,7-бис-(4-гидроксифенил)-6*E*-гептен-5-он (Zhao et al., 2012; Nhiem et al., 2013; Fan J. et al., 2019). Среди других видов омел диарилгептаноиды были ранее обнаружены только у *Viscum cruciatum* (Martin-Cordera et al., 2001). 1,7-Бис-(4-гидроксифенил)-1,4-гептадиен-3-он проявляет цитотоксическую активность в отношении клеток линий HeLa, SGC-7901 и MCF-7 (Zhao et al., 2012).

Омела окрашенная в листьях и стеблях продуцирует широко распространенные в растительном мире терпеноиды, такие как β-амирин, его ацетат и пальмитат, лупеол и его ацетат, бетулин, эритродиол, астрагалозид IV, неролидол, а также олеаноловую, урсоловую, эпиолеаноловую, бетулиновую, терминовую кислоты и стероиды: β-ситостерин, стигмастерин, β-ситостенон и их глюкозиды (Kong et al., 1989; Sun et al., 2000; Choi S. Z. et al., 2001; Jung et al., 2004; Leu et al., 2006; Chen et al., 2009; Long et al., 2017).

Исследован компонентный состав эфирного масла *V. coloratum*, произрастающего в Китае и Японии (префектуры Nara и Wakayama). Выделено до 200 соединений, составляющих до 90 % эфирного масла. В эфирном масле, полученном из свежего сырья, преобладающими компонентами были фурфураль, бензальдегид, ацетальдегид, этилацетат, октанол, а из сухого сырья – каприловая и пеларгоновая кислоты. Компоненты масел *V. coloratum*, выросшего в разных регионах, были идентичными, хотя и содержали некоторые специфичные соединения, возможно, характерные для их дерева-хозяина (Hayashi et al., 1996).

Среди алифатических спиртов, кетонов и их производных *V. coloratum* содержит цериловый спирт, 2-β-D-глюкозил-3-метилпропанол, 3-β-D-глюкопиранозилоксибутан-2-ол (Kong et al., 1992), а также 1,7-ди-(4-гидроксифенил)-4*E*,6*E*-гептадиен-3-кетон, вызывающий апоптоз клеток A549 (карцинома легкого человека) (Huang et al., 2017).

Из этанольного экстракта *V. coloratum* был выделен 3,5-дигидрокси-1,7-бис-(4-гидроксифенил)-гептан (Fan et al., 2014).

В составе органических кислот у *V. coloratum* встречается янтарная и шикимовая (Kong et al., 1989; Fan et al., 2014), а высшие жирные кислоты представлены лигноцериновой, цериновой, пальмитиновой и октакозановой кислотами (Kong et al., 1989). Также в экстрактах *V. coloratum* отмечены 2,6-диметокси-*n*-бензохинон (Leu et al., 2006), абсцизовая кислота, квебрахит (Fan et al., 2014), 2-дезоксид-эпи-инозит и мезо-инозит (Leu et al., 2006).

Изучен полисахаридный состав *V. coloratum*, мажорными компонентами которого являются полисахариды CVPS-III и CVPS-III-C (Wang, Zhu, 2007). Полисахариды VCP 1-3 проявляли цитотоксическую активность в отношении клеток линий HepG2 и HepG2.2.15 (Chai, Zhao, 2016). Кроме этого показано, что полисахариды обладают анти-вирусными свойствами в отношении HBV (Chai et al., 2019).

Исследованы особенности минерального обмена и содержания некоторых макро- и микроэлементов *V. coloratum* и его растения-хозяина *Betula platyphylla* Suk. Установлено, что содержание отдельных элементов в омеле зависит от особенностей минерального питания хозяина, что, возможно, связано с их избирательной поглощаемостью (Леусова, 2019).

Таким образом, *V. coloratum*, несомненно, принадлежит к видам, представляющим интерес для дальнейших исследований компонентного состава и биологической активности соединений. Примечательно, что у этого вида, как, вероятно, и у других видов рода *Viscum*, биологическую активность проявляют не только низкомолекулярные вещества вторичного метаболизма (фенольные компоненты, терпеноиды и др.), но также и высокомолекулярные лектины, вискотоксины и другие группы соединений первичного метаболизма. Динамичная история исследования терапевтической значимости этого растения оправдывает применение разных поисковых парадигм и методов – от народной и традиционной медицины к научной и от экстрактов – к индивидуальным компонентам.

Благодарности. Работа выполнена в рамках плановой темы Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН ААА-А19-119031290052-1 “Сосудистые растения Евразии: систематика, флора, растительные ресурсы”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горовой П.Г., Балышев М.Е., Крылов А.В., Щекина В.В., Низкий С.Е.** Омела окрашенная (*Viscum coloratum* (Ком.) Nakai) в Восточной Азии (таксономия, ареал, возможности использования) // *Acta Biol. Sibirica* 2018. 4(4):103–107.
- Леусова Н.Ю.** Биокомплекс *Viscum coloratum* (Ком.) Nakai и *Betula platyphylla* Suk.: особенности минерального обмена // *Междунар. журн. прикл. фундамент. иссл.* 2019. 11:21–25.
- Растительные ресурсы России:** Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 3. Семейства Fabaceae–Ariaceae / Отв. ред. А.Л. Будацев. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 601 с.
- Тахтаджян А.Л.** Система магнолиофитов. Л., 1987. 439 с.
- Amer B., Juvik O.J., Dupont F., Francis G.W., Fossen T.** Novel aminoalkaloid from European mistletoe // *Phytochem. Lett.* 2012. 5:677–681. DOI: 10.1016/j.phytol.2012.07.005
- Boyd W.C., Shapleigh E.** Specific precipitating activity of plant agglutinins (lectins) // *Science.* 1954. 119(3091):419. DOI: 10.1126/science.119.3091.419
- Cao D., Han C., Gao W., Cheng L., Yang P.** Research on chemical constituents from branches and twigs with leaves of *Viscum coloratum* // *Chin. Trad. Herb. Drugs.* 2016. 47(24):4313–4317. DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.24.002
- Cao D., Wang L.Q., Han X.M., Guan H.R., Lei M., Wei Y.H., Cheng L., Yang P.M., Sun Z.L., Gao W., Dai J.K.** Two symmetrical unsaturated acids isolated from *Viscum album* / Cao D. // *Chin. J. Nat. Med.* 2019. 17(2):145–148. DOI: 10.1016/s1875-5364(19)30016-0
- Chai Y., Kan L., Zhao M.** Enzymatic extraction optimization, anti-HBV and antioxidant activities of polysaccharides from *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Int. J. Biol. Macromol.* 2019. 134:588–594. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.04.173
- Chai Y., Zhao M.** Purification, characterization and anti-proliferation activities of polysaccharides extracted from *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Carbohydr. Polym.* 2016. 149:121–130. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.04.090
- Chen B.N., Li J.K., Yang G., Li Q.** Chemical constituents from *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai and their anti-tumor activities (I) // *J. Nat. Prod. Res. Dev.* 2009. 21(3):441–444.
- Choi J.H., Lyu S.Y., Lee H.J., Jung J., Park W.B., Kim G.J.** Korean mistletoe lectin regulates self-renewal of placenta-derived mesenchymal stem cells via autophagic mechanisms // *Cell Prolif.* 2012. 45(5):420–429. DOI: 10.1111/j.1365-2184.2012.00839.x
- Choi K., Park K.W., Hwang K.H.** Analysis of the characterizing compounds of Korean mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum*) // *Korean J. Pharm.* 2013. 44(2):138–148.
- Choi S.Z., Kwon H.C., Chung A.K., Choi S.U., Kim K.R., Lee S.M., Pyo S.N., Lee K.R.** Triterpenes and phenolic constituents from *Viscum album* L. // *Yakhak Hoeji.* 2001. 45(6):591–598.
- Dathe M., Meyer J., Beyermann M., Maul B., Hoi-schen C., Bienert M.** General aspects of peptide selectivity towards lipid bilayers and cell membranes studied by variation of the structural parameters of amphipathic helical model peptides // *Biochim. Biophys. Acta.* 2002. 1558(2):171–186. DOI: 10.1016/s0005-2736(01)00429-1
- De Hoff P.L., Brill L.M., Hirsch A.M.** Plant lectins: the ties that bind in root symbiosis and plant defense // *Mol. Genet. Genom.* 2009. 282(1):1–15. DOI: 10.1007/s00438-009-0460-8
- Deeni Y.Y., Sadiq N.M.** Antimicrobial properties and phytochemical constituents of the leaves of African mistletoe (*Tapinanthus dodoneifolius* (DC.) Danser) (Lorantaceae): an ethnomedical plant of Hausaland, Northern Nigeria // *J. Ethnopharmacol.* 2002. 83:235–240. DOI: 10.1016/s0378-8741(02)00244-1
- Fan J., Wu M., Wang J., Ren D., Zhao J., Yang G.** 1,7-bis(4-hydroxyphenyl)-1,4-heptadien-3-one induces lung cancer cell apoptosis via the PI3K/Akt and ERK1/2 pathways // *J. Cell. Physiol.* 2019. 234(5):6336–6349. DOI: 10.1002/jcp.27364
- Fan R.H., Zhao Y.I., Su C., Xie Y., Yan J.J., Yu Z.G.** Determination of three flavonones in *Viscum coloratum* (Komar.) Nakai by HPLC-UV with cloud-point extraction // *J. Shenyang Pharm. Univ.* 2012. 1:39–44.
- Fan R., Ma Y., Yuan H., Zhang Y., Wei B., Zhao Y., Yu Z.** A new flavonoid glycosides and other chemical constituents from *Viscum coloratum* and their antioxidant activity // *Heterocycles.* 2014. 89(6):1455–1462. DOI: 10.3987/COM-14-12934
- Fukunada T., Kajikawa I., Nishiya K., Takeya K., Itokawa H.** Studies on the constituents of the Japanese mistletoe, *Viscum album* L. var. *coloratum* Ohwi grown on different host trees // *Chem. Pharm. Bull.* 1989. 37(5):1300–1303. DOI: 10.1248/cpb.37.1300
- Ge Y., Wang Y., Pang L., Zhang L., Zhai Y., Zhou H.** Proliferation, apoptosis and invasion effects of mistletoe alkali on human osteosarcoma U2OS in vitro // *Int. Surg.* 2016. 101(5–6):282–290.
- Han N., Huang T., Wang Y.C., Yin J., Kadota S.** Flavanone glycosides from *Viscum coloratum* and their inhibitory effects on osteoclast formation // *Chem. Biodivers.* 2011. 8(9):1682–1688. DOI: 10.1002/cbdv.201000289
- Han S.Y., Hong C.E., Kim H.G., Lyu S.Y.** Anti-cancer effects of enteric-coated polymers containing mistletoe lectin in murine melanoma cells in vitro

- and in vivo // *Mol. Cell. Biochem.* 2015. 408(1–2):73–87. DOI: 10.1007/s11010-015-2484-1
- Hayashi S., Miyamoto E., Kudo K., Kameoka H., Hanafusa M.** Comparison of the volatile components of three mistletoe // *J. Essent. Oil Res.* 1996. 8(6):619–626. DOI: 10.1080/10412905.1996.9701029
- Hong C.E., Lyu S.Y.** The antimutagenic effect of mistletoe lectin (*Viscum album* L. var. *coloratum* agglutinin) // *Phytother. Res.* 2012. 26(5):787–790. DOI: 10.1002/ptr.3639
- Hong S.M., Choi J.H., Jo S.J., Song S.K., Lee J.M., Kusakabe T.** Expression of recombinant *Viscum coloratum* lectin B-chain in silkworm expression system and evaluation of antioxidant activity // *Biotechn. Bioproc. Engin.* 2015. 20:515–522. DOI: 10.1007/s12257-014-0806-x
- Huang Z., Wu X., Ren D.** Isolation and identification of phenolic constituents from *Viscum coloratum* and the antiproliferative effects on A549 cells // *J. Shangdong Univ.* 2017. 55(8):35–41. DOI: 10.6040/j.issn.1671-7554.0.2017.070
- Huguet Soler M., Stoeva S., Schwamborn C., Wilhelm S., Stiefel T., Voelter W.** Complete amino acid sequence of the A chain of mistletoe lectin I // *FEBS Lett.* 1996. 339(1–2):153–157. DOI: 10.1016/s0014-5793(96)01309-9
- Hwang T.L., Leu Y.L., Kao S.H., Tang M.C., Chang H.L.** Viscolin, a new chalcone from *Viscum coloratum*, inhibits human neutrophil superoxide anion and elastase release via a cAMP-dependent pathway // *Free Rad. Biol. Med.* 2006. 41(9):1433–1441.
- Jiang Y., Wang C., Li Y.Y., Wang X.C., An J.D., Wang Y.J., Wang X.J.** Mistletoe alkaloid fractions alleviate carbon tetrachloride-induced liver fibrosis through inhibition of hepatic stellate cell activation via TGF- β /Smad interference // *J. Ethnopharmacol.* 2014. 158A:230–238. DOI: 10.1016/j.jep.2014.10.028
- Jung H.Y., Kim Y.H., Kim I.B., Jeong J.S., Lee J.H., Do M.S., Jung S.P., Kim K.S., Kim K.T., Kim J.B.** The Korean mistletoe (*Viscum album coloratum*) extract has an antiobesity effect and protects against hepatic steatosis in mice with high-fat diet-induced obesity // *Evid. Based. Complement. Alternat. Med.* 2013. Art. n. 168207. DOI: 10.1155/2013/168207
- Jung H.Y., Lee A.N., Song T.J., An H.S., Kim Y.H., Kim K.D., Kim I.B., Kim K.S., Han B.S., Kim C.H., Kim K.S., Kim J.B.** Korean mistletoe (*Viscum album coloratum*) extract improves endurance capacity in mice by stimulating mitochondrial activity // *J. Med. Food.* 2012. 15(7):621–628. DOI: 10.1089/jmf.2010.1469
- Jung M.J., Yoo Y.C., Lee K.B., Kim J.B., Song K.S.** Isolation of epi-oleanolic acid from Korean mistletoe and its apoptosis-inducing activity in tumor cells // *Arch. Pharmacol. Res.* 2004. 27(8):840–844. DOI: 10.1007/bf02989176
- Jung S.H., Kim J., Eum J., Choe J.W., Kim H.H., Kee Y., Lee K.** Velutin, an aglycone extracted from Korean mistletoe, with improved inhibitory activity against melanin biosynthesis / Jung S.H. // *Molecules.* 2019. 24:2549–2561. DOI: 10.3390/molecules24142549
- Kang S.N.** Ethanol extracted from mistletoe (*Viscum album* L.) act as natural antioxidants and antimicrobial agents in uncooked patties during refrigerated storage // *Asian-Austral. J. Animal Sci.* 2016. 29(1):109–118. DOI: 10.5713/ajas.15.0253
- Kang T.B., Song S.K., Yoon T.J., Yoo Y.C., Lee K.H., Her E., Kim J.B.** Isolation and characterization of two Korean mistletoe lectins // *J. Biochem. Mol. Biol.* 2007. 40(6):959–965.
- Kanner L.** Mistletoe, magic and medicine // *Bull. Hist. Med.* 1939. 7:875–936.
- Khwaja T., Dias C.B., Pentecost S.** Recent studies on the anticancer activities of mistletoe (*Viscum album*) and its alkaloids // *Oncology.* 1986. 43(1):42–50. DOI: 10.1159/000226419
- Khwaja T., Varven J.C., Pentecost S., Pande H.** Isolation of biologically active alkaloids from Korean mistletoe *Viscum album, coloratum* // *Experientia.* 1980. 36:599–600. DOI: 10.1007/bf01965825
- Kim B.K., Choi M.J., Park K.Y., Cho E.J.** Protective effects of Korean mistletoe lectin on radical-induced oxidative stress // *Biol. Pharm. Bull.* 2010. 33(7):1152–1158.
- Kim C.-S., Kim S.-Y., Sun B.-Y., Yi J.S.** A review of the taxonomic and ecological characteristics of Korean mistletoe types (*Viscum, Korthalsella, Loranthus* and *Taxillus*) // *Kor. J. Pl. Taxon.* 2013. 43(2):81–89.
- Kim G.D., Choi J.H., Lim S.M., Jun J.H., Moon J.W., Kim G.J.** Alterations in IL-6/STAT3 signaling by Korean mistletoe lectin regulate the self-renewal activity of placenta-derived mesenchymal stem cells // *Nutrients.* 2019. 11(11): pii: E2604. DOI: 10.3390/nu11112604
- Kim J.J., Hwang Y.H., Kang K.Y., Lee S.J., Kim J.B., Choi J., Yee S.T.** Antitumor effect of KML-B-treated dendritic cells via induction of lymphocyte activation // *J. Immunol. Res.* 2017. Art. n. 2471627. doi: 10.1155/2017/2471627
- Kim M.S., So H.S., Lee K.M., Park J.S., Lee J.H., Moon S.K., Ryu D.G., Chung S.Y., Jung B.H., Kim Y.K., Moon G., Park R.** Activation of caspase cascades in Korean mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum*) lectin-II-induced apoptosis of human myeloleukemic U937 cells / Kim M.S. // *Gen. Pharm. Vascular Syst.* 2000. 34(5):349–355. DOI: 10.1016/S0306-3623(01)00072-6
- Kim S.Y., Yang E.J., Son Y.K., Yeo J.H., Song K.S.** Enhanced anti-oxidative effect of fermented Korean mistletoe is originated from an increase in the contents of caffeic acid and lyoniresinol // *Food Func.* 2016. 7(5):2270–2277. DOI: 10.1039/c6o00138f

- Kim Y., Kim I., Park C.H., Kim J.B.** Korean mistletoe lectin enhances natural killer cell cytotoxicity via up-regulation of perforin expression // *Asian Pacif. J. Allergy Immunol.* 2018. 36(3):175–183. DOI: 10.12932/AP-030417-0067
- Kong D.Y., Li H.T., Luo S.Q.** Studies on the chemical components of *Viscum coloratum*. VII. Isolation and structure of viscumneoside VII // *Yao Xue Xue Bao.* 1990. 25(8):608–611.
- Kong D.Y., Li H.T., Luo S.Q.** Studies on the chemical components of *Viscum coloratum* VIII. Isolation and structure of 3- β -D-glucopyranosyloxy-butanol-2 // *Yao Xue Xue Bao.* 1992. 27(10):792–795.
- Kong D.Y., Luo S.Q., Lei X.H.** Chemical components of *Viscum coloratum*. I // *Yiyao Gongye.* 1987a. 18(3):123–127.
- Kong D.Y., Luo S.Q., Lei X.H.** Studies on the chemical components of *Viscum coloratum*. III. Structure of viscumneoside III, V and VI // *Yao Xue Xue Bao.* 1988a. 23(8):593–600.
- Kong D.Y., Luo S.Q., Lei X.H.** Studies on the chemical components of *Viscum coloratum*. IV. Structure of viscumneoside IV // *Yao Xue Xue Bao.* 1988b. 23(9):707–710.
- Kong D., Luo S., Li H., Lei X.** Chemical components of *Viscum coloratum* // *Zhongguo Gongye Zazhi.* 1989. 20(3):108–110.
- Kong J.L., Du X.B., Fan C.X., Cao Y., Jiang H., Xu J.F., Zheng X.J.** Purification and primary structure determination of a novel peptide isolated from mistletoe *Viscum coloratum* // *Chin. Chem. Lett.* 2004. 15(11):1311–1314.
- Lee C.H., Kim J.K., Kim H.Y., Park S.M., Lee S.M.** Immunomodulating effects of Korean mistletoe lectin in vitro and in vivo // *Int. Immunopharmacol.* 2009. 9(13–14):1555–1561. DOI: 10.1016/j.intimp.2009.09.011
- Lee K.P., Lee D.W.** The identification of in vitro production of lectin from callus cultures of Korean mistletoe (*Viscum album* L. var. *coloratum*) // *Biosi. Biotechnol. Biochem.* 2013. 77(4):884–887. DOI: 10.1271/bbb.120962
- Lee S.H., An H.S., Jung Y.W., Lee E.J., Lee H.Y., Choi E.S., An S.W., Son H., Lee S.J., Kim J.B., Min K.J.** Korean mistletoe (*Viscum album coloratum*) extract extends the lifespan of nematodes and fruit flies // *Biogerontology.* 2014. 15(2):153–164. DOI: 10.1007/s10522-013-9487-7
- Leu Y.L., Hwang T.L., Chung Y.M., Hong P.Y.** The inhibition of superoxide anion generation in human neutrophils by *Viscum coloratum* // *Chem. Pharm. Bull.* 2006. 54:1063–1066. DOI: 10.1248/cbp.54.1063
- Liang C.J., Wang S.H., Chen Y.H., Chang S.S., Hwang T.L., Leu Y.L., Tseng Y.C., Li C.Y., Chen Y.L.** Viscolin reduces VCAM-1 expression in TNF- α -treated endothelial cells via the JNK/NF- κ B and ROS pathway // *Free Radic. Biol. Med.* 2011. 51(7):1337–1346. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2011.06.023
- Liu S.L., Du X.B., Kong J.L., Jiang H.** A novel plant defensin from Chinese mistletoe, *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Chin. Chem. Lett.* 2007. 18(1):55–58. DOI: 10.1016/j.ccllet.2006.11.007
- Liu S.L., Kong J.L., Du X.B.** New polypeptides from Chinese mistletoe, *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Chinese Chem. Lett.* 2006. 17(1):41–44.
- Long C., Fan R., Zhang Q., Zhang Z., Wang D., Xia Y., Ma Y., Yu Z., Zhao Y.J.** Simultaneous identification and quantification of the common compounds of *Viscum coloratum* and its corresponding host plants by ultra-high performance liquid chromatography with quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry and triple quadrupole mass spectrometry // *Chromatogr. B.* 2017. 1061–1062:176–184. DOI: 10.1016/j.chromb.2017.07.028
- Lyu S.Y., Park S.M., Choung B.Y., Park W.B.** Comparative study of Korean (*Viscum album* var. *coloratum*) and European mistletoes (*Viscum album*) // *Arch. Pharmacol. Res.* 2000. 23(6):592–598. DOI: 10.1007/bf02975247
- Lyu S.Y., Park W.B.** Effects of Korean mistletoe lectin (*Viscum album coloratum*) on proliferation and cytokine expression in human peripheral blood mononuclear cell and T-lymphocytes // *Arch. Pharm. Res.* 2007. 30(10):1252–1264. DOI: 10.1007/bf02980266
- Lyu S.Y., Choi J.H., Lee H.J., Park W.B., Kim G.J.** Korean mistletoe lectin promotes proliferation and invasion of trophoblast cells through regulation of Akt signaling // *Reprod. Toxicol.* 2013. 39:33–39. DOI: 10.1016/j.reprotox.2013.03.011
- Ma Y., Fan R., Duan M., Yu Z., Zhao Y.** A study of pharmacokinetic interactions among co-existing ingredients in *Viscum coloratum* after intravenous administration of three different preparations to rats // *Pharm. Mag.* 2015. 11:455–462. DOI: 10.4103/0973-1296.160448
- Martin-Cordera C., Pedraza M.A., Gil A.M., Ayuso M.J.** Bipiperidyl and quinolizidine alkaloids in fruits of *Viscum cruciatum* hemiparasitic on *Remata sphaerocarpa* // *J. Chem. Ecol.* 1997. 23:1913–1916. DOI: 10.1023/b:joec.0000006478.75076.20
- Martin-Cordera C., Agudo M.A., Navarro E., Trujillo J., Ayuso M.J.** A cytotoxic diarylhepatoid from *Viscum cruciatum* // *Phytochemistry.* 2001. 58:567–569. DOI: 10.1016/s0031-9422(01)00293-x
- Mishra A., Behura A., Mawatwal S., Kumar A., Naik L., Mohanty S.S., Manna D., Dokania P., Mishra A., Patra S.K., Dhiman R.** Structure-function and application of plant lectins in disease biology and immunity // *Food Chem. Toxicol.* 2019. 134:1–16. DOI: 10.1016/j.fct.2019.110827
- Nazaruk J., Orlikowski P.** Phytochemical profile and therapeutic potential of *Viscum album* L. //

- Nat. Prod. Res. 2015. 30(4):373–385. DOI: 10.1080/14786419.2015.1022776
- Nhiem N.X., Lee H.Y., Kim N.Y., Park S.J., Kim E.S., Han J.E., Yang H., Kim S.H.** Stereochemical assignment of five new lignin glycosides from *Viscum album* by NMR study combined with CD spectroscopy // Magn. Reson. Chem. 2012. 50(11):772–777. DOI: 10.1002/mrc.3875
- Nhiem N.X., Kiem P.V., Minh C.V., Kim N., Park S., Lee H.Y., Kim E.S., Kim Y.H., Kim S., Koh Y.S., Kim S.H.** Diarylheptanoids and flavonoids from *Viscum album* inhibit LPS-stimulated production of pro-inflammatory cytokines in bone marrow-derived dendritic cells // J Nat Prod. 2013. 76(4):495–502. DOI: 10.1021/np300490v
- Nienhaus J., Stoll M., Vester F.** Thymus stimulation and cancer prophylaxis by *Viscum* proteins // Experimentia. 1970. 26(5):523–525. DOI: 10.1007/bf01898487
- Ohta N., Yagishita K.** Isolation and structure of new flavonoids, flavoyadorinin A, flavoyadorinin B and homoflavoyadorinin B, in the leaves of *Viscum album* Linnaeus var. *coloratum* Ohwi epiphyting to *Pyrus communis* Linnaeus // Agr. Biol. Chem. 1970. 34(6):900–907. DOI: 10.1080/00021369.1970.1085692
- Okumura Y., Sakurai A.** Chemical studies on mistletoe. II. The structure of viscumamide, a new cyclic peptide isolated from *Viscum album* Linn. var. *coloratum* Ohwi // Bull. Chem. Soc. Japan. 1973. 46(7):2190–2193. DOI: 10.1246/bcsj.46.2190
- Okumura Y., Sakurai A.** Synthesis of viscumamide and its analogs // Bull. Chem. Soc. Japan. 1979. 52(2):540–543. DOI: 10.1246/bcsj.52.540
- Orrú S.** Amino acid sequence, S-S bridge arrangement and distribution in plant tissues of thionins from *Viscum album* / Orrú S., Scalonì A., Giannattasio M., Urech K., Pucci P., Schaller G. // Biol. Chem. 1997. 378(9):989–996. doi: 10.1515/bchm.1997.378.9.989
- Park B.J., Matsuta T., Samejima H., Park C.H., Sung I.J., Lee B.D., Onjo M.J.** Chemical constituents of mistletoe (*Viscum album* L. var. *coloratum* Ohwi) // Pharm. Biol. Sci. 2017. 12:19–23. DOI: 10.9790/3008-1204041923
- Park J.H., Kim Y.N., Kim J.K., Park H.Y., Song B.S.** Viscotoxin purified from mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum* Ohwi) induces insulin secretion from pancreatic beta cells // J. Ethnopharmacol. 2019. 234:172–179. DOI: 10.1016/j.jep.2019.01.014
- Park K.H., Choi S.H.** The effect of mistletoe, *Viscum album coloratum*, extract on innate immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) // Fish Shellfish Immunol. 2012. 32(6):1016–1021. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.02.023
- Park W.B., Han S.K., Lee M.H., Han K.H.** Isolation and characterization of lectins from stem and leaves of Korean mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum*) by affinity chromatography // Arch. Pharmacol Res. 1997. 20(4):306–312. DOI: 10.1007/BF02976191
- Peng H.Y., Zhang Y.H., Han Y., Wang M.** Studies on the anticancer effects of total alkaloid from *Viscum coloratum* // Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 2005. 30(5):381–382.
- Peumans W.J., Van Damme E.J., Barre A., Rougé P.** Classification of plant lectins in families of structurally and evolutionary related proteins // Adv. Exp. Med. Biol. 2001. 491:27–54. DOI: 10.1007/978-1-4615-1267-73
- Romagnoli S., Fogolari F., Catalano M., Zetta L., Schaller G., Urech K., Giannattasio M., Ragona L., Molinari H.** NMR solution structure of viscotoxin C1 from *Viscum album* species *coloratum* Ohwi: toward a structure-function analysis of viscotoxins // Biochemistry. 2003. 42(43):12503–12510. DOI: 10.1021/bi034762t
- Poojary B., Belagali S.L.** Synthesis, characterization and biological evaluation of cyclic peptides: viscumamide, yunnanin A and evolidine // Z. Naturforsch. 2005. 60b:1313–1320. DOI: 10.1515/znb-2005-1217
- Santos A.F.S., da Silva M.D.C., Napoleão T.H., Paim P.M.G., Correia M.T.S., Coelho L.C.B.B.** Lectins: functions, structure, biological properties and potential applications // Current Top. Pept. Prot. Res. 2014. 15:41–62.
- Sharon N., Lis H.** History of lectins: from hemagglutinins to biological recognition molecules // Glycobiology. 2004. 14(11):53–62. DOI: 10.1093/glycob/cwh122
- Shen J.J., Chiang M.S., Kuo M.L., Leu Y.L., Hwang T.L., Liou C.J., Huang W.C. J.** Partially purified extract and viscolin from *Viscum coloratum* attenuate airway inflammation and eosinophil infiltration in ovalbumin-sensitized mice // Ethnopharmacol. 2011. 135(3):646–653. DOI: 10.1016/j.jep.2011.03.065
- Sun Y., Liu K., Zhang Z.** Studies on the chemical constituents of *Viscum coloratum* // Zhong Yao Cai. 2000. 23(1):29–30.
- Sung N.Y., Byun E.B., Song D.S., Jin Y.B., Kim J.K., Park J.H., Song B.S., Jung P.M., Byun M.W., Lee J.W., Park S.H., Kim J.H.** Effect of gamma irradiation on mistletoe (*Viscum album*) lectin-mediated toxicity and immunomodulatory activity // FEBS Open Bio. 2013. 3:106–111. DOI: 10.1016/j.fob.2013.01.003
- URL:** http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=134632
- URL:** <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Santalaceae/Viscum/>
- Van Rhijn P., Goldberg R.B., Hirsch A.M.** Lotus corniculatus nodulation specificity is changed by the presence of a soybean lectin gene // Plant Cell. 1998. 10(8):1233–1249. DOI: 10.1105/tpc.10.8.1233
- Vann Damme J.M., Lannoo N., Peumans W.** Plant lectins // J. Adv. Bot. Res. Incomp. Adv. Pl. Patholog. 2008. 48:107–209.

- Vann Damme J.M., Peumans W.J., Barre A., Rougé P.** Plant lectins: a composite of several distinct families of structurally and evolutionary related proteins with diverse biological roles // *Critic. Rev. Pl. Sci.* 1998. 17(6):575–692. DOI:10.1080/07352689891304276
- Vester F.** Amino acid pattern and malignant growth // *Biochim. Biophys. Acta.* 1965. 104(1):98–103. DOI: 10.1016/0304-4165(65)90225-4
- Vester F., Bohne L., El-Fouly M.** Zur Kenntnis der Inhaltsstoffe von *Viscum album* IV. Biologisches Verhalten einzelner Protein-fractionen // *Hoppe Seylers Z. Physiol. Chem.* 1968b. 349:495.
- Vester F., May W.** On the identification of the constituents of *Viscum album*. I. Free amino acids // *Hoppe Seylers Z. Physiol. Chem.* 1960. 322:237–277.
- Vester F., Steel A., Stoll M., Muller M.** Zur Kenntnis der Inhaltsstoffe von *Viscum album* III. Isolierung und Reinigung cancerostatischer Protein-fractionen // *Hoppe Seylers Z. Physiol. Chem.* 1968a. 349:125.
- Wang J., Wang J.** Optimization of ultrasonic-assisted solvent extraction technology of alkaloids from *Viscum coloratum* (Komar.) Nakai // *Chin. Pharm. J.* 2008. 43(9):658–661.
- Wang J., Wu F., Wang J., Tao S., Dong S.** Primary study on systematic separation and bacteriostatic activity of alkaloids extracted from *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Food Sci.* 2007. 28(6):63–65.
- Wang J., Zhu Y.F.** Extraction and content determination of polysaccharides in *Viscum coloratum* // *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi.* 2007. 32(22):2387–2390.
- Wielgorskaya T.** Dictionary of generic names of seed plants // *New York.* 1995. 570 p.
- Yang Y.J., Lin J.H., Xu X.W.** Isolation and structure identification of chemical constituents from *Viscum liquidambaricolum* // *Yao Xue Xue Bao.* 2005. 40(4):351–354.
- Yao H., Liao Z.X., Wu Q., Lei G.Q., Liu Z.J., Chen D.F., Chen J.K., Zhou T.S.** Antioxidative flavanone glycosides from the branches and leaves of *Viscum coloratum* // *Chem. Pharm. Bull.* 2006. 54(1):133–135. DOI: 10.1248/cpb.54.133
- Yao H., Zhou G.X., Wu Q., Lei G.Q., Chen D.F., Chen J.K., Zhou T.S.** Mistletonone, a novel antioxidative diarylheptanoid from branches and leaves of *Viscum coloratum* // *Molecules.* 2007. 12:312–317. DOI: 10.3390/12030312
- Yin J., Han N., Xu X., Liu Z., Zhang B., Kadota S.** Inhibitory activity of the ethyl acetate fraction from *Viscum coloratum* on bone resorption // *Planta Med.* 2008. 74(2):120–125. DOI: 10.1055/s-2008-1034283
- Yin J., Wang X., Liu Z., Katoda S.** A new tetrahydrofuran lignin glycoside from *Viscum coloratum* // *Asian J. Trad. Med.* 2007. 2(2):58–60.
- Yoo J.M., Yang J.H., Kim Y.S., Yang H.J., Cho W.K., Ma J.Y.** Inhibitory effects of *Viscum coloratum* extract on IgE/Antigen-activated mast cells and mast cell-derived inflammatory mediator-activated chondrocytes // *Molecules.* 2016. 22(1):1–14. DOI: 10.2290/molecules22010037
- Yoo J.M., Park K.I., Ma J.Y.** Anticolitic effect of *Viscum coloratum* through suppression of mast cell activation // *Am. J. Chin. Med.* 2019. 47(1):203–221. DOI: 10.1142/S0192415X19500101
- Yoon T.J., Yoo Y.C., Kang T.B., Shimazaki K., Song S.K., Lee K.H., Kim S.H., Park C.H., Azuma I., Kim J.B.** Lectins isolated from Korean mistletoe (*Viscum album coloratum*) induce apoptosis in tumor cells // *Cancer Lett.* 1999. 136:33–40. DOI: 10.1016/s0304-3835(98)00300-0
- Zhao Y., Ma M., Gao X., Liu T., Yu Z., Bi K.** Isolation and determination of homoeriodictyol-7-O- β -D-glucoside in *Viscum coloratum* // *Se Pu.* 2006. 24(5):479–481.
- Zhao Y., Yu Z., Fan R., Gao X., Yu M., Li H., Wei H., Bi K.** Simultaneous determination of ten flavonoids from *Viscum coloratum* grown on different host species and different sources by LC-MS // *Chem. Pharm. Bull.* 2011. 59(11):1322–1328. DOI: 10.1248/cpb.59.1322
- Zhao Y.L., Wang X.Y., Sun L.X., Fan R.H., Bi K.S., Yu Z.G.Z.** Cytotoxic constituents of *Viscum coloratum* // *Naturforsch., C: Biosci.* 2012. 67(3–4):129–34. DOI: 10.1515/znc-2012-3-404

Информация об авторах:

Петрова Наталья Валериевна – канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории растительных ресурсов, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН (197376, г. Санкт-Петербург, ул. профессора Попова, 2, Россия).
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4455-6572>
e-mail: NPetrova@binran.ru

Буданцев Андрей Львович – д-р биол. наук, профессор, зав. лаборатории растительных ресурсов, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН (197376, г. Санкт-Петербург, ул. профессора Попова, 2, Россия).
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8916-7450>
e-mail: abudantsev@mail.ru

Для цитирования: Петрова Н.В., Буданцев А.Л. *Viscum coloratum* (Santalaceae) – компонентный состав и биологическая активность // *Раст. мир Азиатской России.* 2021. 1:34–53. DOI: 10.15372/RMAR20210104

VISCUM COLORATUM (SANTALACEAE) – COMPONENT COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY

N.V. Petrova, A.L. Budantsev

Komarov Botanical Institute Russian, RAS,
2, Professor Popov str., St-Petersburg, 197376, Russia, NPetrova@binran.ru

A review of *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai (Santalaceae) about its chemical composition, biological characteristics and pharmacology has been made. It was shown, that along the rich set of secondary metabolites among phenolic and others compounds, *V. coloratum* accumulates N-containing – lectins, viscotoxins, defensins and ect., and accumulates particular diarylheptanoids, lignans, chromones, which were not characteristic for other plants. Structural formulas of the majority of components are given in this paper. Collected information about biological activity of the extracts and individual components, confirmed expediency of using *V. coloratum*, in standart practice medicine.

Key words: *Viscum coloratum*, diarylheptanoids, lectins, viscotoxins, defensins, flavonoids, lignans, biological activity.

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the state assignment No. AAA-A19-119031290052-1 of the Komarov Botanical Institute RAS.

REFERENCES

- Amer B., Juvik O.J., Dupont F., Francis G.W., Fossen T. Novel aminoalkaloid from European mistletoe // *Phytochem. Lett.* 2012. 5:677–681. DOI: 10.1016/j.phytol.2012.07.005
- Boyd W.C., Shapleigh E. Specific precipitating activity of plant agglutinins (lectins) // *Science.* 1954. 119(3091):419. DOI: 10.1126/science.119.3091.419
- Cao D., Han C., Gao W., Cheng L., Yang P. Research on chemical constituents from branches and twigs with leaves of *Viscum coloratum* // *Chin. Trad. Herb. Drugs.* 2016. 47(24):4313–4317. DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.24.002
- Cao D., Wang L.Q., Han X.M., Guan H.R., Lei M., Wei Y.H., Cheng L., Yang P.M., Sun Z.L., Gao W., Dai J.K. Two symmetrical unsaturated acids isolated from *Viscum album* // *Chin. J. Nat. Med.* 2019. 17(2):145–148. DOI: 10.1016/s1875-5364(19)30016-0
- Chai Y., Kan L., Zhao M. Enzymatic extraction optimization, anti-HBV and antioxidant activities of polysaccharides from *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Int. J. Biol. Macromol.* 2019. 134:588–594. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.04.173
- Chai Y., Zhao M. Purification, characterization and anti-proliferation activities of polysaccharides extracted from *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Carbohydr. Polym.* 2016. 149:121–130. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.04.090
- Chen B.N., Li J.K., Yang G., Li Q. Chemical constituents from *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai and their anti-tumor activities (I) // *J. Nat. Prod. Res. Dev.* 2009. 21(3):441–444.
- Choi J.H., Lyu S.Y., Lee H.J., Jung J., Park W.B., Kim G.J. Korean mistletoe lectin regulates self-renewal of placenta-derived mesenchymal stem cells via autophagic mechanisms // *Cell Prolif.* 2012. 45(5):420–429. DOI: 10.1111/j.1365-2184.2012.00839.x
- Choi K., Park K.W., Hwang K.H. Analysis of the characterizing compounds of Korean mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum*) // *Korean J. Pharm.* 2013. 44(2):138–148.
- Choi S.Z., Kwon H.C., Chung A.K., Choi S.U., Kim K.R., Lee S.M., Pyo S.N., Lee K.R. Triterpenes and phenolic constituents from *Viscum album* L. // *Yakhak Hoeji.* 2001. 45(6):591–598.
- Dathe M., Meyer J., Beyermann M., Maul B., Hoischen C., Bienert M. General aspects of peptide selectivity towards lipid bilayers and cell membranes studied by variation of the structural parameters of amphipathic helical model peptides // *Biochim. Biophys. Acta.* 2002. 1558(2):171–186. DOI: 10.1016/s0005-2736(01)00429-1
- De Hoff P.L., Brill L.M., Hirsch A.M. Plant lectins: the ties that bind in root symbiosis and plant defense // *Mol. Genet. Genom.* 2009. 282(1):1–15. DOI: 10.1007/s00438-009-0460-8
- Deeni Y.Y., Sadiq N.M. Antimicrobial properties and phytochemical constituents of the leaves of African mistletoe (*Tapinanthus dodoneifolius* (DC.) Danser) (Lorantaceae): an ethnomedical plant of Hausaland, Northern Nigeria // *J. Ethnopharmacol.* 2002. 83:235–240. DOI: 10.1016/s0378-8741(02)00244-1
- Fan J., Wu M., Wang J., Ren D., Zhao J., Yang G. 1,7-bis(4-hydroxyphenyl)-1,4-heptadien-3-one induces lung cancer cell apoptosis via the PI3K/Akt and ERK1/2 pathways // *J. Cell. Physiol.* 2019. 234(5):6336–6349. DOI: 10.1002/jcp.27364
- Fan R.H., Zhao Y.I., Su C., Xie Y., Yan J.J., Yu Z.G. Determination of three flavonones in *Viscum coloratum* (Komar.) Nakai by HPLC-UV with cloud-point extraction // *J. Shenyang Pharm. Univ.* 2012. 1:39–44.
- Fan R., Ma Y., Yuan H., Zhang Y., Wei B., Zhao Y., Yu Z. A new flavonoid glycosides and other chemical constituents from *Viscum coloratum* and their antioxidant activity // *Heterocycles.* 2014. 89(6):1455–1462. DOI: 10.3987/COM-14-12934

- Fukunada T., Kajikawa I., Nishiya K., Takeya K., Ito-kawa H.** Studies on the constituents of the Japanese mistletoe, *Viscum album* L. var. *coloratum* Ohwi grown on different host trees // Chem. Pharm. Bull. 1989. 37(5):1300–1303. DOI: 10.1248/cpb.37.1300
- Ge Y., Wang Y., Pang L., Zhang L., Zhai Y., Zhou H.** Proliferation, apoptosis and invasion effects of mistletoe alkali on human osteosarcoma U2OS in vitro // Int. Surg. 2016. 101(5–6):282–290.
- Gorovoy P.G., Balyshev M.E., Krylov A.V., Schekina V.V., Nizkiy S.E.** Mistletoe coloring (*Viscum coloratum* (Kom.) Nakai) in the East Asia (taxonomy, area, possibilities applications) // Acta Biol. Sibirica 2018. 4(4):103–107. (In Russ.).
- Han N., Huang T., Wang Y.C., Yin J., Kadota S.** Flavanone glycosides from *Viscum coloratum* and their inhibitory effects on osteoclast formation // Chem. Biodivers. 2011. 8(9):1682–1688. DOI: 10.1002/cbdv.201000289
- Han S.Y., Hong C.E., Kim H.G., Lyu S.Y.** Anti-cancer effects of enteric-coated polymers containing mistletoe lectin in murine melanoma cells in vitro and in vivo // Mol. Cell. Biochem. 2015. 408(1–2): 173–87. DOI: 10.1007/s11010-015-2484-1
- Hayashi S., Miyamoto E., Kudo K., Kameoka H., Hanafusa M.** Comparison of the volatile components of three mistletoe // J. Essent. Oil Res. 1996. 8(6):619–626. DOI: 10.1080/10412905.1996.9701029
- Hong C.E., Lyu S.Y.** The antimutagenic effect of mistletoe lectin (*Viscum album* L. var. *coloratum* agglutinin) // Phytother. Res. 2012. 26(5):787–790. DOI: 10.1002/ptr.3639
- Hong S.M., Choi J.H., Jo S.J., Song S.K., Lee J.M., Kusakabe T.** Expression of recombinant *Viscum coloratum* lectin B-chain in silkworm expression system and evaluation of antioxidant activity // Biotechn. Bioproc. Engin. 2015. 20:515–522. DOI: 10.1007/s12257-014-0806-x
- http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=134632
- <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Santalaceae/Viscum/>
- Huang Z., Wu X., Ren D.** Isolation and identification of phenolic constituents from *Viscum coloratum* and the antiproliferative effects on A549 cells // J. Shangdong Univ. 2017. 55(8):35–41. DOI: 10.6040/j.issn.1671-7554.0.2017.070
- Huguet Soler M., Stoeva S., Schwamborn C., Wilhelm S., Stiefel T., Voelter W.** Complete amino acid sequence of the A chain of mistletoe lectin I // FEBS Lett. 1996. 339(1–2):153–157. DOI: 10.1016/s0014-5793(96)01309-9
- Hwang T.L., Leu Y.L., Kao S.H., Tang M.C., Chang H.L.** Viscolin, anewchalcone from *Viscum coloratum*, inhibits human neutrophil superoxide anion and elastase release via a cAMP-dependent pathway // Free Rad. Biol. Med. 2006. 41(9):1433–1441.
- Jiang Y., Wang C., Li Y.Y., Wang X.C., An J.D., Wang Y.J., Wang X.J.** Mistletoe alkaloid fractions alleviates carbon tetrachloride-induced liver fibrosis through inhibition of hepatic stellate cell activation via TGF- β /Smad interference // J. Ethnopharmacol. 2014. 158A:230–238. DOI: 10.1016/j.jep.2014.10.028
- Jung H.Y., Kim Y.H., Kim I.B., Jeong J.S., Lee J.H., Do M.S., Jung S.P., Kim K.S., Kim K.T., Kim J.B.** The Korean mistletoe (*Viscum album coloratum*) extract has an antiobesity effect and protects against hepatic steatosis in mice with high-fat diet-induced obesity // Evid. Based. Complement. Alternat. Med. 2013. Art. n. 168207. DOI: 10.1155/2013/168207
- Jung H.Y., Lee A.N., Song T.J., An H.S., Kim Y.H., Kim K.D., Kim I.B., Kim K.S., Han B.S., Kim C.H., Kim K.S., Kim J.B.** Korean mistletoe (*Viscum album coloratum*) extract improves endurance capacity in mice by stimulating mitochondrial activity // J. Med. Food. 2012. 15(7):621–628. DOI: 10.1089/jmf.2010.1469
- Jung M.J., Yoo Y.C., Lee K.B., Kim J.B., Song K.S.** Isolation of epi-oleanolic acid from Korean mistletoe and its apoptosis-inducing activity in tumor cells // Arch. Pharmacol Res. 2004. 27(8):840–844. DOI: 10.1007/bf02989176
- Jung S.H., Kim J., Eum J., Choe J.W., Kim H.H., Kee Y., Lee K.** Velutin, an aglycone extracted from Korean mistletoe, with improved inhibitory activity against melanin biosynthesis / Jung S.H. // Molecules. 2019. 24:2549–2561. DOI: 10.3390/molecules24142549
- Kang S.N.** Ethanol extracted from mistletoe (*Viscum album* L.) act as natural antioxidants and antimicrobial agents in uncooked patties during refrigerated storage // Asian-Austral. J. Animal Sci. 2016. 29(1):109–118. DOI: 10.5713/ajas.15.0253
- Kang T.B., Song S.K., Yoon T.J., Yoo Y.C., Lee K.H., Her E., Kim J.B.** Isolation and characterization of two Korean mistletoe lectins // J. Biochem. Mol. Biol. 2007. 40(6):959–965.
- Kanner L.** Mistletoe, magic and medicine // Bull. Hist. Med. 1939. 7:875–936.
- Khwaja T., Dias C.B., Pentecost S.** Recent studies on the anticancer activities of mistletoe (*Viscum album*) and its alkaloids // Oncology. 1986. 43(1):42–50. DOI: 10.1159/000226419
- Khwaja T., Varven J.C., Pentecost S., Pande H.** Isolation of biologically active alkaloids from Korean mistletoe *Viscum album coloratum* // Experimentia. 1980. 36:599–600. DOI: 10.1007/bf01965825
- Kim B.K., Choi M.J., Park K.Y., Cho E.J.** Protective effects of Korean mistletoe lectin on radical-induced oxidative stress // Biol. Pharm. Bull. 2010. 33(7):1152–1158.
- Kim C.-S., Kim S.-Y., Sun B.-Y., Yi J.S.** A review of the taxonomic and ecological characteristics of Korean mistletoe types (*Viscum*, *Korthalsella*, *Loranthus* and *Taxillus*) // Korean J. Pl. Taxon. 2013. 43(2):81–89.

- Kim G.D., Choi J.H., Lim S.M., Jun J.H., Moon J.W., Kim G.J.** Alterations in IL-6/STAT3 signaling by Korean mistletoe lectin regulate the self-renewal activity of placenta-derived mesenchymal stem cells // *Nutrients*. 2019. 11(11): pii: E2604. DOI: 10.3390/nu11112604
- Kim J.J., Hwang Y.H., Kang K.Y., Lee S.J., Kim J.B., Choi J., Yee S.T.** Antitumor effect of KML-B-treated dendritic cells via induction of lymphocyte activation // *J. Immunol. Res.* 2017. Art. n. 2471627. doi: 10.1155/2017/2471627
- Kim M.S., So H.S., Lee K.M., Park J.S., Lee J.H., Moon S.K., Ryu D.G., Chung S.Y., Jung B.H., Kim Y.K., Moon G., Park R.** Activation of caspase cascades in Korean mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum*) lectin-II-induced apoptosis of human myeloleukemic U937 cells / Kim M.S. // *Gen. Pharm. Vascular Syst.* 2000. 34(5):349–355. DOI: 10.1016/S0306-3623(01)00072-6
- Kim S.Y., Yang E.J., Son Y.K., Yeo J.H., Song K.S.** Enhanced anti-oxidative effect of fermented Korean mistletoe is originated from an increase in the contents of caffeic acid and lyoniresinol // *Food Func.* 2016. 7(5):2270–2277. DOI: 10.1039/c6o00138f
- Kim Y., Kim I., Park C.H., Kim J.B.** Korean mistletoe lectin enhances natural killer cell cytotoxicity via up-regulation of perforin expression // *Asian Pacif. J. Allergy Immunol.* 2018. 36(3):175–183. DOI: 10.12932/AP-030417-0067
- Kong D.Y., Li H.T., Luo S.Q.** Studies on the chemical components of *Viscum coloratum*. VII. Isolation and structure of viscumneoside VII // *Yao Xue Xue Bao*. 1990. 25(8):608–611.
- Kong D.Y., Li H.T., Luo S.Q.** Studies on the chemical components of *Viscum coloratum* VIII. Isolation and structure of 3-β-D-glucopyranosyloxy-butanol-2 // *Yao Xue Xue Bao*. 1992. 27(10):792–795.
- Kong D.Y., Luo S.Q., Lei X.H.** Chemical components of *Viscum coloratum*. I // *Yiyao Gongye*. 1987a. 18(3):123–127.
- Kong D.Y., Luo S.Q., Lei X.H.** Studies on the chemical components of *Viscum coloratum*. III. Structure of viscumneoside III, V and VI // *Yao Xue Xue Bao*. 1988a. 23(8):593–600.
- Kong D.Y., Luo S.Q., Lei X.H.** Studies on the chemical components of *Viscum coloratum*. IV. Structure of viscumneoside IV // *Yao Xue Xue Bao*. 1988b. 23(9):707–710.
- Kong D., Luo S., Li H., Lei X.** Chemical components of *Viscum coloratum* // *Zhongguo Gongye Zazhi*. 1989. 20(3):108–110.
- Kong J.L., Du X.B., Fan C.X., Cao Y., Jiang H., Xu J.F., Zheng X.J.** Purification and primary structure determination of a novel peptide isolated from mistletoe *Viscum coloratum* // *Chin. Chem. Lett.* 2004. 15(11):1311–1314.
- Lee C.H., Kim J.K., Kim H.Y., Park S.M., Lee S.M.** Immunomodulating effects of Korean mistletoe lectin in vitro and in vivo // *Int. Immunopharmacol.* 2009. 9(13–14):1555–1561. DOI: 10.1016/j.intimp.2009.09.011
- Lee K.P., Lee D.W.** The identification of in vitro production of lectin from callus cultures of Korean mistletoe (*Viscum album* L. var. *coloratum*) // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2013. 77(4):884–887. DOI: 10.1271/bbb.120962
- Lee S.H., An H.S., Jung Y.W., Lee E.J., Lee H.Y., Choi E.S., An S.W., Son H., Lee S.J., Kim J.B., Min K.J.** Korean mistletoe (*Viscum album coloratum*) extract extends the lifespan of nematodes and fruit flies // *Biogerontology*. 2014. 15(2):153–164. DOI: 10.1007/s10522-013-9487-7
- Leu Y.L., Hwang T.L., Chung Y.M., Hong P.Y.** The inhibition of superoxide anion generation in human neutrophils by *Viscum coloratum* // *Chem. Pharm. Bull.* 2006. 54:1063–1066. DOI: 10.1248/cbp.54.1063
- Leusova N.Yu.** Biocomplex *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai and *Betula platyphylla* Suk.: features of mineral exchange // *Int. J. Appl. Fund. Res.* 2019. 11:21–25. (In Russ.).
- Liang C.J., Wang S.H., Chen Y.H., Chang S.S., Hwang T.L., Leu Y.L., Tseng Y.C., Li C.Y., Chen Y.L.** Viscolin reduces VCAM-1 expression in TNF-α-treated endothelial cells via the JNK/NF-κB and ROS pathway // *Free Radic. Biol. Med.* 2011. 51(7):1337–1346. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2011.06.023
- Liu S.L., Du X.B., Kong J.L., Jiang H.** A novel plant defensin from Chinese mistletoe, *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Chin. Chem. Lett.* 2007. 18(1):55–58. DOI: 10.1016/j.ccllet.2006.11.007
- Liu S.L., Kong J.L., Du X.B.** New polypeptides from Chinese mistletoe, *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Chinese Chem. Lett.* 2006. 17(1):41–44.
- Long C., Fan R., Zhang Q., Zhang Z., Wang D., Xia Y., Ma Y., Yu Z., Zhao Y.J.** Simultaneous identification and quantification of the common compounds of *Viscum coloratum* and its corresponding host plants by ultra-high performance liquid chromatography with quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry and triple quadrupole mass spectrometry // *Chromatogr. B*. 2017. 1061–1062:176–184. DOI: 10.1016/j.chromb.2017.07.028
- Lyu S.Y., Park S.M., Choung B.Y., Park W.B.** Comparative study of Korean (*Viscum album* var. *coloratum*) and European mistletoes (*Viscum album*) // *Arch. Pharmacol. Res.* 2000. 23(6):592–598. DOI: 10.1007/bf02975247
- Lyu S.Y., Park W.B.** Effects of Korean mistletoe lectin (*Viscum album coloratum*) on proliferation and cytokine expression in human peripheral blood mononuclear cell and T-lymphocytes // *Arch. Pharm. Res.* 2007. 30(10):1252–1264. DOI: 10.1007/bf02980266

- Lyu S.Y., Choi J.H., Lee H.J., Park W.B., Kim G.J.** Korean mistletoe lectin promotes proliferation and invasion of trophoblast cells through regulation of Akt signaling // *Reprod. Toxicol.* 2013. 39:33–39. DOI: 10.1016/j.reprotox.2013.03.011
- Ma Y., Fan R., Duan M., Yu Z., Zhao Y.** A study of pharmacokinetic interactions among co-existing ingredients in *Viscum coloratum* after intravenous administration of three different preparations to rats // *Pharm. Mag.* 2015. 11:455–462. DOI: 10.4103/0973-1296.160448
- Martin-Cordera C., Pedraza M.A., Gil A.M., Ayuso M.J.** Bipiperidyl and quinolizidine alkaloids in fruits of *Viscum cruciatum* hemiparasitic on *Remata sphaerocarpa* // *J. Chem. Ecol.* 1997. 23:1913–1916. doi: 10.1023/b:joec.0000006478.75076.20
- Martin-Cordera C., Agudo M.A., Navarro E., Trujillo J., Ayuso M.J.** A cytotoxic diarylheptanoid from *Viscum cruciatum* // *Phytochemistry.* 2001. 58:567–569. DOI: 10.1016/s0031-9422(01)00293-x
- Mishra A., Behura A., Mawatwal S., Kumar A., Naik L., Mohanty S.S., Manna D., Dokania P., Mishra A., Patra S.K., Dhiman R.** Structure-function and application of plant lectins in disease biology and immunity // *Food Chem. Toxicol.* 2019. 134:1–16. DOI: 10.1016/j.fct.2019.110827
- Nazaruk J., Orlikowski P.** Phytochemical profile and therapeutic potential of *Viscum album* L. // *Nat. Prod. Res.* 2015. 30(4):373–385. DOI: 10.1080/14786419.2015.1022776
- Nhiem N.X., Lee H.Y., Kim N.Y., Park S.J., Kim E.S., Han J.E., Yang H., Kim S.H.** Stereochemical assignment of five new lignin glycosides from *Viscum album* by NMR study combined with CD spectroscopy // *Magn. Reson. Chem.* 2012. 50(11):772–777. DOI: 10.1002/mrc.3875
- Nhiem N.X., Kiem P.V., Minh C.V., Kim N., Park S., Lee H.Y., Kim E.S., Kim Y.H., Kim S., Koh Y.S., Kim S.H.** Diarylheptanoids and flavonoids from *Viscum album* inhibit LPS-stimulated production of pro-inflammatory cytokines in bone marrow-derived dendritic cells // *J Nat Prod.* 2013. 76(4):495–502. DOI: 10.1021/np300490v
- Nienhaus J., Stoll M., Vester F.** Thymus stimulation and cancer prophylaxis by *Viscum* proteins // *Experimentia.* 1970. 26(5):523–525. DOI: 10.1007/bf01898487
- Ohta N., Yagishita K.** Isolation and structure of new flavonoids, flavoyadorinin A, flavoyadorinin B and homoflavoyadorinin B, in the leaves of *Viscum album* Linnaeus var. *coloratum* Ohwi epiphyting to *Pyrus communis* Linnaeus // *Agr. Biol. Chem.* 1970. 34(6):900–907. DOI: 10.1080/00021369.1970.1085692
- Okumura Y., Sakurai A.** Chemical studies on mistletoe. II. The structure of viscumamide, a new cyclic peptide isolated from *Viscum album* Linn. var. *coloratum* Ohwi // *Bull. Chem. Soc. Japan.* 1973. 46(7):2190–2193. DOI: 10.1246/bcsj.46.2190
- Okumura Y., Sakurai A.** Synthesis of viscumamide and its analogs // *Bull. Chem. Soc. Japan.* 1979. 52(2):540–543. DOI: 10.1246/bcsj.52.540
- Orrú S.** Amino acid sequence, S-S bridge arrangement and distribution in plant tissues of thionins from *Viscum album* / Orrú S., Scaloni A., Giannattasio M., Urech K., Pucci P., Schaller G. // *Biol. Chem.* 1997. 378(9):989–996. doi: 10.1515/bchm.1997.378.9.989
- Park B.J., Matsuta T., Samejima H., Park C.H., Sung I.J., Lee B.D., Onjo M.J.** Chemical constituents of mistletoe (*Viscum album* L. var. *coloratum* Ohwi) // *Pharm. Biol. Sci.* 2017. 12:19–23. DOI: 10.9790/3008-1204041923
- Park J.H., Kim Y.N., Kim J.K., Park H.Y., Song B.S.** Viscotoxin purified from mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum* Ohwi) induces insulin secretion from pancreatic beta cells // *J. Ethnopharmacol.* 2019. 234:172–179. DOI: 10.1016/j.jep.2019.01.014
- Park K.H., Choi S.H.** The effect of mistletoe, *Viscum album coloratum*, extract on innate immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) // *Fish Shellfish Immunol.* 2012. 32(6):1016–1021. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.02.023
- Park W.B., Han S.K., Lee M.H., Han K.H.** Isolation and characterization of lectins from stem and leaves of Korean mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum*) by affinity chromatography // *Arch. Pharmacol Res.* 1997. 20(4):306–312. DOI: 10.1007/BF02976191
- Peng H.Y., Zhang Y.H., Han Y., Wang M.** Studies on the anticancer effects of total alkaloid from *Viscum coloratum* // *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi.* 2005. 30(5):381–382.
- Peumans W.J., Van Damme E.J., Barre A., Rougé P.** Classification of plant lectins in families of structurally and evolutionary related proteins // *Adv. Exp. Med. Biol.* 2001. 491:27–54. DOI: 10.1007/978-1-4615-1267-7_3
- Romagnoli S., Fogolari F., Catalano M., Zetta L., Schaller G., Urech K., Giannattasio M., Ragona L., Molinari H.** NMR solution structure of viscotoxin C1 from *Viscum album* species *coloratum* Ohwi: toward a structure-function analysis of viscotoxins // *Biochemistry.* 2003. 42(43):12503–12510. DOI: 10.1021/bi034762t
- Poojary B., Belagali S.L.** Synthesis, characterization and biological evaluation of cyclic peptides: viscumamide, yunnanin A and evolidine // *Z. Naturforsch.* 2005. 60b:1313–1320. DOI: 10.1515/znb-2005-1217
- Plant Resources of Russia:** Wild flowering plants and their component composition and biological activity. Vol. 3: Family Fabaceae – Apiaceae / Ed. by A.L. Budantsev. St. Petersburg; Moskow, 2010. 601 p. (In Russ.).
- Santos A.F.S., da Silva M.D.C., Napoleão T.H., Paiva P.M.G., Correia M.T.S., Coelho L.C.B.B.** Lectins: functions, structure, biological properties and potential applications // *Current Top. Pept. Prot. Res.* 2014. 15:41–62.

- Sharon N., Lis H.** History of lectins: from hemagglutinins to biological recognition molecules // *Glycobiology*. 2004. 14(11):53–62. DOI: 10.1093/glycob/cwh122
- Shen J.J., Chiang M.S., Kuo M.L., Leu Y.L., Hwang T.L., Liou C.J., Huang W.C.J.** Partially purified extract and viscolin from *Viscum coloratum* attenuate airway inflammation and eosinophil infiltration in ovalbumin-sensitized mice // *Ethnopharmacol.* 2011. 135(3):646–653. DOI: 10.1016/j.jep.2011.03.065
- Sun Y., Liu K., Zhang Z.** Studies on the chemical constituents of *Viscum coloratum* // *Zhong Yao Cai*. 2000. 23(1):29–30.
- Sung N.Y., Byun E.B., Song D.S., Jin Y.B., Kim J.K., Park J.H., Song B.S., Jung P.M., Byun M.W., Lee J.W., Park S.H., Kim J.H.** Effect of gamma irradiation on mistletoe (*Viscum album*) lectin-mediated toxicity and immunomodulatory activity // *FEBS Open Bio*. 2013. 3:106–111. DOI: 10.1016/j.fob.2013.01.003
- Takhtajan A.L.** Systema magnoliophytorum // Ленинград. 1987. 439 p. (In Russ.).
- Thu V.K., Thoa N.T.K., Kiem P.V.** Flavonoid glycosides from *Viscum album* // *Vietnam J. Chem. Int. Edit.* 2016. 54(4):443–447. DOI: 10.15625/0866-7144.2016-00344
- Van Rhijn P., Goldberg R.B., Hirsch A.M.** Lotus corniculatus nodulation specificity is changed by the presence of a soybean lectin gene // *Plant Cell*. 1998. 10(8):1233–1249. DOI: 10.1105/tpc.10.8.1233
- Vann Damme J.M., Lannoo N., Peumans W.** Plant lectins // *J. Adv. Bot. Res. Incorpor. Adv. Pl. Patholog.* 2008. 48:107–209.
- Vann Damme J.M., Peumans W.J., Barre A., Rougé P.** Plant lectins: a composite of several distinct families of structurally and evolutionary related proteins with diverse biological roles // *Critic. Rev. Pl. Sci.* 1998. 17(6):575–692. DOI:10.1080/07352689891304276
- Vester F.** Amino acid pattern and malignant growth // *Biochim. Biophys. Acta*. 1965. 104(1):98–103. DOI: 10.1016/0304-4165(65)90225-4
- Vester F., Bohne L., El-Fouly M.** Zur Kenntnis der Inhaltsstoffe von *Viscum album* IV. Biologisches Verhalten einzelner Protein-fractionen // *Hoppe Seylers Z. Physiol. Chem.* 1968b. 349:495.
- Vester F., May W.** On the identification of the constituents of *Viscum album*. I. Free amino acids // *Hoppe Seylers Z. Physiol. Chem.* 1960. 322:237–277.
- Vester F., Steel A., Stoll M., Muller M.** Zur Kenntnis der Inhaltsstoffe von *Viscum album* III. Isolierung und Reinigung cancerostatischer Protein-fractionen // *Hoppe Seylers Z. Physiol. Chem.* 1968a. 349:125.
- Wang J., Wang J.** Optimization of ultrasonic-assisted solvent extraction technology of alkaloids from *Viscum coloratum* (Komar.) Nakai // *Chin. Pharm. J.* 2008. 43(9):658–661.
- Wang J., Wu F., Wang J., Tao S., Dong S.** Primary study on systematic separation and bacteriostatic activity of alkaloids extracted from *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai // *Food Sci.* 2007. 28(6):63–65.
- Wang J., Zhu Y.F.** Extraction and content determination of polysaccharides in *Viscum coloratum* // *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2007. 32(22):2387–2390.
- Wielgorskaya T.** Dictionary of generic names of seed plants // New York. 1995. 570 p.
- Yang Y.J., Lin J.H., Xu X.W.** Isolation and structure identification of chemical constituents from *Viscum liquidambaricolum* // *Yao Xue Xue Bao*. 2005. 40(4):351–354.
- Yao H., Liao Z.X., Wu Q., Lei G.Q., Liu Z.J., Chen D.F., Chen J.K., Zhou T.S.** Antioxidative flavanone glycosides from the branches and leaves of *Viscum coloratum* // *Chem. Pharm. Bull.* 2006. 54(1):133–135. DOI: 10.1248/cpb.54.133
- Yao H., Zhou G.X., Wu Q., Lei G.Q., Chen D.F., Chen J.K., Zhou T.S.** Mistletonone, a novel antioxidative diarylheptanoid from branches and leaves of *Viscum coloratum* // *Molecules*. 2007. 12:312–317. DOI: 10.3390/12030312
- Yin J., Han N., Xu X., Liu Z., Zhang B., Kadota S.** Inhibitory activity of the ethyl acetate fraction from *Viscum coloratum* on bone resorption // *Planta Med.* 2008. 74(2):120–125. DOI: 10.1055/s-2008-1034283
- Yin J., Wang X., Liu Z., Katoda S.** A new tetrahydrofuran lignin glycoside from *Viscum coloratum* // *Asian J. Trad. Med.* 2007. 2(2):58–60.
- Yoo J.M., Yang J.H., Kim Y.S., Yang H.J., Cho W.K., Ma J.Y.** Inhibitory effects of *Viscum coloratum* extract on IgE/Antigen-activated mast cells and mast cell-derived inflammatory mediator-activated chondrocytes // *Molecules*. 2016. 22(1):1–14. DOI: 10.2290/molecules22010037
- Yoo J.M., Park K.I., Ma J.Y.** Anticolitic effect of *Viscum coloratum* through suppression of mast cell activation // *Am. J. Chin. Med.* 2019. 47(1):203–221. DOI: 10.1142/S0192415X19500101
- Yoon T.J., Yoo Y.C., Kang T.B., Shimazaki K., Song S.K., Lee K.H., Kim S.H., Park C.H., Azuma I., Kim J.B.** Lectins isolated from Korean mistletoe (*Viscum album coloratum*) induce apoptosis in tumor cells // *Cancer Lett.* 1999. 136:33–40. DOI: 10.1016/s0304-3835(98)00300-0
- Zhao Y., Ma M., Gao X., Liu T., Yu Z., Bi K.** Isolation and determination of homoeriodictyol-7-O- β -D-glucoside in *Viscum coloratum* // *Se Pu*. 2006. 24(5):479–481.
- Zhao Y., Yu Z., Fan R., Gao X., Yu M., Li H., Wei H., Bi K.** Simultaneous determination of ten flavonoids from *Viscum coloratum* grown on different host species and different sources by LC-MS // *Chem. Pharm. Bull.* 2011. 59(11):1322–1328. DOI: 10.1248/cpb.59.1322
- Zhao Y.L., Wang X.Y., Sun L.X., Fan R.H., Bi K.S., Yu Z.G.Z.** Cytotoxic constituents of *Viscum coloratum* // *Naturforsch., C: Biosci.* 2012. 67(3–4):129–34. DOI: 10.1515/znc-2012-3-404

Поступила в редакцию 03.08.20 г.,
после доработки – 30.09.20 г.,
принята к публикации 01.10.20 г.

Author info:

Petrova Natalia V., PhD in Biology, Senior Researcher, Laboratory of plant resources, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (2, Professora Popova str., St. Petersburg, 197376, Russia).

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4455-6572>

e-mail: NPetrova@binran.ru

Budantsev Andrey L., Dr. Sci. in Biology, Prof., Head of the Laboratory of plant resources, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (2, Professora Popova str., St. Petersburg, 197376, Russia).

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8916-7450>

e-mail: abudantsev@mail.ru

For citation: Petrova N.V., Budantsev A.L. *Viscum coloratum* (Santalaceae) – component composition and biological activity// Flora and vegetation of Asian Russia. 2021. 1:34–53. DOI: 10.15372/RMAR20210104