



УДК 581.6:577.175.24

Фитоэкдистероиды в надземной части дальневосточных видов *Caryophyllaceae*

Plant ecdysteroids in aerial part of the Far Eastern species of *Caryophyllaceae*

Е.В. Новожилова¹, В.Г. Рыбин², П.Г. Горовой¹, И.Г. Гавриленко¹

E.V. Novozhilova¹, V.G. Rybin², P.G. Gorovoy¹, I.G. Gavrilenko¹

¹Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, 690022,
пр-т 100 лет Владивостоку, 159; Владивосток, Россия

¹Russian Academy of Sciences, G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Far East Branch,
690022, 159 Pr-t 100 let Vladivostoku; Vladivostok, Russia. E-mail: n.e.v.a.0@yandex.ru

²ФГБУН Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, 690059, Владивосток, ул. Пальчевского, 17, Россия

²A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 17
Palchevskogo Street, Vladivostok, 690059, Russia. E-mail: vgrubin@yahoo.com

Ключевые слова: *Caryophyllaceae*, фитоэкдистероиды, ВЭЖХ.

Key words: *Caryophyllaceae*, phytoecdysteroids, HPLC.

Аннотация. Исследовано распределение интегристерона А, 20-гидроксиэкдизона, экдизона и 2-дезоксидеокси-20-гидроксиэкдизона в период цветения в надземных органах дальневосточных представителей родов *Lychnis*, *Silene*, *Melandrium* и *Sagina* (*Caryophyllaceae*). Преобладающим соединением у *Lychnis* и *Silene* является 20-гидроксиэкдизон. Максимальное содержание 20-гидроксиэкдизона у всех исследованных таксонов наблюдается в цветках в генеративных органах.

Summary. Distribution of integristerone A, 20-hydroxyecdysone, ecdysone, 2-deoxy-20-hydroxyecdysone has been analyzed during blossom phase in East Asian species of *Lychnis*, *Silene*, *Melandrium* and *Sagina* (*Caryophyllaceae*). The prevailing compound in a blossoming phase at *Lychnis* and *Silene* is 20-hydroxyecdysone. The maximum contents of the 20-hydroxyecdysone in investigated species is observed in the flowers.

Фитоэкдистероиды – физиологически активные соединения, обладающие анаболическим (Syrov, Kurmukov, 1976; Syrov, 2000; Volodin et al., 2006), гепатопротекторным (Syrov et al.,

1992), адаптогенным (Pchelenko et al., 2002), антиоксидантным (Volodin et al., 2006) и иммуномодулирующим действием (Shakhmurova et al., 2012). Поиск новых источников фитоэкдистероидов с высоким содержанием соединений данного класса является в настоящее время актуальной задачей. Источниками фитоэкдистероидов являются представители семейства *Caryophyllaceae* Cass. и наиболее перспективные из которых относятся к представителям родов *Lychnis* L. и *Silene* L. К настоящему времени из 24 исследованных видов рода *Lychnis* мировой флоры в 19 обнаружены экдистероиды, а из 160 изученных видов рода *Silene* экдистероиды обнаружены в 96 таксонах (Zibareva et al., 2003b).

Ранее было показано, что *Lychnis wilfordii* (Regel) Maxim. содержит 20-гидроксиэкдизон, полиподин В, экдизон, интегристерон А, 24(28) – дегидромакистерон А (Zibareva et al., 1995), в *L. fulgens* Fisch. ex Curt. идентифицированы 20-гидроксиэкдизон, экдизон, а также полиподин В (Baltayev et al., 1986; Zibareva et al., 1995), в *L. cognata* Maxim. обнаружены 20-ги-

дроксиэкдизон и полиподин В (Zibareva et al., 1995). Также было установлено, что *Silene repens* Patrin, *S. foliosa* Maxim., *S. stenophylla* Ledeb. и *S. jensseensis* Willd. содержат 20-гидроксиэкдизон (Ревина и др., 1988; Саатов и др., 1993; Zibareva et al., 2003b; Zibareva, 2007), кроме того у *S. repens* индентифицирован полиподин В (Zibareva, 2000), дальневосточный вид *Sagina maxima* A. Gray содержит 20-гидроксиэкдизон в наземной части (Volodina et al., 2012).

Распределение и сезонная динамика содержания экдистероидов в структуре вегетативных и генеративных органов представителей семейства Caryophyllaceae изучены рядом авторов (Volodin et al., 2007; Zibareva, 1999; Zibareva et al., 1995). Распределение фитоэкдистероидов в наземных органах дальневосточных представителей родов *Lychnis*, *Silene*, *Melandrium* Roehl. и *Sagina* L. ранее не изучалось.

Целью настоящего исследования явилось изучение распределения фитоэкдистероидов, на примере 4 соединений, в вегетативных (лист, стебель) и генеративных (цветки) органах наземной части некоторых дальневосточных видов родов *Lychnis*, *Silene*, *Melandrium* и *Sagina*.

Материал и методы. Растения были собраны в естественных местах их произрастания в период цветения в течение 2004–2012 гг. в различных районах Приморского края. Содержание экдистероидов определяли в наземной части, а также в отдельных органах растения (цветки, стебли, листья) в трехкратной повторности.

Перечень исследованных таксонов и места их сбора.

Lychnis wilfordii – Приморский край, Хасанский р-н, окр. бухты Троицы, разнотравный луг, 20 VIII 2004. Зарембо Е.В., Гавриленко И.Г.

L. cognata – Приморский край, Хасанский р-н, в 5 км восточнее с. Кравцовка, в дубняке, 20 VII 2012. Горовой П.Г.

L. fulgens – Приморский край, Хасанский р-н, окр. бухты Троицы, луг, 26 VII 2005. Зарембо Е.В., Гавриленко И.Г.

Silene repens – Приморский край, Хасанский р-н, окр. бухты Троицы, разнотравно-кустарниковые склоны сопки, 05 VII 2002. Зарембо Е.В., Гавриленко И.Г.

S. foliosa – Приморский край, окр. г. Владивостока, бухта Патрокл, каменистые береговые

склоны сопки, 28 VIII 2005. Зарембо Е.В., Гавриленко И.Г.

S. stenophylla – Приморский край, Чугуевский р-н, гора Облачная, высота 1850 м над ур. м., гольцовый пояс, 31 VII 2008. Горовой П.Г.

S. jensseensis – Приморский край, Ханкайский р-н, окр. с. Комиссарово, на холме, разнотравье, 13 08 2012. Горовой П.Г.

Melandrium firmum (Siebold et Zucc.) Rohrb. – Приморский край, окр. г. Владивостока, бухта Патрокл, разнотравно-кустарниковые склоны сопки, 28 VIII 2008. Новожилова Е.В., Гавриленко И.Г.

Sagina maxima – Приморский край, Хасанский р-н, окр. бухты Троицы, у дороги, 26 VII 2012. Бойко Э.В.

Идентификация и количественное определение экдистероидов. Стандартные образцы 20-гидроксиэкдизона, экдизона и 2-дезоксидизона были получены из “Sigma and Aldrich Company” (St. Louis, MO, USA). Стандартный образец интегростерона А был любезно предоставлен У.А. Балтаевым (Институт нефтехимии и катализа, г. Уфа, РФ).

Около 200 мг (точная навеска) воздушно-сухого растительного сырья (остаточная влажность не более 8,2 %) экстрагировали 70%-ным водным этанолом (10–15 мл) при комнатной температуре в течение 3 суток. Из полученного экстракта отбирали 0,9 мл и добавляли 12 мл воды. Твердофазную экстракцию осуществляли на колонках Supelclean C18 (Supelco, США) с использованием системы растворителей этанол–вода (3:2) в качестве элюента.

Анализ проводили с использованием хромато-масс-спектрометра LCMS-IT-TOF (Shimadzu, Япония), с жидкостным хроматографом LC-20AD Prominence (Shimadzu, Япония), детектором на диодной матрице SPD-M20A (Shimadzu, Япония) и времяпролетным масс-анализатором. Разделение проводили на колонке Ascentis C18 (100 x 2,1 мм; 3.0 μm, Supelco, USA) в режиме градиентного элюирования: ацетонитрил–вода (1:9), 5 мин, ацетонитрил–вода (1:1), 15 мин. Температура колонки 40 °С. Скорость элюирования 0,25 мл/мин.

Для указанных выше условий проведения анализа время удерживания интегростерона А составляло 10,07 мин, 20-гидроксиэкдизона – 10,92 мин, экдизона – 12,04 мин, 2-дезоксидизона – 12,42 мин.

Для идентификации 4 фитоэкдистероидов масс-спектрометрическое исследование проводили в режиме химической ионизации при атмосферном давлении. Диапазон регистрируемых значений m/z составил 200–1000 (режим регистрации положительных ионов), напряжение в ионизационной камере 4,5 кВ, давление газосушителя (азот) 25 кПа и поток газа-распылителя (азот) 2 л/мин. Количественный анализ эк-

дистероидов проводили на основании сигнала УФ-детектора, используя в качестве стандартов 20-гидроксиэкдизон, экдизон, 2-дезоксидизон (компания "Sigma") и интегристерон А, любезно предоставленный У.А. Балтаевым (Институт нефтехимии и катализа, г. Уфа). Хроматографические (ВЭЖХ) и спектральные (УФ, МС) характеристики фитоэкдистероидов указаны в таблице 1.

Таблица 1

Хроматографические (ВЭЖХ) и спектральные (УФ, МС) характеристики фитоэкдистероидов

Соединение	^a Время удерживания, (мин)	$\lambda_{\text{макс}}$ нм (lg ϵ)	Ион, m/z (относительная интенсивность, %)*
Интегристерон А	10,07	246 (4.09)	[M+H] ⁺ , 497.3064 (4.5); [M+H-H ₂ O] ⁺ , 479.2936 (22); [M+H-2H ₂ O] ⁺ , 461.2841 (100); [M+H-3H ₂ O] ⁺ , 443.2774 (31); [M+H-4H ₂ O] ⁺ , 425.2676 (4); [M+H-5H ₂ O] ⁺ , 407.2499 (0.5); [M+H-C ₄ H ₁₀ O-2H ₂ O] ⁺ , 387.2130 (21); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₂] ⁺ , 379.2118 (2.5); [M+H-C ₄ H ₁₀ O-3H ₂ O] ⁺ , 369.1982 (0.9); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃] ⁺ , 363.2136 (9.5); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 345.2010 (5); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃ -2H ₂ O] ⁺ , 327.1915 (1.8); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 319.1881 (17); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -2H ₂ O] ⁺ , 317.1706 (1.5); [M+H] ⁺ , 481.3091 (74); [M+H-H ₂ O] ⁺ , 463.2995 (32); [M+H-2H ₂ O] ⁺ , 445.2909 (100); [M+H-3H ₂ O] ⁺ , 427.2823 (31); [M+H-4H ₂ O] ⁺ , 409.2713 (4); [M+H-5H ₂ O] ⁺ , 391.2564 (1); [M+H-C ₄ H ₁₀ O-2H ₂ O] ⁺ , 371.2187 (15); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃] ⁺ , 347.2185 (19.5); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 329.208 (6); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 303.1942 (10); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -2H ₂ O] ⁺ , 301.1794 (2); [M+H] ⁺ , 465.3154 (10); [M+H-H ₂ O] ⁺ , 447.3049 (100); [M+H-2H ₂ O] ⁺ , 429.2994 (60); [M+H-3H ₂ O] ⁺ , 411.2887 (3.5); [M+H-4H ₂ O] ⁺ , 393.2769 (0.1); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃] ⁺ , 331.2239 (10.5)
20-гидроксиэкдизон	10,92	246 (4.23)	[M+H] ⁺ , 465.3146 (100); [M+H-H ₂ O] ⁺ , 447.3049 (30.5); [M+H-2H ₂ O] ⁺ , 429.2994 (80); [M+H-3H ₂ O] ⁺ , 411.2887 (24); [M+H-4H ₂ O] ⁺ , 393.2769 (2); [M+H-C ₄ H ₁₀ O-2H ₂ O] ⁺ , 355.2231 (23); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₂] ⁺ , 347.2203 (2); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃] ⁺ , 331.2237 (11.5); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃] ⁺ , 329.2088 (2); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 313.2137 (5.5); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 287.1985 (12); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -2H ₂ O] ⁺ , 285.1824 (2)
Экдизон	12,04	246 (4.12)	[M+H] ⁺ , 465.3146 (100); [M+H-H ₂ O] ⁺ , 447.3049 (30.5); [M+H-2H ₂ O] ⁺ , 429.2994 (80); [M+H-3H ₂ O] ⁺ , 411.2887 (24); [M+H-4H ₂ O] ⁺ , 393.2769 (2); [M+H-C ₄ H ₁₀ O-2H ₂ O] ⁺ , 355.2231 (23); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₂] ⁺ , 347.2203 (2); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃] ⁺ , 331.2237 (11.5); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃] ⁺ , 329.2088 (2); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 313.2137 (5.5); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 287.1985 (12); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -2H ₂ O] ⁺ , 285.1824 (2)
2-дезоксидизон	12,42	246 (4.09)	[M+H] ⁺ , 465.3146 (100); [M+H-H ₂ O] ⁺ , 447.3049 (30.5); [M+H-2H ₂ O] ⁺ , 429.2994 (80); [M+H-3H ₂ O] ⁺ , 411.2887 (24); [M+H-4H ₂ O] ⁺ , 393.2769 (2); [M+H-C ₄ H ₁₀ O-2H ₂ O] ⁺ , 355.2231 (23); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₂] ⁺ , 347.2203 (2); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃] ⁺ , 331.2237 (11.5); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃] ⁺ , 329.2088 (2); [M+H-C ₆ H ₁₄ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 313.2137 (5.5); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -H ₂ O] ⁺ , 287.1985 (12); [M+H-C ₈ H ₁₆ O ₃ -2H ₂ O] ⁺ , 285.1824 (2)

Прим.: * – УФ сигнал.

Результаты и обсуждение. Результаты количественного анализа содержания 4 фитоэкдистероидов в дальневосточных видах *Lychnis*, *Silene*, *Melandrium* и *Sagina* (*Caragorphyllaceae*) представлены в таблице 2.

Род *Lychnis* на Дальнем Востоке России представлен 5 видами. Нами проанализировано распределение экдистероидов в 3 видах рода *Lychnis*: *L. wilfordii*, *L. cognata* и *L. fulgens*.

Анализ дальневосточных видов рода *Lychnis* позволил идентифицировать интегристерон А в цветках *L. wilfordii* и *L. fulgens*, листьях *L. cognata*, 2-дезоксидизон идентифицирован в листьях и цветках *L. cognata*, а

также в вегетативных (лист, стебель) и генеративных органах *L. fulgens*, экдизон в цветках и листьях *L. fulgens*.

20-гидроксиэкдизон обнаружен в вегетативных и генеративных органах всех исследованных таксонов рода *Lychnis*. Этот фитоэкдизон является преобладающим компонентом у всех видов.

Максимальное содержание интегристерона А обнаружено в цветках *L. wilfordii* – 0,44 мкг/мг. Максимальное содержание 20-гидроксиэкдизона выявлено у *L. fulgens* (в цветках 4,63 мкг/мг). Максимальное содержание экдизона наблюдается в цветках *L. fulgens* – 0,73 мкг/мг.

Таблица 2

Содержание интегростерона А (1), 20-гидроксиэкдизона (2), экдизона (3), 2-дезоксид-20-гидроксиэкдизона (4) в надземных органах дальневосточных видов Caryophyllaceae

Таксон	Часть или орган растения	Содержание, мкг/мг			
		1	2	3	4
<i>Lychnis wilfordii</i>	надз. часть	0,12 ± 0,01	1,49 ± 0,07	-	-
	лист	-	1,46 ± 0,07	-	-
	стебель	-	0,25 ± 0,01	-	-
	цветок	0,44 ± 0,02	2,99 ± 0,15	-	-
<i>L. cognata</i>	надз. часть	Сл.	0,75 ± 0,04	0,12 ± 0,01	-
	лист	0,038 ± 0,003	1,30 ± 0,07	0,30 ± 0,01	-
	стебель	-	0,12 ± 0,01	-	-
	цветок	Сл.	3,94 ± 0,2	0,20 ± 0,01	-
<i>L. fulgens</i>	надз. часть	Сл.	1,15 ± 0,06	0,12 ± 0,01	0,087 ± 0,005
	лист	Сл.	1,38 ± 0,07	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,01
	стебель	Сл.	0,54 ± 0,03	0,047 ± 0,003	-
	цветок	0,019 ± 0,001	4,63 ± 0,20	0,73 ± 0,04	0,037 ± 0,003
<i>Silene repens</i>	надз. часть	0,24 ± 0,01	0,83 ± 0,04	-	-
	лист	0,21 ± 0,01	1,16 ± 0,06	-	-
	стебель	0,050 ± 0,003	0,27 ± 0,01	-	-
	цветок	0,26 ± 0,02	2,21 ± 0,11	-	-
<i>S. foliosa</i>	надз. часть	0,076 ± 0,004	3,84 ± 0,20	-	-
	лист	-	0,93 ± 0,05	-	-
	стебель	-	0,46 ± 0,02	-	-
	цветок	0,62 ± 0,03	22,3 ± 1,10	-	-
<i>S. stenophylla</i>	надз. часть	0,49 ± 0,03	4,76 ± 0,30	-	0,49 ± 0,02
	лист	0,89 ± 0,05	9,98 ± 0,50	-	0,56 ± 0,01
	стебель	0,14 ± 0,01	1,51 ± 0,07	-	0,15 ± 0,01
	цветок	1,51 ± 0,07	13,46 ± 0,07	-	0,58 ± 0,03
<i>S. jenseensis</i>	надз. часть	Сл.	1,60 ± 0,08	-	0,17 ± 0,01
	лист	Сл.	3,78 ± 0,20	-	-
	стебель	-	0,35 ± 0,02	-	0,44 ± 0,02
	цветок	0,12 ± 0,01	14,21 ± 0,7	-	0,53 ± 0,03
<i>Melandrium firmum</i>	надз. часть	-	0,11 ± 0,01	-	-
	лист	-	-	-	-
	стебель	-	-	-	-
	цветок	-	0,23 ± 0,01	-	-
<i>Sagina maxima</i>	надз. часть	-	2,01 ± 0,10	-	-
	лист	-	2,20 ± 0,11	-	-
	стебель	-	2,30 ± 0,11	-	-
	цветок	-	3,01 ± 0,15	-	-

Прим.: “Сл.” – следы означает, что содержание компонента ≤ 0.01 мкг/мг. Прочерк означает, что содержание компонента ниже предела обнаружения.

Анализ распределения экистероидов в надземной части *L. wilfordii* в период цветения показал, что максимальное содержание 20-гидроксиэкдизона наблюдается в генеративных органах

2,99 мкг/мг, минимальное в стеблях 0,25 мкг/мг.

Анализ распределения экистероидов у *L. cognata* показал, что содержание 20-гидроксиэкдизона в надземной части в период цветения

варьирует от 0,12 мкг/мг в стеблях до 3,94 мкг/мг в цветках. Содержание экдизона колеблется от 0,2 (цветок) до 0,3 (лист) мкг/мг.

Проведенный нами анализ *L. fulgens* выявил присутствие всех искомым соединений. Преобладающим компонентом, как и ожидалось, оказался 20-гидроксиэкдизон. Только в цветках обнаружен интегристерон А, а экдизон найден во всех органах; в цветках зарегистрировано его максимальное количество – 0,73 мкг/мг. В цветках и листьях идентифицирован 2-дезоксид-20-гидроксиэкдизон, причем в листьях его содержание максимальное.

Таким образом, в период цветения у видов рода *Lychnis* фитоэкдистероиды локализуется главным образом в цветках. Для минорных экдистероидов данная тенденция не всегда соблюдается, так в частности, для 2-дезоксид-20-гидроксиэкдизон у *L. fulgens* и интегристерон А у *L. cognata*.

Также нами проведен анализ на присутствие экдистероидов в *Lychnis ajanensis* (Regel et Tiling) Regel, который перенесен в род *Silene* (Voroshilov, 1985). В этом виде экдистероиды не обнаружены. Отсутствие соединений данного класса подтверждает обоснованность исключения *L. ajanensis* из экдистероидсодержащего рода *Lychnis*.

Род *Silene* на российском Дальнем Востоке представлен 9 видами. Проанализировано распределение экдистероидов у 4 дальневосточных видов рода: *S. repens*, *S. foliosa*, *S. stenophylla* и *S. jenseensis*

Анализ дальневосточных видов рода *Silene* позволил идентифицировать у всех видов в надземных органах интегристерон А, 20-гидроксиэкдизон, кроме того, у *S. stenophylla* и *S. jenseensis* обнаружен еще 2-дезоксид-20-гидроксиэкдизон. Максимальное содержание интегристерона А обнаружено в цветках *S. stenophylla* 1,51 мкг/мг. Максимальное содержание 20-гидроксиэкдизона выявлено в цветках *S. foliosa* 22,3 мкг/мг. Максимальное содержание 2-дезоксид-20-гидроксиэкдизона наблюдается в цветках *S. stenophylla* 0,58 мкг/мг. Анализ распределения экдистероидов в надземной части *S. repens* в период цветения показал, что содержание интегристерона А варьирует от 0,05 мкг/мг в стеблях до 0,26 мкг/мг в цветках. Содержание интегристерона А у *S. stenophylla* варьирует от 0,14 мкг/мг в стеблях до 1,51 мкг/мг в генеративных органах, у *S. jenseensis* от следовых количеств в листьях до 0,12 мкг/мг в цветках. У

S. foliosa интегристерон А обнаружен только в цветках.

Исследованные виды характеризуются значительным градиентом в содержании 20-гидроксиэкдизона в вегетативных и генеративных органах. Содержание 20-гидроксиэкдизона у *S. repens* колеблется от 0,27 мкг/мг в стеблях до 2,21 мкг/мг в цветках, у *S. foliosa* содержание 20-гидроксиэкдизона в стеблях и листьях составляет 0,46 и 0,93 мкг/мг соответственно, в цветках достигает 22,3 мкг/мг. В стеблях и листьях *S. stenophylla* количество 20-гидроксиэкдизона достигает 1,51 и 9,98 мкг/мг соответственно, в цветках 13,46 мкг/мг. У *S. jenseensis* минимальное количество 20-гидроксиэкдизона обнаружено в стеблях, максимальное в цветках 14,21 мкг/мг. Распределение 2-дезоксид-20-гидроксиэкдизона в надземных органах *S. stenophylla* и *S. jenseensis* равномерное. Содержание 2-дезоксид-20-гидроксиэкдизона в листьях и цветках *S. stenophylla* составляет 0,56 и 0,58 мкг/мг соответственно.

Таким образом, для преобладающего компонента и минорных экдистероидов во время цветения характерна тенденция накопления в генеративных органах.

Род *Melandrium* на российском Дальнем Востоке представлен 7 видами. Нами проанализировано распределение экдистероидов у дальневосточного вида *Melandrium firmum*. 20-гидроксиэкдизон обнаружен только в цветках. В вегетативных органах надземной части (листьях, стеблях) 20-гидроксиэкдизон и другие искомые соединения не обнаружены.

Род *Sagina* на российском Дальнем Востоке представлен 6 видами. В вегетативных (лист, стебель) и генеративных (цветок) органах *Sagina maxima* обнаружен 20-гидроксиэкдизон, максимальное содержание которого обнаружено в цветках и составляет 3,01 мкг/мг. Причем данный таксон характеризуется равномерным распределением 20-гидроксиэкдизона в надземных органах, так как его содержание в листьях и стеблях высокое и достигает 2,2 и 2,3 мкг/мг соответственно.

Таким образом, у исследованных дальневосточных видов рода *Lychnis* и *Silene* преобладающим соединением в фазу цветения является 20-гидроксиэкдизон. Анализ распределения экдистероидов в надземных органах в фазу цветения выявил общие тенденции, которые были установлены ранее (Zibareva et al., 1995). Максимальное содержание фитоэкдистероидов у исследованных таксонов, как правило, наблю-

дается в фазу цветения в генеративных органах, минимальное и до полного отсутствия в вегетативных органах (лист, стебель). Исследование *Lychnis ajanensis* подтвердило обоснованность исключения этого таксона из рода *Lychnis*.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ДВО РАН (проект

№12-III-A-06-104) “Экдистероиды цветковых и папоротникообразных растений Дальнего Востока”. Авторы статьи выражают признательность У.А. Балтаеву за любезно предоставленный стандартный образец интегростерона А (Институт нефтехимии и катализа г. Уфа, Российская Федерация).

ЛИТЕРАТУРА

- Baltayev U.A., Gorovoy P.G., Abubakirov N.K.** Fitoekdisteroidy *Lychnis fulgens* [Phytoecdysteroids of *Lychnis fulgens*] // Khimiya Prirodnikh Soedinenii [Chemistry of Natural Compounds], 1986. – No. 6. – P. 794–795 [in Russian]. (**Балтаев У.А., Горовой П.Г., Абубакиров Н.К.** Фитоэкдистероиды *Lychnis fulgens* // Химия природ. соединений, 1986. – № 6. – С. 794–796).
- Pchelenko L.D., Metelkina L.G., Volodina S.O.** Adaptogennyi effekt ekdisteroidsoderzhashhei fraktsii *Serratula coronata* L. [Adaptogenic effect of ecdysteroid-containing fraction of *Serratula coronata*] // Khimiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant materials], 2002. – No. 1. – P. 69–80 [in Russian]. (**Пчеленко Л.Д., Метелкина Л.Г., Володина С.О.** Адаптогенный эффект экдистероидсодержащей фракции *Serratula coronata* // Химия растительного сырья, 2002. – № 1. – С. 69–80).
- Revina T.A., Revushkin A.S., Rakitin A.V.** Ekdisteroidsoderzhashhie vidy vo flore Gornogo Altaya [Ecdysteroid-containing species in flora of the Altai mountains] // Rastitel'nye Resursy [Plant Resources], 1988. – Vol. 24. Iss. 4. – P. 565–570 [in Russian]. (**Ревина, Т.А., Ревушкин А.С., Ракитин А.В.** Экдистероидсодержащие виды во флоре Горного Алтая // Раст. ресурсы, 1988. – Т. 24, вып. 4. – С. 565–570).
- Saatov Z., Gorovits M.B., Abubakirov N.K.** Fitoekdisteroidy vidov roda *Silene* [Phytoecdysteroids in plants of the genus *Silene*] // Khimiya Prirodnikh Soedinenii [Chemistry of Natural Compounds], 1993. – No. 5. – P. 627–635 [in Russian]. (**Саатов З., Горовиц М.В., Абубакиров Н.К.** Фитоэкдистероиды видов рода *Silene* // Химия природных соединений, 1993. – № 5. – С. 627–635).
- Shakhmurova G.A., Mamadaliyeva N.Z., Zhanibekov A.A., Khushbaktova Z.A., Syrov V.N.** Effect of total ecdysteroid preparation from *Silene viridiflora* on immune state of experimental animals under normal and secondary immunodeficiency conditions // Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal, 2012. – Vol. 46. No. 4. – P. 26–28 [in Russian]. (**Шахмурова Г.А., Мамадалиева Н.З., Жанибеков А.А., Хушбактова З.А., Сыров В.Н.** Влияние суммарного экдистероидного препарата из *Silene viridiflora* на иммунный статус экспериментальных животных в норме и при вторичных иммунодефицитных состояниях // Химико-фармацевтический журнал, 2012. – Т. 46, № 4. – С. 26–28).
- Syrov V.N.** Sravnitel'noe izuchenie anabolicheskoi aktivnosti fitoekdisteroidov i steranabolov v eksperimente [Comparative investigation of anabolic activity of phytoecdysteroids and steranabols in experiment] // Himiko-farmatsevticheskij zhurnal [Pharmaceutical Chemistry Journal], 2000. – Vol. 34. No. 4. – P. 31–34 [in Russian]. (**Сыров В.Н.** Сравнительное изучение анаболической активности фитоэкдистероидов и стеранаболов в эксперименте // Химико-фармацевтический журнал, 2000. – Т. 34, № 4. – С. 31–34).
- Syrov V.N., Khushbaktova Z.A., Nabiev A.N.** An experimental study of the hepatoprotective properties of phytoecdysteroids and nerobol in carbon tetrachloride-induced liver injury // Eksperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya, 1992. – Vol. 55. No. 3. – P. 61–65 [in Russian]. (**Сыров В.Н., Хушбактова З.А., Набиев А.Н.** Экспериментальное изучение гепатопротекторных свойств фитоэкдистероидов и неробола при поражении печени четыреххлористым углеродом // Экспериментальная и клиническая фармакология, 1992. – Т. 55, № 3. – С. 61–65).
- Syrov V.N., Kurmukov A.G.** Ob anabolicheskoi aktivnosti fitoekdiziona jekdisterona, vydelennogo iz *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin [Anabolic activity of phytoecdysone-ecdysterone isolated from *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin] // Farmakologiya i toksikologiya [Pharmacology and toxicology], 1976. – No. 6. – P. 690–693 [in Russian]. (**Сыров В.Н., Курмуков А.Г.** Об анаболической активности фитоэкдизона экдистерона, выделенного из *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin // Фармакология и токсикология, 1976. – № 6. – С. 690–693).
- Volodin V.V., Pchelenko L.D., Volodina S.O., Kudryashova A.G., Shevchenko O.G., Zagorskaya N.P.** Pharmacological estimate of new containing ecdysteroid substance “Serpisten” // Rastitel'nye resursy, 2006. – Vol. 42. Iss. 3. – P. 113–130 [in Russian]. (**Володин В.В., Пчеленко Л.Д., Володина С.О., Кудряшева А.Г., Шевченко О.Г., Загорская Н.В.** Фармакологическая оценка новой экдистероидсодержащей субстанции “Серпистен” // Раст. ресурсы, 2006. – Т. 42, вып. 3. – С. 113–130).
- Volodin V.V., Volodina S.O., Chadin I.F., Martynenko V.A.** Jekdisteroidsoderzhashhie rastenija: resursy i biotehnologicheskoe ispol'zovanie [Containing ecdysteroid plants: resources and biotechnological use]. – Ekaterinburg: Publ. UrO RAS, 2007. – 127 p. [in Russian]. (**Володин В.В., Володина С.О., Чадин И.Ф., Мартыненко**

В.А. Экдистероидсодержащие растения: ресурсы и биотехнологическое использование. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2007. – 127 с.).

Volodina S.O., Volodin V.V., Gorovoy P.G., Tkachenko K.G., Novozhilova E.V., Ishmuratova M.M., Chadin I.F., Kanev V.A., Ley Shi. Plant ecdysteroids of Ural, Caucas, russian Far East and Chine (selective screening) // Turczaninowia, 2012. – Vol. 15. Is. 4. – P. 58–75 [in Russian]. (**Володина С.О., Володин В.В., Горовой П.Г., Ткаченко К.Г., Новожилова Е.В., Ишмуратова М.М., Чадин И.Ф., Канев В.А., Ши Лей.** Экдистероиды растений Урала, Кавказа, российского Дальнего Востока и Китая (выборочный скрининг) // Turczaninowia, 2012. – Т. 15, вып. 4. – С. 58–75).

Voroshilov V.N. Spisok sosudistyh rastenij sovetского Dal'nego Vostoka // Floristicheskie issledovanija v razlichnyh rajonah SSSR [Floristic researches in different regions of the USSR] / Ed. by A. Skvortsov. – Moscow, 1985. – P. 139–200 [in Russian]. (**Ворошилов В.Н.** Список сосудистых растений советского Дальнего Востока // Флористические исследования в различных районах СССР / Под ред. А. Скворцова. – М., 1985. – С. 139–200).

Zibareva L.N. Occurrence of phytoecdysteroids in *Silene* L. genus and dynamics of their contents // Rastitel'nye Resursy, 1999. – Vol. 35. Is. 1. – P. 79–87 [in Russian]. (**Зибарева Л.Н.** Распространение экдистероидов в роде *Silene* L. и динамика их содержания // Раст. ресурсы, 1999. – Т. 35, вып. 1. – С. 79–87).

Zibareva L. Distribution and levels of phytoecdysteroids in plants of the genus *Silene* during development // Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2000. – Vol. 43. – P. 1–8.

Zibareva L.N., Baltayev U.A., Sviridov, T.P., Saatov Z., Abubakirov N.K. Species of the genus *Lychnis* L. – a promising source of ecdysteroids // Rastitel'nye Resursy, 1995. – Vol. 31. Iss. 4. – P. 1–9 [in Russian]. (**Зибарева Л.Н., Балтаев У.А., Свиридова Т.П., Саатов З., Абубакиров Н.К.** Виды рода *Lychnis* L. – перспективные источники экдистероидов // Раст. ресурсы, 1995. – Т. 31, вып. 4. – С. 1–9).

Zibareva L.N., Dinan L., Eryomina V.I. Screeninig of Caryophyllaceae species for phytoecdysteroids presence // Rastitel'nye Resursy, 2007. – Vol. 43. Iss. 43. – P. 66–75 [in Russian]. (**Зибарева Л.Н., Дайнен Л., Еремина В.И.** Скрининг видов семейства Caryophyllaceae на присутствие фитоэкдистероидов // Раст. ресурсы, 2007. – Т. 43, вып. 4. – С. 66–75).

Zibareva L.N., Erjemina V.I., Ivanova N.A., Lazkov G.A. Distribution of phytoecdysteroids in the tribe *Sileneae* Dumort. the family Caryophyllaceae // Rastitel'nye Resursy, 2003a. – Vol. 39. Iss. 3. – P. 45–54 [in Russian]. (**Зибарева Л.Н., Еремина В.И., Иванова Н.А., Лазьков Г.А.** Распределение фитоэкдистероидов в трибе *Sileneae* Dumort. сем. Caryophyllaceae // Раст. ресурсы, 2003б. – Т. 39, вып. 3. – С. 45–54).

Zibareva L., Volodin V., Saatov Z., Savchenko T., Whiting P., Lafont R., Dinan L. Distribution of phytoecdysteroids in the Caryophyllaceae // Phytochemistry, 2003b. – Vol. 64. – P. 499–517.