

UDC 547.371+547.333.4+668.546

Koit LÄÄTS\*, Kaarel SIIRDE\*, Igor KUDRYAVTSEV\*, Avo KOGERMAN\*, Heino RANG\*, Ants ERM\*, Signe TENG\*, Vladimir ISMAILOV\*\*, and Valeri PRISTAVKO\*\*\*

### SYNTHESIS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE SEX PHEROMONE COMPONENTS AND THEIR STRUCTURAL ANALOGUES OF THE CLICK BEETLES *AGRIOTES*

The wireworms (larvae) of click beetles (Elateridae) are widespread plant pests. Click beetle species *Agriotes* are the most harmful.

So far attractant compositions have been suggested and developed for six most dangerous click beetle species, viz. *Agriotes gurgistanus* F. [1, 2], *A. sputator* L. [3, 4], *A. lineatus* L. two subspecies [5–9], *A. obscurus* L. [6, 10], *A. ustulatus* S. [8, 9], *A. tauricus* Heyd. [1, 11, 12].

The major components of the sex attractants developed are esters of terpenic alcohols, viz. geraniol, its *Z*-isomer — nerol, *E*-8-hydroxygeraniol, *E,E*-farnesol or its *Z,E*-isomer.

Sex pheromone compositions obtained by chemical methods or on the basis of commercial products may contain impurities in various quantities, which may influence insect sex communication quite differently.

Also, pheromonitoring by sex attractants of one species may affect the sex communication of other species inhabiting the same area.

To solve these problems, we studied several pheromone components as well as their analogues and structural isomers that could be present in the synthetic sex attractants obtained by different schemes of synthesis or from commercial substances. The main synthetic path giving a mixture of isomeric terpene esters is based on the scheme of obtaining geranyl and farnesyl chlorides by haloalkylation of 2-methyl-1,3-butadiene (isoprene) followed by regioselective separation of isomeric allylic chlorides by reactions with dimethylphenylamine [13, 14] and alkylation of the salts of carboxylic acid with the quaternary ammonium compounds obtained [15].

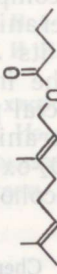
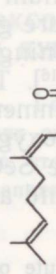
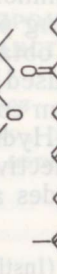
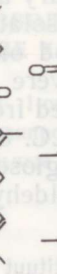
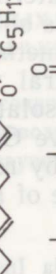

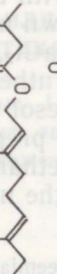
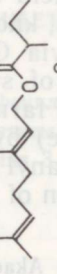
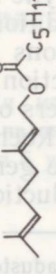
In addition, known methods of isolating pure geraniol from commercial preparations via  $\text{CaCl}_2$ , the method of obtaining its *Z*-isomer, nerol, by the reduction of synthetic citral were used [16]. The individual *E,E*- and *Z,E*-isomers of farnesol were isolated from commercial preparations (Hoffmann la Roche) by preparative GLC. 8-Hydroxygeraniol was synthesized from pure geranyl ethanoate by regioselective  $\text{SeO}_2$ -oxidation with subsequent reduction of the mixture of aldehydes and alcohols with  $\text{NaBH}_4$  and

\* Eesti Teaduste Akadeemia Keemia Instituut (Institute of Chemistry, Estonian Academy of Sciences). Akadeemia tee 15, EE0108 Tallinn, Estonia.

\*\* Северо-Кавказский научно-исследовательский институт фитопатологии (North Caucasian Research Institute of Phytopathology). 350039 Краснодар, СКНИИФ, Россия.

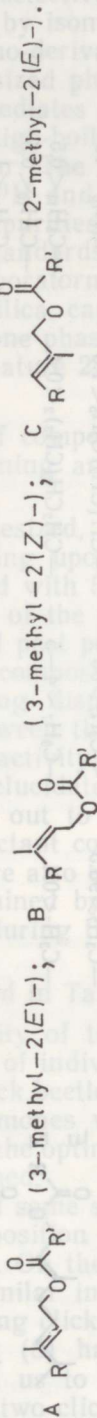
\*\*\* Белорусский научно-исследовательский институт защиты растений (Byelorussian Research Institute of Plant Protection). 223011 Прилуки, БелНИИЗР, Беларусь.

Biological activity of the components of synthetic attractants for male *Agriotes*

No.	Compound	Amount of allylic isomers <sup>a</sup>	References	Biological activity			
				Attractant	Inhibitor <sup>b</sup>	Synergist <sup>b</sup>	No response
1		I A-99.3 B-0.5 C-0.2 II A-97.1 B-0.7 C-1.8	[18, 21, 22, 23]	A. gurgistanus			
2		B-94.1 A-3.6	[18, 24]	A. sputator	A. gurgistanus >0.3	A. sputator ~5	
3		C-85.6 A-8.8 B-4.3	[25, 26]		A. gurgistanus >1.0	A. sputator ~10	
4		A-84.3 B-4.6 C-3.9	[23]			A. sputator ~15	
5		I A-98.5 B-0.8 (7)-0.2 II A-95.9 B-1.1 C-2.1	[25, 27]				A. sputator
6		A-88.8 B-3.4	[17, 19]	A. tauricus	A. gurgistanus		A. sputator
7		A-93.6 (5)-2.2	[18]				A. sputator
8		A-95.8 B-0.8 C-2.3	[18, 22, 25]				A. sputator
9		A-94.2 B-0.8 C-2.0	[22, 25]	A. obscurus A. lineatus <sup>c</sup>			A. lineatus <sup>d</sup>

1	2	3	4	5	6	7	8
10		I A—85.6 B—4.5 (14)—6.0 II A—95.0 B—1.2 C—0.8	[28, 29, 30]	A. ustulatus A. lineatus <i>a</i>			
11		I B—82.7 A—9.3 (14)—5.5 II B—50.0 A—38.0 C—10.5	[28, 29, 30]	A. ustulatus >2.0			A. lineatus <i>a</i>
12		C—24.0 A—61.7 B—11.1	[29, 30]	A. ustulatus >1.0			A. lineatus <i>a</i>
13		A—30.0 (10)—68.5 A—51.0 (10)—39.3	[30]	A. lineatus <i>a</i>			A. ustulatus
14		(11)—2.8 (12)—1.9	[30]				A. ustulatus

*a* Types of allylic isomers:



*b* Amount of compound relative to attractant, %.

*c* Occurring in the northern region.

*d* Occurring in the Western Ukraine.

Table 2

No.	Compound	Attractant composition (—R, %)					Biological activity
		<i>A. gurgistanus</i>	<i>A. sputator</i>	<i>A. tauricus</i>	<i>A. obscurus</i> <i>A. lineatus</i> <sup>a</sup>	<i>A. ustulatus</i>	
	Structure						
1		—C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> > 98.5	—C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> > 80	—CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ~ 78 —CH(CH <sub>3</sub> )C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> < 1.0	—C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> ~ 78 —C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> ~ 19		
2		—C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> < 0.4	—C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ~ 4—5	—CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> < 0.4	—C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> < 0.5 —C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> < 0.5		
3		—C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> < 0.8	—C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ~ 8—10	—CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> < 0.8	—C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> < 1 —C <sub>7</sub> H <sub>13</sub> < 1		
4				—CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ~ 18			
5							—CH <sub>3</sub> > 85 —CH <sub>3</sub> < 2
6							—CH <sub>3</sub> < 1
7							—CH <sub>3</sub> ~ 8—10
8							

<sup>a</sup> Occurring in the northern region.

saponification of hydroxyethanoate into diol [17]. The desired esters were obtained from purified isomeric alcohols by acylation with the corresponding acid chlorides [18]. 2,6-Dimethyl-2(*E*),6(*E*)-octadien-1,8-di-(3-methylbutanoate) was also synthesized by regioselective chlorination of geranyl-3-methylbutanoate with HOCl followed by isomerization of the 6-chloro-7-eno-derivative into the 8-chloro-*E*-6-eno-derivative and the latter was transferred into an ester [19]. The synthesized pheromone components and their analogues, as well as their intermediates were purified by vacuum rectification on rotary columns [20]. The high-boiling compounds were subjected to vacuum redistillation at 0.1 bar. The chemical structure of the compounds obtained was established by  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR spectra earlier. The content of components and trace impurities was determined by GLC with accuracy of  $\pm 0.1\%$  using internal standards. Chromatographic conditions: Chrom 5 gas chromatograph, Laboratorne Pristroje, Czechoslovakia; flame ionization detector, fused silica capillary column 1—23 m, i. d. — 0.22 mm, coated with methylsilicone phase OV-101; column temperature 140—170 °C; injection port temperature 270 °C; carrier gas velocity 1.5 cm<sup>3</sup>/min.

In Table 1, the chemical structure of compounds, the content of isomeric esters, and the methods of obtaining and identifying them have been presented.

On the basis of the compounds synthesized, different pheromone compositions have been developed. Depending upon the pest species to be investigated, the inert carrier was coated with 5—10 mg of the composition. To evaluate the attractant activity of the composition, the traps [31] were placed in the fields of almost equal pest population (on an average 3—7 species per m<sup>2</sup>). Six traps with the composition to be examined were placed alternately with those containing dispensers with a standard attractant composition. The distance between the traps was 15—30 m. If the composition reveals no attractant activity, additional standard dispensers were placed in the fields to elucidate the inhibiting effect of substances. Investigations were carried out to establish maximum permissible quantities of inhibitors in attractant compositions. The optimum contents of synergists in pheromones were also established. The biological activity of the compositions was determined by an average quantity of the males trapped with standard traps during the flight period of a pest species.

Results of investigations are presented in Table 1.

On the basis of the biological activity of the components of pheromones and their analogues the influence of individual structural elements on the sex communication of different click beetle species was determined. The inhibitors and synergists of pheromones were elucidated, the permissible concentrations of inhibitors and the optimum content of synergists in attractant compositions were established.

It was also shown that pheromones of some species or their synergists may be inhibitors of the pheromone composition for the other species (see compound (2), *A. gurgistanus*, Table 1). On the other hand, components of the other pheromone compositions similar in structure do not inhibit the sex communication of the neighbouring click beetle species inhabiting the same area; for example, compound (8) has no effect on *Agriotes obscurus* and *A. lineatus*. This enabled us to use the same attractant composition as pheromone for the above two click beetle species.

On the basis of the screening carried out, suitable preparations were chosen to establish attractant compositions of optimum isomer contents for each pest species. The isomeric compositions of the sex attractants developed are presented in Table 2.

Coefficients of correlation between wireworm population and the number of male species trapped have been established. For the species with a 3-year development cycle the correlation coefficient is 0.0028 (*A. gurgistanus*), 0.0135 (*A. sputator*), and 0.001 (*A. tauricus*); for those with a 4-year development cycle it is 0.025 (*A. obscurus* and *A. lineatus*) [32].

By means of pheromone traps the areas where the above-mentioned click beetle species occur in the Commonwealth of Independent States (CIS) have been specified for the first time [33].

The pheromonitoring of the two click beetle species inhabiting northern regions, viz. *A. obscurus* and *A. lineatus*, carried out by Estonian and other Baltic plant protection stations, showed that the average wireworm population on the agricultural land of Estonia is 2.1 to 6.5 species per m<sup>2</sup>. In crop fields the wireworm population may reach 11 species per m<sup>2</sup> causing considerable losses. In temperate and forest-steppe regions heavy crop losses occur if the wireworm population is 20 species per m<sup>2</sup>, while medium crop losses take place if this index is from 5 to 20 [32].

### Summary

The biologically active components of sex pheromones of six species of the click beetle *Agriotes* — esters of geraniol, nerol, 6(*E*), 8-hydroxygeraniol, *E,E*-farnesol as well as their structural isomers — were synthesized. The relationship between the isomeric composition of the synthesized compounds or their mixtures and the sex behaviour of the most harmful click beetle species, viz. *Agriotes gurgistanus* F., *A. sputator* L., *A. lineatus* L. (two subspecies), *A. obscurus* L., *A. ustulatus* S., *A. tauricus* Heyd., was established. On this basis optimum synthesis paths were chosen and attractant compositions developed for monitoring click beetles by means of pheromone traps. The wireworm population in the soils of Estonia has been established, and areas of click beetle species on the territory of the CIS have been specified.

### REFERENCES

1. Яцынин В. Г., Олещенко И. Н., Рубанова Е. В., Исмаилов В. Я. Идентификация активных компонентов половых феромонов шелкунов кубанского, степного и полосатого. — Химия в с. х., 1980, 12, 33—35.
2. Олещенко И. Н., Яцынин В. Г., Ковалев В. Г., Исмаилов В. Я., Адаменко Е. А., Рубанова Е. В., Серебрякова Т. П. Половой аттрактант для самцов шелкуна *Agriotes gurgistanus* Fald. Авт. свид. СССР № 622215. — Б. И., 1979, 10, 258.
3. Яцынин В. Г., Карпенко Н. Н. Аттрактантный состав для *Agriotes sputator* L. (Coleoptera: Elateridae). Авт. свид. СССР № 1071289. — Б. И., 1984, 5, 14.
4. Лэзтс К. В., Сийрде К. Э., Эрм А. Ю., Биттер Л. А., Олещенко И. Н., Исмаилов В. Я., Когерман А. П., Кудрявцев И. Б., Ранг Х. А. Аттрактантный состав для шелкуна посевного *Agriotes sputator* L. Авт. свид. СССР № 1287317. — Б. И., 1990, 45, 243.
5. Яцынин В. Г., Лебедева К. В. Идентификация многокомпонентных феромонов шелкунов полосатого (*Agriotes lineatus* L.) и западного (*Agriotes ustulatus* S.). — Хеморецепция насекомых, 1984, 8, 52—57.
6. Borg-Karlson, A.-K., Agren, L., Dobson, H., Bergström, G. Identification and electroantennographic activity of sex-specific geranyl esters in abdominal gland of female *Agriotes obscurus* (L.) and *A. lineatus* (L.) (Coleoptera: Elateridae). — Experientia, 1988, 44, 531—534.

7. Lääts, K. V. Synthesis of pheromones of click beetles *Agriotes* by isoprene telomerization. — In: N. Takahashi (ed.). Pesticide Chemistry — Human Welfare and the Environment. Fifth Int. Congr. Pesticide Chem. (IUPAC). Kyoto, Japan, 1982, 1b—4.
8. Олещенко И. Н., Яцынин В. Г., Исмаилов В. Я., Рубанова Е. В., Лээтс К. В., Тенг С. Э., Когерман А. П. Аттрактантный состав для *Agriotes lineatus* L. Авт. свид. СССР № 688165. — Б. И., 1979, 36, 8.
9. Лээтс К. В., Сийрде К. Э., Эрм А. Ю., Биттер Л. А., Олещенко И. Н., Исмаилов В. Я., Когерман А. П., Кудрявцев И. Б. Аттрактантный состав для шелкоунов рода *Agriotes*. Авт. свид. СССР № 1198783. — Б. И., 1990, 45, 243.
10. Олещенко И. Н., Исмаилов В. Я., Кузовникова И. А., Орлов В. Н., Масютин Н. Н., Лээтс К. В., Эрм А. Ю., Сийрде К. Э., Кудрявцев И. Б. Сложные эфиры гераниола, обладающие аттрактантной активностью и аттрактант для жука шелкоуна. Авт. свид. СССР № 1072412. — Б. И., 1986, 48, 288.
11. Олещенко И. П., Палков В. А., Иващенко И. И., Филин-Колдаков Б. В., Адаменко Е. А., Пleshков В. С. Аттрактант для самцов *Agriotes litigiousus* Rossi. Авт. свид. СССР № 351517. — Б. И., 1972, 28, 141.
12. Олещенко И. Н., Яцынин В. Г., Ковалев В. Г., Адаменко Е. А., Серебрякова Т. П. Половой аттрактант для самцов шелкоуна *Agriotes litigiousus* Rossi. Авт. свид. СССР № 617875. — Б. И., 1979, 2, 115.
13. Лээтс К. Синтез терпеновых производных из изопрена методом теломеризации. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1968, 17, 4, 355—360.
14. Лээтс К. В. Способ выделения первичных замещенных аллильных галоидпроизводных из смеси изомерными соединениями. Авт. свид. СССР № 128860. — Б. И., 1960, 11, 44.
15. Лээтс К. В. Способ получения сложных эфиров замещенных первичных аллиловых спиртов. Авт. свид. СССР № 130042. — Б. И., 1960, 14, 15.
16. Лээтс К., Тенг С. О методах выделения и получения гераниола и нерола. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1967, 16, 4, 284—291.
17. Тенг С., Вялимяэ Т., Лээтс К. 2,6-Диметил-2(Е),6(Е)-октадиен-1,8-ди-(3-метилбу-таноат). — Изв. АН ЭССР. Хим., 1984, 33, 3, 194.
18. Тенг С., Вялимяэ Т., Лээтс К. Сложные эфиры гераниола и нерола. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1984, 33, 1, 57—58.
19. Сийрде К., Эрм А., Тенг С., Лээтс К. Синтез компонентов феромонов шелкоуна кубанского и калифорнийской щитовки. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1988, 37, 2, 145—147.
20. Михельсон В., Кыбу А., Эйзен О. Исследование работы колонки с щеточным ротором. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1980, 29, 2, 109—112.
21. Лээтс К. В., Когерман А. П., Кудрявцев И. Б., Ранг Х. А., Сооне Ю. Х., Эспенберг П. Э. Способ получения бутаноата 3,7-диметил-2(Е),6-октадиен-1-ола. Авт. свид. СССР № 1088284. — Б. И., 1990, 45, 244.
22. Лээтс К. В., Эрм А. Ю., Ранг Х. А., Сийрде К. Э., Кудрявцев И. Б. Способ получения *n*-бутаноата (*n*-октаноата)-3,7-диметил-2(Е)-октадиен-1-ола. Авт. свид. СССР № 1225224. — Б. И., 1990, 45, 245.
23. Лээтс К. В., Ранг Х. А., Эрм А. Ю., Вийтмаа С. О., Сийрде К. Э., Эспенберг П. Э. Способ выделения 3-метил-2(Е)-алкинил-хлорпроизводных из смеси с изомерными 2-метил-2(Е)-алкинил- и (или) 3-метил-2(З)-алкинилхлорпроизводными. Авт. свид. СССР № 130771. — Б. И., 1990, 45, 244.
24. Олещенко И. Н., Исмаилов В. Я., Кузовникова И. А., Орлов В. Н., Пасько А. К., Лээтс К. В., Тенг С. Э., Ранг Х. А., Кудрявцев И. В., Когерман А. П., Паньшина Т. Н., Сасинович Л. М., Верзунова Л. И. Ингибитор половой химической коммуникации для жука шелкоуна степного (*Agriotes gurgistanus* Fald). Авт. свид. СССР № 1154746. — Б. И., 1985, 17, 192.
25. Sürde, K., Erm, A., Rang, H., Kogerman, A., Kudryavtsev, I., Lääts, K. Stereoselective separation of substituted allylic chloroderivatives. — Proc. Estonian Acad. Sci. Chem., 1991, 40, 4, 200—204.
26. Лээтс К. В., Каал Т. А., Эрм А. Ю., Ранг Х. А., Олещенко И. Н., Исмаи-

- лов В. Я., Кузовникова И. А., Орлов В. Н. н-Бутаноат 2,7-диметил-Е-2,6-октадиен-1-ола в качестве ингибитора половой коммуникации для жука-щелкуна степного *Agriotes gurgistanus* Fald. Авт. свид. СССР № 1069346. — Б. И., 1984, 3, 235.
27. Олещенко И. Н., Исмаилов В. Я., Кузовникова И. А., Орлов В. Н., Пасько А. К., Лээтс К. В., Каал Т. А., Эрм А. Ю., Ранг Х. А. Ингибитор восприятия полового аттрактанта для самцов жука-щелкуна *Agriotes gurgistanus* Fald. Авт. свид. СССР № 1104702. — Б. И., 1984, 27, 202.
28. Лээтс К., Когерман А. Получение гераниола и фарнезола на базе теломера изопрена с его гидрохлоридами. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1968, 17, 4, 368—373.
29. Сийрде К., Эрм А., Вялимяэ Т., Мукс Э., Лыйвеке И., Лээтс К. Теломеризация изопрена с геранилхлоридом и синтез Е,Е-фарнезил-ацетата. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1986, 35, 4, 269—274.
30. Сийрде К. Э., Эрм А. Ю., Мукс Э. А., Вялимяэ Т. К., Крумм Л. Л., Лээтс К. В. К изучению ионно-каталитической теломеризации. XXIV. О составе сесквитерпеновых хлоридов — днадуктов изопрена с его монохлоридами. — Ж. орг. хим., 1987, 23, 5, 922—926.
31. Олещенко И. Н., Дрыга Ю. Г., Соколова В. Н., Орлов Ю. Х., Сооне К. В., Лээтс К. В., Кудрявцев И. Б., Тюксамел Т. А., Хейдеберг Х. Н., Эхасалу Б. Х. Ловушка для насекомых. Авт. свид. СССР № 1233312. — Б. И., 1988, 14, 299.
32. Олещенко И. Н., Терехов В. И., Руднев Е. Д., Исмаилов В. Я., Азаров М. М., Дрыга Н. С., Ченкин А. Ф., Лээтс К. В., Курило В. Н. Рекомендации по применению феромонных ловушек для учета численности жуков-щелкунов степного, кубанского и посевного. Агропромиздат, Москва, 1986.
33. Kudryavtsev, I., Siirde, K., Lääts, K. Specification of the climatic zones of harmful click beetle species by synthetic sex pheromones. — J. Chem. Ecology, in press.

Received

March 16, 1992

Revised

April 7, 1992

Koiti LAATS, Kaarel SIIRDE, Igor KUDRIAVTSEV, Avo KOGERMAN, Heino RANG, Ants ERM, Signe TENG, Vladimir ISMAILOV, Valeri PRISTAVKO

#### NAKSURMARDIKATE LIIGI AGRIOOTES SUGUFEROMOONIDE KOMPONENTIDE NING NENDE STRUKTUURIANALOOGIDE SÜNTEES JA BIOLOOGILINE AKTIIVSUS

On sünteesitud enamlevinud naksurmardikate *Agriotes gurgistanus* F., *A. sputator* L., *A. lineatus* L. (2 alamliiki), *A. obscurus* L., *A. ustulatus* S., *A. tauricus* Heyd. suguferomoonide komponendid ja viimaste struktuurianalooigid. On leitud, et sünteesitud ühendite bioloogiline aktiivsus sõltub nende struktuurilementidest. Saadud andmete alusel on loodud mitmekomponendilised atraktandid kasutamiseks feromoonpüünistes nimetatud naksurmardikate monitooringuks. Feromoonpüüniste abil on täpsustatud liigi *Agriotes areaalid* SRÜ-s ning tõmmunaksuri (*A. obscurus* L.) levikualad Eestis.



## СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ И СТРУКТУРНЫХ АНАЛОГОВ ПОЛОВЫХ ФЕРОМОНОВ ЖУКОВ-ЩЕЛКУНОВ РОДА *AGRIOTES*

Осуществлен синтез биологически активных компонентов половых феромонов шести видов жуков-щелкунов рода *Agriotes* — сложных эфиров гераниола, нерола, 6-(E)-, 8-гидроксигераниола, E,E-фарнезола и их структурных изомеров. Установлено биологическое действие изомерного строения синтезированных соединений на половую коммуникацию наиболее опасных видов щелкунов: *Agriotes gurgistanus* F., *A. sputator* L., *A. lineatus* L. (два подвида), *A. obscurus* L., *A. ustulatus* S., *A. tauricus* Heyd.

В итоге отобраны наиболее оптимальные пути синтеза и аттрактантные композиции для мониторинга жуков-щелкунов при помощи феромонных ловушек. Установлены численность проволочников на сельскохозяйственных угодьях Эстонии и ареалы отдельных видов щелкунов на территории СНГ.

Хромато-масс-спектрометрия является удобным методом для анализа сложных смесей. Не требуется разделение компонентов смеси, что позволяет анализировать даже следовые количества веществ. В работе описаны методы синтеза и биологического тестирования соединений, являющихся структурными аналогами феромонов жуков-щелкунов. Установлено, что синтезированные соединения обладают высокой биологической активностью.

1. Гераниол
2. Нерол
3. 6-(E)-гидроксигераниол
4. 8-гидроксигераниол
5. E,E-фарнезол
6. 6-(E)-фарнезол
7. 8-фарнезол
8. Ванилиевая кислота
9. Циклохексанкарбоксилат
10. Циклооктанкарбоксилат
11. Ацетил
12. Эфир гераниола
13. Эфир нерола
14. Эфир 6-(E)-гидроксигераниола
15. Эфир 8-гидроксигераниола
16. Эфир E,E-фарнезола
17. Эфир 6-(E)-фарнезола
18. Эфир 8-фарнезола
19. Эфир ванилиевой кислоты
20. Эфир циклохексанкарбоксилата
21. Эфир циклооктанкарбоксилата
22. Эфир ацетил
23. Эфир стеариновой кислоты
24. Эфир олеиновой кислоты
25. Эфир пимелиновой кислоты
26. Эфир адипиновой кислоты
27. Эфир циклогексилкарбоксилата
28. Эфир циклооктилкарбоксилата
29. Эфир ацетил
30. Эфир пропионовой кислоты
31. Эфир уксусной кислоты
32. Эфир бензойной кислоты
33. Эфир фенилпропионовой кислоты
34. Эфир пиперидина
35. Эфир пиперидина
36. Эфир пиперидина
37. Эфир пиперидина
38. Эфир пиперидина
39. Эфир пиперидина
40. Эфир пиперидина
41. Эфир пиперидина
42. Эфир пиперидина
43. Эфир пиперидина
44. Эфир пиперидина
45. Эфир пиперидина
46. Эфир пиперидина
47. Эфир пиперидина
48. Эфир пиперидина
49. Эфир пиперидина
50. Эфир пиперидина
51. Эфир пиперидина
52. Эфир пиперидина
53. Эфир пиперидина
54. Эфир пиперидина
55. Эфир пиперидина
56. Эфир пиперидина
57. Эфир пиперидина
58. Эфир пиперидина
59. Эфир пиперидина
60. Эфир пиперидина
61. Эфир пиперидина
62. Эфир пиперидина
63. Эфир пиперидина
64. Эфир пиперидина
65. Эфир пиперидина
66. Эфир пиперидина
67. Эфир пиперидина
68. Эфир пиперидина
69. Эфир пиперидина
70. Эфир пиперидина
71. Эфир пиперидина
72. Эфир пиперидина
73. Эфир пиперидина
74. Эфир пиперидина
75. Эфир пиперидина
76. Эфир пиперидина
77. Эфир пиперидина
78. Эфир пиперидина
79. Эфир пиперидина
80. Эфир пиперидина
81. Эфир пиперидина
82. Эфир пиперидина
83. Эфир пиперидина
84. Эфир пиперидина
85. Эфир пиперидина
86. Эфир пиперидина
87. Эфир пиперидина
88. Эфир пиперидина
89. Эфир пиперидина
90. Эфир пиперидина
91. Эфир пиперидина
92. Эфир пиперидина
93. Эфир пиперидина
94. Эфир пиперидина
95. Эфир пиперидина
96. Эфир пиперидина
97. Эфир пиперидина
98. Эфир пиперидина
99. Эфир пиперидина
100. Эфир пиперидина