

В.М. Горина, кандидат
сельскохозяйственных наук

А.А. Рихтер, кандидат
биологических наук

Никитский ботанический сад – На-
циональный научный центр НААН

Б.А. Виноградов,
ведущий инженер

Национальный институт винограда
и вина «Магарач» НААН

Особенности аромата цветков абрикоса (*Armeniaca vulgaris* Lam.) и алычи (*Prunus cerasifera* Ehrh.)

У компонентному складі летких речовин, які зумовлюють аромат квіток сортів абрикоса, аличі та гібридів *Prunus brigantiaca* Vill. x *Armeniaca vulgaris* Lam., переважають 36 вищих вуглеводнів і бензальдегід. В ароматі квіток сортів аличі, порівняно з абрикосом і гібридами, присутня менша кількість речовин, що віднаджують бджіл (бензальдегід). Водночас, уміст трикозану, пентакозану, доказану, хенейкозану, ейкозану та нонадекану, які, можливо, принаджують бджіл, у квітках аличі більший, ніж в ароматі квіток абрикоса й гібридів. Середній врожай за 3 роки у рослин аличі (Нікітська Жовта 10,7 і Салгірська Рум'яна 28,5 т/га) вищий, ніж у абрикоса (Recolte de Schatene 0,3; Роднік 2,9; Ананасний Цюрупінський 7,4 т/га) та гібридів (8110–5,2; 8098 – 6,4 т/га), що можливо пояснити кращим запиленням квіток і зав'язуванням плодів. Проаналізовано переважаючі компоненти аромату квіток цих рослин та їхній можливий зв'язок із врожайністю розглянутих об'єктів.

Ключові слова:

сорті абрикоса, аличі, гібриди *Prunus brigantiaca* Vill. x *Armeniaca vulgaris* Lam., леткі сполуки квіток

Введение. Цветки привлекают внимание не только человека, но и многих насекомых, которые являются переносчиками пыльцы. Флавоны и флавонолы – УФ-поглощающие пигменты, ответственные за белую или кремовую окраску цветков, хорошо видимы для насекомых. Такая окраска привлекает пчёл для опыления растений и сбора нектара [1].

В нектаре цветков различных представителей семейства Rosaceae: *Malus sylvestris* (L.) Mill., *Crataegus monogyna* Jacq., *Pyrus communis* L. были выявлены следующие углеводы: сахара – 36,7%; 36,5%; 38,8%, глюкоза – 32,9; 33,3; 25,7, фруктоза – 30,3; 29,6; 33,7, сорбитол – 0,2; 0,5; 1,6% от суммы углеводов соответственно. В цветках *Prunus armeniaca* L., *Prunus persica* (L.) Batsch, *Prunus salicina* Lindl., *Cotoneaster dammeri* Schneid., *Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai эти углеводы содержались

в другом соотношении: сахара – 2,0; 3,6; 8,6; 4,0 і 1,9%, глюкоза – 39,7; 36,5; 41,4; 43,4; 48,7, фруктоза – 57,7; 59,8; 49,7; 50,1; 44,0, сорбитол – 0,6; 0,2; 1,6; 2,4; 5,3% от суммы углеводов. Сорбитол в цветках образуется при восстановлении d-глюкозы, d-фруктозы или l-сорбозы [2, 3]. У представителей *Pomoideae*, *Prunoideae*, *Spiraeoideae* большинство видов образуют сорбитол в листьях, тогда как в плодах он доминирует у *Sorbus* и *Crataegus* [4, 5].

Постановка проблемы. Обширное количество взаимосвязей между растениями и насекомыми основано на присутствии и выделении цветками растений различных летучих углеводородов. Например, линалоол – типичный компонент запаха цветков, привлекающий пчёл [6].

В аромате цветков *Lecythis*, активно посещаемых пчелами при сборе нектара, присутствовали производные гексанола и

цис-3-гексанола [7]. Бензальдегид, входящий в состав аромата цветков различных растений, является репеллентом для некоторых видов насекомых [8].

Цель работы – изучить химический состав летучих углеводородов цветков сортов абрикоса, алычи и гибридов *Prunus brigantiaca* Vill. x *Armeniaca vulgaris* Lam.

Материалы и методы исследований. Работу проводили на образцах абрикоса, представленных под номерами: 1 – Роднік (сорт селекции НБС-ННЦ), 2 – Ананасний Цюрупінський (выделен из местных образцов юга Украины), 3 – Recolte de Schatene (интродуцент из Франции); алычи: 4 – Никитская Желтая (выделен из местных крымских образцов), 5 – Салгирская Румяная (селекции НБС – ННЦ); гибридов *P. brigantiaca* x *A. Vulgaris*: 6 – 8098, 7 – 8110 (получены в НБС – ННЦ). Данные сорта и гибриды не дают плодов от самоопыле-

ния и нуждаются в пчёлах для осуществления перекрёстного опыления.

Выделение комплекса летучих соединений осуществляли методом гидродистилляции. Собранные цветки, пробами по 220 г смешивали с дистиллированной водой (2 л), гидродистиллят пропускали через 5–8 мл пентана и собирали в делительную воронку объёмом 250 мл. Затем проводили трехкратную экстракцию пентаном с последующим его концентрированием в токе гелия. Концентрат (0,5 мл) запаивали в стеклянные ампулы и хранили при температуре минус 8–10°C [9].

Пентановый экстракт летучих соединений цветков (объёмом 1,0 мкл) анализировали с помощью хроматографа Agilent Technology 6890 с масс-спектрометрическим детектором 5973 для компьютерной идентификации и количественной оценки. Колонка HP-1 длиной – 30 м; внутренний диаметр – 0,25 мм. Температуру термостата программировали от 50°C до 250°C со скоростью 4°/мин. Температура инжектора – 250°C. Газ-носитель – гелий, скорость потока 1мл/мин. Переход от газового хроматографа (ГХ) к масс-спектрометру (МС) прогревали до 230°C. Температуру источника поддерживали 200°C. Электронную ионизацию проводили при 70 eV в ранжировке масс m/z 29 до 450. Идентификацию выполняли на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST05-WILEY 2007 (около 500000 масс-спектров).

Результаты исследований и их обсуждение. Данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что изученные образцы на протяжении трех лет (2005–2007 гг.) характеризовались примерно одинаковой ин-

тенсивностью цветения. Цветение продолжалось, как правило, в две недели. Средняя урожайность за 3 года у сортов алычи (10,7–28,5 т/га) была существенно выше, чем у сортов абрикоса (0,3–7,4 т/га) и межвидовых гибридов (5,2–6,4 т/га).

Принимаем во внимание тот факт, что состав углеводородов аромата цветков растений абрикоса, алычи и межвидовых гибридов, посещаемых пчелами, обеспечивающими их опыление, сопоставим с таковым, выявленным в тканях некоторых видов пчёл.

В экстракте мандибулярной (челюстной) железы двух видов рабочих пчёл *Trigona spinipes* и *Scaptotrigona aff. depilis* присутствовали различные летучие углеводороды (31 и 27 компонентов) – нонаналь, бензальдегид, 2-тридеканон, 2-тридеканол, 2-гептанол и другие. При-

чем 2-тридеканол и 2-гептанол преобладали в сумме углеводородов у обоих видов пчёл, их количество превышало 10% от суммы идентифицированных компонентов, тогда как у *Scaptotrigona aff. depilis* доминировали бензальдегид, 2-гептанол и 2-тридеканол, а у *Trigona spinipes* – нонаналь [8].

Сообщалось, что различные углеводороды – алканы выполняют роль сигнальных феромонов для определенных видов насекомых. Например, тридекан и пентадекан привлекают представителей *Formicinae*, нонан-2-он – *Hymenoptera*, α -пинен и терпинолен – *Isoptera*, лимонен – *Isoptera* и *Myrmicinae*, тогда как бензальдегид, обычно является компонентом системы защиты в отношении объектов *Millipede* и *Centipede* [10]. Запах цветков различных видов орхидей обусловлен преобладанием тех или

Таблица 1

Сроки цветения и урожайность растений абрикоса, алычи и гибридов

Сорт, гибрид	Год	Степень цвет., балл	Даты цветения		Урожайность*	
			начало	конец	кг/дер.	т/га
Родник	2005	5,0	11.04	14.04	5,2	2,6
	2006	5,0	06.04	18.04	11,6	5,8
	2007	4,8	30.03	17.04	0,4	0,2
Ананасный	2005	4,0	12.04	18.04	12,1	6,1
Цюрупинский	2006	5,0	05.04	18.04	23,0	11,5
	2007	5,0	24.03	11.04	9,1	4,6
Recolte de Schatene	2005	5,5	04.04	14.04	0,2	0,1
	2006	5,0	04.04	21.04	1,1	0,6
	2007	5,0	23.03	10.04	0,5	0,3
Никитская Желтая	2005	5,0	08.04	16.04	25,4	12,7
	2006	5,0	04.04	19.04	29,5	14,8
	2007	4,5	16.03	01.04	9,1	4,6
Салгирская	2005	5,0	06.04	13.04	52,3	26,2
Румяная	2006	5,0	01.04	14.04	88,4	44,2
	2007	5,0	13.03	01.04	30,2	15,1
8098	2005	5,0	12.04	17.04	12,6	6,3
	2006	4,5	19.04	01.05	18,8	9,4
	2007	5,5	12.04	25.04	7,1	3,6
8110	2005	4,0	21.04	28.04	11,2	5,6
	2006	5,0	16.04	30.04	16,8	8,4
	2007	2,0	22.04	02.05	3,2	1,6

Примечание: * Схема посадки 5 x 4 м.

Таблица 2

Химический состав летучих соединений цветков абрикоса, алычи и гибридов *Prunus brigantiaca* Vill. x *Armeniaca vulgaris* Lam. (%)

Компонент	Т мин.	Абрикос			Алыча		Гибриды	
		1	2	3	4	5	6	7
		2007	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Гексанол	4.75	0,09	0,04	0,05	0,07	0,05	0,09	0,07
Гептаналь	5.48	0,20	0,21	0,12	0,02	0,02	0,18	0,12
Бензальдегид	7.44	55,15	70,49	61,03	41,94	44,66	66,81	70,01
Октаналь	8.86	0,18	0,12	0,12	0,06	0,07	0,16	0,11
Бензиловый спирт	9.65	0,12	0,04	0,22	0,06	0,04	0,15	0,22
Салицилов. альдегид	9.71	0,05	0,02	0,02	0,01	0,08	0,05	0,11
Октанол	10.68	0,26	0,14	0,14	0,17	0,16	0,17	0,16
Метилбензоат	11.43	0,13	0,16	0,02	0,11	0,12	0,16	0,15
Нонаналь	11.58	0,76	0,54	0,61	0,86	1,09	1,76	0,99
Линалоол	11.76	3,70	0,17	2,22	0,28	2,18	0,18	0,25
Транс-2-ноненаль	13.51	0,16	0,04	0,07	0,02	0,02	0,06	0,11
Бензилацетат	13.72	0,09	0,09	0,06	0,02	0,02	0,33	0,22
Терпинен-4-ол	14.13	0,09	0,10	0,03	0,09	0,02	0,03	0,07
α-Терпинеол	14.60	0,19	0,03	0,04	0,17	0,10	0,03	0,09
Додекан	14.75	0,11	0,07	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06
Деканаль	15.03	0,16	0,16	0,13	0,04	0,08	0,10	0,11
Бензойная кислота	15.54	0,20	0,77	0,66	0,07	0,16	0,18	0,10
Транс-2-деценаль	16.89	0,11	0,09	0,12	0,09	0,02	0,08	0,04
Тридекан	18.08	0,08	0,10	0,13	0,04	0,04	0,05	0,11
Ундеканаль	18.39	0,34	0,24	0,22	0,05	0,06	0,21	0,16
Тетрадекан	21.30	0,18	0,07	0,14	0,12	0,17	0,16	0,19
Додеканаль	21.61	0,13	0,51	0,38	0,11	0,08	0,02	0,04
Гексадекан	23.27	0,86	0,61	1,43	0,98	0,90	0,32	0,67
Тридеканаль	24.75	0,39	0,25	0,17	0,09	0,10	0,25	0,21
Гептадекан	28.78	0,91	0,60	0,62	0,26	0,33	0,49	0,25
Бензилбензоат	29.91	2,16	0,47	2,33	0,24	0,19	2,22	2,37
Гексагидрофарнезил ацетон	30.88	2,30	1,21	2,67	1,79	1,81	1,11	1,63
Нонадекан	31.51	2,17	1,01	1,80	9,68	8,03	1,92	1,17
Эйкозан	32.56	0,37	0,37	0,26	0,90	0,76	0,35	0,18
Октадеканаль	32.85	1,72	0,89	0,60	0,13	0,19	0,09	0,11
Хенейкозан	33.67	7,43	3,43	5,39	10,53	7,45	5,20	2,94
Фитол	33.78	1,69	1,38	2,35	2,13	2,64	2,49	2,77
Докозан	34.55	0,61	0,24	0,33	0,68	0,60	0,32	0,30
Трикозан	35.45	8,19	5,99	6,33	16,49	15,10	6,18	4,96
Пентакозан	37.13	3,77	3,36	4,61	5,54	6,94	2,84	3,25
Гептакозан	38.63	1,75	1,12	1,68	1,55	1,94	0,95	1,31
Холест-5-ен-3-ол	42.19	2,28	1,36	1,39	1,55	1,35	2,03	2,99
Холест-3,5-диен-7-он	43.10	0,91	3,48	1,43	2,99	2,34	2,19	1,41
Всего		100	100	100	100	100	100	100

Примечание: 1 – Родник, 2 – Ананасный Цюрупинский, 3 – Recolte de Schatene, 4 – Никитская Желтая, 5 – Салгирская Румяная, 6 – 8098, 7 – 8110.

иных алканов, что можно связать с биологическими особенностями определенных видов насекомых-опылителей [11].

Содержание бензальдегида в аромате цветков сортов алычи в 1,2–1,6 раза меньше, чем в таковом абрикоса. Уровень накопления наонадекана, эйкозана и хенейкозана в углеводородном комплексе цветков алычи в 7,4–8,0; 3,0–4,6; 2,2–2,7 раза больше, чем у сортов абрикоса. Содержание доказана, трикозана и пентакозана в аромате цветков алычи также в 2,1–2,5; 2,5–3,3; 1,6–2,0 раза больше, чем в аромате цветков абрикоса. Аналогичная закономерность характерна и для летучих углеводородов цветков межвидовых гибридов (табл. 2, рис. 1–3).

В цветках сортов алычи, по сравнению с таковыми абрикоса и гибридов присутствует меньшее количество веществ отпугивающих пчёл (бензальдегид). В то же время содержание трикозана, пентакозана, доказана, хенейкозана, эйкозана и наонадекана, возможно привлекающих пчёл, в цветках алычи больше, чем в аромате цветков абрикоса и гибридов. Можно предположить, что эти летучие соединения обуславливают более активное посещение пчёлами растений алычи, лучшее опыление и, таким образом, большую их урожайность (табл. 1).

Данное предположение связано с биологическими особенностями исследуемых культур. Известно, что практически все сорта и формы алычи являются перекрестно опыляемыми, тогда как среди сортов и форм абрикоса много самоплодных [12–14]. По-видимому, процессы эволюции были направлены на создание ароматобразующих веществ в цветках алычи, которые наиболее активно привле-

кают насекомых-опылителей. Эволюционная связь растений и насекомых основана на том, что многие ароматические вещества цветков обладают антибактериальными, антигрибковыми и противонематодными

свойствами. Кутикулярные углеводороды играют роль защитного барьера против болезнетворных микроорганизмов. Они также являются веществами, привлекающими насекомых для опыления растений [15].

Рис. 1. Состав летучих веществ цветков абрикоса Ананасний Цюрупинский.

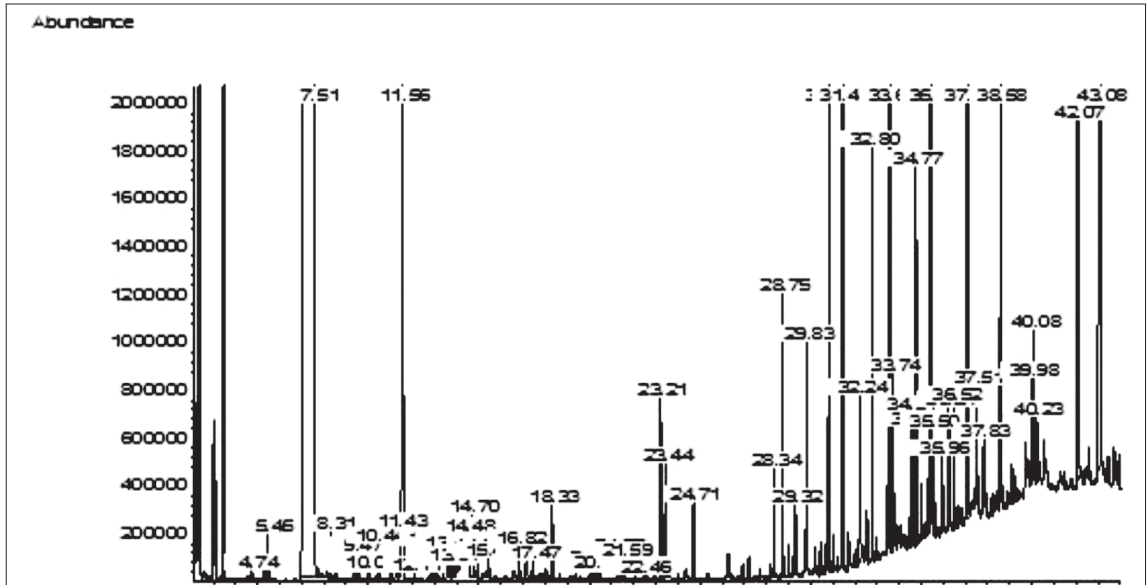


Рис. 2. Состав летучих веществ цветков алычи Никитская Желтая.

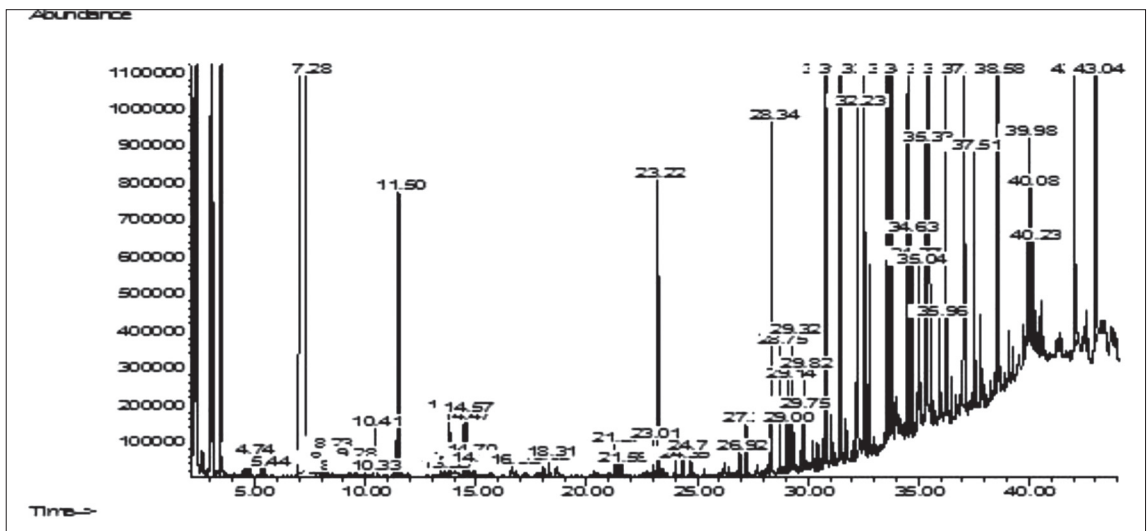
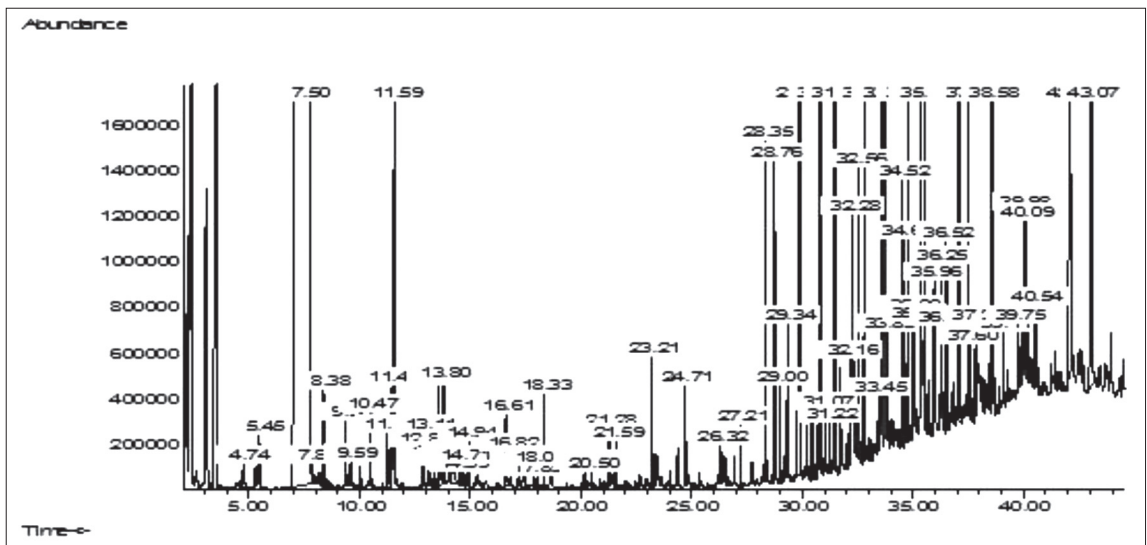


Рис. 3. Состав летучих веществ цветков гибрида 8098 (*Prunus brigantia* Vill. x *Armeniaca vulgaris* Lam.).



Выводы. В компонентном составе летучих веществ, обуславливающих аромат цветков сортов абрикоса, алычи и гибридов *Prunus brigantia* Vill. x

Armeniaca vulgaris Lam., преобладают 36 высших углеводов и бензальдегид. В аромате цветков алычи по сравнению с образцами абрикоса и гибридов

содержится меньшее количество бензальдегида и большее количество нонадекана, эйкозана, хенейкозана, докозана, трикозана и пентакозана.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бриттон, Г. Биохимия природных пигментов / Г. Бриттон. – М.: Мир, 1986. – 422 с.
2. Bieleski, R.L. Sorbitol metabolism in nectaries from flowers of *Rosaceae* / R.L. Bieleski, R.J. Redgwell // Aust. J. Plant Physiol. – 1980. – V. 7, N. 1. – P. 15–25.
3. Bieleski, R.L. Sorbitol versus sucrose as photosynthesis and translocation products in developing apricot leaves / R.L. Bieleski, R.J. Redgwell // Aust. J. Plant Physiol. – 1985. – V. 12, N. 6. – P. 657–668.
4. Bieleski, R.L. Accumulation of sorbitol and glucose by leaf slices of *Rosaceae* / R.L. Bieleski // Aust. J. Plant Physiol. – 1977. – V. 4, N. 1. – P. 11–24.
5. Bieleski, R.L. Synthesis of sorbitol in apricot leaves / R. L. Bieleski, R.J. Redgwell // Aust. J. Plant Physiol. – 1977. – V. 4, N. 1. – P. 1–10.
6. Kesselmeier, J. Biogenic volatile organic compounds (VOC): An overview on emission, physiology and ecology / J. Kesselmeier, M. Staudt // J. of Atmospheric Chemistry. – 1999. – V. 33. – P. 23–88.
7. Knudsen, J.T. Floral scents and pollination in Neotropical Lecythidaceae / J.T. Knudsen, S.A. Mori // Biotropica – 1996. – V. 28, N. 1. – P. 42–60.
8. Schorkopf, D.L. Mandibular gland secretions of meliponine worker bees: further evidence for their role in interspecific and intraspecific defence and aggression and against their role in food source signaling / D.L. Schorkopf, M. Hrncir, S. Mateus [et al.] // J. Exp. Biol. – 2009. – V. 212, N. 8. – P. 1153–1162.
9. Горина, В.М. Помологические и биохимические особенности плодов алычи (*Prunus cerasifera* Ehrh.) сортов, относящихся к различным подвидам рода *Prunus* L. / В.М. Горина, О.А. Гребенникова, Б.А. Виноградов [и др.] // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2010. – № 1 (11). – С. 65–71.
10. Regnier, F.E. Semipchemicals-Structure and function / F.E. Regnier // Ecology of reproduction. – 1971. – V. 4. – P. 309–326.
11. Schiestl, F.P. Evolution of sexual mimicry in the orchid subtribe orchidinae: the role of preadaptations in the attraction of male bees as pollinators / F.P. Schiestl, S. Cozzolino // BMC Evolutionary Biology. – 2008. – V. 8, N.27. – P. 1–10.
12. Горина, В.М. Генофонд абрикоса и перспективы его использования / В.М. Горина, В.К. Смыков, А.А. Рихтер // Труды Никит. ботан. сада. – 2010. – Т. 132. – С. 95–106.
13. Горина, В.М. Оценка коллекции алычи в условиях южного берега Крыма / В.М. Горина, В.К. Смыков, А.А. Рихтер // Труды Никит. ботан. сада. – 2010. – Т. 132. – С. 106–115.
14. Еремин, Г.В. Отдаленная гибридизация косточковых плодовых растений / Г.В. Еремин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 280 с.
15. Steiger, S. The origin and dynamic evolution of chemical information transfer / S. Steiger, T. Schmitt, M. Schaefer // Proc. R. Soc. B. – 2011. – V. 278, N. 1708. – P. 970–979.