УДК 635.072+635.075+631.41

РАЗНЫЕ ФОРМЫ КИВАНО В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ГРУНТА НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

[1]Смирнова Н.В., [2]Фотев Ю.В., [1]Наумова Н.Б., [1]Бугровская Г.А., [1]Владимирова Н.Т., [1]Дроздова С.Б., [1]Макарикова Р.П., [1]Нечаева Т.В., [1]Савенков О.А., [2]Белоусова В.П.

[1]ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии СО РАН», Новосибирск, e-mail: nnaumova@mail.ru;
[2]ФГБУН «Центральный Сибирский Ботанический сад СО РАН», Новосибирск, e-mail: fotev@online.nsk.su

Растения кивано (Cucumis metuliferus E. Mey ex Naudin) сорта Зеленый дракон (P_1), новозеландской формы 513 (P_2) и их F_1 гибрида (P_2 x P_1), селектированные в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (г.Новосибирск) выращивали в условиях открытого грунта в микроделяночных опытах на юге Западной Сибири. В условиях очень теплого вегетационного сезона 2015 года наиболее продуктивной (1,26 кг плодов с одного растения) оказалась новозеландская форма, однако в связи с большей продукцией ее надземной фитомассы эта форма выносит больше питательных элементов из почвы. Гибридная форма кивано имела более высокие значения средней (75 г) и максимальной массы плода (137 г), что свидетельствует о ее перспективности. Анализ дискриминантных функций позволяет хорошо визуализировать различие между разными формами растений, будучи полезным для селекционных исследований: так, по совокупности изученных показателей гибридная форма оказалась ближе к новозеландской. Селекционные усилия в направлении создания новых сортов кивано для выращивания в условиях юга Западной Сибири среди прочего должны быть направлены на создание менее рослых сортов.

Ключевые слова: кивано, Cucumis metuliferus, новозеландская форма кивано, кивано сорта Зеленый дракон, гибридная форма, плоды, фитомасса надземная, фитомасса подземная, химические свойства почвы

DIFFERENT FORMS OF KIWANO IN THE OPEN FIELD IN THE SOUTH OF WEST SIBERIA

[1]Smirnova N.B., [2]Fotev Y.V., [1]Naumova N.B., [1]Bugrovskaya G.A., [1]Vladimirova N.V., [1]Drozdova S.B., [1]Makarikova R.P., [1]Nechaeva T.V., [1]Savenkov O.A., [2]Belousova V. P.

[1]Institute of Soil Science and Agrochemistry SBRAS, Novosibirsk, e-mail: nnaumova@mail.ru;
[2]Central Siberian Botanical Garden SBRAS, Novosibirsk, e-mail: fotev@ online.nsk.su

Three different forms of kiwano, or horned cucumber (Cucumis metuliferus E. Mey ex Naudin), namely Green Dragon cultivar (P_1), New-Zealand form 513 (P_2) and their F_1 hybrid (P_2 x P_1), selected in the Central Botanical Garden in Novosibirsk (Russia) were grown in the open field in several experimental microplots in the south of West Siberia. In the very warm growing season of 2015 the new Zealand form was found the most productive (one plant yielding 1.26 kg of fruits); however, due to its increased above-ground phytomass production it is more soil nutrients-consuming. The hybrid form was found to produce bigger fruits with average and maximal ones of 75 and 137 grams, respectively, displaying its potential for further breeding. Discriminant functions analysis helped to visualize the relationship between the studied kiwano forms and thus its usefulness for breeding studies: the hybrid form was shown to be closer to the New-Zealand one, rather than Green Dragon. We conclude that efforts to breed new forms of kiwano plants to be grown in the south of West Siberia should be focused, alongside with other traits, on determinate growth.

Keywords: kiwano, Cucumis metuliferus, Green Dragon cultivar, New-Zealand form, hybrid form, fruits, above-ground phytomass, below-ground phytomass, soil chemical properties

Плоды кивано (*Cucumis metuliferus* E. Mey ex Naudin) – растения родом из Африки [7] – начали активно ввозить в Европу в качестве декоративных с 90-х годов прошлого века [6, 10]. К настоящему времени кивано активно выращивают в Австралии, Новой Зеландии, Чили, США (Калифорнии), Португалии и других странах, и география возделывания этого растения все больше расширяется в связи с его растущей популярностью, и, соответственно, ростом спроса на семена и технологии возделывания в разных регионах мира [3, 7]. Кивано является перспективным овощным интродуцентом и для России [4], где его выдающаяся способность к продолжительному хранению плодов и многообразие способов использования от пищевого до лекарственного и декоративного могут быть реализованы при разных масштабах производства – от приусадебных участков до агропромышленной культуры.

Плоды кивано содержат разнообразные биоактивные вещества [5, 8], оказывающие оздоравливающее действие на организм человека и животных, и, как было показано ранее, характеризуются повышенным содержанием K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu и Ni, являясь ценным источником этих элементов [1, 5]. Плоды кивано имеют более высокую пита-

тельную ценность по сравнению с плодами огурца обыкновенного (*Cucumis sativus* L.), так как содержат значительно больше питательных веществ [9].

Потенциал кивано в плане производства новых продуктов и напитков изучен далеко не полностью, в особенности в случаях интродукции в новые регионы выращивания.

Как мы писали ранее [2], кивано заслуживает усилий по распространению в нашей стране. В связи с этим ведутся работы по селекции его сортов и гибридов для российских условий. Так, в 2006 г в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (г. Новосибирск) был селектирован первый в России сорт кивано Зеленый дракон, рекомендуемый для выращивания в открытом и защищенном грунте [4]. Работы по селекции продолжаются. Для изучения продукционных особенностей разных форм этой интересной овощной культуры в условиях открытого грунта России в данной работе была проведена сравнительная оценка роста и развития растений кивано разных форм и продукции их плодов в условиях микроделяночных полевых опытов в открытом грунте на юге Западной Сибири, а также изучена взаимосвязь этих показателей с почвенно-экологическими условиями выращивания.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали растения кивано сорта Зеленый дракон (P_1), новозеландской формы 513 (P_2) и их F_1 гибрида (P_2 x P_1), селектированные в Центральном Сибирском ботаническом саду СО РАН (г. Новосибирск). Семена на рассаду высевали 24 апреля 2015 г. Рассаду, выращенную в кассетах (с размером ячейки 6,5 x 7,5 x 5,5 см) в возрасте 35-38 дней высадили в открытый грунт 10–13 июня 2015 г. на нескольких опытных участках в окрестностях города Новосибирска (табл. 1) на высоте от 100 до 230 м над уровнем моря в лесостепной зоне юга Западной Сибири. На каждом участке высаживали по 3 растения, т.е. всего по одному растению каждой формы, из расчета 0,25 м^2 на одно растение. Растения не пасынковали и направляли на вертикальные опоры. Корневую подкормку растений провели один раз за сезон через 30 дней после высадки рассады в грунт полным минеральным удобрением «Нитрофоска» (Биомастер^{TM}) в дозе, эквивалентной 3,9 г N на одно растение, или 154 кг N га$^{-1}$ [6].

Образцы почвы отбирали из слоя 0-20 см одновременно с отбором образцов надземной и подземной фитомассы по окончании вегетации растений и, соответственно, по окончании опыта 10–13 сентября 2015 года. Сбор плодов проводили в ходе вегетации начиная с конца июля по мере прекращения их роста, а в конце вегетации учитывали все плоды в технической спелости, т.е. зеленоспелые и корнишоны массой не менее 10 г.

Содержание $C_{орг}$ определяли по потере массы почвенным образцом при прокаливании в течение 12 часов при 500 °C, содержание общего азота ($N_{общ}$) в почве проводили по Къельдалю; содержание подвижных форм питательных элементов (NO_3^-, NH_4^+, P_2O_5,) и pH (H_2O) измеряли стандартными агрохимическими методами. Содержание подвижных K, Na, Ca и Mg определяли атомно-адсорбционным методом в аммонийно-ацетатной вытяжке.

На каждом участке вели наблюдения за температурой воздуха и почвы с помощью автономных регистраторов температуры DS 1921G «Thermochron», измерявших температуру каждые 2 часа. Для регистрации температуры воздуха автономный регистратор устанавливался на высоте 2 м над поверхностью почвы. Чтобы исключить воздействие прямых солнечных лучей прибор специально затеняли. Для регистрации температуры почвы терморегистраторы устанавливали на поверхности почвы и в корнеобитаемом слое (на глубине 10 см) на каждой делянке на расстоянии 10 см от центрального стебля растения и тоже затеняли. Сумму дневных температур рассчитывали как среднюю температуру за дневное время суток, т.е. от восхода до захода, умноженную на долю дня в сутках, и суммировали по всему периоду регистрации (88 дней). Сумму ночных температур рассчитывали как среднюю температуру за ночное время суток, т.е. от захода до восхода, умноженную, соответственно, на долю ночи в сутках, и также суммировали по всему периоду регистрации. Общую сумму температур рассчитывали как сумму среднесуточных за тот же период (табл. 2).

Таблица 1

Расположение опытных участков и некоторые агрохимические свойства их почв по окончании вегетации растений кивано в микроделяночном опыте в открытом грунте на юге Западной Сибири

№ участка	Географические координаты		pH (H_2O)	$C_{орг}$, %	$N_{орг}$, %	$N_{мин}$, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	Na, мг/кг	Ca, г/кг	Mg, мг/кг
	с.ш.	в.д.									
1	54,96476	83,17553	7,4 ± 0,1	5,3 ± 0,1	0,41 ± 0,01	30 ± 1	1 ± 0	192 ± 14	146 ± 11	5,2 ± 2,4	661 ± 11
2	55,153971	83,31421	7,0 ± 0,1	7,9 ± 0,3	0,58 ± 0,03	109 ± 21	2 ± 0	307 ± 16	175 ± 5	6,5 ± 0,6	696 ± 39
3	55,0062	83,30279	7,3 ± 0,1	2,3 ± 0,2	0,13 ± 0,01	20 ± 0	2 ± 0	317 ± 13	101 ± 3	1,2 ± 0,0	334 ± 9
4	55,01279	82,95766	7,2 ± 0,2	3,9 ± 0,2	0,24 ± 0,01	27 ± 7	32 ± 4	430 ± 18	29 ± 0	1,5 ± 0,4	258 ± 15
5	55,09157	83,02094	7,5 ± 0,2	4,3 ± 0,3	0,30 ± 0,02	20 ± 1	5 ± 1	232 ± 7	108 ± 7	4,0 ± 0,1	508 ± 12
6	54,96787	83,25436	7,1 ± 0,0	3,4 ± 0,1	0,24 ± 0,01	16 ± 1	26 ± 2	159 ± 16	50 ± 4	3,8 ± 0,1	542 ± 29
7	54,422106	83,160257	7,5 ± 0,0	3,0 ± 0, 0	0,19 ± 0,01	23 ± 3	4 ± 0	136 ± 4	74 ± 3	5,4 ± 0,0	344 ± 3

Таблица 2

Суммы положительных температур воздуха и почвы за период вегетации растений кивано в микроделяночном опыте в открытом грунте на юге Западной Сибири (°С·сутки) [2]

№ участка	Сумма температур воздуха			Сумма температур почвы, 0 см			Сумма температур почвы, 10 см		
	Дневные	Ночные	Суточные*	Дневные	Ночные	Суточные	Дневные	Ночные	Суточные
1	1138	649	1664	1316	638	1954	1235	704	1938
2	1331	525	1856	1221	636	1857	1182	683	1866
3	1437	465	1902	1290	616	1906	1171	678	1850
4	1493	561	2054	1295	655	1950	1212	719	1931
5	1399	497	1896	1253	603	1856	1183	692	1875
6	1394	499	1893	1234	642	1876	1178	705	1884
7	1500	502	2001	1241	652	1894	1211	635	1847

Примечание. * Разница между суммой среднесуточных температур и величиной, получаемой суммированием сумм дневных и ночных температур, объясняется выбранным методом оценки.

Таблица 3

Структура урожая различных форм кивано (сырая масса на одно растение) при выращивании в микроделяночных опытах в открытом грунте на юге Западной Сибири

Показатель	Сорт Зеленый дракон	Новозеландская форма	Гибрид F_1
Надземная фитомасса, кг (Н)	1,196 ± 0,245	3,119 ± 1,178	2,003 ± 0,650
Подземная фитомасса, кг (К)	0,017 ± 0,001	0,028 ± 0,004	0,031 ± 0,003
Плоды, кг (П)	0,489 ± 0,217	1,258 ± 0,744	0,702 ± 0,170
Общая фитомасса, кг	1,702 ± 0,432	4,404 ± 1,483	2,727 ± 0,605
Отношение Н/К	70 ± 12	96 ± 23	86 ± 15
Отношение Н/П	4,7 ± 1,4	10,9 ± 3,2	6,4 ± 4,2
Число плодов, шт	11 ± 2	16 ± 8	9 ± 1
Средняя масса плода, г	36,5 ± 9,9	57,6 ± 12,1	75,7 ± 10,6
Максимальная масса плода, г	79,3 ± 18,2	131,9 ± 43,6	137,0 ± 26,3

Полученные данные анализировали методами описательной статистики, дисперсионного анализа и анализа дискриминантных функций с помощью статистического пакета *Statistica 6.1*.

Результаты исследования и их обсуждение

Растения кивано на всех опытных участках развивались хорошо (рисунок), сформировав к концу вегетации мощную надземную фитомассу (табл. 3), особенно растения гибридной и новозеландской форм.

Хотя по продукционным свойствам новозеландская форма кивано лидировала в условиях проведенного опыта, по свойствам собственно товарной продукции (средний и максимальный размер плодов) гибридная форма оказалась впереди (табл. 3). Полученный в нашем опыте урожай плодов форм кивано оказался ниже 3,2 кг/м^2, или 1,7 кг/растение, зарегистрированных за 2006–2009 гг. в ЦСБС СО РАН [3], вероятнее всего, из-за различий в технологии выращивания и формирования растений: в данном опыте растения не пасынковали, чтобы исключить отчуждение надземной фитомассы.

Анализ дисперсии показателей роста и развития растений кивано, результаты которого представлены в табл. 4, выявил достоверное влияние фактора месторасположения участка (включающего, в частности, почвенно-агрохимические свойства и тепловой режим) на развитие надземной, подземной и общей фитомассы, а также и на отношение надземной фитомассы к подземной и к массе плодов. Вклад этого фактора в дисперсию изученных характеристик, испытавших его достоверное влияние, составил в среднем 64%. Вклад фактора формы растения варьировал по всем показателям от 3 до 23%, будучи статистически значимым на уровне 0,05 для подземной фитомассы (табл. 4). Если принять уровень значимости равным $P \leq 0{,}10$, как это все чаще предлагают делать для экологических исследований, то и различия по надземной фитомассе и средней массе плодов кивано тоже будут близки к статистически значимым.

Тот факт, что практически две трети дисперсии изученных показателей роста и развития кивано определяются месторасположением опытных делянок, а не генотипическим различием растений, хорошо согласуется с представлением о кивано как о растении, способном интенсивно расти в разнообразных экосистемах с широким варьированием почвенно-экологических условий и чутко реагирующим на это варьирование даже в пределах тех небольших градиентов, наблюдавшихся в нашем опыте (табл. 1, 2).

По основным продукционным характеристикам растений (продукция надземной и общей фитомассы, плодов), а также по изученным структурным характеристикам фитомассы (отношение надземной к подземной фитомассе, отношение надземной фитомассы к массе плодов) растения кивано гибридной формы находились между родительскими формами (табл. 3).

Соотношение надземной к подземной фитомассе у новозеландской и гибридной формы было в 1,4 и 1,2 раза выше, соответственно, чем у растений сорта Зеленый дракон. Как мы отмечали ранее [2], преимущественное развитие надземной части растений свидетельствует, в частности, о благоприятной почвенно-агрохимической обстановке для роста и развития растений, и в данном случае о лучшем самочувствии растений новозеландской и гибридной формы в конкретно-экологической обстановке опыта. Но это также свидетельствует и о большем выносе питательных элементов из почвы растениями этих форм, что следует компенсировать надлежащей агротехникой (заделыванием фитомассы в почву, компостированием, внесением удобрений и т.п.).

Соотношение надземной фитомассы к массе плодов, характеризующее количество фотосинтезирующей массы на выход единицы товарной продукции, у растений новозеландской и гибридной форм было выше по сравнению с растениями сорта Зеленый дракон в 2,3 и 1,4 раза, соответственно (табл. 3).

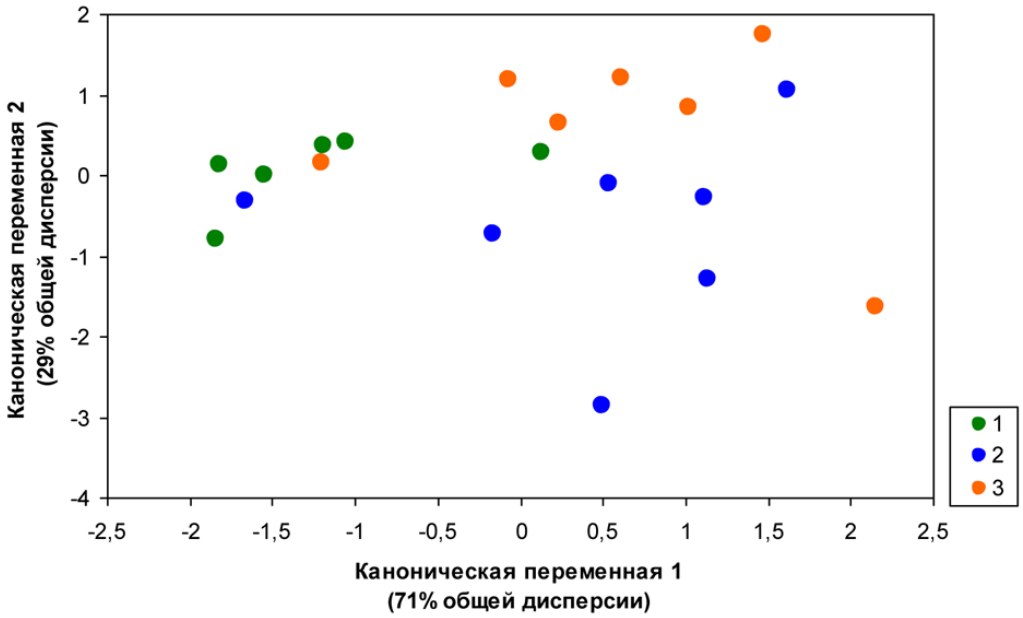
Для того, чтобы определить, какие показатели роста и развития растений кивано лучше отличают изученные формы, мы провели анализ дискриминантных функций по матрице данных с изученными характеристиками фитомассы растений кивано в качестве переменных анализа, и разными формами растений на разных опытных делянках в качестве объектов (наблюдений). В модель дискриминации форм кивано оказались включены средний размер плодов ($p = 0,02$), который делает основной вклад в первую каноническую функцию; отношение надземной фитомассы к их массе ($p = 0,05$) и масса плодов ($p = 0,21$), которая делает основной вклад во вторую каноническую функцию. Расположение форм кивано в плоскости канонических функций представлено на рисунке, где хорошо видно, что растения новозеландской и гибридной форм группируются ближе друг к другу, и, за исключением двух точек, обособленно от растений сорта Зеленый дракон.

Таблица 4

Результаты дисперсионного анализа: вклад и уровень значимости влияния разных факторов (месторасположения опытного участка и формы растения) в изменчивость фитомассы растений кивано

Показатель	Фактор			
	месторасположение опытного участка		форма растения	
	доля	p	доля	p
Надземная фитомасса, кг (Н)	0,67	0,01*	0,11	0,10**
Подземная фитомасса, кг (К)	0,59	0,01	0,19	0,02
Плоды, кг (П)	0,54	0,16	0,07	0,44
Общая фитомасса, кг	0,60	0,03	0,12	0,13
Отношение Н/К	0,65	0,05	0,07	0,36
Отношение Н/П	0,69	0,02	0,07	0,29
Число плодов, шт	0,57	0,15	0,03	0,67
Средняя масса плода, г	0,41	0,21	0,23	0,07
Наибольшая масса плода, г	0,37	0,50	0,07	0,53
Многомерный критерий		0,002		0,08

Примечания. * Жирным шрифтом выделены значения на уровне значимости $P \leq 0,05$. ** Подчеркнуты значения на уровне значимости $P \leq 0,10$.



Расположение различных форм кивано в плоскости канонических функций:
1 – сорт Зеленый дракон (P_1), 2 – новозеландская форма 513 (P_2) и 3 –F_1 гибридная форма (P_1 x P_2)

Неприхотливость кивано делает эту культуру весьма привлекательной для выращивания в условиях открытого грунта. Селекционные усилия в направлении создания новых сортов кивано для выращивания в условиях юга Западной Сибири (и схожих с ними), наряду с учетом раннеспелости и продуктивности, должны быть направлены на селекцию признаков, связанных с органолептическими и биохимическими свойствами плодов, их лежкостью и декоративностью.

Необходимо заметить, что вегетационный сезон 2015 года на юге Западной Сибири был очень теплый, особенно в плане ночных температур, что, очевидно, способствовало росту и плодоношению растений кивано в условиях открытого грунта, особенно новозеландской формы. Ожидаемое потепление климата, особенно в евроазиатской части России, несомненно, будет способствовать распространению этой культуры.

Выводы

Наиболее продукционно-способной в плане биологической продукции в условиях открытого грунта вегетационного сезона 2015 года на юге Западной Сибири оказалась новозеландская форма кивано по сравнению с сортом Зеленый дракон и гибридом между ними. В связи с повышенной по сравнению с другими формами продукцией новозеландская форма выносит больше питательных элементов из почвы, что следует компенсировать надлежащей агротехникой.

Значения средней и максимальной массы плода были более высокие у гибридной формы кивано, что свидетельствует о ее перспективности.

Дискриминантный анализ позволяет хорошо визуализировать расстояние между разными формами растений по совокупности нескольких переменных, будучи полезным для селекционных исследований: так, по совокупности изученных показателей гибридная форма оказалась ближе к новозеландской.

Селекционные усилия в направлении создания новых сортов кивано для выращивания в условиях приусадебных хозяйств в основном должны быть направлены на малорослость растений и лежкость, декоративность и органолептические свойства плодов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта VI.54.1.4. «Биологические и биогеохимические функции почв как компонента наземных экосистем Сибири» (государственная регистрация № 01201350243, ИСГЗ № 0313-2014-0002).

Список литературы

1. Наумова Н.Б., Фотев Ю.В., Бугровская Г.А., Белоусова В.П. Макро- и микроэлементный состав вигны, кивано,

момордики и бенинказы при тепличном выращивании // Овощи России. – 2014. – № 3. – С. 11–17.

2. Наумова Н.Б., Фотев Ю.В., Бугровская Г.А., Владимирова Н.Т., Дроздова С.Б., Макарикова Р.П., Нечаева Т.В., Савенков О.А., Смирнова Н.В., Чумбаев А.С., Белоусова В.П. Рост и продукция кивано в условиях открытого грунта на юге Западной Сибири // Овощи России. – 2016. – № 1. – С. 34–39.

3. Фотев Ю.В., Белоусова В.П. Кивано // В кн.: Интродукция нетрадиционных плодовых, ягодных и овощных растений в Западной Сибири // Отв. ред. И.Ю. Коропачинский, А.Б. Горбунов. – Новосибирск: «Гео», 2013. – С. 208–219.

4. Фотев Ю.В., Кудрявцева Г.А., Белоусова В.П. Интродукция экзотических теплолюбивых овощных растений в Сибири // Овощеводство Сибири. – Новосибирск: Сиб. отд-ние РАСХН, 2009. – С. 176–188.

5. Фотеев Ю.В., Кукушкина Т.А., Кудрявцева Г.А., Белоусова В.П. О биохимической ценности новых овощных культур // Сибирский Вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – № 6. – С. 37–42.

6. Antunes G., Ferreira A.P.S., Puiatti M., Cecon P.G., da Silva G.D.C.C. Produtividade e qualidade de frutos de pepino fricano em resposta à adubação nitrogenada (Yield and quality of horned cucumber in response to nitrogen fertilization) // Rev. Ceres. – 2014. – V. 61(1). – P. 141–146.

7. Bester S.P., Condy G. Cucumis metuliferus E.Mey. ex Naudin // Flowering Plants of Africa. – 2013. – V. 63. – P. 56–64.

8. Dembitsky V.M., Poovarodom S., Leontowicz H., Leontowicz M., Vearasilp S., Trakhtenberg S., Gorinstein S. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites // Food Research International. – 2011. – V. 44, Iss. 7. – P. 1671–1701.

9. Lim, T.K. Edible medicinal and non-medicinal plants. Vol.2, Fruits. Springer, New York. – 2012. – P. 235–238.

10. Medlinger S., Benzioni A., Huyskens S., Ventura M. Fruit development and postharvest physiology of Cucumis metuliferus Mey., a new crop plant // Journal of Horticultural Science. – 1992. – V. 67, Iss. 4. – P. 489–493.