

УДК 634.75:631.526.3:581.192

DOI: 10.36305/0513-1634-2021-140-52-59

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ВКУСОВЫХ КАЧЕСТВ ЯГОД ЗЕМЛЯНИКИ

**Зера Ильмиевна Арифова, Анатолий Владимирович Смыков**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН  
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, Никитский спуск, 52  
E-mail: arifova.zera.sanie@mail.ru

Приведены результаты оценки перспективных 24 сортов и 6 форм земляники садовой по химическому составу (содержанию аскорбиновой кислоты, титруемой кислоте, сахаров, сухих веществ, моносахаров, уровню сахарокислотного коэффициента) и вкусовым качествам плодов для выделения источников высоких вкусовых качеств ягод и с высоким содержанием биологически активных веществ. Выделены семь сортов и форм (Айдарина, Ассоль, Зарина, Эфсане 3-15 Атлантида × Юниол, 12-15 Санрайз × Геркулес, 25-15 Янтарная × Зенга Зенгана) с высокими показателями вкуса плодов; шесть сортов (Айдарина, Ассоль, Атлантида, Багряна, Зарина, Презент) с повышенным содержанием аскорбиновой кислоты (76,1-85,4 мг/100 г); восемь сортов и форм (Багряна, Геркулес, Крымская Ремонтантная, Луиза, Саника, Хоней, 3-15 Атлантида × Юниол, 14-15 Санрайз × Клери) с высокой титруемой кислотностью (1,1-1,2%); пять сортов (Айдарина, Альбион, Багряна, Зарина, Русановка) с оптимальным содержанием общего сахара (7,5-9,8%); четыре сорта (Альбион, Багряна, Крымская Ремонтантная, Юниол) с высоким количеством сухих веществ (10,6-17,3%); семь сортов и форм (Ассоль, Альбион, Зарина, Крымская Ранняя, Русановка, 13-15 Санрайз × Зенга Зенгана, 14-15 Санрайз × Клери, 25-15 Янтарная × Зенга Зенгана) с высоким сахарокислотным индексом (8,0-11,9). Наименьшей вариабельностью (8,2-16,7%) характеризовались такие признаки, как вкус плодов и содержание общего сахара, титруемая кислотность, а наибольшей (18,3-25,0%) – содержание аскорбиновой кислоты, сухих веществ, сахарокислотный индекс. Выявлена наиболее существенная корреляционная связь сахарокислотного коэффициента с биохимическими показателями плодов земляники.

**Ключевые слова:** земляника; сорт; гибридная форма; вкус; химический состав

### Введение

Ценность плодово-ягодной продукции, в том числе земляники, во многом определяется наличием в ней биологически активных веществ, таких как аскорбиновая кислота, фолиевая кислота, пектиновые вещества, микроэлементы, полифенольных веществ (антоцианы, катехины, флавонолы, фенольные кислоты) и другие соединения антиоксидантного комплекса [1, 3]. К показателям, определяющим качество ягод земляники, относятся растворимые сухие вещества, сахара, органические кислоты и витамины.

Весьма важным признаком для определения пригодности сорта являются мякоть ягоды по окраске консистенции, вкусовым качествам и ароматности. Для десертных сортов важно, чтобы в ягодах содержалось большое количество сахара, и вкус был сладко-кислым. Для технической переработки пригодны сорта с кислыми ягодами, если они при этом однородного размера, с плотной мякотью [4, 6]. В связи с этим большое значение имеет селекция по созданию генотипов земляники с высокими вкусовыми достоинствами и высоким содержанием основных биохимических соединений.

Цель исследования – выделение источников высоких вкусовых качеств ягод земляники с высоким содержанием биологически активных веществ.

### Объекты и методы исследования

Материалом для исследований являлись 30 сортов и форм земляники селекции и интродукции Никитского ботанического сада. Изучение химического состава и вкусовых качеств плодов проводилось по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [7] и по методическим рекомендациям ГНБС [5] в течение 2011-2020 гг.

Статистическую обработку данных проводили по «Методике полевого опыта» [2], а также методами кластерного, факторного, корреляционного анализа и множественной регрессии с помощью пакетов программ "Microsoft Excel 2007" и "Statistica 10".

### Результаты и обсуждение

Сорта и формы земляники коллекции Никитского ботанического сада изучали по пяти биохимическим показателям: содержанию аскорбиновой кислоты, титруемой кислоте, сахаров, сухих веществ, моносахаров уровню сахарокислотного коэффициента и вкусовым качествам.

Наибольшие показатели вкуса плодов (4,8-5,0 балла) наблюдали у следующих сортов и форм: Айдарина, Ассоль, Зарина, Эфсане, 3-15 Атлантида × Юниол, 12-15 Санрайз × Геркулес, 25-15 Янтарная × Зенга Зенгана, у контрольного сорта Крымчанка 87 (4,7 балла). Повышенное содержание аскорбиновой кислоты (76,1-85,4 мг/100 г) отмечали у сортов: Айдарина, Ассоль, Атлантида, Багряна, Зарина, Презент, в контроле 83,4 мг/100 г; титруемой кислотности (1,1-1,2%) – у сортов и форм: Багряна. Геркулес, Крымская Ремонтантная, Луиза, Саника, Хоней, 3-15 Атлантида × Юниол, 14-15 Санрайз × Клери; общего сахара (7,5-9,8%) – Айдарина, Альбион, Багряна, Зарина, Русановка, в контроле 6,4%; сухих веществ (10,6-17,3%), – у сортов: Альбион. Багряна, Крымская Ремонтантная, Юниол, в контроле 10,5%; сахарокислотного индекса (8,0-11,9) – у сортов и форм: Ассоль, Альбион, Зарина, Крымская Ранняя, 13-15 Санрайз × Зенга Зенгана, 14-15 Санрайз × Клери, 14-15 Санрайз × Клери, в контроле 6,8%.

Наименьшей вариабельностью (8,2– 16,7%) характеризовались такие признаки, как вкус плодов и содержание общего сахара, титруемая кислотность, а наибольшей (18,3 – 25,0%) – содержание аскорбиновой кислоты, сухих веществ, сахарокислотный индекс (табл. 1).

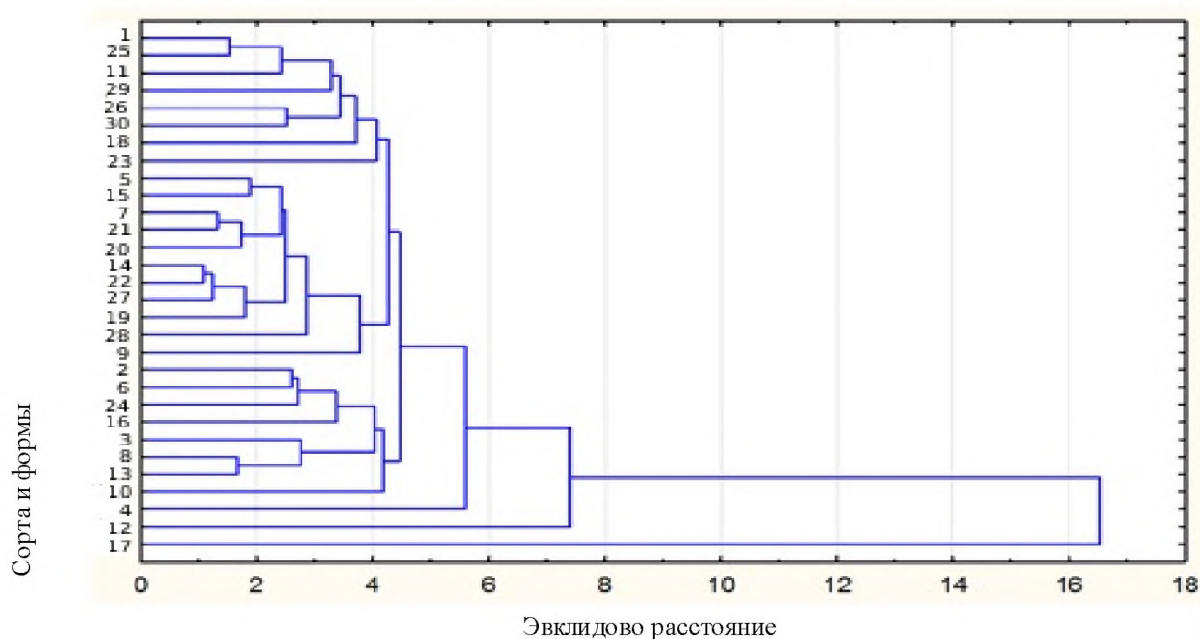
Данная таблица была использована, как матрица, для определения сортовых различий по комплексу биохимических показателей и вкуса ягод методом кластерного анализа. Этим методом выявлена степень сходства между исследуемыми сортами и контрольным сортом на основе эвклидова расстояния. Все сорта объединены в дерево классификации, которое отражено в дендрограмме (рисунок).

По схожести признаков и их величине сорта и формы земляники были объединены в пять кластеров:

1. Аросса, 3-15 Атлантида × Юниол, Крымская Ранняя, 20-15 Хоней × Клери, 12-15 Санрайз × Геркулес, 25-15 Янтарная × Зенга Зенгана, Русановка, Юниол;
2. Аромас, Луиза, Альба, Хоней, Саника;
3. Клери, Эфсане, 13-15 Санрайз × Зенга Зенгана, Санрайз, 14-15 Санрайз × Клери, Геркулес;
4. Айдарина, Атлантида, Янтарная, Презент, Ассоль, Багряна, Крымчанка 87 (к.), Зарина;
5. Альбион, Крымская Ремонтантная, Ред Гонтлет.

Таблица 1 – Показатели химического состава и вкуса ягод земляники, 2011-2020 годах

№ п/п	Сорт	Вкус, балл	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Титруемая кислотность, %	Общий сахар, %	Растворимые сухие вещества, %	СКИ
1	Аросса	4,0	70,2	1,0	6,5	9,0	6,8
2	Айдарина	5,0	77,6	1,0	7,5	10,2	7,6
3	Ассоль	4,8	85,4	0,8	6,4	9,0	8,0
4	Альбион	4,0	65,7	0,8	9,8	12,3	11,9
5	Аромас	3,9	56,2	0,9	4,8	9,4	5,3
6	Атлантида	4,4	76,1	1,0	6,6	8,5	6,9
7	Альба	4,0	59,0	1,0	5,9	7,7	5,8
8	Багряна	4,0	84,0	1,2	7,5	10,6	6,0
9	Геркулес	4,5	50,2	1,1	5,6	9,0	5,3
10	Зарина	4,8	79,9	0,8	8,7	8,7	10,5
11	Крымская Ранняя	4,5	69,3	0,9	7,4	9,9	8,6
12	Крымская Ремонтантная	4,6	66,3	1,1	5,9	17,3	5,2
13	Крымчанка 87 (к.)	4,7	83,4	0,9	6,4	10,5	6,8
14	Клери	4,5	53,2	0,8	6,1	8,5	7,6
15	Луиза	3,9	55,2	1,2	6,0	8,4	5,2
16	Презент	4,0	79,9	0,8	5,9	8,7	7,1
17	Ред Гонтлет	3,8	33,7	1,2	5,5	8,3	4,7
18	Русановка	4,6	69,6	0,7	7,5	7,1	11,0
19	Санрайз	4,1	53,5	0,8	4,9	7,9	6,5
20	Саника	4,7	58,5	1,1	6,9	9,0	6,4
21	Хоней	4,0	58,3	1,1	5,8	8,7	5,3
22	Эфеане	4,9	53,7	0,9	6,9	8,8	7,7
23	Юниол	4,5	61,7	0,9	6,2	11,7	6,7
24	Янтарная	4,5	74,2	1,0	5,9	7,7	5,3
25	3-15 Атлантида × Юниол	4,8	70,6	1,2	7,2	9,8	6,2
26	12-15 Санрайз × Геркулес	4,9	65,0	1,0	7,4	9,9	7,6
27	13-15 Санрайз × Зенга Зенгана	4,5	54,1	0,7	6,3	8,9	8,6
28	14-15 Санрайз × Клери	4,3	58,4	1,1	6,3	7,3	8,6
29	20-15 Хоней × Клери	4,5	67,3	0,8	5,9	7,9	7,8
30	25-15 Янтарная × Зенга Зенгана	4,9	63,4	0,8	6,8	8,3	8,5
Хер.		4,4±0,07	65,1±2,2	0,9±0,03	6,6±0,19	9,3±0,35	7,2±0,32
V,%		8,2	18,3	16,7	15,2	20,4	25,0



**Рисунок. Распределение сортов и форм земляники по химическому составу и вкусу плодов:**  
 1. Аросса; 2. Айдарина; 3. Ассоль; 4. Альбион; 5. Аромас; 6. Атлантида; 7. Альба; 8. Багряна; 9. Геркулес; 10. Зарина; 11. Крымская Ранняя; 12. Крымская Ремонтантная; 13. Крымчанка 87 (к.); 14. Клери; 15. Луиза; 16. Презент; 17. Ред Гонтлет; 18. Русановка; 19. Санрайз; 20. Саника; 21. Хоней; 22. Эфсане; 23. Юниол; 24. Янтарная; 25. 3-15 Атлантида × Юниол; 26. 12-15 Санрайз × Геркулес; 27. 13-15 Санрайз × Зенга Зенгана; 28. 14-15 Санрайз × Клери; 29. 20-15 Хоней × Клери; 30. 25-15 Янтарная × Зенга Зенгана.

По комплексу признаков наиболее близкими к контрольному сорту Крымчанка 87 (1,7 ед. эвклидова расстояния) было отмечено пять сортов и форм: Багряна (1,6 ед.), Санрайз (1,8 ед.), Саника (1,7 ед.), Луиза (2,0 ед.) и Аромас (2,0 ед.). По эвклидову расстоянию от контроля и других сортов значительно отличались сорта: Крымская Ремонтантная (7,4 ед.), у которого наблюдали очень высокое содержание сухих веществ в ягодах и – Ред Гонтлет (16,5 ед.) с низкими показателями вкуса ягод, содержания в них аскорбиновой кислоты, сахарокислотного индекса.

Для определения наиболее важных факторов, влияющих на группировку сортов в кластеры, был применен факторный анализ с использованием метода главных компонент, а в качестве метода вращения факторов – Varimax. После его применения исследуемые показатели трансформировались до двух факторов с нагрузками более 0,7 (табл. 2).

Первый фактор включал следующие значимые признаки: содержание титруемых кислот и сахарокислотный индекс (факторный вес составил -0,81 – 0,93); второй фактор – содержание сухих вещества (0,78). Доля влияния первого фактора в общей дисперсии составляла 38,7%, второго фактора – 25,8%.

Следует отметить, что показатель второго фактора – сахарокислотный коэффициент является самым важным из всех остальных, так как обуславливает 25,8% в общей доле дисперсии.

Определение корреляционной взаимосвязи вкусовых качеств и химического состава плодов у сортов и форм земляники показало, что существенные коэффициенты корреляции ( $r = 0,42-0,74$ ) наблюдали между содержанием аскорбиновой кислоты и общего сахара, количеством титруемых кислот и сахарокислотным индексом, содержанием общего сахара и сахарокислотным индексом (табл. 3).



**Факторный анализ элементов биохимического анализа и вкуса плодов земляники (n=30, p<0.05)**

[illegible]

Примечание: 1 – вкус плодов, 2 – аскорбиновая кислота, 3 – титруемые кислоты, 4 – общий сахар, 5 – сухое вещество, 6 – сахарокислотный индекс

**Корреляционная взаимосвязь вкусовых качеств и химического состава плодов у сортов и форм земляники**

Переменная	Средние	Ст.откл.	Пер1	Пер2	Пер3	Пер4	Пер5	Пер6
Пер1	4,42000	0,36332	1,000000	0,327183	-0,246520	0,336919	0,115845	0,330028
Пер2	65,12000	11,89290	0,327183	1,000000	-0,190373	0,424786	0,173455	0,290047
Пер3	0,95333	0,15477	-0,246520	-0,190373	1,000000	-0,160753	0,171265	-0,678617
Пер4	6,55000	1,03948	0,336919	0,424786	-0,160753	1,000000	0,203829	0,748756
Пер5	9,30000	1,92533	0,115845	0,173455	0,171265	0,203829	1,000000	-0,081727
Пер6	7,18333	1,77727	0,330028	0,290047	-0,678617	0,748756	-0,081727	1,000000

1 – липиды, 2 – белки, 3 – углеводы, 4 – минералы, 5 – витамины, 6 – сухое вещество, 7 – сахарокислотный индекс

Таким образом, выявлена наиболее существенная корреляционная связь сахарокислотного коэффициента с биохимическими показателями плодов земляники.

В исследовании был включен множественный регрессионный анализ, показывающий взаимосвязь сахарокислотного коэффициента (Y) со вкусом и химическим составом ягод земляники ( $X_1 - X_5$ ) (табл. 4).

Таблица 4

Взаимосвязь сахарокислотного коэффициента с химическим составом и вкусом плодов земляники

Итоги регрессии для зависимой переменной: Пер6 (Таблица данных1)							
R= ,95103919 R2= ,90447555 Скоррект. R2= ,88457462							
F(5,24)=45,449 p<,00000 Станд. ошибка оценки: ,60381							
N=30	БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	В	Ст.Ош. В	t(24)	p-знач.	
Св.член			7,34399	1,779209	4,12767	0,000381	
Пер1	-0,006758	0,070013	-0,03306	0,342487	-0,09652	0,923910	
Пер2	-0,104434	0,072181	-0,01561	0,010787	-1,44685	0,160875	
Пер3	-0,563448	0,067575	-6,47020	0,775973	-8,33817	0,000000	
Пер4	0,728211	0,072528	1,24507	0,124006	10,04039	0,000000	
Пер5	-0,114761	0,066694	-0,10594	0,061565	-1,72071	0,098173	

Пер6 – сахарокислотный коэффициент; Пер1 – вкус плодов; Пер2 – аскорбиновая кислота; Пер3 – титруемая кислотность; Пер4 – общий сахар; Пер5 – сухие вещества

В соответствии с таблицей уравнение множественной регрессии имеет следующий вид:  $Y = 7,34 - 0,03X_1 - 0,02X_2 - 6,47X_3 + 1,25X_4 - 0,11X_5$ .

где Y – сахарокислотный коэффициент,  $X_1$  – вкус плодов,  $X_2$  – аскорбиновая кислота,  $X_3$  – титруемая кислотность,  $X_4$  – общий сахар,  $X_5$  – сухие вещества.

Наиболее существенные коэффициенты регрессии (b) наблюдали у признаков: содержание титруемых кислот  $X_3$  (– 6,47) и сумма сахаров  $X_4$  (1,25). Коэффициент множественной регрессии составил  $R = 0,95$ , а коэффициент множественной детерминации  $R^2 = 0,90$ , который обозначает долю изменчивости сахарокислотного коэффициента (Y) от воздействия факторов  $X_1 - X_5$ . В процентном выражении  $0,90 \times 100\% = 90\%$  означает, что изменчивость (вариабельность) Y на 90% обусловлена воздействием факторов  $X_1 - X_5$ .

### Выводы

Сорта и формы земляники коллекции Никитского ботанического сада изучали по пяти биохимическим показателям: содержанию аскорбиновой кислоты, титруемой кислоте, сахаров, сухих веществ, моносахаров уровню сахарокислотного коэффициента и вкусовым качествам. Наибольшие показатели вкуса плодов (4,8-5,0 балла) наблюдали у семи сортов и форм. Повышенное содержание аскорбиновой кислоты (76,1-85,4 мг/100 г) отмечали у шести сортов, титруемой кислотности (1,1-1,2%) – у восьми сортов и форм, общего сахара (7,5-9,8%) – у пяти сортов, сухих веществ (10,6-17,3%), – у четырех сортов, высокий сахарокислотного индекса (8,0-11,9) – отмечали у семи сортов и форм. Наименьшей вариабельностью (8,2-16,7%) характеризовались такие признаки, как вкус плодов и содержание общего сахара, титруемая кислотность, а

наибольшей (18,3-25,0%) – содержание аскорбиновой кислоты, сухих веществ, сахарокислотный индекс.

В результате кластерного анализа по химическому составу и вкусовым качествам сорта и формы земляники были объединены в пять групп: 1. Аросса, 3-15 Атлантида × Юниол, Крымская Ранняя, 20-15 Хоней × Клери, 12-15 Санрайз × Геркулес, 25-15 Янтарная × Зенга Зенгана, Русановка, Юниол; 2. Аромас, Луиза, Альба, Хоней, Саника; 3. Клери, Эфсане, 13-15 Санрайз × Зенга Зенгана, Санрайз, 14-15 Санрайз × Клери, Геркулес; 4. Айдарина, Атлантида, Янтарная, Презент, Ассоль, Багряна, Крымчанка 87 (к.), Зарина; 5. Альбион, Крымская Ремонтантная, Ред Гонтлет.

По комплексу признаков наиболее близкими к контрольному сорту Крымчанка 87 (1,7 ед. эвклидова расстояния) было отмечено пять сортов и форм: Багряна (1,6 ед.), Санрайз (1,8 ед.), Саника (1,7 ед.), Луиза (2,0 ед.) и Аромас (2,0 ед.). По эвклидову расстоянию от контроля и других сортов значительно отличались сорта Крымская Ремонтантная (7,4 ед.), у которого наблюдали очень высокое содержание сухих веществ в ягодах и – Ред Гонтлет (16,5 ед.) с низкими показателями вкуса ягод, содержания в них аскорбиновой кислоты, сахарокислотного индекса.

Проведенный факторный анализ показал, что первый фактор включал следующие значимые признаки: содержание титруемых кислот и сахарокислотный индекс (факторный вес составил -0,81-0,93); второй фактор – содержание сухих вещества (0,78). Доля влияния первого фактора в общей дисперсии составляла 38,7%, второго фактора – 25,8%. Следует отметить, что показатель второго фактора – сахарокислотный коэффициент является самым важным из всех остальных, так как обуславливает 25,8% в общей доле дисперсии.

Определение корреляционной взаимосвязи вкусовых качеств и химического состава плодов у сортов и форм земляники показало, что существенные коэффициенты корреляции ( $r = 0,42-0,74$ ) наблюдали между содержанием аскорбиновой кислоты и общего сахара, количеством титруемых кислот и сахарокислотным индексом, содержанием общего сахара и сахарокислотным индексом.

В результате множественного регрессионного анализа составлено уравнение множественной регрессии. Наиболее существенные коэффициенты регрессии ( $b$ ) наблюдали у признаков: содержание титруемых кислот  $X_3$  (-6,47) и сумма сахаров  $X_4$  (1,25). Коэффициент множественной регрессии составил  $R = 0,95$ , а коэффициент множественной детерминации  $R^2 = 0,90$ , который обозначает долю изменчивости сахарокислотного коэффициента ( $Y$ ) от воздействия факторов  $X_1 - X_5$ . В процентном выражении  $0,90 \times 100\% = 90\%$  означает, что изменчивость (вариабельность)  $Y$  на 90% обусловлена воздействием факторов  $X_1 - X_5$ .

### Список литературы

1. Вигоров Л.И. Биоактивные вещества ягод земляники // Культура земляники в СССР. – М.: Колос, 1972. – С. 11-17.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Дука С.Х. Биология и селекция садовой крупноплодной земляники. – Киев, 1959. – 129 с.
4. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., Лыжнин А.С. Возможности селекционного улучшения параметров биохимического состава плодов земляники // Генетические основы селекции сельскохозяйственных культур: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Н.И. Савельева. – Мичуринск-наукоград РФ; Воронеж: Кварта, 2017. – С. 111-119.



5. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

6. Причко Т.Г., Германова М.Г. Сравнительная оценка биохимического состава ягод земляники в условиях Юга России // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2010. – № 2(1). – С. 109-115. – [Электронный ресурс] – URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/10/01/13.pdf>

7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / науч. ред. Е.Н. Седов. – Орел, 1995. – 499 с.

*Статья поступила в редакцию 03.06.2021 г.*

**Arifova Z.I., Smykov A.V. The relationship between the chemical composition and taste of strawberries** // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2021. – № 140. – P. 52-59

The results of the evaluation of promising 24 cultivars and 6 forms of garden strawberries by their chemical composition (contents of ascorbic acid, titrated acid, sugars, dry substances, monosaccharides, the level of the sugar-acid coefficient) and the taste qualities of the fruits are presented to identify sources of high taste qualities and high content of biologically active substances. Seven cultivars and forms (Aidarina, Assol, Zarina, Efsane 3-15 Atlantida × Uniol, 12-15 Sunrise × Hercules, 25-15 Jantamaja × Zenga Zengana) with a high fruit flavor (4.8-5.0 points); six cultivars (Aidarina, Assol, Atlantida, Bagryana, Zarina, Present) with an increased content of ascorbic acid (76.1-85.4 mg/100 g); eight cultivars and forms (Bagryana, Hercules, Krymskaya Remontantnaya, Luiza, Sanika, Honey, 3-15 Atlantida × Uniol, 14-15 Sunrise × Clery) with high titratable acidity (1.1-1.2%); five cultivars (Aidarina, Albion, Bagryana, Zarina, Rusanovka) with optimal total sugar content (7.5-9.8%); four cultivars (Albion, Bagryana, Krymskaya Remontantnaya, Uniol) with a high amount of dry matter (10.6-17.3 %); seven cultivars and forms (Assol, Albion, Zarina, Krymskaya Rannaya, Rusanovka, 13-15 Sunrise × Zenga Zengana, 14-15 Sunrise × Clery, 25-15 Jantamaja × Zenga Zengana) with a high sugar-acid index (8.0-11.9). The lowest variability (8.2-16.7%) was characterized by such signs as the taste of fruits and the content of total sugar, titrated acidity, and the highest (18.3-25.0%) – the content of ascorbic acid, solids, and the sugar-acid index. The most significant correlation between the sugar-acid coefficient and the biochemical parameters of strawberry fruits was revealed.

**Key words:** *strawberry; cultivar; hybrid form; taste; chemical composition*