

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЯГОД СОРТОВ И ОТБОРНЫХ ФОРМ  
ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ ФНЦ САДОВОДСТВА\***

Н. В. АНДРОНОВА

ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства»,  
ул. Загорьевская, 4, г. Москва, 115598, Россия,  
e-mail: vstisp@vstisp.org

**АННОТАЦИЯ**

Цель исследований – выявление зависимостей между содержанием различных макро- и микроэлементов в плодах генотипов земляники и выделение наиболее ценных образцов для дальнейшей селекции. Объектами изучения служили плоды 14 сортов, 3 отборных форм земляники садовой и 1 сорта земклуники, созданных в ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Содержание основных 12 элементов золы – Mg, P, S, K, Mn, Co, Fe, Ca, Zn, Ni, Cu и Mo – определяли методом энергодисперсионной спектроскопии (EDS) на аналитическом растровом электронном микроскопе JEOL JSM 6090 LA. Установлен убывающий ряд их накопления:  $K > P > Mg > Ca > Mn > S > Cu > Ni > Zn > Mo > Fe > Co$ . Содержание K в плодах варьирует в пределах от 5,96 (Кокинская Заря) до 25,57 мас.% (Барыня). Высоким накоплением K выделяются сорта Берегиня (21,29 мас.%) и Барыня (25,57 мас.%). По содержанию фосфора выделились сорта Кокинская Заря, Альфа, Витязь, Барыня, Берегиня (4,17–5,64 мас.%), что значительно превышает среднее значение показателя (3,16 мас.%). Содержание Mg в ягодах земляники колебалось в пределах от 1,76 (3-366-9) до 3,07 мас.% (Студенческая). По накоплению кальция выделился сорт Барыня (2,82 мас.%). По результатам корреляционного анализа выявлены связи между зольными элементами. Высокая положительная корреляция установлена между содержанием в плодах  $S - Mg$  ( $r = 0,71$ ),  $Mo - K$  ( $r = 0,84$ ). Зависимость между молибденом и калием показывает, что накопление молибдена на 71 % ( $R^2 = 0,7097$ ) зависит от накопления калия. Сорт Барыня может быть источником повышенного содержания калия, кальция; сорт Студенческая – магния, железа, цинка; Любава – серы, меди; Берегиня – фосфора.

*Ключевые слова:* земляника садовая, сорт, отборная форма, макроэлементы, микроэлементы, энергодисперсионная спектроскопия, корреляция.

**ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время популярным становится переход на правильное питание с целью ведения здорового образа жизни. Во многом это объясняется воздействием неблагоприятных факторов производства, приводящих к ухудшению условий внешней среды, нервно-эмоциональным напряжением и недавними событиями, связанными с коронавирусной инфекцией.

Ягоды являются неотъемлемой частью здорового питания. Они содержат уникальную гамму натуральных физиологически активных компонентов: антиоксидантов, пектиновых веществ, макро-, микро- и ультрамикроэлементов, витаминов, полифенолов, активных ферментов, органических кислот, пищевых волокон и других биологически активных веществ [1–3]. Благодаря природным компонентам ягоды улучшают пищеварение, сердечно-сосудистую деятельность, нервно-эмоциональное состояние человека, используются для профилактики многих заболеваний [4–6].

По мере распространения среди населения знаний о рациональном питании и лечебно-профилактических свойствах плодов и ягод растет и спрос на них, в том числе на землянику. В плодах земляники содержится 6–10 % сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза), 0,4–1,8 % органических кислот (яблочная, лимонная, бензойная, янтарная, винная), до 1,6 % пектиновых веществ, 2,0–2,4 % клетчатки, 250–750 мг/100 г Р-активных веществ, до 120 мг/100 г аскорбиновой кислоты. Земляника является источником ряда других витаминов: каротина (провитамина А) – 40 мкг/100 г, филлохинона ( $K_1$ ) – 20 мкг/100 г, тиамина ( $B_1$ ) – 0,024 мг/100 г, рибофлавина ( $B_2$ ) –

\* Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства FGUW-2022-0008 «Изучение генетических ресурсов растений инновационными методами аналитической биохимии и физиологии для ускорения селекционного процесса при создании адаптивных форм, гибридов и сортов садовых культур».

0,022 мг/100 г, пиридоксина (В<sub>6</sub>) – 0,047 мг/100 г, фолиевой кислоты (В<sub>9</sub>) – 0,24 мкг/100 г, ниацина – 0,386 мг/100 г, биотина – 1,1 мкг/100 г, пантотеновой кислоты – 0,125 мкг/100 г [7, 8].

Кроме наличия разнообразных витаминов и других биологических активных веществ, плоды земляники содержат макроэлементы (натрий, калий, кальций, магний, фосфор и др.) и микроэлементы (цинк, железо, медь, марганец и др.). Минеральные вещества ягод являются потенциально необходимыми компонентами для здоровья человека, так как они находятся в легкоусвояемых формах, укрепляют иммунитет, способствуют кроветворению, правильному развитию и росту костной ткани, обеспечивают оптимальную работу нервной системы. От них зависит качественный процесс обмена веществ, синтезирование ферментов, гормонов и витаминов в организме, баланс щелочи и кислот. По содержанию кальция и магния земляника превосходит многие плоды, а по количеству железа занимает одно из ведущих мест среди плодовых и ягодных культур [9, 10].

В настоящее время потребители не только интересуются вкусовыми качествами плодов земляники, но и обращают внимание на полезные соединения в ее составе. Поэтому важно не только создавать сорта земляники, адаптированные к условиям выращивания, но и делать акцент на увеличение биохимических показателей в плодах [11, 12].

Целью исследований было выявление зависимостей между содержанием различных макро- и микроэлементов в плодах сортов и отборных форм земляники садовой селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства и выделение наиболее ценных образцов для дальнейшей селекции.

### ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Биохимические исследования проводили в 2022–2023 гг. в лаборатории аналитической биохимии и физиологии сельскохозяйственных растений ФГБНУ ФНЦ Садоводства. В качестве объектов использованы плоды 14 сортов, 3 отборных форм земляники садовой и 1 сорта земклуники, созданных в ФГБНУ ФНЦ Садоводства (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Сорт, отбор	Срок созревания	Происхождение
Альфа	Поздний	Сюрприз Олимпиаде × Фестивальная Ромашка
Барыня	Средний	2-506-1 × Царица
Берегиня	Поздний	Соловушка × Induka
Восторг	Средний	Берегиня × Darselect
Витязь	Средний	Сюрприз Олимпиаде × Фестивальная Ромашка
Кокинская Заря	Ранний	Славутич × 157-7
Купчиха	Средний	263-88 (сеянец Рапорта × Фестивальная Ромашка) свободное опыление
Любава	Ранний	Соловушка × Женева
Наше Подмосковье	Средний	Marmolada свободное опыление
Росинка	Ранний	(Кокинская Ранняя × Сюрприз Олимпиаде) × Витязь
Русич	Поздний	Фестивальная Ромашка × Сюрприз Олимпиаде
Славутич	Средний	Фестивальная Ромашка × Сюрприз Олимпиаде
Соловушка	Средний	Сюрприз Олимпиаде × Фестивальная Ромашка
Студенческая	Средний	263-88 свободное опыление
Царица	Среднепоздний	Venta × Redgauntlet
3-366-9	Поздний	2-506-1 × Царица
3-686-2	Средний	3-5-1 × Любава
3-454-4	Поздний	Альфа × Darselect

Репрезентативную пробу зрелых ягод средней массой 200 г сушили в сушильном шкафу при температуре 50–60 °С. Высушенные образцы минерализовали в муфельной печи Naberterm (Германия) при температуре 450 °С в соответствии с ГОСТ 26929-94. Полученную золу диспергировали ультразвуком при частоте 18 кГц в течение 15 мин. Равномерный слой диспергата наносили на предметный столик, покрытый углеродным скотчем.

Содержание основных 12 элементов золы – Mg, P, S, K, Mn, Co, Fe, Ca, Zn, Ni, Cu и Mo – определяли методом энергодисперсионной спектроскопии (EDS) на аналитическом растровом электронном микроскопе JEOL JSM 6090 LA в соответствии с методикой [13]. Рабочее расстояние при проведении элементного анализа составляло 10 мм, ускоряющее напряжение – 20 кВ (изображение вторичных электронов). Данные энергодисперсионного микроанализа были представлены в соответствии со стандартными протоколами и включали изображения микроструктур исследуемого образца, таблицу массовых данных и спектральные линии диагностируемых элементов. Пример отчета анализа показан на рис. 1, где обозначения mass% – массовая часть элемента (мас.%); keV – энергия рентгеновского излучения K-уровня; Error% – ошибка определения, регистрируемая прибором.

Результаты были выражены в виде средних значений ( $n = 6$ ) стандартного отклонения (SD). Использовали статистический анализ пакета Excel (Microsoft Excel, v. 2016).

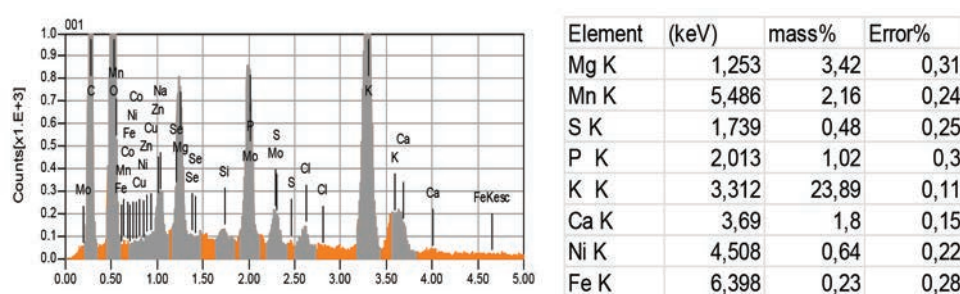


Рис. 1. Результаты представления ЭДС-анализа: область сканирования, спектральные линии диагностируемых элементов и таблица результатов

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Минеральная часть плодов земляники представлена 12 основными элементами – Mg, P, S, K, Mn, Co, Fe, Ca, Zn, Ni, Cu и Mo. Наибольшую долю зольного остатка в ягодах земляники составляет калий (K). Калий является одним из самых главных элементов в регуляции белкового и углеродного обмена. Он необходим для передачи нервных импульсов и активизирует работу гормонов в организме человека [14].

В зависимости от генотипа содержание этого элемента варьировало в пределах от 5,96 до 25,57 мас.%. Высоким его уровнем накопления выделяются сорта Берегиня (21,29 мас.%) и Барыня (25,57 мас.%). Наименьшее содержание калия отмечено у раннего сорта Кокинская Заря (5,96 мас.%) (табл. 2).

Таблица 2. Содержание макроэлементов в ягодах земляники (среднее за 2022–2023 гг.), мас.%

Сорт, отборная форма	K	Mg	P	S	Ca	Сумма
Альфа	16,15	2,62	4,63	0,41	2,03	25,84
Барыня	25,57	1,95	4,81	0,36	2,82	35,51
Берегиня	21,29	2,76	5,64	0,31	1,44	31,44
Восторг	12,09	2,01	3,88	0,27	2,10	20,35
Витязь	19,32	2,61	4,63	0,41	2,03	29,00
Кокинская Заря	5,96	2,01	4,17	0,18	1,18	13,50
Купчиха	7,80	2,21	2,89	0,36	0,98	14,24
Любава	11,72	2,59	2,59	0,65	0,91	18,46
Наше Подмосковье	18,57	2,28	2,28	0,25	1,79	25,17
Росинка	13,02	3,03	3,02	0,61	1,63	21,31
Русич	13,13	2,27	2,27	0,33	1,62	19,62
Славутич	13,82	2,44	2,44	0,44	1,99	21,13
Соловушка	9,58	2,23	2,28	0,44	1,99	16,52
Студенческая	13,31	3,07	3,07	0,53	1,42	21,40

Сорт, отборная форма	K	Mg	P	S	Ca	Сумма
Царица	14,93	2,16	2,16	0,40	1,04	20,69
3-366-9	7,14	1,76	1,76	0,25	1,51	12,42
3-686-2	13,17	2,36	2,37	0,55	1,87	20,32
3-454-4	8,67	1,97	1,97	0,15	1,52	14,28
НСП <sub>05</sub>	3,325	1,051	0,943	0,087	0,741	—

Минимальное количество фосфора накапливалось в плодах отборов 3-366-9 (1,76 мас.%) и 3-454-4 (1,97 мас.%). Этот макроэлемент играет большую роль в организме человека, входит в состав зубов и скелета, принимает участие в обмене веществ, передаче нервных импульсов, обеспечивает нормальную работу сердца и почек [15]. По содержанию фосфора выделились сорта Кокинская Заря, Альфа, Витязь, Барыня, Берегиня (4,17–5,64 мас.%), что значительно превышает среднее значение показателя (3,16 мас.%).

Содержание Mg колебалось в незначительных пределах – от 1,76 (3-366-9) до 3,07 мас.% (Студенческая). Магний не менее важен для человека, так как поддерживает стабильность сердечного ритма, обеспечивает крепость костей, стимулирует нормальное кровяное давление, участвует в синтезе белков для использования их организмом. Он необходим для метаболизма кальция и витамина С, а также фосфора, натрия и калия [16].

По накоплению кальция выделился сорт Барыня (2,82 мас.%). Наименьшее количество этого макроэлемента обнаружено в плодах сортов Купчиха (0,98 мас.%) и Любава (0,91 мас.%). Кальций регулирует проницаемость клеточных мембран, а также инициирует ответы клеток на различные внешние воздействия [16]. Важным структурным макроэлементом является сера, ее содержание в плодах земляники исследуемых генотипов составляет от 0,15 (отбор 3-454-4) до 0,65 мас.% (Любава).

В плодах земляники обнаружено 7 микроэлементов: марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, молибден. Наибольшее количество Mn накапливалось в плодах сорта Барыня (0,21 мас.%). В плодах сорта Росинка и отбора 3-454-4 выявлены лишь следы (табл. 3).

Таблица 3. Содержание микроэлементов в ягодах земляники (среднее за 2022–2023 гг.), мас.%

Сорт, отборная форма	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Mo	Mn	Сумма
Альфа	0,15	0,13	0,42	0,11	0,14	1,17	0,09	2,21
Барыня	следы	0,09	0,44	0,04	0,12	3,45	0,21	4,35
Берегиня	0,16	0,09	0,51	0,11	0,11	3,16	0,16	4,30
Восторг	0,18	0,03	0,46	0,02	0,10	1,24	0,11	2,14
Витязь	0,19	0,13	0,52	следы	0,14	2,34	0,09	3,41
Кокинская Заря	0,15	0,19	0,26	0,42	0,16	0,94	0,15	2,27
Купчиха	0,08	0,09	0,06	следы	0,21	0,53	0,10	1,07
Любава	0,09	0,32	0,11	0,91	0,11	1,03	0,15	2,72
Наше Подмосковье	0,10	0,05	0,42	0,02	0,06	2,59	0,10	3,34
Росинка	0,09	0,10	0,13	0,83	0,4	1,32	следы	2,87
Русич	0,15	0,13	0,42	0,11	0,14	1,75	0,11	2,81
Славутич	0,07	0,20	0,44	следы	0,17	2,49	0,14	3,51
Соловушка	0,07	0,11	0,21	0,36	0,65	0,53	0,08	2,01
Студенческая	0,26	0,20	0,12	0,49	0,50	1,67	0,14	3,38
Царица	0,21	0,04	0,57	0,15	0,20	2,12	0,03	3,32
3-366-9	0,11	0,10	следы	0,38	0,21	1,55	0,06	2,41
3-686-2	0,21	0,73	0,34	0,33	0,34	0,89	0,16	3,00
3-454-4	0,04	0,19	0,11	0,49	0,17	1,10	следы	2,10
НСП <sub>05</sub>	0,051	0,105	0,073	0,033	0,061	0,404	0,026	—

Железо является незаменимым компонентом крови, обеспечивает транспорт крови к тканям и органам и участвует в процессе окислительного метаболизма [16]. Высоким содержанием (более 0,20 мас.%) Fe выделяются сорта Студенческая, Царица и отбор 3-686-2, низким (0,04 мас.%) – отбор 3-454-4. Для сорта Барыня характерны только следы этого элемента.

Различия в содержании кобальта в плодах земляники более выражены, чем железа. Максимальное его количество отмечено в плодах отбора 3-686-2 (0,73 мас.%), а минимальное – сорта Восторг (0,03 мас.%).

Никель – незаменимый участник обмена веществ в организме человека, однако в высоком содержании рассматривается как наиболее динамичный, опасный контаминант окружающей среды. Его концентрации в биосфере и, следовательно, в пищевых продуктах растут в результате антропогенной деятельности чрезвычайными темпами. Допустимым (безопасным) уровнем суточного поступления никеля для взрослого здорового человека считается 1 мг [15]. В наших исследованиях содержание этого элемента варьировало от 0,06 мас.% у сорта Купчиха до 0,57 мас.% у сорта Царица. В плодах отбора 3-366-9 обнаружены только следы никеля.

По накоплению меди выделился сорт Любава (0,91 мас.%). Для сортов Витязь, Славутич и Купчиха характерны только следы этого элемента. Отмечено низкое содержание таких важных функциональных микроэлементов, как марганец и цинк. Наибольшее содержание цинка обнаружено в плодах сортов среднего срока созревания Студенческая (0,50 мас.%) и Соловушка (0,65 мас.%). По содержанию марганца выделился сорт Барыня (0,21 мас.%). В плодах сорта Росинка и отбора 3-454-4 выявлены лишь следы.

Высоким накоплением молибдена (2,49–3,45 мас.%) в плодах отличались сорта Славутич, Наше Подмосковье, Барыня, Берегиня, а низким (менее 1 мас.%) – сорта Кокинская Заря, Купчиха, Соловушка и отбор 3-686-2.

Среднее суммарное содержание зольных элементов в ягодах земляники составило 23,29 мас.%. Выше средних значений макро- и микроэлементов накапливается в ягодах сортов Барыня, Берегиня, Витязь, Наше Подмосковье. По результатам корреляционного анализа выявлены связи между зольными элементами (табл. 4).

Таблица 4. Корреляционная матрица накопления 12 элементов в золе плодов земляники

	K	Mg	P	S	Ca	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Mo
Mg	0,28										
P	0,57	0,26									
S	0,21	0,71	–0,03								
Ca	0,57	–0,13	0,33	0,15							
Fe	–0,02	0,38	0,12	0,28	–0,26						
Co	–0,15	0,13	–0,21	0,36	–0,04	0,23					
Ni	0,69	0,02	0,46	0,01	0,42	0,28	–0,15				
Cu	–0,42	0,31	–0,30	0,27	–0,43	–0,07	0,32	–0,66			
Zn	–0,31	0,31	–0,30	0,61	0,00	0,13	0,20	–0,42	0,39		
Mo	0,84	0,08	0,42	–0,06	0,41	–0,08	–0,31	0,61	–0,45	–0,44	
Mn	0,40	0,02	0,46	0,03	0,27	0,05	0,32	0,27	–0,25	–0,20	0,35

Высокая положительная корреляция установлена между содержанием в плодах S – Mg ( $r = 0,71$ ), Mo – K ( $r = 0,84$ ). Зависимость между молибденом и калием показывает, что накопление молибдена на 71 % ( $R^2 = 0,7097$ ) зависит от накопления калия (рис. 2).

Средняя связь ( $r = 0,31$ – $0,69$ ) прослеживается между элементами Ca – P, Fe – Mg, Co – S, Cu – Mg, Cu – Co, Mn – Co, Mn – Mo, P – K, Ca – K, Ni – K, Ni – Ca, Ni – P, Zn – S, Zn – Cu, Mo – P, Mo – Ca, Mo – Ni, Mn – K, Mn – P. Отсутствует связь между цинком и кальцием. Отрицательная корреляция отмечена между элементами Cu – Ni ( $r = -0,66$ ). Эта зависимость показывает, что увеличение или уменьшение меди на 44 % ( $R^2 = 0,441$ ) обратно пропорционально накоплению никеля (рис. 3).



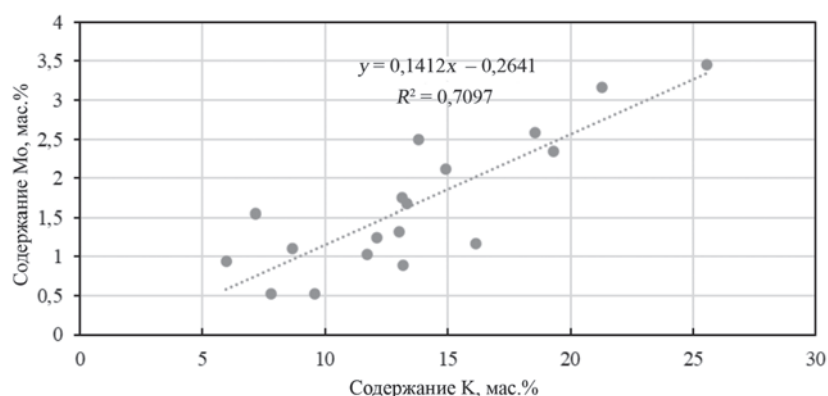


Рис. 2. Корреляционная связь между накоплением калия и молибдена в золе плодов земляники

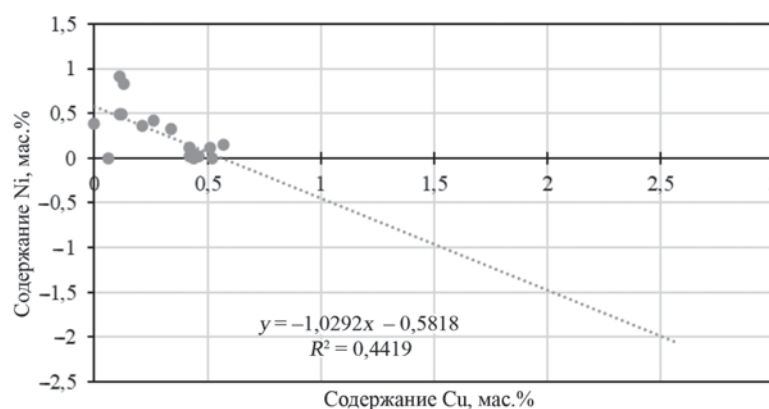


Рис. 3. Корреляционная связь между накоплением никеля и меди в золе плодов земляники

## ВЫВОДЫ

В результате исследований в зольном остатке ягод земляники выявлено 12 макро- и микро-элементов и установлен убывающий ряд их накопления:  $K > P > Mg > Ca > Mn > S > Cu > Ni > Zn > Mo > Fe > Co$ .

По сумме зольных элементов выделяются сорта Барыня, Берегиня, Витязь, Наше Подмосковье. Они представляют особый интерес в селекции на повышение содержания макро- и микроэлементов, пищевой ценности плодов.

Источником повышенного содержания калия, кальция может быть сорт Барыня; фосфора – Берегиня; магния, железа, цинка – Студенческая; серы, меди – Любава.

Высокая положительная корреляция установлена между содержанием в плодах  $S - Mg$  ( $r = 0,71$ ),  $Mo - K$  ( $r = 0,84$ ). Отрицательная корреляция отмечена между элементами  $Cu - Ni$  ( $r = -0,66$ ).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доронин, А. Ф. Функциональное питание / А. Ф. Доронин, Б. А. Шендеров. – М. : Грантъ, 2002. – 296 с.
2. Акимов, М. Ю. Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания / М. Ю. Акимов // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 244–254. – DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057.
3. Научное обеспечение ягодоводства России и перспективы его развития / И. М. Куликов, С. Н. Евдокименко, Т. А. Тумаева [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 414–419. – DOI: 10.18699/VJ21.046.
4. Сазонова, И. Д. Оценка уровня накопления биологически активных веществ в плодах ягодных культур в условиях Брянской области / И. Д. Сазонова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. – Т. 57. – С. 121–127. – DOI: 10.31676/2073-4948-2019-57-121-127.

5. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства / М. Ю. Акимов, В. В. Бессонов, В. М. Косенцов [и др.] // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 220–232. – DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055.
6. Visualizing the distribution of strawberry plant metabolites at different maturity stages by MALDI-TOF imaging mass spectrometry / J. Wang, E. Yang, P. Chaurand, V. Raghavan // FoodChemistry. – 2021. – № 345. – P. 1–9. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128838.
7. Марченко, Л. А. Продуктивность земляники садовой и селекционные возможности ее повышения / Л. А. Марченко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51, № 3. – С. 65–74. – DOI: 10.26898/0370-8799-2021-3-7.
8. Новикова, И. М. Оценка качества ягод земляники садовой зарубежной селекции / И. М. Новикова, И. М. Блиникова, А. С. Ильинский // Новые технологии. – 2024. – Т. 20, № 1. – С. 98–109. – DOI: 10.47370/2072-0920-2024-20-1-98-109.
9. Плоды земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор) / М. Ю. Акимов, И. В. Лукьянчук, Е. В. Жбанова, А. С. Лыжин // Химия растительного сырья. – 2020. – № 1. – С. 5–18. – DOI: 10.14258/jcprm.2020015511.
10. Anthocyanin content, bioactive compounds and physico-chemical characteristics of potential new strawberry cultivars rich in-anthocyanins / M. Sirijan, N. Pipattanawong, B. Saeng-on, P. Chaiprasart // Journal of Berry Research. – 2020. – № 10 (3). – P. 397–410. – DOI: 10.3233/jbr190487.
11. Причко, Т. Г. Товарные качества и химический состав ягод земляники селекции СКФНЦБВ / Т. Г. Причко, М. Г. Германова, Т. Л. Смелик // Плодоводство и виноградарство юга России. – 2019. – Т. 58. – С. 104–113. – DOI: 10.30679/2219-5335-2019-4-58-104-113.
12. Жбанова, Е. В. Биохимические показатели качества плодов перспективных сортов и отборных форм земляники в условиях Центрально-Черноземного района / Е. В. Жбанова, И. В. Лукьянчук // Таврический вестник аграрной науки. – 2023. – № 2 (34). – С. 30–38. – DOI: 10.5281/zenodo.8271879.
13. Мотылева, С. М. Методические рекомендации по выполнению анализа зольных элементов и минеральных включений в органах растений методом энергодисперсионной спектроскопии на аналитическом РЭМ-М. / С. М. Мотылева ; ВСТИСП. – Саратов : Амирит, 2018. – 40 с.
14. Тармаева, И. Ю. Минеральные вещества, витамины: их роль в организме. Проблемы микронутриентной недостаточности : учеб. пособие / И. Ю. Тармаева, А. В. Боева ; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России; кафедра гигиены труда и гигиены питания. – Иркутск : ИГМУ, 2014. – 89 с.
15. Nickel: human health and environmental toxicology / G. Genchi, A. Carocci, G. Lauria [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – № 17 (3). – P. 679. – DOI: 10.3390/ijerph17030679.
16. Тутельян, В. А. Нутрициология и клиническая диетология : нац. руководство / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 656 с.

## MINERAL COMPOSITION OF BERRIES FROM CULTIVARS AND SELECTED FORMS OF GARDEN STRAWBERRY BRED BY THE FSBSI FRUIT GROWING RESEARCH CENTER

N. V. ANDRONOVA

### Abstract

The aim of the research was to identify varietal differences in the content of ash elements in strawberry fruits and to select the most valuable genotypes for further breeding. The study involved fruits of 14 cultivars, 3 selected forms of garden strawberry, and 1 cultivar of zemklunika developed at the FSBSI Fruit Growing Research Center. The chemical composition of 12 key ash elements – Mg, P, S, K, Mn, Co, Fe, Ca, Zn, Ni, Cu, and Mo – was determined using energy-dispersive spectrometry (EDS) on a JEOL JSM 6090 LA analytical scanning electron microscope. The elements were found to accumulate in the following descending order: K > P > Mg > Ca > Mn > S > Cu > Ni > Zn > Mo > Fe > Co. Potassium content in the fruits ranged from 5.96 wt% (Kokinskaya Zarya) to 25.57 wt% (Barynya). High potassium accumulation was observed in the cultivars Bereginia (21.29 wt%) and Barynya (25.57 wt%). High phosphorus content was recorded in Kokinskaya Zarya, Alpha, Vityaz, Barynya, and Bereginia (4.17–5.64 wt%), which significantly exceeds the average value (3.17 wt%). Magnesium levels in strawberry berries varied slightly, from 1.95 wt% (Barynya) to 3.07 wt% (Studencheskaya). The cultivar Barynya stood out for calcium accumulation (2.82 wt%). Correlation analysis revealed relationships between the ash elements. A strong positive correlation was found between S and Mg ( $r = 0.71$ ), and between Mo and K ( $r = 0.84$ ). The dependence between molybdenum and potassium shows that molybdenum accumulation is 71 % determined by potassium content ( $R^2 = 0.7097$ ). The cultivars Barynya and Bereginia may serve as sources of increased potassium, phosphorus, and calcium; Studencheskaya – magnesium, iron, and zinc; Tsaritsa – iron and nickel; Rosinka – sulfur; Lyubava – copper.

**Keywords:** garden strawberry, cultivar, selected form, macroelements, microelements, energy-dispersive spectrometry, correlation.

Поступила в редакцию 14.04.2025