

УДК 615.32:543.632.4

Н. Н. Бойко<sup>1</sup>, А. И. Зайцев<sup>1</sup>, К. Н. Беликов<sup>2</sup>, Е. В. Гришина<sup>2</sup><sup>1</sup>Национальный фармацевтический университет, г. Харьков<sup>2</sup>ГНУ НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины, г. Харьков

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ

*В статье приведены статистические данные по варьированию элементного состава подземных органов растений. Большая часть от суммарного содержания всех элементов в подземных органах растений приходится на калий, кальций, кремний, магний, натрий и фосфор. Выявлена значительная корреляция между содержанием щелочноземельных элементов в подземных органах растений (кальцием, магнием, стронцием). Показано, что половина кальция и магния от их среднестатистического содержания в подземных органах растений находится в свободном состоянии, а остальная – в связанном состоянии с кремнием.*

*Для большинства подземных органов растений содержание ионов калия может колебаться в пределах (47÷3304) мг/100 г лекарственного растительного сырья (ЛРС); содержание кальция находится в пределах (45÷1173) мг/100 г ЛРС; содержание кремния может колебаться в диапазоне почти от 19 до 856 мг/100 г ЛРС; диапазон колебаний содержания магния — (70÷466) мг/100 г ЛРС; содержание натрия колеблется в пределах (68÷457) мг/100 г ЛРС; содержание фосфора – в пределах от 3 до 231 мг/100 г ЛРС.*

*Диапазон варьирования значений золы общей в большинстве случаев может варьироваться в пределах от 0,0045 до 0,1305 г/г ЛРС.*

*В подземных органах растений содержание калия превалирует над содержанием кальция, однако в 4 из 16 растений кальция было больше, чем калия (бадан толстолистный, пион уклоняющийся, солодка голая, хохлатка маршала). Поэтому эти два элемента рекомендуются для их определения в вытяжках в дальнейших экспериментах по изучению кинетики выхода неорганических веществ из подземных органов растений в вытяжку в процессе экстракции.*

**Ключевые слова:** элементный состав подземных органов растений, зола, статистика.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На данный момент в технологии экстракционных препаратов одними из основных параметров растительного сырья, на которые обращают свое внимание, технологи являются: степень измельченности, содержание экстрактивных веществ, содержание целевых веществ или веществ маркеров, влажность, насыпная плотность, объемная плотность, коэффициент поглощения экстрагента и некоторые другие [5]. Приведенные выше параметры имеют различное значение в фитотехнологии, так например степень измельченности растительного сырья значительно влияет на скорость перехода веществ в экстрагент из частиц. Насыпная плотность и объемная плотность определяют размер экстрактора. Коэффици-

циент поглощения экстрагента предсказывает потери вытяжки на растительном сырье. Содержание экстрактивных, целевых или веществ маркеров в растительном сырье определяют их концентрации в получаемой вытяжке [1].

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Все эти параметры взаимосвязаны друг с другом, например, степень измельченности сырья значительно влияет на насыпную плотность сырья и коэффициент поглощения экстрагента сырьем, а также на удельную поверхность частиц и косвенно на скорость перехода веществ из частиц растительного сырья в экстрагент [2, 4, 6].

### ФОРМУЛИРОВАНИЕ НЕ РЕШЕННЫХ РАНЬШЕ ЧАСТЕЙ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ

До сих пор, технологи практически не обращали внимания на еще одну важную составляющую растительного сырья – минеральный состав. Микро- и макроэлементы, которые содержатся в сырье, во время процесса экстракции переходят в составе экстрактивных веществ в вытяжку (настойку, экстракт) и могут оказывать влияние на фармакологические эффекты полученных извлечений. Однако с точки зрения технологии важно понимать, что такие микро- и макроэлементы как катионы металлов экстрагируются вместе с органическими веществами из растительного сырья, например в составе комплекса или противоиона.

С точки зрения фитотехнологии, было бы интересно изучить и сравнить, кинетику выхода ионов металла и действующих веществ (или веществ маркеров) и сухого остатка в вытяжках в процессе их экстракции из растительного сырья. Однако для этого необходимо знать какие именно ионы металлов, и в каком количестве содержится в растительном сырье. Далее выбрать среди них наиболее подходящие для последующих исследований.

### ФОРМУЛИРОВАНИЕ ЦЕЛЕЙ СТАТЬИ

Цель данной работы – исследовать элементный состав подземных органов некоторых лекарственных растений; провести статистический анализ количественного содержания элементов в растительном сырье; определить перспективные ионы металлов в качестве объекта анализа с точки зрения фитотехнологии и аналитики.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследований использовалось растительное сырье, приобретенное в ООО Аптека «Лекарственные травы», г. Харьков, ФЛП Любимая К. А. «Лекарственные травы, экстракты, масла» в период лето-осень 2013 года.

Анализ образцов проводился в НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины, отдел аналитической химии функциональных материалов и объектов окружающей среды им. А. Б. Бланка под руководством заведующего отделом, к. х. н., Беликовым К. Н. При выполнении настоящей работы применялся спектрограф ДФС-8, оснащенный измерительным комплексом фотоэлектрической регистрации эмиссионных спектров. Дугу переменного тока получали с помощью генератора ИВС-28. В работе использовали спектральные графитовые электроды «осч» 7–3 диаметром 6 мм и длиной 50–60 мм. Градуировочные образцы и подготовленные про-

бы помещали в кратеры нижних (глубиной 4 мм, диаметром 4,5 мм) и верхних (глубиной 5 мм, диаметром 1,9 мм) электродов.

Устанавливали следующие условия испарения порошков: сила тока дуги переменного тока — 16 А, фаза поджига — 60°, частота поджигающих импульсов — 100 разрядов в секунду, аналитический промежуток — 2 мм, ширина щели — 0,012 мм, экспозиция — 60 с.

Относительное стандартное отклонение для разных элементов в зависимости от их содержания составляло  $0,1 \div 0,2$ .

Содержание общей золы в растительном сырье определяли с помощью гравиметрии по методике описанной в ДФУ [3]. Относительная ошибка определения золы общей составляла не более 5 %.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МА- ТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований по изучению элементного состава для подземных органов некоторых растений приведены в табл. 1.

При анализе данных табл. 1 и поиске корреляции между элементами, было замечено значительную корреляцию между содержанием кальция и магния в подземных органах растений ( $M_{Ca} = (2,0 \pm 0,5) \cdot M_{Mg} + (84,4 \pm 201,0)$  при  $R^2 = 0,87$ ). А также между содержанием кальция и стронция ( $M_{Ca} = (44,7 \pm 20,8) \cdot M_{Sr} + (201,5 \pm 334,4)$  при  $R^2 = 0,62$ ). Эти зависимости, вероятно, объясняются тем, что эти элементы принадлежат к одной группе периодической таблицы Менделеева, а значит, их биохимические и физиологические пути подобны. Других значительных корреляций между элементами обнаружить не удалось.

Обращает на себя внимание то, что образец корня бадана толстолистого накапливает аномально большое количество алюминия, образец корня солодки голой стронций, а образец клубня хохлатки маршала железо и алюминий.

Как видно из данных табл. 1 распределение средних величин количественного содержания в подземных органах шести основных элементов, на долю которых приходится до 95 % от их суммы, следующее: для калия — 1676, для кальция — 609, для кремния — 437, для магния — 268, натрия — 262, фосфора — 117 мг/100 г ЛРС. Среднее значение золы общей 0,0675 г/г ЛРС.

Интересно отметить отношение между средним значением таких элементов как кальций/магний и кремний. Например, теоретически отношение кальция и магния к кремнию в силикате ( $CaSiO_3 + MgSiO_3$ ) равно  $1,15 = (40,1 + 24,3) / 2 \cdot 28,1 ((Ca + Mg) / 2Si)$ , а на практике по среднестатистическим данным их содержания в подземных органах растений

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ  
ОРГАНОВ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ В ПЕРЕСЧЕТЕ  
НА АБСОЛЮТНО СУХОЕ СЫРЬЕ**

Наименование ЛРС	Концентрация элемента в растительном сырье, мг/100 г ЛРС												
	K	Ca	Si	Mg	Na	P	Fe	Al	Zn	Sr	Mn	Cu	Ni
Аира корень	1566	522	208	261	314	130	104	26	0.47	7.8	13	0.47	0.04
Зола общая, г/г ЛРС	0,0587±0,0028												
Бадана толстостолового корень	509	1526	406	509	71	206	61	823	15	25	13	1.0	0.05
Зола общая, г/г ЛРС	0,0645±0,0031												
Девясила корень	1604	319	535	239	159	107	38	43	11	5.3	14	6.0	0.10
Зола общая, г/г ЛРС	0,0476±0,0023												
Диоскореи кавказской корень	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зола общая, г/г ЛРС	0,0388±0,0018												
Конского щавеля корень	2223	1482	1482	741	593	253	148	121	0.01	30	3.7	0.74	0.03
Зола общая, г/г ЛРС	0,0890±0,0044												
Копеечника корень	378	252	189	75	5.0	42	17	25	2.5	7.6	6.3	0.80	0.13
Зола общая, г/г ЛРС	0,0306±0,0015												
Крапивы двудомной корень	2344	781	469	391	23	273	63	60	16	23	20	1.1	0.08
Зола общая, г/г ЛРС	0,0923±0,0046												
Кровохлебки лекарственной корень	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зола общая, г/г ЛРС	0,0605±0,0030												
Кубышки желтой корень	4315	573	287	213	573	185	72	36	7.2	3.6	18	2.5	0.03
Зола общая, г/г ЛРС	0,0821±0,0041												
Лабазника вязолистного корень	1300	650	456	228	65	111	37	60	6.5	13	9.7	1.6	0.13
Зола общая, г/г ЛРС	0,0883±0,0045												
Лапчатки прямостоячей корень	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зола общая, г/г ЛРС	0,0477±0,0022												
Марены красильной корень	2514	1003	673	336	254	165	84	84	0.01	13	33	0.42	0.03
Зола общая, г/г ЛРС	0,1131±0,0055												
Мыльнянки лекарственной корень	2007	357	178	178	45	111	18	45	4.5	8.9	22	0.42	0.04
Зола общая, г/г ЛРС	0,0447±0,0020												
Пиона уклоняющегося корень	111	889	300	333	56	111	89	22	11	3.3	1.7	0.56	0.11
Зола общая, г/г ЛРС	0,0652±0,0031												
Ревеня корень	1598	1065	853	533	321	212	11	11	0.01	21	5.3	0.53	0.03
Зола общая, г/г ЛРС	0,0925±0,0044												
Синюхи голубой корень	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зола общая, г/г ЛРС	0,0673±0,0033												
Солодки голой корень	1357	2036	545	306	339	48	68	68	20	68	10	1.7	0.20
Зола общая, г/г ЛРС	0,0782±0,0038												
Хохлатки Маршала клубни	1190	1899	2380	950	475	240	475	358	240	24	59	3.6	0.23
Зола общая, г/г ЛРС	0,0692±0,0034												
Чемерицы Лобеля корень и корневища	1998	533	566	200	67	111	133	100	67	13	17	1.7	0.67
Зола общая, г/г ЛРС	0,0671±0,0033												
Шлемника байкальского корень	1575	313	369	263	263	89	37	37	11	5.3	5.3	1.8	0.06
Зола общая, г/г ЛРС	0,0521±0,0025												
Эхинацеи пурпурной корень	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зола общая, г/г ЛРС	0,1441±0,0070												
Среднее значение выборки, X*	1676	609	437	268	262	117	57	42	26	17	16	1.3	0.12
Стандартное отклонение выборки, S*	543	188	139	66	65	38	18	14	—	—	—	—	—
Среднее значение золы общей, X*, г/г ЛРС	0,0675												
Стандартное отклонение золы общей, S*, г/г ЛРС	0,0210												

Примечания: \* среднее значение и стандартное отклонение выборки находили для каждого элемента с учетом критерия  $X \geq 3S$ ; знак «-» означает, что анализ или расчет не проводился.

$2,01=(609+268)/437$  ((Ca+Mg)/Si). При сопоставлении этих цифр друг с другом, можно прийти к двум выводам, во-первых, вполне вероятно, что кальций и магний в подземных органах растений находятся в связанном состоянии с кремнием (в виде силикатов). Во-вторых, только половина кальция и магния находится в связанном состоянии с кремнием, а остальная половина в виде других солей, вероятно, растворимых.

Используя стандартное отклонение и значение среднего с помощью теории математической статистики по выборке, можно сделать ряд предсказаний относительно варьирования признака. Так, например, из статистики известно, что при гауссовском распределении случайных величин (правило трех сигм) признак будет отклоняться от среднего в пределах одного стандартного отклонения (S) приблизительно в 68 % случаев, в пределах двух стандартных отклонений (2S) приблизительно в 95 % случаев, в пределах трех стандартных отклонений (3S) более 99 % случаев.

Проанализируем приведенные данные на конкретном примере: содержание ионов калия в подземных органах растений в среднем равно 1676 мг/100 г ЛРС, а стандартное отклонение равно 543 мг/100 г ЛРС, следовательно, можно ожидать, что количество растений в выборке с интервалом (1676±543) мг/100 г ЛРС ((1133÷2218) мг/100 г ЛРС) должно быть около 11 шт. (0,68·16 = 10,9), практический результат их 9 шт., это расхождение в 18 % (9/11), что при небольшой выборке означает неплохое совпадение. В диапазон отклонений от среднего для двух стандартных отклонений (1676±1086) мг/100 г ЛРС ((590÷2761) мг/100 г ЛРС) должно входить 15 растений из 16 (0,95·16=15,2), практический результат их 12 шт., что дает расхождение в 20 %. Это большое отклонение от теории, но при таком незначительном количестве наблюдений и такой ошибке в определении значений это приемлемая величина. В диапазон отклонений от среднего для трех стандартных отклонений (1676±1628) мг/100 г ЛРС ((47÷3304) мг/100 г ЛРС) должно входить около 16 растений (0,99·16 = 15,8), практический результат их 15, что при малой выборке дает небольшое расхождение в 6 %. Данные статистики по остальным основным элементам представлены в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2 для подземных органов растений содержание ионов калия может колебаться в пределах (47÷3304) мг/100 г ЛРС, при этом в этот диапазон не попадает аномально высокое значение корня кубышки желтой.

Содержание ионов кальция может колебаться (45÷1173) мг/100 г ЛРС, при этом в этот диапазон не попадает аномально высокие значения

девясила, щавеля, солодки, хохлатки также следует отметить, что для этих растений характерно большее содержание кальция по сравнению с калием, вероятно, это растения с особенными биохимическими и физиологическими процессами.

Содержание кремния может колебаться в диапазоне почти от 19 до 856 мг/100 г ЛРС, при этом в этот диапазон не попадает аномально высокие значения щавеля, ревеня, хохлатки.

Диапазон колебаний магния колеблется от 70 до 466 мг/100 г ЛРС, при этом в этот диапазон не попадает аномально высокие значения бада-на, щавеля, ревеня, хохлатки.

Диапазон колебания натрия 68–457 мг/100 г ЛРС, при этом в этот диапазон не попадает аномально высокое количество растений 8 из 16, возможно это связано с малой выборкой для статистического анализа или не подчинению закону Гаусса.

Содержание фосфора колеблется в пределах от 3 до 231 мг/100 г ЛРС, при этом в этот диапазон не попадает аномально высокие значения щавеля, крапивы, хохлатки.

Диапазон варьирования значений золы общей в большинстве случаев будет варьироваться в пределах от 0,0045 до 0,1305 г/г ЛРС.

Приведенные выше данные показывают, что в подземных органах лекарственного растительного сырья концентрируются такие элементы как: калий ≈ кальций > кремний > магний > натрий > фосфор. Причем содержание калия преобладает над содержанием кальция, однако в 4 из 16 растений кальция было больше чем калия (бадан, пион, солодка, хохлатка). Поэтому это два основных элемента, на которые следует ориентироваться при изучении кинетики выхода неорганических веществ из ЛРС в вытяжку в процессе экстракции, как с точки зрения фитотехнологии так и анализа. Определять эти два элемента рационально не только с точки зрения абсолютной величины их количественного содержания, но и из-за их относительной подвижности и возможности растворяться в полярных экстрагентах (воде, спирте). Особенно это относится к ионам калия, которые практически не образуют мало-растворимых соединений. Следует отметить также, что проводить определение этих элементов проще, чем остальных.

#### ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании результатов проведенных исследований элементного анализа подземных органов растений приведены статистические данные по варьированию элементов в растительном

**ЗАВИСИМОСТЬ ВЕРОЯТНОСТИ НАБЛЮДЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ РАСТЕНИЙ, МГ/100 Г ЛРС**

Вероятность наблюдения параметра	K	Ca	Si	Mg	Na	P
Среднее значение содержания элемента	1676	609	437	268	262	117
Среднее значение для золы, г/г ЛРС	0.0675					
Стандартное отклонение содержания элемента для выборки	543	188	139	66	65	38
Стандартное отклонение для золы, г/г ЛРС	0.0210					
Диапазон содержания элемента, который будет наблюдаться для 68 % случаев	1133÷2218	421÷797	298÷577	202÷334	197÷327	79÷155
Диапазон значений золы для 68 % случаев, г/г ЛРС	0.0465÷0.0885					
Двойное стандартное отклонение содержания элемента для выборки	1086	376	279	132	130	76
Двойное стандартное отклонение для золы, г/г ЛРС	0.0420					
Диапазон содержания элемента, который будет наблюдаться для 95 % случаев	590÷2761	233÷985	159÷716	136÷400	132÷392	41÷193
Диапазон значений золы для 95 % случаев, г/г ЛРС	0.0255÷0.1095					
Тройное стандартное отклонение содержания элемента для выборки	1628	564	418	198	194	114
Тройное стандартное отклонение для золы, г/г ЛРС	0.0630					
Диапазон содержания элемента, который будет наблюдаться для 99% случаев	47÷3304	45÷1173	19÷856	70÷466	68÷457	3÷231
Диапазон значений золы для 99 % случаев, г/г ЛРС	0.0045÷0.1305					

сырье. Большая часть от суммарного содержания всех элементов в подземных органах растений приходится на калий, кальций, кремний, магний, натрий и фосфор. Выявлена значительная корреляция между содержанием щелочноземельных элементов в подземных органах растений (кальцием, магнием, стронцием). Показано, что половина кальция и магния от их среднестатистического содержания в подземных органах растений находится в свободном состоянии, а остальная половина – в связанном состоянии с кремнием.

Для большинства подземных органов растений содержание калия может колебаться в пределах (47÷3304) мг/100 г ЛРС; содержание кальция может колебаться в пределах (45÷1173) мг/100 г ЛРС; содержание кремния может колебаться в диапазоне почти от 19 до 856 мг/100 г ЛРС; диапазон колебаний содержания магния колеблется от 70 до 466 мг/100 г ЛРС; содержание натрия колеблется в пределах 68–457 мг/100 г ЛРС; содержание фосфора колеблется в пределах от 3 до 231 мг/100 г ЛРС.

Диапазон варьирования значений золы общей в большинстве случаев будет варьироваться в пределах от 0,0045 до 0,1305 г/г ЛРС.

В подземных органах растений содержание калия превалирует над содержанием кальция, однако в 4 из 16 растений кальция было больше чем калия (бадан толстолистный, пион уклоняющийся, солодка голая, хохлатка маршала). Поэтому эти два элемента рекомендуются для их определения в вытяжках в дальнейших экспериментах по изучению кинетики выхода неорганических веществ из подземных органов растений в вытяжку в процессе экстракции. Отмечено, что осуществление определения этих элементов проще, чем остальных.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ**

1. Бойко Н. Н. изучение зависимости концентрации биологически активных веществ в получаемых вытяжках от соотношения экстрагент/растительное сырье / Н. Н. Бойко, А. И. Зайцев // Матер. III междунар. науч.-практ. конф. «Ак-

туальные исследования гуманитарных, естественных, точных и общественных наук», 25 октября 2013 г. Новосибирск. — С. 94-101.

2. Гарна С. В. Взаємозв'язок основних технологічних параметрів рослинної сировини / С. В. Гарна, П. П. Ветров, В. А. Георгіянц // Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. — 2012. — № 1(8). — С. 54-57.

3. Державна Фармакопея України / Державне підприємство «Науко-експертний фармакопейний центр». — 1-е вид. — Х.: РІРЕГ, 2001. — Доповнення 1. — 2004. — 520 с.

4. Литвинов В.Л. Взаимосвязь основных технологических параметров при экстракции из растительного сырья / В. Л. Литвинов, П. П. Ветров // Хим.-фарм. журн. — 1982. — №4. — С.81-83.

5. Настойки, экстракты, эликсиры и их стандартизация / под ред. проф. В. Л. Багировой, проф. В. А. Северцева. — СПб. : СпецЛит. — 2001. — 223 с.

6. Попова Т. П. Некоторые общие закономерности извлечения действующих веществ из лекарственного сырья. Сообщение 2. Технологические свойства лекарственного растительного сырья / Т. П. Попова, В. И. Литвиненко // Фармаком. — 1993. — № 2. — С. 8-12.

### УДК 615.32:531.755.22

М. М. Бойко, О. І. Зайцев, К. М. Беліков, К. В. Грiшина К.В.

#### ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ПІДЗЕМНИХ ОРГАНІВ ДЕЯКИХ РОСЛИН

У статті наведено статистичні дані стосовно варіювання елементного складу підземних органів рослин. Переважаюча частина від сумарного вмісту всіх елементів в підземних органах рослин припадає на калій, кальцій, кремній, магній, натрій і фосфор. Виявлена значна кореляція між вмістом лужноземельних елементів в підземних органах рослин (кальцієм, магнієм, стронцієм). Показано, що половина кальцію і магнію від їх середньостатистичного вмісту в підземних органах рослин знаходиться у вільному стані, а інша половина в зв'язаному стані з кремнієм.

Для більшості підземних органів рослин вміст іонів калію може коливатися в межах  $47 \div 3304$  мг/100 г ЛРС; вміст кальцію може коливатися в межах  $45 \div 1173$  мг/100 г ЛРС; вміст кремнію може коливатися в діапазоні майже від 19 до 856 мг/100 г ЛРС; діапазон коливань вмісту магнію коливається від 70 до 466 мг/100 г ЛРС; вміст натрію коливається в межах 68-457 мг/100 г ЛРС; вміст фосфору коливається в межах від 3 до 231 мг/100 г ЛРС.

Діапазон варіювання значень золи загальної в більшості випадків може знаходитися в межах від 0.0045 до 0.1305 г/г ЛРС.

У підземних органах рослин вміст калію превалює над змістом кальцію, однак у 4 із 16 рослин кальцію було більше ніж калію (бадан товстолистий, півонія незвична, солodka гола, ряст маршала). Тому ці два елементи рекомендуються для їх аналітичного визначення в витяжках в подальших експериментах стосовно вивчення кінетики виходу неорганічних речовин з підземних органів рослин в витяги в процесі екстракції.

**Ключові слова:** елементний склад підземних органів рослин, зола, статистика.

**UDC 615.32:543.632.4**

**N. N. Boyko, A. I. Zaytsev, K. N. Belikov, E. V. Grishina**

**DETERMINATION OF THE ELEMENT COMPOSITION**

**OF THE UNDERGROUND ORGANS OF SOME PLANTS**

This paper presents research data on variation of the element composition of the underground organs of plants. The great part of the sum of all elements in the underground parts of plants are potassium, calcium, silicon, magnesium, sodium and phosphorus. It is noted significant correlation between the content of alkaline-earth elements in the underground parts of plants (calcium, magnesium, strontium). It has been shown that half of the calcium and magnesium from their average content in the underground parts of plants is in a free state, and the other half in a bound state with silicon.

For most of the underground organs of plants content of potassium ions can range  $47 \div 3304$  mg/100 g of raw material (RM); calcium content can vary between  $45 \div 1173$  mg / 100 g of RM; the silicon content may range from 19 to 856 mg / 100g RM; fluctuation range of magnesium content vary from 70 to 466 mg / 100 g of RM; sodium content in the range  $68 \div 457$  mg / g 100 RM; phosphorus content range from 3 to 231 mg / 100g RM. The range of variation values of the total ash in most cases may vary from 0.0045 to 0.1305 g/g RM.

It is noted that in the underground parts of plants potassium content prevails over the content of calcium, but 4 of the 16 plants had more calcium than potassium (*Bergenia crassifolia*, *Paeonia anomala*, *Glycyrrhiza glabra*, *Corydalis Marshal*). Therefore, these two elements are recommended for their determination in the extracts in further experiments to study the kinetics of the release of inorganic substances from the underground organs of plants in the extraction process.

**Key words:** element composition of underground organs of plants, ash, statistics.

*Адреса для листування:*

61140, м Харків, вул. Невського, 18  
Кафедра «Процеси та апарати хіміко-фармацевтичних виробництв» НФаУ  
Тел. +38(057)7718152  
E-mail: Boykoniknik@gmail.com

Надійшла до редакції:  
20.08.2014