

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СЕМЕНАХ ПЯТИ СОРТОВ АМАРАНТА ПЕЧАЛЬНОГО ДО И ПОСЛЕ ЭКСТРАКЦИИ ГЕКСАНОМ

Н. С. Фурса¹, Д. С. Круглов², И. М. Коренская³, С. Н. Соленникова⁴

¹Ярославская государственная медицинская академия

²Новосибирский государственный медицинский университет

³Воронежский государственный университет

⁴МУЗ Детская поликлиника №3, г. Ярославль

Поступила в редакцию 05.03.2013 г.

Аннотация. С использованием метода масс-спектрометрии определён 61 элемент до и после экстракции гексаном в семенах сортов Воронежский, Кизлярец, Кинельский, Крепыш, Яantar амаранта печального, культивируемых в Воронежской области.

Ключевые слова: амарант печальный, сорт Воронежский, Кизлярец, Кинельский, Крепыш, Яantar, масс-спектрометрия.

Abstract. By the use of mass-spectrophotometry method 61 elements were determined after the hexane extraction in *Amaranthus hypochondriacus* seeds of Voronezhsky, Kizlyarets, Kinelsky, Krepysh, Yantar varieties cultivated in Voronezh region.

Key words: *Amaranthus hypochondriacus*, Voronezhsky, Kizlyarets, Kinelsky, Krepysh, Yantar varieties, mass-spectrometry.

ВВЕДЕНИЕ

Неблагоприятная экологическая ситуация и загрязнение окружающей среды приводят к нежелательным последствиям для человека. При этом его организм реагирует не только болезнями, но и признаками дезадаптации, нарушениями физического и психического развития, диспластическими изменениями скелета. При действии токсического микроэлементного фактора малой интенсивности в зонах техногенного загрязнения возникает дисбаланс иммунологических показателей и функциональные изменения иммунитета. Чаще всего отмечается дефицит железа, кальция, йода, фтора, селена. Железо — важнейший эссенциальный элемент, компонент гемоглобина крови и ферментов каталазы, пероксидазы, триптофаноксидазы, цитохромоксидазы, главных катализаторов окислительно-восстановительных процессов. При недостатке железа возникают анемии, апатия, раздражительность, снижение толерантности к физическим нагрузкам, особенно страдает мозг. Необходимым элементом для

функционирования щитовидной железы, участвующим в образовании тироксина, является йод. Он улучшает основной обмен, усиливает окислительные процессы, тонизирует работу мышц, стимулирует половую функцию, влияет на физическое и умственное развитие. Дефицит кальция приводит к недостаточности паращитовидных желёз (остеопороз), аллергическим заболеваниям (крапивница, сенная лихорадка), повышенной проницаемости сосудов, кожным болезням (зуд, экзема, псориаз), токсическим поражениям печени и почек, высокому артериальному давлению, бессоннице, тревожности. Сильным антиоксидантом и онкостатиком является селен — компонент защитного фермента глутатионпероксидазы. При его дефиците страдают практически все системы организма. Невозможно недооценить для организма значимость кобальта. Он играет существенную роль в гомеостазе нервной и кроветворной систем, активирует фосфатазу, амилазу, аргиназу, дезоксирибонуклеазу, является мощным активатором кроветворения, участвует в построении молекулы витамина В₁₂, влияет на процессы иммунитета и др. Усиленный обмен или недостаток кремния, от которого на 38% зависит здоровье, вызывает дис-

© Фурса Н. С., Круглов Д. С., Коренская И. М., Соленникова С. Н., 2013

баланс 70 микроэлементов. Он необычайно важен как структурный компонент соединительной ткани, стимулирует работу иммунной системы, уменьшает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, способствует всасыванию кальция, росту костей, предупреждает развитие болезни Альцгеймера, остеопороза, замедляет процессы старения в тканях и др. Его уровень уменьшается с возрастом, поэтому потребность в нём повышается. С возрастом снижается также усвояемость марганца, а потребность в нём остаётся прежней, что создаёт благоприятный фон для развития злокачественных новообразований и сердечно-сосудистых заболеваний. Из изложенного следует, что роль элементов многогранна. Они входят в состав специфических органических соединений (ферментов, гормонов, витаминов, пигментов и др.) и через процессы обмена оказывают своё влияние. В организме микроэлементы взаимодействуют между собой. Кобальт интенсивно влияет на кроветворение только при наличии достаточного количества железа и меди. Обмен свинца подобен обмену кальция. Выраженный антагонизм наблюдается между свинцом и цинком. Возможность отравления свинцом увеличивается при дефиците железа или цинка. Вместе с тем повышенное содержание в диете кальция или железа и цинка угнетает всасывание свинца и его накопление в организме и др. В связи с чем процесс диагностики и лечения микроэлементных нарушений необычайно сложен. Лечебные дозы элементов сравнительно невелики. Вместе с тем возможности лекарственных и пищевых растений для регулирования различных нарушений микроэлементного равновесия окончательно не выяснены [1-7].

В последние годы всё больше внимания уделяется амаранту, перспективному лекарственно-му, пищевому, кормовому и техническому растению [8].

Цель исследования — провести масс-спектрометрическое определение химических элементов в семенах пяти сортов амаранта печального (*Amaranthus hypochondriacus* L.), не изучавшихся ранее в этом аспекте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований служили семена пяти сортов амаранта печального (*Amaranthus hypochondriacus* L.), которые культивируются в Воронежской, Липецкой, Белгородской и других областях Российской Федерации. Они получены

российскими и украинскими селекционерами методом химического мутагенеза (сорт Воронежский) и методом гибридизации (сорта Крепыш, Кизлярец, Кинельский, Янтарь).

Элементный состав семян описанных выше сортов амаранта определяли масс-спектрометрией с индуктивно связанной плазмой на приборе ELAN-DRC-e (ElmerPerkin, США). Для контроля точности определений применяли метод добавок [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований семян до и после экстракции гексаном определено 7 макро- (Al, Ca, K, Mg, Na, P, Si), 54 микро- и ультрамикроэлемента (Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ce, Cd, Co, Cs, Cr, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, I, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sb, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr), содержание которых приведено в таблицах 1 и 2.

При сравнительном анализе полученных данных оказалось, что в каждом образце обнаруживались индивидуальные особенности в накоплении отдельных элементов. Так, больше всего первых (14) значений (Si, As, Bi, Co, Ho, La, Mo, Nb, Pb, Sn, Tb, Tl, Tm, U) в семенах сорта Янтарь, затем (13) сорта Кинельский (Na, Ce, Er, Gd, Mn, Ni, Se, Sm, Sn, Ti, W, Y, Zn), по 12 — сорта Кизлярец (Mg, Au, Ag, Cd, Dy, Er, Eu, Ga, Rb, Sb, V, Yb) и сорта Крепыш (P, Ba, Cu, Ge, Hf, Hg, I, Li, Lu, Pr, Ta, Th), меньше всего (11) — сорта Воронежский (Al, K, Ca, B, Be, Br, Cs, Cr, Fe, Nd, Zr). Вторых значений после максимальных во всех сортах одинаково (по 12). Так, в семенах сорта Янтарь они отмечены для K, Ca, Ag, Au, Dy, Ga, Hf, I, Lu, Pr, Zn, Zr; сорта Кинельский — P, As, Ba, Bi, Co, Cu, Hg, Ho, Rb, Ta, U, V; сорта Кизлярец — Al, Na, Si, B, Cr, Gd, Nb, Ni, Sn, Th, Tl, Tm; сорта Крепыш — Mg, As, Cd, Cs, Er, Eu, Fe, La, Mn, Mo, Nd, Y; сорта Воронежский — Ce, Ge, Li, Pb, Sb, Se, Sm, Sr, Tb, Ti, W, Yb.

Минимальных значений больше всего (17) в семенах сорта Крепыш (K, Na, Si, Ag, Be, Bi, Co, Ga, Gd, Ho, Ni, Pb, Rb, Sm, U, Yb, Zn), затем (14) — сорта Воронежский (P, As, Au, Ba, Cd, Hf, Hg, Mo, Pr, Sn, Tl, Tm, V, Y), 12 — сорта Янтарь (Al, Cr, Er, Eu, Fe, Ge, Hg, Mn, Nd, Ta, Th, Ti), 11 — сорта Кинельский (Ca, Mg, B, Br, Cs, Dy, Li, Lu, Nb, Sb, Tb) и 9 — сорта Кизлярец (As, Ce, Cu, I, La, Se, Sr, W, Zr). Вместе с тем в последнем больше всего вторых значений после минимальных (P, Be, Bi, Br, Co, Cs, Fe, Ge, Hg, Li, Lu, Mn, Mo, Nd, Pr,

Результаты масс-спектрометрического определения химических элементов семян 5 сортов амаранта печального до экстракции жирного масла

| Элемент | Амарант печальный | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | Сорт | | | | |
| | Воронежский | Крепыш | Кизлярец | Кинельский | Янтарь |
| Макроэлементы, мкг/г | | | | | |
| Алюминий (Al) | 403.0000 | 169.0000 | 282.0000 | 252.0000 | 128.0000 |
| Калий (K) | 8303.0000 | 2506.4000 | 7381.7000 | 4832.0000 | 7802.5000 |
| Кальций (Ca) | 4738.8000 | 4249.3000 | 4268.6000 | 2616.5000 | 3371.8000 |
| Магний (Mg) | 2702.6000 | 3997.7000 | 4202.2000 | 1907.1000 | 3279.4000 |
| Натрий (Na) | 49.2820 | 41.7580 | 61.8600 | 64.7210 | 50.5630 |
| Фосфор (P) | 3015.6000 | 9197.0000 | 5545.8000 | 8304.4000 | 8303.3000 |
| Кремний (Si) | 346.390 | 281.5800 | 885.0000 | 429.6400 | 990.7200 |
| Микро- и ультрамикроэлементы, мкг/г | | | | | |
| Серебро (Ag) | 0.0340 | 0.0170 | 0.0610 | 0.0340 | 0.0570 |
| Мышьяк (As) | 0.0010 | 0.0030 | 0.0010 | 0.0030 | 0.0040 |
| Золото (Au) | 0.0020 | 0.0150 | 0.0200 | 0.0120 | 0.0190 |
| Бор (B) | 31.5000 | 31.2000 | 31.4000 | 43.5000 | 20.4000 |
| Барий (Ba) | 9.8000 | 44.7000 | 30.9000 | 31.6000 | 16.6000 |
| Бериллий (Be) | 0.0089 | 0.0001 | 0.0040 | 0.0071 | 0.0054 |
| Висмут (Bi) | 0.0094 | 0.0035 | 0.0055 | 0.0123 | 0.0137 |
| Бром (Br) | 9.2000 | 5.7000 | 2.000 | 0.9000 | 6.4000 |
| Кадмий (Cd) | 0.1221 | 0.4513 | 0.5150 | 0.1877 | 0.3246 |
| Церий (Ce) | 0.8680 | 0.8237 | 0.3000 | 0.9044 | 0.4092 |
| Кобальт (Co) | 0.1607 | 0.0575 | 0.1085 | 0.7506 | 0.7810 |
| Хром (Cr) | 6.5778 | 1.4225 | 4.9876 | 2.2861 | 0.6382 |
| Цезий (Cs) | 0.2554 | 0.2490 | 0.2186 | 0.1655 | 0.2232 |
| Медь (Cu) | 16.1390 | 37.9430 | 7.8438 | 36.3360 | 16.6730 |
| Диспрозий (Dy) | 0.0693 | 0.0508 | 0.1126 | 0.0229 | 0.0820 |
| Эрбий (Er) | 0.0383 | 0.0461 | 0.0514 | 0.0514 | 0.0213 |
| Европий (Eu) | 0.0077 | 0.0127 | 0.0321 | 0.0040 | 0.0022 |
| Железо (Fe) | 510.4200 | 479.0700 | 364.7400 | 416.4300 | 286.1900 |
| Галлий (Ga) | 0.1223 | 0.0682 | 0.6711 | 0.1893 | 0.2867 |
| Гадолиний (Gd) | 0.0893 | 0.0420 | 0.0899 | 0.0900 | 0.700 |
| Германий (Ge) | 0.0451 | 0.0631 | 0.0076 | 0.0171 | 0.0075 |
| Гафний (Hf) | 0.0104 | 0.0676 | 0.0460 | 0.0451 | 0.0481 |
| Ртуть (Hg) | 0.0001 | 0.0010 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0001 |
| Гольмий (Ho) | 0.0039 | 0.0023 | 0.0057 | 0.0076 | 0.0152 |
| Йод (I) | 0.1225 | 0.3977 | 0.0386 | 0.2926 | 0.3788 |
| Лантан (La) | 0.3577 | 0.7160 | 0.0997 | 0.3342 | 0.7869 |
| Литий (Li) | 0.2855 | 0.2889 | 0.2107 | 0.0255 | 0.2829 |
| Лютеций (Lu) | 0.0062 | 0.0080 | 0.0042 | 0.0036 | 0.0074 |
| Марганец (Mn) | 73.1890 | 114.8700 | 71.1740 | 124.6100 | 30.3200 |
| Молибден (Mo) | 0.2294 | 1.8287 | 0.2335 | 1.0227 | 1.8641 |
| Ниобий (Nb) | 0.0262 | 0.0811 | 0.2197 | 0.0120 | 0.3217 |

Таблица 1 (Продолжение)

Результаты масс-спектрометрического определения химических элементов семян 5 сортов амаранта печального до экстракции жирного масла

| Элемент | Амарант печальный | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|---------|----------|------------|---------|
| | Сорт | | | | |
| | Воронежский | Крепыш | Кизлярец | Кинельский | Янтарь |
| Микро- и ультрамикроэлементы, мкг/г | | | | | |
| Неодим (Nd) | 0.2671 | 0.1899 | 0.0260 | 0.1586 | 0.0141 |
| Никель (Ni) | 2.6031 | 0.9807 | 4.4831 | 5.0372 | 4.6971 |
| Свинец (Pb) | 0.3971 | 0.1227 | 0.2507 | 0.2136 | 0.5685 |
| Празеодим (Pr) | 0.0125 | 0.1793 | 0.0352 | 0.1474 | 0.1576 |
| Рубидий (Rb) | 20.0740 | 1.6871 | 37.2200 | 35.1420 | 29.2610 |
| Сурьма (Sb) | 0.0177 | 0.0188 | 0.0645 | 0.0115 | 0.0168 |
| Селен (Se) | 0.7224 | 0.4204 | 0.2358 | 0.7903 | 0.5952 |
| Самарий (Sm) | 0.1402 | 0.0361 | 0.0614 | 0.1757 | 0.0790 |
| Олово (Sn) | 0.0206 | 0.0531 | 0.0756 | 0.0454 | 0.1973 |
| Стронций (Sr) | 26.8260 | 19.5490 | 1.6005 | 31.0580 | 5.0614 |
| Тантал (Ta) | 0.0051 | 0.0179 | 0.0051 | 0.0066 | 0.0007 |
| Тербий (Tb) | 0.0181 | 0.0115 | 0.0072 | 0.0064 | 0.0202 |
| Торий (Th) | 0.0874 | 0.2144 | 0.1432 | 0.1105 | 0.0604 |
| Титан (Ti) | 34.8400 | 24.3640 | 31.5710 | 36.6270 | 8.7518 |
| Таллий (Tl) | 0.0046 | 0.0098 | 0.0193 | 0.0129 | 0.0203 |
| Тулий (Tm) | 0.0013 | 0.0042 | 0.0071 | 0.0057 | 0.0068 |
| Уран (U) | 0.0550 | 0.0296 | 0.0307 | 0.0573 | 0.0717 |
| Ванадий (V) | 0.2102 | 1.1037 | 1.4670 | 1.3551 | 0.2919 |
| Вольфрам (W) | 0.0638 | 0.0585 | 0.0099 | 0.0797 | 0.0545 |
| Иттрий (Y) | 0.0174 | 0.5077 | 0.2573 | 0.6052 | 0.4579 |
| Иттербий (Yb) | 0.0377 | 0.0046 | 0.0475 | 0.0262 | 0.0362 |
| Цинк (Zn) | 31.2800 | 23.6000 | 29.3200 | 65.4600 | 55.3000 |
| Цирконий (Zr) | 2.2100 | 0.9600 | 0.6400 | 0.9200 | 1.0300 |

Таблица 2

Результаты масс-спектрометрического определения химических элементов

| Элемент | Амарант печальный | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | Сорт | | | | |
| | Воронежский | Крепыш | Кизлярец | Кинельский | Янтарь |
| Макроэлементы, мкг/г | | | | | |
| Алюминий (Al) | 92.0000 | 142.0000 | 199.0000 | 302.0000 | 209.0000 |
| Калий (K) | 7368.0000 | 4222.0000 | 4803.0000 | 4350.0000 | 7589.0000 |
| Кальций (Ca) | 3816.5000 | 2480.0000 | 1685.1000 | 3550.9000 | 2266.9000 |
| Магний (Mg) | 2854.8000 | 2457.0000 | 1590.9000 | 4307.4000 | 3781.0000 |
| Натрий (Na) | 29.1000 | 25.7000 | 64.9170 | 27.5040 | 28.3410 |
| Фосфор (P) | 5922.1000 | 5475.0000 | 6481.5000 | 6231.0000 | 8045.6000 |
| Кремний (Si) | 548.8000 | 383.0000 | 854.2800 | 670.4900 | 1106.3000 |
| Микро- и ультрамикроэлементы, мкг/г | | | | | |
| Серебро (Ag) | 0.0820 | 0.0090 | 0.0910 | 0.0290 | 0.0210 |
| Мышьяк (As) | 0.0010 | 0.0010 | 0.0030 | 0.0030 | 0.0050 |

Результаты масс-спектрометрического определения химических элементов

| Элемент | Амарант печальный | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|----------|----------|------------|----------|
| | Сорт | | | | |
| | Воронежский | Крепыш | Кизлярец | Кинельский | Янтарь |
| Микро- и ультрамикроэлементы, мкг/г | | | | | |
| Золото (Au) | 0.0180 | 0.0030 | 0.0070 | 0.0090 | 0.0180 |
| Бор (B) | 7.000 | 7.1000 | 34.4000 | 7.5000 | 34.8000 |
| Барий (Ba) | 9.4000 | 10.1000 | 8.5000 | 18.5000 | 41.9000 |
| Бериллий (Be) | 0.0041 | 0.0010 | 0.0059 | 0.0026 | 0.0062 |
| Висмут (Bi) | 0.0037 | 0.0016 | 0.0159 | 0.0077 | 0.0113 |
| Бром (Br) | 6.8800 | 2.3500 | 11.1000 | 3.4000 | 10.4000 |
| Кадмий (Cd) | 0.3140 | 0.0570 | 0.0566 | 0.1245 | 0.0444 |
| Церий (Ce) | 0.3200 | 0.1900 | 0.1645 | 0.2190 | 0.7099 |
| Кобальт (Co) | 0.8700 | 0.1900 | 0.7174 | 0.5262 | 0.5073 |
| Хром (Cr) | 5.1600 | 1.3400 | 2.6145 | 3.7603 | 4.4517 |
| Цезий (Cs) | 0.0640 | 0.0270 | 0.2130 | 0.2257 | 0.2579 |
| Медь (Cu) | 16.0200 | 7.6600 | 7.0760 | 18.4570 | 28.0090 |
| Диспрозий (Dy) | 0.1170 | 0.0120 | 0.0896 | 0.0246 | 0.0459 |
| Эрбий (Er) | 0.0250 | 0.0050 | 0.0221 | 0.0145 | 0.0103 |
| Европий (Eu) | 0.0070 | 0.0030 | 0.0310 | 0.0125 | 0.0130 |
| Железо (Fe) | 179.7000 | 183.0000 | 370.4500 | 294.5100 | 159.5100 |
| Галлий (Ga) | 0.4830 | 0.0790 | 0.3443 | 0.7418 | 0.2034 |
| Гадолиний (Gd) | 0.0670 | 0.0150 | 0.0735 | 0.0402 | 0.0794 |
| Германий (Ge) | 0.0630 | 0.0070 | 0.0063 | 0.0649 | 0.0200 |
| Гафний (Hf) | 0.0140 | 0.0100 | 0.0753 | 0.0621 | 0.0423 |
| Ртуть (Hg) | 0.0003 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0004 | 0.0009 |
| Гольмий (Ho) | 0.0064 | 0.0021 | 0.0175 | 0.0137 | 0.0047 |
| Йод (I) | 0.0850 | 0.0500 | 0.1229 | 0.3654 | 0.2245 |
| Лантан (La) | 0.3630 | 0.0840 | 0.2223 | 0.5359 | 0.5597 |
| Литий (Li) | 0.2430 | 0.1200 | 0.4084 | 0.4685 | 0.4281 |
| Лютеций (Lu) | 0.0001 | 0.0009 | 0.0077 | 0.0026 | 0.0018 |
| Марганец (Mn) | 93.7000 | 46.5000 | 44.6950 | 69.7810 | 108.4700 |
| Молибден (Mo) | 0.5750 | 0.3800 | 1.4171 | 0.3587 | 0.1515 |
| Ниобий (Nb) | 0.2760 | 0.0360 | 0.0165 | 0.0064 | 0.3187 |
| Неодим (Nd) | 0.5220 | 0.0730 | 0.1311 | 0.5929 | 0.0324 |
| Никель (Ni) | 4.0500 | 1.1400 | 5.2619 | 3.4760 | 2.7166 |
| Свинец (Pb) | 0.0470 | 0.1300 | 0.3155 | 0.2420 | 0.2667 |
| Празеодим (Pr) | 0.0610 | 0.0210 | 0.1790 | 0.0039 | 0.0489 |
| Рубидий (Rb) | 37.6900 | 7.6300 | 36.6420 | 20.1430 | 12.7470 |
| Сурьма (Sb) | 0.0780 | 0.0080 | 0.0622 | 0.0716 | 0.0333 |
| Селен (Se) | 0.3550 | 0.1900 | 0.7533 | 0.4772 | 0.1875 |
| Самарий (Sm) | 0.0180 | 0.0180 | 0.1099 | 0.1259 | 0.0238 |
| Олово (Sn) | 0.1030 | 0.0210 | 0.0477 | 0.1503 | 0.0837 |
| Стронций (Sr) | 15.5900 | 6.4200 | 7.5830 | 16.4130 | 21.2300 |
| Тантал (Ta) | 0.0066 | 0.0019 | 0.0008 | 0.0101 | 0.0091 |

Результаты масс-спектрометрического определения химических элементов

| Элемент | Амарант печальный | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|---------|----------|------------|---------|
| | Сорт | | | | |
| | Воронежский | Крепыш | Кизлярец | Кинельский | Янтарь |
| Микро- и ультрамикроэлементы, мкг/г | | | | | |
| Тербий (Tb) | 0.0130 | 0.0020 | 0.0017 | 0.0030 | 0.0008 |
| Торий (Th) | 0.0840 | 0.0240 | 0.0031 | 0.1244 | 0.1763 |
| Титан (Ti) | 31.4000 | 14.5000 | 10.3850 | 15.0690 | 11.7260 |
| Таллий (Tl) | 0.0120 | 0.0020 | 0.0144 | 0.0023 | 0.0007 |
| Тулий (Tm) | 0.0025 | 0.0010 | 0.0056 | 0.0051 | 0.0005 |
| Уран (U) | 0.0010 | 0.0080 | 0.0316 | 0.0299 | 0.0260 |
| Ванадий (V) | 0.7210 | 0.3100 | 0.6191 | 1.4280 | 1.0287 |
| Вольфрам (W) | 0.1100 | 0.0120 | 0.0892 | 0.0837 | 0.0284 |
| Иттрий (Y) | 0.4750 | 0.0610 | 0.5612 | 0.5730 | 0.5431 |
| Иттербий (Yb) | 0.0310 | 0.0050 | 0.0337 | 0.0254 | 0.0496 |
| Цинк (Zn) | 80.6000 | 33.4000 | 97.8300 | 44.2200 | 53.0800 |
| Цирконий (Zr) | 1.3900 | 0.5200 | 1.8700 | 1.8500 | 1.3800 |

Sm, Ta, Tb, U, Y, Zn), затем (14) сорта Воронежский (Mg, Na, Si, Ag, Cu, Er, Ga, Ho, I, Nb, Ni, Rb, Ta, Th), несколько меньше (11) сорта Кинельский (Al, K, Ag, Cd, Eu, Hf, La, Pb, Sn, Yb, Zr), ещё меньше (8) сорта Янтарь (B, Ba, Ce, Gd, Sb, Sr, V, W) и особенно (7) сорта Крепыш (Ca, Cr, Dy, Se, Ti, Tl, Tm).

По мере убывания максимальных и вторых после них значений элементов до экстракции гексаном сорта могут быть представлены следующим образом: Янтарь > Кинельский > Кизлярец > Крепыш > Воронежский; аналогично минимальных и вторых после них значений: Кизлярец > Воронежский > Крепыш > Кинельский > Янтарь.

Иные результаты при соответствующем анализе максимальных и минимальных значений элементов в шроте семян различных сортов после извлечения жирного масла. Они более наглядны по максимальным и особенно вторым после них значениям. Так, после экстракции гексаном ни одного максимума, ни одного второго значения после них в ряду анализируемых элементов не выявлено в семенах сорта Крепыш. Больше всего (19) максимальных значений отдельных элементов (K, P, Si, As, Au, B, Ba, Be, Ce, Cs, Cu, Gd, Hg, La, Mn, Nb, Sr, Th, Yb) отмечено в шроте семян сорта Янтарь, на одно значение меньше (18) — сорта Кизлярец (Na, Ag, Bi, Br, Fe, Hf, Ho, Lu, Mo, Ni, Pb, Pr, Se, Tl, Tm, U, Zn, Zr), несколько меньше (14) — сорта Кинельский (Al, Mg, B, Eu, Ga, Ge, I, Li, Nd, Sm, Sn, Ta, V, Y) и меньше всего

(12) — сорта Воронежский (Ca, Au, Cd, Co, Cr, Dy, Er, Rb, Sb, Tb, Ti, W). Вторых значений после максимальных больше всего (20) обнаружено в шроте семян сорта Кинельский (Ca, As, Au, Ba, Cd, Cs, Cu, Fe, Hf, Ho, La, Lu, Sb, Se, Sr, Tb, Th, Ti, Tm, U, Zr), затем (15) — Кизлярец (Si, As, B, Bi, Co, Dy, Er, Eu, Gd, Hg, Rb, Sm, W, Y, Yb), столько же, сколько и в предыдущем - сорта Воронежский (K, Na, Ag, Ce, Ga, Ge, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, Pr, Sn, Tl, Zn) и 10 (Al, Mg, Bi, Br, Cr, I, Li, Pb, Ta, V) - сорта Янтарь.

При сравнительном анализе после экстракции гексаном больше всего (36) минимальных (K, Na, P, Si, Ag, As, Be, Bi, Br, Co, Cs, Cr, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Hg, Ho, I, La, Li, Nb, Ni, Rb, Sb, Sm, Sn, Sr, V, W, Y, Yb, Zn, Zr) и вторых после них значений (18) выявлено в семенах сорта Крепыш (Al, Mg, Au, B, Ce, Cu, Ge, Lu, Mn, Nd, Pb, Pr, Se, Ta, Th, Tl, Tm, U). Значительно меньше их в семенах других сортов. Так, в семенах сорта Кизлярец 10 минимальных (Ca, Mg, Ba, Ce, Cu, Ge, Mn, Ta, Th, Ti) и 6 значений после них (Cr, La, Nb, Sn, Sr, V). Соответственно в семенах сорта Янтарь 8 (Cd, Fe, Mo, Nd, Se, Tb, Tl, Tm) и 13 (Ca, Ag, Co, Er, Ga, Ho, Ni, Rb, Sb, Sm, Ti, W, Zr), сорта Воронежский - 7 (Al, As, B, Lu, Pb, Se, U) и 11 (Si, Ba, Bi, Cs, Eu, Fe, Hf, Hg, I, Li, Y), сорта Кинельский - 1 (Pr) и 8 (Na, Be, Br, Dy, Gd, Mo, Yb, Zn).

По мере убывания максимальных и вторых после них значений элементов после экстракции гексаном сорта можно расположить в следующий

ряд: Кинельский > Кизлярец > Янтарь > Воронежский > Крепыш, аналогично минимальных и вторых после них значений: Крепыш > Янтарь > Воронежский > Кизлярец > Кинельский, т. е. весьма наглядны сортовые особенности в накоплении анализируемых элементов.

Из изложенного следует, что семена анализируемых сортов амаранта в больших количествах аккумулируют Ca, Mg, P, Si, Fe, Al, Mn, Zn, Rb, Ti, Sr, что подтверждает известные данные [10].

При оценке экологической чистоты семян и их шрота различных сортов нами отмечено, что они безопасны, так как не превышают уровни кадмия (1 мг/кг), мышьяка (0,5 мг/кг), ртути (0,1 мг/кг), свинца (6 мг/кг) [11, 12]. В большей мере кадмием загрязнены семена сорта Воронежский, мышьяком и ртутью - сорта Янтарь, свинцом - сорта Кизлярец.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В семенах сортов Воронежский, Кизлярец, Кинельский, Крепыш, Янтарь амаранта печального, культивируемых в Воронежской области, до и после экстракции гексаном, т. е. до и после извлечения жирного масла, определено 7 макро- (Al, Ca, K, Mg, Na, P, Si), 54 микро- и ультрамикроэлемента (Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ce, Cd, Co, Cs, Cr, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, I, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sb, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr), почти половина которых является эссенциальными или кандидатами в эссенциальные, 10 - токсичными (Be, Ba, Hg, Ta, As, Sb, Bi, Cd, Pb, Al) и 22 с не выясненными до конца биологическими функциями (Ga, Gd, Ge, Hf, Ho, Dy, Er, Eu, Yb, Y, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Ta, Tb, Th, Tm, U, Cs, W). В результате исследований убедительно показано, что семена и их шрот в значительных количествах содержали K, P, Ca, Mg, Si, Fe, Al, Mn, Zn, Rb, Ti, Sr, Cu, Br, Cr, Ni, B, Ba. В связи с чем возможно их использование для регулирования различных нарушений микроэлементного равновесия организма человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башкірова Л. Біологічна роль деяких есенційних макро- та мікроелементів (огляд) / Л.

Башкірова, А. Руденко. — Ліки України, 2004. — № 10. — С. 59-65.

2. Войнар А. И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / А.И. Войнар. — М. : Высшая школа, 1960. — 544 с.

3. Гокжаева Л. П. Кадмий — металл-эко-токсикант / Л.П. Гокжаева, Л.И. Щербакова, В.А. Компанцев. — Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: Сб. науч тр. — Вып. 66. — Пятигорск, 2011. — С. 888-889.

4. Коломийцева М. Г. Микроэлементы в медицине / М.Г. Коломийцева, Р.Д. Габович — М. : Медицина, 1970. — 287 с.

5. Микроэлементозы человека (этиология, классификация, органопатология) / А. П. Авцын [и др.] — М. : Медицина, 1991. — 495 с.

6. Ноздрюхина Л. Р. Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции / Л.Р. Ноздрюхина, Н.И. Гринкевич — М. : Наука, 1980. — 280 с.

7. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков — М. : ОНИКС 21 век; Мир, 2004. — 272 с.

8. Гульшина В.А. Особенности минерального состава разных сортов амаранта багряного/ В.А. Гульшина, В.Н. Зеленков // Химия и технология растительных веществ : V Всеросс. науч. конф. — Уфа, 2008. — С. 109.

9. Амарант : Информационный выпуск. - Воронеж, 2010. — № 3. — 12 с.

10. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргоновой плазмой : Методические указания (МУК 4.1.1483 - 03). — М. : ФЦ ГСЭН МЗ РФ, 2003. — 36 с.

11. Эпидемиологическая генотоксикология тяжёлых металлов и здоровье человека/Е.Н.Ильинских [и др.] — Томск : СибГМУ, 2003. — 300 с.

12. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078 - 01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» от 06.11.2001 г. с изменением от 31.05.2002 г.

Фурса Николай Сергеевич — заведующий кафедрой фармакогнозии и фармацевтической технологии Ярославской государственной медицинской академии; e-mail: fursans@rambler.ru

Круглов Дмитрий Сергеевич — старший преподаватель кафедры фармакогнозии и ботаники Новосибирского государственного медицинского университета

Коренская Ирина Михайловна — старший преподаватель кафедры управления и экономики фармации и фармакогнозии Воронежского государственного университета; e-mail: irmich65@yandex.ru

Соленикова Светлана Николаевна — врач; МУЗ Детская поликлиника №3

Fursa Nikolay S. — manager of the department of pharmacognosy and pharmtechnology Yaroslavl state medical academy; e-mail: fursans@rambler.ru

Kruglov Dmitriy S. — senior Lecturer of the department of Pharmacognosy and Botany, Novosibirsk State Medical University

Korenskaya Irina M. — senior Lecturer of the department of Management and economics of pharmacy and pharmacognosy, Voronezh State University; tel.: (473) 253-04-28; e-mail: irmich65@yandex.ru

Solennikova Svetlana N. — doctor, children's polyclinic №3