

ИЗУЧЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ЛИСТЬЕВ ПОДОРОЖНИКА БОЛЬШОГО И ЛИСТЬЕВ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ

Н. А. Дьякова, А. И. Сливкин, С. П. Гапонов

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 26.12.2016 г.

Аннотация. Проведен экологический анализ загрязнения радионуклидами верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья подорожника большого и крапивы двудомной, собранного в Воронежской области. Результаты исследования отобранных образцов листьев подорожника большого и листьев крапивы двудомной показывают экологически благополучное состояние изучаемого лекарственного растительного сырья. Для всех образцов рассчитаны коэффициенты накопления токсичных элементов. Выявлено, что листья подорожника большого и листья крапивы двудомной являются аккумуляторами радиоактивных изотопов цезия-137 и калия-40 из почв.

Ключевые слова: Воронежская область, листья подорожника большого, листья крапивы двудомной, коэффициенты накопления, радионуклиды.

Abstract. The ecological analysis of pollution by radionuclides of high layers of soils and medicinal vegetable raw materials of a *Plantago major* L. and *Urtica dioica* L., collected in the Voronezh region is carried out. Results of a research of the selected exemplars of leaves of a *Plantago major* L. and leaves of a *Urtica dioica* L. show ecologically safe condition of the studied medicinal vegetable raw materials. For all exemplars storage coefficients of toxiferous elements are calculated. It is revealed that leaves of a *Plantago major* L. and leaves of a *Urtica dioica* L. are accumulators of radioactive isotopes of cesium-137 and potassium-40 from soils.

Keywords: Voronezh region, leaves of a *Plantago major* L., leaves of a *Urtica dioica* L., storage coefficients, radionuclides.

Значительная часть заготовок лекарственного растительного сырья сосредоточена в Центральном Черноземье. Освоение минеральных ресурсов, интенсивные технологии в сельском хозяйстве, связанные с использованием пестицидов, сточные воды крупных предприятий, последствия Чернобыльской трагедии - все эти факторы резко обострили проблему обеспечения медицины и фармации промышленности растительным сырьем в необходимом объеме и ассортименте. Загрязненное лекарственное растительное сырье и фитопрепараты, полученные из такого сырья, являются одним из источников поступления поллютантов в организм человека [1,2]. Наиболее опасными загрязнителями биосферы в настоя-

щее время считаются радионуклиды в силу их способности к миграции по биологическим цепям [3,4].

Цель исследования - оценка экологического состояния лекарственного растительного сырья Воронежской области и выявление аккумулирующих способностей дикорастущего лекарственного сырья в отношении радионуклидов.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для проведения исследований в рамках Воронежской области как среднестатистической области Центрального Черноземья нами были выбраны точки отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья. Выбор исследуемых районов обусловлен характером специфического антропогенного воздействия на него (рис. 1)



Рис. 1. Карта отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья (обозначения расшифрованы в табл. 1)

Со всех исследуемых территорий проводили отбор проб верхних слоев почв (глубиной 0-10 см) и смешанных проб лекарственного растительного сырья. В качестве объектов исследования были выбраны растения, обладающие, согласно литературным данным, наибольшей способностью к накоплению различного рода поллютантов. Это крупнолиственные виды - подорожник большой (*Plantago major* L.) и крапива двудомная (*Urtica dioica* L.). Листья данных растений заготавливаются преимущественно от дикорастущих организмов, произрастающих как в естественных растительных сообществах, так и на урбанизированных территориях. Заготовленные образцы сушили при температуре 40-45 °С с хорошей вентиляцией.

Анализ образцов почв и лекарственного растительного сырья проводили на гамма-бета-альфа спектрометре-радиометре МКГБ-01 «РАДЭК» с программным обеспечением «ASW». Проводили определение основных (долгоживущих) искусственных радионуклидов (стронций-90, цезий-137) и часто встречаемых в природе естественных радионуклидов (калий-40, торий-232, радий-226).

Интенсивность переноса радионуклидов из почвы в растение характеризует коэффициент накопления (КН). Расчеты проводили по формуле:

$$КН = C_{ЛРС} / C_{почва} \quad (1)$$

где КН – коэффициент накопления радионуклида; $C_{ЛРС}$ – удельная активность радионуклида в воздушно-сухой пробе лекарственного растительного сырья, Бк/кг; $C_{почва}$ – удельная активность радионуклида в верхних слоях почвы, Бк/кг [5,6].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ существующей нормативной документации показал, что предельно допустимое содержание (ПДС) радионуклидов в почве не установлено, в связи с чем судить о радионуклидном загрязнении исследуемых образцов не представляется возможным. В целом же, полученные значения не велики и согласно данным литературы их можно считать среднестатистическими для радиационно безопасных районов. Несколько выделяются более высокой активностью цезия-137 районы Северо-западной части области (Рамонский, Верхнехавский, Нижнедевицкий, Семилукский, Репьевский, Хохольский районы и г. Воронеж), однако, и это значения невелики и составляют в среднем 50-60 Бк/кг. Связать несколько повышенный уровень активности указанных местностей можно с попаданием их в так называемую зону фоновых районов чернобыльских радиоактивных выпадений.

Что касается значений активности природных радионуклидов, то они близки к среднемировым. Несколько повышена активность калия-40 (на 12% больше среднемировых значений) и тория-232 (на 19%). Однако это объясняется особенностью почв Воронежской области, в большинстве своем представленные черноземами, для которых характерны более высокие средние значения активности природных радионуклидов (500 Бк/кг для калия-40 и 44 Бк/кг для тория-232). Таким образом, почвы Воронежской области можно признать в целом радиологически благополучными.

Анализ данных по исследованию лекарственного растительного сырья показывает, что для всех отобранных образцов удельная активность радионуклидов не превышает предельно допустимую [7] (табл. 1,2).

Чтобы объективно оценить возможности разных видов изучаемого нами сырья по накоплению искусственных и природных радионуклидов, рассчитывались коэффициенты накопления.

Листья подорожника большого, произрастающего в Воронежской области, имеют средние коэффициенты накопления стронция-90 - 1.12 (значение варьирует от 0.94 до 1.29), цезия-137 – 2.55 (от 1.81 до 3.29), тория-232 – 0.37 (от 0.24 до 0.49), калия-40 – 1.47 (от 1.23 до 1.96), радия-226 – 0.93 (от 0.72 до 1.02).

Для листьев крапивы двудомной характерными значениями средних коэффициентов накопления являются: для стронция-90 - 1.07 (от 0.93 до 1.21), для цезия-137 - 1.41 (1.12-1.64), для

Результаты определений активности радионуклидов в образцах листьев подорожника большого (*Plantago major L.*)

| № п/п | Район сбора | Активность радионуклидов, Бк/кг | | | | |
|--|--|---------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | | Стронций-90 | Цезий-137 | Торий-232 | Калий-40 | Радий-226 |
| 1 | Воронежский биосферный заповедник | 6.4 | 115.9 | 12.4 | 416 | 4,8 |
| 2 | Хоперский заповедник | 6.0 | 77.3 | 11.7 | 539 | 4,2 |
| 3 | Борисоглебский район (Губари) | 6.1 | 63.9 | 14.3 | 606 | 3,9 |
| 4 | Елань-Колено | 5.8 | 69.9 | 10.8 | 682 | 7,3 |
| 5 | Нижнедевицк | 10.4 | 123.3 | 9.8 | 689 | 8,6 |
| 6 | Острогожск | 7.8 | 128.1 | 11.7 | 853 | 8,9 |
| 7 | Семилуки | 8.9 | 163.1 | 9.3 | 716 | 10,1 |
| 8 | Нововоронеж | 5.4 | 136.8 | 14.7 | 635 | 9,2 |
| 9 | Воронеж-Нововоронеж | 7.6 | 153.7 | 15.4 | 614 | 9,6 |
| 10 | Лискинский район | 4.8 | 129.6 | 12.3 | 556 | 8,3 |
| 11 | Ольховатский район | 5.9 | 136.1 | 13.0 | 718 | 8,4 |
| 12 | Подгоренский район | 7.2 | 118.9 | 14.2 | 831 | 8,3 |
| 13 | Петропавловский район | 6.3 | 79.5 | 14.5 | 854 | 8,7 |
| 14 | Грибановский район | 6.4 | 61.3 | 17.4 | 704 | 10,2 |
| 15 | Хохольский район | 7.8 | 142.9 | 16.5 | 918 | 10,1 |
| 16 | Новохоперский район | 6.8 | 63.1 | 17.1 | 679 | 10,6 |
| 17 | Репьевский район | 8.2 | 138.6 | 18.4 | 751 | 8,7 |
| 18 | Воробьевский район | 5.3 | 64.3 | 19.5 | 653 | 8,2 |
| 19 | Панинский район | 8.4 | 89.5 | 12.6 | 689 | 8,7 |
| 20 | Верхнехавский район | 8.7 | 115.4 | 18.4 | 911 | 8,2 |
| 21 | Эртиль | 8.9 | 81.2 | 13.3 | 937 | 9,3 |
| 22 | Россошанский район | 7.2 | 105.7 | 16.5 | 983 | 8,0 |
| 23 | Россошь (Химическое предприятие ОАО «Минудобрения») | 7.1 | 117.4 | 13.9 | 861 | 8,1 |
| 24 | Поворино | 6.5 | 65.3 | 14.2 | 499 | 9,0 |
| 25 | Борисоглебск | 6.7 | 54.1 | 12.1 | 673 | 7,6 |
| 26 | Калач | 7.5 | 59.8 | 11.7 | 835 | 7,3 |
| 27 | Вблизи теплоэлектростанции «ВО-ГРЭС» | 7.2 | 167.3 | 20.6 | 1072 | 10,2 |
| 28 | Вблизи химического предприятия ООО «Воронежский Гипрокаучук» | 7.4 | 157.6 | 18.5 | 1157 | 10,1 |
| 29 | Вдоль низовья Воронежского водохранилища | 8.3 | 140.6 | 17.3 | 1116 | 9,8 |
| 30 | Вблизи периметрового ограждения Воронежского аэропорта | 6.2 | 89.1 | 16.4 | 531 | 7,4 |
| 31 | Улица города | 9.3 | 146.3 | 11.5 | 1197 | 9,3 |
| 32 | Трасса М4 (смешанный лес) (Рамонский район) | 7.2 | 97.6 | 10.6 | 534 | 7,0 |
| 33 | Трасса А144 (лесостепь) (Анна) | 5.4 | 116.8 | 13.7 | 678 | 4,5 |
| 34 | Трасса М4 (степная зона) (Павловск) | 6.7 | 103.4 | 9.7 | 511 | 6,5 |
| 35 | Нескоростная автомобильная дорога (Богучар) | 5.9 | 57.1 | 9.6 | 609 | 8,4 |
| 36 | Железная дорога (Рамонский район) | 7.7 | 98.4 | 11.1 | 497 | 7,2 |
| Среднее для Воронежской области | | 7.1 | 106.6 | 14.0 | 742 | 8.2 |
| ЦДС [7] | | 200 | 400 | - | - | - |

Табл. 2

Результаты определений активности радионуклидов в образцах листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica L.*)

| № п/п | Район сбора | Активность радионуклидов, Бк/кг | | | | |
|--|--|---------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | | Стронций-90 | Цезий-137 | Торий-232 | Калий-40 | Радий-226 |
| 1 | Воронежский биосферный заповедник | 7.2 | 57.9 | 11.4 | 514 | 5.7 |
| 2 | Хоперский заповедник | 6.4 | 30.4 | 10.8 | 617 | 5.5 |
| 3 | Борисоглебский район (Губари) | 5.5 | 29.7 | 12.3 | 634 | 4.8 |
| 4 | Елань-Колено | 5.2 | 34.3 | 17.4 | 732 | 7.4 |
| 5 | Нижнедевицк | 10.2 | 60.1 | 14.5 | 767 | 10.3 |
| 6 | Острогожск | 7.6 | 72.3 | 17.9 | 869 | 10.2 |
| 7 | Семилуки | 8.3 | 74.5 | 14.1 | 877 | 10.9 |
| 8 | Нововоронеж | 4.5 | 77.9 | 18.6 | 793 | 9.7 |
| 9 | Воронеж-Нововоронеж | 6.9 | 74.1 | 16.5 | 787 | 10.4 |
| 10 | Лискинский район | 4.0 | 69.5 | 14.1 | 591 | 9.3 |
| 11 | Ольховатский район | 6.1 | 67.4 | 19.6 | 786 | 9.8 |
| 12 | Подгоренский район | 7.2 | 64.3 | 17.4 | 853 | 9.4 |
| 13 | Петропавловский район | 5.6 | 41.9 | 15.9 | 876 | 9.8 |
| 14 | Грибановский район | 5.9 | 36.2 | 16.3 | 839 | 10.3 |
| 15 | Хохольский район | 7.8 | 74.3 | 17.3 | 891 | 10.1 |
| 16 | Новохоперский район | 6.9 | 38.1 | 19.0 | 832 | 10.7 |
| 17 | Репьевский район | 8.4 | 65.3 | 14.5 | 905 | 9.5 |
| 18 | Воробьевский район | 6.2 | 29.4 | 17.6 | 814 | 9.7 |
| 19 | Панинский район | 7.9 | 57.5 | 18.3 | 839 | 10.3 |
| 20 | Верхнехавский район | 9.6 | 72.3 | 17.2 | 876 | 9.2 |
| 21 | Эртиль | 10.1 | 51.6 | 19.1 | 816 | 9.8 |
| 22 | Россошанский район | 6.9 | 60.4 | 18.5 | 903 | 9.1 |
| 23 | Россошь (Химическое предприятие ОАО «Минудобрения») | 6.7 | 58.1 | 18.9 | 917 | 9.7 |
| 24 | Поворино | 5.4 | 37.2 | 12.6 | 679 | 9.5 |
| 25 | Борисоглебск | 5.7 | 34.5 | 15.7 | 705 | 9.3 |
| 26 | Калач | 7.0 | 32.7 | 14.2 | 891 | 9.2 |
| 27 | Вблизи теплоэлектростанции «ВО-ГРЭС» | 6.8 | 96.1 | 19.9 | 1211 | 11.9 |
| 28 | Вблизи химического предприятия ООО «Воронежский Гипрокаучук» | 7.4 | 99.3 | 18.3 | 1176 | 11.3 |
| 29 | Вдоль низовья Воронежского водохранилища | 7.9 | 97.1 | 18.7 | 939 | 10.9 |
| 30 | Вблизи периметрового ограждения Воронежского аэропорта | 5.9 | 66.8 | 14.2 | 618 | 9.4 |
| 31 | Улица города | 8.3 | 99.5 | 18.9 | 1014 | 10.7 |
| 32 | Трасса М4 (смешанный лес) (Рамонский район) | 6.9 | 74.1 | 10.7 | 539 | 7.9 |
| 33 | Трасса А144 (лесостепь) (Анна) | 5.6 | 65.7 | 12.9 | 714 | 5.6 |
| 34 | Трасса М4 (степная зона) (Павловск) | 5.2 | 63.1 | 11.3 | 553 | 7.8 |
| 35 | Нескоростная автомобильная дорога (Богучар) | 5.9 | 33.5 | 14.4 | 609 | 9.6 |
| 36 | Железная дорога (Рамонский район) | 7.4 | 48.5 | 14.8 | 512 | 8.8 |
| Среднее для Воронежской области | | 6.8 | 59.6 | 15.9 | 791 | 9.3 |
| ПДС [7] | | 200 | 400 | - | - | - |

тория-232 - 0.42 (0.31-0.56), для калия-40 - 1.59 (1.16-1.84), для радия-226 - 1.06 (0.83-1.19).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая полученные данные по коэффициентам накопления радионуклидов разными видами лекарственного растительного сырья, можно сделать вывод о том, что в наименьшей степени растениями накапливается торий-232, коэффициенты накопления которого для всех изучаемых образцов стремятся к 0.5.

В большей степени изучаемыми видами накапливается цезий-137 и калий-40 (средние коэффициенты накопления стремятся к 1.5). Поведение цезия-137 и, конечно, калия-40 при переходе из почвы в растения обычно связывают с поведением обменного калия. Основанием для этого является тот факт, что растения, которые содержат больше калия, обычно накапливают больше цезия-137. Калий-40 же накапливается в растениях аналогично нерадиоактивным изотопам его и в концентрациях, прямо пропорциональных концентрациям в природе. Цезий и калий – элементы одной группы периодической системы элементов, а потому механизмы захвата из почвы и транспортировки в тканях растения ничем не отличаются. Распределение цезия-137 по отдельным органам и передвижение его внутри растения тесно связано с калием, в частности с калием-40 [8].

Накопление стронция-90 и радия-226 носит для изучаемых видов сырья сходный характер, средние значения коэффициентов их накопления варьируют в пределах 1.0. Сходный характер накопления данных радионуклидов объясняется близостью химического строения друг с другом и с таким биологически важным макроэлементом, как кальций. Механизмы поглощения стронция, радия и кальция растениями из почвы является практически одинаковым, достаточно большая аналогия имеется и в интенсивности передвижения этой тройки элементов в растениях [8].

Еще одним интересным отмечаемым нами фактом является также то, что в зонах отбора образцов, лишенных негативного антропогенного воздействия (Воронежский биосферный заповедник, Хоперский заповедник, Борисоглебский район (Губари)) коэффициенты накопления радионуклидов разными видами изучаемого сырья, как правило, меньше среднестатистических, и, напротив, для сырья, отобранного в районах интенсивного антропогенного воздействия харак-

терны коэффициенты накопления поллютантов значительно превышают среднестатистические нормы. Это позволяет предположить, что различные токсиканты взаимно потенцируют друг друга к накоплению в растительных тканях и органах, что является также перспективным направлением для исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Великанова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в г. Воронеже и его окрестностях / Н.А. Великанова [и др.] // Известия Воронежского государственного педагогического университета. — 2013. — № 1 (260). — С. 232-236.
2. Великанова Н.А. Экологическая оценка состояния лекарственного растительного сырья (на примере *Polygonum aviculare* L. и *Plantago major* L.) в урбоусловиях города Воронежа и его окрестностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.А. Великанова. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 2013. — 21 с.
3. Дьякова Н.А. Исследования по загрязнению лекарственного растительного сырья Воронежского региона радионуклидами / Н.А. Дьякова [и др.] // Материалы IV международной конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса»: Сборник научных трудов. ФГБНУ ВНИИОК, Ставрополь, 2015. — том 1. — вып. 8. — Ставрополь: Бюро новостей, 2015. — С. 656-659.
4. Гапонов С.П. Изучение особенностей накопления радионуклидов травой полыни горькой / Гапонов С.П., Дьякова Н.А., Сливкин А.И. // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: материалы 6-й Международной научно-методической конференции «Фармобразование-2016». — Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». — 2016. — С. 232-236.
5. Гапонов С.П. Особенности накопления искусственных и природных радионуклидов травой тысячелистника обыкновенного / Гапонов С.П., Сливкин А.И., Дьякова Н.А. / Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: материалы 6-й Международной научно-методической конференции «Фармобразование-2016». — Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». — 2016. — С. 236-239.

6. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного / Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Самылина И.А. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. — 2016. — № 3. — С. 110-115.

*Воронежский государственный университет
Дьякова Н. А., к.б.н., асс. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии
Тел.: (920) 4125352
E-mail: ninochka_v89@mail.ru*

*Сливкин А. И., д.фарм.н., проф., зав. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии
Тел.: +7 (473) 255-47-76
E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru*

*Гапонов С. П., д.б.н., проф., зав. каф. зоологии и паразитологии
Тел.: +7 (473) 220-88-61
E-mail: gaponov2003@mail.ru*

7. ОФС.1.5.3.0001.15 «Определение содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах».

8. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа / Н. А. Великанова, С. П. Гапонов, А. И. Сливкин. — LAMBERT Academic Publishing, 2013. — 211 с.

*Voronezh State University
Dyakova N. A., the candidate of biological sciences, the assistant at the pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology department
Tel.: (920) 4125352
E-mail: Ninochka_V89@mail.ru*

*Slivkin A. Y., Full Professor, PhD, Dsci, Head of the pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology department
Tel.: +7 (473) 255-47-76
E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru*

*Gaponov S. P., Full Professor, PhD, DSci, Head of the Department of Zoology and Parasitology
Tel.: +7 (473) 2208861
E-mail: gaponov2003@mail.ru*