

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ КОРНЕКЛУБНЕЙ В АГРОЭКОСИСТЕМЕ САД–ОГОРОД ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В статье рассмотрены вопросы содержания нитратов в корнеклубнях овощных культур и картофеля в агроэкоэкологии сад–огород лесостепной зоны Красноярского края. Нитраты – неотъемлемая часть всех наземных и водных экосистем, так как процесс нитрификации, ведущий к образованию окисленной неорганической формы азота, является принципиальным механизмом, имеющим глобальный характер. Нитраты крайне неравномерно распределены по органам и тканям растения. Объектами исследования являлись корнеклубни овощных культур (морковь, свекла) и картофеля, выращенных в агроэкоэкологиях сад–огород в окрестностях сел Балахта, Новоселово, Березовка, Емельяново и городов Боготол, Сосновоборск лесостепной зоны Красноярского края. Исследования проводились в сентябре 2012–2014 гг. Цель исследования: определить содержание нитратов корнеклубней овощных культур (моркови, свеклы) и картофеля в агроэкоэкологиях сад–огород лесостепной зоны Красноярского края. Основным методом исследования – экологический мониторинг, позволяющий анализировать природные экосистемы и агроэкоэкологии по биотическим показателям для их экологического контроля. В ходе исследований выявлено, что содержание нитратов в корнеклубнях картофеля, моркови и свеклы имеет различия для районов исследования. Наибольшее содержание нитратов во всех исследуемых культурах наблюдается в г. Сосновоборске, Боготоле и с. Березовке; среднее – в с. Емельяново, а наименьшее – в селах Балахта и Новоселово. Одним из объяснений этого может служить использование высокоурожайных сортов, которые способны к интенсивному накоплению нитратов, и повышение вносимых доз азотосодержащих удобрений, как неорганических, так и органических.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, лесостепная зона, агроэкоэкология, нитраты, содержание, корнеклубень, картофель, морковь, свекла, ионометрический метод.

G.A. Demidenko

### ECOLOGICAL MONITORING OF THE CONTENT OF TUBER NITRATES IN THE AGROECOSYSTEM THE GARDEN-KITCHEN GARDEN OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF KRASNOYARSK REGION

In the article the problems of nitrates content in tubers of vegetable cultures and potatoes in agroecosystem of a garden–kitchen garden of a forest-steppe zone of Krasnoyarsk region are considered. Nitrates are an integral part of all land and water ecosystems as the process of nitrification conducting to formation of the oxidized inorganic form of nitrogen is the basic mechanism having global character. Nitrates are extremely unevenly distributed organs and tissues of a plant. The objects of research were tubers of vegetable cultures (carrots, beet) and potatoes, grown up in agroecosystems of a garden-kitchen garden, in the neighborhood of the villages of Balakhta, Novoselovo, Beryozovka, Yemelyanovo and the cities of Bogotol, Sosnovoborsk of a forest-steppe zone of Krasnoyarsk region. Researches were conducted in September, 2012–2014. The objective of the research was to define the content of nitrates of tubers of vegetable cultures (carrots, beet) and potatoes in agroecosystems of a garden–kitchen garden of a forest-steppe zone of Krasnoyarsk region. The main method of research was the environmental monitoring allowing analyzing natural ecosystems and agroecosystems on biotic indicators for their environmental control. During researches it is revealed that potatoes, carrots and beet have different contents of nitrates in various regions of studies. The greatest content of nitrates in all studied cultures is observed in Sosnovoborsk, Bogotol and the village of Beryozovka; an average was in the village of Yemelyanovo, and the smallest was in the villages of Balakhta and Novoselovo. The use of high-yielding grades which are capa-

ble of intensive accumulation of nitrates and increase of the brought doses of nitrogen-containing fertilizers, both inorganic, and organic can serve one of the explanations of it.

**Key words:** ecological monitoring, forest-steppe zone, agroecosystem, nitrates, contents, tubers, potatoes, carrots, beet, ionometric method.

**Введение.** Нитраты – неотъемлемая часть всех наземных и водных экосистем, так как процесс нитрификации, ведущий к образованию окисленной неорганической формы азота, является принципиальным механизмом, имеющим глобальный характер. В то же время с ростом интенсификации производства вообще и азотных удобрений в частности поступление неорганических соединений азота в природные воды, растения и, следовательно, в организм человека возрастает. Количество нитратов можно рассматривать как совокупность экологических условий, агротехнических и генетических факторов [1, 5–8, 12–14].

Среди факторов внешней среды наибольшее влияние на содержание нитратов оказывают влажность, свет, температура воздуха и почвы, которые действуют в комплексе, усиливая или ослабляя друг друга [10].

Нитраты крайне неравномерно распределены по органам и тканям растения. Зная специфику их накопления и распределения в растении в стадии товарной спелости, можно оценить правильность их использования в питании человека.

**Цель исследования.** Определить содержание нитратов в корневых клубнях овощных культур (моркови, свеклы) и картофеля в агроэкосистемах сад–огород лесостепной зоны Красноярского края.

**Объекты и методы исследования.** Объектами исследования являлись корнеклубни овощных культур (морковь, свекла) и картофеля, выращенных в агроэкосистемах сад–огород в окрестностях сел Балахта, Новоселово, Березовка, Емельяново и городов Боготол, Сосновоборск лесостепной зоны Красноярского края. Исследования проводились в сентябре 2012–2014 гг.

Основной метод исследования – экологический мониторинг, позволяющий анализировать природные экосистемы и агроэкосистемы по биотическим показателям для их экологического контроля [2].

Определение нитратов в овощной продукции выполнялось ионометрическим методом (ГОСТ 4329-77.4), который основан на извлечении нитратов раствором алюмокалиевых квасцов с измерением их концентрации в полученной вытяжке с помощью ионоселективного электрода. Для ускорения анализа можно использовать сок продукции, разбавленный раствором алюмокалиевых квасцов [4]. В полученной суспензии измеряют концентрацию нитрат-ионов. Измерения проводят при помощи ионометра ИН-002 в соответствии с дополнениями к СанПиН № 4722-88 и выполняют обработку результатов анализа [3, 9].

**Результаты исследования.** Содержание нитратов определялось у корнеплодов картофеля (Красноярский ранний, Тулеевский, Розара) и овощных культур: моркови (Нантская, Шартане, Московская зимняя) и свеклы (Бордо, Цилиндрическая, Столовая).

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Содержание нитратов в корнеклубнях агроэкосистем сад-огород лесостепной зоны Красноярского края за 2012 год, мг/кг**

| Культура            | Район исследования |           |         |            |            |              |     |
|---------------------|--------------------|-----------|---------|------------|------------|--------------|-----|
|                     | Балахта            | Березовка | Боготол | Емельяново | Новоселово | Сосновоборск | ПДК |
| 1                   | 2                  | 3         | 4       | 5          | 6          | 7            | 8   |
| Картофель           |                    |           |         |            |            |              | 250 |
| Красноярский ранний | 161,0              | 183,4     | 202,4   | 246,3      | 145,3      | 220,7        |     |
| Тулеевский          | 152,5              | 146,5     | 189,7   | 149,8      | 134,8      | 187,9        |     |
| Розара              | 151,5              | 57,8      | 165,4   | 111,6      | 64,7       | 97,5         |     |

Окончание табл. 1

| 1                 | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8    |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Морковь           |        |        |        |        |        |        | 400  |
| Нантская          | 58,4   | 266,2  | 345,9  | 228,3  | 148,2  | 330,0  |      |
| Шартане           | 42,4   | 200,8  | 112,6  | 207,5  | 126,8  | 172,1  |      |
| Московская зимняя | 34,1   | 109,3  | 38,9   | 51,7   | 75,1   | 50,3   |      |
| Свекла            |        |        |        |        |        |        | 1400 |
| Бордо             | 2546,1 | 2802,9 | 2269,8 | 1945,2 | 2268,3 | 3280,2 |      |
| Цилиндрическая    | 2035,5 | 1606,4 | 2036,4 | 1902,3 | 2024,8 | 3030,2 |      |
| Столовая          | 1390,3 | 1137,5 | 1699,2 | 1809,8 | 1723,4 | 2559,4 |      |

Данные таблицы 1 показали, что содержание нитратов в корнеклубнях исследуемых культур зависит от культуры, сорта и условий выращивания.

Содержание нитратов в корнеклубнях моркови и картофеля исследуемых сортов не превышает ПДК для районов исследования. Хотя для картофеля сорта Красноярский ранний в агроэко-системе сад-огород с. Емельяново содержание нитратов составляет 246,3 мг/кг, что практически приравнено к ПДК. Содержание нитратов между исследуемыми сортами растений имеет различия. В клубнях картофеля наибольшее содержание нитратов имеет сорт Красноярский ранний, а наименьшее – сорт Розара во всех районах исследования. В корнеклубнях моркови содержание нитратов также зависит от сорта, наибольшее содержание нитратов имеет сорт Нантская, а наименьшее – сорт Московская зимняя. Содержание нитратов в моркови сорта Московская зимняя по сравнению с морковью сорта Нантская ниже от 1,7 (с. Балахта) до 8,1 (г. Боготол) раза. При примерно одинаковой урожайности этих сортов моркови предпочтение стоит отдавать сорту Московская зимняя.

Содержание нитратов в корнеклубнях свеклы почти во всех исследуемых районах превышает ПДК в 1,5–2,5 раза для сортов Бордо, Цилиндрическая, Столовая. Свекла сорта Столовая содержит нитратов меньше ПДК: 1390,3 мг/кг – с. Балахта и 1137,5 мг/кг – с. Березовка, хотя для других районов лесостепной зоны Красноярского края содержание нитратов в корнеплодах превышает ПДК в среднем в 1,5 раза.

Распределение нитратов в разных органах и частях растения неодинаково.

Рассмотрим содержание нитратов в клубне картофеля сорта Красноярский ранний. Клубень картофеля можно разделить на три зоны: кора, сердцевина, мякоть [11].

Таблица 2

### Распределение нитратов в клубнях картофеля сорта Красноярский ранний, мг/кг

| Клубень картофеля | Район исследования |            |         |              |
|-------------------|--------------------|------------|---------|--------------|
|                   | Балахта            | Новоселово | Боготол | Сосновоборск |
| 1                 | 2                  | 3          | 4       | 5            |
| 2012 год          |                    |            |         |              |
| Кора              | 49,7               | 40,1       | 62,4    | 66,0         |
| Сердцевина        | 71,3               | 66,9       | 86,9    | 91,0         |
| Мякоть            | 40,0               | 38,3       | 53,1    | 63,7         |
| Всего             | 161,0              | 145,3      | 202,4   | 220,7        |
| 2013 год          |                    |            |         |              |
| Кора              | 47,7               | 43,3       | 58,9    | 61,2         |
| Сердцевина        | 68,5               | 63,2       | 74,8    | 85,1         |

Окончание табл. 2

| 1          | 2     | 3     | 4     | 5     |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| Мякоть     | 38,3  | 26,1  | 52,0  | 54,1  |
| Всего      | 154,5 | 132,6 | 185,7 | 200,4 |
| 2014 год   |       |       |       |       |
| Кора       | 43,1  | 41,8  | 63,8  | 67,2  |
| Сердцевина | 64,0  | 63,8  | 76,3  | 89,4  |
| Мякоть     | 26,8  | 24,0  | 58,5  | 61,9  |
| Всего      | 133,9 | 129,6 | 198,6 | 218,5 |

Анализ таблицы 2 показал, что в агроэкосистеме сад–огород населенных пунктов за три года в среднем содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Красноярский ранний имеет в коре, сердцевине и мякоти разные величины. Село Балахта: в коре – 46,8 мг/кг; в сердцевине – 67,9; в мякоти – 35,0 мг/кг. Село Новоселово: в коре – 41,7 мг/кг; в сердцевине – 64,6; в мякоти – 29,4 мг/кг. Город Боготол: в коре клубня картофеля – 61,7 мг/кг; в сердцевине – 79,3; в мякоти – 54,5 мг/кг. Меньше нитратов в клубне картофеля содержится в мякоти, а большее – в сердцевине. В среднем в кожуре и сердцевине содержание нитратов в 1,1–1,3 раза больше, чем в мякоти клубней картофеля.

В корнеплоде моркови также выделяются зоны с различным содержанием нитратов.

Таблица 3

### Распределение нитратов в корнеплоде моркови сорта Нантская, мг/кг

| Корнеплод моркови | Район исследования |            |           |              |
|-------------------|--------------------|------------|-----------|--------------|
|                   | Балахта            | Новоселово | Березовка | Сосновоборск |
| 2012 год          |                    |            |           |              |
| Кора              | 52,7               | 56,2       | 98,1      | 113,4        |
| Сердцевина        | 79,2               | 92,0       | 168,1     | 216,6        |
| Всего             | 131,9              | 148,2      | 266,2     | 330,0        |
| 2013 год          |                    |            |           |              |
| Кора              | 22,3               | 49,3       | 56,2      | 77,3         |
| Сердцевина        | 36,1               | 79,3       | 89,8      | 123,0        |
| Всего             | 58,4               | 128,6      | 146,0     | 200,3        |
| 2014 год          |                    |            |           |              |
| Кора              | 35,4               | 46,3       | 69,5      | 97,4         |
| Сердцевина        | 56,5               | 90,6       | 94,4      | 201,0        |
| Всего             | 91,9               | 136,9      | 164,4     | 298,4        |

Анализ таблицы 3 показал, что в агроэкосистеме сад–огород населенных пунктов за три года в среднем содержание нитратов в корнеплодах моркови сорта Нантская в коре и сердцевине имеет разные величины. Село Балахта: в коре корнеплода – 36,8; в сердцевине – 57,2 мг/кг. Село Новоселово: в коре корнеплода моркови содержится 50,6; в сердцевине – 87,3 мг/кг. Село Березовка: в коре – 74,6; в сердцевине – 117,4 мг/кг. Город Сосновоборск: в коре – 96,0; в сердцевине – 180,2 мг/кг. Меньше нитратов в корнеплодах моркови содержится в коре, а больше нитратов – в сердцевине. В среднем в сердцевине нитратов в 0,5–0,6 раза больше, чем в коре в корнеплоде моркови. Высоко содержание нитратов в верхушке и кончике корнеплода, что вызвано наличием в этой зоне всасывающих корешков. Содержание нитратов в сердцевине уменьшается от кончика к верхушке. В коре более высокое содержание нитратов обнаружено в средней зоне корнеплода моркови.

В корнеплоде свеклы наблюдается определенное распределение нитратов в верхушке, средней части, сердцевине и кончике корня.

Таблица 4

## Содержание нитратов в корнеплоде свеклы сорта Бордо, мг/кг

| Корнеплод свеклы | Район исследования |            |            |              |
|------------------|--------------------|------------|------------|--------------|
|                  | Балахта            | Новоселово | Емельяново | Сосновоборск |
| 2012 год         |                    |            |            |              |
| Верхушка         | 802,0              | 714,8      | 642,4      | 1033,5       |
| Средняя часть    | 506,6              | 451,3      | 378,5      | 652,7        |
| Сердцевина       | 387,0              | 344,7      | 289,0      | 498,5        |
| Кончик корня     | 850,5              | 757,5      | 635,3      | 1095,5       |
| Всего            | 2546,1             | 2268,3     | 1945,2     | 3280,2       |
| 2013 год         |                    |            |            |              |
| Верхушка         | 641,4              | 535,2      | 601,7      | 806,2        |
| Средняя часть    | 404,9              | 338,0      | 379,5      | 509,2        |
| Сердцевина       | 309,4              | 258,3      | 290,0      | 388,9        |
| Кончик корня     | 679,7              | 567,5      | 633,3      | 854,7        |
| Всего            | 2035,4             | 1699,0     | 1902,5     | 2559,0       |
| 2014 год         |                    |            |            |              |
| Верхушка         | 637,6              | 641,3      | 570,7      | 954,5        |
| Средняя часть    | 402,7              | 405,2      | 357,9      | 602,9        |
| Сердцевина       | 307,6              | 309,5      | 274,9      | 460,6        |
| Кончик корня     | 680,0              | 680,0      | 604,4      | 1012,0       |
| Всего            | 2024,9             | 2036,0     | 1809,9     | 3030,1       |

Анализ таблицы 4 показал, что в агроэкосистеме сад–огород населенных пунктов за три года среднее содержание нитратов в корнеплодах свеклы сорта Бордо в верхушке, средней части, сердцевине и кончике корня имеет разные величины. Село Балахта: в верхушке – 633,6 мг/кг; в средней части – 438,0; в сердцевине – 333,6; в кончике корня – 736,7 мг/кг. Село Новоселово: в верхушке – 630,4 мг/кг; в средней части – 398,1; в сердцевине – 336,0; в кончике корня – 668,3 мг/кг. Село Емельяново: в верхушке – 604,9 мг/кг; в средней части – 371,9; в сердцевине – 284,6; в кончике корня – 624,3 мг/кг. Город Сосновоборск: в верхушке – 931,4 мг/кг; в средней части – 588,2; в сердцевине – 449,3; в кончике корня – 987,4 мг/кг. Меньше нитратов в корнеплодах свеклы содержится в сердцевине и в средней части, а больше нитратов – в верхушке и в кончике корня. В среднем в верхушке содержание нитратов больше, чем в сердцевине, примерно в 2 раза. Высокое содержание нитратов в верхушке корнеплода свеклы связано с тем, что здесь находится точка роста листьев и аккумулируется большое количество различных веществ. А в кончике корня – из-за накопления в этой зоне всасывающих корешков.

**Заключение.** Район исследования относится к лесостепным ландшафтам Красноярского края. Погодные условия в летнее время отличаются в течение трех лет исследования по количеству осадков. Именно количество осадков оказывают влияние на содержание нитратов в корнеклубнях растений. Наибольшим содержанием нитратов, в том числе в разных зонах корнеклубней, характеризуется 2012 год как наиболее увлажненный. В периоды повышенной влажности почвы происходит интенсивное накопление нитратов, особенно при переизбытке нитратосодержащих удобрений, которые поступают в корнеклубень и в нем перераспределяются.

Разные сорта культур накапливают различное содержание нитратов, поэтому большее применение должны получить сорта с низкой способностью к накоплению нитратов. В наших исследованиях это картофель сорта Розара, морковь сорта Московская зимняя, свекла сорта Столовая.

Содержание нитратов в корнеклубнях картофеля, моркови и свеклы имеет различия для разных районов исследования. Наибольшее содержание нитратов во всех исследуемых культурах наблюдается в г. Сосновоборске, г. Боготоле и с. Березовке; среднее – в с. Емельяново, а наименьшее – в селах Балахта и Новоселово. Одним из объяснений этого может служить использование высокоурожайных сортов, которые способны к интенсивному накоплению нитратов, и повышение вносимых доз азотосодержащих удобрений, как неорганических, так и органических.

### Литература

1. *Державин Л.М.* Нитраты в растениеводческой продукции // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – №10. – С. 43–46.
2. *Демиденко Г.А., Фомина Н.В.* Мониторинг окружающей среды. – Красноярск, 2013. – 153 с.
3. Дополнения к СанПиН № 4722-88. Ионметрический метод исследования. – М.: Изд-во станд., 1988.
4. *Глунцов Н.М.* Ионметрический экспресс-метод определения нитратного азота в овощной продукции // Применение удобрений в тепличном хозяйстве. – М.: Моск. раб., 1987. – С. 35–42.
5. *Картавых В.В., Шпедт А.А.* Оценка плодородия пахотных почв по содержанию органического вещества и нитратного азота в условиях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 6. – С. 64–69.
6. *Кригер А.А., Милованов О.В., Кригер Н.В.* Эколого-токсикологическая оценка овощной продукции южных районов Красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 4. – С. 113–118.
7. *Назарюк В.М.* Пути снижения содержания нитратов в овощной продукции // Экологические проблемы накопления нитратов в окружающей среде. – Пущино, 1989. – С. 70–75.
8. Охрана окружающей среды при использовании средств химизации: справ. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 311 с.
9. СанПин 42-123-4619-88. Допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения. – М.: Изд-во станд., 1988.
10. *Соколов О.А., Бубнова Т.В.* Атлас распределения нитратов в растениях. – Пущино, 1989. – 112 с.
11. *Соколов О.А.* Как уменьшить содержание нитратов в овощах? // Экология и жизнь. – 1998. – № 2. – С. 53–55.
12. *Соколов О.А., Монастырский М.С., Пикушова Э.А.* Экологизация защиты растений. – Пущино: ОНТИ ПИУ РАН, 1994. – 462 с.
13. *Тиво П.Ф.* Нитраты: слухи и реальность. – Минск: Ураджай, 1990. – 151 с.
14. *Ягодин Б.А.* Аккумуляция нитратов овощными культурами // Достижения науки и техники АПК. – 1989. – № 4. – С. 21–22.

### Literatura

1. *Derzhavin L.M.* Nitraty v rastenievodcheskoi produkcii // Himizaciya sel'skogo hozyajstva. – 1991. – №10. – S. 43–46.
2. *Demidenko G.A., Fomina N.V.* Monitoring okruzhayushchei sredy. – Krasnoyarsk, 2013. – 153 s.
3. Dopolneniya k SanPiN № 4722-88. Ionometricheskii metod issledovaniya. – M.: Izd-vo stand., 1988.
4. *Gluncov N.M.* Ionometricheskii ehkspress-metod opredeleniya nitratnogo azota v ovoshchnoj produkcii // Primenenie udobrenii v teplichnom hozyajstve. – M.: Moskov. rab., 1987. – S. 35–42.
5. *Kartavyh V.V., Shpedt A.A.* Ocenka plodorodiya pahotnyh pochv po soderzhaniyu organicheskogo veshchestva i nitratnogo azota v usloviyah Krasnoyarskoj lesostepi // Vestnik KrasGAU. – 2014. – № 6. – S. 64–69.
6. *Kruger A.A., Milovanov O.V., Kriger N.V.* Ehkologo-toksikologicheskaya ocenka ovoshchnoi produkcii yuzhnyh raionov Krasnoyarskogo kraja // Vestnik KrasGAU. – 2014. – № 4. – S. 113–118.

7. *Nazaryuk V.M.* Puti snizheniya sodержaniya nitratov v ovoshchnoi produkcii // *Ehkologicheskie problemy nakopleniya nitratov v okruzhayushchej srede.* – Pushchino, 1989. – S. 70–75.
8. *Ohrana okruzhayushchei sredy pri ispol'zovanii sredstv himizacii: sprav.* – M.: Rosagropromizdat, 1989. – 311 s.
9. *SanPin 42-123-4619-88.* Dopustimye urovni sodержaniya nitratov v produktah rastitel'nogo proiskhozhdeniya. – M.: Izd-vo stand., 1988.
10. *Sokolov O.A., Bubnova T.V.* Atlas raspredeleniya nitratov v rasteniyah. – Pushchino, 1989. – 112 s.
11. *Sokolov O.A.* Kak umen'shit' sodержanie nitratov v ovoshchah? // *Ehkologiya i zhizn'.* – 1998. – № 2. – S. 53–55.
12. *Sokolov O.A., Monastyrskii M.S., Pikushova Eh.A.* *Ehkologizaciya zashchity rastenii.* – Pushchino: ONTI PIU RAN, 1994. – 462 s.
13. *Tivo P.F.* *Nitraty: sluhi i real'nost'.* – Minsk: Uradzhai, 1990. – 151 s.
14. *Yagodin B.A.* *Akkumulyaciya nitratov ovoshchnymi kul'turami* // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* – 1989. – № 4. – S. 21–22.

