

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 635-18

Влияние загрязненной нитратами воды на урожайность петрушки

Блинохватов А.А., Симаков Д.Г.

Аннотация. В статье рассмотрена проблема качества оросительной воды, используемой при орошении культур. Производство сельскохозяйственных культур, обеспечивающих безопасность пищевых продуктов, во многом зависит от характеристик почвы. Целью данной работы является установление влияния загрязненной нитратами поливной воды на урожайность петрушки. В опыте по выращиванию в горшках с почвой (чернозем) исследовали влияние поливной воды, взятой из естественных колодцев. При четырех возрастающих уровнях содержания нитратов в воде (16, 77, 184 и 320 мг/л) были обнаружены изменения в содержании нитратов (от 20 до 1970 мг/кг), адекватные концентрации нитратов в воде и снижающиеся со временем. Содержание сахаров и сухих веществ были определены в трех черенках. Показана параллельная тенденция концентрации нитратов и содержания пигментов в листьях. Полученные результаты дают конкретные рекомендации по безопасности продукции из петрушки и контролю качества почвы при обогащении нитратами с помощью воды, используемой для орошения.

Ключевые слова: безопасность пищевых продуктов, овощи, орошение, загрязненная вода, сахара, пигменты.

Для цитирования: Блинохватов А.А., Симаков Д.Г. Влияние загрязненной нитратами воды на урожайность петрушки // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 48–53.

Effect of nitrate-contaminated water on parsley yield

Blinohvatov A.A., Simakov D.G.

Abstract. The article considers the problem of the quality of irrigation water used in the irrigation of crops. The production of food-safe crops is highly dependent on soil characteristics. The purpose of this work is to establish the effect of irrigation water contaminated with nitrates on the yield of parsley. In an experiment on growing in pots with soil (chernozem), the effect of irrigation water taken from natural wells was investigated. At four increasing levels of nitrate in water (16, 77, 184 and 320 mg/l), changes in nitrate content (from 20 to 1970 mg/kg) were found, adequate concentrations of nitrates in water and decreasing with time. The content of sugars and solids were determined in three cuttings. A parallel trend in the concentration of nitrates and the content of pigments in the leaves is shown. The results obtained provide specific recommendations for the safety of parsley products and soil quality control when enriched with nitrates using irrigation water.

Keywords: food safety, vegetables, irrigation, contaminated water, sugars, pigments.

For citation: Blinohvatov A.A., Simakov D.G. Effect of nitrate-contaminated water on parsley yield. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 48–53. (In Russ.).

Введение

Во всем мире азотные удобрения играют решающую роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур [1-3]. В то же время внесение азотных удобрений является крупнейшим энергетическим вложением и значением в себестоимости продукции, а также значительным поставщиком нитратного загрязнения подземных вод [4, 5]. Применяемые в оптимальных дозах азотные удобрения позволяют повысить качество продукции и урожайность на 20-40%. С другой стороны, внесение удобрений с необоснованно высокими дозами азота, особенно когда азот в почве не сбалансирован с другими питательными веществами, приводит к накоплению нитратов в продукте выше максимального. Исследования ученых по балансу азота и фосфора на уровне хозяйств показали, что при интенсивном овощеводстве на одном и том же хозяйстве в годы после вегетации почва содержала от 40 до 100 кг азота на гектар, а разрыв составлял около 10 кг P_2O_5 [6-9]. Известно, что овощи являются основным источником токсичности нитратов для человека. Около 70% суточной нормы нитратов человек получает с овощами, 20% - с питьевой водой и 10% - с мясом и другими продуктами питания. Чаще всего накопление нитратов в растениеводстве связано с повышенным внесением азотных удобрений. Многочисленные данные свидетельствуют, однако, что такая интерпретация не всегда верна. Во многих случаях высокое содержание нитратов обнаруживается в продукции, полученной без каких-либо органических и минеральных удобрений. Высокое содержание нитратов в растениях также может быть спровоцировано не только азотными удобрениями, но и более чем 20 другими факторами, такими как биология культуры и сорта, климатические и почвенные условия, агротехника и др.

Принимая во внимание важность обеспечения безопасности пищевых продуктов и повышение знаний в области агрохимии почв и биологии растений, была поставлена цель выявить изменения урожайности, качества и некоторых биохимических показателей в процессе вегетации петрушки, выращиваемой при поливе загрязненной водой.

Объекты и методы исследований

Эксперимент проводился на садовом участке в теплице в г. Пенза. Почва среднебогатая гумусом 3,7%, нейтральным рН в воде 6,8 и низким содержанием минерального азота - 5,5 мг/1000г и очень высоким содержанием подвижного калия и фосфора: K_2O -218,5 мг/100г и P_2O_5 -56,5 мг/100г.

Экспериментальная схема составлена из четырех вариантов, и каждый вариант включал шесть повторностей. Варианты основаны на восходящей нагрузке поливной воды с нитратами. Воду брали из четырех действующих в поселке колодцев. Установленное содержание загрязняющих веществ

Таблица 1 - Концентрация нитратов, хлоридов и сульфатов (мг/л) в оросительной воде

Вариант	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}
1	16	47	147
2	77	61	190
3	184	106	263
4	320	213	490
Максимально допустимый уровень	50	250	250

характеризовало воду, загрязненную нитратами в трех скважинах, и высоким содержанием сульфатов (табл. 1).

В горшки высаживали 20 семян петрушки сорта «Фестивальная». За счет ежедневных поливов влажность почвы поддерживали на уровне 75% от влажности почвы. За вегетацию было сделано три укоса растений.

Исследование включало наблюдение за следующими параметрами: масса зеленых листьев и корней (г), оценку качества растений проводили по нитратам (мг*л/кг) и общим сахарам (%) (по методикам ГОСТ), содержание пластидных пигментов в свежей массе (метод экстракции 80% ацетоном) (мг/100 г)). Абсолютно сухое вещество определяли в % от свежей биомассы.

Результаты

Тестовые растения выращивали в течение двух месяцев. При этом было проведено три среза растений с хорошо сформированной листвой. Обращают на себя внимание небольшие различия в массе растений первого и второго укосов по сравнению с первым укосом (табл. 2) несмотря на то, что содержание нитратов в поливной воде на втором варианте значительно выше. Вегетативные массы в третьем и четвертом вариантах одного периода укоса практически равны. В начале вегетации различия между вариантами кажутся четкими. Во втором и третьем разрезах различия между вариантами увеличиваются. Масса первого укоса растений в варианте 4 на 32 % больше, чем в первом, затем второй вариант уже более чем в пять раз больше, а разница в уклоне между четвертым и первым вариантом в тринадцать раз больше в пользу четвертого. вариант на третьем разрезе. Суммарно биомасса листовых растений всех трех укосов по варианту 4 примерно в три раза больше, чем по первому. Эти различия между опытными вариантами и полученными корневыми массами очень выражены. В конце эксперимента варианты растений с самой высокой нагрузкой нитратами имеют почти в 6 раз большую корневую массу по сравнению с вариантом 1.

Содержание зольных элементов в зеленой части и корнях петрушки увеличивается с увеличением содержания азота в поливной воде, в соответствии с повышенным водопотреблением и

формируемым более крупным листом. При этом содержание сухого вещества и общих сахаров в листьях было выше в первом варианте и снижается с увеличением содержания нитратов в поливных водах.

В соответствии с разной нагрузкой поливной воды регистрируемое содержание нитратов в урожае различно. В то время как первый срез варианта 1 имеет только 20,1 мг сырой массы $\text{NO}_3/\text{кг}$, то в четвертом варианте $\text{NO}_3/\text{кг}$ достигают 1970 мг сырой массы. На следующих этапах измерения содержание нитратов падает. Параллельно с повышением температуры воздуха и солнечной активности, а также с развитием растительности увеличивалась активность нитратредуктазы, что способствовало превращению нитратов в растительных клетках. В третьем срезе нитраты в листе уменьшились в два раза чем в первом варианте, примерно в восемь раз

на втором, замедлились в третьем и в двенадцать раз на 4 варианте. Однако тот опыт показал, что содержание нитратов в вегетативной массе вариантов петрушки даже при высоком содержании нитратов в поливной воде ниже допустимых концентраций, для яровых овощей риск является фактом, особенно учитывая низкое содержание минерального азота.

Агроэкологический интерес представляет расчет вносимой почвенной селитры с поливной водой с учетом всей воды, необходимой для выхода опыта. Если с санитарно чистой поливной водой было внесено 27,88 г $\text{NO}_3/\text{кг}$ почвы, то под наиболее загрязненной нитратами водой это количество составило 790 мг $\text{NO}_3/\text{кг}$ почвы или в 28 раза. в расчете на площадь, по первому варианту составило 0,126 кг N/га, по второму - 0,679 кг N/га, по третьему - 1,984 кг N/га и по последнему варианту составило 3,570 кг N/га.

Таблица 2 - Влияние нитратов в оросительной воде на формирование биомассы (зеленой и корневой), г

Нитраты, мг/л		Зеленая биомасса				Корнеплоды
		I срез	II срез	III срез	общий	
	средний	6	1,32	0,57	7,89	1,79
16,4	медиана	5,86	1,39	0,59		1,28
	станд.	1,12	0,27	0,13		1,34
	средний	5,43	1,94	1,3	9,32	5,55
77,1	медиана	5,48	1,82	1,16		5,86
	станд.	0,55	0,4	0,38		2,38
	средний	7,9	4,66	5,23	17,79	9,57
184,3	медиана	7,96	5,19	5,15		9,33
	станд.	1,81	1,33	0,99		3,2
	средний	7,91	6,95	7,85	22,71	10,39
320,5	медиана	8,02	6,98	7,75		9,62
	станд.	2,19	0,89	0,77		2,52

Таблица 3 - Влияние нитратов в оросительной воде на изменение показателей качества

Вариант	1	2	3	4
I срез				
Зольные элементы, %	15,84	16,6	18,62	19,5
Абсолютная сухая биомасса, %	19,52	18,12	16,63	16,57
NO_3 , мг/кг	20,1	221,4	1150	1970,3
Общие сахара, %	8,6	8,3	7,5	6,1
II срез				
Зольные элементы, %	16,6	17,4	18,31	19,72
Абсолютная сухая биомасса, %	20,25	17,07	14,44	14,07
NO_3 , мг/кг	19	26,23	62,75	412,38
Общие сахара, %	8,4	8,9	7,2	5,9
III срез				
Зольные элементы, %	15,07	16,11	17,34	18,03
Абсолютная сухая биомасса, %	15,24	13,16	11,74	12,68
NO_3 , мг/кг	10,21	17,34	11,64	168,72
Общие сахара, %	7,5	7,4	5,7	3,9
Корнеплоды				
Зольные элементы, %	17,04	15,87	15,16	16,23

Таблица 4 - Содержание пластидных пигментов в зеленой биомассе петрушки

Варианты	1	2	3	4
	I срез			
хлорофилл «а» (мг/г)	5,08	5,9	6,24	7,29
хлорофилл «б» (мг/г)	2,73	3,06	3,88	3,85
хлорофилл «а» + хлорофилл «б» (мг/г)	7,81	8,96	10,12	11,14
хлорофилл «а» / хлорофилл «б»	1,86	1,93	1,61	1,89
каротиноиды (мг/г)	1,95	2,04	1,98	2,18
	II срез			
хлорофилл «а» (мг/г)	6,88	7,02	7,58	9,09
хлорофилл «б» (мг/г)	3,81	3,54	3,59	3,99
хлорофилл «а» + хлорофилл «б» (мг/г)	10,69	10,56	11,17	13,08
хлорофилл «а» / хлорофилл «б»	1,82	2	2,11	2,28
каротиноиды (мг/г)	2,37	2,17	2,48	2,91
	III срез			
хлорофилл «а» (мг/г)	7,51	7,58	8,66	15,26
хлорофилл «б» (мг/г)	4,23	3,65	5,53	12,67
хлорофилл «а» + хлорофилл «б» (мг/г)	11,74	11,23	14,19	27,93
хлорофилл «а» / хлорофилл «б»	1,78	2,08	1,57	1,2
каротиноиды (мг/г)	2,26	2,44	2,31	2,98

Обсуждение

Нитраты представляют собой природные формы азота и являются неотъемлемой частью круговорота азота в окружающей среде. Их присутствие в продукции растениеводства (преимущественно овощей) в высоких концентрациях представляет опасность для здоровья человека. Это подразумевает контроль за применением удобрений, широко используемых в современном сельском хозяйстве. Однако относительно мало внимания уделялось другим источникам внесения нитратов в почву. В частности, загрязнителем является качество поливной воды для выращивания овощей.

Петрушка – одна из основных специй и трав, традиционно используемых в нашей стране. В то же время петрушка относится к числу растений, характеризующихся высоким риском накопления нитратов. Различная способность к накоплению нитратов в растениях может быть связана с конкретным местом активности нитратредуктазы и ее экспрессией, а также с различными уровнями поглощения и транслокации нитратов внутри растения.

В данном исследовании учитывается сезонная динамика поглощения и транспорта нитратов в зеленые части растений. В течение фаз вегетации не только увеличивается биомасса растительности, но и улучшаются факторы, ограничивающие изменение активности ферментов (увеличение солнечного света, ограничение источников нитратов). Это

естественным образом приводит к снижению концентрации нитратов в листьях. Особенно резко это проявляется в вариантах с высоким поступлением нитратов с поливной воды.

Изменения содержания нитратов в биомассе тесно связаны с другими метаболическими процессами. Известно, что для восстановления нитратов и включения их в органические соединения необходима энергия, которая поступает от разрушения углеводов. В экспериментальных условиях наибольшее содержание общих сахаров имеет первый срез, когда образуется достаточно биомассы растений и, вероятно, действуют адаптивные механизмы для борьбы с высоким уровнем нитратов (табл. 3).

В течение вегетации у растений формируются и адекватные физиологические процессы, связанные с утилизацией макроэлементов, таких как фотосинтетические пластидные пигменты. В состав хлорофилла входят в основном азотсодержащие структуры (ферменты и органические соединения). Несомненный интерес представляет исследование связи и взаимосвязи между содержанием хлорофилла в листьях и азотом в циклах растений. В этом исследовании содержание пластидных пигментов в листе петрушки имеет однонаправленный тренд с концентрацией нитратов в поливной воде (таблица 4). Содержание хлорофилла «а» + хлорофилла «б» возрастало от самой низкой к самой высокой концентрации нитрата, а самое высокое – в растительных образцах из третьего (последнего) среза.

Ближайшее к оптимальному соотношение хлорофилл «а» / хлорофилл «б» (между 1,82 и 2,28) отмечено у образцов из всех четырех вариантов второго всхода.

Петрушка, выращенная в вариантах с высоким содержанием нитратов в оросительных водах, имеет выраженный тургор свежих и листьев, высокое содержание хлорофилла, что отражается и на абсолютном сухом веществе (эффект разбавления).

Данные этого исследования показывают, что концентрация загрязняющих веществ не превышала нормы безопасности санитарной продукции. Однако при управлении производством овощей необходимо учитывать не только содержание нитратов в почве, но и других примесей для оценки риска. Иригационная вода значительно влияет на питательные вещества (представляя риск для национальных механизмов регулирования).

Выводы

Дифференциация между формируемыми вегетативными массами между вариантами видна в рас-

тительности. Суммарная облиственность растений трех вариантов на скосе с наибольшей нитратной нагрузкой (320,5 мг/л) больше, чем у первого среза (16,4 мг/л). Различия между вариантами очень выражены и проявляются в корневых массах. В укосном опыте варианты растений с наибольшей нитратной нагрузкой имеют почти в 6 раз большую корневую массу по сравнению с вариантом 1.

Первая отсечка первого варианта составляет 20,1 мг NO₃/кг сырой массы. Вариант, орошаемый выраженной загрязненной водой - 1970,3 мг NO₃/кг живой массы. В конце исследования нитраты в листе уменьшились в два раза по первому варианту, по второму - в восемь раз, по последнему варианту - в сто раз по третьему и четвертому.

Изменения содержания нитратов во всех вариантах тесно связаны с концентрацией общего сахара и выражают сходную тенденцию в содержании пластидных пигментов.

При поливной норме для поддержания относительной влажности воздуха 75% в зависимости от содержания нитратов в поливной воде в выходные опыты вносилось от 1,26 до 35,70 кг N/га.

Литература

- [1] Шабышев, Н. В. Изменение рН почвы при внесении безводного аммиака в качестве удобрения / Н. В. Шабышев, Ю. В. Блинохватова, В. Н. Эркаев // Роль вузовской науки в решении проблем АПК : сборник статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Г.Б. Гальдина, Пенза, 24–25 октября 2018 года. Том I. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – С. 161-164. – EDN YOCXWH.
- [2] Влияние микроудобрений на основе хелатных комплексов на всхожесть семян / А. В. Нуштаева, Ю. В. Блинохватова, Т. А. Власова, Н. П. Чекаев // Нива Поволжья. – 2021. – № 1(58). – С. 17-22. – DOI 10.36461/NP.2021.58.1.009. – EDN TAQIPZ.
- [3] Накопления бобовыми культурами селена в зависимости от содержания его почвах пензенской области / В. А. Вихрева, А. А. Блинохватов, Ю. В. Блинохватова, С. В. Зиновьев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 5(21). – С. 96-98. – EDN SYIUTF.
- [4] Куликова, Е. Г. Безопасность и качество пищевых продуктов, продовольственного сырья и кормов в условиях интенсивных технологий производства / Е. Г. Куликова, Ю. В. Блинохватова // Сурский вестник. – 2021. – № 1(13). – С. 15-18. – DOI 10.36461/2619-1202_2021_13_01_003. – EDN TACJMK.
- [5] Куликова, Е. Г. Агроэкологическая оценка динамики изменения содержания гумуса в почвах Пензенской области как показателя почвенного плодородия / Е. Г. Куликова, Ю. В. Блинохватова, А. А. Галиуллин // Сурский вестник. – 2021. – № 1(13). – С. 10-14.

References

- [1] Shabyshev, N. V. Change in soil pH when anhydrous ammonia is applied as a fertilizer / N. V. Shabyshev, Yu. national) scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor G.B. Galdina, Penza, October 24–25, 2018. Volume I. - Penza: Penza State Agrarian University, 2018. - P. 161-164. – EDN YOCXWh.
- [2] Effect of microfertilizers based on chelate complexes on seed germination / A. V. Nushtaeva, Yu. V. Blinokhvato, T. A. Vlasova, N. P. Chekaev // Niva Povolzhya. - 2021. - No. 1 (58). - S. 17-22. – DOI 10.36461/NP.2021.58.1.009. – EDN TAQIPZ.
- [3] Vikhreva V. A., Blinokhvato A. A., Blinokhvato Yu. V., Zinoviev S. V. Accumulation of selenium by legumes depending on its content in the soils of the Penza region // XXI century: results of the past and problems of the present plus. - 2014. - No. 5(21). - S. 96-98. – EDN SYIUTF.
- [4] Kulikova, E. G. Safety and quality of food products, food raw materials and feeds under intensive production technologies / E. G. Kulikova, Yu. V. Blinokhvato // Sursky Bulletin. - 2021. - No. 1(13). - P. 15-18. – DOI 10.36461/2619-1202_2021_13_01_003. – EDN TACJMK.
- [5] Kulikova, E. G. Agroecological assessment of the dynamics of changes in the humus content in the soils of the Penza region as an indicator of soil fertility / E. G. Kulikova, Yu. V. Blinokhvato, A. A. Galiullin // Sursky Vestnik. - 2021. - No. 1(13). - P. 10-14. – DOI 10.36461/2619-1202_2021_13_01_002. – EDN HGIOFE.
- [6] E. G. Kulikova, Yu. V. Koryagin, A. A. Blinokhvato [et al.] Studying the influence of an object of

- DOI 10.36461/2619-1202_2021_13_01_002. – EDN HGIOFE.
- [6] Изучение влияния объекта техногенеза на почвенный покров прилегающих территорий / Е. Г. Куликова, Ю. В. Корягин, А. А. Блинохватов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 1(29). – С. 57-65. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-1-6. – EDN WFIOKH.
- [7] Власова, Т. А. Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в черноземных почвах / Т. А. Власова, Ю. В. Блинохватова // Сурский вестник. – 2020. – № 3(11). – С. 26-31. – EDN FBBBWP.
- [8] Власова, Т. А. Влияние бактериальных препаратов на фоне комплексных удобрений на качество зерна яровой пшеницы / Т. А. Власова, Ю. В. Блинохватова, А. В. Нуштаева // Сурский вестник. – 2022. – № 4(20). – С. 16-21. – DOI 10.36461/2619-1202_2022_04_003. – EDN EZOZQL.
- [9] Власова, Т. А. Изменение агрохимических показателей почвы в результате длительного сельскохозяйственного использования / Т. А. Власова, Ю. В. Блинохватова // Сурский вестник. – 2021. – № 2(14). – С. 24-29. – DOI 10.36461/2619-1202_2021_02_004. – EDN BDXXAZ.
- technogenesis on the soil cover of adjacent territories // Izvestiya vysshikh obuchennykh zavedenii. Volga region. Natural Sciences. - 2020. - No. 1 (29). - S. 57-65. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-1-6. – EDN WFIOKH.
- [7] Vlasova, T. A. The content of trace elements and heavy metals in chernozem soils / T. A. Vlasova, Yu. V. Blinohvatova // Sursky Bulletin. - 2020. - No. 3 (11). - S. 26-31. – EDN FBBBWP.
- [8] Vlasova, T. A., Blinokhvatova, Yu. V., Nushtaeva, A. V. Effect of bacterial preparations against the background of complex fertilizers on the quality of spring wheat grain, Sursky Bulletin. - 2022. - No. 4(20). - S. 16-21. – DOI 10.36461/2619-1202_2022_04_003. – EDN EZOZQL.
- [9] Vlasova, T. A. Changes in the agrochemical parameters of the soil as a result of long-term agricultural use / T. A. Vlasova, Yu. V. Blinohvatova // Sursky Bulletin. - 2021. - No. 2(14). - S. 24-29. – DOI 10.36461/2619-1202_2021_02_004. – EDN BDXXAZ.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Блинохватов Антон Александрович кандидат сельскохозяйственных наук заведующий кафедрой «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: bl-anton58@rambler.ru</p>	<p>Blinokhvatov Anton Alexandrovich PhD in Agricultural Sciences head of the department of «Food productions» Penza State Technological University E-mail: bl-anton58@rambler.ru</p>
<p>Симаков Данил Геннадьевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Simakov Danil Gennadievich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>