

УДК 631.95:635.21

## ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ СОРТАМИ КАРТОФЕЛЯ, ВОЗДЕЛЫВАЕМЫМИ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Троц Наталья Михайловна**, канд. биол. наук, доцент кафедры «Химия и защита растений» ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: [troz\\_shi@mail.ru](mailto:troz_shi@mail.ru)

**Черняков Алексей Иванович**, аспирант кафедры «Химия и защита растений» ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: [alcher81@rambler.ru](mailto:alcher81@rambler.ru)

**Ключевые слова:** сорт, картофель, крахмал, зола, фосфор, азот, калий, влага, тяжелые, металлы.

*Исследования проводились на полях крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ), расположенного в Приволжском районе Самарской области. Отобрано 14 сортов культуры картофеля, выращиваемых в условиях орошения. Цель исследования – разработка технологических приёмов получения экологически безопасной продукции в условиях орошения. Содержание крахмала в изученных сортах колеблется от 12,9% (сорт Ланорма) до 14,9% (сорт Витессе). Изученные сорта обладают повышенным содержанием сахара (норма 10,5 г) самое высокое у сорта Спринт элита – 14,42 г. Содержание влаги находится в пределах нормы в среднем достигая 76,0%. Зольный остаток клубней изученных сортов колеблется от 2,05% (сорт Спринт элита) до 5,88% (сорт Розара). Клетчатка в изученных сортах варьирует от 0,83% (сорт Витессе) до 8,98% (сорт Роко). Изученные сорта характеризуются низким содержанием сухого вещества (менее 22%). Содержание азота колеблется от 1,74% у сорта Спринт элита до 3,07% у сорта Розара, что является допустимым значением (до 4,6%). Значения калия варьируют от 2,06% (сорт Розара) до 3,07% (сорт Розалинд), в норме – до 4,2%. Содержание фосфора колеблется от 0,36% в сорте Розара до 0,46% в сорте Спринт элита и Розара Суперэлита (в норме 0,5%). Содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов в почве в средних значениях не превышает ПДК. Наблюдается некоторое превышение фоновых значений по накоплению цинка (в 1,25 раз) и меди (в 1,15 раз). В средних значениях превышений ПДК во всех изученных сортах не происходит. Наименьшее количество тяжелых металлов накапливают сорта Колетте (16,37), Лиани (13,42), Розалинд (15,19). Наибольшее количество тяжелых металлов накапливают сорта Спринт элита (19,35), Джелли (16,4). Расчет корреляционной зависимости показал, что наибольшую связь ( $r=0,292$ ) изученные тяжелые металлы обнаруживают с сухим веществом растений и содержанием фосфора ( $r=0,289$ ).*

Наиболее эффективным путем повышения продуктивности картофеля является внедрение в практику сельского хозяйства высокоурожайных сортов, которые позволяют повысить продуктивность картофеля.

Для достижения высоких урожаев экологически чистой продукции необходимо грамотное проведение высокоэффективных мероприятий по ее получению. Направление исследований по агромониторингу – выращивание экологически чистой продукции растениеводства при возрастающем техногенном загрязнении сельскохозяйственных агроландшафтов, несомненно, актуально [1, 2, 3].

**Цель исследований** – разработка технологических приёмов получения экологически безопасной продукции в условиях орошения.

### Задачи исследований:

- 1) определить средний химический состав клубней исследуемых сортов картофеля (содержание сухого вещества, белка, клетчатки, золы, БЭВ, азота, фосфора, калия, сахаров, крахмала, влаги);
- 2) выявить содержание тяжелых металлов (свинца, железа, цинка, меди, марганца, кадмия) в составе эпидермы и паренхимы клубней изучаемых сортов, а также в надземной части картофеля и подвижные формы в прикорневой зоне растения;
- 3) рассчитать корреляционную зависимость между содержанием тяжелых металлов и основными химическими веществами клубней.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились в сентябре 2011-2012 гг. на полях крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ), расположенного в Приволжском районе Самарской области. КФХ занимается производством зерна, подсолнечника, сои, картофеля и овощей. Была выбрана культура картофеля, выращиваемого в условиях орошения. В растении отделялась ботва от клубней, которые отмывались в дистиллированной воде. От основного вещества клубня (паренхимы) отделялась перидерма. Для исследований было отобрано 14 сортов картофеля: Витесса элита, Розара суперэлита, Романо, Витессе, Розара, Колетте, Спринт элита, Лиани, Наташа, Розалинд, Ланорма, Роко, Винетта, Родрига.

Образцы почв отбирались в трехкратной повторности сопряженно с пробами растений в соответствии с рекомендуемыми методиками [7]. Проанализировано 90 почвенных и 42 растительных образца. Анализ образцов проводился в сертифицированной испытательной лаборатории ФГУ «Станция агрохимической службы «Самарская».

В отобранных образцах определяли: содержание гумуса по Тюрину; pH солевой вытяжки; содержание подвижного фосфора в нейтральных почвах по Чирикову, в карбонатных почвах по Мачигину; содержание обменного калия в нейтральных почвах по Чирикову, в карбонатных почвах – по Мачигину; содержание легкогидролизуемого азота в кислотной (0,5 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) вытяжке по Тюрину и Кононовой в модификации Кудеярова; содержание тяжелых металлов (кадмий, свинец, медь, железо, цинк, марганец, железо, хром) было определено методом атомно-адсорбционной спектроскопии на приборе «Спектр 4-5», в надземной фитомассе определение содержания тяжелых металлов проводили пламенным и электротермическим вариантом атомно-адсорбционной спектроскопии с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации.

**Результаты исследований.** Анализ химического состава изучаемых сортов выявил следующие закономерности (табл. 1).

Таблица 1

Основные химические показатели сортового картофеля

Сорт	Показатели									
	сухое в-во, %	белки, %	клетчатка, %	зола, %	БЭВ, %	азот, %	фосфор, %	калий, %	сахар, г	крахмал, %
Витесса элита	22,20	10,12	2,85	4,13	82,90	1,76	0,38	2,85	12,86	14,9
Розара суперэлита	19,40	13,51	1,09	4,14	81,26	2,35	0,46	2,76	14,08	13,5
Романо	19,33	13,28	4,98	4,29	77,45	2,31	0,38	2,48	12,57	14,0
Витессе	18,00	12,65	0,83	5,54	80,98	2,20	0,37	2,60	12,96	13,7
Розара	19,57	17,65	2,90	5,88	73,57	3,07	0,36	2,06	11,40	13,3
Колетте	19,63	13,45	6,48	3,61	76,46	2,34	0,38	2,85	12,86	14,0
Спринт элита	21,17	10,00	5,14	2,05	82,81	1,74	0,46	2,78	14,42	13,7
Лиани	22,33	13,28	4,03	2,99	79,70	2,31	0,37	2,73	13,76	13,7
Наташа	22,78	12,82	5,49	3,32	78,37	2,23	0,41	2,48	13,66	13,5
Розалинд	16,57	16,04	4,96	3,37	75,59	2,79	0,40	3,07	11,92	13,3
Ланорма	17,06	12,93	2,39	3,37	81,31	2,25	0,31	2,93	13,66	12,9
Роко	21,35	13,11	8,98	3,30	74,61	2,28	0,40	2,43	12,48	14,4
Винетта	20,35	13,85	6,11	3,50	76,54	2,41	0,42	2,26	12,93	13,6
Родрига	18,39	17,00	2,42	7,87	72,71	2,96	0,29	2,49	12,13	13,6

Содержание крахмала в изученных сортах колеблется от 12,9 (сорт Ланорма) до 14,9% (сорт Витессе). Сорта с высоким содержанием крахмала считаются более вкусными, при этом самыми высококрахмалистыми (14-25%) можно назвать сорта Витессе (14,9%) и сорт Роко (14,4%). Они характеризуются как рассыпчатые, поэтому лучше подходят для приготовления пюре, варки в кожуре или для запекания в духовке. Сорта с низким содержанием крахмала (10-13%) подходят для приготовления салатов и супов. Низкокрахмалистым является сорт Ланорма (12,9%). При этом для изготовления такого популярного продукта как чипсы не подходит ни один из изученных сортов, так как содержание крахмала в них не выше 20%.

Изученные сорта обладают повышенным содержанием сахара (норма 10,5 г), самое высокое значение у сорта Спринт элита – 14,42 г. Известно, что клубни картофеля, содержащие высокое число сахаров

могут темнеть при варке. Несмотря на то, что изученные сорта выращиваются на орошаемом участке, содержание влаги находится в пределах нормы: (70,2-78,2%) и колеблется от 63,2 до 86,9%, в среднем достигая 76,0%.

Оценивая химический состав картофеля с технической точки зрения, отмечаем небольшое число БЭВ (безазотистых экстрактивных веществ), что связано в большей степени с невысоким содержанием крахмала, входящего в их состав. Зольный остаток клубней изученных сортов колеблется от 2,05% (сорт Спринт элита) до 5,88% (сорт Розара), тогда как по литературным данным в среднем он составляет 0,4-1,9% [4]. Содержание клетчатки в изученных сортах варьирует от 0,83% (сорт Витессе) до 8,98% (сорт Роко) – норма – 1,1%. Изученные сорта характеризуются низким содержанием сухого вещества (менее 22%). Содержание азота (среднее значение в норме 2%) колеблется от 1,74% у сорта Спринт элита до 3,07% у сорта Розара, что является допустимым значением (до 4,6%). Значение калия варьирует от 2,06% (сорт Розара) до 3,07% (сорт Розалинд), норма – до 4,2%. Содержание фосфора колеблется от 0,36% в сорте Розара до 0,46% в сорте Спринт элита и Розара Суперэлита (в норме 0,5%). Содержание подвижных форм изученных тяжелых металлов в почве в средних значениях не превышает ПДК (табл. 2).

Таблица 2

Содержание подвижных форм тяжелых металлов под участками сортового картофеля, мг/кг  
(экстрагент ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8)

Участок под сортом картофеля	Тяжелые металлы, мг/кг					
	свинец	железо	цинк	медь	марганец	кадмий
Наташа	1,3	3,0	0,10	0,1	13,3	<0,02
Витессе	0,8	10,4	0,10	<0,01	8,5	0,04
Родрига	0,9	4,2	0,10	0,03	11,3	<0,02
Розара	1,0	5,6	0,09	0,02	10,6	<0,02
Роко	1,4	3,6	0,14	<0,01	10,6	0,02
Романо	1,4	3,5	0,12	<0,01	12,6	<0,02
Джелли	1,7	3,9	0,10	0,07	10,7	<0,02
Спринт элита	1,0	5,3	0,10	<0,01	12,9	0,04
Ланорма	0,5	5,4	0,30	<0,01	5,2	<0,02
Колетте	1,0	3,3	0,14	<0,01	12,1	<0,02
Винета	1,7	2,3	0,10	<0,01	13,1	<0,02
Розалинд	1,5	2,1	0,16	<0,01	11,4	<0,02
Лиани	0,8	4,9	0,09	<0,01	7,6	<0,02
Среднее	1,1	3,9	0,20	0,02	11,1	0,02
*ФОН	0,4	7,67	0,40	0,13	35,0	0,037
К <sub>c</sub>	2,75	0,5	0,5	0,15	0,32	0,54
*ПДК	6,0	-	23,0	3,0	140,0	0,1
К <sub>н</sub>	0,18	-	0,009	0,007	0,079	0,2

Примечание: \*источник [5].

Наблюдается некоторое превышение фоновых значений по накоплению цинка (в 1,25 раз) и меди (в 1,15 раз). Анализ проб клубней и ботвы выявил следующие закономерности (табл. 3). В средних значениях превышений ПДК во всех изученных сортах не происходит, фоновые значения превышены по высокотоксичному свинцу в 3,2 раза и кадмию – в 2 раза. Это может быть связано с поступлением из техногенной пыли, так как подвижные значения в почве не превышают норм, а содержание их в ботве культур значительно выше, чем в клубне. Основной источник поступления свинца – автотранспорт, возможно, что при движении технических средств выделяемые продукты сжигания топлива, содержащие свинец, поступают в растение [5, 6, 7]. При очистке клубней (удаление перидермы) содержание свинца в картофеле снижается на 80-90%, кадмия – на 20%. Наименьшее количество тяжелых металлов накапливают сорта Колетте (16,37), Лиани (13,42), Розалинд (15,19). Наибольшее количество тяжелых металлов накапливают сорта Спринт элита (19,35), Джелли (16,4).

При сравнении исследованных частей растения выявлено, что максимальное количество накапливает надземная часть, меньше перидерма клубня и паренхима клубня. При этом перидерма и запасающая часть клубня содержат допустимые значения токсикантов, не превышающие ПДК и в большинстве фоновых значений. Необходимо учитывать, что при длительном контакте с надземными частями растений, содержащими высокие значения тяжелых металлов, возможен отток по нисходящим сосудам в клубни растений [7, 8].

Расчет корреляционной зависимости (табл. 4) показал, что наибольшую связь ( $r = 0,292$ ) изученные тяжелые металлы обнаруживают с сухим веществом растений и содержанием фосфора ( $r = 0,289$ ). Тяжелые металлы входят в состав минеральной части растения и накапливаются в сухом веществе с другими неорганическими компонентами. Корреляционная связь с фосфором говорит о том, что возможно их накопление в виде нерастворимых фосфатов, либо внесение с фосфорсодержащими удобрениями. Наибольшую связь

с содержанием фосфора проявляют марганец и высокотоксичный кадмий. Значимой является величина корреляционной зависимости между накоплением калия и поступлением свинца, железа, меди и марганца в клубни изученных сортов. Высокотоксичные свинец и кадмий обнаруживают зависимость от содержания влаги в клубнях, что может быть связано с поступлением элементов в виде водорастворимых форм.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в культуре картофеля различных сортов, мг/кг

Сорт	Наташа	Витессе	Родриго	Розара	Роко	Романо	Джелли	Спринт элита	Ланорма	Колетте	Винета	Розалинд	Лиани	Среднее	ФОН*	Критическая концентрация				
																	Свинец	Железо	Цинк	Медь
Тяжелые металлы, мг/кг	Свинец	1*	3,10	2,2	0,8	2,8	2,2	2,5	3,3	2,8	1,7	1,1	2,5	2,2	1,7	2,06	0,92	0,28	10-20	
		2	<0,20	0,3	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,5	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5				0,45
		3	<0,20	<0,2	<0,20	<0,20	0,20	<0,20	0,3	0,4	<0,20	0,4	0,6	0,2	0,09	0,26				
		4	1,20	0,9	0,4	1,07	0,87	0,97	1,37	1,27	0,83	0,63	1,23	0,93	0,76	0,92				
	Железо	1	405,70	737,5	338,6	727,4	285,0	717,0	695,0	414,1	464,0	464,3	717,0	695,0	355,4	501,14	182,39	336,44	750	
		2	38,10	44,9	55,1	33,9	38,4	50,6	32,7	60,6	59,0	93,1	22,2	43,1	23,5	42,51				
		3	4,00	2,8	3,5	5,1	3,9	3,3	3,9	4,5	3,8	5,0	4,1	2,5	2,9	3,52				
		4	149,30	261,73	132,4	255,47	109,1	256,97	243,87	159,73	175,6	187,47	247,77	246,87	127,27	182,39				
	Цинк	1	19,50	12,5	14,3	24,5	27,6	12,1	21,0	41,2	18,8	13,3	12,1	9,0	10,6	16,89	6,89	21,38	150-200	
		2	4,50	2,2	1,6	2,0	2,2	2,0	2,7	2,9	1,8	1,6	2,3	1,6	2,0	2,1				
		3	3,70	0,7	2,5	2,4	3,1	2,6	2,8	2,6	2,4	2,8	3,0	2,4	3,4	1,7				
		4	9,20	5,13	6,1	9,63	10,97	5,57	8,83	15,57	7,67	5,9	5,8	4,33	5,33	6,89				
	Медь	1	6,60	6,0	7,7	12,4	1,9	5,7	10,4	4,3	9,1	8,5	5,7	7,4	1,2	6,21	2,65	24,50	150-20	
		2	1,20	0,7	0,9	1,1	0,8	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	0,8	1,0	1,0	1,02				
		3	1,10	0,2	0,8	0,6	0,4	0,5	1,0	0,9	0,9	1,2	0,8	1,0	0,5	0,71				
		4	2,97	2,3	3,13	4,7	1,03	2,43	4,2	2,2	3,83	3,77	2,43	3,13	0,9	2,65				
Марганец	1	32,70	55,3	25,8	66,2	27,5	67,1	61,8	63,5	55,8	38,0	67,1	82,2	16,8	40,8	14,63	46,73	200		
	2	2,70	2,2	2,0	2,4	2,3	2,9	1,7	3,2	2,1	3,1	2,0	2,1	1,6	2,2					
	3	1,60	0,7	0,9	0,9	1,1	1,2	0,9	0,9	1,2	0,8	1,1	1,2	0,7	0,9					
	4	12,30	19,37	9,57	23,17	10,3	23,73	21,47	22,53	19,7	13,97	23,4	28,5	6,37	14,63					
Кадмий	1	0,16	0,26	0,34	0,16	0,16	0,07	0,18	0,27	0,14	0,05	0,07	<0,02	0,1	0,1	0,05	0,025	5-10		
	2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02					
	3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02					
	4	0,07	0,1	0,13	0,07	0,07	0,037	0,07	0,10	0,06	0,03	0,037	0,02	0,05	0,05					

Примечание: \*источник [6], \*\*1 – ботва; 2 – перидерма клубня; 3 – паренхима клубня; 4 – общее в растении.

Таблица 4

Корреляционная зависимость между накоплением тяжелых металлов и основных химических веществ клубнями сортового картофеля

Элемент	Сухое вещество	Белки	Клетчатка	Зола	БЭВ	Азот	Фосфор	Калий	Сахар	Крахмал	Влага
Свинец	0,340	-0,490	0,145	-0,384	-0,068	0,254	0,012	0,441	0,215	0,252	0,348
Железо	0,379	-0,603	0,379	-0,374	-0,005	0,351	0,248	-0,408	-0,023	0,139	0,137
Цинк	0,213	0,050	-0,102	0,121	0,004	0,052	0,171	0,025	0,131	-0,119	-0,193
Медь	0,256	0,171	-0,275	-0,203	0,186	0,169	0,055	-0,366	-0,130	-0,522	-0,338
Марганец	0,539	-0,170	0,577	-0,085	-0,037	-0,171	0,491	-0,377	0,010	0,089	0,006
Кадмий	0,022	-0,044	-0,613	0,787	0,327	-0,264	0,469	0,135	0,261	0,340	0,341

**Выводы:**

1) Клубни изученных сортов картофеля содержат в среднем 13,72% крахмала (самым высококрахмалистым оказался сорт Витессе, низкокрахмалистым – сорт Роко), характеризуются повышенным содержанием золы (4,1%), сахаров (12,98 г), допустимым содержанием влаги, фосфора, азота и калия, низким содержанием сухого вещества, БЭВ (78,6%).

2) Содержание изученных тяжелых металлов в доступной для растения форме в почве находится в пределах норм ПДК, но содержание цинка и меди незначительно превосходит фоновые значения.

3) В клубнях картофеля минимальные концентрации тяжелых металлов находятся в паренхиме клубня. Значительные количества накапливает ботва картофеля. Накопление изученных тяжелых металлов представлено следующим возрастающим рядом: Cd < Pb < Cu < Zn < Mn < Fe.

4) Расчет корреляционной зависимости выявил связь между поступлением изученных тяжелых металлов в клубни изученных сортов и значениями влаги, содержанием фосфора и калия. Концентрация токсикантов в золе растений и сухом веществе очевидна, поскольку элементы входят в минеральную часть растений.

Библиографический список

1. Ахматов, Д. А. Плодородие почв – основа благосостояния населения // Аграрное решение. – 2011. – №3. – С. 22-26.
2. Мальцев, С. В. Диагностика и развитие растений картофеля в период вегетации / С. В. Мальцев, К.А. Печенков // Защита картофеля. – 2011. – №2. – С. 2-8.
3. Прохорова, Н. В. Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2000. – Т. 2, №2. – С. 306-310.
4. Ильин, В. Б. Система показателей для оценки загрязненности почв // Агрохимия. – 1995. – №1. – С. 94-95.
5. Манторова, Г. Ф. Тяжелые металлы в почве и растительной продукции в условиях техногенного загрязнения // АГРО. – 2010. – №1-3. – С. 52-54.
6. Ишкова, С. В. Особенности аккумуляции тяжелых металлов на черноземе южном / С. В. Ишкова, Д. А. Ахматов, Н. М. Троц // Аграрная Россия. – 2012. – №6. – С. 31-35.
7. Троц, Н. М. Особенности аккумуляции минеральных элементов и тяжелых металлов в почве и растениях земляники садовой (*FragariaAnanassa*) / Н. М. Троц, С. В. Ишкова, А. В. Батманов, Д. А. Ахматов // Особенности развития АПК на современном этапе : мат. Всероссийской науч.-практич. конференции. – Уфа, 2011. – С. 30-34.
8. Бикеева, Т. В. Влияние ресурсосберегающих технологий обработки почвы на характер локализации тяжелых металлов в культуре ячменя сорта «СДС Долли» / Т. В. Бикеева, Д. А. Ахматов // Вклад молодых ученых в аграрную науку Самарской области : сб. науч. тр. – Самара, 2011. – С. 5-10.