

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ K-MG РУД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНИ-КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА*

Д.Г. Шишков, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

К.Н. Корляков, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Т.Н. Лисина, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

В.Р. Ямалтдинова, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Для цитирования:

Шишков Д.Г., Корляков К.Н., Лисина Т.Н., Ямалтдинова В.Р. Использование побочных продуктов животноводства и переработки K-Mg руд для получения мини-клубней картофеля в условиях защищенного грунта // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2025. – № 4. – С. 49–61. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.4.4>

В статье рассматривается использование побочных продуктов животноводства (сухой куриный помёт) и переработки K-Mg руд (шламов) для получения мини-клубней картофеля в условиях защищённого грунта. Изучено изменение агрохимических показателей субстрата (торфа верхового), содержание микроэлементов в листьях картофеля и продуктивность мини-клубней картофеля сортов Джулия и Гранд в зависимости от доз и соотношений побочных продуктов. Более высокая скорость потребления элементов питания из субстрата привела к снижению агрохимических показателей плодородия торфа при возделывании раннего сорта Джулия относительно среднеспелого сорта Гранд на 45 сутки после посадки. Применение шламов привело к увеличению концентрации водорастворимых солей и содержания хлоридов в торфе на 2,6 г/л и 0,32 % соответственно ($НСР_{05} = 0,6$ г/л и 0,12 % соответственно). Наибольшее содержание подвижных форм фосфора и калия, а также нитратного азота получено при совместном внесении шламов и сухого помёта. Общая масса мини-клубней на сорте Гранд составила 156,1 г, на сорте Джулия – 144,5 г (разница 11,6 г при $НСР_{05} = 9,7$ г). Среднее количество сформированных мини-клубней составило 8,6 шт. на сорте Джулия и 7,1 шт. на сорте Гранд ($НСР_{05} = 1,2$ шт). Наибольшее влияние на общую массу и количество мини-клубней оказало применение шламов. Определение содержания микроэлементов в листьях картофеля обнаружило наличие сложных закономерностей распределения по вариантам опыта. Установлены достоверные обратные тесные корреляционные связи между массой

* Работа выполнена в рамках КПНИ «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации», номер государственной регистрации темы 123092100019-4.

мини-клубней и содержанием кобальта ($r=-0,82$) а также количеством мини-клубней и содержанием молибдена ($r=-0,72$). Негативного влияния повышения концентрации хлоридов в торфе на продуктивность мини-клубней не установлено.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum* L.), меристемные растения, мини-клубни, шламы, сухой куриный помёт, микроэлементы.

Введение

Работы по повышению объемов производства и получению здорового семенного картофеля не теряют своей актуальности, так как картофель является важной продовольственной культурой в России [1, 2]. Получить здоровый семенной картофель возможно за счёт культивирования *in vitro* апикальных меристем пророщенных клубней картофеля до состояния микрорастений, с дальнейшим индуцированием клубнеобразования в условиях защищенного грунта [3, 4]. Данный способ препятствует контакту семенного материала с насекомыми, которые являются переносчиками возбудителей вирусных и бактериальных заболеваний [5]. При пересадке в грунт оздоровленные меристемные растения картофеля испытывают стресс, который может привести к задержке роста, а в дальнейшем и к гибели растения. Поэтому важно разработать приемы, обеспечивающие оптимальные условия для развития растений после пересадки [4]. В практике размножения семенного картофеля в защищенном грунте обычно используются подкормки водорастворимыми удобрениями [6].

При выращивании растений картофеля в условиях защищенного грунта регулярный капельный полив приводит к вымыванию водорастворимых удобрений. Побочные продукты переработки промышленности, в свою очередь, обладают пролонгированным действием и могут обеспечить растение необходимыми элементами питания в течении всего срока вегетации [7-9].

В «Пермском НИИСХ» – филиале ПФИЦ УрО РАН – проведены комплекс-

ные исследования по влиянию как переработанных, так и не переработанных глинисто-солевых шламов (побочных продуктов переработки К-Mg руд) на продуктивность картофеля в условиях открытого грунта [7, 10].

Таким образом, целью исследований была оценка эффективности применения побочных продуктов переработки К-Mg руд и животноводства для получения мини-клубней картофеля в условиях защищенного грунта.

Научная новизна исследований заключается в том, что впервые в условиях защищенного грунта изучено применение различных доз и соотношений шламов и куриного помёта как пролонгированного удобрения без использования подкормок водорастворимыми удобрениями в течении вегетации меристемных растений картофеля.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в 2025 году в условиях защищенного грунта в теплице «Пермского НИИСХ». Общая схема опыта состоит из 16 вариантов с четырьмя дозами (включая «нулевую») шлама (продукта переработки К-Mg руд) и сухого куриного помёта, а также их соотношениями между собой. В статье представлены данные по 5 основным вариантам опыта, на которых проводили более детальные исследования (условные обозначения 0, 1, 2, 3 – количество единичных доз):

1. Контроль (0.0)
2. Помёт 0,8 г/сосуд (0.2)
3. Шлам 2 г/сосуд (2.0)

4. Шлам 2 г/сосуд + Помёт 0,8 г/сосуд (2.2)

5. Шлам 4 г/сосуд + Помёт 1,2 г/сосуд (3.3)

Первая цифра в условном обозначении указывает на количество единичных доз шлама, вторая цифра – единичных доз сухого куриного помёта. В случае отсутствия какого-либо из компонентов на его месте в условном обозначении указывается «0».

Дозы шлама рассчитаны на основании предварительных исследований по содер-

жанию хлора в субстрате при различном соотношении субстрата и шлама. Дозы составили 2 и 4 г/сосуд (эквивалентно применению 5 и 10 т/га в физическом весе шлама в условиях открытого грунта). Дозы сухого куриного помёта составили 0,8 и 1,2 г/сосуд (эквивалентно 2 и 3 т/га в физическом весе сухого помёта в условиях открытого грунта).

Субстрат – торф верховой. Агрохимическая характеристика субстрата, шламов и сухого куриного помёта представлена в табл. 1.

Таблица 1.

Химический состав торфа и побочных продуктов, используемых в исследовании

Объект	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Органическое вещество
		мг/100 г торфа				%		
Торф	5,6	10,7	29,5	3,5	–	–	–	89,2
Шламы	7,0	–	–	–	0,35	0,70	8,75	5,9
Сухой куриный помёт	–	–	–	–	3,0	3,0	2,0	45,0

Побочные продукты, согласно схеме опыта, вносили в субстрат и компостиrowали в течении двух недель. Равномерность распределения по объёму торфа малых доз удобрений обеспечивали многократным перемешиванием субстрата после распределения удобрений. Затем компостиrowанный субстрат распределяли по сосудам, заполняя их на 2/3, и проводили посадку меристемных растений – 1 растение на сосуд. Через две недели сосуды заполняли субстратом до объёма 5 л, тем самым имитируя процесс «окучивания».

Для исследования были использованы меристемные растения, которые культивировали *in vitro* на агаризированной питательной среде Мурасиге-Скуга в химических пробирках Ф1,5*1,6 см с 5 мл питательной среды. Питательную среду стерилизовали автоклавированием при температуре 120°С в течение 22 минут

при давлении 1,0 атм. Затем растения помещали в климатический бокс и культивировали 28 суток при температуре 21-24°С и 16-часовом фотопериоде.

В опыте использовали меристемные растения двух сортов картофеля, различающихся по группе спелости: ранний сорт Джулия (селекция ООО «МАГ») и среднеспелый сорт Гранд (селекция ФИЦ им. Лорха). Повторность сосудов по варианту – 6-ти кратная.

Сопутствующие исследования проводили в аналитической лаборатории и Центре исследований и сертификации «Федерал» («Пермский НИИСХ» – филиал ПФИЦ УрО РАН). Анализ образцов торфа после компостиrowания на 45 сутки (в середине вегетации) после посадки и растительных образцов на содержание микроэлементов в листьях картофеля проводили в соответствии с установленными ГОСТами и ПНД. Массу и площадь одного листа

на 45 сутки после посадки определяли, отбирая 2-3 лист сверху с каждого растения в варианте (6 листов с варианта). Площадь листовой поверхности определяли с помощью программы «Areas» [11]. Количество и массу сформированных мини-клубней учитывали в соответствии с ГОСТ 33996-2016. Математическую обработку методом дисперсионного анализа проводили по Б.А. Доспехову [12].

Результаты

Агрохимическая характеристика торфа перед посадкой меристемных растений (через две недели после начала компостирования) представлена в табл. 2. Степень кислотности торфа снизилась относительно исходного торфа по всем вариантам опыта. При применении побочных продуктов pH_{KCl} увеличивался на 0,2-0,4 относительно контроля. Содержание подвижного фосфора достоверно увеличилось при совместном применении шлама с помётом в двойной и тройной дозах на 1,8-3,5 мг/100 г при $HCP_{05}=1,6$ мг/100 г. Содержание подвижного калия достоверно снизилось относительно контроля при приме-

нении побочных продуктов по отдельности на 1,8-1,6 мг/100 г ($HCP_{05}=1,6$ мг/100 г), при совместном их применении – наоборот увеличилось на 3,2-6,1 мг/100 г. Содержание нитратного азота увеличилось относительно контроля по всем вариантам с применением побочных продуктов на 14,4-20,1 мг/100 г без достоверной разницы между ними ($HCP_{05}=7,4$ мг/100 г). Концентрация водорастворимых солей (ЕС) и ионов хлора достоверно увеличилась относительно контроля при применении шлама в чистом виде на 1,9 г/л и 1,0 % соответственно ($HCP_{05}=1,7$ г/л и 1,0 % соответственно). При совместном внесении шлама и сухого помёта в двойной дозе величина показателей доказуемо не изменяется, при тройной – достоверное увеличение составило 2,1 г/л для ЕС и 1,9 % для Cl^- относительно варианта с внесением одного шлама в двойной дозе.

Для того, чтобы оценить обеспеченность торфа элементами минерального питания в период наибольшего их потребления растениями картофеля, отбирали образцы в середине вегетации на 45 суток после посадки.

Таблица 2.

Агрохимический состав торфа после компостирования перед посадкой меристемных растений

Вариант	pH_{KCl}	мг/100 г торфа			ЕС, г/л	Cl^- , %
		P_2O_5	K_2O	N- NO_3		
0.0	4,8	14,1	26,4	33,6	4,2	0,7
0.2	5,0	15,1	24,6	50,1	4,3	0,5
2.0	5,0	15,6	24,8	53,7	6,1	1,7
2.2	5,2	17,6	29,6	48,0	5,4	2,2
3.3	5,1	15,9	32,5	50,6	8,2	3,6
HCP_{05}	0,1	1,6	1,6	7,4	1,7	1,0

Содержание подвижного фосфора в торфе было достоверно ниже на раннем сорте Джулия, чем на среднеспелом сорте Гранд на 3,7 мг/100 г при $HCP_{05}=1,4$ мг/100 г (табл. 3). Среди доз и соотношений побочных продуктов достоверное увеличение отмечено при со-

вместном внесении шлама и сухого помёта в тройной дозе на 4,2 мг/100 г при $HCP_{05}=2,3$ мг/100 г. Аналогичная закономерность получена и отдельно по сортам: на сорте Джулия увеличение составило 4,2 мг/100 г, на сорте Гранд 4,1 мг/100 г при $HCP_{05}=3,2$ мг/100 г. Увеличение пока-

ИССЛЕДОВАНИЯ: ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ

зателя на сорте Гранд относительно сорта Джулия отмечено также в вариантах 0.2 и 2.2 на 9,5 и 5,9 мг/100 г соответственно, что свидетельствует о влиянии на величину показателя в опыте сухого помёта.

Содержание подвижного калия в торфе на 45 сутки после посадки также было достоверно выше под среднеспелым сортом Гранд, чем под ранним сортом Джулия (на 14,4 мг/100 г при $НСП_{05}=2,4$ мг/100 г) (табл. 4). Под действием побочных про-

дуктов достоверное увеличение отмечено в вариантах 2.2 и 3.3 на 3,9 и 31,8 мг/100 г соответственно при $НСП_{05}=3,9$ мг/100 г. На увеличение содержания подвижного калия в почве наибольшее влияние оказало внесение сухого помёта, эффективность которого, тем не менее, проявилась в большей степени на сорте Гранд. Так, в варианте 0.2 увеличение составило 13,4 мг/100 г, в варианте 2.2 – 13,3 мг/100 г, в варианте 3.3 – 31,3 мг/100 г при $НСП_{05}=5,5$ мг/100 г.

Таблица 3.

Содержание подвижного фосфора в торфе на 45 сутки после посадки меристемных растений, мг/100 г

Фактор В	Фактор А		среднее по фактору В	отклонения
	Джулия	Гранд		
0.0	11,7	12,1	11,9	–
0.2	7,7	17,2	12,4	0,6
2.0	9,8	12,1	10,9	-1,0
2.2	8,8	14,7	11,8	-0,1
3.3	15,9	16,2	16,0	4,2
Среднее по фактору А	10,8	14,4	12,6	–
Отклонения	–	3,7	–	–
$НСП_{05}$				
главных эффектов	фактора А		1,4	
	фактора В и взаимодействия АВ		2,3	
частных различий		3,2		

Таблица 4.

Содержание подвижного калия в торфе на 45 сутки после посадки меристемных растений, мг/100 г

Фактор В	Фактор А		среднее по фактору В	отклонения
	Джулия	Гранд		
0.0	32,7	37,7	35,2	–
0.2	23,0	51,1	37,0	1,9
2.0	32,7	43,5	38,1	2,9
2.2	27,1	51,0	39,0	3,9
3.3	64,9	69,0	67,0	31,8
Среднее по фактору А	36,0	50,4	43,2	–
Отклонения	–	14,4	–	–
$НСП_{05}$				
главных эффектов	фактора А		2,4	
	фактора В и взаимодействия АВ		3,9	
частных различий		5,5		

Содержание нитратного азота в торфе увеличивалось на сорте Гранд на 34,4 мг/100 г относительно сорта Джулия при $НСП_{05}=2,1$ мг/100 г (табл. 5). Достоверное влияние на величину показателя оказали как шламы, так и сухой помёт,

увеличив содержание на 10,0-10,4 мг/100 г соответственно ($НСП_{05}=3,4$ мг/100 г). При совместном внесении шламов и сухого помёта в двойной дозе достоверного увеличения не установлено, как по каждому сорту отдельно, так и в среднем по

двум сортам. При совместном внесении побочных продуктов в тройной дозе получено наибольшее содержание нитратного азота в опыте.

Концентрация водорастворимых солей возрастала при применении всех исследуемых в опыте побочных продуктов на 0,6-3,9 г/л ($НСП_{05}=0,6$ г/л) и увеличивалась при выращивании сорта Гранд относительно сорта Джулия на 1,5 г/л

($НСП_{05}=0,4$) (табл. 6). Увеличение показателя происходило за счёт внесения шлама: в варианте 2.0 увеличение составило 2,2 и 2,9 г/л при $НСП_{05}=0,9$ г/л по сортам Джулия и Гранд соответственно. Дополнительное внесение сухого помёта нивелировало данный эффект: в варианте 2.2 концентрация водорастворимых солей достоверно снижалась на 1,2-1,4 г/л относительно варианта 2.0.

Таблица 5.

Содержание нитратного азота в торфе на 45 сутки после посадки меристемных растений, мг/100 г торфа

Фактор В	Фактор А		среднее по фактору В	отклонения
	Джулия	Гранд		
0.0	21,9	53,7	37,8	–
0.2	30,2	65,4	47,8	10,0
2.0	26,4	70,0	48,2	10,4
2.2	26,6	52,5	39,6	1,8
3.3	49,6	85,1	67,3	29,6
Среднее по фактору А	30,9	65,3	48,1	–
Отклонения	–	34,4	–	–
$НСП_{05}$				
главных эффектов	фактора А			2,1
	фактора В и взаимодействия АВ			3,4
частных различий				4,8

Таблица 6.

Концентрация водорастворимых солей в торфе на 45 сутки после посадки меристемных растений, г/л

Фактор В	Фактор А		среднее по фактору В	отклонения
	Джулия	Гранд		
0.0	2,3	3,8	3,1	–
0.2	3,0	4,3	3,6	0,6
2.0	4,5	6,7	5,6	2,6
2.2	3,3	5,3	4,3	1,2
3.3	6,5	7,3	6,9	3,9
Среднее по фактору А	3,9	5,5	4,7	–
Отклонения	–	1,5	–	–
$НСП_{05}$				
главных эффектов	фактора А			0,4
	фактора В и взаимодействия АВ			0,6
частных различий				0,9

Содержание хлора в торфе было выше на 0,56 % на сорте Гранд, чем на сорте Джулия ($НСП_{05}=0,07$ %) (табл. 7). Среди побочных продуктов основное влияние на увеличение показателя оказали шламы: в варианте 2.0 в среднем по всем сортам увеличение составило 0,32 % при $НСП_{05}=0,12$ %, в то время как в варианте

0.2 достоверного увеличения относительно контроля не установлено. Нивелирование негативного действия шламов при внесении сухого помёта, как это было показано для концентрации водорастворимых солей, для данного показателя не установлено. Необходимо отметить, что относительно исходной концентрации по-

ИССЛЕДОВАНИЯ: ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ

сле компостирования содержание хлора снижается по всем вариантам опыта, за исключением варианта 3.3 на сорте Гранд. Снижение концентрации может быть объяснено вымыванием хлоридов при капельном поливе торфа. Различия между сортами могут быть объяснены разными группами спелости изучаемых сортов и различиями в динамике потребления ими элементов питания.

Необходимо отметить, что на 45 суток после посадки относительно данных, полученных после двухнедельного компостирования, отмечается увеличение содержания элементов питания. Так, например, в варианте 3.3 отмечено увеличение содержания фосфора (на 0,1 мг/100 г), калия

(на 34,5 мг/100 г) и азота (на 16,7 мг/100 г). Данная закономерность объясняется тем, что из изучаемых в опыте удобрений элементы питания высвобождаются постепенно (продолжительное действие) и к середине вегетации меристемных растений картофеля данный процесс продолжается.

Развитие растений на 45 сутки после посадки зависело от сорта и применяемых в опыте побочных продуктов (табл. 8). Средняя масса одного листа у сорта Гранд была выше на 0,84 г, чем у сорта Джулия при $HCP_{05}=0,49$ г. При совместном внесении шлама и сухого помёта величина показателя возрастала на 1,12-2,03 г в среднем по обоим сортам при $HCP_{05}=0,77$ г.

Таблица 7.

Содержание Си-иона в торфе на 45 сутки после посадки меристемных растений, %

Фактор В	Фактор А		среднее по фактору В	отклонения
	Джулия	Гранд		
0.0	0,02	0,23	0,12	–
0.2	0,02	0,06	0,04	-0,09
2.0	0,26	0,63	0,44	0,32
2.2	0,22	0,82	0,52	0,39
3.3	2,15	3,72	2,93	2,81
Среднее по фактору А	0,53	1,09	0,81	–
Отклонения	–	0,56	–	–
HCP_{05}				
главных эффектов	фактора А		0,07	
	фактора В и взаимодействия АВ		0,12	
частных различий		0,16		

Таблица 8.

Средняя масса одного листа на 45 сутки после посадки меристемных растений, г

Фактор В	Фактор А		среднее по фактору В	отклонения
	Джулия	Гранд		
0.0	3,66	4,43	4,04	–
0.2	3,99	4,67	4,33	0,29
2.0	4,64	4,91	4,77	0,73
2.2	4,60	5,72	5,16	1,12
3.3	5,39	6,76	6,07	2,03
Среднее по фактору А	4,45	5,30	4,87	–
Отклонения	–	0,84	–	–
HCP_{05}				
главных эффектов	фактора А		0,49	
	фактора В и взаимодействия АВ		0,77	
частных различий		1,09		

Аналогичная закономерность отмечена при определении площади листовой поверхности (рис. 1). В контроле и при внесении побочных продуктов в чистом виде величина показателя изменялась в узком диапазоне от 75,8 до 96,7 см²/лист. При совместном внесении шлама и сухого помёта отмечено увеличение площади на 27-35% относительно раздельного применения по сортам Джулия и Гранд соответственно.

Для площади листовой поверхности и средней массы одного листа на 45 сутки

после посадки меристемных растений отмечены следующие корреляционные связи с агрохимическими показателями почвы в данный период (достоверны при N=10 и p<0,05):

1. С содержанием подвижного калия в почве – 0,93 и 0,84 (положительная очень сильная и сильная связь);
2. С концентрацией водорастворимых солей – 0,84 и 0,88 (положительная сильная связь);
3. С содержанием хлора – 0,89 и 0,88 (положительная сильная связь).

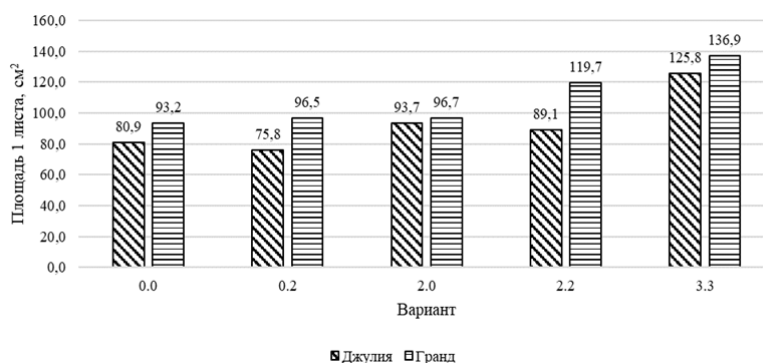


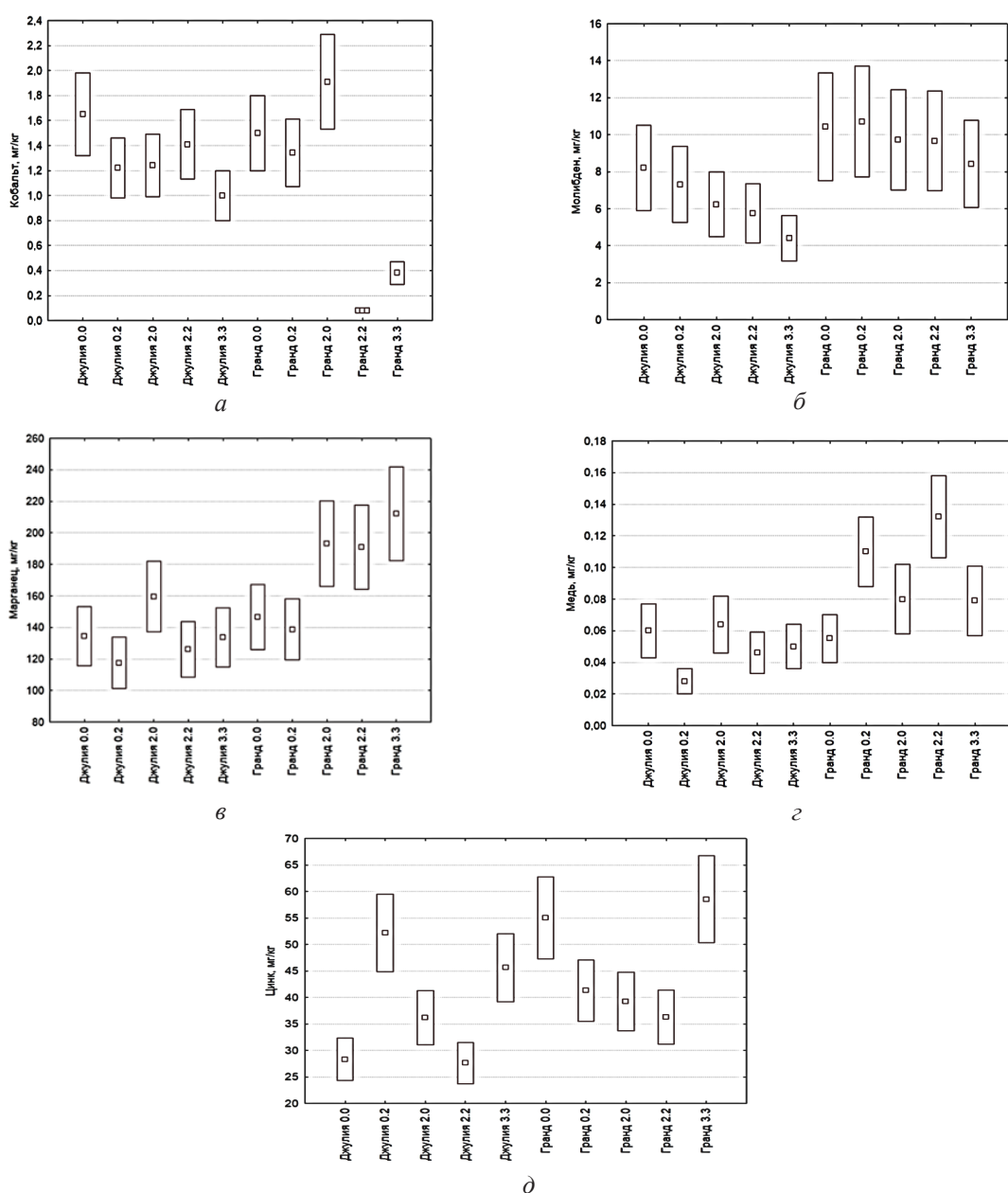
Рис. 1. Площадь листовой поверхности одного листа на 45 сутки после посадки меристемных растений, см²/лист

Закономерности, описанные выше, могут быть связаны с тем, что стрессовые условия, которыми являются повышение концентрации водорастворимых солей и хлора в субстрате, вызывают ответную реакцию растения в виде увеличения надземной массы.

Кроме пролонгированного действия в качестве комплексного удобрения, шламы характеризуются наличием ряда микроэлементов [6]. Поэтому в листьях был проведён анализ на содержание основных микроэлементов. Содержание кобальта варьировало от 1,0 до 1,9 мг/кг, в вариантах 2.2 и 3.3 на сорте Гранд содержание составило 0,08 и 0,38 соответственно (рис. 2а). На сорте Джулия отмечена тенденция снижения содержания элемента относительно контроля, в варианте 3.3 снижение достоверное.

Содержание молибдена по вариантам опыта снижалось с увеличением доз побочных продуктов (рис. 2б). На сорте Джулия содержание снижалось с 8,2 мг/кг на контроле до 4,4 мг/кг в варианте 3.3 (разница математически доказуема). На сорте Гранд содержание элемента было в целом выше, но также снижалось от контроля (10,4 мг/кг) к варианту 3.3 (8,4 мг/кг).

Содержание марганца в листьях меристемных растений картофеля по сорту Джулия изменялось от 118 до 160 мг/кг, по сорту Гранд – от 139 до 2012 мг/кг, достоверно увеличиваясь в вариантах 2.0, 2.2 и 3.3 (рис. 2в). Содержание меди и цинка варьировало по вариантам опыта в диапазонах от 0,03 до 0,13 и от 27,6 до 58,5 мг/кг без видимых закономерностей (рис. 2г, 2д).



а – Содержание кобальта, б – содержание молибдена, в – содержание марганца, г – содержание меди, д – содержание цинка

□ – содержание элемента; □ – ± ошибка определения

Рис. 2. Содержание микроэлементов в листьях картофеля на 45 сутки после посадки, мг/кг

Показатели продуктивности меристемных растений картофеля, выращиваемых в условиях теплицы, включают в себя общую массу сформированных мини-клубней, их количество и среднюю массу мини-клубня.

Общая масса сформированных мини-клубней изменялась в опыте как в зависимости от сорта, так и от применяемых побочных продуктов (табл. 9). Величина показателя по среднеспелому сорту Гранд была достоверно выше массы, сформиро-

ванной растениями раннего сорта Джулия, на 11,6 г при $НСП_{05}=9,7$ г. При применении шламов и сухого помёта отмечена тенденция к увеличению общей массы мини-клубней на 14,9 и 5,3 г соот-

ветственно ($НСП_{05}=15,4$ г). Достоверное увеличение показателя отмечено при совместном использовании побочных продуктов на 25,4-28,1 г без достоверной разницы между дозами.

Таблица 9.

Общая масса сформированных мини-клубней, г

Фактор В	Фактор А		среднее по фактору В	отклонения
	Джулия	Гранд		
0.0	118,2	152,9	135,5	–
0.2	145,1	136,6	140,9	5,3
2.0	160,0	140,8	150,4	14,9
2.2	147,8	179,5	163,6	28,1
3.3	151,2	170,7	160,9	25,4
Среднее по фактору А	144,5	156,1	150,3	–
Отклонения	–	11,6	–	–
$НСП_{05}$				
главных эффектов	фактора А			9,7
	фактора В и взаимодействия АВ			15,4
частных различий				21,7

Количественный выход сформированных мини-клубней имеет важнейшее значение с точки зрения производства оздоровленного семенного материала картофеля. Величина показателя в зависимости от сорта имела закономерность обратную той, что была получена для общей массы мини-клубней (табл. 10). Среднее количество мини-клубней по сорту Гранд снижалось относительно сорта Джулия на

1,5 шт при $НСП_{05}=1,2$ шт. Достоверное влияние на величину показателя оказали шламы и их совместное применение с сухим помётом: увеличение составило 2,3-2,7 шт при $НСП_{05}=1,9$ без достоверной разницы между вариантами. Наибольшее количество мини-клубней было сформировано в варианте 2.0 на сорте Джулия, достоверно увеличиваясь только относительно контроля на 4,3 шт при $НСП_{05}=2,8$ шт.

Таблица 10.

Среднее количество сформированных мини-клубней, шт

Фактор В	Фактор А		среднее по фактору В	отклонения
	Джулия	Гранд		
0.0	6,0	6,5	6,3	–
0.2	8,3	4,8	6,6	0,3
2.0	10,3	7,3	8,8	2,6
2.2	9,0	8,8	8,9	2,7
3.3	9,2	8,0	8,6	2,3
Среднее по фактору А	8,6	7,1	7,8	–
Отклонения	–	-1,5	–	–
$НСП_{05}$				
главных эффектов	фактора А			1,2
	фактора В и взаимодействия АВ			1,9
частных различий				2,8

Средняя масса одного мини-клубня в целом по опыту изменялась от 16,0 до 31,5 г, достоверно увеличивалась по сорту Гранд на 6,3 г ($НСР_{05}=3,6$ г) и имела тенденцию к снижению при применении шламов в чистом виде и совместно с сухим куриным помётом (табл. 11).

Между показателями продуктивности картофеля и агрохимическими показателями на 45 сутки после посадки не установлено математически доказуемых корреляционных связей, что позволяет предположить,

что накопление хлора и водорастворимых солей в субстрате, которое происходит при применении побочных продуктов, не оказывает влияние на продуктивность меристемных растений. Вместе с тем, установлены достоверные корреляционные связи сильной тесноты общей массы мини-клубней с содержанием кобальта (-0,82); количества мини-клубней и средней массы 1 мини-клубня с содержанием молибдена (-0,72 и 0,82); общей массы мини-клубней со средней массой одного листа (0,77).

Таблица 11.

Средняя масса одного мини-клубня, г

Фактор В	Фактор А		среднее по фактору В	отклонения
	Джулия	Гранд		
0.0	20,7	25,0	22,9	–
0.2	18,5	31,5	25,0	2,2
2.0	16,0	23,2	19,6	-3,3
2.2	19,3	21,4	20,4	-2,5
3.3	17,4	22,3	19,8	-3,0
Среднее по фактору А	18,4	24,7	21,5	–
Отклонения	–	6,3	–	–
$НСР_{05}$				
главных эффектов	фактора А		3,6	
	фактора В и взаимодействия АВ		$F_{\phi} < F_{05}$	
частных различий		8,0		

Таким образом, использование побочных продуктов переработки К-Мг руд и животноводства оказало существенное влияние на условия получения мини-клубней картофеля сортов Джулия и Гранд в условиях защищённого грунта. Более высокая скорость потребления элементов питания из субстрата привела к снижению агрохимических показателей торфа на раннем сорте Джулия относительно среднеспелого сорта Гранд. Применение сухого помёта привело к увеличению содержания подвижного калия в торфе, применение шламов – к увеличению содержания хлоридов и концентрации водорастворимых солей на 45 сутки после посадки. Совместное применение шламов и сухого куриного помёта оказало влияние на увеличение содержания

подвижного фосфора и нитратного азота. Наибольшая масса листа в середине вегетации и общая масса мини-клубней получены на сорте Гранд, наибольшее количество мини-клубней получено на сорте Джулия. Из побочных продуктов наибольшее влияние на общую массу мини-клубней и количество мини-клубней оказало применение шламов. Содержание микроэлементов в листьях картофеля имело сложные закономерности распределения по вариантам опыта. Между массой мини-клубней и содержанием кобальта, а также количеством мини-клубней и содержанием молибдена установлена обратная сильная корреляционная связь. Негативного влияния повышения концентрации хлоридов в торфе на продуктивность мини-клубней не установлено.

Библиографический список

1. АБ-центр. Посевные площади картофеля в России в 2024 году, прогноз сборов [Электронный ресурс] – URL: <https://ab-centre.ru/news/posevnyue-ploschadi-kartofelya-v-rossii-v-2024-godu-prognoz-sborov> (дата обращения: 02.07.2025).
2. Индустрия картофеля / Е.А. Симаков [и др.]. – Москва: НПФ АгроНИР, 2013. – 272 с.
3. Цёма Л.Г., Латыпова А.Л. Производство оригинального, элитного и семенного картофеля в условиях Пермского края. – Пермь: «От и До», 2021. – 66 с.
4. Belguendouz A., Kaide Harche M., Benmahiou B. Evaluation of different culture media and activated charcoal supply on yield and quality of potato microtubers grown in vitro // Journal of Plant Nutrition. – 2021. – № 4. – P. 2123-2137. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1881545>
5. Зейрук В.Н., Белякова Н.А., Белов Г.Л., Васильева М.К., Деревягина М.К., Митина Г.В. Биологическая защита меристемного семенного картофеля от вредителей – переносчиков вирусов в закрытом грунте // Защита картофеля. – 2017. – № 4. – С. 3-11.
6. Молякко А.А., Марухленко А.В., Еренкова Л.А., Борисова Н.П., Абросимов Д.В. Влияние хелатных удобрений на урожайность мини-клубней картофеля в защищенном грунте // Аграрная наука. – 2018. – № 3. – С. 64-67.
7. Сметанников А.Ф., Корляков К.Н., Оносов Д.В., Цема Л.Г., Оносова Е.Ф., Шишков Д.Г., Васбиева М.Т., Сметанников Ал.Ф. Способ получения и возможности применения новых комплексных удобрений из флотационных шламов - отходов переработки калийно-магниевых руд // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2024. – № 120. – С. 295-324. – <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-120-295-324>.
8. Веприкова Е.В., Кузнецов Б.Н., Чесноков Н.В. Получение биокомпозитных фосфор-калийных удобрений пролонгированного действия на основе коры лиственницы // Химия растительного сырья. – 2017. – №3. – С. 201-209. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017031788>
9. Царева М.В. Влияние доз и способов внесения термически высушенного куриного помета на урожайность и качество картофеля // Агрехимический вестник. – 2022. – № 6. – С. 52-56. – <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-6-010>.
10. Шишков Д.Г., Сметанников А.Ф., Корляков К.Н., Васбиева М.Т., Ямалтдинова В.Р. Эффективность применения комплексной мелиорирующей добавки, созданной на основе побочных продуктов переработки К-Мг руд, при возделывании картофеля в Среднем Предуралье // Вестник Мичуринского государственного университета. – 2025. – № 1 (80). – С. 67-72. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-100-133-158>.
11. Пермяков А.Н., Дулов М.И., Васин В.Г., Толпекин А.А., Зуев Е.В. Методика определения площади листьев с помощью программы определения площади листьев «AreaS». – Самара: СамарГСХА, 2002. – 1 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2011. – 352 с.

THE USE OF BY-PRODUCTS OF ANIMAL HUSBANDRY AND K-MG ORE PROCESSING FOR POTATO MINI-TUBERS PRODUCTION IN A GREENHOUSE

Shishkov D.G., Korlyakov K.N., Lisina T.N., Yamaltdinova V.R.

Perm Agricultural Research Institute

For citation:

Shishkov D.G., Korlyakov K.N., Lisina T.N., Yamaltdinova V.R. The use of by-products of animal husbandry and K-Mg ore processing for potato mini-tubers production in a greenhouse // Perm Federal Research Center Journal. – 2025. – № 4. – P. 49–61. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2025.4.4>

The article discusses the use of by-products of processing K-Mg ores (sludge) and animal husbandry (dry chicken manure) for potato mini-tubers production in greenhouse conditions. The changes in the agrochemical parameters of the substrate (peat), the content of trace elements in potato leaves and the productivity of mini-tubers of the Julia and Grand potato varieties were studied depending on the doses and ratios of by-products. The higher rate of consumption of nutrients from the substrate led to degradation of peat agrochemical parameters for the early variety Julia relatively to the medium-ripened Grand variety on the 45th day after planting. The use of sludge led to increase of water-soluble salts concentration and chloride content in peat by 2.6 g/l and 0.32%, respectively (LSD₀₅=0.6 g/l and 0.12%, respectively). The highest content of mobile forms of phosphorus and potassium, as well as nitrate nitrogen, was obtained by the combined application of sludge and dry manure. The total mass of mini-tubers for the Grand variety was 156.1 g, for the Julia variety 144.5 g (the difference is 11.6 g with LSD₀₅=9.7 g). The average number of mini-tubers formed was 8.6 pieces per Julia variety and 7.1 pieces per Grand variety (LSD₀₅=1.2 pieces). The use of sludge had the greatest impact on the total weight and number of mini-tubers. The content of trace elements in potato leaves had complex patterns of distribution according to experimental variants. Reliable inverse correlations were established between the total mass of mini-tubers and Co content ($r=-0.82$), as well as between the quantity of mini-tubers and the Mo content ($r=-0.72$). No negative effect of increased chloride concentration in peat on the productivity of mini-tubers was observed.

Keywords: potatoes (Solanum tuberosum L.), meristem plants, mini-tubers, sludge, dry chicken manure, trace element.

Сведения об авторах

Шишков Данил Глебович, научный сотрудник лаборатории прецизионных технологий в сельском хозяйстве, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ПНИИСХ»), 614532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, 12; e-mail: danil.schischkov@yandex.ru

Корляков Константин Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке, «ПНИИСХ»; e-mail: korlyakovkn@rambler.ru

Лисина Татьяна Николаевна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией агробиофотоники, «ПНИИСХ»; e-mail: atea2@yandex.ru

Ямалтдинова Венера Рафхатовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, «ПНИИСХ»; e-mail: yamaltdinova2303@gmail.com

Материал поступил в редакцию 14.10.2025