



СОДЕРЖАНИЕ

Признаки дефицита элементов питания у кукурузы.....	1
Агроэкологическая оценка применения фосфогипса в специализированном севообороте с картофелем на дерново-подзолистой почве.....	2
Повторное гипсование солонцовых комплексов Западной Сибири.....	9
Конкурс научных работ студентов и аспирантов Scholar Award - 2018.....	16
Признаки дефицита элементов питания у кукурузы (продолжение).....	17

Международный Институт Питания Растений

Иванова С.Е., вице-президент программы по Восточной Европе и Центральной Азии
e-mail: sivanova@ipni.net

Носов В.В., директор программы на Юге и Востоке России
e-mail: vnosov@ipni.net

Бесплатная подписка: ipni-eeca@ipni.net

125466 Россия, Москва,
ул. Ландышева, д. 12, пом. 17а
тел./факс: +7 (495) 580 64 14

сайт: <http://www.ipni.net>
<http://eeca-ru.ipni.net>

e-mail: ipni-eeca@ipni.net

Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в Вестнике, возможны только с письменного разрешения Международного института питания растений
© Международный институт питания растений 2014



Признаки дефицита элементов питания у кукурузы

Азот



Кукуруза (гибрид Декалб 670). Запасы минерального азота в почве – низкие (60 кг N/га). Автор: *Guillermo Roberto Pugliese*



Недостаток азота у кукурузы. Автор: *S. Srinivasan*



Стартовое внесение азота (раствор КАС) при нулевой обработке почвы: слева – без стартового азота, справа – со стартовым азотом при посеве. Автор: *M. Wiebers*

Агроэкологическая оценка применения фосфогипса в специализированном севообороте с картофелем на дерново-подзолистой почве

Федотова Л.С., Князева Е.В. и Тимошина Н.А.

В стационарном полевом опыте (2013-2015 гг.) продемонстрировано положительное влияние фосфогипса на плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы. Не отмечено негативного влияния данного мелиоранта на кислотность почвы, а также на эколого-токсикологические показатели почвы и растений. По комплексу хозяйственно-ценных признаков установлен наилучший вариант – внесение фосфогипса в дозе 1.5 т/га совместно с NPK-удобрениями.

Экстенсивное использование пашни в Нечерноземной зоне без надлежащего применения минеральных и органических удобрений ведет к получению низких урожаев картофеля и существенному снижению плодородия дерново-подзолистых почв, особенно легкого гранулометрического состава. В среднем с 1 т клубней картофеля с учетом побочной продукции (ботвы) из почвы выносятся: 5 кг N, 2 кг P₂O₅, 10 кг K₂O, 3.8 кг CaO, 1.6 кг MgO и 0.5 кг S. Так, при урожае клубней 30 т/га с учетом побочной продукции из почвы выносятся 140-150 кг N/га, 40-60 кг P₂O₅/га, 250-300 кг K₂O/га, 80-90 кг CaO/га, 40-50 кг MgO/га и 10-15 кг S/га (Федотова и Зеленев, 2007). Повышенная потребность картофеля в элементах питания объясняется биологическими особенностями данной культуры – накоплением в растительных органах значительных количеств минеральных элементов и относительно слабым развитием корневой системы в первый период вегетации.

Для получения высоких урожаев картофеля показатели плодородия дерново-подзолистых почв должны находиться в следующем оптимальном диапазоне: гумус – 2.5-3.5%, рН_{KCl} – 5.5-6.0, гидролитическая кислотность – 1-3 ммоль (экв)/100 г почвы, подвижный фосфор (метод Кирсанова) – 300-400 мг P₂O₅/кг почвы, подвижный калий (метод Кирсанова) – 300-400 мг K₂O/кг почвы, обменный магний – более 250-300 мг MgO/кг почвы (Федотова и Зеленев, 2007). Подобные уровни плодородия достигаются за счет комплексного окультуривания дерново-подзолистых почв, включая интенсивное применение минеральных и органических удобрений на фоне опережающего известкования.

Как известно, применение серосодержащих удобрений при недостаточной обеспеченности почв доступной растениям серой повышает урожайность картофеля, товарность и качество продукции – содержание сухих веществ, крахмала, витамина С, а также улучшает кулинарные характеристики и снижает общие потери при хранении (Смирнов, 1985; Бусыгин, 1986).

В Нечерноземной зоне рекомендуется применение такого мелиоранта как фосфогипс (ФГ) совместно с фосфоритной мукой, а также с известковыми материалами (Аканова, 2013). Целью настоящей работы было изучение влияния ФГ на плодородие дерново-подзолистой почвы, эколого-токсикологи-

ческие показатели почвы и растений, а также на продуктивность картофеля и его качество.

Стационарный полевой опыт был проведен в 2013-2015 гг. на территории научно-экспериментальной базы «Коренево» ВНИИ картофельного хозяйства в Люберецком районе Московской области. Изучалось прямое действие (2013 г.) и последствие (2014 и 2015 гг.) возрастающих доз ФГ – 0.5, 1.0, 1.5 и 3.0 т/га на продуктивность культур звена картофельного севооборота: картофель (2013 г.) – яровой ячмень (2014 г.) – картофель (2015 г.). ФГ вносился весной 2013 г. под культивацию. Повторность опыта – трехкратная, площадь делянок – 60 м². Схема посадки картофеля – 75 x 30 см (в предварительно нарезанные гребни). Использовалась стандартная агротехника выращивания. В опыте возделывались сорта картофеля Любава (2013 г.) и Гала (2015 г.), а также сорт ярового ячменя Московский 86. Минеральные удобрения вносились ежегодно под весеннюю культивацию почвы: N90P90K180 – под картофель и N90P90K90 – под ячмень.

ФГ для сельского хозяйства выпускается по ТУ 113-08-418-94 и представляет собой побочный продукт производства экстракционной фосфорной кислоты, получаемой при сернокислотном разложении фосфатного сырья. Как видно из табл. 1, ФГ содержит не менее 21% кальция (Ca), 17% серы (S) и до 1% общего фосфора (P₂O₅), то есть представляет собой агрохимически ценный продукт.

В данном исследовании определялись следующие агрохимические показатели почвенного плодородия для слоя 0-20 см, согласно гостированным методикам: рН_{KCl}, гумус (метод Тюрина), подвижные фосфор и калий (метод Кирсанова), гидролитиче-

Таблица 1. Качественный и количественный состав «Фосфогипса для сельского хозяйства» (ТУ 113-08-418-94).

Компонент	Массовая доля, %	
	1-й сорт	2-й сорт
Гипс (CaSO ₄ ·2H ₂ O), не менее	92	
Ca, не менее	21*	
S, не менее	17*	
P (общий), не более (P ₂ O ₅)	1*	
F (водорастворимый), не более	0.4	0.3
H ₂ O (гигроскопическая), не более	6	20
* Данные показатели не входят в таблицу обязательных требований ТУ 113-08-418-94.		

pH _{KCl}	Гидролитическая кислотность	Сумма обменных оснований	Минеральный N	Подвижные			Степень насыщенности основаниями	Гумус
				P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	S		
	ммоль (экв)/100 г почвы			мг/кг почвы			%	
4.71	3.27	3.11	24.5	315	97	12.7	49	1.91

Доза ФГ, т/га	pH _{KCl}		Гидролитическая кислотность		Сумма обменных оснований		Степень насыщенности основаниями, %	
	ммоль (экв)/100 г почвы		ммоль (экв)/100 г почвы		ммоль (экв)/100 г почвы		ммоль (экв)/100 г почвы	
	Весна 2013 г.	Осень 2015 г.	Весна 2013 г.	Осень 2015 г.	Весна 2013 г.	Осень 2015 г.	Весна 2013 г.	Осень 2015 г.
0	4.69	4.63	3.97	3.73	3.05	2.90	43	44
0.5	4.73	4.51	3.91	4.43	3.07	2.57	44	37
1.0	4.67	4.47	4.08	4.56	3.22	2.70	44	37
1.5	4.73	4.58	3.97	4.13	3.15	2.80	44	40
3.0	4.72	4.48	3.91	4.17	3.07	2.95	44	41
НСР _{0.05}	0.25		0.28		0.43		5	

Примечание (здесь и далее): фон – N₉₀P₉₀K₁₈₀ под картофель и N₉₀P₉₀K₉₀ под яровой ячмень.

ская кислотность (метод Капшена), сумма обменных оснований (метод Капшена-Гильковица), обменные кальций и магний (вытяжка хлорида натрия), подвижная сера (вытяжка хлорида калия). Мониторинг агрохимических параметров почвы по вариантам опыта проводился весной и осенью – после уборки картофеля. Содержание тяжелых металлов (ТМ) в ФГ, почве и клубнях картофеля, а также определение удельной активности радионуклидов в ФГ проводилось ФГУ ЦАС «Владимирский». Для извлечения подвижных форм ТМ из почвы использовался ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4.8.

Изучались следующие биохимические показатели клубней картофеля (Методика физиолого-биохимических исследований ..., 1989): содержание крахмала и сухих веществ (весовой метод), витамина С (метод Мурри), нитратов (ион-селективный метод). Комплекс кулинарных качеств картофеля оценивался по 9-ти бальной шкале, включая потемнение сырой мякоти, потемнение мякоти после варки и вкус вареного картофеля (Пшеченков и др., 2008). Учет пораженности клубней грибными болезнями проводили через месяц после уборки по 5-ти бальной шкале (Воловик и др., 1995).

Согласно исходной агрохимической характеристике, супесчаная дерново-подзолистая почва опытного участка характеризовалась удовлетворительной гумусированностью, высокой обменной и

гидролитической кислотностью, низкой суммой обменных оснований и степенью насыщенности ими, а также очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором, средней – подвижным калием и высокой – подвижной серой (табл. 2).

Применение ФГ привело к изменениям некоторых кислотно-основных свойств почвы (табл. 3). В целом, не отмечено статистически достоверного влияния данного мелиоранта на обменную кислотность почвы (pH_{KCl}). К осени третьего года наблюдений (2015 г.) в вариантах с внесением минеральных удобрений в сочетании с малыми дозами ФГ (0.5 и 1.0 т/га) наблюдалось достоверное повышение гидролитической кислотности на 0.48-0.52 ммоль (экв)/100 г почвы и снижение суммы обменных оснований на 0.50-0.52 ммоль (экв)/100 г почвы. В вариантах с высокими дозами ФГ (1.5-3.0 т/га) величина гидролитической кислотности и сумма обменных оснований достоверно не изменялись. Таким образом, подкисляющего действия при внесении высоких доз ФГ в кислую дерново-подзолистую почву в течение трех лет не наблюдалось.

ФГ повышал содержание доступных форм питательных элементов в почве (табл. 5). При этом максимальные значения прироста подвижного фосфора в почве 72 и 40 мг/кг соответствовали вариантам с последствием максимальных доз ФГ (1.5 и 3.0 т/га). Следует отметить, что в составе ФГ в почву было

Доза ФГ, т/га	Подвижный P (P ₂ O ₅)		Подвижный K (K ₂ O)		Подвижная сера (S)		Подвижный стронций (Sr), осень		
	ммоль (экв)/100 г почвы		ммоль (экв)/100 г почвы		ммоль (экв)/100 г почвы		ммоль (экв)/100 г почвы		
	Весна 2013 г.	Осень 2015 г.	Весна 2013 г.	Осень 2015 г.	Весна 2013 г.	Осень 2015 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
0	308	334	97	124	12.1	3.5	1.46	3.58	3.60
0.5	324	354	107	124	13.1	22.8	-	4.15	4.05
1.0	321	358	98	123	14.1	31.6	2.58	4.46	4.45
1.5	307	379	93	118	10.6	37.1	-	5.54	5.55
3.0	317	357	91	119	13.7	46.6	2.12	7.66	7.72
НСР _{0.05}	19		20		9.3		1.70		

Таблица 5. Изменение содержания в почве обменных форм кальция и магния (мг/кг почвы) при внесении ФГ.

Доза ФГ, т/га	CaO				MgO				CaO : MgO			
	Весна 2013 г.	Осень			Весна 2013 г.	Осень			Весна 2013 г.	Осень		
		2013 г.	2014 г.	2015 г.		2013 г.	2014 г.	2015 г.		2013 г.	2014 г.	2015 г.
0	461	404	349	313	131	116	103	95	3.51	3.48	3.36	3.30
0.5	511	584	446	417	151	124	116	103	3.38	4.71	3.84	4.05
1.0	465	636	520	493	139	129	114	102	3.35	4.93	4.56	4.83
1.5	522	707	575	555	137	125	115	107	3.81	5.66	5.00	5.19
3.0	511	925	746	662	130	130	114	103	3.93	7.12	6.54	6.43
НСР _{0.05}		65				38						

дополнительно внесено до 30 кг P₂O₅/га (3 т ФГ/га), исходя из содержания общих фосфатов в мелиоранте, однако, положительный эффект от действия ФГ объясняется, скорее всего, взаимодействием в почве элементов, входящих в его состав: кальция, серы и фосфора. На третий год проведения опыта отмечено существенное повышение содержания подвижного калия в пахотном слое почвы по сравнению с исходным значением до закладки опыта весной 2013 г.: в контрольном (фоновом) варианте с внесением только НРК-удобрений – на 27 мг/кг, и в вариантах последействия высоких доз ФГ (от 1.0 до 3.0 т/га) – на 25-28 мг/кг.

При ежегодном внесении только НРК-удобрений в контрольном варианте к осени 2013 г. содержание подвижной серы снизилось на 4.3 мг/кг (-36%), к осени 2014 г. – на 6.2 мг/кг (-51%), к осени 2015 г. – на 8.6 мг/кг или на 71% к исходному значению. Ежегодное снижение запасов подвижной серы в пахотном слое почвы в контрольном варианте по годам составило: в 2013 г. – 12.9 кг/га, в 2014 г. – 5.7 кг/га и в 2015 г. – 7.2 кг/га или в среднем за год – около 8.6 кг на 1 гектар. В то время как ФГ в среднем за три года обогащал почву этим элементом в соответствии с внесенными дозами: 0.5 т/га ФГ – +35.1 кг S/га, 1.0 т/га ФГ – +57.6 кг S/га, 1.5 т/га ФГ – +79.8 кг S/га и 3.0 т/га ФГ – +105.6 кг S/га в год. Благодаря высокому содержанию серы в ФГ его использование привело к значительному повышению содержания подвижной серы в почве к концу вегетации картофеля в 2015 г. соответственно внесенным дозам мелиоранта – на 9.7, 17.5, 26.5 и 32.9 мг S/кг по сравнению с исходными значениями.

Содержание обменных форм кальция и магния в почве весной 2013 г. до внесения ФГ и удобрений колебалось в диапазонах 461-522 мг CaO/кг почвы и 130-151 мг MgO/кг почвы (табл. 5). Ежегодное снижение запасов обменного кальция в пахотном слое почвы в контрольном варианте по годам составило: в 2013 г. – 171 кг/га, в 2014 г. – 164 кг/га, в 2015 г. – 109 кг/га или в среднем за год – около 148 кг/га, что согласуется с проведенными ранее исследованиями (Федотова, 2004). Во все годы наблюдений присутствие ФГ в почве в количестве более 0.5 т/га обеспечило повышенное содержание обменного кальция по сравнению с исходными значениями. Осенью 2015 г. в почве варианта последействия максимальной дозы ФГ (3.0 т/га) содержание обменного кальция было выше на 151 мг/кг почвы по сравнению со значением весны 2013 г.

Если сравнивать содержание обменного кальция в почве осенью 2015 г. в вариантах с последействием ФГ с уровнем контрольного варианта, то отмечено существенное повышение содержания обменного кальция соответственно внесенным дозам – на 104, 180, 242 и 349 мг/кг почвы.

Заметное обеднение почвы обменным магнием к осени 2015 г. отмечено только в трех вариантах: контроль и последействие малых доз ФГ (0.5 и 1.0 т/га) – на 36-48 мг/кг почвы. Ежегодное снижение запасов обменного магния в пахотном слое почвы в контрольном варианте по годам составило: в 2013 г. – 45 кг/га, в 2014 г. – 39 кг/га, в 2015 г. – 24 кг/га или в среднем за год – около 36 кг/га.

Стронций, будучи близким к кальцию по химическим свойствам, резко отличается от него по своему биологическому действию. Избыточное содержание этого элемента в почвах, водах и продуктах питания вызывает «уровскую болезнь» или «стронциевый рахит» у человека и животных (по названию реки Уров в Восточном Забайкалье) – поражение костной ткани, печени и мозга, деформацию суставов, задержку роста и некоторые другие изменения. Поэтому важно рассмотреть динамику содержания подвижного (обменного) стронция в почве, а также динамику отношения Ca/Sr, поскольку данный показатель служит основным критерием при оценке возможного негативного влияния стронция на здоровье человека. По В.Г. Хоботьеву (1960), в питьевой воде и пищевых продуктах в «здоровой» местности величина отношения Ca/Sr в источниках водоснабжения составляет 130-920, в «больной» – находится в диапазоне 15-160. В работе В.В. Ковальского и Е.Ф. Засориной (1965) указывается ориентировочное пороговое значение величины отношения Ca/Sr, равное 140 в пищевом рационе.

Содержание обменного стронция в почве осенью 2013 г. в вариантах с внесением ФГ было в 1.4-1.7 раза выше по сравнению с контрольным вариантом, однако при этом не было выявлено четкой зависимости между приростом рассматриваемого показателя и дозой вносимого ФГ (табл. 4). Отношение Ca/Sr в почве осенью 2013 г. составило 198 при применении одних минеральных удобрений, 176 – при внесении 1 т ФГ/га и 312 – при внесении 3 т ФГ/га (табл. 6). На второй год последействия ФГ (осень 2014 г.) отношение Ca/Sr снизилось и в контрольном варианте составляло 97, в вариантах последействия 0.5, 1.0 и 1.5 т ФГ/га – 104-117, а в варианте с максимальной дозой 3.0 т ФГ/га было на уровне контроля – 97. На

Таблица 6. Влияние прямого действия (2013 г.) и последствия (2015 г.) различных доз ФГ на поступление кальция и стронция в клубни картофеля (мг/кг).

Доза ФГ, т/га	2013 г.					2015 г.				
	Клубни			Ca/Sr в почве	КД	Клубни			Ca/Sr в почве	КД
	Ca	Sr	Ca/Sr			Ca	Sr	Ca/Sr		
0	1145	3.29	348	198	1.76	1190	4.57	260	87	2.99
0.5	1167	2.94	397	-	-	1280	2.72	470	103	4.56
1.0	1180	2.59	456	176	2.59	1364	3.43	398	111	3.58
1.5	1208	3.50	345	-	-	1700	7.27	234	100	2.34
3.0	1223	3.66	334	312	1.08	1625	4.86	334	86	3.88
НСР _{0.05}	23	0.62				37	0.93			

Примечание: КД – коэффициент дискриминации ($KD = [Ca/Sr \text{ клубни}] : [Ca/Sr \text{ почва}]$).

третий год последствия ФГ (осень 2015 г.) отношение Ca/Sr в почве колебалось от 87 в контрольном варианте и 86 в варианте с последствием максимальной дозы до 111 в варианте с последствием 1.0 т ФГ/га.

Снижение соотношения Ca/Sr в осенних образцах почвы 2014 и 2015 гг. объясняется потерями кальция из почвы с инфильтрационными водами. Это отношение оставалось более безопасным в вариантах с последствием 0.5-1.5 т ФГ/га, чем в вариантах с применением одних НРК-удобрений и сочетанием НРК с высокой дозой ФГ (3.0 т/га).

В результате проведенного химического анализа

Таблица 7. Динамика валового содержания ТМ в почве (мг/кг почвы).

Доза ФГ, т/га	ТМ	Весна 2013г.	Осень 2013 г.	Осень 2014 г.	Осень 2015 г.
0	Cu	14.8	14.3	21.9	18.2
	Zn	56.9	54.5	32.1	47.0
	Pb	8.33	5.38	9.16	6.27
	Cd	0.38	0.28	0.35	0.37
	Ni	5.90	4.94	9.30	10.30
	Mn	161.2	122.0	220.9	222.0
	Hg	0.09	0.08	0.04	0.06
	As	1.70	1.50	1.35	1.78
	1.0	Cu	16.2	15.5	19.8
Zn		64.3	63.5	29.3	47.2
Pb		8.39	5.82	6.32	4.75
Cd		0.32	0.37	0.23	0.25
Ni		6.40	5.42	9.40	11.5
Mn		161.4	148.0	228.2	205.0
Hg		0.10	0.11	0.06	0.09
As		1.78	2.05	1.50	1.78
3.0		Cu	15.8	16.5	15.2
	Zn	59.2	61.9	17.0	40.0
	Pb	7.58	6.95	1.44	1.55
	Cd	0.28	0.42	0.42	0.42
	Ni	6.63	5.60	6.29	10.4
	Mn	175.3	180.0	184.5	171.0
	Hg	0.09	0.09	0.05	0.09
	As	1.60	2.05	1.50	2.0

Примечания:

1. вытяжка 1 М НН₃;
2. ПДК (мг/кг почвы): Cu – 33.0, Zn – 55.0, Pb – 32.0, Cd – 0.5, Ni – 20.0, Mn – 1500, Hg – 2.1, As – 2.0.

ФГ были получены следующие уровни содержания ТМ в данном мелиоранте (мг/кг): Cu – 15.7, Mn – 14.1, Pb – 5.8, Zn – 4.6, Co – 3.2, Ni – 2.1, Cr – 1.6, Cd – 0.7, Hg – 0.04, а As не был обнаружен. Это очень незначительное содержание ТМ с учетом вносимых доз мелиоранта. Измерение удельной активности радионуклидов в ФГ показало, что она не превышает допустимых значений: ¹³⁷Cs < 3.7 Бк/кг, ⁹⁰Sr < 28.3 Бк/кг.

Анализ динамики содержания валовых и подвижных форм ТМ в почве с весны по осень показал, что содержание и валовых, и подвижных форм ТМ ва-

Таблица 8. Динамика содержания подвижных форм ТМ в почве (мг/кг почвы).

Доза ФГ, т/га	ТМ	Весна 2013г.	Осень 2013 г.	Осень 2014 г.	Осень 2015 г.
0	Cu	2.00	1.72	1.10	0.28
	Zn	9.65	11.84	12.80	1.21
	Pb	0.38	0.38	0.70	0.62
	Cd	0.09	0.10	0.05	0.10
	Ni	3.80	3.57	1.70	0.30
	Mn	8.77	14.13	13.90	30.60
	Cr	1.75	2.90	1.58	1.55
	Co	0.85	0.96	0.39	0.41
	1.0	Cu	1.58	1.83	1.51
Zn		10.80	12.36	11.90	1.00
Pb		0.39	0.54	0.42	0.46
Cd		0.09	0.11	0.10	0.19
Ni		3.68	3.38	2.50	0.53
Mn		8.97	11.70	10.20	29.7
Cr		2.20	3.65	2.05	1.90
Co		0.85	0.99	0.53	0.50
3.0		Cu	1.50	1.55	1.15
	Zn	10.40	8.76	7.20	0.77
	Pb	0.36	0.62	0.38	0.44
	Cd	0.13	0.08	0.16	0.13
	Ni	3.40	3.00	2.71	0.74
	Mn	6.65	7.90	5.00	26.20
	Cr	3.05	4.00	2.15	1.98
	Co	1.11	1.03	0.62	0.64

Примечания:

1. извлечение ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4.8;
2. ПДК (мг/кг почвы): Cu – 3.00, Zn – 23.0, Pb – 6.00, Cd – 0.50, Ni – 4.00, Mn – 60-100, Cr – 6.00, Co – 5.00.

рировало по вариантам опыта в пределах установленных ПДК (табл. 7 и 8). По результатам первого года исследований (2013 г.) было установлено, что применение ФГ перед посадкой картофеля не привело к превышению нормативных ПДК валовых форм ТМ (СанПиН 42-128-4433-87; ГН 2.1.7.2041-46) в осенних образцах почвы, взятых с делянок во время уборки картофеля. На второй и третий год проведения опыта (осень 2014 г. и 2015 г.) в вариантах последствия различных доз ФГ наблюдалась тенденция снижения валового содержания многих тяжелых металлов: меди, цинка, свинца и марганца. Так, в 2014-2015 гг. в почве варианта только с внесением НРК-удобрений валовое содержание свинца составляло 7.72 мг/кг, а в варианте последствия максимальной дозы ФГ – 1.50 мг/кг. При этом валовое содержание цинка составило соответственно 39.6 и 28.5 мг/кг. Такое закономерное снижение наблюдалось по каждому перечисленному выше элементу, что объясняется действием ФГ как мелиоранта с высоким содержанием кальция. В этом проявляется агроэкологическое значение ФГ для окружающей среды.

Содержание подвижных форм ТМ в осенних образцах почвы 2015 г. по вариантам опытов с внесением 0, 1.0 и 3.0 т ФГ/га было в десятки раз ниже соответствующих ПДК подвижных форм металлов для почв сельскохозяйственного назначения (ГН 2.1.7.2041-46; ГН 2.1.7. 2042-46):

- Cu – от 0.28 до 0.40 мг/кг почвы (в 7.5-10.7 раз < ПДК);
- Zn – от 0.77 до 1.21 мг/кг почвы (в 19-30 раз < ПДК);
- Cd – от 0.10 до 0.19 мг/кг почвы (в 2.6-5.0 раз < ПДК);
- Pb – от 0.44 до 0.62 мг/кг почвы (в 9.7-13.6 раза < ПДК);
- Ni – от 0.30 до 0.74 мг/кг почвы (в 5.4-13.3 раза < ПДК);
- Cr – от 1.55 до 1.98 мг/кг почвы (в 3.0-3.9 раза < ПДК);
- Mn – от 26.2 до 30.6 мг/кг почвы (в 2.6-3.1 раза < ПДК);
- Co – от 0.41 до 0.64 мг/кг почвы (в 7.8-12.2 раза < ПДК).

Вегетационный период 2013 г. характеризовался нестабильными условиями по распределению осадков – засуха сменялась переувлажнением. В целом, гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) составил 1.64, то есть год был относительно благоприятным для картофеля (оптимальный диапазон – 1.4-1.6, среднемноголетняя величина – 1.29). Средняя температура воздуха за май-август 2014 г. составила 18.4°C, что на 1.9°C выше климатической нормы; осадков выпало 206 мм или 79% от нормы; ГТК составил 0.93. Средняя температура воздуха за

май-август 2015 г. составила 17.1°C, осадков выпало 302 мм, что в 1.16 раза выше нормы; ГТК был равным 1.67.

Во все годы проведения опыта отмечена высокая эффективность прямого действия и последствия ФГ на урожайность культур севооборота (рис. 1). В сумме за три года исследований (2013-2015 гг.) внесение ФГ в количестве 1.0, 1.5 и 3.0 т/га способствовало росту продуктивности звена севооборота картофель – ячмень – картофель на 30-38 ц з.е./га или на 19-24% по сравнению с вариантом, где применялись одни НРК-удобрения (табл. 9).

Согласно полученным в 2013 г. данным, внесение ФГ в почву существенно повышало общую урожай-

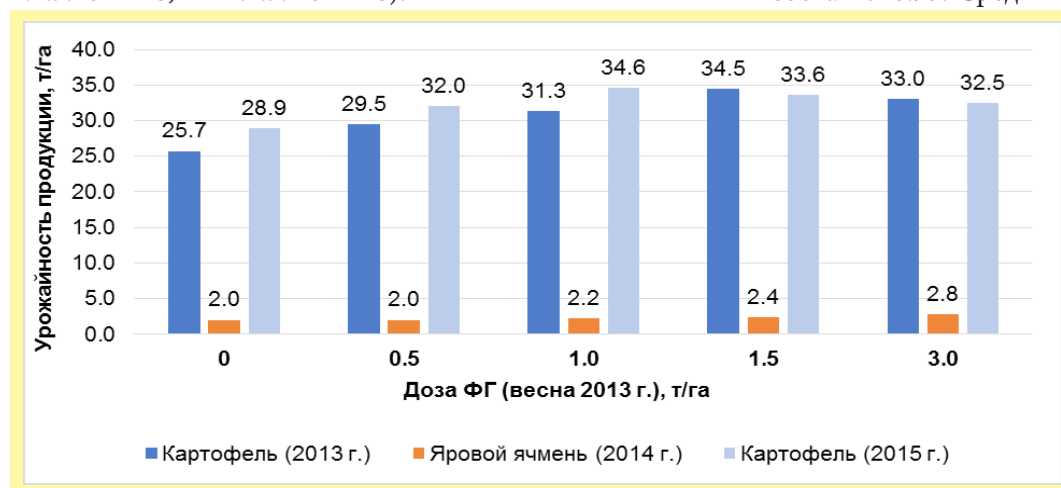


Рис. 1. Прямое действие (2013 г.) и последствие (2014-2015 гг.) различных доз ФГ на урожайность культур звена севооборота.

Примечания:

- 1) дана общая урожайность клубней картофеля и урожайность зерна ярового ячменя;
- 2) ежегодно весной под культивацию вносилось: N90P90K180 под картофель и N90P90K90 под яровой ячмень.

Таблица 9. Продуктивность звена севооборота картофель – ячмень – картофель в зависимости от прямого действия (2013 г.) и последствия (2014-2015 гг.) различных доз ФГ.

Доза ФГ, т/га	Картофель (2013 г.)	Яровой ячмень (2014 г.)	Картофель (2015 г.)	Σ	Прибавка	
					ц з.е./га	%
0	64.3	19.7	72.2	156.2	-	-
0.5	73.8	19.9	80.0	173.7	17.5	11
1.0	78.3	21.6	86.5	186.4	30.2	19
1.5	86.3	24.0	84.0	194.3	38.1	24
3.0	82.5	27.5	81.3	191.3	35.1	23
НСР _{0.05}	7.5	1.3	7.0	5.3		

Доза ФГ, т/га	Крахмал, %			Витамин С, мг%		
	2013 г.	2015 г.	Среднее	2013 г.	2015 г.	Среднее
0	15.2	17.3	16.3	17.7	26.8	22.3
0.5	15.3	17.6	16.5	16.8	27.7	22.3
1.0	15.1	17.3	16.2	16.8	27.1	22.0
1.5	15.5	17.0	16.3	17.4	26.6	22.0
3.0	15.4	16.8	16.1	16.9	25.4	21.1
НСР _{0.05}	0.3	0.4	0.4	1.3	1.4	1.4

Доза ФГ, т/га	Вкус вареного картофеля			Потемнение сырой мякоти через 24 часа			Суммарная кулинарная оценка		
	2013 г.	2015 г.	Среднее	2013 г.	2015 г.	Среднее	2013 г.	2015 г.	Среднее
0	6.3	8.3	7.3	7.0	4.0	5.5	23.3	28.3	25.8
0.5	7.0	9.0	8.0	5.7	4.3	5.0	22.7	25.3	24.0
1.0	7.0	9.0	8.0	5.7	5.7	5.7	22.7	31.7	27.2
1.5	7.0	9.0	8.0	7.0	5.0	6.0	28.0	28.0	28.0
3.0	7.0	9.0	8.0	6.3	5.0	5.6	25.3	28.0	26.6
НСР _{0.05}	0.5	0.7	0.6	0.9	0.7	0.8	1.2	1.5	1.4

Доза ФГ, т/га	Фитофтороз			Парша обыкновенная			Ризоктониоз		
	2013 г.	2015 г.	Среднее	2013 г.	2015 г.	Среднее	2013 г.	2015 г.	Среднее
0	1.9	5.2	3.6	3.8	2.1	2.9	1.5	5.9	3.7
0.5	1.2	3.1	2.1	1.2	0.7	0.9	0	3.3	1.7
1.0	0	2.7	1.3	1.0	0	0.5	0	0.3	0.2
1.5	0	1.3	0.7	2.3	0.6	1.5	0	0	0
3.0	0.9	0.5	0.7	1.2	1.5	1.3	0	0	0
НСР _{0.05}	0.8	1.1	0.9	1.3	0.7	1.0	0.7	1.3	1.0

ность картофеля – с 25.7 до 29.5-34.5 т/га или на 15-34% (рис. 1). В 2013 г. максимальная урожайность картофеля 34.5 т/га (прибавка к фону – 8.8 т/га или 34%) и высокое качество клубней получены в варианте с внесением 1.5 т ФГ/га. Содержание крахмала в клубнях притом было на 0.3% выше по сравнению с контрольным вариантом (табл. 10).

В 2014 г. наилучшая урожайность зерна ярового ячменя получена в варианте последствия максимальной дозы ФГ (3.0 т/га) – 2.75 т/га, прибавка к контролю составила 0.78 т/га или 40% (рис. 1). При этом наблюдалось и улучшение качества зерна (содержание белка в зерне ячменя варианта с максимальной дозой ФГ составило 15.1% против 14.4% в контрольном варианте с одним НРК-удобрением).

На второй год последствия ФГ (2015 г.) максимальная прибавка урожайности картофеля по сравнению с контрольным вариантом (5.7 т/га или 20%) получена за счет внесения 1.0 т ФГ/га. Качественные показатели клубней при этом остались без изменений.

Выход питательно ценных компонентов в картофеле во все годы исследований возрастал в вариантах с применением ФГ (прямое действие 2013 г. и последствие 2015 г.) по сравнению с контролем. В среднем за два года выход крахмала увеличился на

24-35%, а витамина С – на 22-29% за счет внесения ФГ. Максимальный выход крахмала (4.9 т/га) и витамина С (6.6 кг/га) получен в варианте с прямым действием и последствием дозы ФГ, равной 1.5 т/га.

Интересно рассмотреть влияние ФГ на кулинарные качества клубней (табл. 11). В среднем за два года (прямое действие 2013 г. и последствие 2015 г.) наилучшими по комплексной оценке кулинарных свойств клубней были два варианта – с дозами 1.0 и 1.5 т ФГ/га: хороший вкус (8 баллов), средняя развариваемость (5 баллов), отсутствие потемнения варёной (9 баллов) и небольшое потемнение сырой мякоти (5.7-6.0 баллов) и суммарная кулинарная оценка – 27.2-28.0 баллов по сравнению с 25.8 балла в контроле.

Внесение ФГ, кроме того, способствовало повышению устойчивости картофеля к грибным болезням (табл. 12). Обследование клубней через месяц после уборки в первый (2013 г.) и третий год (2015 г.) исследований продемонстрировало положительное влияние ФГ на устойчивость картофеля к основным грибным болезням клубней – фитофторозу, парше обыкновенной и ризоктониозу. Это можно объяснить хорошей обеспеченностью растений картофеля кальцием и серой в вариантах с применением ФГ. Наибольшая распространенность грибных болезней

Таблица 13. Содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля (мг/кг сырой массы).

Доза ФГ, т/га	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
2013 г. (сорт Любава)										
0	0.72	6.74	0.022	0.17	0.52	0.65	3.14	0.11		
0.5	0.79	9.13	0.022	0.19	0.61	0.57	1.50	0.12		
1.0	0.87	8.23	0.027	0.19	0.79	0.58	1.28	0.17	< 0.01	< 0.2
1.5	0.74	7.22	0.028	0.12	0.66	0.45	1.23	0.14		
3.0	0.69	9.21	0.028	0.11	0.74	0.56	1.62	0.10		
2015 г. (сорт Гала)										
0	2.88	11.45	0.030	0.22	0.17	1.02	1.83	0.93		
0.5	3.15	10.60	0.035	0.18	0.22	1.56	1.89	0.89		
1.0	2.30	9.40	0.025	0.22	0.20	1.55	1.80	0.76	< 0.01	< 0.2
1.5	2.10	6.80	0.035	0.24	0.23	0.85	1.63	0.82		
3.0	2.90	9.80	0.035	0.20	0.46	2.15	1.70	0.92		
МДУ ТМ: картофель (СанПиН 2.3.2.560-96; СанПиН 2.3.2.1078-01)	5.0	10.0	0.03	0.5		Не нормируется			0.02	0.2

была характерна для контрольного варианта, где ФГ не вносился: фитофтороз – 3.6%, парша обыкновенная – 2.9%, ризоктониоз – 3.7%. В вариантах с внесением ФГ данные показатели были существенно ниже (с достоверным снижением в большинстве случаев): 0.7-2.1%, 0.5-1.5 и 0-1.7% соответственно.

Расчёт коэффициента дискриминации (КД = [Ca/Sr клубни] : [Ca/Sr почва]) для картофеля сорта Любава (2013 г.) и сорта Гала (2015 г.) показал, что во всех изученных вариантах опыта в оба года исследований наблюдалась дискриминация стронция кальцием: КД = 1.08-4.56 (табл. 6). Поступление кальция в зерно ячменя по сравнению со стронцием происходило еще более интенсивно: в вариантах опыта с внесением 0.5-3.0 т ФГ/га в 2014 г. величина КД для ячменя составила 6.01-8.45.

Не установлено влияния изученных доз ФГ на накопление ТМ (Cu, Mn, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cd, Hg и As) в клубнях картофеля (табл. 13), а также и в зерне ячменя сверх установленных норм. Через 2 года после внесения высокой дозы ФГ (3 т/га) наблюдалось большее накопление никеля и хрома в клубнях по сравнению с другими вариантами, однако содержание данных элементов в продукции не нормируется. В первый год после применения ФГ было отмечено достоверное снижение накопления марганца клубнями (в 2 и более раз) за счет антагонизма между ионами Ca²⁺ и Mn²⁺, так как ФГ – кальцийсодержащий мелиорант.

Таким образом, экспериментальные данные 2013-2015 гг. убедительно показывают значимость агрохимиката «Фосфогипс для сельского хозяйства» как ценного минерального удобрения, способного в течение трех лет существенно повышать плодородие супесчаной дерново-подзолистой почвы (содержание подвижных форм фосфора и серы, обменного кальция) и, соответственно, продуктивность культур звена специализированного картофельного севооборота (на 19-24%) без вреда для окружающей среды.

Внесение ФГ в почву весной перед посадкой картофеля в дозах от 0.5 до 3.0 т/га обеспечило получение в течение трех лет экологически безопасной продукции во всех вариантах опыта, включая вариант с

максимальной дозой (3.0 т ФГ/га). Накопления тяжелых металлов в клубнях картофеля (2013 и 2015 гг.) и зерне ячменя (2014 г.) сверх установленных норм (МДУ ТМ согласно СанПиН 2.3.2.560-96; СанПиН 2.3.2.1078-01) не установлено.

По комплексу хозяйственно-ценных признаков культур севооборота (урожайность, структура и качество продукции) и показателям плодородия почвы для изученных почвенно-климатических условий можно рекомендовать применение ФГ в дозе 1.5 т/га совместно с минеральными удобрениями.

Федотова Л.С. – заведующая отделом, профессор, доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: fedotova@vniikh.com.

Князева Е.В. – младший научный сотрудник; e-mail: elenak-73@rambler.ru.

Тимошина Н.А. – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: timnatali@rambler.ru.

Отдел агрохимии и биохимии ВНИИ картофельного хозяйства (п. Красково Московской обл.).

Авторы признательны региональному директору по югу и востоку России Международного института питания растений, кандидату биологических наук Носову В.В. за помощь при подготовке данной статьи.

Литература

- Федотова Л.С., Зеленов Н.А. 2007. Удобрение как фактор высокой продуктивности и качества картофеля. Москва, «С_Принт», 172 с.
- Смирнов Ю.А. 1985. Повышение урожая и качества сельскохозяйственной продукции при использовании серных удобрений. Москва, ВНИИТЭИСХ, 61 с.
- Бусыгин В.Н. 1986. Влияние новых форм калийных удобрений в гранулированном и крупнокристаллическом виде на урожай и качество картофеля. Автореф. дис. ... канд. с.-х.

- наук. Москва, 22 с.
- Аканова Н.И. 2013. Фосфогипс нейтрализованный – перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия. *Плодородие*, 1: 2-7.
- Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. 1989. Москва, НИИКХ, 142 с.
- Пшеченков К.А., Давыденкова О.Н., Седова В.И., Мальцев С.В. и Чулков Б.А. 2008. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению, изд. 2-ое, перераб. и доп. Москва, ВНИИКХ, 39 с.
- Воловик А.С., Глѣз В.М., Зейрук В.Н., Алябьева А.В., Капустин Н.М., Лыкова В.Д., Трофимец Л.Н., Усков А.И., Бойко В.В., Князева В.П., Варицев Ю.А., Долягин А.Б., Синицин В.В., Тензина Т.В., Червонюк Г.Н., Ильичёва А.А. и Писаренко Э.А. 1995. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету. Москва, изд-во ВНИИКХ РАСХН, 114 с.
- Хоботьев В.Г. 1960. Некоторые материалы и характеристика уровней биогеохимических провинций. *Тр. биогеохим. лабор. АН СССР*, XI: 31-48.
- Федотова Л.С. 2004. Динамика концентрации питательных веществ в лизиметрических водах и их потерь из корнеобитаемого слоя почвы под картофелем. *Лизиметрические исследования в России. Сб. научн. публикаций*. Москва, НИИСХ ЦРНЗ. С. 269-282.
- Ковальский В.В. и Засорина Е.Ф. 1965. К биогеохимии стронция. *Агрохимия*, 4: 78-88.
- Санитарные нормы СанПиН 42-128-4433-87 «Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве» (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР от 30 октября 1987 г. № 4433-87) по состоянию на 25 сентября 2006 г.
- Гигиенические нормативы «Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» ГН 2.1.17.2041-46.
- Гигиенические нормативы «Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве» ГН 2.1.17.2042-46.
- Санитарные нормы СанПиН 2.3.2. 560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов» (утверждены постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 24 октября 1996 года № 27).
- Санитарные нормы СанПиН 2.3.2. 1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 31.05.2002 №18), действуют с 1 июля 2002 г.

Повторное гипсование солонцовых комплексов Западной Сибири

Березин Л.В., Гиндемит А.М. и Троценко И.А.

В условиях Западной Сибири, где в пашне широко распространены почвы солонцовых комплексов с участием пятен почв низкого плодородия, радикальное повышение их продуктивности достигается гипсованием, срок положительного последствия которого в лесостепной зоне составляет более 20 лет. Особого внимания требует контроль кальциево-стронциевого соотношения в почвах и растениях на всех компонентах почвенного покрова.

Солонцовые земли занимают третью часть сельскохозяйственных угодий Западно-Сибирского региона (почти 10 млн га), из которых около 2 млн га расположены в Омской области (Семендяева и Добротворская, 2005; Березин, 2006). В разных субъектах Российской Федерации от 30 до 50% из них используется в пашне, занимая от 15 до 28% ее площади. В их составе преобладают солонцы нейтральные, либо слабосолончаковатые малонатриевые, отличающиеся от типичных солонцов содового засоления низким содержанием обменного кальция (менее 40-50% от суммы обменных катионов).

Вывести эти почвы низкого плодородия из пашни практически невозможно, так как они непредсказуемо располагаются пятнами диаметром 30-50 метров среди плодородных почв черноземного ряда, занимая от 10 до 30, редко 40% площади почвенного комплекса. Эта особенность обусловлена микрорельефом Западно-Сибирской равнины.

Радикальный путь повышения плодородия практически любых солонцов – корковых и мелких, имеющих в целинном состоянии мощность надсолонцового горизонта до 10 см – это химическая

мелиорация (гипсование). Она позволяет поднять продуктивность сельскохозяйственных культур на пятнах любых солонцов (и мелких, и корковых) до 60-80% от уровня продуктивности окружающих плодородных почв и тем самым – продуктивность почвенных экосистем в целом. Особенность почвенного покрова Сибири и Северного Казахстана определяет необходимость выборочного гипсования массивов, что продиктовано не только и не столько снижением густоты всходов на пятнах корковых и мелких солонцов, сколько невозможностью своевременного проведения полевых работ. Причина заключается в неодновременном наступлении физической спелости почв весной при посеве, а осенью при уборке урожая – в неравномерности наступления технической спелости возделываемых культур.

С 1980 г. в России, как и в странах Восточной Европы, Австралии и Канаде для химической мелиорации используется фосфогипс (ФГ) – побочный продукт производства фосфорных удобрений. По своим мелиоративным свойствам он не отличается от природного сыромолотого гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Широкое применение для мелиорации почв этого отхода

Таблица 1. Урожайность сельскохозяйственных культур (т к.е./га) на солонце корковом многонатриевом после разового и повторного внесения ФГ.

Тип использования	Разовое гипсование				Повторное гипсование				НСР _{0.05}
	Контроль	Доза ФГ, т/га			Фон	Доза ФГ, т/га			
		8	16	32		8	16	32	
Зерновые культуры (1986-1990 гг.)	0	0.44	0.71	0.81	0.30	0.79	0.98	1.04	2.20
Донник (1992-1993 гг.)	0	1.08	1.51	2.53	0	1.80	3.00	3.68	1.03
Многолетние травы (1996-2002 гг.)	0.013	0.96	1.37	1.83	0.16	1.91	1.94	2.10	0.48
Естественное залужение (2003-2005 гг.)	0	0.43	0.46	0.93	0	0.95	0.94	0.97	0.15

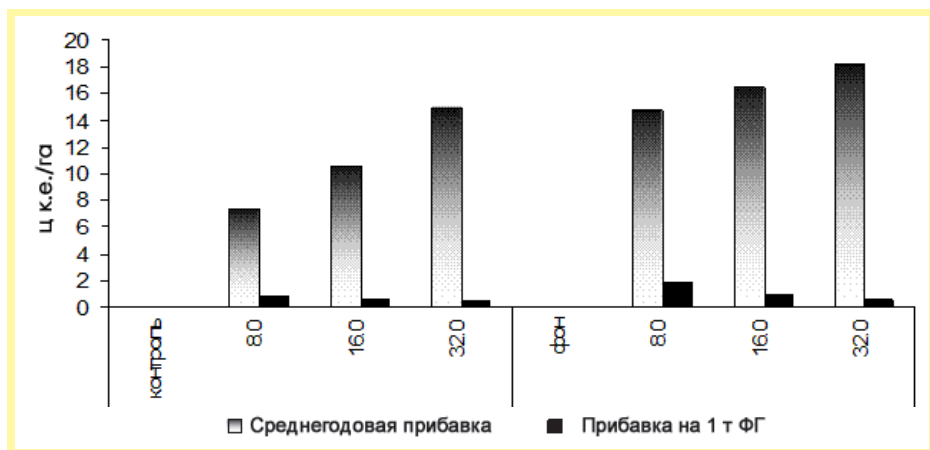


Рис. 1. Показатели эффективности внесения ФГ на солонце корковом многонатриевом (среднее за 1986-2005 гг.).

промышленности фосфорных удобрений сдерживается наличием в нем примесей фтора и стабильного стронция, цинка и других элементов, содержащихся в фосфорных агорудках (Братцева и Березин, 1996). Решать данную проблему за счет снижения нормы применения ФГ нельзя, так как она обусловлена составом обменных катионов, и в случае недостаточного внесения кальция не достигается существенного изменения ни водно-физических, ни физико-химических свойств мелиорируемого слоя почвы.

Изучение последствий внесения при мелиорации фтора показало, что в почвах он достаточно легко связывается в слаборастворимые формы и не вызывает значительного нарушения качества сельскохозяйственной продукции (Березин, 1987; Березин и др., 1988). Материалы по негативному влиянию примесей в мелиорантах валового (включая радиоактивный) стронция малочисленны. Особенно мало научных публикаций по оценке влияния химической мелиорации на качество получаемой продукции.

Исследования проводились¹ в 1970-2005 гг. в лесостепной зоне в центральной части Ишим-Иртышского междуречья в двух соседних муниципальных районах Омской области: Любинском и Тюкалинском.

Опыт на солонце корковом многонатриевом содового засоления был заложен на Голубковском стационаре Омского ГАУ при освоении целинного

¹ Кроме авторов статьи непосредственное участие в закладке и проведении опытов принимали участие на Голубковском стационаре: В.Е. Кушнаренко, З.И. Воропаева и А.И. Парфенов; на Малиновском стационаре: Т.М. Токарева, О.Б. Сабаяева и Л.И. Братцева.

участка в 1970-1972 гг. Повторное гипсование в опыте проведено в 1985 г. Норма ФГ при первичном гипсовании (32 т/га – фон) определялась по дефициту кальция в пахотном слое почвы (Schoonover, 1952; Березин и др. 1971). При повторном гипсовании были внесены по фону возрастающие дозы ФГ: 8, 16 и 32 т/га. На первом этапе участок использовался для возделывания зерновых культур, с 1992 г. – донника. Во второй половине лета 1995 г. было проведено залужение многокомпонентной травосмесью (табл. 1).

Опыт по мелиорации солонца мелкого малонатриевого слабого нейтрального засоления закладывался на Малиновском стационаре Сибирского НИИСХ в 1983-1984 гг. на старопахотном массиве, используемом в пашне свыше 100 лет. Норма внесения ФГ – 12 т/га. Через 7 лет в 1992 г. проводилось повторное гипсование поперек первичного, и одновременно на параллельных делянках вносился перегной по 40 т/га. Все годы участок использовался в системе короткоротационного четырехпольного зернопарового севооборота.

Все агротехнические мероприятия в опытах проводились в соответствии с зональной агротехнологией возделывания сельскохозяйственных культур. Основная обработка почвы при подготовке зяби осуществлялась безотвально на глубину 20-25 см; наблюдения и анализы почв – согласно действующим методическим рекомендациям (Доспехов, 1985; Аринушкина, 1970) в лаборатории рационального использования почв при кафедре почвоведения Омского ГАУ. Анализы растений по заказу Омского ГАУ проводились в специализированных лицензированных лабораториях Москвы и Санкт-Петербурга.

Многолетние наблюдения показали, что в равнинных условиях лесостепи Западной Сибири как на много-, так и на малонатриевом солонце гипсование обеспечивает длительный и достаточно устойчивый эффект даже при уровне грунтовых вод, водоупором которых являются подстилающие засоленные неогеновые породы, выше трех метров. Ни в одном из 40 полевых опытов по гипсованию солонцов, заложенных в условиях Среднего Прииртышья, не было установлено вторичного засоления. Данная особенность результатов мелиорации почв Сибири, по на-

Таблица 2. Изменение запаса солей (т/га) в солонце корковом многонариевом после внесения различных доз ФГ (1986-2005 гг.).

Слой почвы, см	Среднее за период на контроле	Разовое гипсование		Повторное гипсование			
		16	32	Доза ФГ, т/га			
				Фон	8	16	32
0-20	16.2	-7.5	-8.2	-4.5	-10.6	-11.6	-8.3
20-50	30.2	7.1	0.8	1.9	0.2	-2.5	-7.4
50-100	30.9	19.1	21.9	12.2	20.5	21.6	18.8
100-200	27.8	25.3	46.5	16.8	49.4	47.4	43.2
0-200	104.6	44.0	61.0	26.4	59.5	54.9	46.3

шему мнению, обусловлена действием криогенного фактора при глубоком промерзании и длительном оттаивании почв при коротком, но жарком вегетационном периоде (Березин, 2009). Однако на таком природном фоне изменения свойств разных почв после их гипсования, а главное – качества получаемой сельскохозяйственной продукции существенно различаются.

На солонце корковом многонариевом, вынужденно введенном в пашню вследствие залегания пятна среди лугово-черноземных почв, только однажды удалось получить минимальный урожай донника, и ни разу не был получен урожай зерновых культур (табл. 1). Но после однократного проведения химической мелиорации внесением ФГ в дозе, рассчитанной на мелиорацию слоя не менее 15 см, в течение первых 20 лет можно было получить урожай сельскохозяйственных культур на уровне 1.5 т/га кормовых единиц и 0.8 т/га зерна при среднегодовой прибавке урожая 0.05 т кормовых единиц на 1 тонну внесенного ФГ (рис. 1).

При повторном гипсовании оказалось возможным вносить дозу ФГ, сокращенную в 4 раза, но это было оправдано только при возделывании многолетних трав и донника. Лишь половинная доза мелиоранта на фоне ранее внесенной полной нормы для пахотного слоя почвы обеспечила удвоение урожайности трав и повышение урожайности зерновых культур в 1.5 раза (рис. 1).

Естественно, снижение дозы мелиоранта сразу же негативно сказалось на агрономическом и особенно на мелиоративном эффекте. В целях определения баланса солей в двухметровом профиле почвы (табл. 2) усредненная разница запасов солей за период с 1986 по 2005 гг. определялась при однократной мелиорации по сравнению с абсолютным контролем, а на повторно мелиорированном солонце – относительно фона и контроля. Суммарное засоление двухметрового почвенного профиля варьировало за период наблюдений на делянках абсолютного контроля от 80

до 120 т/га, причем в слое 20-200 см по почвенным горизонтам оно было сравнительно равным.

Корнеобитаемый улучшенный слой 0-20 см однократно мелиорированного солонца дозами ФГ 16 и 32 т/га за этот период подвергся опреснению на 7.5 и 8.2 т/га соответственно. Продукты обменных реакций аккумуляровались в слое 50-200 см. В итоге общие запасы солей в почвенном профиле относительно контроля возросли на 50-

70%. Они оказались выше расчетных на практически равную величину 27.4 и 27.7 т/га. Очевидно, помимо вторично-образованных солей и продуктов обмена, здесь обнаружилась часть естественно варьирующих запасов солей и в том числе сульфата натрия.

На фоне, мелиорированном в 1970 г. дозой ФГ 32 т/га, в сравнении с контролем запасы солей в двухметровом слое за период наблюдений стали выше на 25%. При этом из пахотного слоя в нижние слои мигрировало 4.5 т/га солей. Основная масса вторично образованных солей равномерно распределилась в слоях 50-100 и 100-200 см. Суммарное увеличение соледержания соответствует расчетному – 30.9 т/га (1.9 + 12.2 + 16.8).

При анализе динамики засоления почвы после повторной мелиорации дозами ФГ 8 и 16 т/га, прежде всего, обращает на себя внимание то, что максимум концентрации солей опустился во второй метр. Опреснительный эффект был выше, чем при однократном гипсовании в 1.5-2 раза, и за два тура гипсования из корнеобитаемого слоя 0-50 см выщелочено относительно абсолютного контроля 10.4 и 14.1 т/га солей соответственно, в том числе вследствие повторной мелиорации соледержание этого слоя снизилось практически на треть. За счет вымывания во втором полуметре содержание солей увеличилось по сравнению с контролем на 20.5 и 21.6 т/га и стало равным по соледержанию варианту однократного гипсования дозами 16 и 32 т/га.

Таким образом, только доза мелиоранта 32 т/га, рассчитанная на оптимизацию содержания иона кальция в составе обменных катионов, обеспечила стабильно высокое опреснение. За два тура гипсования удалено от общего количества 66.6 т/га (33.3 + 33.3) вторично образованных солей за пределы двухметровой толщи относительно контроля 20.3 т/га солей (66.6 - 46.3), что равно третьей части внесенных при мелиорации солей.

Следует отметить, что в результате применения химической мелиорации в верхнем горизонте профиля почвы уменьшилось не только общее количество, но и доля токсичных для растений солей (Березин и др., 1988). В варианте внесения 16 т/га ФГ их количество через 6 лет снизилось до 9.8 ммоль (экв)/100 г почвы, а на 20-й год после разового проведения мелиорации сократилось еще почти в два раза (табл. 3).

Таблица 3. Изменение количества токсичных солей (ммоль (экв)/100 г почвы) в пахотном слое солонца коркового многонариевого при длительном последствии мелиорации.

Годы	Однократное гипсование			Повторное гипсование		
	Контроль	16 т ФГ/га	32 т ФГ/га	Фон	16 т ФГ/га	32 т ФГ/га
1986	17.1	13.7	15.2	15.4	7.5	13.9
1993	16.7	9.8	4.0	8.9	4.7	3.4
2005	10.8	5.8	3.2	10.9	2.3	1.4

Таблица 4. Влияние приемов мелиорации на продуктивность (т/га зерна) агросолонца гидрометаморфического темного мелкого слабонатриевого (Березин, 2006).

Ротация (годы)	Вариант мелиоративного комплекса			
	Контроль	ФГ (1984 г.)	ФГ повторно (1984 г. + 1992 г.)	ФГ (1984 г.) + перегной (1992 г.)
Первая (1984-1987)	0.56	0.66	–	–
Вторая (1988-1991)	0.94	0.92	–	–
Третья (1992-1995)	0.48	0.62	0.70	0.73
Четвертая (1996-2000)	1.02	1.23	1.11	1.13
Пятая (2001-2005)	0.76	1.09	1.13	1.35
Среднее за учетный период	0.99	1.19	1.28	1.38

Примечание: продуктивность почвы определялась по уровню урожайности в среднем с площади севооборота, включая паровое поле.

Полная расчетная доза ФГ (32 т/га) обеспечила снижение содержания токсичных солей до практически безопасного уровня (4.0 ммоль (экв)/100 г почвы) уже через 5-6 лет.

Даже после прекращения интенсивной обработки почвы под посевами многолетних трав через 20 лет после повторного гипсования, несмотря на относительно высокий уровень минерализованных грунтовых вод (от 2 до 9 г/л), не обнаружилось вторичного засоления, причем в пахотном слое обнаруживались лишь следы токсичных солей.

На основании полученных данных по изменению солевого режима можно говорить о целесообразности проведения повторного гипсования солонца коркового многонатриевого содового засоления, так как дополнительно внесенный ФГ в условиях лесостепной зоны не вызывает повышения уровня засоления корнеобитаемого слоя и способствует ускоренному замещению натрия поглощающего комплекса почвы на кальций гипса. И чем выше доза, тем полнее идет процесс опреснения профиля мелиорированного солонца и удаления продуктов обмена за пределы метрового слоя мелиорированной почвы.

На солонцах мелких и корковых малонатриевых, которые занимают около 60% аналогичных видов солонцов, используемых в пашне, уровень естественного плодородия существенно выше. Но пятна и таких почв среди черноземов, вследствие проявления типичных для солонцов неблагоприятных водно-физических свойств, препятствуют своевременному проведению полевых работ и без гипсования не обеспечивают даже получения нормальных всходов, а в итоге – рентабельного и качественного урожая. После введения в пашню в результате ежегодного перепахивания солонцового и надсолонцового горизонтов такие почвы существенно изменяют все свои свойства. По этой причине, согласно новой классификации почв России (Шишов и др., 2004), они включаются в самостоятельный тип почв – агросолонцы темные в составе отдела щелочно-глинисто-дифференцированных почв. Тем не менее, в большинстве рекомендаций малонатриевые солонцы не включаются в объемы работ по химической мелиорации, так как стандартными методами по содержанию солей в почвенном профиле и вследствие низкого содержания обменного натрия и низкого количества воднопептизируемого ила для таких солонцов невозможно определить норму внесения гипса. По нашим рекомендациям, большинством специалистов

сибирского региона она определяется методом донасыщения, исходя из дефицита обменного кальция в составе почвенного поглощающего комплекса (Березин и др., 1971).

В контрольном варианте средняя урожайность зерновых культур с гектара севооборотной площади на этой почве низкого плодородия была около 1 т/га зерна при значительно большей средней урожайности на окружающей лугово-черноземной почве (по новой классификации России – агрочерноземе криогенно-мицеллярном гидрометаморфизованном), преобладающей в данных почвенных условиях, – 1.6-1.8 т/га.

Двадцатилетние наблюдения за последствием разового внесения ФГ показали, что в результате существенных положительных изменений свойств такой почвы в слое 0-40 см под влиянием гипсования в среднем за 5 ротаций севооборота урожайность в варианте длительного последствия гипсования повысилась на 20% (табл. 4).

Как показывают исследования, прибавка урожайности в пятой ротации зернопарового севооборота не снижается и находится практически на том же уровне, что и в первой ротации. При этом, в отличие от солонца многонатриевого, в варианте повторного гипсования за 13 лет наблюдений не обнаружилось существенной прибавки урожайности от дополнительно внесенного мелиоранта. Максимальная продуктивность севооборота на данном виде агросолонца (в среднем 1.4 т/га зерна) была достигнута лишь после комплексной мелиорации, предусматривающей применение органических удобрений на ранее загипсованном солонце.

Одновременное применение гипса и перегноя, как показали предшествующие исследования Н.В. Орловского (1943-1954), Ю.И. Бушухина (1964-1966) и Л.В. Березина (1970-1974), обеспечивает кратковременный эффект, а на солонцах многонатриевых содового засоления может дать даже негативный результат вследствие стимулирования содообразования (Орловский, 1955; Березин, 1974).

Проведенные многолетние исследования показали, что совершенно иное положение складывается при внесении органических удобрений в том случае, когда они вносятся в солонец с подавленной гипсом возможностью образования соды и созданными относительно благоприятными водно-воздушными свойствами для поглощения и фильтрации влаги вглубь почвы. Данный синергетический эффект

повышения с годами продуктивности мелиорированных земель говорит о положительном влиянии комплексной мелиорации почв солонцового ряда, объективно свидетельствующем о процессе окультуривания почвы.

Полученные в полевых опытах результаты показывают, что в неорошаемых условиях лесостепной зоны по существу нет никакой необходимости в повторном гипсовании агросолонца гидрометаморфического темного мелкого слабонатриевого. Для окультуривания таких почв и обеспечения устойчивого и качественного урожая на подобных почвенных комплексах целесообразно применять органические удобрения, которые оптимизируют микробиологический и питательный режим почв, но лишь после существенного улучшения гипсованием водно-физических свойств почв низкого плодородия в течение первых двух ротаций четырехпольного мелиоративного севооборота. Кроме того, необходимо при этом иметь ввиду и повышение рентабельности производства. Расчеты экономической эффективности окультуривания агросолонца гидрометаморфического темного мелкого слабонатриевого показали, что наибольший экономический эффект получен при применении перегноя на ранее загипсованной почве (табл. 5).

Расчеты свидетельствуют, что при гипсовании комплексных массивов с разной долей солонцов экономический эффект может быть достигнут лишь на комплексах с долей мелких солонцов, составляющей не более 30% площади массива. В первую очередь это касается массивов с участием солонцов многонариевых, тем более что в составе пахотных земель они встречаются достаточно редко (2-5% всех солонцов в пашне региона). На этом виде солонцов, отличающихся высоким дефицитом иона кальция, необходимо вносить высокие дозы гипса – более 30 т/га и предусматривать проведение повторного гипсования. Если практически возможно, то целесообразно вывести подобные массивы из пашни, проведя после первичной мелиорации залужение многокомпонентной травосмесью.

Технически выборочное гипсование в перспективе может стать достаточно легко осуществимым при освоении технологии «точного» (правильнее сказать, «точечного») земледелия. В этом случае задачей почвенно-агрохимической службы является обеспечение земледельцев оперативными, постоян-

но обновляющимися материалами дистанционного зондирования Земли. Начиная с 2016 г., в результате запуска Европейским космическим агентством космического аппарата Sentinel-2 стало бесплатно доступно любому землепользователю и специалисту агрохимической службы с периодичностью раз в 5 дней скачивать космическую информацию о состоянии любого земельного массива планеты по 4-м основным каналам с пространственным разрешением 10 метров в пикселе. А всего этот уникальный космический аппарат имеет 13 спектральных каналов, позволяющих значительно повысить информативность по сравнению с большинством космических аппаратов, снимки которых используются в сельском хозяйстве.

Даже при разрешении космических снимков 30 м в пикселе, а тем более при 10-метровом масштабе на любом поле тракторный агрегат, оснащенный скорректированным почвенным планом, может с ошибкой не более 2 метров обеспечить своевременное включение устройства для внесения в почву удобрений и мелиорантов.

Необходимость точного соблюдения нормы внесения мелиоранта диктуется не только экономическими, но и экологическими соображениями. Широкое использование химической мелиорации кислых почв и солонцов с помощью внесения кальциевых солей (соответственно, извести и гипса), с одной стороны, повышает продуктивность полей и рентабельность производства, но, с другой стороны, может вызывать ряд экологических проблем. Применяемый для химической мелиорации ФГ, помимо действующего вещества сульфата кальция, содержит, как отмечено выше, повышенное содержание фтора и стабильного стронция, которые, поступая в продукцию, являются потенциально токсичными элементами для здоровья человека и животных. В случае превышения ПДК они могут оказать существенное негативное влияние на экологически сбалансированный химический состав окружающей среды и выращенной продукции.

В первые годы применения ФГ в сельском хозяйстве основное внимание при экологических исследованиях уделялось фтору (Березин и др., 1988), но оказалось, что более важно после мелиорации изучать накопление стронция в почвах и продукции, так как повышенное содержание данного элемента характерно для тяжелых почвообразующих пород

Таблица 5. Экономическая эффективность окультуривания агросолонца гидрометаморфического темного мелкого слабонатриевого (1984-2005 гг.).

Показатель	Вариант			
	Контроль	ФГ (1984 г.)	ФГ повторно (1984 г. + 1992 г.)	ФГ (1984 г.) + перегной (1992 г.)
Урожайность зерна средняя, т/га	0.98	1.29	1.29	1.41
Стоимость товарной продукции, руб./га	21582	28402	28380	31108
Сумма затрат, руб./га	16241.7	21744.9	24194.5	24026.4
Себестоимость руб./т	1655.6	1684.3	1875.5	1699.2
Чистый доход, руб./га	5340.3	6657.1	4185.5	7081.7
Срок окупаемости затрат на мелиорацию, лет	–	4.3	8.6	4.5

Примечание: расчеты проведены по сумме урожая зерна за годы последствия мелиорации (цена реализации зерна – 2200 руб./т).

пониженных равнин, на которых формируются солонцовые почвы (Березин, 1974).

Повышая плодородие почв и урожайность возделываемых культур, вносимые мелиоранты (как гипс, так и известь) могут оказать существенное негативное влияние на кальциево-стронциевый баланс в окружающей среде. ФГ, как и сыромолотый гипс, содержит около 3% стабильного стронция при превышении Са над Sr только в 7-10 раз, тогда как безопасное для питания животных и человека соотношение данных элементов в продукции обеспечивается при превышении Са над Sr в 200-300 раз. Фактическое отношение данных элементов в ФГ значительно уже, чем в самих мелиорируемых почвах. Еще более значительное содержание стронция (до 10-16%) зафиксировано в мелиорантах, содержащих известь. Следовательно, нарушение кальциево-стронциевого баланса в окружающей среде и выращенной продукции может наблюдаться не только при улучшении малопродуктивных солонцовых почв, но и после химической мелиорации широко распространенных во многих странах кислых почв подзолистого ряда.

Отрицательная роль избытка стабильного стронция общеизвестна, он является аналогом и в связи с этим – антагонистом кальция в организме животных и человека. Кроме мелиорантов, первоисточником избыточного поступления стронция являются грунтовые воды, залегающие в районах распространения солонцовых почв Западной Сибири чаще всего на глубине 1.5-2.5 м. Содержание стабильного стронция в них достигает 13 мг/л, а в отдельных случаях доходит до 27 мг/л при отношении кальция к стронцию в пределах от 30 до 50, что также значительно меньше оптимального (Березин, 2006).

Проведенное выборочное обследование комплексных почвенных массивов в степной зоне, а также в южной и северной части лесостепной зоны Прииртышья показало, что в растениях, выращенных на гидроморфных солонцах, где грунтовые воды расположены выше 3 м, весьма часто наблюдается дисбаланс между кальцием и стабильным стронцием по сравнению с растениями, выращенными на плодородных зональных почвах.

В то же время обследование растений, отобранных с научных и производственных опытов, свидетельствует, что далеко не всегда наблюдаются заметные негативные изменения в экологически сбалансированном химическом составе растений. Обнаружилось, что негативные последствия мелиорации опасны не столько на самих солонцах, в которых отношение указанных элементов весьма узкое и находится в пределах от 30 до 60, сколько при попадании ФГ на плодородные агрочерноземы, практически не содержащие подвижных соединений стронция (Березин, 1974 и 2006).

В зерновых культурах содержание стронция и его равновесие с кальцием зависит от сложного взаимодействия факторов среды и накопления растениями всего комплекса химических элементов. Анализ соотношения компонентов химического состава растений на мелиорированном агросолонце гидроме-

таморфическом темном мелком слабонатриевом в северной части лесостепной зоны показал, что накопление стронция в них происходит главным образом не вследствие прямого влияния химического состава мелиорантов на почвенный раствор, а опосредствовано. Увеличение поступления стронция в растения в результате мелиорации происходит в основном благодаря повышению влагообеспеченности и в итоге – улучшению условий питания растений. Вследствие этих же причин в растениях на мелиорированных ФГ почвах могут одновременно проявляться и нежелательные изменения в содержании свинца и кадмия, которые не являются типичными для химического состава мелиорантов.

Определение экологически сбалансированного химического состава зерновых культур по 16-ти макро- и микроэлементам в различных условиях влагообеспеченности растений, выращенных по всем компонентам ландшафтного комплекса почв, показало, что зависимость кальциево-стронциевого равновесия от изменения факторов среды и накопления в растениях других компонентов химического состава выражается неодинаково:

Засушливый вегетационный период

$$\text{Ca/Sr} = 48.1 + \text{K} \cdot 0.004^{***} - \\ - \text{Cl} \cdot 0.0016^{**} - \text{П} \cdot 8.5^* - \text{Уд} \cdot 2.2$$

при R = 0,84**;

Влажный вегетационный период

$$\text{Ca/Sr} = 74.0 - \text{П} \cdot 12^{***} + \text{K} \cdot 0.002^{**} - \\ - \text{P} \cdot 0.006^* - \text{Кул} \cdot 0.37^* + \text{Уд} \cdot 2.1^* - \text{Cl} \cdot 0.001$$

при R = 0.80**;

где: П – ранг типа почвы (1-4), Кул – ранг культуры (овес, ячмень), Уд – азотно-фосфорные удобрения раздельно и совместно.

Различия достоверны:

* – при P 0.95; ** – при P > 0.99; *** – при P > 0.999.

Следовательно, достоверное изменение экологически сбалансированного химического состава растений в части накопления кальция и его соотношения со стронцием обусловлено в основном изменением доли макроэлементов: калия и фосфора, а в засоленных почвах – и хлора. При этом более определяющими оказались различия почв и биологические особенности возделываемых культур, чем фактор химической мелиорации. Особенности культур, типа почвы и условий влагообеспечения оказывают прямое влияние на химический состав растений, который определяется различным соотношением доступных растениям макро- и микроэлементов.

При статистическом анализе дисбаланса химического состава растений пшеницы методом главных компонент было установлено, что при оптимальном увлажнении накопление растениями стронция и изменение его равновесия с кальцием оказалось обусловленным не столько дозой ФГ, сколько скоррелированным балансом ряда макро- и микроэлементов,

который можно выразить уравнениями множественной регрессии:

$$\text{Sr} = 103.7 - \text{K} \cdot 0.005^{**} + \text{S} \cdot 0.016^{**} + \\ + \text{Cl} \cdot 0.014^* + \text{Cu} \cdot 2.5 - \text{Mn} \cdot 0.54,$$

при $R = 0.98$, $F_{\text{факт.}} = 19.1$, $F_{\text{теор.}} 0.99 = 7.8$;

$$\text{Ca/Sr} = 17.3 - \text{S} \cdot 0.01^* - \text{Cu} \cdot 2.5^* + \\ + \text{Mn} \cdot 1.1 + \text{K} \cdot 0.003 - \text{Zn} \cdot 0.8 - \text{ДозаФГ} \cdot 0.4,$$

при $R = 0.96$, $F_{\text{факт.}} = 5.6$, $F_{\text{теор.}} 0.99 = 3.4$.

Различия достоверны:

* – при $P > 0.95$; ** – при $P > 0.99$.

Тем не менее, негативная роль повышенной дозы вносимого ФГ обнаруживается в составе совокупного влияния ряда природных и антропогенных факторов по величине кальциево-стронциевого отношения. Но статистически существенное влияние ФГ на изменение кальциево-стронциевого отношения в растениях обнаруживалось обычно в годы с недостаточным увлажнением и было более значительным не для зерна, а лишь для зеленой массы относительно влаголюбивых культур и, в частности, овса.

Наиболее рельефно негативные изменения в химическом составе растений обнаруживались при попадании ФГ на плодородные компоненты ландшафтного комплекса. Учитывая нежелательные изменения в химическом составе растений на плодородных компонентах почвенного покрова после внесения ФГ на мелиорируемые поля, при решении вопроса о проведении химической мелиорации солонцов специалисты всех уровней должны в первую очередь решать вопрос о возможности применения выборочного гипсования. Особенно остро вопросы предупреждения негативных последствий химической мелиорации солонцов встают при ее повторном проведении. В районах распространения солонцовых комплексов необходимо шире применять технологию выборочного поконтурного гипсования. В современных условиях, когда многими специализированными фирмами освоена технология «точечного» земледелия с навигационной спутниковой привязкой местоположения агрегата, выборочность работ по пятнам малоплодородных почв уже не представляет технической сложности.

В заключение следует отметить и региональные особенности действия ФГ как эффективного дополнительного источника улучшения фосфатного питания растений. Проведенные нами исследования на гидроморфных солонцах лесостепи Западной Сибири показали, что в отличие от автоморфных солонцов Северного Кавказа, Поволжья и Казахстана далеко не всегда проявляется положительное влияние фосфора, который содержится в ФГ. При средней дозе ФГ в Западной Сибири на поля вносится до 120 кг/га этого самого дефицитного элемента питания растений. В гидроморфных условиях формирования солонцов региона внесенный с мелиорантом фосфор уже через 2-3 года связывается в малоподвижные формы соединениями Al и Fe. В результате и на фоне применения ФГ

необходимо дополнительно вносить фосфорные удобрения для обеспечения оптимизации питания возделываемых культур в соответствии с их потребностями.

Все мелиоративные мероприятия должны быть не столько коренными, сколько приспособительными. Только в том случае человек получает ожидаемый результат от своего вмешательства в природные процессы, когда он не стоит на их пути, а приспосабливается к ним, ускоряет или частично замедляет, включая в природные взаимосвязи новые компоненты и проводя при этом мониторинговые наблюдения за этими процессами. На примере гипсования солонцов видно, что вместо часто рекомендуемого неоднократного «повторного» гипсования через каждые 5-10 лет, в результате которого неизбежно изменяется экологически сбалансированный состав окружающей среды, можно достигать положительного эффекта либо за счет сокращения дозы мелиоранта, либо за счет частичной замены химических мелиорантов органическими удобрениями. При этом необходим дальнейший поиск инновационных технологий мелиорации.

Березин Л.В. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и почвоведения; e-mail: docberезin@yandex.ru.

Гиндемит А.М. – кандидат биологических наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения; e-mail: am.gindemit@omgau.org.

Троценко И.А. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов; e-mail: ia.trotsenko@omgau.org.

Омский государственный аграрный университет (г. Омск).

Авторы признательны региональному директору по югу и востоку России Международного института питания растений, кандидату биологических наук Носову В.В. за помощь в редактировании данной статьи.

Литература

- Семендяева Н.В. и Добротворская Н.И. 2005. Теоретические и практические аспекты химической мелиорации солонцов Западной Сибири: монография. Новосибирск. 156 с.
- Березин Л.В. 2006. Мелиорация и использование солонцов Сибири: монография. Омск: Изд-во ОмГАУ. 208 с.
- Братцева Л.И. и Березин Л.В. 1996. Оценка экологических последствий мелиорации солонцовых почв. Тезисы докл. II съезда Общества почвоведов (27-30.06.1996 г., Санкт-Петербург). Кн. 2. РАН. С. 264-265.
- Березин Л.В. 1987. Фтор в солонцах после химической мелиорации. Химия в сельском хозяйстве, 2: 49-50.
- Березин Л.В., Токарева Т.М. и Кахнович З.Н. 1988. Влияние мелиорации солонцов фосфогипсом на загрязнение почв. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 42:

- Schoonover W.R. 1952. *Examination of soil for alkali*. Univ. of California Extension Service. Berkeley, California.
- Березин Л.В., Градобоев Н.Д., Градобоева В.Ф. и др. 1971. *Определение доз гипса для мелиорации солонцов методом донасыщения*. Химия в сельском хозяйстве, 7: 72-74.
- Доспехов Б.А. 1985. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. М.: Агропромиздат, 352 с.
- Аринушкина Е.В. 1970. *Руководство по химическому анализу почв*. М.: Изд-во МГУ, 488 с.
- Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. и Герасимова М.И. 2004. *Классификация и диагностика почв России*. Смоленск: Ойкумена. 341 с.
- Березин Л.В. 2009. *Особенности мелиорации сезонно-промерзающих почв черноземно-солонцовых комплексов Ишимской лесостепи*. Доклады Омского отделения Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 6, вып. 4 (8). Омск: МАНЭБ. С. 41-55.
- Орловский Н.В. 1955. *Исследования по генезису, солевому режиму и мелиорации солонцов и других засоленных почв Барабинской низменности*. В кн.: *Материалы по изучению засоленных почв*. Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 47: 266-409.
- Березин Л.В. 1974. *Эффективность способов химической мелиорации солонцов*. В кн.: *Генезис солонцов и влияние удобрений на величину и качество урожая*. Науч. тр. Омского СХИ им. С.М. Кирова, 125: 49-55.
- Худеев С.А. 2007. *Закономерности распределения стронция в почвообразующих породах и почвах юга Обь-Иртышского междуречья*. Сибирский экологический журнал, 5: 809-816.
- Березин Л.В. и Брюханов И.Б. 1995. *Изменение содержания тяжелых металлов и отношения кальция к стронцию в почвах лугового солонцового комплекса при их химической мелиорации*. Агрохимия, 1: 100-105.
- Березин Л.В., Токарева Т.М. и Сабаева О.Б. 1991. *Исследование накопления фтора и стабильного стронция в растениях в связи с мелиорацией солонцовых почв*. Сибирский биологический журнал, 3: 52-58.

Конкурс научных работ студентов и аспирантов Scholar Award - 2018

Международный институт питания растений ежегодно проводит конкурс научных работ студентов и аспирантов в области питания растений в основных сельскохозяйственных регионах мира. С 2009 года конкурс проводится в России, Украине и Казахстане в рамках программы института по Восточной Европе и Центральной Азии.



О конкурсе

Премия в размере 2000\$ присуждается студентам старших курсов и аспирантам за научные работы в области питания растений, разработки систем применения удобрений и в смежных областях.

Премия выплачивается студентам и аспирантам. Никаких специальных требований к участникам не предъявляется.

Премия присуждается независимо от получения других выплат.

Участники

К участию в конкурсе допускаются студенты, магистранты и аспиранты (кроме аспирантов, закончивших обучение на момент подачи документов вне зависимости от сроков защиты), обучающиеся в ВУЗах России, Беларуси, Казахстана, Украины, Узбекистана и других стран СНГ. После получения магистерской и кандидатской степени участие в конкурсе не допускается. Среди аспирантов предпочтение отдается тем, у кого до окончания срока обучения остается как минимум один год.

Приоритет отдается исследованиям, которые соответствуют миссии IPNI. Принимаются работы по

следующим дисциплинам: агрохимия, агрономия, растениеводство, плодовоовощеводство, экология, почвоведение, химия почв, физиология растений, а также из смежных с питанием растений областей.

Победители не могут повторно участвовать в конкурсе; премия присуждается только один раз.

Что необходимо для заполнения заявки:

Для подачи заявки на конкурс необходимо предоставить следующие документы (и информацию):

1. Отсканированные документы об образовании, имеющиеся на момент подачи заявки на конкурс (зачетная книжка, диплом и вкладыш с оценками, удостоверение о сдаче кандидатских минимумов). При заполнении анкеты обязательно указывается средний балл.

2. Три (3) отсканированные рецензии на конкурсную работу, одна из которых – от научного руководителя. Письма-рецензии должны быть оформлены на официальном бланке организации и подписаны рецензентом. Необходимо указать электронный адрес и телефон рецензента.

3. Краткое описание работы, позволяющее оценить ее оригинальность, глубину, информативность, новизну и соответствие целям IPNI. Крайне жела-

тельно приложить полную версию работы и опубликованные статьи в электронном виде.

4. Необходимо будет кратко перечислить ваши награды и премии, указать места работы (при наличии), ваши карьерные планы и другие виды деятельности.

Примечание: В процессе подачи онлайн-заявки на конкурс Вам потребуется загрузить электронные копии документов об образовании и рецензий. Пожалуйста, отсканируйте и подготовьте их заранее.

Сроки

Документы должны быть поданы до 25 апреля 2018 г. Результаты будут объявлены осенью 2018 г.

Заявка подается только онлайн:

> <https://www.ipni.net/scholar/learn> <



Признаки дефицита элементов питания у кукурузы (продолжение)

Начало на стр. 1

Фосфор



Сильное угнетение кукурузы: все растение приобретало фиолетовую окраску, замедлялся рост, уменьшался размер листьев, формировались мелкие початки. Почва легкого гранулометрического состава с низкими запасами подвижного фосфора (метод Брейя) – 4.8 кг P/га.

Автор: Ch. Srinivasa Rao



Молодые листья приобретают фиолетовую окраску, а початки либо не образуются, либо формируются недоразвитыми. Вариант опыта – без внесения NPK. Содержание подвижного фосфора в почве – 8 мг P/кг почвы. В течение 45-ти дней наблюдались продолжительные дожди. Низкое содержание органического вещества в почве – результат частичного удаления верхнего горизонта почвы при выравнивании поля.

Автор: R. Jagadeeswaran



Фиолетовое окрашивание и некроз (побурение) вдоль краев листа при недостатке фосфора.

Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar



Недостаток фосфора у кукурузы.

Автор: S. Zingore



Недостаток фосфора у кукурузы.
Автор: Ch.S. Rao



Дефицит фосфора у кукурузы в середине лета. Содержание подвижного фосфора в почве (метод Олсена) – 5.2 мг Р/кг почвы.
Автор: T. Zhang

Калий



Краевой хлороз и некроз при дефиците калия, начинающиеся с верхушки листа.
Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar



Хлороз верхушек и краев нижних листьев у растений кукурузы, испытывающих недостаток калия. Хлороз распространяется от верхушки к основанию листа, а затем наступает некроз. При сильном дефиците калия верхушки и края листьев засыхают.
Автор: Muthukumar



Недостаток калия у кукурузы.
Автор: C. Witt



Недостаток калия у кукурузы.
Автор: S. A. Ebelhar

Кальций



Пожелтение и побеление межжилковых тканей молодого листа. В этих местах листовая пластинка легко надрывается.
Авторы: *M.K. Sharma and P. Kumar*



Недостаток кальция у кукурузы.
Автор: *L. S. Murphy*



При сильном дефиците кальция листья слипаются верхушками – похожи на лестницу. На фото показаны подобные симптомы у кукурузы.
Авторы: *M.K. Sharma and P. Kumar*



Молодые листья остаются неразвернутыми и слипаются верхушками.
Авторы: *M.K. Sharma and P. Kumar*

Медь



Недостаток меди у кукурузы.
Автор: *T. Yamada*

Бор



Симптомы проявляются на молодых листьях кукурузы.
Автор: *J.E. Espinosa*

Железо



Растение кукурузы при недостатке железа: симптомы сначала проявляются на молодых листьях, а старые листья при этом сохраняют нормальный вид.
Авторы: *M.K. Sharma and P. Kumar*



При прогрессировании дефицита железа жилки обесцвечиваются – становятся светло-зелеными или бледно-желтыми.
Авторы: *M.K. Sharma and P. Kumar*

Магний



Межилковый хлороз – окраска варьирует от желтой до белой.
Авторы: *M.K. Sharma and P. Kumar*



Недостаток магния у кукурузы.
Автор: *C. Witt*



Покраснение и побурение верхушек и краев нижних листьев.
Авторы: *M.K. Sharma and P. Kumar*



Недостаток магния у кукурузы.
Авторы: *E. Pasuquin, C. Witt*

Марганец



Недостаток марганца у кукурузы.
Автор: T. Yamada



Растение кукурузы при недостатке марганца. Бледно-зеленые молодые листья с межжилковым хлорозом (пожелтением).
Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar

Сера



Недостаток серы у кукурузы.



Недостаток серы у кукурузы.
Автор: B. Lang



Равномерное побледнение листа при дефиците серы.
Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar



Верхние листья – бледно-зеленые, нижние – более темные.
Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar

Цинк



Растительная диагностика: общий азот – 3%, общий фосфор (P_2O_5) – 0.47% и общий калий (K_2O) – 0.91%. Почвенные показатели (мг/кг почвы): минеральный азот – 124, подвижный фосфор (P_2O_5) – 41.8, обменный калий (K_2O) – 156 и подвижный цинк (Zn) – 0.52.

Автор: Y. Li



Белые или желтые полосы начинаются у основания листа. Главные жилки и края листьев остаются зелеными.

Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar



Характерные белые полосы на листе кукурузы.

Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar



Недостаток цинка у кукурузы.

Автор: L. S. Murphy



МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ
ИНСТИТУТ

Восточная Европа и Центральная Азия

125466 Российская Федерация, Москва, ул. Ландышевая, д.12, вл. 17а

Тел./Факс: 8 (495) 580 64 14

<http://eeca-ru.ipni.net>

<http://www.ipni.net>

ipni-eeca@ipni.net

Выше урожай и качество, сохраняя окружающую среду...
С помощью науки