

УДК 631.445 (476)

Е.Е. ГАЕВСКИЙ

ВЛИЯНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СВЯЗНОПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

We discovered high efficiency of optimization of sod-podzol sandy soil by bringing in a single high dose of peat compost and loam. This provides rich potato harvest with ecologically acceptable level of nitrates and heavy metals in tubers.

Анализ современных проблем агроэкологии свидетельствует о том, что их можно решить не только и не столько за счет технических средств, но и в значительной мере благодаря экологическим факторам, в частности более полному использованию биоклиматического потенциала, в первую очередь тепла, влаги, почвенного плодородия.

В то же время известно, что коренное улучшение почв требует изменения их основных природных свойств (содержания гумуса и физической глины), которые медленно подвергаются трансформации. Поэтому перспективным направлением такой работы является оптимизация низкоплодородных почв на основе торфования и землевания. Прежде всего в оптимизации нуждаются песчаные почвы, характеризующиеся низким плодородием, которые в процессе сельскохозяйственного использования быстро истощаются.

В настоящее время имеются сведения о значительном улучшении плодородия легких минеральных почв торфяной суспензией (гидроторфом), обобщенные Ф.А. Малышевым [1]. Использование торфа в качестве удобрений основано на его агрохимических свойствах. Все виды торфа богаты азотом, но самое большое его содержание отмечается в низинном торфе (35 % в пересчете на сухое вещество). Количество кальция, фосфора, железа в большинстве видов торфа при зольности ниже 10% невелико. С увеличением зольности содержание этих элементов возрастает. Более ценным является торф, зольность которого 20÷30 %. Внесение торфа ведет к изменению гранулометрического состава и физических свойств почвы. Торф имеет значительно большую дисперсность, чем легкие минеральные почвы, поэтому его внесение увеличивает в этих почвах содержание частиц <0,01 мм. Водоподъемная способность таких утилизированных почв также возрастает и сохраняется длительное время, увеличивается и их влагоемкость [2]. Данные по эффективности внесения торфа в легкие песчаные и супесчаные почвы показывают, что этот прием является важным агротехническим мероприятием для поднятия урожайности сельскохозяйственных культур. Результаты исследований по влиянию совместного внесения торфа и суглинка на плодородие песчаных и супесчаных почв отсутствуют. Внесение торфа в чистом виде, по некоторым данным, не является целесообразным. Особо отмечается, что в зависимости от состава и способов приготовления органических удобрений их действие на плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур может существенно отличаться [3]. Эффективность чистого торфа значительно ниже соломи

стого навоза, хотя они в настоящее время являются наиболее используемыми органическими удобрениями [4, 5].

Отсутствие комплексного подхода к реализации экологически обоснованных способов освоения и сельскохозяйственного использования дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв, составляющих более 40 % пахотных земель Беларуси, не позволяет коренным образом улучшать их свойства и режимы, повышать и стабилизировать плодородие.

В связи с этим была поставлена цель разработать экологически обоснованный способ коренного улучшения (оптимизации) дерново-подзолистой песчаной почвы, снижающий вынос химических элементов за пределы почвенного профиля и обеспечивающий высокую продуктивность сельскохозяйственных культур.

С этой точки зрения оптимизированная дерново-подзолистая песчаная почва может обеспечить высокие стабильные урожаи сельскохозяйственных культур независимо от погодных условий.

Материал и методика исследований

Полевые опыты проводились на базе хозяйства «ПМК-Агро» Борисовского района Минской области на дерново-подзолистой связнопесчаной почве.

Для анализа отбирали почвенные образцы, определяли pH в солевой вытяжке, подвижный фосфор по Кирсанову, обменный калий по Масловой, сумму поглощенных оснований по методу Каппена - Гильковица, гумус по Тюрину, физическую глину по Качинскому. Содержание подвижных форм микроэлементов определяли на пламенно-адсорбционном фотометре [6].

Схема полевого опыта включала 5 вариантов, где на опытные делянки площадью 50 м² в четырехкратной повторности вносили легкий суглинок из расчета 100, 200, 300 и 400 т/га, а также торфонавозный компост в дозе 200 т/га (соотношение навоза к торфу 1:1).

Суглинок имел следующие агрохимические показатели: pH 6,1; сумма поглощенных оснований - 4,3 м-экв/100 г почвы, подвижный фосфор - 22,9 мг/100 г почвы, обменный калий - 33,0 мг/100 г почвы; содержание меди - 1,0, цинка - 4,6, бора - 0,44 мг/кг, физической глины - 26 %, гумуса - 1,8 %.

Для приготовления торфонавозного компоста был использован низинный торф с зольностью 30 %, который характеризовался следующими показателями: pH 6,4; сумма поглощенных оснований - 19,6 м-экв/100 г почвы, подвижный фосфор - 99,1 мг/100 г почвы, обменный калий - 120,0 мг/100 г почвы; содержание меди - 3,6, цинка - 14,4, бора - 2,7 мг/кг.

Суглинок вносили с целью изменения гранулометрического состава почвы, повышения содержания в ней физической глины и превращения ее в супесь. В результате этого органическое вещество преобразуется в менее подвижные формы, становится более устойчивым к разрушению и вымыванию, а следовательно, более способным к закреплению и накоплению в верхних слоях почвы. Торфонавозный компост применяли не только с целью повышения содержания гумуса в почве, но и для активизации деятельности почвенной микробиоты.

В первый год оптимизации песчаной почвы возделывался картофель (сорт Темп), поскольку внесенные под эту культуру минеральные и органические компоненты хорошо перемешиваются со слоем почвы в 15-20 см при вспашке, окучивании и уборке урожая. Выбор картофеля в качестве исходной культуры определялся также его высокой отзывчивостью на внесение органических и минеральных удобрений. И к тому же картофель как пропашная культура характеризуется высоким выносом элементов минерального питания с урожаем клубней. В качестве фона перед посадкой вносили минеральные удобрения из расчета N₂₀P₄₀K₈₀ в виде аммиачной селитры, простого суперфосфата и хлорида калия.

Обработку почвы, сроки посадки и уход за культурой в период вегетации проводили в соответствии с агротехническими требованиями, рекомендуемыми для центральной части Беларуси.

Урожай картофеля учитывали поделочно по общепринятой методике. Отбор образцов проводили из пяти вариантов в четырехкратной повторности, в которых определяли содержание общего азота методом Кьельдаля, протеина - путем умножения количества общего азота на коэффициент 5,7, нитратов - на ионометре по методу ЦИНАО, калия - пламенно-фотометрическим методом, фосфора - по Кирсанову в модификации ЦИНАО, микроэлементов и тяжелых металлов - на атомно-абсорбционном спектрофотометре по методу ЦИНАО [6].

Результаты и их обсуждение

Постоянно протекающие в почве физико-химические и биологические процессы формируют почвенный профиль, химический состав, агрохимические свойства и динамику питательных веществ. Агрохимические свойства, несмотря на определенную устойчивость, подвержены значительным колебаниям под влиянием изменяющихся агротехнических и экологических условий.

В нашем опыте исходная дерново-подзолистая связнопесчаная почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: pH в KCl - 5,1, сумма поглощенных оснований - 3,1 м-экв/100 г почвы; содержание подвижного фосфора - 6,4 мг/100 г, обменного калия - 8,6 мг/100 г, гумуса - 1,3 %, физической глины - 9,4 %, микроэлементов: меди - 1,8, цинка - 2,4, бора - 0,34 мг/кг.

Обменная кислотность на контрольном участке из кислой в 2005 г. перешла в 2006 г. в группу, близкую к среднекислой (pH 5,0) (табл. 1). Это объясняется тем, что на опытных участках не проводили известкование почвы, а весной внесли физиологически кислые удобрения (хлорид калия, аммиачная селитра). В вариантах с внесением суглинка и торфонавозного компоста обменная кислотность постепенно улучшалась, достигнув осенью 2006 г. слабокислой реакции среды (pH 6,0), что положительно сказалось также на увеличении суммы обменных оснований. По сравнению с исходной почвой в контрольном варианте их сумма возросла незначительно, а в варианте с внесением суглинка 300 и 400 т/га - почти в 2 раза.

Таблица 1

Влияние оптимизации дерново-подзолистой песчаной почвы на агрохимические свойства

Вариант опыта	pH в KCl	S, м-экв/100 г	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г	Гумус, %	Физическая глина, <0,01 мм
Контроль (фон)	5,0	4,1	6,8	9,1	1,4	9,6
Фон + 200 т/га компоста + +100 т/га суглинка	5,4	5,0	15,9	23,6	2,5	12,2
Фон + 200 т/га компоста + + 200 т/га суглинка	5,6	6,1	18,3	25,4	3,1	12,9
Фон + 200 т/га компоста + + 300 т/га суглинка	5,7	7,1	24,1	26,8	3,5	13,4
Фон + 200 т/га компоста + + 400 т/га суглинка	6,0	7,6	26,0	30,6	3,7	13,6

Примечание. * Здесь и в табл. 2-5 фон - N₂₀P₄₀K₈₀.

Улучшение агрономических показателей органической части дерново-подзолистой связнопесчаной почвы возможно при коренном изменении почвообразования в направлении развития дернового процесса, сопровождающегося образованием гумуса и улучшением его качества. Гумус отличается динамичностью: ежегодно в циклы биохимических превращений вовлекаются свежие растительные остатки, происходит непрерывный процесс

разложения. При этом устанавливается равновесие процессов гумификации и минерализации органического вещества в почве.

Предпосылки для увеличения содержания и благоприятного изменения в распределении гумуса по профилю почвы создаются в результате улучшения всего комплекса факторов, способствующих более интенсивному развитию дернового процесса под влиянием торфования и землевания. Создаются благоприятные водно-воздушные условия, интенсифицирующие развитие и глубокое проникновение корней растений в глубь вновь разрыхленного пахотного горизонта и накопление в нем растительных остатков. Таким образом, усиливаются биологические факторы, которые изменяют характер почвенных процессов в сторону преобладания дернового.

Действие оптимизации сказалось на резком увеличении содержания гумуса по всем вариантам опыта (см. табл. 1). Оно составило 2,5-3,7%, в контроле - 1,4 %. Резкая дифференциация гумуса по вариантам опыта обусловлена дозами внесенного органического вещества и суглинка.

Колебания в содержании и составе гумуса возможны и в дальнейшем, что связано с видом выращиваемых культур, количеством и качеством возвращающихся в почву пожнивных остатков, степенью окисления органического вещества и с другими причинами. Можно полагать, что в условиях правильной агротехники содержание гумуса постоянно будет поддерживаться на оптимальном уровне. Лучшими вариантами опыта по оптимизации гумуса в почве следует считать те, в которых был использован суглинок в дозе 300-400 т/га.

Внесение суглинка и торфонавозного компоста привело к изменению гранулометрического состава почвы, а именно к увеличению содержания физической глины. Благодаря этому связанный песок трансформировался в рыхлую супесь.

В условиях нашего опыта содержание подвижного фосфора возросло через год после проведения оптимизации более чем в 3 раза по сравнению с исходным. Аналогично выросло и содержание подвижных форм калия в результате торфования и землевания минеральной почвы и достигло оптимальных величин (25,4-30,6 мг/100 г почвы).

Увеличение подвижных форм кальция и магния в оптимизированной землевании и торфованием почве шло за счет внесения торфонавозного компоста, а также дозы суглинка. Под влиянием совместного действия суглинка и торфа отмечено постепенное возрастание подвижных форм кальция и магния по всем вариантам опыта (табл. 2).

Таблица 2

Влияние оптимизации дерново-подзолистой песчаной почвы на ее химический состав

Вариант опыта	Ca ²⁺	Mg ²⁺	B	Cu	Zn
	м-экв/100 г				
Контроль (фон)	3,0	1,1	0,54	1,6	2,2
Фон + 200 т/га компоста + + 100 т/га суглинка	3,6	1,4	0,83	1,8	3,8
Фон + 200 т/га компоста + + 200 т/га суглинка	4,2	1,9	0,85	1,8	3,8
Фон + 200 т/га компоста + + 300 т/га суглинка	4,9	2,2	0,89	2,2	5,9
Фон + 200 т/га компоста + + 400 т/га суглинка	5,1	2,5	0,92	2,8	6,7

Примечание. *Здесь и в табл. 2-5 фон – N₂₀P₄₀K₈₀

Таким образом, уже после первого года оптимизации агрохимические показатели почвы имеют параметры, обеспечивающие высокие урожаи.

На продуктивность сельскохозяйственных культур и их качество большое влияние оказывают также микроэлементы. Оптимизированные почвы очень хорошо обеспечены подвижным цинком и бором, средне - медью.

Поскольку землевание на фоне торфования обогащает песчаную почву бором и цинком в оптимальной степени, медь следует вносить дополнительно в виде микроудобрений.

Таким образом, поступление 300÷400 т/га суглинка и торфонавозного компоста обеспечивает не только повышение плодородия, но и формирование положительного баланса микроэлементов в оптимизированной песчаной почве.

Данные по влиянию оптимизации на урожайность картофеля, содержание и сбор абсолютно сухого вещества клубней, а также содержание нитратов представлены в табл. 3. В контроле урожай клубней в среднем составил 110,2 ц/га. Внесение торфонавозного компоста и суглинка в значительной степени способствует росту урожайности. Так, суглинок в дозе 100 т/га увеличивает урожай на 76,2 ц/га, или 69,1 %, при 400 т/га суглинка урожай клубней картофеля достигает 236,7 ц/га, прибавка составляет 126,5 ц/га, или 114,8 %. Содержание абсолютно сухого вещества в клубнях картофеля на контроле в среднем составило 23 %, а сбор - 25,3 ц/га. При внесении возрастающих доз суглинка содержание абсолютно сухого вещества в клубнях снижалось, а его сбор увеличивался за счет высокой урожайности. Полученные прибавки по вариантам опыта колебались от 16,4 ц/га (64,8 %) до 23,9 ц/га (94,5 %). По содержанию нитратов в клубнях картофеля наблюдается тенденция к возрастанию от 41 мг/кг в контроле до 140 мг/кг в варианте с внесением суглинка в дозе 400 т/га. Показатели по нитратам находятся ниже предельно допустимого уровня, предъявляемого к продовольственному картофелю.

Таблица 3

Продуктивность картофеля на дерново-подзолистой песчаной почве

Вариант опыта	Урожай, ц/га	Прибавка		Содержание сухого в-ва, %	Сбор сухого в-ва, ц/га	Прибавка		Содержание N-NO ₃ , мг/кг на сырую массу
		ц/га	%			ц/га	%	
Контроль (фон)	110,2	–	–	23,0	25,3	–	–	41
Фон + 200 т/га компоста + 100 т/га суглинка	186,4	76,2	69,1	22,4	41,7	16,4	64,8	99
Фон + 200 т/га компоста + 200 т/га суглинка	211,6	101,4	92,0	21,2	44,8	19,5	77,1	100
Фон + 200 т/га компоста + 300 т/га суглинка	226,5	116,3	105,5	21,0	47,5	22,2	87,7	101
Фон + 200 т/га компоста + 400 т/га суглинка	236,7	126,5	114,8	20,8	49,2	23,9	94,5	140
НСР _{0,95} , ц/га	14,2	–	–	–	–	–	–	–

Нами исследовалось также влияние оптимизации почвы на содержание и сбор протеина, а также на содержание общего азота, фосфора и калия в клубнях картофеля (табл. 4). Полученные результаты свидетельствуют о том, что внесение суглинка вместе с торфонавозным компостом положительно сказалось на содержании протеина в клубнях: полученная прибавка составила 2,4÷3,6 ц/га, или 126,3÷189,5 %. Под влиянием оптимизации содержание общего азота возрастает с 1,33 до 1,98 %, а увеличение доз вносимого суглинка сопровождалось повышением содержания фосфора и калия.

Таблица 4

Влияние оптимизации дерново-подзолистой песчаной почвы на качество картофеля (на воздушно-сухую навеску)

Вариант опыта	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	N, %	Протеин		Прибавка	
				содержание, %	сбор, ц/га	ц/га	%
Контроль (фон)	0,64	3,30	1,33	7,6	1,9	—	—
Фон + 200 т/га компоста + 100 т/га суглинка	0,72	3,35	1,82	10,4	4,3	2,4	126,3
Фон + 200 т/га компоста + 200 т/га суглинка	0,73	3,35	1,89	10,8	4,8	2,9	152,6
Фон + 200 т/га компоста + 300 т/га суглинка	0,74	3,41	1,94	11,0	5,2	3,3	173,7
Фон + 200 т/га компоста + 400 т/га суглинка	0,77	3,80	1,98	11,3	5,5	3,6	189,5

Важным показателем качества клубней является содержание в них микроэлементов и тяжелых металлов (табл. 5). Результаты исследования свидетельствуют: содержание микроэлементов в клубнях картофеля после внесения суглинка увеличивалось. Так, на контрольном участке в клубнях содержалось (в мг/кг): меди - 9,1, цинка - 10,75, марганца - 6,23. При внесении 400 т/га суглинка содержание микроэлементов составило: 14,90; 15,50; 6,69 мг/кг соответственно. Исследование влияния оптимизации на содержание тяжелых металлов выявило обратную связь. Содержание в контроле составило: никеля - 0,41, хрома - 0,39, кадмия - 0,06 и свинца - 0,15 мг/кг, в последнем варианте - 0,12, 0,25, 0,01, 0,12 мг/кг соответственно. Положительным является повышение содержания в клубнях такого важного химического элемента, как железо.

Таблица 5

Влияние оптимизации на химический состав клубней картофеля, мг/кг (на воздушно-сухую навеску)

Вариант опыта	Cu	Zn	Mn	Fe	Ni	Cr	Cd	Pb
Контроль (фон)	9,10	10,75	6,23	21,5	0,41	0,39	0,06	0,15
Фон + 200 т/га компоста + 100 т/га суглинка	9,15	14,25	6,31	22,8	0,40	0,38	0,05	0,15
Фон + 200 т/га компоста + 200 т/га суглинка	13,30	15,15	6,65	27,3	0,35	0,27	0,05	0,13
Фон + 200 т/га компоста + 300 т/га суглинка	14,40	15,20	6,68	32,9	0,14	0,26	0,01	0,12
Фон + 200 т/га компоста + 400 т/га суглинка	14,90	15,50	6,69	33,1	0,12	0,25	0,01	0,12

Таким образом, применение землевания и торфования с целью оптимизации песчаной почвы является весьма эффективным приемом, повышающим плодородие, урожайность и качество клубней картофеля.

1. Малышев Ф.А. Мелиорация легких почв суспензией торфа. Мн., 1989.
2. Куликов Я.К. Методические рекомендации по оптимизации почв для создания высокопродуктивных угодий. Мн., 1993.
3. Васильев В.А., Филиппова Н. В. Справочник по органическим удобрениям. М., 1984. С. 5.
4. Малько А.К., Круглов Л.В., Костюкевич Л.И., Гаманович А.М. // Почвоведение и агрохимия: Сб. науч. тр. БелНИИГА. Мн., 1981. Вып. 17. С. 92.
5. Горбылева А.И., Воробьев В.Б., Комаров М.М. и др. Почвы Беларуси. Мн., 2007. С. 179.
6. Ягодин Б.А., Дерюгин И.П., Жуков Ю. П. и др. Практикум по агрохимии. М., 1987.

Поступила в редакцию 17.05.06.

Евгений Евгеньевич Гаевский - аспирант кафедры общей экологии и методики преподавания биологии. Научный руководитель - доктор биологических наук, профессор кафедры общей экологии и методики преподавания биологии Я.К. Куликов.