

Библиографический список

1. Ковда В.А. Основы учения о почвах. – М.: Наука, 1973. – С. 443-448.
 2. Перельман А.И. Химический состав Земли. – М.: Знание, 1975. – С. 58-61.

3. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 400 с.
 4. Александрова А.Н. // Почвоведение. – 1954. – № 9. – С. 23-34.



УДК 631.452:631,445.53:631.6

В.С. Курсакова

МОДЕЛИ ПЛОДРОДИЯ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ В АГРОЦЕНОЗЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Ключевые слова: солонцы, мелиорация, плодородие, пшеница, урожайность, модели, засоление, гипсование, обменный натрий, водный режим.

Введение

Цель разработки моделей плодородия почв – поднять на качественно новый уровень возможности управления и воспроизводством почвенного плодородия. Так как эффективное плодородие реализуется в урожае растений, то разработку моделей плодородия почв необходимо проводить только в агрокультуре. Урожайность растений является производной многих факторов, в том числе эдафических и биологических. А так как разные растения отличаются по способности поглощать минеральные вещества, воду, обладают различной устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, то модели плодородия почв необходимо разрабатывать для каждой культуры.

Объекты и методы

Исследования проводили в зерновых севооборотах землепользования совхоза «Гуселетовский» Романовского района Алтайского края, характеризующегося значительным распространением в почвенном покрове засоленных почв, на комплексах малонатриевых и многонатриевых солонцов.

Комплекс малонатриевых солонцов включал солонцы малонатриевые средние (70%), в которых содержание обменного натрия не превышало 10% от ёмкости обмена, а также многонатриевые корковые (5%) с содержанием обменного натрия выше 40%, а в гор. В₁ – 81-85%, а также чернозёмно-луговые почвы и глубокие солонцы. Тип засоления почв комплекса хлоридно-сульфатный. Наиболее засолены солонцы многонатриевые – до 0,9-1,1% солей в метровом слое, менее засолены солонцы средние – 0,3-0,6% солей. Как правило, наиболее засолены нижние полуметровые

слои. Мелиорация почв этого комплекса была проведена мелиоративной обработкой, заключающейся в создании мощного однородного пахотного слоя 27-30 см, обусловливающего благоприятный воздушный, водный и пищевой режимы для растений [1].

Комплекс многонатриевых солонцов включал солонцы чернозёмно-луговые солончаковые сульфатно-содовые корковые и мелкие многонатриевые, солонцы глубокие и средние и чернозёмно-луговую солонцеватую почву. Фоном являются солонцы мелкие, доля которых составляет 73,9% от площади комплекса. Наиболее засолены из почв этого комплекса солонцы корковые, в пахотном слое – до 1%, а в подпахотном – около 2% солей. На почвах комплекса была проведена химическая мелиорация полной дозой гипса.

В течение двух лет на мелиорированных солонцах обоих комплексов в зерновых севооборотах высевали пшеницу Вега, зарекомендовавшую себя в наших более ранних исследованиях как достаточно солеустойчивая культура. Учёт урожая проводили в фазу полной спелости зерна в 116 точках на малонатриевых солонцах и в 107 точках на многонатриевых гипсованных солонцах. Сопряженно отбирали почвенные образцы в слоях 0-20, 20-50 и 50-100 см. Одновременно в почвенных разрезах по точкам учёта были описаны морфологические свойства почв и определена их плотность. В основные фазы развития пшеницы, а также в период учёта урожая определяли влажность почв в этих же слоях, которую перевели в запасы влаги, в мм.

В почвенных образцах определяли содержание и состав засоляющих ионов по данным водной вытяжки, ёмкость поглощения и состав обменных катионов, содержание гумуса, азота, фосфора и калия, реакцию среды – общепринятыми методами анализов. Данные валового содержания

элементов питания и гумуса были переведены в запасы (в т/га).

Для разработки моделей плодородия мелиорированных солонцов данные по урожайности пшеницы в зависимости от морфологических, химических и водно-физических свойств почв были обработаны информационно-логическим методом анализа. Этот метод позволяет установить степень связи каждого почвенного фактора с урожайностью культур по величине коэффициента эффективности передачи информации (К) и построить логическую модель урожайности на основе взаимодействия факторов [2, 3].

Результаты исследований

Результаты информационного анализа по почвам комплексов представлены в таблицах 1 и 2. Ввиду очень большого числа исследованных факторов в таблицах 1, 2 приведены только наиболее информативные,

которые были включены в логический анализ.

Судя по величине коэффициента, можно сказать, что на комплексе малонатриевых мелиорированных отвальной обработкой солонцов наибольшее влияние на урожайность пшеницы оказывают мощность почвы, включая горизонт ВС, глубина вскипания от HCl, запасы гумуса в полуметровом слое, содержание токсичных ионов натрия в этом же слое, рН слоя 20-50 см, запасы влаги в период всходов в слое 0-100 см. Меньшее влияние оказывают на урожайность пшеницы такие важные почвенные показатели, как глубина залегания капиллярной каймы и солевого горизонта, запасы азота и фосфора, обменный натрий и сумма токсичных ионов (засоление). Однако некоторые из них были включены в логические модели плодородия, так как являются важными показателями региональных особенностей этих почв.

Таблица 1

Коэффициенты эффективности передачи информации (К) и общая информативность (Т) от свойств почв комплекса малонатриевых солонцов к урожайности пшеницы Вега

№	Почвенные параметры	Слой почвы, см	К	Т
1	Запасы гумуса, т/га	0-50	0,1682	0,4405
2	Глубина вскипания от HCl, см		0,1516	0,3029
3	рН водный	20-50	0,1372	0,3048
4	Мощность почвы, см (А+В+ВС)		0,1339	0,3348
5	Содержание ионов натрия, %	0-50	0,1429	0,3578
6	Сумма токсичных ионов, %	0-50	0,1075	0,2161
7	Запасы фосфора, т/га	0-50	0,1033	0,2576
8	Запасы влаги, мм в период всходов	0-100	0,1242	0,2918
9	Содержание обменного натрия, %	0-50	0,1154	0,2257
10	Глубина залегания солевого максимума, см		0,1006	0,2292

Таблица 2

Коэффициенты эффективности передачи информации (К) и общая информативность (Т) от свойств почв комплекса многонатриевых гипсованных солонцов к урожайности пшеницы Вега

№	Почвенные параметры	Слой почвы, см	К	Т
1	Запасы влаги, мм в фазу кущения	0-20	0,2402	0,6863
2	Содержание токсичных сульфат-ионов, %	0-20	0,2322	0,5677
3	Запасы гумуса, т/га	0-20	0,2318	0,4926
4	Глубина вскипания от HCl, см		0,2293	0,3182
5	рН водный	20-50	0,2285	0,4922
6	Сумма токсичных ионов, %	0-50	0,2154	0,3790
7	Содержание обменного натрия, %	0-50	0,2108	0,3265
8	Глубина залегания капиллярной каймы, см		0,2394	0,4552
9	Мощность почвы, см		0,1710	0,4238

Наибольшая зависимость урожайности пшеницы на мелиорированных многонариевых солонцах получена от следующих факторов: запасов влаги в слое 0-20 см в период кущения пшеницы, уровня капиллярной каймы, запасов гумуса в слое 0-20 см и содержания токсичных сульфат-ионов в этом же слое, глубины вскипания от HCl и pH среды в слое 20-50 см, суммы токсичных ионов и содержания обменного натрия в слое 0-50 см.

Слабая зависимость установлена для верхнего 0-20 см слоя, мелиорированного гипсом, как по величине pH, так и по содержанию обменного натрия, что связано с уменьшением щелочности этого слоя после мелиорации. Подтверждением этому служит высокая зависимость урожайности пшеницы от сульфат-ионов в этом же слое.

На основе информационного анализа в частных каналах связи были установлены специфические состояния урожайности пшеницы по каждому рангу фактора. Эти дан-

ные приведены в таблицах 3, 4, по ним легко установить характер связи факторов с явлением.

Исходя из данных по специфическим состояниям следует, что на почвах обоих комплексов характер связи рассмотренных почвенных свойств с урожайностью пшеницы криволинейный, что свидетельствует об их взаимообусловленности.

Из наиболее информативных факторов для каждого комплекса мелиорированных солонцов было составлено и прорешено методом m-значной логики по несколько логических формул-моделей урожайности пшеницы: для комплекса малонатриевых солонцов – 14, многонариевых – 8. Из них наибольший прогнозирующий эффект показали в каждом случае по две формулы.

Для комплекса малонатриевых мелиорированных отвальной обработкой солонцов:

$$U_1 = \Gamma v (Na^+ \wedge (\sum \text{т.и.} \wedge P));$$

$$U_2 = \Gamma v Na^+ \wedge pH \wedge (W_{0-100} \boxtimes (\sum \text{т.и.} \wedge P)).$$

Таблица 3

Специфические состояния урожайности пшеницы Вега на малонатриевых солонцах

№	Параметр	Состояние параметра	Урожайность, ц/га	Ранг урожайности
1	Запасы гумуса, т/га в слое 0-50 см	92-130	5,1-7,5	3
		131-160	2,6-5,0	2
		161-190	10,1-12,5	5
		191-220	7,6-10,0	4
		221-250	10,1-15,0	5-6
		251-280	>15	7
		>280	7,6-10,0	4
2	Реакция среды (pH) в слое 20-50 см	7,00-7,50	12,6-15,0	6
		7,51-7,80	12,6	6-7
		7,81-8,00	10,1-15,0	5-6
		8,01-8,30	5,1-10,0	3-4
		8,31-8,60	5,1-7,5	3
		8,61-9,00	< 5,0	1-2
3	Содержание ионов натрия, % в слое 0-50 см	< 0,10	12,6-15,0	6
		0,011-0,030	> 15,0	7
		0,031-0,050	10,1-12,5	5
		0,051-0,070	7,6-10,0	4
		0,071-0,100	5,1-7,5	3
		0,101-0,150	2,6-5,0	2
		> 0,150	< 2,5	1
4	Запасы влаги, мм в слое 0-100 см в период всходов	<220	5,1-7,5	3
		221-240	10,1-12,5	5
		241-260	10,1-12,5	5
		261-280	5,1-12,5	3-5
		281-300	10,1-15,0	5-6
		> 300	7,6-12,5	4-5
5	Сумма токсичных ионов, % в слое 0-50 см	<0,10	12,6-15,0	5
		0,10-0,15	7,6-15,0	4-6
		0,16-0,30	>15,0	7
		0,31-0,60	5,1-7,5	3
		0,61-0,90	<2,5	1

Специфические состояния урожайности пшеницы Вега на многонатриевых солонцах

№	Параметр	Состояние параметра	Урожайность, ц/га	Ранг урожайности
1	Запасы влаги, мм в слое почвы 0-20 см, в фазу кущения	<15	<2,5	1
		16-20	2,6-5,0	2
		21-25	10,1-12,5	5
		26-30	12,6-15,0	6
		31-35	10,1-12,5	5
		36-40	> 15,0	5
		41-45	>15,0	7
2	Запасы гумуса, т/га в слое 0-20 см	<50	12,6-15,0	6
		50-70	<2,5	1
		71-90	5,1-7,5	3
		91-110	2,6-5,0	2
		111-135	>15,0	7
3	Глубина вскипания от HCl	<20	7,8-12,5	4-5
		21-30	10,1-12,5	5
		31-40	> 15,0	7
		41-54	>15,0	7
4	Реакция среды (pH) в слое почвы 20-50 см	7,90-8,30	> 15,0	7
		8,31-9,20	>15,0	7
		9,21-9,50	< 5,0	1-2
		9,51-9,80	2,5-5,0	2
		> 9,80	12,6-15,0	6
5	Содержание обменного натрия, % в слое почвы 0-50 см	< 10,0	<15,0	7
		10-20	<2,5	1
		20-40	2,6-5,0	2
		40-60	7,7-12,5	4-5

Безошибочный прогноз формул составил 41,4 и 42,2% соответственно, а с отклонением на 1 ранг – 73,4 и 73,2%. Замена в формуле 2 воднорастворимого натрия на обменный значительно снижает эффект формулы до 29,3 и 68,1%.

Для комплекса многонатриевых гипсованных солонцов:

$$Y_1 = W_{0-20} \boxtimes \Gamma v Na_{обм.};$$

$$Y_2 = W_{0-20} \boxtimes \Gamma v HCl \boxtimes Na_{обм.}.$$

Безошибочный прогноз формул составил 41,0 и 38,0% соответственно, а с отклонением на 1 ранг – 71,0 и 72,0%.

Обозначения, применяемые в формулах: Y – ранг урожайности пшеницы; Γ – ранг урожайности по запасам гумуса, т/га в соответствующем слое; W – ранг урожайности по запасам влаги, мм, в начальные фазы развития пшеницы; Na_{обм.} – ранг урожайности по содержанию обменного натрия, % в слое почвы 0-50 см; Na⁺ – ранг урожайности по содержанию токсичных ионов натрия, % в слое почвы 0-50 см; Σ т.и. – ранг урожайности по сумме токсичных ионов, % в слое почвы 0-50 см; pH – ранг урожайности по величине pH слоя 20-50 см; HCl – ранг урожайности по глубине вскипания от

HCl; P – ранг урожайности по запасам фосфора, т/га в слое почвы 0-50 см; \boxtimes – логическая зависимость по форме нелинейного произведения; $\hat{}$ – конъюнктивная форма логической связи; v – дизъюнктивная форма связи.

Таким образом, согласно двухлетним наблюдениям за урожайностью пшеницы Вега на разных комплексах мелиорированных солонцов подзоны южных чернозёмов Алтайского края нами установлены наиболее значимые факторы, определяющие её продуктивность, и на этой основе разработаны региональные модели плодородия этих солонцовых комплексов в агрокультуре пшеницы.

Для малонатриевых солонцов, оптимальным способом мелиорации которых является отвальная обработка, основными лимитирующими урожайность пшеницы факторами являются: недостаточные запасы гумуса и фосфора, а также почвенное засоление и связанное с этим щелочное значение pH среды и недостаток продуктивной влаги во всём метровом слое.

Для многонатриевых солонцов, основным способом мелиорации которых является

гипсование, лимитирующими урожайность пшеницы факторами после проведённой мелиорации являются недостаточные запасы влаги и гумуса, высокое содержание обменного натрия и близкое залегание карбонатов. Это свидетельствует о том, что химическая мелиорация – это процесс во времени, а не одноразовое мероприятие [4].

Заклучение

Исходя из приведённых моделей плодородия солонцов следует, что наряду с мелиоративными мероприятиями, направленными на устранение наиболее неблагоприятных свойств солонцов, связанных с обменным натрием, необходимо после проведения коренных мероприятий улучшать пищевой и водный режимы этих почв, а также проводить биологическую мелиорацию путём посева солеустойчивых культур-фитомелиорантов, способствующих рассолению верхней почвенной толщии почв.



Библиографический список

1. Гладков Ю.А., Трофимов И.Т. Исследование зависимости урожайности естественных ценозов и регнерии волокнистой от свойств солонцов луговых хлоридно-сульфатного засоления // Засоленные почвы Алтая, их свойства и мелиорация: сб. ст. – Барнаул, 1980. – С. 29-57.
2. Пузаченко Ю.Г., Мошкин А.В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях // Итоги науки. Сер. мед. географии. – М.: ВИНТИ, 1969. – Вып. 3. – С. 5-67.
3. Трофимов И.Т., Курсакова В.С. Методические рекомендации по разработке моделей плодородия солонцовых почв. – М.: ВАСХНИЛ, 1987. – 26 с.
4. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н. и др. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.

УДК 631.436

А.Г. Болотов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ZETLAB

Ключевые слова: теплофизические свойства почв, датчики температуры, метод цилиндрического зонда, системы измерения ZETLab.

Введение

В основе экспериментальных методов теплофизики, основанных на решении уравнения теплопроводности Фурье, лежат закономерности распространения теплового потока, создаваемого источником тепла в исследуемом объекте. При определении теплофизических свойств влажных почв необходимо учитывать возникновение массопереноса, происходящего в исследуемом образце. Для этого следует минимизировать, насколько это возможно, тепловой поток создаваемый источником тепла. Фактором минимизации потока тепла может служить разрешающая способность регистрирующей аппаратуры и возникающая при этом погрешность.

В настоящее время существует множество измерительных систем, предназначенных для научных исследований как отечественных, так и зарубежных производителей. Среди них можно выделить аналого-циф-

ровые преобразователи (АЦП) и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) ZETLab, производства ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы», предназначенные для обработки сигналов и сбора данных с различных первичных преобразователей в различных частотных диапазонах [1]. Модули ZETLab в сочетании с программным средством разработки ZETLab Studio, содержащими около 100 различных готовых программ, компонент и библиотек, позволяют максимально упростить процесс создания пользовательских приборов и приложений для измерения и обработки сигналов. Таким образом, пользователь получает возможность создания индивидуальных алгоритмов обработки сигналов при помощи средств разработки ZETLab Studio.

Сочетание высоких метрологических характеристик, удобства эксплуатации и доступной цены позволяет использовать рассматриваемые приборы при создании компактных многоканальных измерительных комплексов для определения теплофизических свойств почв.

Целью исследований было изучение применения систем измерения ZETLab для