

☒ – логическая зависимость по форме нелинейного произведения;

V – зависимость по логической функции дизъюнкции;

Λ – зависимость по логической функции конъюнкции.

Безошибочный прогноз первой формулы составил 65,8%, а второй – 52,3, третьей – 63,5 и четвертой – 70,3%, а с отклонением на ранг – соответственно, 72,3; 70,6; 86,9 и 89,3%. На их основе для яровой пшеницы необходимо поддерживать количество запасов влаги в слое 0-20 см на уровне среднего 11,6-14,1 мм, в слое 0-50 см – 25,5-31,8 мм, а количество осадков должно быть на уровне 16,9-25,4 мм.

Выводы

1. На урожайность яровой пшеницы, начиная с самых ранних этапов развития, природно-климатические условия оказывают значительное влияние.

2. На разных этапах органогенеза роль показателей абиотических факторов различна. Наибольшая связь урожайности яровой пшеницы отмечена с запасами влаги в слое 0-20 см, суммой осадков, а также на начальном и конечном этапе решающую роль оказывает температурный режим.



Библиографический список

1. Куперман Ф.М., Макарова Г.А., Петрова К.А. и др. Биологические особенности и условия произрастания сельскохозяйственных культур в Алтайском крае. – М.: Изд-во Московского университета, 1974. – 254 с.

2. Кулаковская Т.Н., Кнашич В.Ю., Богревич И.М. и др. Оптимальные параметры плодородия почв. – М.: Колос, 1984. – 24 с.

3. Пузаченко Ю.Г., Мошкин А.В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях // Итоги науки. Медицинская география. – Вып. 3. – М.: ВИНТИ, 1969. – С. 5-67.

4. Трофимов И.Т., Курсакова В.С. Методические рекомендации по разработке моделей плодородия солонцовых почв. – М.: ВАСХНИЛ, 1987. – 26 с.

5. Бочарова Т.А. Оценка потенциала адаптивности проса кормового на основе различных сроков посева и норм высева в центральных районах колочной степи Алтайского края: дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 1999. – 155 с.



УДК 631.41

В.И. Просянников

ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ключевые слова: фоновый уровень, тяжелые металлы, микроэлементы, почва, исследования, методы, выборка, аппроксимация, статистические параметры.

За фоновый уровень принимают содержание вещества в почве, не испытавшей антропогенного воздействия и соответствующее его естественной концентрации. В нарушенных экосистемах, какими в основном характеризуется и Кемеровская область, определить истинный фоновый уровень невозможно. В наших условиях с той или иной степенью вероятности концентрация элемента включает и антропогенную составляющую.

Оценка содержания тяжелых металлов в почвах Западной Сибири в целом проводи-

лась В.Б. Ильиным [1, 2]. В его исследовании, в соответствии с рекомендациями Н.А. Плохинского, составлялись вариационные ряды содержания каждого из микроэлементов и устанавливалось фактическое распределение; затем расчетным путем был определен вариационный ряд для нормального распределения, и по критерию χ^2 (Пирсона) выявлена достоверность различий между фактическим и расчетным (теоретическим) распределениями [3]. Согласно работе В.Б. Ильина, формирование выборок близких по генезису почв с учетом близости их свойств приближает распределение микроэлементов к нормальному [1].

Выполненные ранее исследования свидетельствуют о том, что распределения агро-

химических элементов по форме приближаются к нормальным кривым, но не совпадают с ними, причем характер отклонения зависит от различных факторов, включая влияние типов почв [4].

А.В. Пуховский (2001), К.Е. Баринаева и А.В. Пуховский (2002) предлагают аппроксимировать экспериментальные распределения агрохимических характеристик логнормальным законом [5-6]. А.В. Пуховский, рассматривая результаты обследования одного из промышленных городов России и региона Польши на содержание в почве тяжелых металлов, сравнивает аппроксимацию экспериментальных данных нормальным и логнормальным распределениями [5].

Использование логарифмирования делает обработку данных более корректной, поскольку в случае большой вариабельности показателя (более 30%) нижняя граница выборки может оказаться в области отрицательных значений, не имеющих физического смысла. В некоторых случаях распределение показателя приближается к нормальному, что подтверждается значениями критерия Колмогорова – Смирнова. В работе К.Е. Баринаевой, А.В. Пуховского обсуждается оптимальная разбивка агрохимических данных на поддиапазоны по материалам комплексных наблюдений на 37 реперных участках Владимирской области [6].

В Кемеровском агрохимическом центре сформирован электронный архив, характеризующий плодородие почв юго-восточной окраины Западной Сибири. Банк агрохимических данных включает содержание макро- и микроэлементов, валовое содержание тяжелых металлов и их подвижных форм по каждому элементарному участку.

Оценка сходимости эмпирических распределений содержания микроэлементов и тяжелых металлов в почвах с нормальным законом была проведена тремя способами. В первом случае рассматривалась выборка значений агрохимических показателей элементарных участков, второй способ расчета выполнен для логарифмированных значений тех же показателей. В последнем случае использована выборка значений агрохимических показателей, усредненных в границах рабочих участков. Результаты расчетов по первому варианту показывают, как правило, несовпадение наблюдаемых распределений с нормальным законом. Логарифмирование лишь незначительно исправило ситуацию, и только усреднение значений в пределах рабочих участков, имеющее в данном случае аналог математического смешивания, нормализовало выборку [7, 8].

Для оценки близости распределений имеются различные методы: по выборочной

асимметрии и эксцессу, критерию Колмогорова – Смирнова, критерию Пирсона [9].

Нами была проведена проверка сходимости эмпирических распределений содержания микроэлементов с нормальным законом в почвенных округах юго-восточной окраины Западной Сибири. Использование для оценки выборочных данных среднего арифметического, среднеквадратического отклонения, среднего взвешенного случайной величины оправдано, если они подчиняются нормальному закону распределения. Рассматривались средние значения по хозяйствам для каждого микроэлемента по валовому содержанию и подвижных форм. Для проверки соответствия использовались χ^2 -критерий Пирсона и λ -критерий Колмогорова – Смирнова (табл. 1).

Пороговое значение критерия выбрано для малой ответственности исследований. Сравнение по критерию Пирсона проведено по двум вариантам. В первом количество интервалов (K_0) определялось по формуле:

$$K_0 = 1 + 3.322 \lg N.$$

Для второго варианта выбрано деление на 4 интервала. Результаты расчёта обоих вариантов по критерию Пирсона по валовому содержанию марганца, цинка, меди совпадают и показывают близость эмпирического и теоретического распределений (выделено шрифтом) и несоответствие эмпирического и теоретического распределений по содержанию кобальта и ртути. По содержанию остальных металлов соответствие эмпирического и теоретического распределений зависит от количества интервалов в выборке. При увеличении количества интервалов в выборке (с 4 до 10) проявляется несоответствие эмпирического и теоретического распределений по содержанию кадмия, свинца, хрома, никеля, железа. По критерию Колмогорова Смирнова для всех микроэлементов нет достаточных оснований говорить о различии распределений.

По содержанию подвижных форм критерий Пирсона показывает сходимость эмпирического и теоретического распределений для большинства микроэлементов при меньшем количестве интервалов в выборке и различие – при большем количестве интервалов. Критерий Колмогорова Смирнова в большинстве случаев показывает сходимость распределений. Значит, для оценки содержания микроэлементов в почве можно использовать общеизвестные статистические параметры.

Для отработки методики расчётов фонового содержания выполнен анализ содержания микроэлементов для пахотных почв. В качестве примера приводится анализ содержания подвижных форм марганца в почвах Кемеровского района.

Оценка различий между эмпирическим и теоретическим (нормальным) распределением содержания микроэлементов*

Элемент	Критерий Пирсона				Критерий Колмогорова – Смирнова	
	Разделение на 9-10 интервалов		Разделение на 4 интервала		фактическое значение	пороговое значение
	фактическое значение	пороговое значение	фактическое значение	пороговое значение		
Валовое содержание						
Mn	16,3	24,3	1,44	10,8	0,37	1,95
Zn	7,9	24,3	0,71	10,8	0,49	1,95
Cu	14,5	24,3	1,83	10,8	0,44	1,95
Co	53,8	22,5	12,2	10,8	1,09	1,95
Cd	23,5	22,5	7,18	10,8	0,78	1,95
Pb	49,4	22,5	0,65	10,8	0,68	1,95
Cr	65,9	22,5	6,74	10,8	1,09	1,95
Ni	39,2	22,5	8,97	10,8	1,04	1,95
Fe	61,4	22,5	7,67	10,8	1,21	1,95
Hg	55,8	22,5	12,8	10,8	0,97	1,95
Подвижные формы						
Mn	23,3	24,3	2,93	10,8	0,69	1,95
Zn	61,5	24,3	14,5	10,8	1,35	1,95
Cu	121	24,3	24,9	10,8	3,03	1,95
Co	57,1	24,3	5,75	10,8	0,89	1,95
Cd	69,4	24,3	14,6	10,8	1,30	1,95
Pb	20,7	24,3	3,07	10,8	0,61	1,95
Cr	46,3	24,3	6,53	10,8	1,15	1,95
Ni	51,1	24,3	9,88	10,8	1,25	1,95
Fe	104	22,5	62,6	10,8	2,26	1,95
F	4,3	22,5	0,31	10,8	0,18	1,95
B	24,6	22,5	0,65	10,8	0,69	1,95

* Сходимость распределений – если фактическое ≤ пороговому значению.

Содержание микроэлементов в почвах анализировалось с использованием общеизвестных статистических параметров: среднее арифметическое, ошибка среднего, мода, медиана, среднеквадратическое (стандартное) отклонение, коэффициент вариации. Определены статистические характеристики для каждого сельскохозяйственного предприятия в целом и с учётом типа почвы. Хозяйства, несущественно отличающиеся по среднему содержанию элемента, объединялись в группы. При этом учитывалось наличие общих границ и, по возможности, принадлежность к одному почвенному району (табл. 2).

Разность средних оценивалась по формуле [3]:

$$t_d = | \mu_1 - \mu_2 | / \sqrt{m_1^2 - m_2^2} \geq t_{st}$$

для $\eta = n_1 + n_2 - 2$,

где t_d – отклонение выборочных средних;

μ_1 и μ_2 – сравниваемые средние;

$| \mu_1 - \mu_2 |$ – модуль разности средних;

m_1^2 и m_2^2 – квадраты ошибок средних;

t_{st} – пороговые значения отклонения средних, определяемые из таблиц Стьюдента;

η – число степеней свободы;

n_1 и n_2 – объёмы сравниваемых выборок. Если выполнялось неравенство $t_d \geq t_{st}$, то принималась гипотеза, что выборки отличаются существенно.

Почвы района представлены в основном серыми лесными и чернозёмами выщелоченными и оподзоленными (табл. 3). Имеется незначительное количество собственно луговых, лугово-оподзоленных, дерново-подзолистых, лугово-чернозёмных типов. Эти почвы в дальнейшем не рассматривались, как не обеспечивающие необходимую репрезентативность.

Между группами хозяйств наблюдается существенное отличие среднего содержания подвижного марганца. В границах же групп содержание во всех типах почв различается несущественно, за исключением отдельных случаев. Например, в группе 04.01 содержание в чернозёмах выщелоченных почти в два раза превышает уровень остальных.

Средние же значения по району показывают существенное отличие содержания подвижного марганца серых лесных почв от чернозёмов.

Таблица 2

Группировка хозяйств Кемеровского района по среднему содержанию подвижных форм марганца

Группа хозяйств	Хозяйство		Почвенный район	Среднее значение, мг/кг
	Код	Название		
04.01	6	ГСП «Барановское»	Б – IV	25,0
	16	КСП «Щегловское»	Б – IV	32,4
04.02	8	ГУП СХП «Забойщик»	Б – IV	48,7
04.03	23	П/х ОАО «Андреевское»	Б – IV	37,5
	7	ГСП «Елыкаевское»	Б – IV	35,2
04.04	13	КСП «Силинский»	Б – IV	19,6
	4	АОЗТ «Луговое»	Б – IV	20,4
04.05	1	СХ товарищество «Горняк»	В – IV	63,0
04.06	9	ГСП «Звёздный»	В – II	23,7
	3	ЗАО «Кемеровское»	В – IV	21,7
	10	ДФ ГУП «Плодопитомник»	В – IV	26,7
	42	Кемеровский аграрный техникум	В – IV	26,9
04.07	17	ОАО «Ягуновское»	В – IV	42,3
	11	ФГУП ПЗ «Октябрьский»	В – IV	46,3
	2	ЗАО «Береговой»	В – IV	45,0

Таблица 3

Средние концентрации подвижных форм марганца в почвах Кемеровского района, мг/кг почвы

Группа хозяйств	Типы почв					Среднее по группе
	C ₁ *	C ₂ *	C ₃ *	Ч _в *	Ч _{оп} *	
04.01	25,6±4,1	29,1±1,0	29,9±0,9	55±14,2	30,1±0,8	30,2±0,8
04.02		49,6±3,2	45,5±1,4	54,6±1,9		48,7±1,4
04.03	41,7±1,4	35,0±0,9	34,2±1,5			36,1±0,7
04.04	20,3±0,5	21,6±1,0	19,5±0,2	19,5±1,2	18,7±0,4	20,1±0,3
04.05			54,2±2,2	66,8±2,9	62,7±1,2	63,0±1,1
04.06			25,6±0,1	24,4±0,4	22,8±0,4	23,8±0,3
04.07			37,5±5,0	45,5±0,7	39,8±1,5	44,1±0,7
Среднее по почве	29,0±1,6	31,2±0,8	31,8±0,9	37,5±0,9	38,1±1,4	
Среднее по району 35,6±0,5						

* C₁ – светло-серая лесная; C₂ – серая лесная; C₃ – темно-серая лесная; Ч_в – чернозём выщелоченный; Ч_{оп} – чернозём оподзоленный.

Таблица 4

Среднее арифметическое, мода и медиана по группам хозяйств Кемеровского района

Шифр группы хозяйств	Среднее, мг/кг почвы	Мода		Медиана	
		мг/кг почвы	разница со средним, %	мг/кг почвы	разница со средним, %
04.01	30,2±0,8	33,2	9,9	30,5	1,1
04.02	48,7±1,4	48,1	1,2	47,9	1,6
04.03	36,1±0,7	34,0	5,8	35,4	1,9
04.04	20,1±0,3	19,0	5,5	19,6	2,5
04.05	63,0±1,1	53,7	14,8	59,9	4,9
04.06	23,8±0,3	20,0	16,0	23,5	1,3
04.07	44,1±0,7	39,5	10,4	42,5	3,6

В рамках исследования проведено сравнение средних значений, моды и медианы (табл. 4).

Лучшая сходимость среднего значения наблюдается с медианой. При разнице со средним до 2% значение медианы попадает в диапазон $\mu \pm m$. Мода отличается от среднего более значительно.

Предложенные алгоритмы и примеры расчёта дают возможность оценить фоно-

вые концентрации вещества в почве на локальном, зональном и региональном уровнях, построить пространственное распределение валового содержания элементов и подвижных их форм.

Оценкой фонового уровня могут служить характеристики выборки – среднее, мода или медиана. Модальная величина, как показали расчёты, в целом ряде случаев не могла быть определена однозначно в связи

с полимодальностью, медиана примерно равнялась среднему арифметическому, который и был выбран в качестве оценки фона.

Определенный нами современный территориальный фон валового содержания микроэлементов в пахотных почвах области по административным районам представлен в табл. 5. По содержанию марганца более высокий фон в почвах Топкинского района, по содержанию цинка – Беловского и Ленинск-Кузнецкого, по содержанию хрома –

Прокопьевского и Тяжинского районов. Фоновые характеристики по содержанию меди, кобальта и никеля в почвах незначительно отличаются по районам.

Таким образом, предложенные алгоритмы и примеры расчета дают возможность оценить фоновые концентрации вещества в почве на локальном, зональном и региональном уровнях, построить пространственное распределение валового содержания элементов и подвижных их форм.

Таблица 5
Современный территориальный фон (Ф) валового содержания микроэлементов в пахотных почвах Кемеровской области, мг/кг

№ п/п	Название района	Площадь, га	Mn	Zn	Cu	Co	Cr	Ni
1	Беловский	65756	806	71,9	17,9	13,9	21,1	31,1
2	Гурьевский	25099	956	54,0	18,8	12,2	21,5	32,2
3	Ижморский	53895	1059	61,4	17,9	12,9	20,8	31,9
4	Кемеровский	47505	1024	60,1	19,0	13,9	27,2	31,2
5	Крапивинский	45522	949	63,3	18,3	13,3	22,2	27,2
6	Ленинск-Кузнецкий	86106	1037	67,6	19,6	12,4	32,2	33,3
7	Мариинский	74806	1045	51,7	17,5	12,3	36,2	28,1
8	Новокузнецкий	39943	1091	59,0	15,7	13,9	28,1	28,2
9	Прокопьевский	51300	1010	59,4	18,4	13,2	38,1	29,3
10	Промышленновский	121663	1033	54,5	18,1	12,5	23,6	35,2
11	Тисульский	35123	845	49,8	17,8	12,4	25,0	39,0
12	Топкинский	74008	1302	47,8	20,6	13,5	29,9	29,9
13	Тяжинский	97387	1014	47,8	17,3	16,1	40,8	32,7
14	Чебулинский	36646	853	55,8	16,2	14,3	29,3	32,9
15	Юргинский	63887	799	54,6	14,7	11,5	21,1	28,6
16	Яйский	14868	862	59,4	16,7	18,9	21,8	35,8
17	Яшкинский	12224	890	46,3	16,2	13,4	24,7	32
	По области	945738	999	56,9	17,9	13,4	28,4	31,6

Таблица 6
Региональный фон содержания подвижных форм микроэлементов в пахотных почвах Кемеровской области по средним значениям (А пах.), мг/кг

№ п/п	Название района	Площадь, га	Mn	Zn	Cu	Co	Cr	Ni	B
1	Беловский	65756	52,4	5,43	0,03	0,45	0,50	0,78	3,05
2	Гурьевский	25099	42,9	0,58	0,09	0,27	0,50	0,65	2,73
3	Ижморский	53895	37,6	1,20	0,28	0,38	1,25	0,64	1,47
4	Кемеровский	47505	34,4	0,60	0,18	0,26	0,81	0,45	1,76
5	Крапивинский	45522	61,0	0,93	0,10	0,24	0,68	0,57	2,09
6	Ленинск-Кузнецкий	86106	53,7	0,97	0,11	0,31	0,72	0,53	2,35
7	Мариинский	74806	52,6	0,94	0,04	0,21	1,20	0,88	1,11
8	Новокузнецкий	39943	39,1	0,65	0,13	0,29	1,08	0,66	1,28
9	Прокопьевский	51300	28,3	0,62	0,08	0,24	1,26	0,70	1,97
10	Промышленновский	121663	47,0	0,41	0,05	0,30	0,60	0,54	2,63
11	Тисульский	35123	42,2	1,03	0,03	0,45	0,61	0,82	2,46
12	Топкинский	74008	39,9	1,27	0,05	0,24	1,07	0,59	2,21
13	Тяжинский	97387	31,7	1,42	0,28	0,47	1,60	1,48	2,59
14	Чебулинский	36646	40,0	1,04	0,16	0,41	1,81	0,99	1,74
15	Юргинский	63887	40,8	1,30	0,36	0,53	0,64	0,73	3,04
16	Яйский	14868	40,1	1,19	0,03	0,59	0,76	1,72	1,58
17	Яшкинский	12224	41,3	1,31	0,03	0,33	0,64	0,74	2,07
	По области	945738	43,3	1,26	0,13	0,34	0,95	0,76	2,21

Библиографический список

1. Ильин В.Б. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов (Mn, Cu, Mo, B) в южной части Западной Сибири. – Новосибирск: Наука СО, 1973. – 390 с.
2. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в почвах Западной Сибири // Почвоведение. – 1987. – № 11. – С. 87-94.
3. Плохинский Н.А. Биометрия. – Изд. 2-е. – М.: МГУ, 1970. – 370 с.
4. Важенин И.Г. Применение метода вариационной статистики в почвенно-агрохимических исследованиях // Почвоведение. – 1963. – № 2. – С. 43-57.
5. Пуховский А.В. Об особенностях статистической обработки результатов агрохимических исследований // Агрохимия. – 2001. – № 9. – С. 66-74.

6. Баринаева К.Е., Пуховский А.В. Структурно-динамический подход при статистической обработке данных // Агрохимический вестник. – 2002. – № 2. – С. 13-15.

7. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: учебник / науч. ред. Ю.Н. Благовещенский. – Изд. 4-е, доп. – М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 336 с.

8. Королев Ю.А., Анохин В.С., Калинина Т.А. Проверка эмпирического распределения агрохимических показателей на нормальность // Агрохимический вестник. – 2003. – № 5. – С. 19-22.

9. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие для студентов вузов. – Изд. 6-е, доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 405 с.



УДК 631.51:631.8:632.954:631.427

**У.А. Исаичева,
А.М. Труфанов,
Б.А. Смирнов,
М.П. Шаталов,
А.Н. Дугин**

**РОЛЬ ОБРАБОТКИ, УДОБРЕНИЙ И ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
В УПРАВЛЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПОЧВЫ**

Ключевые слова: обработка почвы, удобрения, гербициды, органическое вещество, биологическая активность почвы, продуктивность.

Введение

Освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия требует разработки отдельных их элементов, адаптированных к конкретным агроландшафтам [2]. Применение биологизированных систем удобрений, минимизация и энергосбережение обработки почвы в севообороте являются основными агротехническими приёмами по оптимизации функционирования системы «почва-растение» в агроценозах [3]. Основной задачей такой оптимизации чаще всего является устойчивое повышение плодородия почв при экологической безопасности и эффективности.

Актуальность изучения влияния данных агроприёмов особенно проявляется в отношении содержания органического вещества в дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны и деятельности почвенной микрофлоры и, в конечном итоге, продуктивности полевых культур [1].

В связи с этим целью исследований было изучить и определить наиболее эффективное сочетание систем обработки почвы, удобрений и защиты растений в управлении основными биологическими свойствами дерново-подзолистой супесчаной почвы. При этом решались следующие задачи: определение динамики органического вещества, целлюлозоразлагающей активности почвы и продуктивности полевых культур под влиянием различных по интенсивности систем основной обработки почвы при разных уровнях биологизации и химизации систем удобрений и защиты растений.

Объекты и методы исследований

Экспериментальная работа проводилась в 2009-2010 гг. в полевом многолетнем стационарном трехфакторном опыте, заложенном в 2003 г. на опытном поле в условиях производства ОАО СПК «Михайловское» Ярославского района Ярославской области методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта – четырехкратная.