

of growing winter wheat increases productivity by 3.0 – 8.1 c/ha. Its most effective application is the treatment of seeds at a dose of 300 g/ha + introducing into the tube tillering-exit phase – 100 g/ha + into the milk ripeness phase – 100 g/ha, with a yield of 64.7 c/ha, which is 12.5% higher in relation to the control. The studied doses did not affect the change in protein and gluten content in the grain, and amounted to 12.9% and 23.7% in the control, respectively.

Key words: winter wheat, application dose, NanoSilicon, biometric indicators, productivity, quality.

References.

1. Matychenkov VV, Bochamnikova EA, Ammosova Ya. M. Influence of silicon fertilizers on plants and soil // Agrochemistry. – 2002. – Т. 2. – S. 86-93.
2. Mnatsakanyan A.A., Chuvarleeva G.V., Volkova A.S. Productivity and quality of grain // Grain legumes and cereals. 2020. No. 2 (34). S. 21-28.
3. Samsonova NE, Kapustina MV, Zaitseva ZF Influence of nitrogen compounds and mineral fertilizers on the yield of spring grain crops and the content of antioxidant enzymes in them // Agrochemistry. – 2013. – No. 10. – S. 66-74.
4. Samsonova N. Ye. Influence of nitrogen compounds and complex NPK fertilizers on the water regime of leaves and yield of spring wheat // Agrochemistry. – 2014. – No. 9. – S. 58-66.

УДК 631.4

ОЦЕНКА РАЗНЫХ СХЕМ СОСТАВЛЕНИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ ПРОБ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРПОЛИРОВАННЫХ КАРТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПАХОТНЫХ УГОДИЙ ДОСТУПНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ

*И.А. Сахабиев, Е.В. Смирнова, К.Г. Гиниятуллин, К.А. Гордеева, Л.И. Латыпова,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, Казань, ул. Кремлёвская, 18, ilnasoil@yandex.ru*

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-29-05061-мк

Для создания интерполированных карт обеспеченности полей элементами минерального питания растений использовали данные агрохимического анализа смешанных почвенных образцов, отобранных по традиционной схеме (по диагонали элементарных участков) и по стратифицированной рандомизованной схеме. Показано, что применение традиционного метода отбора позволяет получить на полях со сложным рельефом и пестрым почвенным покровом карты с более точным пространственным прогнозом. Установлено, что на полях с выровненным рельефом и однородным почвенным покровом оба метода обеспечивают получение карт, близких по точности прогноза.

Ключевые слова: точное земледелие, отбор почвенных проб, геостатистика, интерполированные карты, содержание элементов питания.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.14

Научно-технологический прорыв в современном сельскохозяйственном производстве связывают с развитием цифровых технологий точного (прецизионного, координатного) земледелия [1]. Применение технологий точного земледелия позволяет не только повысить окупаемость удобрений и средств защиты растений, но и существенно снизить агрохимическую нагрузку на окружающую среду и обеспечить получение качественной растениеводческой продукции [2]. При дифференцированном внесении минеральных удобрений затраты на приобретение оборудования и спецтехники могут окупиться в течение года, что обеспечивает необходимую экономическую эффективность внедрения данных систем.

В отличие от традиционного агрохимического обслуживания полей, дифференцированное внесение удобрений основано на оценке пространственно-временной неоднородности пахотных угодий и адаптации к ней системы хозяйствования [3]. Понятно, что продуктивная реализация подходов точного земледелия требует глубокого всестороннего изучения пространственной неоднородности сельскохозяйственных угодий и разработки методов ее количественного описания, а также оценки характера внутривариационной изменчивости агрохимических показателей плодородия почв [4]. Ре-

зультатом агрохимического обследования являются цифровые картограммы, построенные на основе пространственной интерполяции результатов локального опробования на всю обследуемую территорию поля, которые могут в дальнейшем использоваться для расчета доз минеральных удобрений и разработки карт-заданий для их внесения.

Наиболее широко применяемым методом создания интерполированных карт в точном земледелии является ординарный кригинг, обеспечивающий, при достаточной простоте расчетов, получение пространственного прогноза необходимой точности [5]. Считается, что при применении геостатистических методов для создания интерполированных карт желательно использовать результаты анализов, имеющих точечную пространственную локализацию, равномерно и рандомизованно покрывающие всю обследуемую территорию [6, 7]. Эти условия можно достичь только при размещении на участке большого количества точек пробоотбора. Известны работы, в которых отбор точечных проб проводится в узлах систематической решетки или в центре регулярных участков (парцелл), что позволяет увеличить равномерность покрытия обследуемой территории [8-10]. Использование систематического точечного метода при агрохимическом обследовании полей сопряжено с

необходимостью отбора и анализа большого количества проб. Для применения систем точного внесения удобрений площадь отдельной парцеллы не должна превышать 0,5–1,0 га. Только в этом случае можно получить надежную оценку внутрипольной пестроты почвенного плодородия. Необходимо также учитывать, что при систематическом отборе величина минимального расстояния между точками отбора проб имеет фиксированное значение, задаваемое размером парцелл, а при отсутствии в выборке близко расположенных точек невозможно выяснить истинные источники наггет-эффекта [7], что наблюдали авторы при исследовании пахотных угодий Северного Казахстана [11]. Альтернативным методом является отбор точечных проб по стратифицированной рандомизованной схеме. Равномерность охвата исследуемого поля по данной схеме достигается разбивкой поля на блоки (страты) примерно одинаковой площади с выбором в каждом блоке точек пробоотбора случайным образом [12–14]. При таком отборе расстояния между точками опробования формируются в значительной степени случайно. Аналогичного эффекта можно добиться при отборе проб по маршрутам, если точки опробования задаются на случайных расстояниях [13].

Несмотря на достоинства методов точечного пробоотбора, для проведения процедуры интерполяции необходимо учитывать, что отбор почвенных проб для агрохимического обследования регламентируется методиками и стандартами, ориентированными в основном на составление объединенных (смешанных) проб из индивидуальных, отобранных по элементарным участкам [15–17]. Отбор смешанных образцов позволяет получить необходимую надежность оценки почвенных свойств при меньшем объеме выборки. Вместе с тем, при привязке значения агрохимического показателя, полученного по анализу смешанного образца, к центру элементарного участка, величина минимального расстояния между точками отбора также как и при систематическом отборе будет иметь фиксированное значение, определяемое размерами элементарного участка.

В качестве альтернативы можно рассмотреть отбор объединенных проб по стратифицированной рандоми-

зированной схеме, предложенной в работе [3], когда поле делят на элементарные участки квадратной формы, точка пробоотбора внутри которых размещается случайно, а объединенная проба составляется из индивидуальных, отбираемых по кругу вокруг данной точки. При применении данной схемы смешанный образец характеризует не весь элементарный участок, а только ограниченный locus в его пределах. Рандомизованное размещение точек циклического отбора индивидуальных образцов для составления объединенных проб имеет определенные преимущества, так как вносит элемент случайности в пространственное опробование и теоретически может обеспечить в перспективе получение более адекватной модели регионализации изменения пространственных свойств почвы при применении геостатистических интерполяторов. В работе [17] для отбора агрохимических проб в целях дифференцированного внесения удобрений наряду с отбором смешанной пробы со всего элементарного участка также рассматривается отбор с ограниченного locus в его пределах.

Цель нашей работы – оценить точность пространственного прогноза интерполированных карт обеспеченности пахотных угодий доступными элементами питания на основе агрохимических данных, полученных при разных подходах составления объединенной пробы.

Методика. Объектами изучения были два поля зернопропашных севооборотов, расположенные в Закамье Республики Татарстан. Первое поле (площадь 254 га) находится на территории Заинского района. Для участка характерен значительный перепад высот до 60 м (рис.1.) с крутыми склонами в юго-западной части. Почвенный покров составляют, наряду с незероэродированными выщелоченными черноземами, слабо- и среднеэродированные. Второе поле (площадь 287 га) расположено в Сармановском районе, приурочено к пологому склону северо-восточной экспозиции (перепад высот до 30 м). Почвенный покров также представлен выщелоченными черноземами, эродированность практически не проявляется.

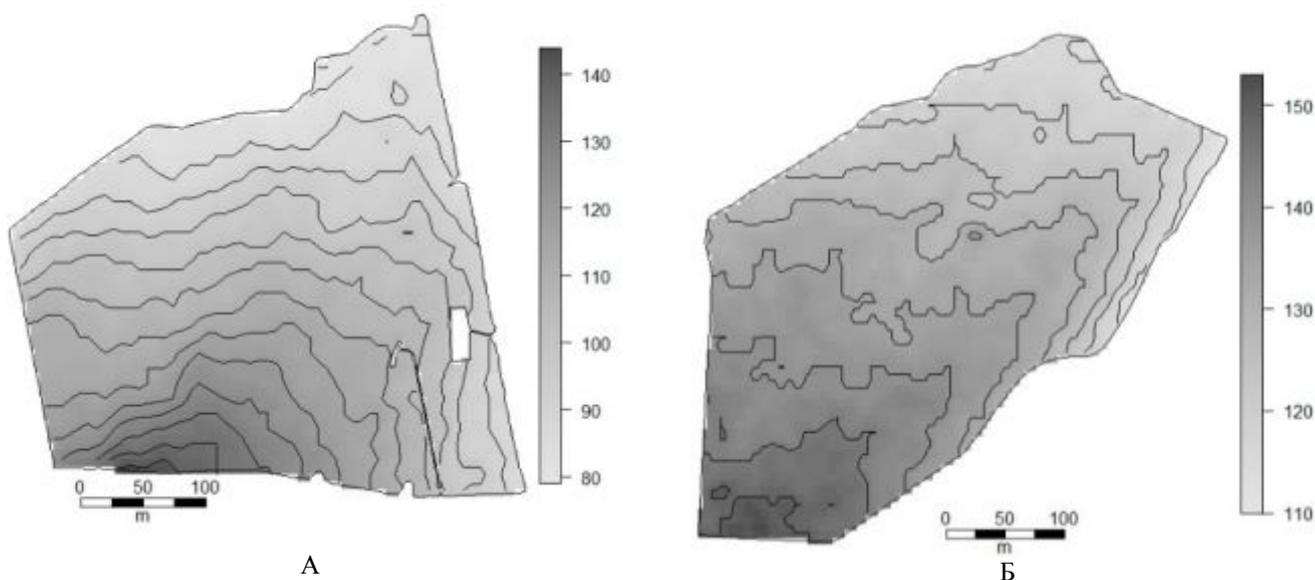


Рис. 1. Карты цифровой модели рельефа поля № 74008 (А) и № 41010 (Б)

Для проведения пробоотбора поля поделили на элементарные участки квадратной формы размером примерно по 5 га (вместо 20 га в соответствии с действующим стандартом [16]). Для поля № 1 было выделено 50, для поля №2 – 59 элементарных участков. Считается, что надежная оценка вариограммы при использовании метода ограниченного максимального правдоподобия для вычисления параметров моделей вариограмм в случае ординарного кригинга требует применения минимум 50 пространственно локализованных точек. Объекты исследования были специально подобраны с различной сложностью рельефа и почвенного покрова для геостатистического моделирования при минимальном допустимом количестве точек опробования.

Смешанные образцы отбирали по двум схемам. По первой схеме (отбор проб 1) составление объединенной пробы проводили из элементарных образцов по диагонали элементарного участка в соответствии с действующим стандартом [16]. По второй схеме (отбор проб 2) объединенные образцы составляли из индивидуальных проб по стратифицированной рандомизованной схеме, предложенной в работе [3]. В обоих случаях объединенные пробы включали 20-40 индивидуальных проб, отобранных буром на всю глубину пахотного горизонта. Для ориентирования на местности использовали полевую GPS-контроллер TRIMBLE JUNO 5D с точностью геопозиционирования до 1 м. В смешанных образцах определяли содержание гидролизуемого азота по Корнфилду, подвижных форм фосфора и калия по Чирикову, геостатистический анализ проводился с помощью пакета gstat программно-ориентированного языка R.

Оценку моделей проводили после процедуры LOOCV – кроссвалидации, которая заключалась в последовательном изъятии из исходного набора по одной точке o_i , для которой на основе оставшегося набора данных вычисляли значение p_i . В качестве критериев оценки моделей выступали значения усредненной ошибки (ME), среднеквадратичной ошибки (RMSE),

показателей MSDR и RPIQ, а также соотношения дисперсии прогнозируемых значений к дисперсии наблюдаемых значений (R_{var}).

Усредненная ошибка (погрешность):

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - o_i)$$

Среднеквадратичная ошибка (среднеквадратичное отклонение – СКО):

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2 \right]^{1/2}$$

Показатель MSDR – усредненное значение отношения остатков модели к дисперсии прогноза

$$MSDR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(p_i - o_i)^2}{\sigma^2}$$

Отношения производительности модели к межквартильному диапазону

$$RPIQ = \frac{IQ}{RMSE}$$

Соотношение дисперсии прогнозируемых значений к дисперсии наблюдаемых значений:

$$RVar = \frac{Var[p]}{Var[o]}$$

Показатель ME используют для определения в оценках степени смещения, RMSE оценивает ошибку среднего, R_{var} является мерой соотношения дисперсий. Чем ближе к нулю значение ME, а значение RMSE меньше, тем точнее модель. Чем ближе значение R_{var} к 1, тем лучше способность модели сохранять дисперсию изучаемого показателя, чем ближе к 1 значение MSDR, тем лучше модель описывала данные, чем больше значение RPIQ, тем выше прогнозирующая способность модели. В целом метод, который генерирует оценку, совпадающую с наблюдаемым значением в точке выборки, признается точным [19].

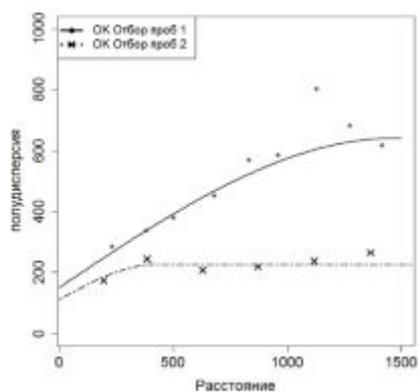
1. Статистические данные агрохимических показателей

№ поля	Элемент питания	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		мг/кг					
	Схема отбора проб	1-я	2-я	1-я	2-я	1-я	2-я
1	Объем выборки	50	50	50	50	50	50
	Среднее	100,4	89,4	149,4	171,6	226,5	251,0
	Мин. значение	53,8	56,0	75,3	71,2	154,6	148,0
	Макс. значение	145,6	127,4	282,0	298,0	347,5	381,4
	Размах варьирования	91,8	71,4	206,7	226,8	192,9	233,4
	Коэффициент вариации, %	19,4	18,5	34,2	26,3	19,1	21,2
	Нижний квартиль	88,6	78,4	108,7	141,3	195,2	218,3
	Медиана	98,0	86,8	138,7	165,8	230,7	233,4
	Верхний квартиль	110,3	100,1	175,3	196,9	250,7	284,7
	Межквартильный интервал	21,7	21,7	66,7	55,6	55,6	64,5
2	Объем выборки	59	59	59	59	59	59
	Среднее	140,0	119,2	131,3	166,9	163,3	156,6
	Мин. значение	91,8	84,0	75,1	87,0	98,9	107,8
	Макс. значение	213,9	156,8	314,2	276,4	267,2	248,0
	Размах варьирования	122,1	72,8	239,1	189,4	168,3	140,2
	Коэффициент вариации, %	16,3	12,8	42,3	22,2	25,1	21,1
	Нижний квартиль	128,2	111,3	88,7	153,0	130,1	131,7
	Медиана	136,1	120,4	112,8	171,5	152,8	155,5
	Верхний квартиль	149,6	128,1	167,9	184,1	190,1	175,6
	Межквартильный интервал	21,4	16,8	79,3	31,1	60,0	43,9

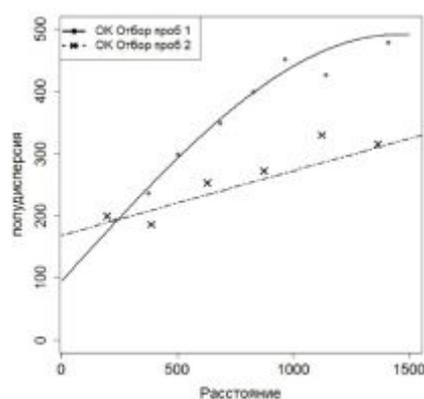
Результаты и их обсуждение. В таблице 1 представлены статистические характеристики агрохимических свойств обследованных полей по образцам, отобранным по разным схемам пробоотбора. Анализ статистических данных показывает, что обе схемы позволяют получить примерно одинаковую среднюю оценку обеспеченности доступными формами азота, фосфора и калия. Параметры варьирования по

содержанию гидролизуемого азота и доступного калия по полям при применении разных подходов к пробоотбору могут оцениваться как достаточно близкие. Несколько другая картина варьирования наблюдается по содержанию доступного фосфора. При отборе по диагонали элементарного участка варьирование его содержания заметно выше, чем при отборе вокруг рандомизированной точки.

Азот гидролизуемый

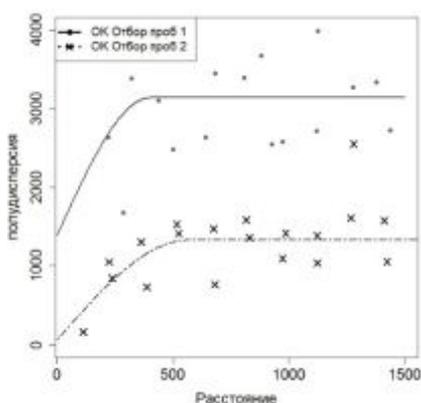


А

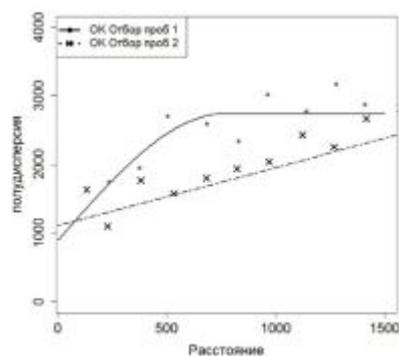


Б

Фосфор подвижный

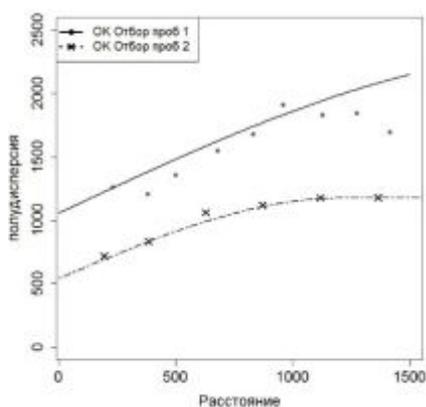


А

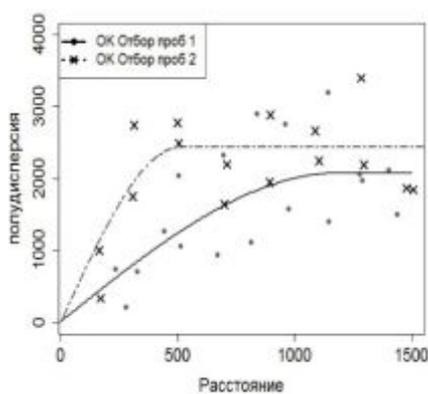


Б

Калий подвижный



А



Б

Рис. 2. Вариограммы показателей обеспеченности NPK для двух схем отбора почвенных проб (А – поле № 1, Б – поле № 2)

2. Параметры вариограмм почвенных показателей, полученных по разным схемам пробоотбора

Показатель, мг/кг	Модель	Радиус корреляции	Нагетт	Частичный порог	Порог C_0+C_1	$C_0/(C_0+C_1)$	Анизотропия	
			C_0	C_1			Направление	Коэффициент
Поле № 1								
<i>Схема отбора проб, 1-я</i>								
N	Sph	1445,7	95,2	395,8	491,0	0,19		
P ₂ O ₅	Sph	763,4	898,2	1844,7	2743,0	0,33		
K ₂ O	Sph	1185,0	13,2	2062,2	2075,4	0,01	315	0,8
<i>Схема отбора проб, 2-я</i>								
N	Lin	33601,6	168,6	2303,0	2471,7	0,07	80	0,8
P ₂ O ₅	Lin	2966,3	1112,8	2289,1	3601,9	0,31	80	0,8
K ₂ O	Sph	577,3	0,00	2434,3	2434,3	0,00	315	0,8
Поле № 2								
<i>Схема отбора проб, 1-я</i>								
N	Sph	1927,7	151,2	488,6	639,7	0,76		
P ₂ O ₅	Sph	527,1	838,8	2289,4	3128,2	0,73	50	0,6
K ₂ O	Sph	3772,7	1055,9	1253,6	2309,5	0,54		
<i>Схема отбора проб, 2-я</i>								
N	Sph	113,0	111,0	546,1	658,1	0,17		
P ₂ O ₅	Sph	744,4	66,7	1265,2	1331,9	0,05	50	0,6
K ₂ O	Sph	1398,4	539,8	633,9	1173,7	0,46	35	0,6

На рисунке 2 и в таблице 2 представлены результаты вариограммного анализа пространственной неоднородности полей. Вариограммы построены с учетом анизотропии. Соотношение нагетт к порогу показывает, что обе схемы пробоотбора дают близкие результаты. Лишь в случае подвижного фосфора для второго поля результаты анализов образцов, полученные по схеме 2, показывают сильную (по градации в работе [20]) пространственную структуру, тогда как при осуществлении пробоотбора по диагональной схеме пространственная структура умеренная. Вариограмма показывает, что для гидролизующего азота и подвижного фосфора (поле № 1) присутствует локальный тренд, описываемый линейными моделями.

3. Показатели критериев точности интерполяционных карт

Показатель, мг/кг	ME	RMSE	MSDR	RPIQ	RVar
Поле №1					
<i>Схема отбора проб, 1-я</i>					
N	-0,13	13,84	1,00	1,57	0,51
P ₂ O ₅	0,14	45,11	2,93	1,48	0,27
K ₂ O	0,88	26,77	0,59	2,08	0,64
<i>Схема отбора проб, 2-я</i>					
N	0,22	41,29	4,96	1,35	0,17
P ₂ O ₅	1,86	51,52	2,23	1,29	0,42
K ₂ O	0,03	14,06	2,43	1,54	0,30
Поле №2					
<i>Схема отбора проб, 1-я</i>					
N	0,12	17,28	1,35	1,24	0,43
P ₂ O ₅	0,19	61,97	9,60	1,28	0,13
K ₂ O	0,19	37,93	3,68	1,58	0,23
<i>Схема отбора проб, 2-я</i>					
N	-0,13	14,35	9,44	1,17	0,07
P ₂ O ₅	0,79	34,52	1,84	0,90	0,47
K ₂ O	-0,27	28,13	2,20	1,56	0,33

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены показатели, имеющие более высокие значения точности при интерполяции ординарным кригингом.

В таблице 3 представлены результаты оценки точности моделирования пространственной неоднородности обследованных полей по обеспеченности доступными формами азота, фосфора и калия, полученные с применением двух схем отбора. Комплексный анализ критериев

оценки точности показывает, что для поля №1, характеризующегося более изрезанным рельефом и более сложным почвенным покровом, лучший результат пространственного моделирования получают при оценке данных для образцов, отобранных по диагонали элементарных участков, чем при применении стратифицированной рандомизованной схемы. Скорее всего, при отборе смешанного образца со всей территории элементарного участка достигается более надежная характеристика его обеспеченности элементами питания. При локальном отборе с ограниченного локуса, рандомизованно расположенного на элементарном участке, характеристика его обеспеченности элементами питания хуже. Для поля №2, характеризующегося менее изрезанным рельефом и более однородным покровом, картина не столь однозначная. Пространственный прогноз обеспеченности гидролизующим азотом, по данным полученным по схеме отбора 1, лучше, чем по схеме 2, а по обеспеченности фосфором и калием, наоборот, несколько ниже. В целом, применение обоих методов пробоотбора на данном поле дает вполне надежные и сопоставимые результаты пространственного прогноза.

Составляют итоговые карты обеспеченности полей доступными формами азота, фосфора и калия. Карты обеспеченности показывают очень близкий характер пространственного распределения содержания элементов питания. Из визуального анализа карт можно сделать вывод, что использование стратифицированного рандомизованного отбора в целом дает более резкое контрастное распределение доступных элементов питания по полю, чем отбор объединенной пробы по диагонали. Данная особенность в большей степени характерна для поля №2. Этот метод отбора проб может оказаться полезным при создании интерполированных карт для пахотных угодий, характеризующихся низкой вариабельностью содержания NPK для более точного внесения минеральных удобрений в целях выравнивания полей по обеспеченности элементами питания.

Заключение. Использование традиционного пробоотбора, ориентированного на составление объединенной пробы по диагонали элементарного участка при создании интерполированных карт методом ординарного кригинга с привязкой агрохимического показателя к центру на полях со сложным рельефом и пестрым почвенным покровом обеспечивает получение более

точного пространственного прогноза по сравнению со стратифицированным рандомизованным методом отбора объединенной пробы. На полях с выровненным рельефом и однородным почвенным покровом оба метода обеспечивают получение карт, близких по точности пространственного прогноза.

Литература

1. Якушев В.П. Цифровые технологии точного земледелия в реализации приоритета "умное сельское хозяйство" России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 2. – С. 11-15.
2. Якушев В.В., Якушев В.П. Перспективы "умного сельского хозяйства" в России // Вестник Российской академии наук. – 2018. – Т. 88. – № 9. – С. 773-784.
3. Gebbers R, de Bruin S. Application of Geostatistical Simulation in Precision // in: Geostatistical Applications for Precision Agriculture. Springer Science+Business Media B.V. – 2010. – 269-304 p.)
4. Измайлов А.Ю., Годжаев З.А., Сычев В.Г., Афанасьев Р.А. Робототехника в агрохимии точного земледелия // Плодородие. – 2018. – № 1 (100). – С. 53-57.
5. Oliver M.A. An Overview of Geostatistics and Precision Agriculture // in: Geostatistical Applications for Precision Agriculture. Springer Science+Business Media B.V. 2010. P. 1-34.
6. Brus D.J., de Gruijter J.J. Random sampling or geostatistical modelling? Choosing between design-based and model-based sampling strategies for soil(with Discussion) // Geoderma. – 1997. – № 80. – P. 1-44.
7. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г., Чижикина Н.П. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R): Учебное пособие – Казань: Казанский университет, 2012. – 120 с.
8. Иванникова Л.А., Мироненко Е.В. Теория регионализированных переменных при исследовании пространственной вариабельности показателей агрохимических свойств почвы // Почвоведение. – 1988. – №5. – С. 113-120.,
9. Vasat R, Heuvelink G.B.M., Boruvka L. Sampling design optimization for multivariate soil mapping Geoderma 155 (2010). – P. 147–153,
10. Brus Dick J., Gerard B.M., Heuvelink DJJ Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables . Geoderma 138 (2007). – P. 86–95.
11. Гиниятуллин К.Г., Рязанов С.С., Григорьян Б.Р., Шакирзянов И.В. и др. Использование геостатистических методов для характеристики вариабельности агрохимических свойств (на примере изучения пахотных угодий Северного Казахстана) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2016. – Т. 158, кн. 2. – С. 259–276.
12. Brus DJJ, Spätjens L, de Gruijter JJ (1999). A sampling scheme for estimating the mean extractable phosphorus concentration of fields for environmental regulation // Geoderma . – 89 (1), – P. 129-148.
13. Brus D. J., de Gruijter JJ (1997), Walvoort DJJ., Brus D.J., de Gruijter JJ (2010). An R package for spatial coverage sampling and random sampling from compact geographical strata by k-means // Computers & Geosciences. – 36 (10), – P. 1261-1267.
14. de Gruijter J.J., McBratney A.B., Taylor. Sampling for High-Resolution Soil Mapping // in Proximal Soil Sensing . – 2010 – Springer Dordrecht Heidelberg London New York – 411 p.
15. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. – М., 1994. – 96 с.
16. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – М.: Стандартинформ, 2008. – 6 с.
17. Сычев В.Г., Афанасьев Р.А., Личман Г.И., Марченко М.Н. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного внесения удобрений. – М.: ВНИИА, 2007. – 36 с.
18. Kerry R., Oliver V.A., Frogbrook Z.L. Sampling in Precision Agriculture // in: Geostatistical Applications for Precision Agriculture. Springer Science+Business Media B.V. 2010. – P. 35-64)
19. Li J., Heap A.D. Spatial interpolation methods applied in the environmental sciences: A review / J. Li // Environmental Modelling & Software. – 2014a. – Vol.53. – P. 173-189.
20. Cambardella C., Moorman T., Novak J., Parkin T., Karlen D., Turco R., Konopka A. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils / C. Cambardella // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1994. – Vol.58. – P. 1501-1511.

ASSESSMENT OF DIFFERENT SAMPLING SCHEMES FOR CREATING INTERPOLED MAPS of NUTRIENTS FOR THE FARM AREAS

I.A. Sahabiev, E.V. Smirnova, K.G. Giniyatullin, K.A. Gordeeva, L.I. Latypova
Kazan Federal University, Kremlyovskaya ul. 18, 420008 Kazan, Russia, e-mail: ilnassoil@yandex.ru

To create interpolated maps of the availability of fields with plant mineral nutrition elements, we used the agrochemical analysis data of mixed soil samples taken according to the traditional sampling scheme (along the diagonal of elementary plots) and according to a stratified randomized design. It was shown that the use of the traditional sampling method makes it possible to obtain maps with more accurate spatial prediction in fields with complex terrain and various soil cover. In fields with a smooth topography and homogeneous soil cover, both methods provide maps close in predict accuracy.

Keywords: Precision farming, soil sampling, geostatistics, interpolated maps, nutrient content.