

Пространственная неоднородность показателей почвенного плодородия и эффективность дифференцированного применения удобрений в Самарском Заволжье

А. Цирулев

В статье представлено сравнение традиционного и современного подхода к проведению агрохимического обследования полей. Современные методы предусматривают использование GPS-оборудования с точным фиксированием места отбора проб, автоматического пробоотборника, специального программного обеспечения для создания картограмм содержания питательных элементов.

Традиционно агрохимическое обследование проводится вручную, и самое главное, без точной привязки к местности. Поэтому при повторном обследовании нельзя с уверенностью утверждать, что почвенные пробы были взяты в том же самом месте. Следовательно, информация, полученная таким способом, не отражает реальную картину и динамику изменения почвенных показателей на поле, что в

свою очередь приводит к неверным результатам расчёта доз удобрений. А это отражается как на экономике сельскохозяйственного предприятия, так и на экологической обстановке (Якушев, 2002).

В рамках выполнения научно-исследовательской работы по заказу Министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области была апробирована новая методика дискретного агрохимического обследования с геоинформационным и навигационным обеспечением. Исследования проводили в условиях сельскохозяйственного предприятия ЗАО «Самара-Солана» Ставропольского района области (преобладающие почвы хозяйства – обыкновенные черноземы). Содержание в почве гумуса, подвижных форм фосфора и калия (по Мачигину), а также реакция почвенной среды (pH_{H_2O}) были определены в 2007 году в почве десяти полей хозяйства общей площадью 776 га. Отбор образцов почвы осуществляли с использованием мобильного автоматизированного комплекса, состоящего из следующих компонентов: навигационной системы AgGPS EZ-Guide Plus со встроенным высокоточным GPS-приемником; полевого компьютера AgGPS 170, оснащенного программным обеспечением AgGPS Field Manager; автоматического пробоотборника Fritzmeier Profi 90. Поля разбивались на элементарные участки площадью 4 га (200 x 200 м), с каждого из них с помощью

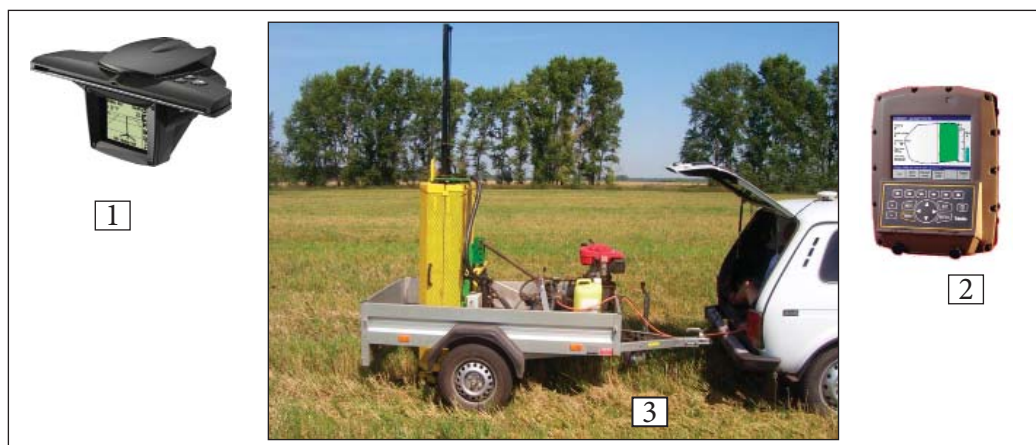


Рис. 1. Общий вид мобильного автоматизированного комплекса для агрохимического обследования: 1 – GPS-приемник навигационной системы AgGPS EZ-Guide Plus; 2 – полевой компьютер AgGPS 170; 3 – автоматический пробоотборник Fritzmeier Profi 90.

автоматического пробоотборника, который перемещался по диагонали участка, отбирали по 10 проб почвы из слоя 0-30 см. Из них была составлена объединенная проба, которая использовалась в агрохимическом анализе (при традиционной методике агрохимического обследования пашни смешанный образец отбирается с 25-40 га). В результате поля характеризовались выборками показателей по 10-30 участкам в зависимости от их площади.

В табл. 1 представлены данные статистической обработки данных агрохимического обследования почв – оценки средних величин показателей почвенного плодородия, их коэффициентов вариации и пределов варьирования. Анализ вариабельности агрохимических показателей по участкам полей выявил, что самыми изменчивыми показателями были подвижный фосфор, для которого коэффициент вариации по полям составил 19-51%, а также подвижный калий – 18-37%. Средняя степень вариабельности была характерна для гумуса (7-15%), а низкая изменчивость отмечалась по показателю реакции почвенной среды (2-5%). Таким образом, исследование позволили выявить значительные пространственные различия агрохимических показателей плодородия черноземной почвы (особенно подвижных форм фосфора и калия) даже в условиях выровненного рельефа сельскохозяйственных полей. Это

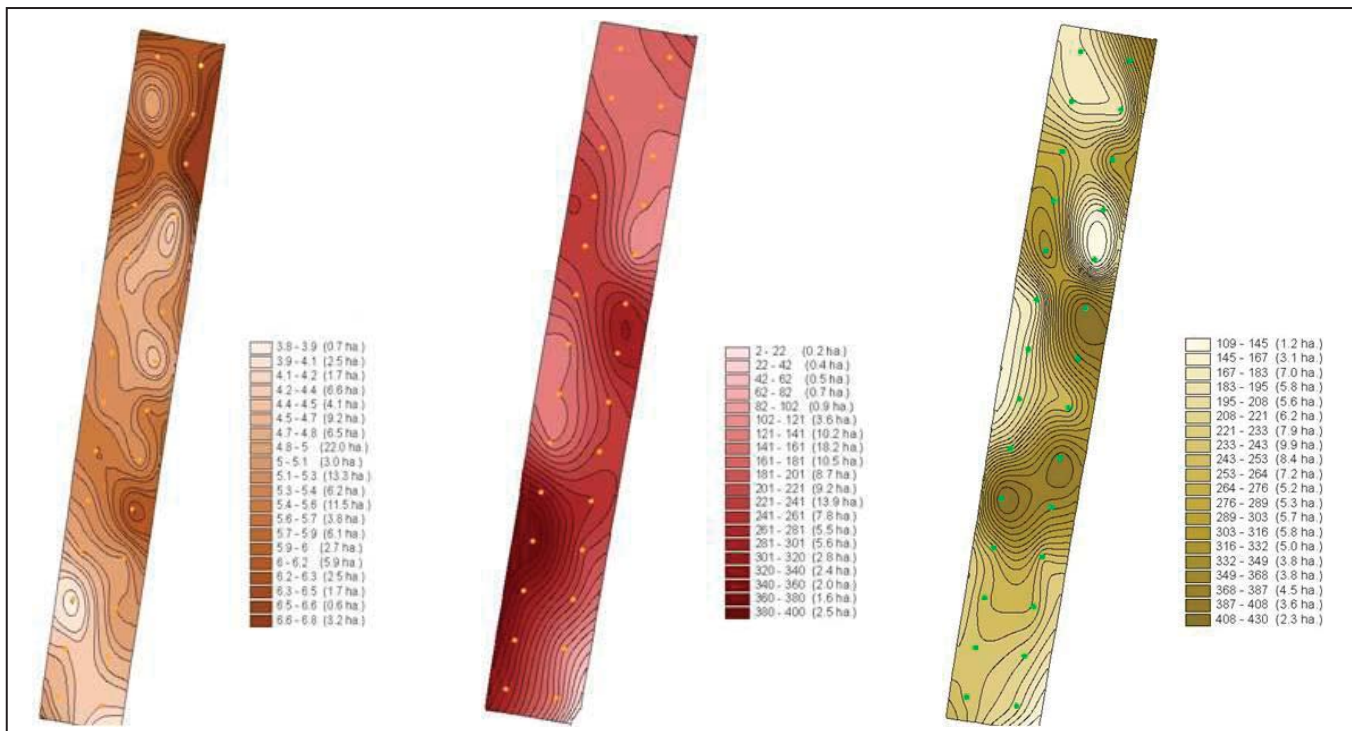


Рис. 2. Электронные картограммы содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия в почве экспериментального поля № 9 ЗАО «Самара-Солана»

Таблица 1. Оценка средней величины и вариабельности показателей плодородия почвы полей ЗАО «Самара-Солана» (Цирулев и др., 2008)

Показатели	Номера полей ЗАО «Самара-Солана»									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гумус*, %	4,63 4,43-4,83 8,81	4,78 4,36-5,20 8,92	5,32 4,68-5,96 15,14	5,05 4,81-5,29 6,94	5,06 4,54-5,58 12,29	5,27 4,89-5,65 7,73	4,73 4,47-4,99 9,52	4,62 4,45-4,79 7,04	4,44 4,12-4,76 10,62	4,33 4,12-4,54 7,20
Подвижный фосфор, мг/кг	168 144-192 27,0	153 73-232 51,4	188 140-237 32,9	174 156-191 15,9	190 165-214 16,1	225 157-293 31,7	281 248-313 20,5	226 202-250 18,5	154 123-185 30,3	116 84-148 42,5
Подвижный калий, мг/кг	228 185-270 35,2	215 177-254 17,8	268 199-337 32,8	286 220-352 35,7	288 203-374 36,4	331 215-447 36,9	363 300-426 31,1	261 220-303 27,3	210 176-242 24,5	237 184-290 34,8
pH (H ₂ O), единиц	6,73 6,59-6,87 4,02	6,97 6,78-7,16 2,54	6,61 6,46-6,76 3,00	6,13 6,01-6,25 3,19	6,19 5,95-6,43 5,12	6,76 6,54-6,98 3,64	6,56 6,41-6,71 3,95	6,75 6,63-6,87 2,97	7,02 6,90-7,14 2,34	7,03 6,91-7,15 2,51
Объем выборки	30	10	15	21	14	11	27	25	20	21

* Примечание:
 первая строка – средние величины показателей;
 вторая строка – пределы колебания значений (доверительные интервалы);
 третья строка – коэффициенты вариации

обосновывает целесообразность пространственно-дифференцированного применения удобрений, как важного приема выравнивания плодородия поля. По оценкам, дифференцированное применение удобрений в современных условиях в России имеет смысл, если пространственная неоднородность в содержании подвижных форм элементов питания в почвах составляет 20% и более (Афанасьев, 2010).

Использование геоинформационной системы (программы SStoolbox в данной технологии) позволяет интерполировать результаты анализов почвы от участков по всему полю, выявить закономерности пространственного распределения питательных элементов почвы и построить электронные карты и картограммы, в которых отражены инфор-

мационные слои данных одинакового уровня в пространстве поля (рис. 2). На картограммах по каждому анализируемому показателю выделяется сеть однородных участков 20-ти уровней (число уровней регулируется), распределенных пространственно в пределах сельскохозяйственного поля. Детальный учет распределения элементов питания необходим при расчете дифференцированных доз внесения удобрений на участках разных уровней содержания элементов питания в почве. Расчет дозы удобрений на планируемый урожай проводится в автоматическом режиме, исходя из конкретной обеспеченности каждого элементарного участка, используя встроенный в программу редактор формул. Карта-задание на внесение удобрений создается для каждого

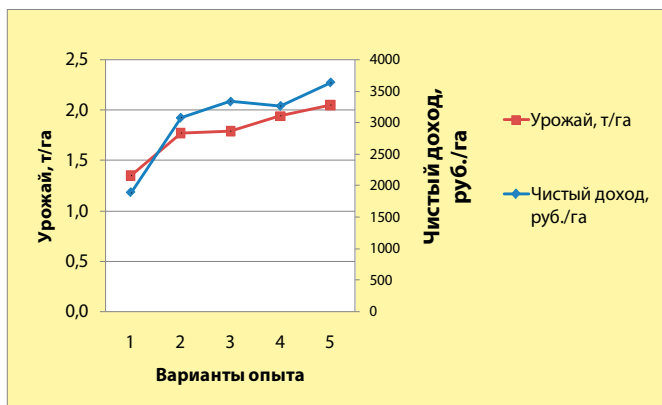


Рис. 3. Урожайность яровой пшеницы и чистый доход (руб./га) в зависимости от применяемых технологий возделывания в полевом опыте в условиях производства ЗАО «Самара-Солана» в 2007 г. (Цирулев, 2008):

- 1 – Экстенсивная технология без применения удобрений (контроль)
- 2 – Нормальная технология (удобрения в принятых в хозяйстве дозах)
- 3 – Нормальная технология с применением GPS-навигации
- 4 – Интенсивная технология (расчетные дозы удобрений на планируемый урожай)
- 5 – Интенсивная технология с применением системы точного земледелия

элементарного участка поля, но уже отличающегося размерами от первоначального (при обследовании) тем, что данный участок представляет собой квадрат со стороны равной ширине захвата разбрасывателя удобрений.

На одном из полей того же хозяйства был проведен краткосрочный опыт по изучению экономической отдачи от дифференцированного применения минеральных удобрений под яровую пшеницу с учетом пространственной неоднородности содержания фосфора и калия в почвах (Цирулев, 2008). Изучалось 5 вариантов: 1 – экстенсивная технология без применения удобрений (контроль), 2 – нормальная технология (удобрения в принятых в хозяйстве дозах), 3 – нормальная технология с применением GPS-навигации (для мониторинга и контроля за работой сельхозтехники в поле), 4 – интенсивная технология (расчетные дозы удобрений на планируемый урожай с учетом средневзвешенного содержания фосфора и калия в почве по данным традиционного агрохимического обследования) и 5 – интенсивная технология с применением системы дифференцированного внесения удобрений.

При варианте экстенсивной технологии был получен самый низкий урожай подопытной культуры – 1,35 т/га (рис. 3). Другие варианты дали прибавки урожайности относительно контроля в диапазоне 0,42-0,70 т/га. Технологии с GPS навигацией, системой точного земледелия показали наибольшие эффекты повышения урожайности в сравнении с аналогичными технологиями без указанных элементов. Преимущество технологий возделывания, модифицированных элементами точного земледелия, заключались в равномерном без огрехов и перекрытий внесении минеральных удобрений и средств химической защиты растений по площади экспериментального поля. В то же время на делянках интенсивной технологии без использования GPS навигацией мы отмечали явление полегания растений яровой пшеницы (рис. 4).



Рис. 4. Полегание растений яровой пшеницы на делянках интенсивной технологии возделывания (без применения GPS-навигатора) на участке перекрытий между смежными проходами при внесении азотных удобрений

Чистый доход был максимален в 5-ом варианте опыта с применением системы точного земледелия (3638 руб./га), превысив на 11% аналогичный показатель в 4-ом варианте (3264 руб./га) при расчете доз удобрений на планируемый урожай с учетом средневзвешенного содержания фосфора и калия в почве (рис. 3). Поскольку применение системы точного земледелия при использовании интенсивной технологии выявило участки поля с высокой обеспеченностью фосфором и калием, где вносить удобрения не требовалось, то это снизило затраты на минеральные удобрения на 9% (с 1552,1 до 1411 руб./га) по сравнению с вариантом, где вносились дозы удобрений, рассчитанные балансовым методом на планируемый урожай, исходя из анализа усредненного образца почвы с данного поля.

Таким образом, учет пространственной неоднородности почвенного плодородия позволил провести агрохимическое обследование полей с большей точностью, чем при традиционном подходе к агрохимическому обследованию, а дифференцированное внесение минеральных удобрений существенно повысило эффективность их использования. Следует также отметить, что внесение усредненных доз минеральных удобрений по обычной методике может вызывать либо их недостаток, либо перерасход по отдельным участкам поля. Важно отметить, что последнее обстоятельство является неблагоприятным фактором для сохранения окружающей среды.

*А. Цирулев является директором Фонда сельскохозяйственного обучения, находящегося в пос. Усть-Кинельский Самарской обл. РФ,
e-mail: fso-kinel@rambler.ru*

Автор признателен директору программы IPNI на Юге и Востоке России В. Носову за содействие в подготовке статьи.

Литература

- Якушев В.П. На пути к точному земледелию. СПб: Изд-во ПИЯФ РАН, 2002. 458 с.
- Афанасьев Р.А. Методика полевых опытов по дифференцированному применению удобрений в условиях точного земледелия. Проблемы агрохимии и экологии. № 1, 2010. С. 38-44.

Цирулев А.П., Боровкова А.С., Головоченко А.П. Новые подходы к проведению агрохимического обследования почв в системе точного земледелия. Изв. Самар. гос. с.-х. акад., 2008, в. 4. С. 62-65.

Боровкова А.С., Цирулев А.П. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений в условиях ле-

степени Самарской области. Изв. Самар. гос. с.-х. акад., 2008, в. 4. С. 56-61.

Цирулев А.П. Опыт эффективного применения ресурсосберегающих агротехнологий в условиях лесостепного Заволжья. Презентация на 10-й Юбилейной Российской агропромышленной выставке «Золотая осень». Москва, ВВЦ, 2008

Выделение зон для дифференцированного внесения удобрений способствует росту производства сахара в Северной Дакоте и Миннесоте

Д. Франзен, Г. Ричардс, Т. Дженсен

Дифференцированное внесение азотных удобрений по зонам, выделенным на спутниковых изображениях полей с учетом окраски листьев сахарной свеклы, повысило урожаи корнеплодов и выход сахара с гектара при выращивании сахарной свеклы в севообороте в восточной части Северной Дакоты и на западе Миннесоты. Развитие метода разделения полей на три зоны для дифференцированного внесения азотных удобрений основывается на научных исследованиях и практическом опыте по применению азотных удобрений при возделывании сахарной свеклы. Данные три зоны в упрощенном виде могут быть охарактеризованы, как зоны с низким, средним и высоким содержанием доступного азота; и дозы азота и других элементов питания для каждой зоны устанавливаются на основании результатов анализа почвы.

Управление азотным питанием важно для большинства сельскохозяйственных культур, но при выращивании сахарной свеклы оно имеет критическое значение для получения желаемого урожая корнеплодов и выхода сахара при их переработке. Достаточная обеспеченность растений азотом в начале периода вегетации необходима для полноценного развития листьев, максимальной фотосинтетической активности и последующего запасания фотосинтезированных сахаров в нормально развитых корнеплодах. При избытке доступного азота на поздних стадиях развития растений может быть получен высокий урожай корнеплодов. Но это также приводит к повышению в них содержания азотистых соединений и белков, что снижает технологическое качество корнеплодов и выход сахара на заводе.

Работы по исследованию взаимосвязи между содержанием доступных форм азота в почве и величиной урожайности, а также качеством корнеплодов сахарной свеклы продолжаются в течение почти 130 лет. Первые опубликованные работы были проведены в Бернбурге (Германия) в 1882 г., на научно-исследовательской опытной станции, где изучалось минеральное питание сахарной свеклы (Winner, 1993). Многочисленные последующие исследования расширили представления о том, как следует управлять азотным питанием растений для получения желаемого урожая и качества корнеплодов. Так, в работе Бауэра и Стивенсона (Bauer and Stevenson, 1972) показано, что сбор сахара с гектара достигает максимума при умеренной дозе азота (112 кг N/га), при дальнейшем

Таблица 1. Влияние различных доз азотных удобрений на урожай корнеплодов, сахаристость, коэффициент засорения и сбор сахара для трех сортов сахарной свеклы, выращиваемых в Оаксе, Северная Дакота

Доза N, кг N/га	Урожай корнеплодов, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Индекс качества*
0	48.8	17.0	8.3	429
56	50.0	16.7	8.3	482
112	54.0	16.4	8.9	534
224	55.1	15.3	8.4	750

Исходное содержание нитратов на глубине 0-60 см было 56 кг N/га

* Индекс качества = $[10(N) + 2.5(K) + 3.5(Na)] / C$, где

N – содержание аминного азота в корнеплодах, мг/кг

K – содержание калия в корнеплодах, мг/кг

Na – содержание натрия в корнеплодах, мг/кг

C – сахаристость, %

увеличении доз азота он снижается, хотя урожай корнеплодов при этом продолжает расти (табл. 1). При разработке рациональных систем применения азотных удобрений под сахарную свеклу, первым шагом является определение содержания доступных форм азота в почве после уборки предшествующей культуры и его учет при расчете дозы азотных удобрений, необходимой для получения планируемого урожая сахарной свеклы. Содержание доступных форм азота в почве может быть определено путем отбора почвенных образцов осенью после уборки предшествующей культуры и их анализа на содержание минерального азота, обычно нитратного (NO₃-N). Первоначальная глубина пробоотбора была 60 см, но последующие