

УДК 631.5.001.8

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ СОПРЯЖЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СТАЦИОНАРНЫХ ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ

Н.Ф. ХОХЛОВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

На основе рассмотрения специфических особенностей метода стационарного полевого опыта обосновывается необходимость использования в экспериментальном земледелии сопряженного подхода к исследуемым объектам и явлениям, который позволяет соединить научный эксперимент и производство единой программой.

Рассматриваются теоретические и прикладные аспекты снижения материальных и трудовых затрат при организации сопряженных исследований. Показана ограниченность традиционных методических подходов в решении актуальных научных проблем современного земледелия.

В настоящее время основная часть экспериментальных исследований в нашем земледелии выполняется в полевых опытах, на постоянных (стационарных) участках, что определяется необходимостью познавать закономерности в земледелии не в статике (например, изучение разового одномоментного действия приема), а в развитии (динамике). Однако условия исследований в стационарном полевом опыте весьма специфичны. Прежде всего это прояв-

ляется в усиливающейся со временем и различающейся по вариантам опыта картине внутривидельной почвенной агрофизической неоднородности. Последнее связано с тем, что в результате систематических проходов технических средств существенно увеличивается природная неоднородность физических свойств почвы, приводящая к формированию мозаичного («фваного») состояния посевов под опытных культур. Аналогичное действие на

картину распределения компонентов агрофитоценоза оказывают неизбежные для экспериментального хозяйства ошибки и отклонения в технологии. В то же время традиционные подходы в опытных дела базируются на допущении того, что и техногенное поле делянок, и формируемые на них посевы достаточно однородны и, следовательно, полученные на них данные характеризуются небольшим нормально-статистическим разбросом значений параметров. В качестве критериев достоверности исследований в классическом экспериментальном земледелии приняты случайный отбор проб и логический метод сравнения по выборочным средним. И только при полной уверенности в том, что нормализованный выборочный ряд отражает генеральную совокупность, в качестве обобщенного статистического показателя используют ошибку выборочного среднего.

В реальном многолетнем стационарном полевом опыте такого идеального соответствия закона распределения внутриделяночного поля параметров требованиям традиционной (гаусовой) статистики практически нет, так как часть площади генерирует существенные выборочные отклонения. Но в этом случае выводы, полученные на основе сравнения средних, оказываются неверными. Ясно, что необходимо раскрыть (выявить и объективно оценить) пространственную структуру неоднородности. Однако при строго случайном размещении учетных единиц и последующем анализе обобщенных средних такая

возможность исключена, и, следовательно, из поля зрения экспериментатора выпадают варианты, потенциально способные проявить себя в реальном производстве. Налицо методическая проблема, заключающаяся в требовании объединения исследований, ведущихся методом стационарного полевого опыта, единой программой, сопряженной с подобными производственными условиями. Эта проблема должна быть предметом интенсивных исследований, поскольку, используя указанный подход, мы могли бы, минуя этап производственной проверки, доказательно распространить результаты и выводы на подобные производственные условия. Естественно, что в этом случае в значительной мере повышается роль методических основ организации исследований. К сожалению, методическая сторона (высокий уровень точности, доказательности) экспериментальной работы в настоящее время почти ни для кого уже не является притягательным моментом исследований. Налицо методологическое безразличие и падение культуры исследования. Всему этому способствует также отсутствие здоровой научной среды, критического анализа, взаимной научной требовательности.

Теоретические подходы

На сегодня методология исследований в многолетних стационарных полевых опытах базируется на сопоставлении изучаемых вариантов на общем (по выборочным средним), но не целостном (структурном) уровне. При этом

измерительные площадки или точки опробования размещают по делянкам повторений опыта случайно [9, 17, 19]. Поскольку нормализация данных является коренным условием корректного использования критериев (F , t) традиционной статистики в задачах сравнения, оценку достоверности исследований ведут главным образом по степени разброса экспериментального материала между повторениями [32—34]. Однако в реальном многолетнем стационарном полевом опыте используется серийная сельскохозяйственная техника, систематические проходы которой локально изменяют физическое состояние почвенного профиля. Последнее системно связано с почвенными условиями жизни растений [39] и обуславливает существенную внутриделяночную пестроту состояния посевов. В такой ситуации метод стационарного полевого опыта лишь частично или искаженно отражает агробиологические эффекты факторов, возможные в реальных производственных условиях.

Понимая эти недостатки полевого метода, классическое научное земледелие предполагало обязательное последующее изучение вопроса в производственном опыте [10, 14, 16]. Такое многоэтапное воспроизведение эффекта существенно повышало достоверность рекомендаций производству, но и увеличивало время исследований. Отсюда естественное стремление объединить оба этапа исследований единой программой как в пространстве, так и во времени. Для этого стационарный

полевой опыт логично рассматривать в качестве модели, которую мы обозначим через F' , его производственного оригинала-аналога F . Понятна и необходимость регистрации и учета условий, при которых модель F' может считаться закономерно отражающей оригинал, т.е. реальные производственные условия. Естественно, понадобится найти некоторые соотношения, отражающие условия и масштабы перехода (назовем их технологотрансферные функции преобразования f от модели к объекту исследований). Таким образом, приняв стационарный полевой опыт в качестве модели, мы можем сделать ряд очень важных допущений. Центральное из них — это принятие положения о допустимости неизбежных, но, как правило, скрываемых ныне исследователями агротехнических нарушений. Ведь не вызывает сомнения тот факт, что абсолютное («устойчивое») соблюдение нормативной технологии невозможно в принципе, отсюда находит обоснование принятие высокой вероятности «смазывания» исковых долгосрочных эффектов из-за наличия существенных и более значимых в отношении влияния на урожай отклонений в агротехнике опыта (факторы текущего года: удобрения, гербициды и т.п.).

Увидеть такие отклонения и исключить опасность получения смещенных оценок, пользуясь современной методикой оценки достоверности исследований, невозможно, поскольку такая методика, базируясь на выборочном методе, не позволяет использовать

приемы структурного анализа. Кроме того, исключена возможность проверки корректности распространения результатов исследований в многолетних стационарных полевых опытах на подобные условия производства. Однако большинство современных рекомендаций производству основывается в настоящее время только на результатах исследования в стационарных опытах.

В нашем подходе целостного рассмотрения всего процесса исследования целесообразно выделить первый (в масштабе опытной делянки — элементарный) и второй (с расширением до производственных условий) масштабные иерархические уровни сопряжения. Попробуем, пользуясь общенаучными методами формальной логики, последовательно найти и обосновать решение данного вопроса при изучении статического объекта на обоих уровнях сопряжения.

Элементарный уровень сопряжения

Пусть в течение ряда лет изучаются агротехническая система или прием в многолетнем стационарном полевом опыте. Систематические проходы агрегатов при выполнении агротехнических операций будут локально изменять физическое состояние почвенного профиля и системно связанные с ним условия жизни растений. В такой ситуации в качестве модели поля физического состояния опытной делянки логично рассматривать совокупность случайных величин $\xi_i^{(t)} = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m$, из которых часть ежегод-

но может иметь существенно иную плотность $P(u_1, u_2, \dots, u_N)$. При использовании узкозахватных почвообрабатывающих орудий, машин для внесения удобрений, уборочной техники вероятность ε , с которой исследователь попадает в точки с резко различающимися характеристиками физического состояния, может оказаться весьма большой. То есть уже на фракционном уровне (без учета структуры) физическая основа делянки многолетнего стационарного полевого опыта может генерировать распределение агрофизического поля почвы, существенно отличающееся от нормального своими высокими значениями на правой стороне (правый хвост) распределения. Но отсюда следует, что наиболее важный для земледелия устойчиво проявляющийся долгосрочный «истинный» эффект изучаемой системы теряется, так как при агрегированном рассмотрении привычные статистические величины, такие, как средние и дисперсия, существенно сместятся в сторону увеличения (рис. 1). В последнем случае оказывается, что значение случайной функции не имеет математического ожидания ($M|\tau_i| = +\infty$), дисперсия не определена, а соответствующие выборочные характеристики не имеют регулярных пределов с увеличением объема данных [2, 4, 15, 27].

Во избежание получения неполной или искаженной информации разумно на этапе предварительного формирования исследования обосновать модель поля физического состояния почвы для конкретного варианта [29]. Здесь по-

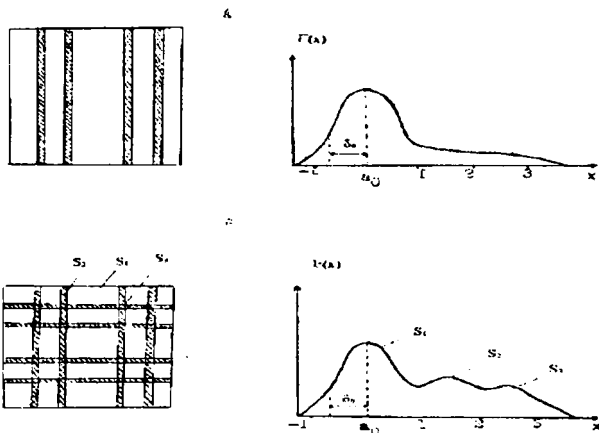


Рис. 1. Поле физического состояния почвы делянки и функция его распределения.

A — технологические операции осуществляются в одном направлении; *B* — технологические операции осуществляются в двух направлениях; δ_0 — среднескватератичное отклонение, a_0 — медиана; S_1, S_2, S_3 — уплотненные техногенно участки (техногенный «эф-фekt»).

лучается явный методический парадокс, заключающийся в требовании предварительного или одновременного с оценкой изучаемых параметров установления закона его распределения.

Обращая к картине поля физических параметров, естественно предположить, что уплотненные или менее уплотненные зоны могут образовывать при одинаковом частотном распределении мозаику с различными величинами, геометрией и степенью выраженности (рис. 2). Здесь мы подошли к одной из самых трудных и вместе с тем захватывающих задач сопряженного метода. Ведь постулируется, что структура определяет функцию [7, 28, 38]. Если перенести эту аксиому на наш объект, то задачу можно сформулировать

в виде следующего вопроса: достаточна ли значимость связи характера и выраженности горизонтальной структуры внутриделяночного поля физического состояния с компонентами агрофитоценоза, чтобы принимать ее во внимание при сравнении вариантов на общем и структурном уровнях? Выражаясь же формальным языком, можно поставить этот вопрос так: имеются ли логические основания не учитывать явные агро-

биологические казусы, заключающиеся в том, что пестрота агрофитоценоза устойчиво не связана почвенными параметрами? Или как сделать правильное заключение о влиянии приема обработки на агрофизическое состояние почвы и о связи ее агрофизических свойств с урожайностью культуры в опыте, если критическая засоренность посевов на отдельных частях делянок, снижающая урожайность на этих же частях делянки, обусловлена не изменением агрофизического состояния в результате применения изучаемого приема, а пониженной густотой стояния, вызванной технологической неприспособленностью агрегатов качественно по колесе выполнять посев или другими факторами? Поиски ответа на

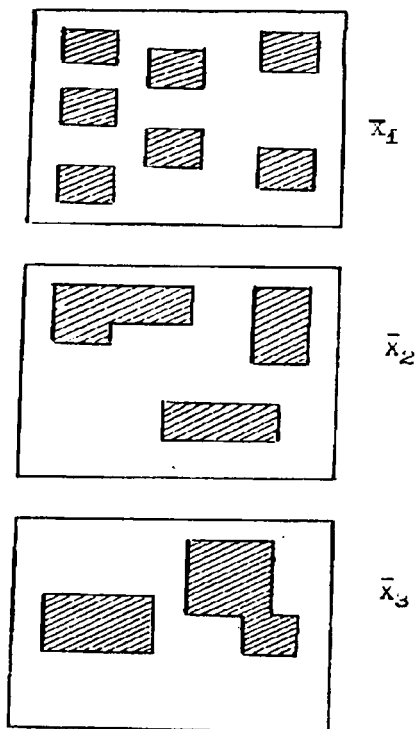


Рис. 2. Пример тождественности делянок по фракционному составу параметра при различной его структуре: $X_1 = X_2 = X_3$.

этот вопрос приводят нас к совместному использованию разумной агрономической логики и методам многомерного статистического анализа.

Рассмотрим приведенный выше пример с позиции теоретической агрономической логики. Если во время сопряженного поплощадочного (парцеллярного) анализа на части парцелл будет отмечено явное отклонение от реальных пределов отношений между компонентами фитогеоценоза (например, при близких к соседним площад-

кам значениях плотности почвы явно недостаточная густота стояния растений перед уборкой), то идентификация эффекта фактора производится без учета таких парцелл, так как снижение густоты стояния растений в этих частях («химерах») не подтверждается соотношениями с другими параметрами.

Таким образом, в этом модельном примере наше внимание концентрируется не на поиске взаимосвязи признаков изучаемой системы, что также важно на начальных этапах исследования, а на выделении типичной для варианта части ряда многомерного распределения. Как и в случае одномерных ненормализованных распределений, требующих на агрегированном (без учета структуры) уровне использования критериев непараметрической статистики для сравнения по частям распределений, выделенные по ассоциированному комплексу признаков истинные эффекты вариантов можно сравнивать с использованием методов численной классификации [1, 25]. Следовательно, используя сопряженный метод, мы получаем возможность надежного, а для экспериментального земледелия и в определенном отношении нового способа интерпретации и идентификации сравнительный эффектов вариантов на основе информации о характере согласованности в объекте нескольких признаков.

Обсуждаемый метод сопряженных исследований не приводит к переоценке прошлого экспериментального земледелия. Еще П.Н. Константинов [12] заметил,

что для грамотного построения исследований в полевом опыте и корректного использования логического метода разниц необходимо соблюдать требование тождественности условий делянок в своих частях. В его «парном методе» требование парности и сопряженности распространяется не только на делянки в целом, но и на их части. Естественно, каждая пара делянок симметрично разбивалась на ряд мелких измерительных площадок (парцелл). Если отмечали нарушения в равномерности развития растений, то одновременно с браковкой данной парцеллы обязательно выключали и симметричную ей парцеллу парной делянки. Если вникнуть в сущность обсуждаемого нами подхода, то можно утверждать, что принципиальной разницы в структуре логики с «парным методом» нет. Однако признание этого факта приводит к серьезным методическим следствиям.

Обсудим, к примеру, сравнение эффектов вариантов на общем уровне с учетом их полной и частичной технологической тождественности и эквивалентности. Так, опираясь на высказанные аргументы, следует требовать для корректного сопоставления, например, действия разной глубины культивации на физическое состояние почвы тождественности (в абсолюте одного) используемых почвообрабатывающих агрегатов. Предпосевная культивация агрегатом с рабочей шириной захвата S^1 и фрезерование агрегатом с шириной захвата S^2 ($S^1 > S^2$) могут сравниваться как приемы не только по общим арифметичес-

ким средним данным учетов и наблюдений, но и по частям распределения. Действительно, потенциально возможный эффект приема культивации расчленяется на 2 составляющие. Первая, обозначим ее Su^1 , есть собственно истинный («фундаментальный») эффект приема. Он стабилен по характеру и качеству, но масштабы его влияния («реализованный эффект») зависят от используемого в опыте технического средства (Sm). В первом примере делянки техногенно тождественны (агрегат один и тот же — $Sm^1 = Sm^2$) и, следовательно, сравнимы по всей кривой распределения. При увеличении рабочей ширины захвата культиватора ($S^1 > S^2$), но при тех же тракторе и рабочей скорости движения ($Sm^1 = Sm^2$) — делянки подобны (хотя и не эквивалентны). То есть при качественно одинаковых Su они различны по масштабам. Отсюда эти варианты как агротехнические приемы обоснованно сопоставимы только по какой-то части кривой распределения. Также во 2-м примере сравнение по эффекту Su корректно вести только по центральной тенденции (без хвостов) распределения. Ценность сравнения по среднему (интегрирующему эффекту влияния на физическое состояние делянки почвообрабатывающего орудия и трактора) эффекту имеет значение только в краткосрочных экспериментах при исследовании вопроса на технологическом уровне. Что касается техногенной эквивалентности ($Sm \Leftrightarrow Sm$), то такой случай будет иметь место при различных по составу и рабочей ширине захва-

та агрегатов, но одинаковом уплотняющем воздействии.

Такое дополнительное разьяснение весьма важно, поскольку оно помогает глубже понять суть потенциально возможного при сопряженном методе организации исследований фракционного анализа. Не расчлененное осуществление изучаемого приема, а расчлененное в рамках категории протяженности его рассмотрение. Теперь мы уже в состоянии оценить реалистическую картину стационарного опыта. Допустив в нашем объекте познания, кроме случайного (хаотичного) изменения признаков, наличие элемента организованности, потенциально способного «поглощать» хаос, а также введя в теорию стационарного метода субъективный элемент (неизбежные технологические нарушения), мы получили достаточно твердое основание для использования метода сопряженных исследований. Этот метод можно отнести к методу частично сплошного разномасштабного наблюдения. Характерным для него является частичный, но одновременно максимально репрезентативный или в особо ответственных исследованиях даже полный охват условий площади делянки хотя бы одного повторения опыта. Как мы уже показали, в стационарном опыте необходимо не строго случайное размещение площадок и пунктов опробования, а организованное, позволяющее с помощью многомерных разномасштабных сопряженных наблюдений выявить горизонтальную структуру объекта, но и сопровождающееся значитель-

ным увеличением объема наблюдений и учетов. Однако с теоретической стороны это обстоятельство принципиально незначимо, а с прикладной, как будет показано дальше, задача сокращения в рамках минимально репрезентативной организованной совокупности площадок опробования количества исследуемых параметров находит позитивное решение.

Производственный уровень сопряжения

Идея системного метода, охватывающие общим подходом все этапы исследования, предписывают необходимость сопряжения (системного согласования научной программой стационарного опыта и производственных условий. Содержание такой программы должно позволять проводить оценку отклонений условий производства от условий стационарного опыта, то есть функций преобразования (f) и погрешности моделирования.

Напомним, что в этой части работы мы рассматриваем методические основы организации сопряженных исследований при изучении объектов в условиях стационарного полевого опыта только в пространстве. Следовательно, с точки зрения адекватности физической природы модели и оригинала мы имеем неполное и одновременно приближенное подобие. Но задача нашей работы состоит не в том, чтобы обосновать вид модели, описывающей условия, создаваемые агротехнической системой в стационарном опыте. Она гораздо проще и заключается в обосновании такой

системы наблюдений, которая позволяла бы получать достоверные функции преобразования, необходимые для приведения результатов стационарного опыта к действительным (или потенциальным) значениям. Если бы мы имели в стационарном опыте и производстве строго случайную изменчивость, то определять эту прямолинейную функцию можно было бы по соотношению вариаций признаков, например, дисперсий в опыте (D_j) и производстве (D_f):

$$f = D_j / D_f.$$

Но то, что полностью случайно, лишено реальности. Судя по рис. 1, чаще всего как в опыте, так и на производстве мы имеем стохастические параллельную или более сложную изменчивости [13, 31]. Возможность отыскания картины такой изменчивости по данным предварительной (обучающей) или основной выборки и будет ведущим требованием к системе сопряженного опробования. Из всего сказанного понятно, что, выходя на новый уровень исследований при решении задач «выбора», необходимо охватить программой исследований одновременно с опытом и производственные условия. Поиск объединяющей схемы опробования, минимального набора идентификационных параметров и методов их получения является основной задачей производственного аспекта сопряженного метода. По нашему мнению, здесь целесообразно использовать подходы, базирующиеся на дробном преобразовании подобия [30].

Идея, заключающаяся в основе

метода и перенесенная на условия задачи, состоит в том, чтобы, используя особые (базирующиеся на дробных степенях размерности) приемы преобразования схемы и методов опробования, сократить, не теряя существенно качества сопряжения, объемы экспериментальных работ в производственных условиях. Например, при квадратной сетке опробования в стационарном опыте можно в производственных условиях обособленно ограничиться меньшим количеством площадок, расположив их под углом к направлению рядков растений с изменением по дробной прогрессии их площади. Но этот методический подход ставит перед нами задачу отыскания уже целого семейства фрактальных функций преобразования (f, \dots, f), необходимых для каждого признака. Успех в этом направлении позволил бы избавиться от «страха» перед существующим на сегодня двойным объемом работ при проведении сопряженных исследований.

Практические подходы

Осуществлять в натуре сопряженные наблюдения на элементарном уровне при сравнительном методе изучения условно статических объектов можно по-разному в зависимости от способов закладки и техники проведения опыта. Схемы размещения площадок опробования показаны на рис. 3. Из них следует, что в трех случаях площадки для измерения всего комплекса признаков расположены вне учетной части делянки и только в одном случае предельно реализованы принципы со-

пряженного метода. Естественно, возникает вопрос: в каком случае корректно использовать тот или иной способ опробования и какими должны быть размеры площадок при изучении объекта в разных масштабах при совместном рассмотрении согласованных признаков.

Попытаемся показать направления поиска аргументов, рассуждая следующим образом. Положим, мы используем в опыте колесный трактор класса 1,4 т с шириной протектора (передние колеса) 25 см и давлением на почву не менее 1,35 МПа на 1 см². Тогда, чтобы надежно зарегистрировать техногенный эффект, связанный с уплотнением почвы ходовой системой трактора, необходима трансекта с направлением поперек движения трактора по делянке с шагом опробования < 25 см. В приведенном примере расстояние 25 см надежно гарантирует «накрывание» колес точками опробования хотя бы один раз. Ширина блока (ряда отделя-

емых трансектой и площадок), а следовательно, и размеры площадок второго и последующих масштабов уровней будут зависеть от системы выполнения агротехнических мероприятий (технологические операции могут выполняться в перпендикулярных направлениях) и схемы закладки опыта. В нашем примере ширина блока может составлять с учетом исходной площадки 50, 75, ..., 150 см, т.е. масштабы уровней обеспечиваются площадками размерами 25 x 25, 50 x 50, 75 x 75 см и т.д.

Следует подчеркнуть, что геометрическая форма площадок и их размеры должны надежно «накрывать» компоненты изучаемого сообщества и позволять выявить физические аспекты локальной неоднородности растений, связанной с неслучайными нарушениями пространственной структуры почвенных свойств. Отметим также, что размеры исходной площадки удобно увязывать с размерами междурядий рас-

тений., а количество площадок должно укладываться в блок четное число раз [18].

Независимо от цели исследований используемые методы должны быть обязательно согласованы на всех масштабных уровнях, чтобы полученные с их помощью данные можно было бы соотнести с другими сопряженными

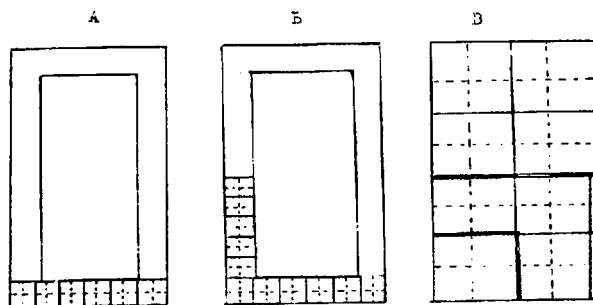


Рис. 3. Схематический план размещения площадок опробования при сопряженных исследованиях.

А и Б — площадки размещены вне учетной части делянки при выполнении операций в одном и двух направлениях; В — разномасштабные наблюдения.

данными. Общее правило, используемое при этом, следующее: каждый применяемый метод должен быть адекватен генерируемому элементарной площадкой распределению признака.

Здесь мы считаем своим долгом высказать некоторые предостережения. Прежде всего подчеркнем, что как объем образца для оценки физических свойств почвы, так и число измерительных пунктов не всегда оказываются достаточными для репрезентативной оценки условий исходной площадки опробования [26]. Техногенный разброс почвенных свойств по площади делянки опыта качественно отличен от природного хаоса. В наших исследованиях были случаи, когда даже бурового стакана диаметром 7,8 см оказалось недостаточно для надежной сопряженной оценки мелко-масштабной неоднородности физических свойств почвы измерительной площадки 25 x 25 см [23]. Это проявилось в отсутствие априорной тесной прямой множественной корреляционной связи между отдельными параметрами (плотностью почвы, влажностью и твердостью; плотностью, твердостью и водопроницаемостью). Однако отмеченный факт не опровергает основ сопряженного подхода, а указывает на необходимость его творческого и осмысленного применения. Так, включение сопряженной оценки биологической пористости в программу наблюдений и увеличение на элементарной площадке числа измерений твердости позволили в последующей работе избежать неправильных оценок [24].

Объединяющий элемент, вводимый сопряжением, соответствует логике системных исследований. Если в рамках традиционного подхода определения ведутся только в одном масштабе (чаще всего на уровне объединенных проб или сверсток индивидуальных значений признаков случайно распределенных пунктов опробования), то здесь имеется возможность совместного рассмотрения объекта в нескольких масштабах — иерархических уровнях. Возьмем, к примеру, связь видов сорных растений с почвенными свойствами и урожайностью тест-растения. Покуда выполняются требования традиционного подхода и осуществляется несогласованный учет показателей (сорняки учитываются на одних местах делянки, почвенные показатели — на других), что на сегодня повсеместно распространено при исследованиях в стационарных полевых опытах, использование метода корреляционного анализа нельзя считать обеснованным. Но это станет ясно тогда, когда будут проведены разномасштабные сопряженные наблюдения и установлена эмпирическая картина горизонтальной структуры распределения. Так, общеизвестно, что некоторые виды многолетних сорняков биологически склонны группироваться в куртины (образовывать мозаики различной формы и выраженности, т.е. априорно подчиняются групповому, а не случайному распределению [3].

Установить закон распределения вида в экспериментальном сообществе можно с помощью метода итераций [18]. Для оценки

внутриделяночной картины агрофизического состояния почвы по комплексу признаков, мы использовали кластерный метод с последующим визуальным выделением и подсчетом размеров однородных групп почвенных образований для установления индекса «мозаичности» [23]. Аналогичным образом можно охарактеризовать самые разнообразные случаи пространственной неоднородности и локального взаимодействия растений в реальном стационарном полевом опыте.

Можно ли сократить присутствие методу сопряженных исследований повышенные объемы многомерных наблюдений и учетов? Приемы, при помощи которых это оказывается возможным, называются скейлинг и кокрикинг. Они используются для выявления пространственного распределения случайного признака, находящегося в детерминированной связи с непосредственно опробуемым и легче определяемым признаком [5, 36]. В практике опытных сельскохозяйственных учреждений эти методы мало распространены, так как анализ физической сущности здесь уходит на второй план. По нашему мнению, допустимо использовать случайное размещение точек опробования внутри исходных площадок, так как на этом уровне имеется чаще всего нормализованный стохастический разброс. Это позволяет по полуварианграммам найти шаг опробования [22] и снизить с помощью метода скейлинга объемы наблюдений. Например, если для части точек установлены уравнения связи плотности почвы с глу-

биной профиля и плотности почвы с ее твердостью, то в другой части площадок достаточно планировать определение во всем профиле твердости и лишь в одном слое — плотности.

В целях снижения затрат труда и материальных средств на сопряженные исследования можно использовать и дистанционные методы (*learning without touching*) [37]. Как показали наши исследования в длительном опыте, цветные фотоснимки не только дают вспомогательную информацию по общей горизонтальной характеристике агрофитоценозов, но и пригодны для оценки внутриделяночного варьирования урожайности. Необходимо, однако, указать, что данные снимков должны быть соотнесены и скоррелированы с данными нескольких репрезентативных парцелл (клочей), полученных прямыми методами.

Естественно возникает вопрос, как быть, если по предварительному обследованию внутриделяночного поля физического состояния почвы с помощью легио определяемого параметра (например, твердости), связанного с другими физическими параметрами, четко выделены части с определенной геометрией (например, колея тракторов при многолетней беспашотной технологии возделывания)? Ответ очевиден. В этом случае достаточно разместить точки опробования пропорциональным методом [21, 40, 41]. Однако статистические процедуры и анализ результатов при этом усложняются.

Как ни парадоксально, мы до-

жны стремиться либо упорядочить хаос в состоянии почвы и фитоценоза, вызванный техногенным фактором, перейдя к строгой технологической колее в опыте, либо довести его до предельного значения. В последнем случае также возможны 2 противоположных положения: первое — если нам удастся, например, снизить уплотнение, выполняя технологические операции при оптимальном состоянии влажности, используя двойные колеса и т.д., и второе — довести до сплошного уплотнения. Таким образом, в условиях жесткого требования обеспечения случайности в организации учетов и наблюдений, классической рациональности в оценке вариантов по отдельным признакам на уровне средних арифметических величин было невозможно выявление и публичное признание неизбежных технологических «отклонений», поскольку последние повышали неоднородность и, следовательно, снижали достоверность опыта. В реальном стационарном полевом опыте, специфику проведения которого мы начинаем постигать, стремление снизить случайный разброс параметров физического состояния почвы за счет повышения качества выполнения технологических операций (техногенное снижение уплотнения) и стремление регистрировать и учитывать согласованный комплекс признаков действия техногенного фактора дополняют друг друга (противоположности сошлись!). Покуда мы игнорировали организованный техногенный компонент неоднородности и требовали (а чаще всего умалчи-

вали) обязательной для традиционной (гаусовой) статистики нормализации данных, мы имели препятствия на пути познания.

Применение сопряженного подхода при исследованиях вопроса в «динамике»

При изучении многолетнего воздействия агротехнического приема или агротехнической системы возможны два противоположных подхода: классический — с неизменными (статическими) вариантами и «динамический» — с постоянной адаптацией условий к изменяющимся во времени требованиям варианта. Большинство экспериментаторов воспринимают методические требования к стационарному полевому опыту как постулат: до тех пор пока решаются задачи выбора, его варианты ведут без изменения во времени. На первый взгляд, это достаточно обоснованно, если стоит задача оценить куммулятивное действие варианта в различно складывающихся по годам погодных условиях. Тождественность условий во времени как необходимому основанию для сравнения экспериментальных вариантов (за исключением контроля, который фактически существовал еще до закладки опыта) здесь поддерживается. Тем не менее каждый биокосный объект со временем развивается, что требует адекватного этому согласования условий. Каким же образом должен реагировать экспериментатор на такого рода требования? Ведь каждый вариант должен находиться все время в оптимальных для себя условиях. Не вызывает ли

это необходимости (прибегая к метафоре) менять правила во время игры? Нужно ли по мере изменения почвенных свойств (например, увеличения содержания гумуса в поверхностной части почвенного профиля, изменения Р_г и т.д.) увеличивать норму внесения почвенного гербицида? А если изменять, то можно ли это обосновать по результатам параллельного сравнения с контролем), а не сравнения «самого с собой»? Очередной парадокс стационарного опыта заставляет объединить классический и «динамический» подходы, сведя противоположности в единую двойственную картину видения. Не только каждый этап изучения вопроса требует адекватного подхода к сравнению, но и сам используемый метод, связанный с субъектом и определяющий характер интерпретации результатов, ставит перед нами вопросы, требующие творческого подхода при их решении в ходе «динамического» исследования. Это фундаментальное отличие метода стационарного полевого опыта можно пояснить таким наглядным примером. Начальный период исследования агротехнической системы не требует особых приемов ведения опыта, однако после появления существенных изменений свойств почвы, выразившихся, например, в отчетливом локальном ее уплотнении, целесообразно внести изменения в технику проведения опыта — использовать при обработке почвы и уходе за растениями технологическую колею.

Вбрав в себя геометрическую и временную протяженность, метод

сопряженных наблюдений приводит нас к новой форме познания сущности исследуемых явлений. Его использование позволяет не только давать объективную картину действительности, но и, вскрыв структурные отношения, влиять на механизм развития. Если мы, например, обнаружим локальные повышения концентрации почвенного гербицида, не связанные с отклонением в качестве работы опрыскивателя (что, кстати, невозможно установить при анализе объединенных проб), сопряженно сопровождающиеся изменениями в растительном сообществе, то с учетом изменения физического состояния почвы этот факт следует рассматривать не как результат изменения во времени природы фактора, а отнести его на локальное совместное действие физических свойств почвы и гербицида (движение почвенной влаги и растворенного в ней вещества осуществляется в направлении от уплотненной части к уплотненной колее [6], т.е. связать с изменением отношений на техногенном уровне.

Только теперь мы в состоянии дать достаточно реалистическую интерпретацию результатов исследований методом стационарного полевого опыта. В традиционном экспериментальном земледелии, концептуально оказавшемся в явном тупике, на основании данных исследований в стационарном полевом опыте делаются однозначно «достоверные» выводы. С нашей точки зрения, правильнее говорить только о представлении и потенциальных возможностях. Не действие приема,

а представление о его действии и т.д. С этими же аргументами следует подходить к распространению результатов стационарного опыта на производственные условия. Даже если чисто логически допустить предельный случай их абсолютной тождественности, то вступают в силу аргументы, связанные с погрешностями моделирования (погрешности измерений, точность приборов и т.п.).

Какие же методы из используемых в традиционном экспериментальном земледелии и увязанных преимущественно только во времени, позволят нам перейти к новому этапу — этапу системных исследований, если даже при использовании метода стационарного полевого опыта налицо непреодолимые на сегодня в силу упомянутых в начале работы причин трудности? И правы ли ученые [20], требующие обязательной государственной поддержки многолетних (продолжительностью больше 10 лет) стационарных полевых опытов, ведущихся даже при существенных методических нарушениях? Допустив право на неизбежную ошибку, мы также оказываемся на этой позиции, но только при безусловном соблюдении в полном объеме принципа сопряженного метода. В противном случае при любом уровне финансирования мы не решим современных научных и народнохозяйственных проблем, упустив другие эффективные методы. К таким методам следует отнести системно ведущиеся исследования в условиях производства (*on farm research*), где наука и практика тесно связаны [35]. Этот метод

позволяет охватить исследованием пусть даже не так глубоко, как в полевом стационарном опыте, всю систему, что до сих пор оставалось вне досягаемости строго экспериментального земледелия. Таким образом, перед нами открываются новые горизонты и встают новые нерешенные вопросы, где на первый план выступает проблема системы исследований. Мы надеемся, что в этой системе метод стационарного полевого опыта в сочетании с сопряженным подходом займет место, соответствующее его возможностям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян С.А. и др. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989, с. 600 — 2. Благовецкинский Ю.Н., Самсонова В.П., Дмитриев Е.А. Непараметрические методы в почвенных исследованиях. М.: Наука, 1987. — 3. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. М.: Наука, 1963. — 4. Гатаулин А.М. Система прикладных статистико-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве. Ч. 1, 2. М.: МСХА, 1992. — 5. Глобус А.М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических математических моделей. Л.: Гидрометеониздат, 1987. — 6. Гончаров В.М., Шейн Е.В. Особенности гидрологического режима почвы в зонах технологической колени. — Вестник МГУ. Почвоведение, 1991, вып. 2, с. 35—39. — 7. Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1980. — 8. Дмитриев Е.А. Методические аспекты ис-

пользования математической статистики в почвоведении. — История и методология естественных наук. Вып. XXIV, Почвоведение. М.: МГУ, 1980, с. 62—71. — 9. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. — 10. *Дояренко А.Г.* Избр. соч. М.: Сельхозгиз, 1963. — 11. *Карпачевский Л.О.* Почва — компонент разных природных систем. — История и методология естественных наук. Вып. XXIV, Почвоведение. М.: МГУ, 1980, с. 55—60. — 12. *Константинов П.Н.* Основы сельскохозяйственного опытного дела. М.: Сельхозгиз, 1952. — 13. *Крутов В.И. и др.* Основы научных исследований. М.: Высшая школа, 1989. — 14. *Кудрявцева А.А.* Методика и техника постановки полевого опыта на стационарных участках. Изд. 3-е. М.: Сельхозгиз, 1959. — 15. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. — 16. *Лебедевцев А.Н.* Избр. соч. М.: Сельхозгиз, 1960. — 17. *Литл Т., Хилз Ф.* Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ. М.: Колос, 1981. — 18. *Маслов А.А.* Качественный анализ горизонтальной структуры лесных сообществ. М.: Наука, 1990. — 19. *Моисейченко В.Ф., Заверюха А.Н., Трифонова М.Ф.* Основы научных исследований в плодородии, овощеводстве и виноградарстве. М.: Колос, 1994. — 20. *Полев Н.А.* Теоретические подходы к моделированию плодородия почвы на основе достигнутого уровня урожайности и оценки земель по их потенциальной продуктивности. Автореф. докт. дис. М., 1995. — 21. *Прохорова З.А., Фрид А.С.* Изучение и

моделирование плодородия почв на базе длительного полевого опыта. М.: Наука, 1993. — 22. *Пупонин А.И., Хохлов Н.Ф., Губанов А.В.* Оценка влияния систем обработки почвы на ее влажность с использованием методов непараметрической статистики. — Докл. МСХА, 1995, вып. 249, с. 3—9. — 23. *Пупонин А.И., Хохлов Н.Ф., Губанов А.В.* Методические аспекты оценки физического состояния дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при разных системах ее обработки. — Изв. ТСХА, 1995, вып. 3, с. 57—66. — 24. *Пупонин А.И., Хохлов Н.Ф., Губанов А.В.* Преобразование физического состояния дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при разных системах ее обработки. — Изв. ТСХА, 1996, вып. 1, с. 21—25. — 25. *Рожков В.А.* Почвенная информатика. М.: Агропромиздат, 1989. — 26. *Самсонова В.П., Кондрашкина М.И.* Зависимость информации о почвенном объекте от формы образца. — Вест. МГУ. Почвоведение, 1991, вып. 2, с. 25—30. — 27. *Теннат — Смит Дж.* Бейсик для статистиков. М.: Мир, 1988. — 28. *Федоров В.Д., Гильманов Т.Г.* Экология. М.: Изд. МГУ, 1980. — 29. *Хохлов Н.Ф., Эльмер Ф.* К методике оценки твердости почвы в полевом опыте. — Изв. ТСХА, 1994, вып. 3, с. 57—67. — 30. *Юргенс Х. и др.* Язык фракталов. — В мире науки, 1990, вып. 10, с. 36—44. — 31. *Bachman J., Hartge K.H.* Mit/der Deutscher Bodenkundliche Gesellschaft, 1990, № 1, S. 57—60. — 32. *Buhtz E.* Feldversuchswesen, 1985, H. 1, S. 5—17. — 33. *Butz E.* Feldversuchstechnik und Pflanz-

- zuzuchtung. Berlin, 1989. — 34. *Dorfel H., Rademacher L.* KTB Erkenntnissegewinn über Boden, Pflanzen und Umwelt durch Feldexperimentelle Arbeit. Halle, 1992, № 6, S. 27—41. — 35. *Hani F.* Schweiz. Landw. Fo., 1990, № 29, S. 257—271. — 36. *Hartge K.H., Horn R.* Die physikalische Untersuchung von Boden. Stuttgart, 1989. — 37. *Krzych G.* Einfluss von langjährig differenzierten Bewirtschaftungsmaßnahmen und Umweltbelastungen auf Bodenfruchtbarkeit und Ertragsleistungen eines lehmigen Sandbodens. Berlin, 1992. — 38. *Odum E.P.* Ecology. N.Y.—L., 1963. — 39. *Rogasik U.* Beziehungen zwischen Faktoren der Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenenertrag auf Ackerland. Diss. Berlin, 1990. — 40. *Sonderhoff W.* Messungen zum Status der Bodenverdichtung und Bedeutung von Mechanisierungsverfahren. Diss. Kiel, 1988. — 41. *Werner D.* Tag. Ber. Akad. Landwirtsch. Wiss. DDR, 1984, № 227, S. 205—213.
- Статья поступила 18 декабря 1996 г.*

SUMMARY

As a result of considering specific features in the method of stationary field experiment, the necessity to use in experimental farming the attended approach to investigated objects and phenomena which allows to combine scientific experiment and production by a common program is substantiated.

Theoretical and applied aspects of reducing material and labour expenditures for organizing attended investigations are considered. Restriction in traditional methodical approaches to solution of actual scientific problems in modern farming is shown.