

УДК 631.4(001.1)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

В. И. САВИЧ

(Кафедра почвоведения)

Доказывается относительность оптимумов свойств почв, поскольку они зависят от сочетания почвенных факторов, условий среды и потребности растений в элементах питания. Приводятся основные принципы разработки оптимальных параметров свойств почв. Предлагается определять соответствие почвенных режимов потребности растений в элементах питания по фазам развития, взаимосвязь концентрационных, тепловых, электрических, гравитационных и других полей в системе почва — растение — среда с учетом их кода. При расчете норм удобрений необходимо располагать данными об их трансформации в почве с учетом факторов емкости, интенсивности, кинетики, буферных свойств. Следует ввести ограничение доз, обусловленное прогнозируемой возможностью нарушения экологического состояния растений, почв и среды.

Оценка оптимальных параметров плодородия является одной из важнейших задач почвоведения и в целом сельскохозяйственного производства. Данной проблеме всегда уделялось большое внимание и в исследованиях кафедры почвоведения Тимирязевской академии, развивающих вопросы агрономического почвоведения. При этом для школы почвоведов академии характерны всестороннее углубленное изучение указанной проблемы, установление взаимосвязи статических параметров плодородия с динамическими режимами — почвенными процессами; взаимосвязь генетических и агрономических изысканий; рассмотрение почвы как биокосного тела и как средства сельскохозяй-

ственного производства. В период интенсивной химизации сельскохозяйственного производства, интенсификации использования земель требования к выбору оптимальных параметров плодородия еще более возрастают, изменяются и сами критерии оптимумов, что определяет необходимость разработки новых методов и методик исследования.

С нашей точки зрения, в настоящее время модель плодородия должна включать оптимальное сочетание свойств и режимов почв. Их оптимизация может проводиться для получения планируемого экономически оправданного урожая, максимального коэффициента полезного действия систем земледелия с учетом экологической и экономической

их целесообразности, утилизации солнечной энергии в сельскохозяйственном производстве. Понятие оптимальной модели плодородия будет меняться в зависимости от уровня интенсификации сельскохозяйственного производства. При достаточно высоком ее уровне все более явно проявляется закономерность связи величин оптимума одного или нескольких параметров плодородия со всей совокупностью свойств почв, с почвенными режимами и процессами, со степенью антропогенного воздействия и в целом с состоянием всей системы почва—растение—среда.

При разработке моделей плодородия почв необходимо использовать следующие основные принципы.

1. Принцип взаимосвязи свойств и режимов почв, концентрационных, магнитных, электрических, гравитационных и других полей в системе почва—растение—среда. Исходя из этого принципа, можно предположить, что динамика любого параметра системы вызывает изменение других параметров и их оптимума. Так, динамика окислительно-восстановительного состояния сопровождается изменением окисленности и подвижности ряда компонентов органической и минеральной части, концентрационного потенциала, миграционной способности, доступности элементов питания для растений и т. д. Причем изменение того или иного указанного выше поля приводит к изменениям, происходящим в растении и в окружающей среде. В соответствии с данным принципом модель плодородия не может быть одинаковой на разных почвах в одном регионе, на одной почве в разных регионах, на разных элементах рельефа, для разных растений и т. д.

Необходима взаимосвязь функ-

ционирующих систем почва—растение—среда. Согласно рассматриваемому принципу при разработке модели плодородия, по-видимому, нецелесообразно изучать мертвые объекты, нужно проводить анализ в естественном живом состоянии. О параметрах плодородия можно судить не только по состоянию компонентов в почве, среде, растениях, но и по градиентам полей между мезо- и микрозонами почв, почвой и корнем, корнем и стеблем, стеблем и листьями, твердой, жидкой и газообразной фазами, между отдельными горизонтами, экологическими нишами, почвой и атмосферой, почвой и грунтовыми водами и т. д.

2. Принцип временной и пространственной выраженности оптимумов. В соответствии с этим принципом плодородная почва может характеризоваться определенным кодом временного и пространственного изменения параметров. Так, например, существенно различаются содержание и состояние соединений элементов питания в почве и прикорневой зоне, на поверхности и внутри структурной отдельности, в течение года и вегетационного периода. При этом наличие в пределах участка экологических ниш, представленных другими почвами с иным временным и пространственным кодом, влияет и на развитие почв и оптимальных параметров всего массива. При оценке и оптимизации кода всех полей следует учитывать их напряженность, частоту, градиент между отдельными фазами и составными частями системы.

3. Принцип необходимости одновременной оптимизации составных частей системы почва—растение. Исходя из этого принципа, можно предположить, что изменение только одного компонента системы

без учета состояния других всегда менее эффективно. Следует проводить строгий расчет взаимодействия удобрений и мелиорантов с почвой, их внесения для получения заданного фона, гарантирующего планируемый урожай и расчет всех процессов, протекающих в системе почва—растение при антропогенном воздействии.

4. Принцип соответствия параметров свойств и режимов требованиям конкретных культур (или групп культур).

5. Принцип оценки модели плодородия с учетом режимов и процессов, протекающих в системе. Использование этого принципа позволяет предположить, что для развития культур необходимо определенное сочетание не только свойств почв, но и процессов, режимов почв, развивающихся во времени и в определенной степени в соответствии с законами саморазвития.

6. Принцип резонанса указывает на необходимость совпадения во времени потребности растений в элементах питания, их соотношении, градиенте полей в системе почва—растение—среда с изменением величин этих параметров в живой системе почва—среда. При этом выясняется, что определенные требования свойственны не только разным видам, но даже в большей степени разным сортам (экстенсивного и интенсивного типа). Отсутствие рассматриваемого резонанса даже в одну из фаз развития растений и даже по одному параметру в значительной степени снижает урожай. Важное значение для растений имеют оценка потребности и наличия напряженности, частоты, периодичности воздействия различных полей, в том числе и концентрационных; временная последовательность воздействия. Для почвы при использовании данного

принципа важно определение гистерезиса, саморазвития почвы, градиента полей между горизонтами и микрizonaми, сезонной динамики; для среды — динамики радиационного режима, температуры, влажности, давления, кода электрических и магнитных полей.

7. Принцип относительности оптимума системы и отдельных параметров свойств почв предполагает изменение первого показателя в зависимости от климатических условий (например, соотношения N:P:K в северных и южных районах, содержания подвижных фосфатов, азота при достаточно высоких и низких температурах), сочетания других свойств почв, уровня интенсификации производства, степени антропогенного загрязнения. Так, оптимальное содержание подвижных фосфатов зависит от pH среды, степени гидроморфности, гумусированности, гранулометрического состава почвы. Предельно допустимая концентрация токсикантов в почве также зависит от pH, Eh, содержания и состава гумуса, сорбционных свойств почв и т. д. В свою очередь, оптимум pH может определяться необходимостью осаждения, например, токсиканта Pb, оптимум содержания подвижного железа — необходимостью осаждения H_2S , но в то же время лимитироваться пределом осаждения $H_2PO_4^-$. При более экстенсивном ведении сельскохозяйственного производства возрастает роль оптимума pH и содержания N, P, K. При более интенсивном ведении хозяйства, когда осуществляется необходимая химизация производства, важное значение имеет оптимизация водно-физических свойств почв, причем сами величины оптимумов также меняются, как, например, в богарных и орошаемых условиях. Данный принцип обуслов-

ливают ограниченность оптимумов в зависимости от фактора, лимитирующего состояние системы почва—растение—среда. Урожай сельскохозяйственных культур определяется многими факторами, и если он ограничен фотосинтетической активностью солнечной радиации, запасами доступной влаги, биологическими возможностями сорта, практически неизменяемыми свойствами почвы, то планировать, в частности, внесение удобрений для получения прибавки урожая, которая лимитируется указанными причинами, нецелесообразно. От этого зависит и предел оптимумов плодородия почв для данного региона и существующего уровня интенсификации производства.

8. Принцип саморегулирования системы предполагает адекватность ее отклика на внешнее воздействие, наличие саморазвития и саморегулирования системы и ее ответных реакций, многовариантности отклика и путей регулирования. Например, для повышения урожая риса часто используют приемы, направленные на снижение концентрации подвижного алюминия в почвенном растворе (известкование, внесение фосфоритной муки, зеленых удобрений, органических компонентов), которые не влияют непосредственно на подвижность N, P и K, однако изменение концентрации Al в растворе приводит к улучшению азотного, фосфорного и калийного режимов, а также повышению доступности Cu, Ni и Zn.

9. Принцип экологической безопасности модели плодородия. Свойства почв и модель плодородия должны не только способствовать получению планируемого урожая, но и гарантировать экологическую безопасность почв, вод, сельскохозяйственной продукции. При разработке моделей плодородия

почв в соответствии с принципом экологической безопасности и целесообразности следует учитывать экологию растений, условия равновесия почв со средой и растениями, емкость и буферность системы и пределы возможных воздействий.

У различных растений определенных сортов и в конкретные фазы требования к условиям роста и развития неодинаковы. В связи с этим меняются и оптимальные свойства почв, модель плодородия. В обобщенном виде в течение вегетации конкретные растения характеризуются определенным накоплением внутренней энергии и негэнтропии, и по условиям равновесия это должно быть сбалансировано с накоплением энергии и энтропии в почве. Очевидно, необходимость соблюдения подобных балансов определяет и соотношение корневой и надземной частей, биохимический состав растений.

Экологическое равновесие обуславливает значительную буферную емкость системы, в том числе и системы почва, что зависит от многообразия растений в почвенном покрове и экологических ниш в почве для отдельных групп микроорганизмов (что во многом связано с развитием в прикорневой зоне растений определенного пула микроорганизмов), изменения свойств почв в пространстве (различие свойств почв в мезо- и микрозонах, элементах структуры почвенного покрова).

Каждая система характеризуется определенной буферной емкостью. Если дозы удобрений и мелиорантов превышают буферную емкость, то экологическое равновесие нарушается — происходят неблагоприятные изменения свойств почв, качества вод и состава приземного слоя воздуха. Природным объектам

свойственно стремление к равновесию со средой. Изменение плодородия почв, свойств почв в сторону нарушения равновесия неизбежно приводит к ответной реакции, тормозящей равновесие.

В то же время для каждой системы характерен определенный интервал свойств (параметров). Любое воздействие в их пределах вызывает линейную адекватную реакцию. Это относится и к дозам удобрений, изменению влажности, физических свойств и т. д. Воздействие за пределами того или иного интервала приводит к экстремальным ответным реакциям. При более низких уровнях параметров системы, не соответствующих экологическому равновесию, эти воздействия вызывают резкие положительные изменения свойств почв, биопродуктивности, например при изменении величины pH от сильно кислой до близкой к нейтральной, соответствующей экологическому равновесию в данном регионе и для данной культуры. При более высоких уровнях параметров системы (выше экологического обоснованных) наблюдается токсикация системы.

Таким образом, принцип необходимости сохранения экологического равновесия системы почва—растение—окружающая среда определяет следующие особенности использования почв и сохранения их плодородия.

Требуется равновесие процессов накопления энтропии и негэнтропии с преобладанием последних. В конкретном проявлении это соответствует некоторому преобладанию процессов синтеза органического вещества над процессами его распада, процессов коагуляции над процессами диспергирования, формирования более сложных энергоемких продуктов (органо-минераль-

ных комплексов, вторичных алюмосиликатов), увеличению емкости, информативности, буферной емкости почв на различном уровне организации (молекулярном, микро- и макроуровне и др.), на уровне структур почвенного покрова. С практической точки зрения это свидетельствует о необходимости создания в высокоплодородной почве микроочагов с разными свойствами (например, внутри и на поверхности структурных отдельных частей), об отсутствии полной гомогенности профиля в горизонтальном и вертикальном направлении, во временном цикле.

Условие равновесия и емкость систем определяют пределы оптимумов свойств почв, доз удобрений и мелиорантов, интенсивности воздействия, урожайности. Превышение емкости систем по дозе удобрений, мелиорантов и интенсивности агротехнических воздействий приводит к уменьшению плодородия почв, ухудшению качества и менее эффективному использованию сельскохозяйственной продукции и в конечном итоге к экономическим потерям, несмотря на более высокую урожайность в первые годы. Равновесие с экологической средой обуславливает предел аккумуляции энергии почвой и отчуждения ее с урожаем. Увеличение доли отчуждения энергии с урожаем приводит к истощению и деградации почвы. Если уровень этого процесса экстремальный, то затраты на воспроизводство плодородия многократно превышают доходы, получаемые от прибавки урожая. Речь должна идти о балансе не только N, P, K и даже Ca, Mg, но и энергии, соотношения накопления энтропии и негэнтропии.

Рассматриваемый принцип определяет ряд особенностей оценки плодородия почвы и рациональные

пути создания плодородия.

Если мы хотим сохранить изменение свойств почв в результате деятельности человека, то необходимо повторное и периодическое аналогичное воздействие (например, повторное известкование для оптимизации рН).

При изменении свойств почв по отношению к экологическому равновесию возникает ответная противоположно направленная реакция экологической системы, в том числе ответная реакция почвы как живого тела, обладающего саморазвитием. По окончании воздействия ответная реакция может сдвинуть равновесие в противоположную сторону, и только с течением времени экологическое равновесие восстанавливается.

Ставится вопрос, что экстремальные дозы удобрений не только экологически опасны, но, если учитывать затраты на воспроизводство плодородия и менее эффективное использование продукции, и экономически невыгодны. Высокие урожаи сельскохозяйственных культур, обусловленные передовыми технологиями, увеличением коэффициента полезного действия солнечной энергии, также невыгодны, если их получение не будет связано с проведением мероприятий по оптимизации процессов накопления энтропии и негэнтропии (оструктурирование, внесение органического вещества).

Устойчивость и буферность экологической системы в значительной степени определяются разнообразием ее компонентов, их требований к условиям среды и ответных реакций на изменение условий. Это обуславливает необходимость разнообразия биосистем в ландшафте и набора выращиваемых культур, соответствующего ландшафту и почвенным условиям,

наличия севооборота, целесообразность выращивания на поле смеси культур (например, трав с разными требованиями и разной устойчивостью к климатическим условиям). Любое нарушение экологического равновесия приводит к увеличению энтропии системы, появлению экстремальной энтропии и убыточно экономически.

10. Принцип энергетического решения задач оптимизации взаимосвязей в системе почва—растение—среда. В соответствии с этим принципом модель плодородия для конкретных условий будет включать те сочетания свойств и режимов почвы, которые в данных условиях максимально энергетически выгодны. Наиболее плодородной почвой считается та, где растения затрачивают меньше энергии на потребление элементов питания, воды и пр. и больше энергии солнечного света могут аккумулировать в урожае [10]. Причем все затраты на рост и развитие растений (в том числе доступность элементов питания и воды) оцениваются в калориях или джоулях. При развитии этого принципа предполагается, что все элементы питания в конечном итоге являются только необходимым условием для аккумуляции энергии растением. Процессы окультуривания, миграции, поступления элементов питания в растения оцениваются с энергетических позиций.

11. Принцип экономической целесообразности модели почвенного плодородия определяет возможность изменения его параметров в зависимости от вложения капитала и эффективного использования создаваемого уровня плодородия. Например, на данном уровне интенсификации производства вряд ли выгодно повышение гумусированности дерново-подзолистых почв до 6 %, целесообразно увеличить

содержание гумуса в слое 0—30 см до 2,5 %, а не в слое 0—20 см до 3 % в связи с более высокой минерализацией дополнительно создаваемого гумуса. Создание высокоплодородной почвы должно сопровождаться использованием самых прогрессивных технологий и сортов сельскохозяйственных культур интенсивного типа. Орошение следует сочетать с созданием плодородной почвы, применением удобрений и т. д.

12. Принцип необходимости достижения максимального коэффициента полезного действия систем земледелия и использования солнечного света обуславливает особенности применяемых систем земледелия. Согласно этому принципу учитываются целесообразность выращивания отдельных культур на определенных почвах, наиболее эффективные чередование культур, способы их посева и обработки и т. д.

Сотрудниками кафедры почвоведения Тимирязевской академии достигнуты определенные успехи в разработке теоретических основ и обосновании параметров плодородия почв, моделей плодородия. Получили дальнейшее развитие и экспериментальное подтверждение идеи В. Р. Вильямса [1] и Д. Н. Прянишникова [9] об оптимальных параметрах плодородия. А. Д. Фокин [17] указывает, что многочисленные процессы, происходящие в почве (как и в биосфере в целом) на всех уровнях ее структуры, определенным образом организованы в пространстве и во времени, благодаря чему поддерживается относительная стабильность систем. Неоднородность почв на различных структурных уровнях в какой-то мере является следствием пространственной локализации почвенных процессов,

протекающих в течение всего периода формирования и функционирования данной почвы в конкретном биогеоценозе. В свою очередь, сложившееся структурное состояние почвы оказывает регулирующее влияние на современные почвенные процессы. С. П. Ярковым, И. С. Кауричевым, Н. П. Пановым, Н. Н. Поддубным проведены фундаментальные исследования равновесия почв с внешней средой, динамики почвенных режимов и процессов. Эти вопросы рассмотрены А. Д. Кашанским, Н. П. Пановым на мезо- и микроуровне, а В. Ф. Непомилуевым — на уровне экологических ниш микроорганизмов. Показаны многопричинность и особенности проявления процесса подзолообразования, солонцового процесса, образования каштановых почв [5, 7, 8]. И. С. Кауричевым, Н. П. Пановым, Е. М. Ноздруновой и другими учеными проведены длительные исследования взаимосвязи свойств почв и параметров внешней среды. Теоретической новизной отличаются исследования состава и свойств комплексных органо-минеральных соединений почв [4]. А. Д. Фокин и А. И. Карпукhin указывают на возможность поступления их в растения [6, 16] в качестве источников элементов питания и энергии. Новым направлением являются анализ системы почва—растение на основе ответной реакции растений [3, 11] и использование биологически активных соединений для оптимизации этой системы [3]. Принцип относительности оптимальных свойств почв подтверждается в работах И. П. Гречина, Н. Ф. Ганжары, М. В. Стратанович, Н. П. Панова, Н. Н. Игнатьева, В. Д. Наумова, Л. М. Наумовой. Так, М. В. Стратанович [13] установлено, что минимальная порозность аэрации перегнойно-торфяных почв, при которой

обеспечиваются хорошие условия газообмена, при температуре почвы выше 15 °С составляет 35 %, 10—15 °С — около 30 и ниже 10 °С — 20 % к объему почвы. Минимальная порозность аэрации тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почв, при которой наблюдаются хорошие условия газообмена, когда содержание углекислого газа в почвенном воздухе полуметрового слоя не превышает 2—3 %, при температуре почвы свыше 15 °С равняется 20 %, 10—15 °С — 15, при температуре ниже 10 °С — 10 % к объему почвы [14]. Для тепличных условий пористость аэрации ниже 25 % к объему почвы не обеспечивает нормальной аэрации почв [15]. Н. Ф. Ганжара [2] отмечает связь накопления гумуса в почве (уровней стабилизации) с возможностью его прочного закрепления: чем больше накапливается гумуса в почве, тем больше его непрочно закрепляемого и минерализуемого. Чем благоприятнее условия для прочного закрепления гумуса, тем выше уровни стабилизации. Последние зависят от количества поступающих в почву источников гумуса, гранулометрического состава почвы, ППК и др.

Относительность оптимума параметров плодородия, зависящая от внешних факторов, потребностей растений, сочетания всех свойств почв, уровня интенсификации производства, объективно существует и должна учитываться при расчете процессов в системе почва — растение, выборе мероприятий для получения планируемой урожайности [12]. Принципиальная схема поиска оптимума на основе принципа относительности может быть представлена в следующем виде.

I. Оценка величины оптимума по влиянию на следующие компоненты системы: 1) рост и раз-

витие растений; 2) твердая, жидкая, газообразная фазы почвы; 3) порода, воздушная и водная среда. Она должна быть детализированной. Например, при оценке влияния на твердую фазу почв следует выделять влияние на агрохимические, физико-химические, водно-физические, физико-механические свойства, ферментативную и микробиологическую активность, энергетику процессов и т. д.

II. Оценка статической величины оптимума с учетом взаимосвязей в системе проводится по характеристике состояния соединений ионов по факторам емкости, интенсивности, кинетики, мобильности, гистерезиса, буферным свойствам, уровням стабилизации, возобновляющей способности, соотношению ионов, градиенту между компонентами и фазами системы. По каждому из указанных параметров выделяются оптимальная величина с учетом других свойств системы; верхний и нижний пределы оптимума во всей системе и в микроронах.

III. Динамическая величина оптимума с учетом взаимосвязей в системе оценивается, исходя из взаимодействия всех полей, существующих в системе почва — растение — среда (концентрационных, электрических, магнитных, тепловых, гравитационных и т. д.) в сезонной динамике, почвенных режимов и потребностей растений по фазам развития.

IV. Общая схема оптимизации определенного параметра почвы реализуется при следующем последовательном приближении к истинной величине оптимума: оценка усредненного оптимума показателя по литературным данным; уточнение оптимума с учетом потребностей культуры и сорта; с учетом состояния данного параметра в почве

(например, содержания подвижных форм элемента); ограничения оптимума с учетом экологической безопасности по влиянию на растения, почву, среду (оценка возможности иного оптимума при экстремальном состоянии отдельных компонентов системы).

V. Общая схема оптимизации определенного показателя в системе почва — растение соответствует последовательному решению следующих задач: оценка фактора, лимитирующего рост и развитие растений с использованием обратной связи; разработка путей оптимизации этого показателя в почве; внесение компонентов, непосредственно изменяющих данный показатель за счет других свойств почв, потребности растений; ограничение воздействия с учетом влияния на биохимический состав растений, совокупность свойств почв, экологическую обстановку; ограничения, обусловленные экономическими возможностями; поиск экстремума при изменении известных показателей системы в динамике.

Диалектическая трактовка оптимальных параметров свойств почв, их регулирование с учетом почвенных режимов и динамики потребности растений открывают новые возможности повышения урожайности сельскохозяйственных культур при экологической безопасности систем земледелия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильямс В. Р. Общее земледелие с основами почвоведения.— М.: Новый агроном, 1931.— 2. Ганжара Н. Ф. Факторы, обуславливающие уровни относительной стабилизации содержания, запасов и состава гумуса в почвах.— В сб.: Органическое вещество и плодородие почв. М.: ТСХА, 1983, с. 17—24.— 3. Игнатьев Н. Н. Погло-

щение кислорода системой почва — растение и разработка новых способов повышения урожая.— Автореф. докт. дис. М.: ТСХА, 1989.— 4. Кауричев И. С., Карпухин А. И., Степанова Л. П. Изучение состава и устойчивости водорастворимых железо-органических комплексов.— Почвоведение, 1979, № 2, с. 39—52.— 5. Кауричев И. С., Орлов Д. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв.— М.: Колос, 1982.— 6. Мишина И. Ю., Фокин А. Д. Растворимые остатки как фактор плодородия дерново-подзолистых почв.— В сб.: Современные процессы почвообразования и их регулирование в условиях интенсивных систем земледелия. М.: ТСХА, 1985.— 7. Панов Н. П., Гончарова Н. А., Оконский А. И. Содержание и состав водорастворимых соединений кремния в целинных и мелиорированных солончаках Поволжья.— В сб.: Актуальные вопросы агрономического почвоведения. М.: ТСХА, 1988, с. 94—102.— 8. Панов Н. П., Гончарова Н. А.

К вопросу о факторах, определяющих неблагоприятные свойства малонариевых солонцов.— Сб. науч. тр. солонцов Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева: Мелиорация солонцов. М., 1972, ч. 1, с. 56—66.— 9. Прянишников Д. Н. Об удобрении полей и севооборотах.— Избр. статьи. М.: Мин. сельск. хоз-ва РСФСР, 1962.— 10. Савич В. И. Термодинамика трансформации соединений ионов в почве.— В кн.: Термодинамические методы химической характеристики почв. Итоги науки и техники. Почвоведение и агрохимия, т. 6. М.: ВИНТИ, 1986, с. 7—86.— 11. Савич В. И. Расчеты равновесий при взаимодействии удобрений и мелиорантов с почвой.— М.: ТСХА, 1987.— 12. Савич В. И., Наумова Л. М., Муради Н. М., Трубицина Е. В. Скрытое отрицательное действие удобрений и мелиорантов.— Земледелие, 1988, № 10, с. 24—26.— 13. Стратанович М. В., Панов Е. П. Содержание углекислого газа в почвенном воздухе перегнойно-торфяных почв в зависимости от их порозности аэрации.— Докл. ТСХА, 1969, вып. 154, с. 29—32.—

14. Стратанович М. В. К оценке порозности аэрации дерново-подзолистой почвы.— Там же, с. 35—39.—

15. Стратанович М. В., Муравичка И. И. Состав почвенного воздуха и условия аэрации в тепличных почвах.— Докл. ТСХА, 1972, вып. 183, с. 79—83.— 16. Фокин А. Д. Иссле-

дование процессов трансформации, взаимодействия и переноса органических веществ, железа и фосфора в подзолистой почве.— Автореф. докт. дис., МГУ. 1975.— 17. Фокин А. Д. Почва, биосфера и жизнь на Земле.— М.: Наука, 1986.

Статья поступила 3 марта 1990 г.

SUMMARY

Relativity of optima of soil characteristics are proved, as they depend on combination of soil factors, environmental conditions and requirements of plants in nutrient elements. The main principles of developing optimum parameters of soil characteristics are presented.