

УДК 631.41 : 631.81 : 634.11

**ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЯБЛОНИ
ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ
ПРИ ФЕРТИГАЦИИ
С УЧЕТОМ ГЕТЕРОГЕННОСТИ
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

Фоменко Тарас Григорьевич
канд. с.-х. наук, зав. лабораторией
агрохимии и мелиорации
e-mail: sad-fertigation@mail.ru

Попова Валентина Петровна*,
д-р с.-х. наук, доцент,
зав. лабораторией
экологии почв
e-mail: plod@bk.ru

*Федеральное Государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо Кавказский зональный
научно-исследовательский институт
садоводства и виноградарства»,
Краснодар, Россия*

Выявление различий почвенного плодородия садовых ценозов является основным критерием, определяющим эффективность дифференцированного внесения удобрений. Элементы прецизионных систем применения минеральных удобрений при капельном орошении в плодовых насаждениях с учетом гетерогенности показателей почвенного плодородия изучены недостаточно. Цель исследований – установить закономерности изменения уровней обеспеченности растений яблони доступными элементами питания в зоне локализации минеральных удобрений при малообъемном орошении с учетом гетерогенности почвенного покрова. Исследования проводили в условиях неустойчивого увлажнения Краснодарского края в промышленных насаждениях яблони сортов зимнего срока созревания на подвое М9, возделываемых по интенсивным технологиям.

UDC 631.41 : 631.81 : 634.11

**ENSURING OF APPLE-TREE
WITH NUTRIENT ELEMENTS
USING FERTIGATION TAKING
INTO ACCOUNT THE DIFFERENCE
OF SOIL INDEXIES**

Fomenko Taras
Cand. Agr. Sci., Head of Laboratory
of Agric-chemistry and Melioration
e-mail: sad-fertigation@mail.ru

Popova Valentina
Dr. Sci. Agr., Docent,
Head of Laboratory
of Soil Ecology
e-mail: plod@bk.ru

*Federal State Budgetary
Scientific Institution
«North Caucasian
Regional Research Institute
of Horticulture and Viticulture»,
Krasnodar, Russia*

Detection of distinctions of soil fertility of garden cenoses is the main criterion defining the efficiency of the differentiated application of fertilizers. The elements of precision use systems of mineral fertilizers at drop irrigation in the fruit plantings taking into account the difference of soil fertility indicators are studied insufficiently. The purpose of research is to determine the consistent patterns of change of providing levels of an apple-tree with available elements of food in a zone of localization of mineral fertilizers at small-volume irrigation taking into account the difference of soil cover. The research are carried out under the conditions of unstable moistening of Krasnodar Region in the industrial plantings of apple-tree of the varieties of winter term maturing on M9 rootstock cultivated using the intensive technologies. As a result

* Руководитель комплексной темы

В результате почвенно-агрохимического исследования установлено значительное изменение параметров почвенного плодородия в зависимости от зоны отбора почвенных проб. В местах локального внесения удобрений установлено увеличение содержания нитратного азота в среднем на 19,3 мг/кг, аммиачного азота – на 4,74 мг/кг и обменного калия на – 92,5 мг/кг в слое почвы 0–30 см. Фертигация оказала значительное влияние на вариабельность свойств почвы, отмечено усиление микроизменчивости параметров агрофизического и агрохимического состояния почв. Показано, что внесение при фертигации даже относительно небольших доз минеральных удобрений на элементарных участках с повышенной обеспеченностью питательными веществами не приводит к повышению содержания элементов питания в почве. Следует вывод, что в садовых ценозах, возделываемых по интенсивным технологиям, необходима разработка комплекса агротехнических приемов применения дифференцированных доз минеральных удобрений, сочетающих внутрипочвенное внесение, фертигацию и некорневые подкормки плодовых растений.

Ключевые слова: ПЛОДОВЫЕ НАСАЖДЕНИЯ, ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ПОЧВ, ЛОКАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ, АГРОГЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЧВ, АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

of a soil- agric-chemical research the considerable change of soil fertility parameters depending on a zone of selection of soil samples is established. In the places of local application of fertilizers the content of nitrate nitrogen increases in 19,3 mg/kg on average, ammoniac nitrogen – on 4,74 mg/kg and exchange potassium – on 92,5 mg/kg in a soil layer of 0–30 cm. The fertigation has exerted the considerable impact on variability of soil properties; the strengthening of micro variability of soil parameters of agric-physical and agric-chemical conditions of soils is noted. It is shown that introduction when fertigation even rather small doses of mineral fertilizers on elementary sites of the increased provide with nutrients does not lead to increase in maintenance of food elements in the soil. A conclusion is made that in the garden cenoses cultivated by intensive technologies it is necessary to develop a complex of agric-technical methods of application of the differentiated doses of the mineral fertilizers combining an intra soil introduction, a fertigation and not root top dressing of fruit plants.

Key words: FRUIT ORCHARDS, SPATIAL DIFFERENCE OF SOILS, LOCAL APPLICATION OF FERTILIZERS, AGRIC GENE DIFFERENTIATION OF SOIL, AGRIC-CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL

Введение. В садовых ценозах для создания оптимального водного и пищевого режимов применяют локальные способы внесения минеральных удобрений и малообъемного орошения, которые способствуют образованию в зоне активно-поглощающей части корневой системы плодовых растений повышенной концентрации элементов питания и локальному увлажнению почвы [1]. Повышенное содержание питательных веществ в зоне

локализации удобрений сохраняется длительное время и, как правило, не ограничивается одним вегетационным периодом [2].

Многолетнее локальное применение удобрений при капельном орошении плодовых насаждений приводит к формированию очагов повышенной концентрации питательных веществ [3, 4, 5], неравномерному распределению почвенной влаги [6, 7], изменению солевого режима почвы в местах локализации поливной воды [8, 9] и микробиологической активности почвы [10], неравномерному распределению корневой системы плодовых деревьев в зоне пристволенной полосы [11]. Агрогенная дифференциация свойств почв в зоне размещения корней плодовых деревьев оказывала большее влияние на изменчивость почвенного плодородия, нежели влияние естественно-генетических факторов [12].

В результате исследований установлено, что локальное применение минеральных удобрений и малообъемного увлажнения оказывает существенное влияние на изменение параметров почвенного плодородия садовых ценозов. Многолетнее локальное применение удобрений и малообъемного орошения приводит к высокой вариабельности параметров почвенного плодородия садовых ценозов. Однако определить достоверно степень неоднородности почвенного покрова в плодовых насаждениях затруднительно, в этих условиях нелегко выбрать место отбора представительной пробы почвы для получения объективных данных обеспеченности плодовых растений элементами питания. Современные общепринятые методики агрохимического обследования почв садовых ценозов [13, 14, 15] не позволяют объективно оценить степень изменчивости параметров почвенного плодородия плодовых насаждений при локальном применении удобрений и определить необходимость регулирования питательного режима плодовых растений. Отмечено снижение содержания подвижного фосфора в почве в местах локализации поливной воды в среднем на 40,2 мг/кг. Содержание гумуса снизилось на 0,39 %.

Установление особенностей пестроты почвенного плодородия садовых ценозов является основным критерием, определяющим необходимость и эффективность дифференцированного внесения удобрений [16]. Внедрение в производственных условиях элементов точного земледелия позволяет на высокотехнологичном производственном уровне вести эффективную пространственно-временную организацию агроэкосистем [17, 18]. Однако еще недостаточно изучены элементы прецизионных систем применения минеральных удобрений при капельном орошении в плодовых насаждениях с учетом гетерогенности показателей почвенного плодородия садовых ценозов. Цель наших исследований – установить закономерности изменения уровней обеспеченности растений яблони доступными элементами питания в зоне локализации минеральных удобрений при малообъемном орошении с учетом гетерогенности почвенного покрова садового ценоза.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в границах типичного зонального агроландшафта садового ценоза в условиях неустойчивого увлажнения Краснодарского края. Почвенный покров представлен черноземами выщелоченными сверхмощными слабогумусными легкоглинистыми на лессовидных глинах. Опыт был заложен в ЗАО ОПХ "Центральное" в промышленных насаждениях яблони сортов зимнего срока созревания на слаборослом подвое М9, возделываемых по интенсивным технологиям. Деревья высажены весной 2009 г. со схемой размещения 4,5 х 1,2 м, площадь участка – 2,6 га.

Этап I. Выявление закономерностей пространственной неоднородности агрохимических и физико-химических свойств почвы в садовом ценозе. На протяжении вегетационного периода осуществляли дробное внесение минеральных удобрений в растворенном виде через систему капельного орошения. Однократная их доза при фертигации составляла N_4K_8 . Проведено 5-кратное внесение удобрений с поливной водой, которое чере-

довали с капельными поливами. Норма внесения удобрений при фертигации плодовых насаждений яблони за вегетационный период – $N_{20}K_{40}$.

В ходе исследований осуществляли геореференсированное прецизионное почвенно-агрохимическое исследование почв садового ценоза. Почвенные образцы отбирали по регулярной сетке: 27х30 м на всей территории сада. Конфигурация элементарных участков для отбора средней пробы почвы (трансекты) зависела от схемы размещения деревьев, то есть их размер был равен, с одной стороны, ширине междурядий – 27 м (6 рядов деревьев), с другой – расстоянию между плодовыми деревьями, равному 30 м (25 деревьев). Было выделено 32 элементарных участка, один смешанный почвенный образец состоял из 24 индивидуальных проб. Почвенные пробы отбирали в слое 0-30 см отдельно как в местах локального внесения минеральных удобрений при капельных поливах, так и за пределами очага концентрации питательных веществ.

Этап II. Влияние гетерогенности почвенного покрова садового ценоза на изменение параметров почвы в зоне локального внесения минеральных удобрений и водных мелиораций.

По результатам изучения пространственной неоднородности почв садового агроландшафта было выделено два элементарных участка, характеризующихся различной обеспеченностью питательными веществами: участок № 1 – параметры почвы садового ценоза близкие к среднему арифметическому содержанию элементов питания ($X_{\text{средн}}$); участок № 2 – параметры почвы близкие к наибольшим значениям содержания элементов питания (X_{max}). На участках проводилось внесение различных норм применения минеральных удобрений: фертигация нормой $N_{30}P_4K_{20}$; фертигация нормой $N_{45}P_6K_{30}$; фертигация нормой $N_{60}P_8K_{40}$. Удобрения при фертигации вносили в растворенном виде через систему капельного орошения, равными частями на протяжении вегетационного периода. Использовали хорошо

растворимые формы удобрений – аммиачную селитру (N-34,6), сульфат калия (K_2O -51), нитрофоску солуб (N-8 P_2O_5 -12 K_2O -24). Расчет нормы внесения удобрений был основан на принципе возмещения выноса питательных веществ под планируемый урожай яблони с учетом обеспеченности почвы элементами питания [19].

Капельные поливы проводили на протяжении вегетационного периода при засушливых условиях каждые 3-5 дней с нормой 25-28 м³/га. Оросительная норма составила 280 м³/га. Поливы назначали по результатам оценки запаса влаги в корнеобитаемом слое почвы на расстоянии 20-25 см от места падения капли при достижении предполивной влажности, соответствующей 60 % НВ (наименьшей влагоёмкости). Оптимальную влажность почвы поддерживали на уровне 80 % НВ в пределах контуров увлажнения.

Расчет поливной нормы проводили общепринятым методом, основанном на доведении влажности почвы до оптимального значения в увлажняемом объеме. Расстояние между капельницами на поливoproводе было 70 см, расход воды через одну капельницу составлял 1,6 л/час.

Отборы почвенных образцов проводили по слоям 0-10, 10-30, 30-50, 50-70, 70-90 см в местах падения капель поливной воды и через каждые 10 см по направлению к центру междурядья. Образцы почвы отбирали с помощью малогабаритного почвенного бура С.Ф. Неговелова (1960). Сопоставление параметров почв из различных зон удобренности позволило определить изменение обеспеченности чернозема выщелоченного питательными веществами.

В процессе выполнения исследований проводили лабораторно-аналитические анализы почвенных образцов на определение минеральных форм азота, подвижных форм фосфора и обменного калия, реакции почвенной среды, общего гумуса, состава поглощенных оснований Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ по общепринятым методам (ГОСТам).

Анализ полученных экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программах StatSoft STATISTICA 8.0 и Microsoft Office Excel 2003 согласно «Методике полевого опыта» [20]. Построение 2D-диаграмм пространственной неоднородности агрохимических свойств почвы садового ценоза проводили с использованием программного обеспечения Surfer 8 согласно учебно-методическому пособию [21].

Обсуждение результатов. В результате прецизионного почвенно-агрохимического исследования садового ценоза установлено значительное изменение параметров почвенного плодородия в зависимости от зоны отбора почвенных проб. В садовом ценозе в местах локального внесения удобрений установлено увеличение содержания нитратного азота в среднем на 19,3 мг/кг, аммиачного азота на 4,74 мг/кг и обменного калия на 92,5 мг/кг в слое почвы 0-30 см по сравнению с почвой за пределами очага внесения удобрений. Отмечено снижение содержания подвижного фосфора в почве в местах локализации поливной воды в среднем на 40,2 мг/кг. Содержание гумуса снизилось на 0,39 %, что может быть обусловлено миграцией его лабильных форм с поливной водой по профилю почвы, а также более интенсивным разложением микроорганизмами в условиях оптимальной влажности увлажняемого объема почвы.

Наличие вредных щелочных солей в поливной воде обусловило подщелачивание почвы в точке падения капли раствора минеральных удобрений, показатели реакции почвенной среды увеличились в среднем на 5,0 %. Установлены изменения и в почвенно-поглощающем комплексе (ППК): в местах локализации поливной воды отмечено снижение количества обменного Ca^{2+} в среднем на 1,97 мг-экв./100 г, увеличение содержания обменного Na^{+} на 0,23 мг-экв./100 г и Mg^{2+} на 2,72 мг-экв./100 г по сравнению с исходными значениями.

При фертигации почва садового ценоза характеризовалась более высокими коэффициентами вариации по показателям нитратного азота ($V = 44,44 \%$), аммиачного азота ($V = 29,28 \%$), подвижного фосфора ($V = 23,13 \%$) и обменного кальция ($V = 8,03 \%$) по сравнению с параметрами почвы за пределами зоны локализации удобрений. Коэффициенты вариации показателей реакции почвенной среды, содержания гумуса и обменного кальция были меньше, что обусловлено достижением более однородного фона в зоне концентрации вносимых минеральных удобрений и поливной воды.

Построенные 2D-диаграммы пространственной неоднородности агрохимических свойств почвы садового ценоза наглядно показывают изменчивость параметров почвенного плодородия в зависимости от зоны отбора почвенных проб (рис. 1).

Фертигация плодовых насаждений оказала значительное влияние на вариабельность агрохимических свойств почвы садового ценоза и, как следствие, отмечено усиление микроизменчивости наиболее важных параметров агрофизического и агрохимического состояния почв садовых ценозов. В результате локальной агрогенной дифференциации свойств почв корневая система плодовых растений располагалась в зонах с различными параметрами почвенного плодородия: зона интенсивного агрогенного воздействия в местах локализации минеральных удобрений и малообъемного увлажнения почвы и зона слабого агрогенного воздействия.

В зоне локализации элементов питания, несмотря на одинаковые дозы применения удобрений ($N_{20}K_{40}$) и режим орошения сада, степень изменения параметров почвенного плодородия была различной.

Для более объективной оценки пищевого режима почвы садового ценоза и расчета дифференцированных доз применения удобрений в первую очередь необходимо понимание процесса распределения поливной воды и миграции элементов питания в корнеобитаемом слое почвенного горизонта.

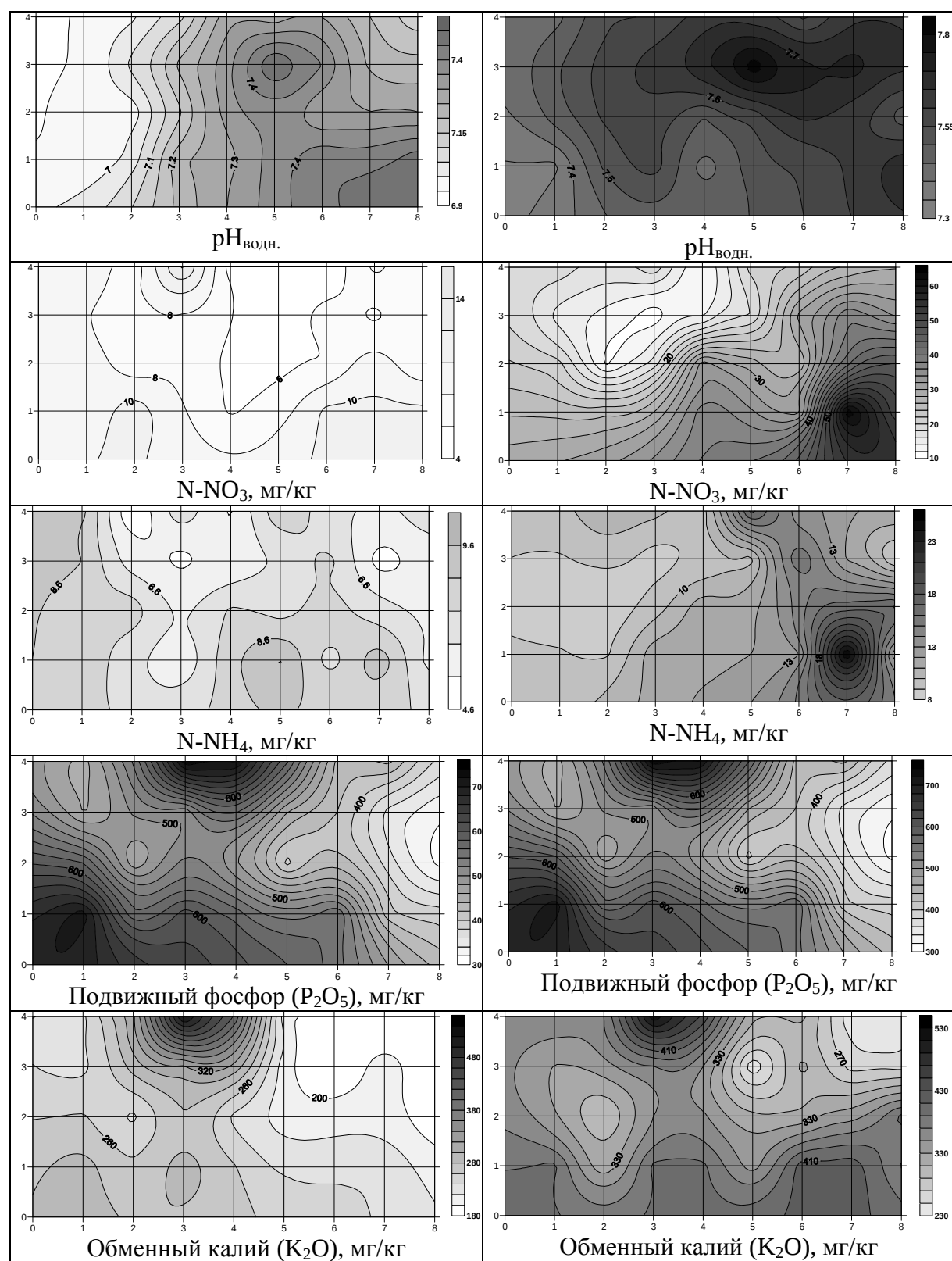


Рис. 1. 2D-диаграммы пространственной неоднородности агрохимических свойств почвы садового ценоза в зависимости от зоны отбора почвенных проб (слева – отбор почвенных проб за пределами зоны удобрения, справа – отбор почвенных проб в зоне локализации минеральных удобрений и увлажнения почвы)

Фертигация насаждений яблони приводит к формированию очагов повышенной концентрации элементов питания, и применяемые удобрения имеют сравнительно малый контакт с активной частью корневой системы плодовых растений.

Основная часть элементов питания концентрировалась в верхнем слое почвы 0-30 см и на расстоянии не более 20 см от точки падения капли раствора питательных веществ.

Гетерогенность почвенного покрова садового ценоза оказывает существенное влияние на изменение параметров дифференциации свойств почвы в зоне локального внесения минеральных удобрений и водных мелиораций. Отмечено, что на элементарном участке с показателями обеспеченности почвы элементами питания, близкими к средним арифметическим значениям, при увеличении норм внесения минеральных удобрений степень агрогенной дифференциации параметров почвы планомерно возрастала. Получается, что повышение нормы внесения минеральных удобрений проводило к увеличению концентрации питательных веществ в зоне локализации минеральных удобрений и увлажнения почвы (рис. 2).

При увеличении нормы внесения минеральных удобрений на элементарном участке с показателями обеспеченности почвы элементами питания близкими к максимальным значениям агрогенная дифференциация параметров почвы была менее выражена.

Наибольшие изменения свойств почвы отмечены по содержанию нитратного азота ($N-NO_3$), менее существенные изменения отмечены по содержанию аммиачного азота ($N-NH_4$) и обменного калия (K_2O), по содержанию подвижного фосфора наблюдалась обратная корреляционная зависимость. Получается, что локальное внесение минеральных удобрений при фертигации плодовых насаждений на участках с повышенной исходной обеспеченностью питательными веществами нерационально.

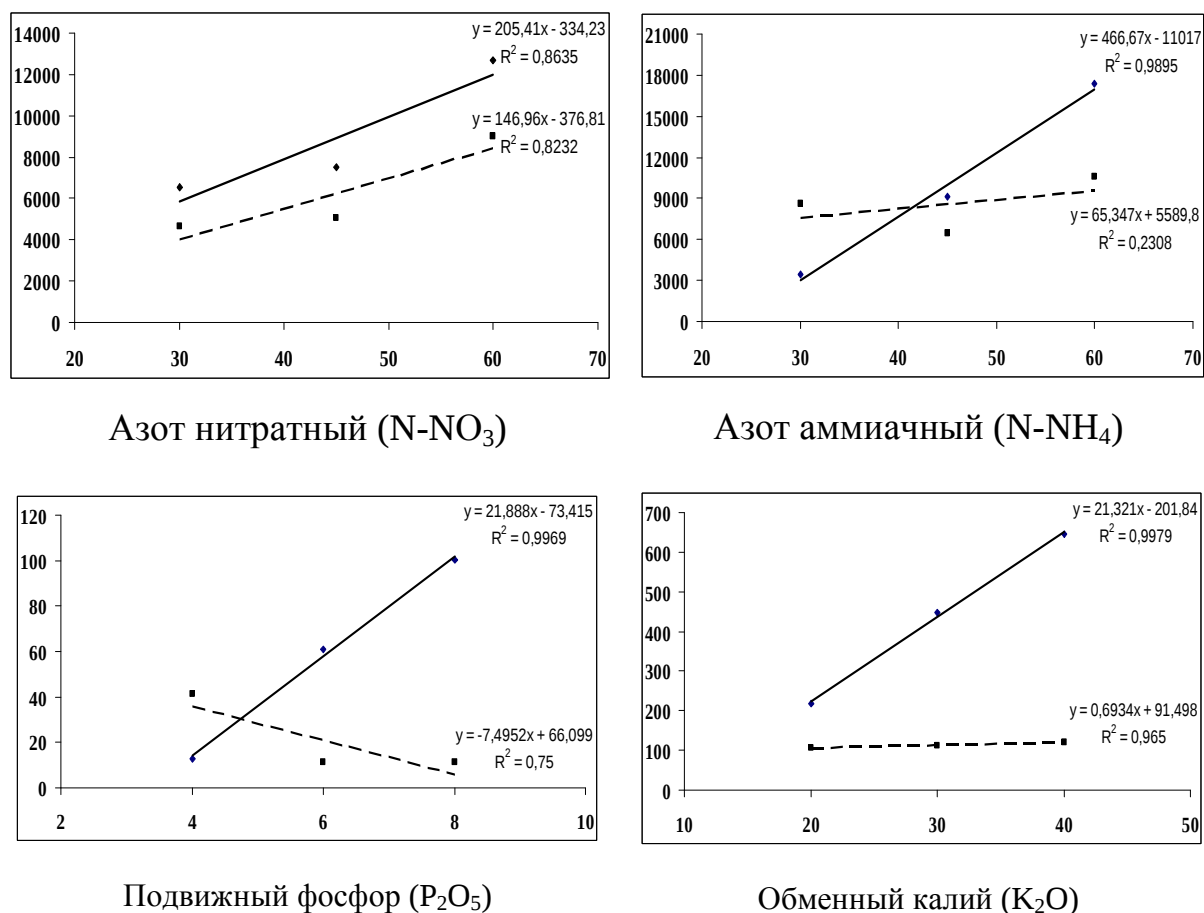


Рис. 2. Влияние гетерогенности почвенного покрова садового ценоза на степень агрогенной дифференциации параметров почвы в зоне локального внесения минеральных удобрений и водных мелиораций (слой 0-30 см)

(по горизонтали – дозы внесения удобрений, кг д.в., по вертикали – степень агрогенной дифференциации параметров почвы, %)

———— - элементарный участок с обеспеченностью почвы элементами питания близкими к средним арифметическим значениям;
 - - - - - элементарный участок с обеспеченностью почвы элементами питания близкими к максимальным значениям

Построенные диаграммы миграции элементов питания (на примере обменного калия) показывают изменчивость свойств чернозема выщелоченного при внесении различных норм минеральных удобрений на участках отличающихся по уровню обеспеченности почвы питательными веществами (рис. 3).

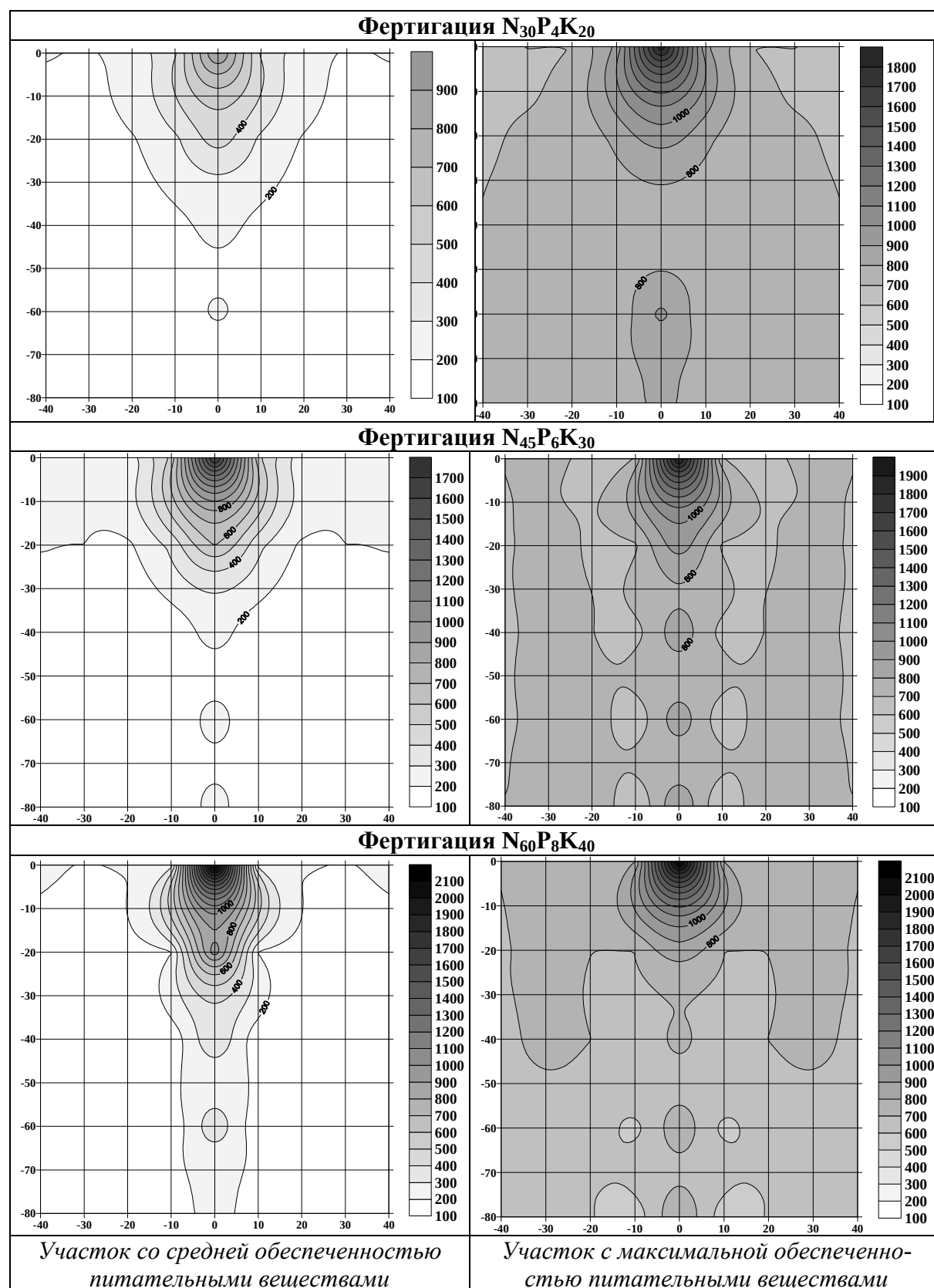


Рис. 3. Содержание обменного калия в зоне локализации минеральных удобрений в зависимости от гетерогенности почвенного покрова (по горизонтали – при удалении от точки падения капли в сторону междурядья, по вертикали – в глубину почвы)
 ■ 100-150 – уровень содержания элементов питания, мг/кг почвы.

Заключение. Гетерогенность почв садовых ценозов может обуславливать различную степень дифференциации свойств почвы в зоне локального внесения минеральных удобрений и водных мелиораций.

Внесение при фертигации даже относительно небольших доз минеральных удобрений на элементарных участках с повышенной обеспеченностью питательными веществами не приводит к планомерному повышению содержания элементов питания в почве.

Вероятнее всего определенная часть вносимых элементов питания переходит в труднодоступные для растений формы при внесении повышенных доз удобрений. Поэтому применение подходов точного земледелия в садовых ценозах в первую очередь должно быть направлено на рациональное использование удобрений и снижение нагрузки на окружающую среду в результате экономного их применения.

При расчете дифференцированных доз применения минеральных удобрений необходимо учитывать изменение абсолютных показателей агрохимических свойств почвы в зоне их локального внесения.

При проведении почвенно-агрохимического обследования почв садовых ценозов предложено оценивать пространственную неоднородность с учетом микроизменчивости, обусловленной агрогенной дифференциацией комплекса свойств почв в результате локального применения минеральных удобрений.

Предлагается введение дополнительного поправочного коэффициента, зависящего от изменения абсолютных показателей степени обеспеченности элементами питания в зоне локализации минеральных удобрений. Это позволит корректировать дозы внесения минеральных удобрений как с учетом уровня обеспеченности почвы элементами питания, так и с учетом степени удобренности почвы в зоне локализации минеральных удобрений.

В настоящее время в качестве основных факторов, ограничивающих внедрение элементов точного земледелия в садоводстве, является базовая

комплектация системы автоматизированного капельного орошения, имеющая единую оросительную сеть, что осложняет дифференцированное применение минеральных удобрений при фертигации плодовых насаждений. Поэтому в садовых ценозах, возделываемых по интенсивным технологиям, необходима разработка комплекса агротехнических приемов применения дифференцированных доз минеральных удобрений, сочетающих в себе основное внутрпочвенное внесение, фертигацию и некорневые подкормки плодовых растений.

Литература

1. Ионова, З.М. Основные достижения в применении капельного орошения / З.М. Ионова, С.И. Бойко. – Москва: ВНИИТЭИСХ, 1985. – 68 с.
2. Коробской, Н.Ф. Агроэкологические проблемы повышения плодородия черноземов Западного Предкавказья. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1995. – 211 с.
3. Neilsen, G.H. Response of apple to fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency / G.H. Neilsen, D. Neilsen, L.C. Herbert, E.J. Hogue // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2004. – Vol. 129 (1). – p. 26-31.
4. Ana Quiñones. Influence of irrigation system and fertilization management on seasonal distribution of N in the soil profile and on N-uptake by citrus trees / Ana Quiñones, Belén Martínez-Alcántara, Francisco Legaz // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2007. – Vol. 122. – p. 399-409.
5. Фоменко, Т.Г. Дифференциация свойств черноземных почв при локальных способах орошения и применения удобрений / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, А.И. Иванов // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2012. – № 4. – С. 8-13.
6. Lubana, P.P.S. Modelling Soil Water Dynamics under Trickle Emitters – a Review / P.P.S. Lubana, N.K. Narda // *Journal of Agricultural Engineering Research*. – 2001. – Vol. 78, № 3 – p. 217-232.
7. Дубенок, Н.Н. Особенности водного режима почвы при капельном орошении сельскохозяйственных культур / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, О.А. Белик // *Достижения науки и техники АПК*. – 2009. – № 4. – С. 22-25.
8. Воеводина, Л.А. Влияние капельного орошения на засоление почв / Л.А. Воеводина, Ю.Ф. Снопич, А.Н. Черкунов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2010. – № 64 (10). – 20 с.
9. Попова, В.П. Изменение свойств черноземов Северного Кавказа при капельном орошении плодовых насаждений / В.П. Попова, Т.Г. Фоменко // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2012. – № 3. – С. 37-40.
10. Венера, Т. Микробиологическая характеристика на почвата при различных режимах на капково напояване на яболова градина / Т. Венера, К. Красимов // *Почвознания агрохимия и экология*. – 2002. – № 1-3. – С. 66-68.

11. Sokalska, D.I. Spatial root distribution of mature apple trees under drip irrigation system / D.I. Sokalska, D.Z. Haman, A. Szewczuk, J. Sobota, D. Dereń // *Agricultural Water Management*. – 2009. – Vol. 96, Issue 6. – p. 917-924.
12. Beng P. Umali. The effect of terrain and management on the spatial variability of soil properties in an apple orchard / Beng P. Umali, Danielle P. Oliver, Sean Forrester, David J. Chittleborough, John L. Hutson, Rai S. Kookana, Bertram Ostendorf // *Catena*. – 2012. – Vol. 93. – p. 38–48.
13. Церлинг, В.В. Методические указания по диагностике минерального питания яблони и других садовых культур / В.В. Церлинг, Л.А. Егорова. – М.: Колос, 1980. – 47 с.
14. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ВНИИА, 2003. – 196 с.
15. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений. – М.: ВНИИА, 2007. – 36 с.
16. Aggelopoulou, K.D. Soil spatial variability and site-specific fertilization maps in an apple orchard / K.D. Aggelopoulou, D. Pateras, S. Fountas, T.A. Gemtos // *Precision Agriculture*. – 2011. – Vol. 12, Issue 1. – p. 118-129.
17. Якушев, В.П. Информационное обеспечение точного земледелия / В.П. Якушев, В.В. Якушев. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. – 384 с.
18. Афанасьев, Р.А. Методика полевых опытов по дифференцированному применению удобрений в условиях точного земледелия // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2010. – № 1. – С. 38-44 с.
19. Трунов, Ю.В. Минеральное питание плодовых растений и баланс элементов в агроэкосистемах // *Вестник РАСХН*. – 2005. – № 2. – С. 55-58.
20. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
21. Силкин, К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8: Учебно-методическое пособие для вузов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. – 66 с.

References

1. Ionova, Z.M. Osnovnye dostizhenija v primenenii kapel'nogo oroshenija / Z.M. Ionova, S.I. Bojko. – Moskva: VNIITJeISH, 1985. – 68 s.
2. Korobskoj, N.F. Agrojekologicheskie problemy povyshenija plodorodija chernozemov Zapadnogo Predkavkaz'ja. – Pushhino: ONTI PNC RAN, 1995. – 211 s.
3. Neilsen, G.H. Response of apple to fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency / G.H. Neilsen, D. Neilsen, L.C. Herbert, E.J. Hogue // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2004. – Vol. 129 (1). – p. 26-31.
4. Ana Quiñones. Influence of irrigation system and fertilization management on sea-sonal distribution of N in the soil profile and on N-uptake by citrus trees / Ana Quiñones, Belén Martínez-Alcántara, Francisco Legaz // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2007. – Vol. 122. – p. 399-409.
5. Fomenko, T.G. Differenciacija svojstv chernozemnyh pochv pri lokal'nyh sposobah oroshenija i primenenija udobrenij / T.G. Fomenko, V.P. Popova, A.I. Ivanov // *Problemy agrohimii i jekologii*. – 2012. – № 4. – S. 8-13.

6. Lubana, P.P.S. Modelling Soil Water Dynamics under Trickle Emitters – a Review / P.P.S. Lubana, N.K. Narda // *Journal of Agricultural Engineering Research*. – 2001. – Vol. 78, № 3 – p. 217-232.
7. Dubenok, N.N. Osobennosti vodnogo rezhima pochvy pri kapel'nom oroshenii sel'skohozjajstvennyh kul'tur / N.N. Dubenok, V.V. Borodychev, M.N. Lytov, O.A. Belik // *Dostizhenija nauki i tehniki APK*. – 2009. – № 4. – S. 22-25.
8. Voevodina, L.A. Vlijanie kapel'nogo oroshenija na zasolenie pochv / L.A. Voevodina, Ju.F. Snipich, A.N. Cherkunov // *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2010. – № 64 (10). – 20 s.
9. Popova, V.P. Izmenenie svojstv chernozemov Severnogo Kavkaza pri kapel'nom oroshenii plodovyh nasazhdenij / V.P. Popova, T.G. Fomenko // *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk*. – 2012. – № 3. – S. 37-40.
10. Venera, T. Mikrobiologichna harakteristika na pochvata pri razlichni rezhimi na kapkovo napojavane na jablokova gradina / T. Venera, K. Krasimov // *Pochvozna-nija agrohimija i ekologija*. – 2002. – № 1-3. – S. 66-68.
11. Sokalska, D.I. Spatial root distribution of mature apple trees under drip irrigation system / D.I. Sokalska, D.Z. Haman, A. Szewczuk, J. Sobota, D. Dereń // *Agricultural Water Management*. – 2009. – Vol. 96, Issue 6. – p. 917-924.
12. Beng P. Umali. The effect of terrain and management on the spatial variability of soil properties in an apple orchard / Beng P. Umali, Danielle P. Oliver, Sean Forrester, David J. Chittleborough, John L. Hutson, Rai S. Kookana, Bertram Ostendorf // *Catena*. – 2012. – Vol. 93. – p. 38–48.
13. Cerling, V.V. Metodicheskie ukazaniya po diagnostike mineral'nogo pitaniya jabloni i drugih sadovyh kul'tur / V.V. Cerling, L.A. Egorova. – M.: Kolos, 1980. – 47 s.
14. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju kompleksnogo monitoringa plodородija pochv zemel' sel'skohozjajstvennogo naznacheniya. – M.: VNIIA, 2003. – 196 s.
15. Metodika otbora pochvennyh prob po jelementarnym uchastkam polja v celjah differencirovannogo primenenija udobrenij. – M.: VNIIA, 2007. – 36 s.
16. Aggelopoulou, K.D. Soil spatial variability and site-specific fertilization maps in an apple orchard / K.D. Aggelopoulou, D. Pateras, S. Fountas, T.A. Gemtos // *Precision Agriculture*. – 2011. – Vol. 12, Issue 1. – p. 118-129.
17. Jakushev, V.P. Informacionnoe obespechenie tochnogo zemledelija / V.P. Jakushev, V.V. Jakushev. – SPB.: Izd-vo PIJaF RAN, 2007. – 384 s.
18. Afanas'ev, R.A. Metodika polevyh opytov po differencirovannomu primeneniju udobrenij v uslovijah tochnogo zemledelija // *Problemy agrohimii i jekologii*. – 2010. – № 1. – S. 38-44 s.
19. Trunov, Ju.V. Mineral'noe pitanie plodovyh rastenij i balans jelementov v agrojekosistemah // *Vestnik RASHN*. – 2005. – № 2. – S. 55-58.
20. Dospëhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
21. Silkin, K.Ju. Geoinformacionnaja sistema Golden Software Surfer 8: Uchebno-metodicheskoe posobie dlja vuzov. – Voronezh: Izd-vo VGU, 2008. – 66 s.