

УДК 631.41:631.81:634.11

**ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО  
ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ  
И ВОДНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ  
НА ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ПОЧВ САДОВЫХ ЦЕНОЗОВ  
И ИХ ПРОДУКТИВНОСТЬ\***

Фоменко Тарас Григорьевич  
канд. с.-х. наук  
зав. лабораторией агрохимии  
и мелиорации

Попова Валентина Петровна  
доктор с.-х. наук  
зав. НЦ агрохимии  
и почвоведения

Пестова Нина Георгиевна  
научный сотрудник лаборатории  
агрохимии и мелиорации

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

Локальное применение минеральных удобрений при фертигации плодовых насаждений приводит к существенному изменению агрохимических свойств почвы и формированию в ней очагов повышенной концентрации питательных веществ. Поэтому при расчете дифференцированных доз применения минеральных удобрений необходимо учитывать изменение абсолютных показателей агрохимических свойств почвы в зоне их локального внесения. Цель исследований – установить закономерности изменения уровней обеспеченности растений яблони доступными элементами питания в зоне локализации минеральных удобрений при малообъемном орошении. Исследования проводили в условиях

UDC 631.41:631.81:634.11

**THE INFLUENCE OF LOCAL  
APPLICATION OF FERTILIZERS  
AND WATER MELIORATION  
ON CHANGE OF SOIL PARAMETERS  
OF GARDEN CENOSES  
AND THEIR PRODUCTIVITY**

Fomenko Taras  
Cand. Agr. Sci.  
Head of Laboratory  
of Agric chemistry and Melioration

Popova Valentina  
Dr. Sci. Agr.  
Head of SC of Agric chemistry  
and Soil science

Pestova Nina  
Research Associate of Laboratory  
of Agric chemistry and Melioration

*Federal State Budget Scientific  
Organization “North Caucasian  
Regional Research Institute  
of Horticulture and Viticulture”,  
Krasnodar, Russia*

Local use of mineral fertilizers with a fertigation of fruit plantings leads to essential change of agrichemical soil properties and formation in the soil of the centers of increased nutrients concentration. Therefore when we calculate the differentiated doses of use of mineral fertilizers it is necessary to consider the change of absolute traits of agrichemical soil properties in a zone of their local introduction. The purpose of research is to determine the change conformity to natural low of levels of an apple-tree providing with available nutrient elements in a zone of mineral fertilizers localization during a small-volume irrigation. The research were carried out under the conditions of unstable

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, администрации Краснодарского края (грант № 13-04-96539 р\_юг\_a) и государственного задания ФАНО

неустойчивого увлажнения Краснодарского края. Опыт был заложен в промышленных насаждениях яблони на слаборослом подвое М9. На участках вносились различные нормы минеральных удобрений: фертигация нормой  $N_{30}P_4K_{20}$ ; фертигация нормой  $N_{45}P_6K_{30}$ ; фертигация нормой  $N_{60}P_8K_{40}$ . Установлено, что повышение нормы внесения минеральных удобрений приводило к увеличению концентрации питательных веществ в зоне локализации минеральных удобрений. Выяснено, что локальное внесение минеральных удобрений при фертигации на участках с повышенной фоновой обеспеченностью питательными веществами нерационально. Оптимизация условий водного и пищевого режимов при проведении фертигации на опытных участках способствовала повышению урожайности опытных деревьев яблони сорта Чемпион на 4,8-11,0 т/га и сорта Прикубанское – на 4,2-4,9 т/га. Следует вывод, что при расчете дифференцированных доз применения минеральных удобрений необходимо учитывать изменение абсолютных показателей агрохимических свойств почвы в зоне их локального внесения. Это позволит корректировать дозы их внесения с учетом уровня обеспеченности почвы элементами питания и снизит нагрузку на окружающую среду.

*Ключевые слова:* ПЛОДОВЫЕ НАСАЖДЕНИЯ, ЛОКАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ, ВОДНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ, АГРОГЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЧВ

moistening of Krasnodar Region. The experience was started in the industrial apple-tree plantings on a dwarf M9 rootstock. The various norms of mineral fertilizers were introduced on the plots: fertigation norm of  $N_{30}P_4K_{20}$ ; fertigation norm of  $N_{45}P_6K_{30}$ ; fertigation norm of  $N_{60}P_8K_{40}$ . It is found that increasing in norm of mineral fertilizers introduction led to increase in nutrient concentration in a zone of mineral fertilizer localization. It is determined that the local introduction of mineral fertilizers during fertigation on the plots with the increased background nutrient providing is irrationally. The optimization of conditions of the water and food modes during fertigation on the experimental plots promoted the increase in productivity of Champion apple-tree on 4,8-11,0 t/hectare and Prikubanskoye apple-trees – on 4,2-4,9 t/hectare. The conclusion follows that it is necessary to consider the change of absolute traits of agric and chemical soil properties in a zone of their local introduction when we calculate of the differentiated doses of use of mineral fertilizers. It will allow to correct the doses of their introduction taking into account the level of the soil providing of nutrient elements and will decrease in the environmental load.

*Key words:* FRUIT ORCHARDS, LOCAL APPLICATION OF FERTILIZERS, WATER MELIORATION OF THE SOIL, ACRIGENIC SOIL DIFFERENTIATION

**Введение.** В садовых ценозах для создания оптимального водного и пищевого режима применяют локальные способы внесения минеральных удобрений и малообъемного орошения, которые способствуют образованию в зоне активно-поглощающей части корневой системы плодовых рас-

тений 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 пристволевой 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 растений.

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 позволяют 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" (Краснодар), 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 x 1,2 м, площадь участка – 2,6 га.

По результатам ранее проведенного геореференсированного прецизионного почвенно-агрохимического исследования почв садового агроландшафта [19], было выделено два элементарных участка, характеризующихся различной обеспеченностью питательными веществами: участок № 1 – параметры почвы садового ценоза близкие к среднему арифметическо-

му содержанию элементов питания ( $X_{\text{средн}}$ ); участок № 2 – параметры почвы близкие к наибольшим значениям содержания элементов питания ( $X_{\text{max}}$ ).

На участках вносились различные нормы минеральных удобрений: фертигация нормой  $N_{30}P_4K_{20}$ ; фертигация нормой  $N_{45}P_6K_{30}$ ; фертигация нормой  $N_{60}P_8K_{40}$ . Минеральные удобрения 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 [20].

Капельные поливы плодовых насаждений проводили на протяжении вегетационного периода в засушливых условиях каждые 3-5 дней, с нормой 25-28 м<sup>3</sup>/га. Всего оросительная норма составила 280 м<sup>3</sup>/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 поливопроводе 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 и рассчитать степень агрогенной дифференциации агрохимических свойств почвы ( $SD$ ) в зоне локализации удобрений (уравнение 1) [19].

$$SD = \frac{(a - b)}{b} \times 100 \quad (1)$$

где  $a$  – абсолютная величина параметра почвы в зоне локализации минеральных удобрений,  
 $b$  – то же за пределами зоны удобренности,  
100 – коэффициент пересчета в %.

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» [21]. Построение 2D-диаграмм пространственной неоднородности агрохимических свойств почвы садового ценоза проводили с использованием программного обеспечения Surfer 8 согласно учебно-методическому пособию [22].

**Обсуждение результатов.** Гетерогенность почвенного покрова садового ценоза оказала существенное влияние на изменение параметров дифференциации свойств почвы в зоне локального внесения минеральных удобрений и водных мелиораций. Отмечено, что на элементарном участке со средним арифметическим содержанием элементов питания при увеличении норм внесения минеральных удобрений степень агрогенной дифференциации планомерно возрастала (рис. 1).

Повышение нормы внесения минеральных удобрений приводило к увеличению концентрации питательных веществ в зоне локализации минеральных удобрений и увлажнения почвы.

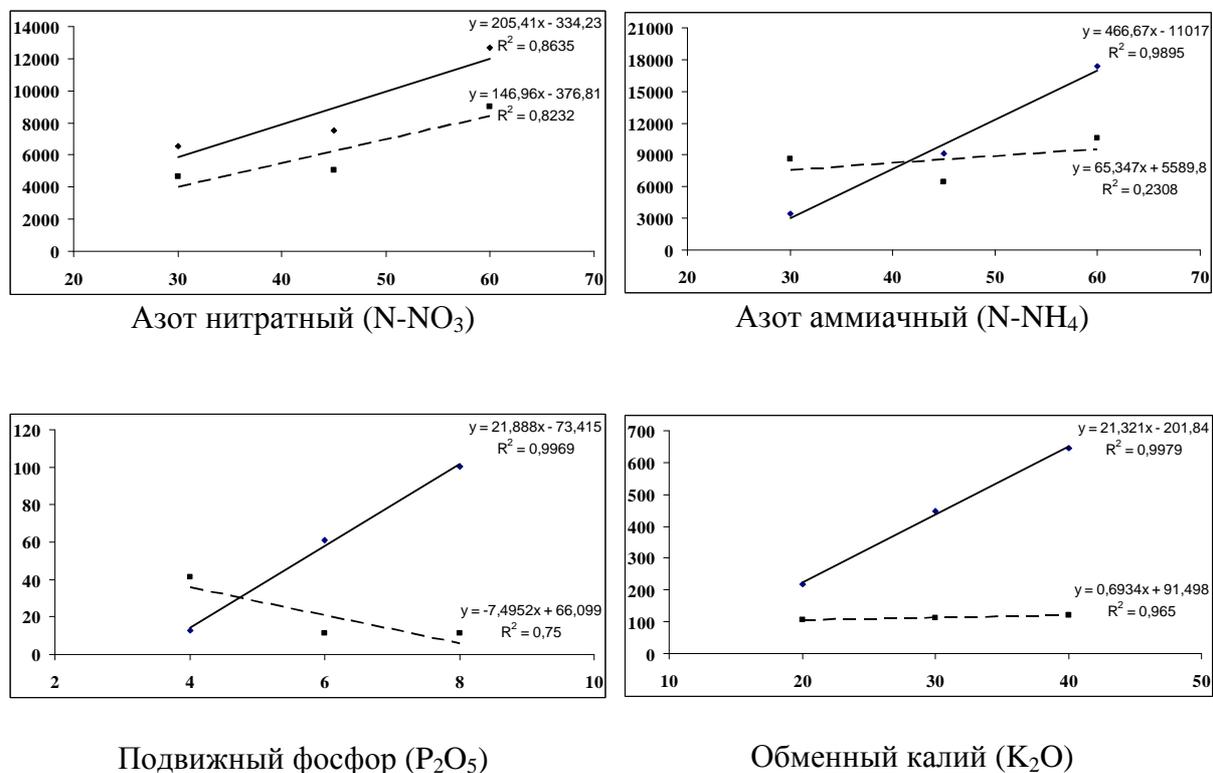


Рис. 1. Влияние гетерогенности почвенного покрова садового ценоза на степень агрогенной дифференциации параметров почвы в зоне локального внесения минеральных удобрений и водных мелиораций (слой 0-30 см)  
(по горизонтали – дозы внесения удобрений, кг д.в.,  
по вертикали – степень агрогенной дифференциации параметров почвы, %)

— — — — Участок со средним содержанием питательных веществ;  
- - - - - Участок с наибольшим содержанием питательных веществ.

При увеличении нормы внесения минеральных удобрений на элементарном участке с наибольшим содержанием элементов питания агрогенная дифференциация параметров почвы была менее выражена. Наибольшие изменения свойств почвы отмечены по содержанию нитратного азота (N-NO<sub>3</sub>), менее существенные изменения наблюдались по содержанию аммиачного азота (N-NH<sub>4</sub>) и обменного калия (K<sub>2</sub>O). По содержанию подвижного фосфора наблюдалась обратная корреляционная зависимость,

то есть отмечалось снижение его содержания в зоне локализации удобрений при увеличении дозы их внесения. Выясняется, что локальное внесение минеральных удобрений при фертигации плодовых насаждений на участках с повышенной фоновой обеспеченностью питательными веществами нерационально.

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 обеспеченностью почвы питательными веществами (рис. 2).

Результаты проведенных нами исследований показывают, что 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 удобрений на элементарных участках с наибольшим содержанием питательных веществ 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.

Оптимизация условий водного и пищевого режимов при проведении фертигации на опытных участках способствовала повышению урожайности опытных деревьев яблони сорта Чемпион на 4,8-11,0 т/га и сорта Прикубанское – на 4,2-4,9 т/га, по отношению к контролю. Прибавка урожая плодов обусловлена как увеличением нагрузки деревьев плодами, так и повышением средней массы плодов по сравнению с контролем.

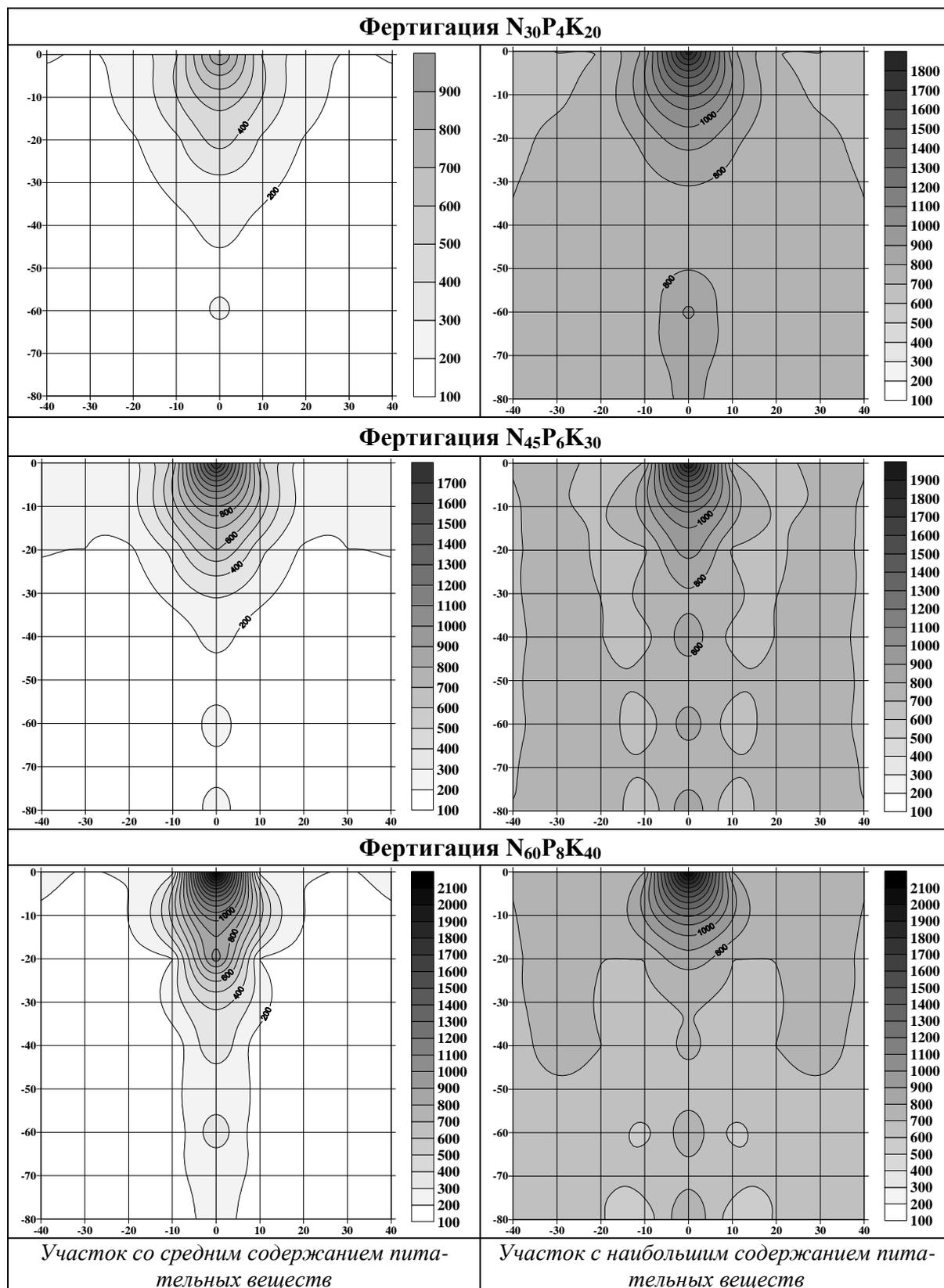


Рис. 2. Содержание обменного калия в зоне локализации минеральных удобрений в зависимости от гетерогенности почвенного покрова (по горизонтали – при удалении от точки падения капли в сторону междурядья, по вертикали – в глубину почвы)

■ 100-150 – уровень содержания элементов питания, мг/кг почвы.

Достоверная прибавка урожайности яблони получена при фертигации  $N_{30}P_4K_{20}$  и  $N_{60}P_8K_{40}$  на элементарном участке со средним арифметическим содержанием элементов питания.

Сравнительный анализ эффективности фертигации на различных участках показал, что наибольшая отзывчивость деревьев яблони установлена на элементарном участке со средним арифметическим содержанием элементов питания. Доля влияния фактора (различных норм применения фертигации) на урожайность растений яблони сорта Чемпион в опытных вариантах составила 32,8 %.

Применение при фертигации минеральных удобрений в изучаемых яблоневых насаждениях оказалось более целесообразным по сравнению с их внесением на участках с высоким уровнем обеспеченности почвы элементами питания.

На элементарном участке с наибольшим содержанием питательных веществ разница между опытными вариантами была несущественной и находилась в пределах ошибки опыта ( $НСР_{05}$ ), поэтому здесь можно отметить только тенденцию увеличения урожайности плодов яблони при применении приемов фертигации.

Результаты исследований показывают, что прямого влияния приемов оптимизации водного и пищевого режимов посредством капельного орошения и фертигации на увеличение урожайности деревьев яблони в опыте не установлено (табл.).

Отчасти это может быть обусловлено тем, что вносимые при фертигации удобрения имели сравнительно малый контакт с активной частью поглощающей корневой системы плодовых растений.

Увеличение доз вносимых фосфорно-калийных удобрений на черноземе выщелоченном не приводило к их равномерному распределению в почве, в основном они закреплялись в местах падения капель раствора питательных веществ, создавая очаги повышенной концентрации.

**Влияние приемов улучшения водного и пищевого режимов плодового ценоза на урожайность и товарные качества плодов яблони**

Вариант	Средняя масса плодов, г.	Количество плодов на дереве, шт.	Урожайность, т/га
<b>Участок со средним содержанием питательных веществ (сорт Чемпион)</b>			
Контроль	152,0	142,4	40,1
Фертигация N <sub>30</sub> P <sub>4</sub> K <sub>20</sub>	162,0	159,6	47,8*
Фертигация N <sub>45</sub> P <sub>6</sub> K <sub>30</sub>	164,0	148,1	44,9
Фертигация N <sub>60</sub> P <sub>8</sub> K <sub>40</sub>	165,0	166,2	51,1*
НСР 05		<b>24,9</b>	<b>7,53</b>
Критерий Фишера		$F_{\text{факт}} (1,41) > F_{\text{станд } 05} (3,49)$	$F_{\text{факт}} (2,96) < F_{\text{станд } 05} (3,49)$
Доля влияния фактора на изменчивость признака, %		9,4	32,8
<b>Участок с наибольшим содержанием питательных веществ (сорт Прикубанское)</b>			
Контроль	192,1	49,5	23,48
Фертигация N <sub>30</sub> P <sub>4</sub> K <sub>20</sub>	190,0	58,9	27,66
Фертигация N <sub>45</sub> P <sub>6</sub> K <sub>30</sub>	194,6	59,1	28,40
Фертигация N <sub>60</sub> P <sub>8</sub> K <sub>40</sub>	195,7	57,3	27,68
НСР 05		<b>15,3</b>	<b>7,25</b>
Критерий Фишера		$F_{\text{факт}} (0,75) < F_{\text{станд } 05} (3,49)$	$F_{\text{факт}} (0,82) < F_{\text{станд } 05} (3,49)$
Доля влияния фактора на изменчивость признака, %		0,0	0,0

\* – Существенная разница при 95 %-ном уровне вероятности

**Заключение.** Установлена различная степень изменения параметров почвы в зоне локализации минеральных удобрений и локального увлажнения почвы, которая может быть обусловлена как неравномерным поглощением деревьями яблони вносимых элементов питания, так и их частичным переходом в труднодоступные для растений формы при внесении повышенных доз удобрений. 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 дифференциаци-

ей комплекса свойств почв в результате локального внесения минеральных удобрений. Это позволит корректировать дозы их внесения как с учетом уровня обеспеченности почвы элементами питания, так и с учетом степени удобренности почвы в зоне локализации минеральных удобрений.

В садовых ценозах, возделываемых по интенсивным технологиям, необходима разработка комплекса агротехнических приемов применения дифференцированных доз минеральных удобрений, сочетающего основное внутрипочвенное внесение, фертигацию и некорневые подкормки плодовых растений. Дифференцированное применение удобрений в первую очередь должно быть направлено на рациональное их использование и снижение нагрузки на окружающую среду в результате экономного их применения.

#### 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. Агрэкологические проблемы повышения плодородия черноземов Западного Предкавказья / Н.Ф. Коробской. – 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. Микробиологична характеристика на почвата при различни режими на капково напояване на яболова градина / Т. Венера, К. Красимов // Почвознания агрохимия и екология. – 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 сельхозназначения. – 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 / Р.А. Афанасьев // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2010. – № 1. – 38-44 с.
19. Фоменко, Т.Г. Пространственная неоднородность почв садовых ценозов в условиях локального применения удобрений и водных мелиораций / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, Н.Г. Пестова, Е.А. Черников // *Агрохимия*. – 2015. – №2. – С. 13-22.
20. Трунов, Ю.В. Минеральное питание плодовых растений и баланс элементов в агроэкосистемах / Ю.В. Трунов // *Вестник РАСХН*. – 2005. – № 2. – С. 55-58.
21. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
22. 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 oroszenija / Z.M. Ionova, S.I. Wojko. – Moskva: VNIITJeISH, 1985. – 68 s.
2. Korobskoj, N.F. Agrojekologicheskie problemy povyshenija plodorodija chernozemov Zapadnogo Predkavkaz'ja / N.F. Korobskoj. – 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 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. 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'skohoz'jajstvennyh 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'skohoz'jajstvennyh nauk. – 2012. – № 3. – S. 37-40.
10. Venera, T. Mikrobiologichna harakteristika na pochvata pri razlichni rezhimi na kapkovo napojavane na jabloкова gradina / T. Venera, K. Krasimov // Pochvoznanija 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 pitanija jabloni i drugih sadovyh kul'tur / V.V. Cerling, L.A. Egorova.– M.: Kolos, 1980.– 47 s.
14. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju kompleksnogo monitoringa plodorodija pochv zemel' sel'skohoz'jajstvennogo naznachenija. – 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 / R.A. Afanas'ev // Problemy agrohimii i jekologii. – 2010. – № 1. – 38-44 s.
19. Fomenko, T.G. Prostranstvennaja neodnorodnost' pochv sadovyh cenozov v uslovijah lokal'nogo primenenija udobrenij i vodnyh melioracij / T.G. Fomenko, V.P. Popova, N.G. Pestova, E.A. Chernikov // Agrohimija. – 2015. – №2. – S. 13-22.
20. Trunov, Ju.V. Mineral'noe pitanie plodovyh rastenij i balans jelementov v agrojekosistemah / Ju.V. Trunov // Vestnik RASHN. – 2005. – № 2. – S. 55-58.
21. Dosphehov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
22. Silkin, K.Ju. Geoinformacionnaja sistema Golden Software Surfer 8: Uchebno-metodicheskoe posobie dlja vuzov. – Voronezh: Izd-vo VGU, 2008. – 66 s.