

УДК 631.41:631.81:634.11

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ САДОВЫХ ЦЕНОЗОВ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И ОРОШЕНИЯ¹

Фоменко Т.Г., канд. с.-х. наук, **Попова В.П.**, д-р. с.-х. наук,
Пестова Н.Г., научн. сотр., **Черников Е.А.**, канд. с.-х. наук

*Государственное научное учреждение
Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт
садоводства и виноградарства (Краснодар)*

Реферат. Разработаны методические подходы мониторинга и оценки параметров почвенного плодородия садовых ценозов, возделываемых по интенсивным технологиям. При проведении почвенно-агрохимического обследования почв садовых ценозов предложено оценивать пространственную неоднородность параметров почвы с учетом микроизменчивости, обусловленной агрогенной дифференциацией комплекса свойств почв в результате локального применения минеральных удобрений и малообъемного орошения. Для определения абсолютных изменений показателей агрохимических параметров почвы при фертигации плодовых насаждений необходимо определять степень агрогенной дифференциации агрохимических свойств почвы в зоне локализации удобрений.

Ключевые слова: плодовые насаждения, капельное орошение, фертигация, чернозем выщелоченный, пространственная неоднородность почв, агрогенная дифференциация почв, агрохимические свойства почв

Summary. Methodological approaches for monitoring and evaluation of soil fertility parameters of garden cultivated by intensive technologies. In carrying out soil-agrochemical soil survey garden cenoses proposed to estimate spatial heterogeneity of soil parameters given microvariability due to agrogenic differentiation of soil properties as a result of local application of fertilizers and low-volume irrigation. To determine the absolute changes in indicators of soil agrochemical parameters in fertigation fruit plantations is necessary to determine the degree of differentiation of agrochemical properties of soil in the area of localization of fertilizers.

Key words: fruit orchards, drop irrigation, fertigation, leached chernozem, spatial heterogeneity of soils, agrogenic differentiation of soil agrochemical properties

Введение. Для создания оптимального водного и пищевого режимов в садовых ценозах применяют локальные способы внесения минеральных удобрений и малообъемного орошения, которые приводят к образованию повышенной концентрации питательных веществ и локальному увлажнению почвы [1-5].

Нами установлено, что многолетнее локальное применение удобрений и малообъемного орошения создают условия высокой вариабельности параметров почвенного плодородия садовых ценозов [6]. Это затрудняет выбор мест отбора представительных проб почвы для получения объективных данных об обеспеченности плодовых растений элементами питания. Отбор почвенных образцов в зоне внесения удобрений демонстрирует высокую обеспеченность почвы питательными веществами; при отборе проб в зоне, где удобрений было внесено мало или совсем не вносились, результат получается совершенно иной [7]. Используемые общепринятые методики агрохимического обследования почв садовых ценозов не позволяют объективно оценить степень изменчивости параметров почвенного плодородия плодовых насаждений при локальном применении удобрений и достаточно точно установить режим регулирования питания плодовых растений [8, 9].

Для определения достоверной обеспеченности плодовых растений питательными веществами и почвенной влагой требуется использование новых методических подходов оценки параметров почвенного плодородия садовых ценозов, возделываемых по интен-

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ и департамента науки и образования Краснодарского края (проект p_юг_a № 13-04-96539)

сивным технологиям. В первую очередь необходимо понимание процесса распределения поливной воды и миграции элементов питания в корнеобитаемом слое почвы.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в границах типичного зонального агроландшафта садового ценоза в условиях неустойчивого увлажнения Краснодарского края (ЗАО ОПХ «Центральное»). Почвенный покров представлен черноземами выщелоченными сверхмощными слабогумусными легкоглинистыми на лёссовидных глинах. Полевой опыт заложен в промышленных насаждениях яблони сортов зимнего срока созревания, возделываемых по интенсивным технологиям. Деревья высажены весной 2009 г., основная схема размещения 4,5 x 1,2 м, слаборослый подвой М9, площадь опытного участка – 2,6 га.

На протяжении вегетационного периода осуществлялось дробное внесение минеральных удобрений в растворенном виде через систему капельного орошения. Однократная доза внесения удобрений при фертигации составляла N_4K_8 , за вегетационный период проведено 5-ти кратное внесение удобрений с поливной водой, которое чередовалось с капельными поливами. Норма внесения удобрений при фертигации плодовых насаждений яблони за вегетационный период составила $N_{20}K_{40}$. Использовали хорошо растворимые формы минеральных удобрений – аммиачную селитру (N-34,6 %) и сульфат калия (K_2O -51 %). Расчет нормы внесения удобрений был основан на принципе возмещения выноса питательных веществ под планируемый урожай яблони с учетом обеспеченности почвы садового ценоза элементами питания по результатам стандартного агрохимического обследования почв [10].

Капельные поливы плодовых насаждений проводились на протяжении вегетационного периода при засушливых условиях каждые 3-5 дней с нормой 25-28 м³/га. Всего оросительная норма составила 280 м³/га. Поливы назначались 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.

В ходе исследований проводили геореференсированное прецизионное почвенно-агрохимическое исследование почв садового ценоза [11]. Отбор почвенных образцов проводили по регулярной сетке: 27 x 30 м на всей территории садового агроландшафта, конфигурация элементарных участков отбора средней пробы почвы (трансекта) основывалась на схеме размещения деревьев, т.е. была кратна с одной стороны ширине междурядий – 27 м (6 рядов деревьев), с другой – расстоянию между плодовыми деревьями – 30 м (25 деревьев). В агроландшафте садового ценоза было выделено 32 элементарных участка, один смешанный почвенный образец состоял из 24 индивидуальных проб. Отборы почвенных проб осуществляли тростевым буром в слое 0-30 см в период налива и созревания плодов (август-сентябрь).

С целью определения степени локальной агрогенной дифференциации параметров почвы отборы почвенных проб проводили отдельно как в местах локального внесения минеральных удобрений при капельных поливах, так и за пределами очага концентрации питательных веществ. Сопоставление параметров почв из различных зон удобрённости позволило определить степень изменения обеспеченности чернозема выщелоченного питательными веществами в результате локального внесения удобрений и малообъемного орошения.

Для изучения процессов распределения поливной воды и миграции элементов питания в зоне локальной агрогенной дифференциации параметров чернозема выщелоченного 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 или 20 см по направлению к центру междурядья. Точечные отборы почвенных проб проводили в границах одной выделенной трансекты. Образцы почвы отбирали с помощью малогабаритного почвенного бура С.Ф. Неговелова в период созревания плодов яблони (август-сентябрь).

Проводили определение минеральных форм азота ($N-NO_3$ и $N-NH_4$), подвижных форм фосфора и обменного калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО, реакции почвенной среды, общего гумуса, состава поглощенных оснований Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ по общепринятым методам (ГОСТам) [12-15].

Анализ полученных экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программах StatSoft STATISTICA 8.0 и Microsoft Office Excel 2003 по «Методике полевого опыта» [16].

Обсуждение результатов. В результате прецизионного почвенно-агрохимического исследования садового ценоза установлено значительное изменение параметров почвенного плодородия в зависимости от зоны отбора почвенных проб. Статистически обработанные показатели агрохимических характеристик почвы существенно различались в верхнем 0-30 см слое (табл. 1).

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 исходными значениями. Как показали исследования локальное увлажнение почвы при капельном орошении плодовых насаждений оказывало значительное влияние на состояние черноземных почв, в первую очередь в местах локализации поливной воды.

В зоне локализации элементов питания, несмотря на одинаковые дозы применения удобрений ($N_{20}K_{40}$) и режим орошения, установлен значительный разброс показателей степени изменения параметров почвенного плодородия. Содержание нитратного азота увеличилось на 35-631 %, аммиачного азота на 0-173 %, обменного калия на 0-144 %, изменения содержания подвижного фосфора варьировали от -26 до +3 % по сравнению с почвой за пределами зоны локального внесения удобрений.

Степень изменения параметров почвы в зоне локализации минеральных удобрений существенно варьировала на выделенных элементарных участках. Изучение процессов миграции элементов питания в зоне локального агрогенного воздействия при фертигации плодовых насаждений позволило более объективно оценить пищевой режим почвы садового ценоза.

Таблица 1 – Статистические показатели параметров почвенного плодородия чернозема выщелоченного при фертигации насаждений яблони (слой 0-30 см).

Показатели, ед. изм.	pH водное	Гумус, %	Азот нитратный (N-NO ₃), мг/кг	Азот аммиачный (N-NH ₄), мг/кг	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг	Обменный калий (K ₂ O), мг/кг	Обменный кальций, мг-экв./100 г.	Обменный магний, мг-экв./100 г.	Обменный натрий, мг-экв./100 г.
Отбор проб за пределами зоны локализации удобрений и увлажнения почвы									
Средняя арифметическая, X _{сред.}	7,22 ± 0,16	3,77 ± 0,14	7,58 ± 2,13	7,11 ± 1,22	493,47 ± 107,35	251,53 ± 71,09	22,52 ± 1,02	5,11 ± 1,02	0,29 ± 0,09
Минимальное значение, X _{min}	6,96	3,22	4,40	4,7	315,00	184,00	20,33	2,94	0,16
Максимальное значение, X _{max}	7,50	3,66	14,30	9,7	735,00	525,00	23,81	6,15	0,44
Коэффициент вариации (V), %	2,26	4,14	28,11	17,16	21,75	28,26	4,55	20,05	32,58
Отбор проб в зоне локализации удобрений и увлажнения почвы									
Средняя арифметическая, X _{сред.}	7,58 ± 0,10	3,38 ± 0,13	26,86 ± 11,94	11,85 ± 3,47	453,31 ± 104,87	344,03 ± 62,27	20,55 ± 1,64	7,83 ± 1,62	0,52 ± 0,07
Минимальное значение, X _{min}	7,34	3,15	11,00	8,20	299,00	236,00	16,18	4,28	0,42
Максимальное значение, X _{max}	7,83	3,53	63,50	25,10	722,00	525,00	23,00	11,05	0,65
Коэффициент вариации (V), %	1,26	3,95	44,44	29,28	23,13	18,10	8,03	20,72	13,98

Точечный отбор почвенных проб в зоне локализации минеральных удобрений и поливной воды показал, что фертигация насаждений яблони интенсивного типа приводила к формированию очагов повышенной концентрации элементов питания и локального увлажнения почвы. Основная часть вносимых при фертигации элементов питания концентрировалась в верхнем 0-30 см слое почвы и на расстоянии до 20 см от точки падения капли раствора питательных веществ. При фертигации нормой N₂₀K₄₀ в местах локального внесения удобрений среднее содержание нитратного азота составило 42,6 мг/кг, аммиачного азота – 18,5 мг/кг, подвижного фосфора – 344,3 мг/кг, обменного калия – 464 мг/кг почвы в слое почвы 0-30 см (рис. 1).

Вносимые при фертигации удобрения имеют сравнительно малый контакт с активной частью корневой системы плодовых растений. При этом наблюдается значительное увеличение пространственной микронеоднородности агрохимических свойств почвы в зоне локализации удобрений. В результате локальной дифференциации свойств почв корневая система растений яблони 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. За счет одновременного воздействия почвенных условий с различными свойствами, существенных различий в силе роста и развитии плодовых растений не наблюдалось, это согласуется с результатами исследований, полученных на полевых культурах [17].

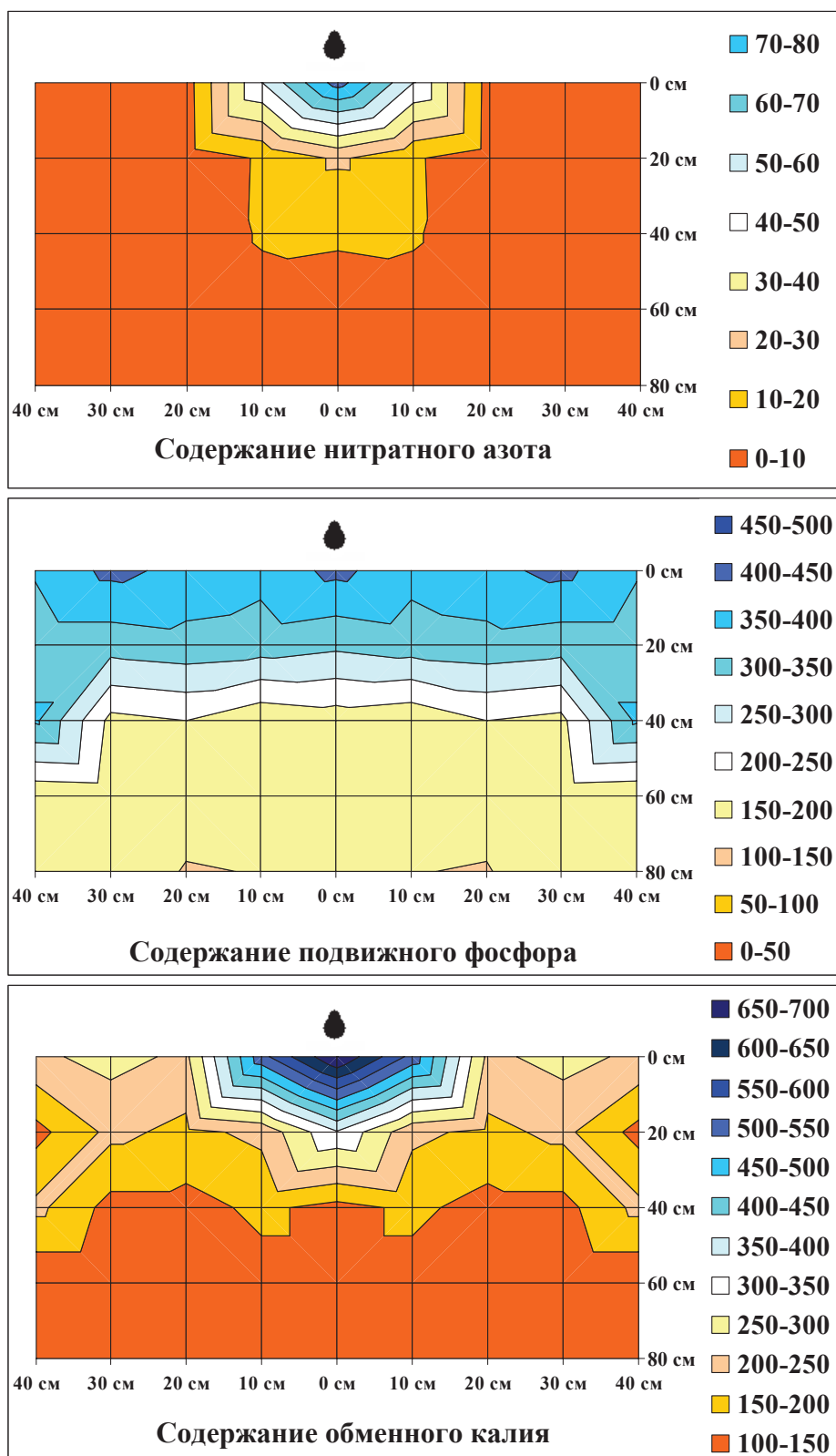


Рис. 1. Содержание элементов питания в зоне локализации минеральных удобрений при фертигации нормой $N_{20} K_{40}$
 (по горизонтали – при удалении от точки падения капли в сторону междурядья,
 по вертикали – в глубину почвы)

■ 0-10 – уровень содержания элементов питания, мг/кг почвы

Результаты исследований показывают, что для оценки параметров почвенного плодородия многолетних насаждений и расчете дифференцированных доз применения минеральных удобрений при фертигации необходимо учитывать изменение абсолютных показателей агрохимических свойств почвы в зоне локального внесения удобрений. Переудобренность может привести к необратимым негативным изменениям свойств почв садовых ценозов и снижению продуктивности многолетних растений. Поэтому в плодовых насаждениях при локальном применении минеральных удобрений с малообъемным орошением предлагается определять степень агрогенной дифференциации агрохимических свойств почвы (1).

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

где SD – степень агрогенной дифференциации параметров почвы, %
 a – параметры почвы в зоне локализации минеральных удобрений
 b – параметры почвы за пределами зоны удобренности
 100 – коэффициент пересчета в проценты.

Для элементарного участка, на котором проводился точечный отбор почвенных проб в зоне локализации минеральных удобрений, в качестве примера была рассчитана степень агрогенной дифференциации параметров почвы. Изменение показателей реакции почвенной среды составило 4,4 %, гумуса – 2,2 %, нитратного азота – 360,0 %, аммиачного азота – 131,0 %, подвижного фосфора – 19,2 %, обменного калия – 62,4 %, обменного кальция – 9,6 %, обменного магния – 41,8 %, обменного натрия – 162,5 %. Степень агрогенной дифференциации агрохимических свойств почвы можно сопоставлять с коэффициентами вариации, отражающих пространственную неоднородность почвы садового ценоза. В целом можно отметить, что по некоторым параметрам почвы отмечены существенные изменения в результате локального применения минеральных удобрений и малообъемного увлажнения, которые необходимо учитывать при составлении рекомендаций по системе применения удобрений в многолетних насаждениях.

Выводы. В результате исследований установлен значительный разброс величин агрогенной дифференциации параметров почвенного плодородия садового ценоза в зоне интенсивной удобренности почвы. Поэтому в плодовых насаждениях в условиях интенсивного локального применения минеральных удобрений и малообъемного орошения для объективной оценки параметров почвенного плодородия немаловажное значение приобретает место отбора почвенных проб. При проведении почвенно-агрохимического обследования почв садовых ценозов предлагается оценивать пространственную неоднородность параметров почвы с учетом микроизменчивости, обусловленной дифференциацией комплекса свойств почв в результате локального применения минеральных удобрений. Отборы почвенных проб рекомендуется проводить отдельно как в местах локального внесения удобрений, так и за пределами очага концентрации питательных веществ. Сопоставление полученных данных позволит более объективно определить обеспеченность почвы питательными веществами, а также установить оптимальные дифференцированные дозы применения удобрений для многолетних плодовых насаждений.

Литература

1. Ионова, З.М. Основные достижения в применении капельного орошения / З.М. Ионова, С.И. Бойко. – Москва: ВНИИТЭИСХ, 1985. – 68 с

2. 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.
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. 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.
6. 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.
7. Язвицкий, М.Н. Удобрение сада. – М.: Московский рабочий, 1972. – 256 с.
8. Кондаков, А.К. Методические указания по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях / А.К. Кондаков, А.А. Пастухова. ЦИНАО. – М., 1981. – 39 с.
9. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений. – М.: ВНИИА, 2007. – 36 с.
10. Трунов, Ю.В. Минеральное питание плодовых растений и баланс элементов в агроэкосистемах // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2005. – № 2. – с. 55-58.
11. Якушев, В.П. Информационное обеспечение точного земледелия / В.П. Якушев, В.В. Якушев. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. – 384 с.
12. ГОСТы 26423-26428-85. Определение катионно-анионного состава водной вытяжки. – Введ. 01.01.1986. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 39 с.
13. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 01.07.1987. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 9 с.
14. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – Введ. 01.07.1986. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 5 с.
15. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. – Введ. 01.07.1993. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 5 с.
16. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
17. Трапезников, В.К. Локальное питание растений / В.К. Трапезников, И.И. Иванов, Н.Г. Тальвинская. – Уфа, 1999. – 260 с.