

УДК 634.1:004.6

UDC 634.1:004.6

DOI 10.30679/2219-5335-2020-1-61-138-147

DOI 10.30679/2219-5335-2020-1-61-138-147

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ФОРМИРОВАНИЯ
БАЗЫ ДАННЫХ ОПЫТОВ
С УДОБРЕНИЕМ
ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР**

**METHODICAL ASPECTS
OF DATABASE FORMING
OF EXPERIMENTS
WITH FERTILIZATION
OF FRUIT CROPS**

Сергеева Наталья Николаевна
канд. с.-х. наук
старший научный сотрудник
лаборатории агрохимии
и мелиорации
e-mail: sady63@bk.ru

Sergeyeva Natalya Nikolayevna
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
of Agric-chemistry and Melioration
Laboratory
e-mail: sady63@bk.ru

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

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

Ярошенко Олеся Владимировна
канд. с.-х. наук
научный сотрудник
лаборатории экологии почв

Yaroshenko Olesya Vladimirovna
Cand. Agr. Sci.
Research Associate
of Laboratory of Soil Ecology

Мачнева Ирина Александровна
канд. с.-х., наук
ст. научный сотрудник
e-mail: kubansad.kubannet.ru

Machneva Irina Aleksandrovna
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
e-mail: kubansad.kubannet.ru

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия*

*Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia*

Повышение адекватности прогнозов при решении агротехнологических задач осуществляется путём применения информационных технологий. Эмпирические сведения об объекте изучения формируются путём создания имитационных моделей с помощью ЭВМ. В процессе решения агротехнологических задач это позволяет анализировать сложные системы в условиях большой размерности

Improving the adequacy of forecasts in solving agro-technological problems is carried out through the use of information technology. The empirical information about the object of study is formed by creating the simulation models using computers. In the process of solving the agrotechnological problems, it allows us to analyze the complex systems under the conditions of high dimensionality

и неполной информации об их строении. Структурированные имитационные системы включают файлы с аналитическим описанием объекта, блоки экспертных оценок, имитации и обработки результатов вычислительного эксперимента (полевого опыта). Актуальность модели возрастает с использованием сетевого варианта совокупности данных, организованных по определённым правилам. В основе оценки агрохимических факторов плодородия садовых почв по эффективности использования почвенных ресурсов многолетними плодовыми растениями, динамике минеральных элементов и метаболитов в листьях лежит методология сбора и анализа информации с использованием базы данных, полученных в полевых опытах с удобрением за последние десятилетия. Нами реализована задача формирования структуры базы данных в соответствии с программой исследования эффективности удобрений в плодовом саду. Для хранения и аналитической обработки с помощью программы Microsoft Office Excel формализованы результаты наблюдений, лабораторных исследований почвы и растений, а также метеоданные. Представлена концептуальная модель базы данных, состоящая из пяти блоков: история опыта, архив метеоданных, данные биологических учётов и наблюдений, данные химических анализов почв, данные химического состава индикаторных органов (листья) и плодов. Структурированная таким образом база данных позволяет оптимизировать проведение математической обработки цифрового материала, а также количественно оценить действие удобрений на продуктивность и функциональную активность плодовых культур, осуществлять математическое моделирование, проводить дисперсионный и корреляционно-регрессионный анализ.

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ, ПОЛЕВОЙ ОПЫТ, УДОБРЕНИЯ, БАЗА ДАННЫХ

and incomplete information of their structure. Structured simulation systems include the files with an analytical description of the object, the blocks of expert assessments, simulation and processing of a calculation experiment results (of field experiment). The model relevance increases with the use of the network version of the data's set organized according to certain rules. The assessment of agrochemical factors of garden soil fertility on the effectiveness of soil resources using by perennial fruit plants, the dynamics of mineral elements and metabolites in the leaves is based on the methodology for collecting and analyzing the information using a database obtained in field experiments with fertilizer over the past decade. We have implemented the task of forming the database structure in accordance with the program for studying the effectiveness of fertilizer in the orchard. For storage and analytical processing using the microsoft office excel program, the results of observations, laboratory studies of soil and plants, and also weather data are formalized. The conceptual model of the database is presented, which consists of five blocks: the history of the experiment, the archive of meteorological data, the data of biological indexes and observations, the data of chemical soil analyzes, and the chemical composition of indicating organs (leaves) and fruits. A database structured by this way allows you to optimize the mathematical processing of digital material, as well as quantify the effect of fertilizers the productivity and functional activity of fruit crops, exercise the mathematical modeling, the dispersion and correlation and regression analysis.

Key words: APPLE-TREE, FIELD EXPERIENCE, FERTILIZER, DATABASE

Введение. Основной целью применения информационных технологий и математического моделирования при решении агротехнологических задач является повышение адекватности прогнозов за счёт более полного использования эмпирических данных. Задача имитационных моделей – формировать с помощью ЭВМ любые эмпирические сведения об объекте. Это позволяет анализировать системы в условиях большой размерности и неполной информации об их строении, более результативно использовать знания предметной области. Структура имитационных систем включает файлы с аналитическим описанием объекта, блоки экспертных оценок, имитации и обработки результатов вычислительного эксперимента. Актуальность модели возрастает с использованием сетевого варианта базы данных [1-5].

Ключевым элементом оценки агрохимических факторов плодородия садовых почв по продуктивности использования почвенных ресурсов многолетними плодовыми растениями, динамике минеральных элементов и метаболитов в листьях является методология сбора и анализа информации с использованием базы данных (БД), содержащей набор данных, полученных в полевых опытах с удобрением плодовых культур за последние десятилетия [6-8].

Объекты и методы исследований. Разработке базы данных предшествовало изучение теоретических основ информационного моделирования, примеров проектирования и реализации баз данных, детальное ознакомление с принципами и этапами проектирования и структуризации БД [9-15]. В процессе разработки структуры базы данных использованы рекомендации Т.С. Карповой [15], А.В. Кузина [16], В.И. Швецова [17], Coronel C., Morris S., Rob P. [18], Connolly T., Begg K., Strachan A. [19] и др. [20-22].

Информация, представленная в формализованном виде в базе данных получена в процессе экспериментальных исследований методом полевого опыта [24], проведённого в соответствии с общепринятыми методиками [23].

Для статистической обработки данных электронных таблиц БД используется системный метод Б.А. Доспехова [25].

Информация, представленная в формализованном виде в созданной нами БД, получена в результате экспериментальных исследований в плодоносящих насаждениях яблони различных групп рослости и возраста сортов Прикубанское, Айдаред, Корей, Голден Делишес, Ренет Симиренко, Ренет кубанский, Чемпион. Полевые опыты расположены в центральной и предгорной зонах Краснодарского края на черноземе выщелоченном и серой лесостепной почве.

Обсуждение результатов. Реализация задачи формирования структуры БД связана с программой исследований эффективности удобрений в плодовом саду: учет и анализ гидротермических факторов, проведение биологических учетов и наблюдений в условиях полевого опыта, лабораторные исследования почвы и растений (рис. 1). Для хранения и обработки экспериментальных материалов может служить широко известная и доступная программа Microsoft Office Excel.

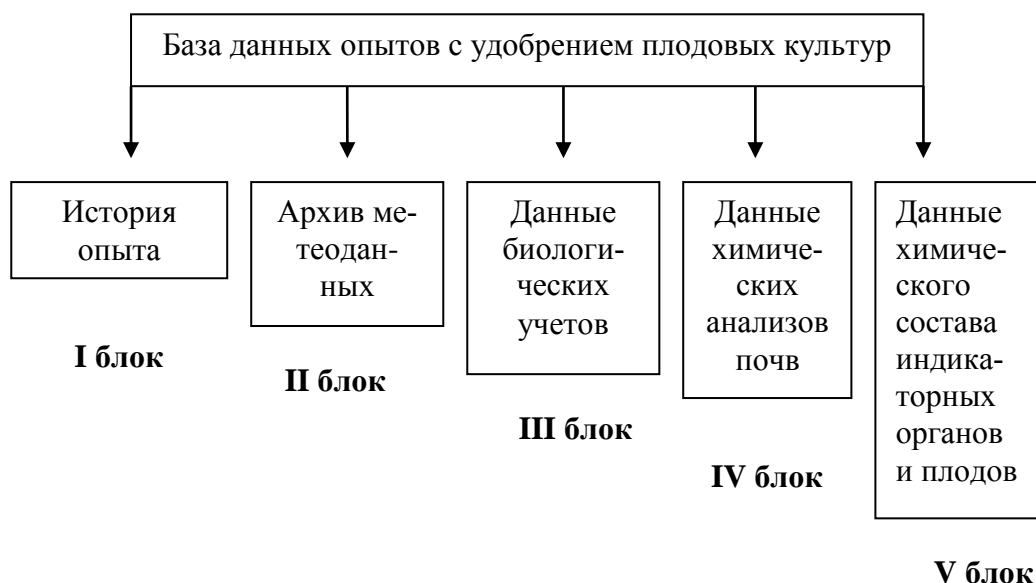


Рис. 1. Концептуальная модель базы данных

Помимо представленных выше блоков база данных должна содержать файлы с таблицами кодировочных сведений об объекте исследований

и таблицу с указанием размерностей величин показателей в соответствии с международной системой единиц СИ. Это систематизирует данные и позволяет унифицировать информацию базы.

Первый этап работ по созданию БД предполагает системное формирование набора данных и их распределение в соответствующие блоки.

Блок № 1 «История опыта» включает информацию, характеризующую объект исследований (до и после закладки опыта): месторасположение опыта или географические координаты, тип почвы, характеристика насаждения (сортовой и возрастной состав сада, подвой, система формирования кроны, площадь под опытом, направление рядов по странам света, схема размещения деревьев, схема опыта, способ размещения вариантов и повторений, количество растений в повторности). Информация должна включать сведения об агротехнике за последние 4-6 лет.

Блок № 2 «Архив метеоданных» включает средние многолетние значения показателей (температура воздуха, количество атмосферных осадков, влажность воздуха, сумма эффективных температур и др.), а также их значения в период закладки и проведения полевого опыта.

Блок № 3 «Данные биологических учетов и наблюдений» в полевом опыте включают:

- результаты таксации всего насаждения с оценкой состояния каждого растения (до закладки опыта);
- диаметр или длину окружности штамбов;
- параметры кроны в двух перпендикулярных направлениях;
- высота кроны (в начале и в конце опыта);
- в случае подмерзания деревьев после суровых зим заносят данные о степени повреждения морозами по пятибалльной шкале: 0 – растения не подмерзли; 1 – подмерзла однолетняя древесина; 2 – подмерзли однолетняя древесина, плодушки, наблюдаются морозобоины на ветвях; 3 – подмерзла 3-5-летняя древесина; 4 – вымерзли основные ветви кроны (не ме-

нее 75 %, но уцелевшие части образуют побеги, могущие хотя бы частично восстановить крону); 5 – деревья погибли;

- степень цветения деревьев в баллах: 5 – обильное, 4 – хорошее, 3 – среднее, 2 – слабое, 1 – очень слабое (единичные цветки), 0 – цветение отсутствует;

- учёты падалицы (количество, вес) со времени достижения ее потребительского значения на каждой делянке;

- учеты урожая плодов с каждого дерева (кг);

- среднюю массу одного плода (средняя проба – 100 шт. плодов, взятых подряд) и процент нормально окрашенных плодов;

- качество урожая по стандарту (выход плодов по товарным сортам) в каждом варианте в двух повторностях;

- прирост побегов на выделенных трех типичных деревьях каждой делянки, количество кольчаток;

- сроки наступления фенофаз.

Блок № 4 «Данные химических анализов почв», непосредственно связанные с анализом отзывчивости растений на изучаемые воздействия. Общее агрохимическое исследование почвы опытного участка проводят на этапе предварительного изучения насаждения. Фиксируемая информация является основой для оценки степени однородности при размещении повторений и анализа воздействия удобрений на пищевой режим почвы. Ежегодно база данных полевого опыта пополняется сведениями о динамике агрохимических показателей почвы. Полученные данные представляют большой интерес для совершенствования метода определения потребности плодовых культур в удобрениях в связи со свойствами почвы (почвенная диагностика).

Основной набор данных, содержащихся в данном блоке: гумус, нитратный и аммонийный азот, рН солевой и водной вытяжек, подвижный фосфор, обменный калий, подвижные формы микроэлементов, сумма поглощенных оснований, гидролитическая кислотность, обменная кислотность.

Блок № 5 «Данные химического состава индикаторных органов (листья) и плодов» состоит из пяти сегментов: 5

- 1) валовый состав основных питательных элементов в листьях (макро- и мезоэлементы);
- 2) микроэлементный (валовый) состав;
- 3) состав минеральных элементов в тканях;
- 4) физиолого-биохимический состав листьев;
- 5) химический состав плодов.

Первый и второй сегменты. Листовой анализ является важнейшим показателем отзывчивости растений на применяемые удобрения. Анализ листьев на содержание валовых форм минеральных элементов, взятых из средней части побега, предшествует закладке опыта, так как даёт представление о состоянии и режиме питания растений. После закладки опыта растительные образцы подвергаются анализу ежегодно, параллельно с анализом почвы. Результаты анализа, ежегодно заносимые в базу, при сопоставлении с анализом почвы, позволяют оценить степень воздействия изучаемых вариантов удобрений, повышает теоретический уровень исследований и достоверность выводов.

Третий сегмент. При изучении динамики содержания в листьях макро- и микроэлементов в течение вегетационного периода анализ количественного содержания минеральных элементов в тканях растений проводят несколько раз, приурочивая отбор проб к основным фазам и этапам развития плодовых деревьев.

Четвертый сегмент. Базовые данные физиолого-биохимического состава листьев являются основной для изучения физиологии питания растений в связи с применением удобрений. Основными данными этого сегмента являются: водный режим растений, жаростойкость, содержание фотосинтетических пигментов, углеводов, белка, аминокислот, органических кислот, фенольные соединения.

Пятый сегмент. Химический состав плодов. В базу данных заносят-

ся количественные результаты химического анализа плодов в стадии съемной зрелости. Для зимних сортов семечковых плодовых культур также результаты химического анализа плодов в процессе хранения (потребительская зрелость) и после снятия с хранения.

Структурированная таким образом база данных позволяет оптимизировать проведение математической обработки цифрового материала, количественно оценить действие удобрений на продуктивность и функциональную активность плодовых культур, осуществлять математическое моделирование, проводить дисперсионный и корреляционно-регрессионный анализ.

Для первичной статистической обработки данных электронных таблиц базы рекомендуется системный метод Б.А. Доспехова. Рекомендация использования данного метода обусловлена возможностью получения достоверного результата анализа при минимальном количестве повторений (3-4), характерном для полевых опытов с удобрением плодовых растений.

Выводы. На основании литературных источников рекомендательного характера и специальных методических разработок, регламентирующих проведение полевых опытов с удобрением плодовых культур, разработана концептуальная модель базы данных. Имеющаяся в базе данных систематизированная информация, позволяет выявлять взаимосвязи в системе «почва-удобрение-многолетнее плодовое растение», используя корреляционный анализ (парные зависимости) экспериментальных данных, содержащихся в структурно оптимизированной системе блоков базы, получать статические и динамические модели (по годам), характеризующие взаимосвязь функционального состояния растений и определённых параметров агрохимических факторов плодородия почвы.

Литература

1. Бондаренко Н.Ф., Жуковский Е.Е., Полуэктов Р.А. и др. Моделирование продуктивности агроэкосистем. Л.: Гидрометиздат, 1982. 347 с. Режим доступа (e-library) <https://elibrary.ru/item.asp?id=20293936>.
2. Ковалев В. М. Теоретические основы оптимизации формирования урожая. М.: МСХА, 1997. 247 с.

3. К.Т. де Вит, Ф.В. Т. Пеннинг де Фриз, Т.Дж. Феррари и др. Моделирование роста и продуктивности сельскохозяйственных культур. Л. : Гидрометеиздат, 1986. 320 с.
4. France By J., Thornley J. H. M. *Mathematical Models in Agriculture*. – London: Butterworth. 1984: pp. 335.
5. Сергеева Н.Н., Федоркова Н.П., Сергеев Ю.И. Использование биоинформационного моделирования в растениеводстве // *Материалы междунар.науч.-практ.конф. «Эффективные инструменты современных наук»*. Прага, 2012. Т.27. С. 88-90.
6. Сергеева Н.Н., Федоркова Н.П. Создание банка данных результатов агрохимических исследований в длительных опытах с удобрением плодовых культур // *Матер. конф. памяти доктора сельскохозяйственных наук С.Ф. Неговелова «Проблемы почвенного мониторинга в аграрном секторе»*. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2008. С. 70-75. Режим доступа (e-library) <https://elibrary.ru/item.asp?id=20762070>.
7. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Сергеева Н.Н., Караваева А.В. База физиолого-биохимических показателей влияния биохимически активных веществ на устойчивость сортов яблони к абиотическим стрессорам юга России (свидетельство о регистрации базы данных RUS 2018620796 12.04.2018). Режим доступа (e-library) <https://elibrary.ru/item.asp?id=36540263>.
8. Сергеева Н.Н., Трунов Ю.В., Ткачев Е.Н. Создание базы данных полевых опытов с удобрением плодовых культур // *Доклады РАСХН*. 2012. № 6. С. 59-61. Режим доступа (e-library) <https://elibrary.ru/item.asp?id=18045157>.
9. Ambler S. *Agile Database Techniques: Effective Strategies for the Agile Software Develop*. New York: John Wiley & Sons, 2003. – 374 pages.
10. Ambler S.W., Sadalage P.J. *Refactoring databases: Evolutionary database design*. New York: Addison Wesley Professional, 2006. – 356 pages.
11. Elmasri R., Navathe S.B. *Fundamentals of Database Systems*. New York: Addison Wesley – 2010. 1200 p.
12. Yan L. *Advanced Database Query Systems: Techniques, Applications and Technologies*. IGI Global, 2011. 392 p.
13. Kroenke D.M., Auer D.J. *Database Processing*. Prentice Hall, 2011. 612 p.
14. Churcher C. *Beginning Database Design: From Novice to Professional*. Apress, 2007. 300 p.
15. Карпова Т.С. *Базы данных: модели, разработка, реализация*. СПб.: Питер, 2001. 304 с.
16. Кузин А.В., Левонисова С.В. *Базы данных*. М.: Академия, 2012. 317 с.
17. Швецов В.И., Визгунов А.Н., Мееров И.Б. *Базы данных*. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. 217 с.
18. Coronel S., Morris S., Rob P. *Database systems: design, implementation and management*. – Boston, 2011. –724 p.
19. Connolly T., Begg K., Strachan A. *Data Bases. Design, Realization and Maintenance. Theory and Practice* – Moscow, 2000 –1120 p.
20. Аблязов В.И., Редько С.Г. *Проектирование баз данных*. СПб. 2009. 53 с.
21. Андреева Е.Г. *Базы данных*. Омск: Изд-во ОмГТУ. 40 с.
22. Date C. J. *An Introduction to database systems*. 7th Edition. – 2012. –247 p.
23. *Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. III (Особенности закладки и проведения длительных опытов в различных условиях)*. М.:ВАСХНИЛ, 1976. 136 с.
24. *Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / Под ред. В.Д. Панникова*. М.:ВАСХНИЛ, 1983. 172с.
25. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта*. М.: Альянс, 2011. 352 с.

References

1. Bondarenko N.F., Zhukovskij E.E., Poluektov R.A. i dr. Modelirovanie produktivnosti agroekosistem. L.: Gidrometizdat, 1982. 347 s. Rezhim dostupa (e-library) <https://elibrary.ru/item.asp?id=20293936>.
2. Kovalev V. M. Teoreticheskie osnovy optimizacii formirovaniya urozhaya. M.: MCXA, 1997. 247 s.
3. K. T. de Vit, F. V. T. Penning de Friz, T. Dzh. Ferrari i dr. Modelirovanie rosta i produktivnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur. L. : Gidrometeoizdat, 1986. 320 s.
4. France By J., Thornley J. H. M. Mathematical Models in Agriculture. – London: Butterworth. 1984: pp. 335.
5. Sergeeva N.N., Fedorkova N.P., Sergeev Yu.I. Ispol'zovanie bioinformacionnogo modelirovaniya v rastenievodstve // Materialy mezhdunar.nauch.-prakt. konf. «Effektivnyye instrumenty sovremennyh nauk». Praga, 2012. T.27. S. 88-90.
6. Sergeeva N.N., Fedorkova N.P. Sozdanie banka dannyh rezul'tatov agrohimicheskikh issledovanij v dlitel'nyh opytah s udobreniem plodovyh kul'tur // Mater. konf. pamyati doktora sel'skohozyajstvennyh nauk S.F. Negovelova «Problemy pochvennogo monitoringa v agrarnom sektore». – Krasnodar: SKZNIISiV, 2008. S. 70-75. Rezhim dostupa (e-library) <https://elibrary.ru/item.asp?id=20762070>.
7. Nen'ko N.I., Kiseleva G.K., Sergeeva N.N., Karavaeva A.V. Baza fiziologo-biohimicheskikh pokazatelej vliyaniya biohimicheskimi aktivnyh veshchestv na ustojchivost' sortov yabloni k abioticheskim stressoram yuga Rossii (svidetel'stvo o registracii bazy dannyh RUS 2018620796 12.04.2018). Rezhim dostupa (e-library) <https://elibrary.ru/item.asp?id=36540263>.
8. Sergeeva N.N., Trunov Yu.V., Tkachev E.N. Sozdanie bazy dannyh polevyh opytov s udobreniem plodovyh kul'tur // Doklady RASHN. 2012. № 6. S. 59-61. Rezhim dostupa (e-library) <https://elibrary.ru/item.asp?id=18045157>.
9. Ambler S. Agile Database Techniques: Effective Strategies for the Agile Software Develop. New York: John Wiley & Sons, 2003. – 374 pages.
10. Ambler S.W., Sadalage P.J. Refactoring databases: Evolutionary database design. New York: Addison Wesley Professional, 2006. – 356 pag-es.
11. Elmasri R., Navathe S.B. Fundamentals of Database Systems. New York: Addison Wesley – 2010. 1200 p.
12. Yan L. Advanced Database Query Systems: Techniques, Applications and Technologies. IGI Global, 2011. 392 p.
13. Kroenke D.M., Auer D.J. Database Processing. Prentice Hall, 2011. 612 p.
14. Churcher C. Beginning Database Design: From Novice to Professional. Apress, 2007. 300 p.
15. Karpova T.S. Bazy dannyh: modeli, razrabotka, realizaciya. SPb.: Piter, 2001. 304 s.
16. Kuzin A.V., Levonisova S.V. Bazy dannyh. M.: Akademiya, 2012. 317 s.
17. Shvecov V.I., Vizgunov A.N., Meerov I.B. Bazy dannyh. Nizhnij Novgorod: Izd-vo NNGU, 2004. 217 s.
18. Coronel S., Morris S., Rob P. Database systems: design, implementation and management. – Boston, 2011. –724 r.
19. Connolly T., Begg K., Strachan A. Data Bases. Design, Realization and Maintenance. Theory and Practice – Moscow, 2000 –1120 p.
20. Ablyazov V.I., Red'ko S.G. Proektirovanie baz dannyh. SPb. 2009. 53 s.
21. Andreeva E.G. Bazy dannyh. Omsk: Izd-vo OmGTU. 40 s.
22. Date C. J. An Introduction to database systems. 7th Edition. – 2012. –247 r.
23. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu issledovanij v dlitel'nyh opytah s udobreniyami. Ch. III (Osobennosti zakladki i provedeniya dlitel'nyh opytov v razlichnyh usloviyah). M.:VASHNIL, 1976. 136 s.
24. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu issledovanij v dlitel'nyh opytah s udobreniyami / Pod red. V.D. Pannikova. M.:VASHNIL, 1983. 172s.
25. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Al'yans, 2011. 352 s.