

УДК 634.1:631.452

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ САДОВЫХ ЦЕНОЗОВ

Попова В.П., д-р с.-х. наук, Сергеева Н.Н., канд. с.-х. наук,
Фоменко Т.Г., канд. с.-х. наук, Пестова Н.Г.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства»
(Краснодар)

Реферат. Выявлены закономерности взаимосвязей агрохимических параметров чернозёма выщелоченного под монокультурой сада для разработки алгоритма оценки состояния плодородия почв и рационального применения удобрений. Использование уравнений зависимости агрохимических параметров садовых почв для их агроэкологической оценки в условиях антропогенного пресинга может рассматриваться как инструмент при составлении агроэкологических прогнозов. Предложены новые методические подходы для оценки степени изменчивости почвенного плодородия интенсивных садовых ценозов при локальном применении минеральных удобрений и водных мелиораций, которые направлены на повышение экологической устойчивости черноземных почв, оптимизацию продуктивности многолетних растений и ресурсосбережение.

Ключевые слова: плодовые насаждения, агрохимические свойства почв, оценка плодородия садовых почв, минеральные удобрения, фертигация

Summary. It is revealed the relationship of regularities agrochemical parameters of black soil under garden monoculture to develop the algorithm of soil fertility evaluation and the rational use of fertilizers. Using of equations of depending garden soil agrochemical parameters to their agric-ecological assessment under anthropogenic pressure can be seen as a tool in the preparation of agric-ecological forecasts. We propose the new methodological approaches to assess the degree of variability of soil fertility of intensive garden cenoses with local application of fertilizers and water reclamation, for the improving the environmental stability of black soils, optimizing of productivity of perennial plants and resource saving.

Key words: fruit plantations, agric and chemical properties of soils, fertility evaluation of garden soil, fertilizers, fertigation

Введение. Увеличение антропогенной нагрузки при ведении интенсивного садоводства и виноградарства способствует трансформации свойств почв. Мониторинг изменений параметров агрофизических, биологических и агрохимических свойств почв в условиях монокультуры многолетних насаждений и оценка направленности процессов деградации является основой для разработки методов и способов, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв [1-3].

В этой связи необходимо определить оценочные показатели агроэкологического состояния почв под многолетними насаждениями для разработки интегральных диагностических методов и предотвращения возможных негативных результатов развития взаимодействия в агробиологической макросистеме «почва-растение».

Необходимость совершенствования методов оценки состояния плодородия почв и расширения количества диагностируемых показателей связана не только с агрогенной трансформацией почв, но и с изменениями климатических условий.

Многоплановое практическое использование количественных методов оценки плодородия почв даёт возможность применения оперативных способов и методов сохранения и воспроизводства ресурсного потенциала земель путём рационального применения удобрений, проведения комплексной мелиорации и окультуривания, оптимизации структуры

землепользования в целом. Целью исследований являлось установление взаимосвязей пищевого, водного режима почв и питательного режима садовых растений при разных уровнях минерального питания в различных почвенно-климатических условиях.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили на стационарных полевых опытах в интенсивных насаждениях яблони ЗАО «ОПХ «Центральное» (Краснодар) и ООО «Сады Предгорья» Северского района Краснодарского края. В основу работы положен метод полевого и лабораторного опытов. Учеты и наблюдения проводили в соответствии с методическими указаниями и методиками исследований [4-6]. Лабораторные анализы почвенных образцов проведены согласно соответствующим ГОСТам [7-13].

В почвенных образцах определяли: влажность почвы, катионно-анионный состав водной вытяжки, рН солевой суспензии, содержание органического вещества, сумму поглощенных оснований, содержание нитратного азота, обменного аммония, подвижного фосфора и обменного калия. Растительные образцы подвергались мокрому озолению по методу Гинзбург (смесью серной и хлорной кислот). Определение азота проводили хлораминовым методом по Починку, фосфора – методом Мерфи-Райли с колориметрическим окончанием, калия – на пламенном фотометре, кальция и магния – комплексонометрическим методом [14]. Лабораторный анализ почвенных и растительных образцов проводили в аналитических лабораториях научного центра агрохимии и почвоведения и в центре коллективного пользования СКЗНИИСиВ. Лаборатории оснащены современным аналитическим оборудованием: микроволновая система пробоподготовки МС-6, пламенный фотометр ПФА-354, фотоэлектроколориметр КФО-У4.2, ионометр И-130.2М, влагометр весовой МХ-50, аналитические весы VIBRA и др.

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» [15]. Построение 2D-диаграмм пространственной неоднородности агрохимических свойств почвы садового ценоза проводили с использованием программного обеспечения Surfer 8 согласно учебно-методическому пособию [16].

Обсуждение результатов. В плодоносящих насаждениях яблони на чернозёме выщелоченном внесение органоминеральных удобрений (запасное на 4 года) в дозе 5,5 т/га локально в почву существенно увеличивало параметры значений агрохимических показателей. Удобрения способствовали расширению диапазона параметров содержания подвижного фосфора и обменного калия (слой почвы 20-60 см). В слое 0-60 см отмечено увеличение гидролитической кислотности с 2,42-4,42 мг-экв/100 г до 3,19-13,60 мг-экв/100 г.

В саду яблони сорта Прикубанское, 2009 года посадки, через год после локального внесения в борозды органоминеральных удобрений содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-60 см существенно увеличилось, обменного калия – в слое 0-40 см. Средние значения показателя на удобренном фоне были выше, чем на контроле на 30,8 % (0-20 см); 8,1 % (20-40 см) и 5,6 % (40-60 см). (табл. 1). При выявлении взаимосвязей показателей определено, что содержание обменного калия в пахотном слое почвы сада тесно связано с уровнем содержания органического вещества ($k = 0,836$). В насаждении яблони сорта Ренет кубанский также определено существенное увеличение в почве подвижного фосфора (0-60 см) и обменного калия (0-60 см).

При локальном внесении минеральных удобрений в дозе N105P65K65B в борозды (1,2 м от штамбов деревьев на глубину 18-20 см) установлена статистически достоверная положительная корреляция содержания обменного калия с содержанием органического вещества почвы: $k = 0,904$ и $0,954$ (0-20 см). Установлена зависимость параметров содержания нитратного азота от $pH_{\text{вод}}$, коэффициенты корреляции $\sim 0,6$ (0-20 см), $0,71$ и $0,72$ (20-40 см). (табл. 2).

Таблица 1 – Влияние органоминеральных удобрений на содержание основных минеральных элементов в почве сада

Сорт	Слой почвы, см	Вариант	\bar{x}	$Sx(v)$	$S_{x(v)\%}$	$HCP_{0,05}$	St	$Sx\%$	
Азот нитратов									
Прикубанское	0-20	контроль	1,30	0,115	8,88	0,88	0,40	13,61	
		ОМУ	1,70	0,252	14,80				
	20-40	контроль	1,23	0,186	15,05	0,35	0,10	6,36	
		ОМУ	1,33	0,120	9,01				
	40-60	контроль	1,07	0,067	6,25	0,20	0,07	4,29	
		ОМУ	1,13	0,067	5,88				
	Подвижный фосфор								
	0-20	контроль	396,67	0,88	0,22	14,04	93,0	0,74	
		ОМУ	489,67	4,41	0,90				
	20-40	контроль	455,33	4,410	0,97	18,02	71,33	0,85	
		ОМУ	526,67	2,603	0,49				
	40-60	контроль	269,33	4,910	1,82	44,31	97,0	3,24	
ОМУ		366,33	10,398	2,84					
Обменный калий									
0-20	контроль	154,33	3,93	2,55	19,94	131,0	2,11		
	ОМУ	285,33	5,36	1,88					
20-40	контроль	131,67	3,18	2,42	11,15	15,33	1,86		
	ОМУ	147,00	2,00	1,36					
40-60	контроль	116,00	0,00	0,00	13,18	8,33	2,55		
	ОМУ	124,33	4,33	3,49					

Таблица 2 – Статические модели (парные зависимости) агрохимических параметров чернозёма выщелоченного при локальном внесении минеральных удобрений в саду яблони

Показатель (y)	Уравнение связи, форма связи	Диапазон исследуемых параметров (факторов) (x_1-x_n)	Теснота связи (коэффициент корреляции), k
<i>0-20 см</i>			
<u>Обменный калий</u> Гумус	$y = 147,86x - 303,71$	3,31-3,95	0,954
	$y = 224,04x - 593,54$ <i>линейная положительная</i>	3,36-3,85	0,904
<u>Азот нитратов</u> рН водное	$y = -96,968x^2 + 1378,5x - 4881,4$ <i>полиномиальная</i>	6,90-7,32	0,572
<i>20-40 см</i>			
<u>Азот нитратов</u> рН водное	$y = -47,18x^2 + 643,84x - 2183,7$	6,63-6,90	0,722
	$y = -51,06x^2 + 689,95x - 2318,4$ <i>полиномиальная</i>	6,50-6,90	0,710

Выявлена зависимость гидролитической кислотности почвы от уровня обменного кальция в диапазоне значений 22,38-26,23 мг-экв/100 г почвы. Наблюдалась зависимость параметров азота нитратов от $pH_{вод}$, ($k = 0,713$, $k = 0,669$, $k = 0,589$). Характер зависимости на фоне применения удобрений не изменялся при изменении диапазона значений $pH_{вод}$.

Создание динамических моделей взаимосвязи агрохимических параметров садовых почв необходимо для разработки алгоритма их оценки и рационального применения удобрений. Для этих целей проведен анализ зависимостей ряда агрохимических показателей в динамике, позволяющий охарактеризовать данные зависимости как закономерные. Так, подтверждена закономерность зависимости содержания в почве обменного калия от содержания гумуса за период 1998-2015 гг., и создана динамическая модель взаимосвязи параметров (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика зависимости обменного калия в пахотном слое почвы от уровня обеспеченности общим гумусом

Год	Показатель (y)	Уравнение связи, форма связи – линейная положительная	Диапазон исследуемых параметров (факторов), % (x_1-x_n)	Теснота связи (коэффициент корреляции), k
1998	Обменный калий Гумус	$y = 406,25x - 892,5$	3,12-3,20	0,693
2002		$y = 182,94x - 433,6$	3,31-3,95	0,656
2003		$y = 503,06x - 1387,5$	3,04-3,29	0,746
2004		$y = 1070,4x - 3296,6$	3,29-3,65	0,520
2005		$y = 345,42x - 990,15$	3,55-4,07	0,558
2006		$y = 235,49x - 658,12$	3,30-3,76	0,988
2007		$y = 249,94x - 687,91$	3,16-3,38	0,730
2008		$y = 571,27x - 1840,8$	3,43-4,33	0,610
2012		$y = 313,38x - 962,78$	3,40-5,21	0,935
2015		$y = 174,38x - 392,97$	3,07-4,60	0,842
Динамическая модель зависимости показателей: $y = 405,253x - 1238,884$ (в диапазоне значений фактора 3,04-4,33 %)				

В границах выявленного диапазона агрохимических параметров серой лесостепной почвы определены взаимосвязи показателей с наиболее высоким коэффициентом корреляции: обменный калий, цинк и гумус ($k = 0,802$, $k = 0,668$ и $k = 0,707$, слой почвы 0-20 и 20-40 см); гидролитическая кислотность почвы и содержание водорастворимых форм кальция и магния; нитратный и аммонийный азот и $pH_{вод}$ почвы. Гидролитическая кислотность почвы зависела от содержания водорастворимых форм кальция и магния: в пахотном слое

выявлена линейная отрицательная форма связи исследуемых параметров с коэффициентами корреляции $k = 0,714$ (Ca/ N_r) и $k = 0,795$ (Mg/ N_r). С глубиной (20-60 см) характер зависимости анализируемых параметров изменялся: была получена прямая положительная зависимость N_r от Mg ($k = 0,780$, слой почвы 20-40 см; $k = 0,619$, слой почвы 40-60 см), зависимость N_r от Ca отсутствовала.

Зависимость нитратного и аммонийного азота от $pH_{\text{вод}}$ почвы можно охарактеризовать как обратную при диапазоне значений $pH_{\text{вод}}$ от 5,77 до 6,33 (0-60 см). С увеличением показателя $pH_{\text{вод}}$ в диапазоне значений от 5,94 до 6,18 (слой почвы 0-20 см) увеличивалось содержание подвижных форм цинка с 0,76 до 1,74 мг/кг ($k = 0,658$).

Насаждения плодовых культур и винограда, возделываемые по современным интенсивным технологиям, отличаются наличием системы капельного орошения, при котором проводится локальное внесение минеральных удобрений; наличием опоры для поддержания растений с натянутой проволокой; целым комплексом интенсивных агротехнологических приёмов. За период полного цикла возделывания насаждений (как многолетней бессеменной культуры) неизбежно происходит формирование зон с различными параметрами почвенного плодородия. В результате корневая система каждого растения одновременно располагается в условиях с различными агрохимическими и физико-химическими свойствами почв.

Общепринятые методы отбора почвенных проб в плодовых насаждениях интенсивного типа для диагностики обеспеченности элементами питания и определения уровня плодородия почв не позволяют учитывать изменение содержания элементов питания в зоне локального внесения удобрений с капельным поливом.

Методы взятия проб почвы традиционно предполагают их отборы по «диагонали» участков, занятыми плодовыми насаждениями, не учитывают специфику интенсивных технологий. В насаждениях, возделываемых по интенсивным технологиям, в связи с конструктивными особенностями это практически неосуществимо, и без учета степени дифференциации свойств почвы недостоверно.

На основе полученных фундаментальных знаний разработан способ оптимизации питания плодовых насаждений интенсивного типа (заявка принята 26.02.2015, приоритет зарегистрирован 2.03.2015 № 2015106779).

Сущность этого способа состоит в использовании усовершенствованной методики отбора почвенных проб в садовых насаждениях, возделываемых по интенсивным технологиям. Отборы проб проводят с учетом конструктивных особенностей плодовых насаждений и винограда отдельно в местах локального внесения удобрений и за пределами очага концентрации питательных веществ. При отборе почвенных образцов проход оператора по участку насаждений осуществляется по междурядьям челночным способом. При этом схема отбора и количество индивидуальных проб для формирования смешанного образца почвы определяется размерами выделяемых элементарных участков.

Оценка параметров почвенного плодородия многолетних насаждений интенсивного типа проводится с учетом фонового уровня обеспеченности почвы элементами питания и степени ее удобренности в зоне локализации минеральных удобрений. Расчет дифференцированных норм применения удобрений осуществляется с использованием усредненного поправочного коэффициента, отражающего степень обеспеченности почвы элементами питания из различных зон удобренности, чего невозможно достичь при применении традиционных подходов.

Конфигурация элементарных участков для отбора почвенных проб привязывается к схеме размещения растений, границы элементарного участка могут быть привязаны к географическим координатам. Отборы почвенных проб проводят отдельно в местах локального внесения удобрений (под капельницами непосредственно в точке контакта раствора питательных веществ и почвы) и за пределами очага концентрации питательных веществ

(на расстоянии 50-60 см от капельницы по направлению к центру междурядья). Таким образом, на каждом элементарном участке из слоя почвы 0-30 см отбирается две отдельные пробы из различных зон удобренности для последующего агрохимического анализа.

На элементарных участках площадью менее 0,25 га проводится точечный отбор в центральной его части под шестью рядом расположенных деревьев (по 3 дерева в каждом ряду). В итоге в слое почвы 0-30 см отбирается по 6 индивидуальных почвенных проб из различных зон удобренности и составляются два смешанных образца почвы.

На элементарных участках площадью более 0,25 га отбор проводят равномерно по всему участку. Проходы осуществляются по междурядьям, отборы проб проводят по мере прохождения оператора в двух рядах деревьев челночным способом. На каждом элементарном участке в слое почвы 0-30 см отбирается по 16-24 индивидуальных почвенных проб для составления двух объединенных проб.

Оценку степени агрогенной дифференциации почвенного плодородия многолетних насаждений интенсивного типа проводят с учетом фонового уровня обеспеченности почвы элементами питания. Расчет степени агрогенной дифференциации агрохимических свойств почвы в зоне локального внесения минеральных удобрений (*SD*) проводят по формуле.

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

где *a* – количественные значения параметра почвы в зоне локализации минеральных удобрений (мг/кг почвы и т.д.),
b – то же за пределами зоны удобренности,
 100 – коэффициент пересчета в %.

Превышение показателей степени агрогенной дифференциации почвы многолетних насаждений (*SD*) величины 25 % свидетельствует о существенном изменении свойств почвы в зоне локализации минеральных удобрений, которое необходимо учитывать при расчете дифференцированных доз применения удобрений.

Предложенный поправочный коэффициент позволит корректировать нормы минеральных удобрений не только по фоновому уровню обеспеченности почвы элементами питания, но и по степени ее удобренности в зоне локализации минеральных удобрений. Усредненный поправочный коэффициент учитывает степень обеспеченности почвы элементами питания из различных зон удобренности, чего невозможно достичь при применении традиционных подходов. Расчет нормы внесения фосфорных и калийных удобрений проводят по формуле:

$$D = U_{п} \times B \times K_{\text{средн.}}, \quad (2)$$

где *D* – норма применения удобрений, кг д.в. на 1 га;
U_п – планируемая урожайность, т/га;
B – нормативы выноса элементов питания с единицей урожая плодов и формирования вегетативной массы, кг/т;
K_{средн.} – усредненный поправочный коэффициент обеспеченности почвы элементами питания из различных зон удобренности.

Расчет усредненного поправочного коэффициента проводят по формуле:

$$K_{\text{средн.}} = \frac{2 \times K_a + K_b}{3} \quad (3)$$

где K_a – поправочный коэффициент к нормам удобрений с учетом содержания подвижных форм фосфора и калия в зоне локализации минеральных удобрений;
 K_b – то же за пределами зоны удобренности.

Оптимальная норма применения азотных удобрений в плодовых насаждениях корректируется согласно соотношению между азотом и фосфором. Расчет проводят по формуле:

$$D_N = Y_n \times (B_N - B_P) \times K_{\text{средн.}} + D_P, \quad (4)$$

где D_N – норма применения азотных удобрений, кг д.в. на 1 га;
 Y_n – планируемая урожайность, т/га;
 B_N – нормативы выноса азота с единицей урожая, кг/т;
 B_P – нормативы выноса фосфора с единицей урожая, кг/т;
 $K_{\text{средн.}}$ – усредненный поправочный коэффициент обеспеченности почвы элементами питания из различных зон удобренности;
 D_P – рассчитанная норма применения фосфорных удобрений, кг д.в. на 1 га.

Фертигация плодовых насаждений приводит к формированию очагов повышенной концентрации питательных веществ. В зоне локализации минеральных удобрений содержание питательных веществ может в десятки раз превышать уровень обеспеченности почвы за пределами зоны удобренности. Поэтому для корректировки норм применения минеральных удобрений в плодовых насаждениях интенсивного типа при очень высокой обеспеченности к общепринятым группировкам почв по содержанию питательных веществ добавлена дополнительная градация и введены поправочные коэффициенты по содержанию минеральных форм почвенного азота (табл. 4), подвижного фосфора (табл. 5), обменного калия (табл. 6).

Таблица 4 – Группировка почв по содержанию минеральных форм почвенного азота в слое 0-30 см (мг/кг почвы) и поправочные коэффициенты к нормам внесения удобрений

Группа	Условная окраска	Обеспеченность почвы	N-NO ₃ + N-NH ₄	Поправочный коэффициент
1	Красная	Очень низкая	< 10	1,5
2	Оранжевая	Низкая	10-20	1,3
3	Желтая	Средняя	20-30	1,0
4	Зеленая	Повышенная	30-40	0,7
5	Голубая	Высокая	40-60	0,5
6	Синяя	Очень высокая	60-80	0,3
Дополнительная группировка				
7	Синяя	Очень высокая	80-100	0,1
8			> 100	0

Таблица 5 – Группировка почв по содержанию подвижного фосфора в слое 0-30 см (мг/кг почвы) и поправочные коэффициенты к нормам внесения удобрений

Группа	Условная окраска	Обеспеченность почвы	По методу			Поправочный коэффициент
			Кирсанова	Чирикова	Мачигина	
1	Красная	Очень низкая	< 25	< 20	< 10	1,5
2	Оранжевая	Низкая	26-50	20-50	11-15	1,3
3	Желтая	Средняя	51-100	50-100	16-30	1,0
4	Зеленая	Повышенная	101-150	100-150	31-45	0,7
5	Голубая	Высокая	151-250	150-200	46-60	0,5
6	Синяя	Очень высокая	251-500	201-500	61-100	0,3
Дополнительная группировка						
7	Синяя	Очень высокая	501-750	501-750	101-150	0,2
8			751-1000	751-1000	151-200	0,1
9			> 1000	> 1000	> 200	0

Таблица 6 – Группировка почв по содержанию обменного калия в слое 0-30 см (мг/кг почвы) и поправочные коэффициенты к нормам внесения удобрений

Группа	Условная окраска	Обеспеченность почвы	По методу			Поправочный коэффициент
			Кирсанова	Чирикова	Мачигина	
1	Красная	Очень низкая	< 40	< 20	< 100	1,5
2	Оранжевая	Низкая	41-80	21-40	101-200	1,3
3	Желтая	Средняя	81-120	41-80	201-300	1,0
4	Зеленая	Повышенная	121-170	81-120	301-400	0,7
5	Голубая	Высокая	171-250	121-180	401-600	0,5
6	Синяя	Очень высокая	251-500	181-400	601-1000	0,3
Дополнительная группировка						
7	Синяя	Очень высокая	501-750	401-700	1001-1500	0,2
8			751-1000	701-1000	1501-2000	0,1
9			> 1000	> 1000	> 2000	0

Заключение. Использование уравнений зависимости агрохимических параметров садовых почв для их агроэкологической оценки в условиях антропогенного прессинга может рассматриваться в качестве инструмента при составлении агроэкологических прогнозов.

В плодовых насаждениях, возделываемых по интенсивным технологиям, для сохранения плодородия почв необходимы комплексные методы, включающие систему оценки параметров состояния почв, агротехнические приемы, сочетающие основное внутрпочвенное внесение удобрений, фертигацию и некорневые подкормки плодовых растений. Дифференцированное применение удобрений в первую очередь способствует рациональному использованию удобрений и снижению нагрузки на окружающую среду в результате экономного их применения.

Литература

1. Попова, В.П. Плодородие чернозёма в плодовом саду / В.П. Попова, Н.Г. Пестова, Н.Н. Сергеева // Земледелие. – 1999. – № 3. – С. 11.
2. Попова, В.П. Удобрение садов (рекомендации) / В.П. Попова, Н.Н. Сергеева, Т.Г. Фоменко. – Краснодар, 2010. – 36 с.
3. Попова В.П. Сохранение плодородия почв плодовых насаждений на биоценотической основе / В.П. Попова, Н.В. Чернявская // Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2011. – № 11 (5). – С. 77-84. – Режим доступа: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/11/05/10.pdf>.
3. 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.
4. Марков, Ю.А. Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1985. – 117 с.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Серова и Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
6. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – Введ. 01.06.1990. Переиздание. – М.: Стандартинформ, 2006. – 5 с.
7. ГОСТы 26423-26428-85. Определение катионно-анионного состава водной вытяжки. – Введ. 01.01.1986. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 39 с.
8. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 01.07.1993. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 6 с.
9. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. – Введ. 01.01.1990. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 5 с.
10. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 01.07.1987. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 7 с.
11. 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.
12. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.- Введ. 01.07.1993.- М.: Издательство стандартов, 1992.- 7 с.
13. Агрохимические методы исследования почв.– М.: Наука, 1975.– 276 с.
14. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
15. Силкин, К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8: Учебно-методическое пособие для вузов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. –66с.