



Р. В. Яковенко,
кандидат с.-г. наук,
доцент кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет садівництва



П. Г. Копитко,
доктор с.-г. наук,
професор кафедри
загального землеробства,
Уманський національний університет садівництва,



І. С. Садовський
аспірант кафедри загального землеробства,
Уманський національний університет садівництва

РЕАГУВАННЯ ЯБЛУНІ В РІЗНІ ВІКОВІ ПЕРІОДИ ПОВТОРНОГО ВИРОЩУВАННЯ НА ЗМІНИ ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ ЗА ДОВГОТРИВАЛОГО УДОБРЕННЯ

Анотація. Розглянуто результати досліджень поживного режиму ґрунту та врожайності дерев яблуні сорту Кальвіль сніговий на насінневій і Айдаред на насінневій і вегетативній М4 підщепах за повторного вирощування на фонах мінерального живлення, створених довготривалим (понад 86-річним) застосуванням різних систем удобрення на темно-сірому опідзоленому ґрунті. Довготривале систематичне внесення органічних та мінеральних добрив і їх поєднання забезпечувало вміст у ґрунті нітратного азоту в межах 26,2-28,6 мг/кг, рухомих сполук і форм фосфору й калію, відповідно, 207-236 та 261-270 мг/кг ґрунту, що перевищувало оптимальні рівні їх кількості в темно-сірому опідзоленому ґрунті. Такі зміни забезпеченості насадження яблуні головними макроелементами живлення, зокрема на фонах систематичного довготривалого внесення органічних та органо-мінеральних добрив, сприяли підвищенню сумарної врожайності дослідних сортів, на 17-35 %.

Ключові слова: яблуня, Кальвіль сніговий, Айдаред, підщепа, вміст макроелементів, удобрення, урожайність.

R. V. Yakovenko,

PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Fruit Growing and Viticulture of Uman National University of Horticulture

P. G. Kopytko,

Doctor of Agricultural Science, Professor of the Department of General Agriculture of Uman National University of Horticulture

I. S. Sadovskiy,

Post-graduate Student, Uman National University of Horticulture

APPLE TREE REACTION AT DIFFERENT AGE PERIODS OF RE-CULTIVATION ON CHANGES IN THE SOIL NUTRITIVE REGIME UNDER LONG-TERM FERTILIZATION

Abstract. In order the intensive orchards bear fruit stably and give high yields every year, the mineral nutrition of fruit trees must be balanced with the help of fertilization. The soil fertilization plays an important role in this process, which provides the optimal content of essential mineral elements for fruit trees in optimal quantities. The soil nutritive regime and, accordingly, the yield of apple orchards in such conditions are significantly increased.

The results of studies of soil nutritive regime and yield of Calville snow variety on the seedling rootstock and Idared variety on the seedling and vegetative M4 rootstocks under re-cultivation on mineral nutrition backgrounds, created by long-term (over 86 years) application of different fertilizer systems on the dark-gray podzolized soil. Long-term systematic application of organic and mineral fertilizers and their combination provided the nitrate nitrogen content in the soil in the range of 26.2-28.6 mg/kg, mobile compounds and forms of phosphorus and potassium – 207-236 and 261-270 mg/kg of soil respectively, which exceeded the optimal levels of their quantity in the dark gray podzolized soil. Such changes in the apple trees supply with the main macronutrients, in particular against the background of systematic long-term application of organic and organic and mineral fertilizers, contributed to an increase in the total yield of experimental varieties by 17-35%. In the first period of growth and fruiting of young apple trees were mostly used for the formation of biomass of nitrogen vegetative organs for the plant fertilization, and in the period of full fruiting of potassium to create a fruit harvest. Increasing

the P_2O_5 content was ineffective. The higher efficiency of the organic fertilizer system was due to a greater increase in the mineral nitrogen content in the soil, and, especially, movable forms of potassium and a better improvement of physical and biological characteristics of soil fertility, as established by the studies of long-term use. It was found that under the organic fertilizer application the soil is enriched not only with N, P and K, but also with trace elements of mineral nutrition of plants.

Key words: apple tree, Calville snow, Idared, rootstock, macronutrient content, fertilization, yield.

Постановка проблеми. Щоб інтенсивні сади стабільно плодоносили й щороку давали високі врожаї мінеральне живлення плодових дерев потрібно балансувати за допомогою удобрення. Головну роль у цьому відіграє ґрунтове удобрення, яке забезпечує оптимальний уміст основних мінеральних елементів для плодових дерев у оптимальних кількостях [1-5]. Поживний режим ґрунту, а, відповідно, й врожайність насаджень яблуні за таких умов відчутно підвищуються, що спостерігалось в багатьох дослідях, проведених у різних ґрунтово-кліматичних умовах [6-8].

Аналіз досліджень і публікацій. Мінеральне живлення рослин є важливою складовою частиною обміну речовин в рослинному організмі, оскільки воно визначає спрямованість біохімічних перетворень, ріст, розвиток, продуктивність насаджень і якість врожаю [5, 9]. Серед елементів, які рослина споживає у великих кількостях і якими найбільше поповнюють ґрунтові запаси є основні макроелементи: азот, фосфор і калій. Це здійснюється за рахунок внесення органічних та мінеральних добрив. У насаджених плодових культур, які тривалий період і повторно вирощуються на одному місці, залежно від зміни властивостей ґрунту під впливом удобрення, а також від особливостей підщеп та вікових періодів життя і плодоношення науково-обґрунтоване використання добрив залишається недостатньо вивченим [10-12]. Вирішити цю проблему можливо лише в тривалих стаціонарних дослідях тому, що вплив різних систем удобрення на зміну властивостей ґрунту і, відповідно, реагування плодових дерев, проявляються лише при довготривалому їх застосуванні [11-16].

Метою наших досліджень було встановлення рівня врожайності яблуні залежно від змін поживного режиму ґрунту за тривалого застосування різних систем удобрення в попередньо та повторно вирощуваному насаджених.

Методика досліджень. Дослідження проводили в яблуневому саду Уманського національного університету садівництва на темно-сірому опідзоленому ґрунті, де вміст гумусу в шарі 0-20 см становив 2,41 %, у шарі 20-40 см – 2,23 %, азоту (за нітрифікаційною здатністю при 14 – денному компостуванні), відповідно – 16,4, 15,9 мг/кг ґрунту, P_2O_5 і K_2O (за методом Егнера – Ріма – Домінго) – 154 і 136 та 269 і 254 мг/кг ґрунту, рН – 5,2, 5,3, сума вібраних основ – 25,0 і 26,0 мг-екв/100 г ґрунту.

Дослід був закладений професором С. С. Рубінім у 1931 році і проводився протягом 50-річного періоду вирощування сильнорослих дерев яблуні сорту Кальвіль сніговий на насінневій підщепі з площею живлення 10х10 м. Після цього був реконструйований шляхом викорчування старих дерев у 1982 році та насадження нових у 1984 році зі збереженням попередніх ділянок

досліджуваних варіантів, на яких посаджено сильнорослі дерева того ж сорту на насінневій підщепі, а також сорту Айдаред на насінневій і вегетативній М4 підщепі з площею живлення всіх саджанців 7х5 м. Схема довготривалого досліду (з 1931 р.) включала такі варіанти: Без добрив (контроль), Гній 40 т/га (органічна система удобрення), Гній 20 т/га + $N_{60} P_{60} K_{60}$ (органічно-мінеральна система), $N_{120} P_{120} K_{120}$ (мінеральна система). У старому дослідному саду всі добрива вносили через рік восени під оранку в міжряддях на глибину 18-20 см. А в новому повторно вирощуваному гній та фосфорні й калійні добрива вносили так само, а азотні – щорічно в половинних дозах навесні перед або на початку вегетації дерев (залежно від погодних умов і стану ґрунту) під культивування чи дискування в міжряддях на глибину 10-15 см. ґрунт у дослідному саду утримувався за паровою системою. Всі дослідження, виміри та обліки виконували за апробованими й стандартизованими методиками, описаними в методичній літературі та в прописах державних стандартів [17-20].

Результати досліджень. Дані досліджень (табл. 1) свідчать, що після 86-річного вирощування яблуневого саду на фонах різних систем удобрення забезпеченість ґрунту мінеральним азотом у різні вікові періоди вегетування дерев змінювалася. Найвищим його вміст був у період повного плодоношення, а найнижчий – у період росту і плодоношення. Це могло бути зумовлено інтенсивним споживанням азоту для формування вегетативних органів дерева й одночасним формуванням врожаю плодів. У період росту і плодоношення вміст мінерального азоту в неудобрюваному ґрунті становив 11,3 мг/кг ґрунту. Варіанти, де вносили добрива характеризувалися істотно вищими показниками нітрифікаційної здатності ґрунту – 14,4-15,9 мг $N-NO_3$ /кг ґрунту, але такий вміст всеодно менший від оптимального рівня у шарі 0-40 см темно-сірого опідзоленого ґрунту для яблуні – 22-25 мг/кг, який встановлено проблемною науково-дослідною лабораторією Уманського НУС [5]. У період плодоношення і росту цей показник азотного живлення був дещо вищим у ґрунті всіх варіантів. Найнижчий він у неудобрюваному ґрунті контрольного варіанта, а на удобрюваних ділянках вміст $N-NO_3$ був значно вищий – 17,1-21,0 мг/кг ґрунту.

У період повного плодоношення відбулося підвищення вмісту азоту у всіх досліджуваних варіантах, а найвищий показник відмічено у варіанті з внесенням органічного добрива, де перевищення контролю становило 64,2 %. У цьому останньому віковому періоді на ділянках варіантів з удобренням вміст нітратного азоту був дещо вищим оптимальних рівнів для темно-сірого опідзоленого ґрунту.

Тривале удобрення яблуневого саду значно

Таблиця 1

Вміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0-40 см у період повторного вирощування яблуневого саду залежно від довготривалого удобрення, мг/кг

Варіант удобрення	Показники в різні вікові періоди вегетування дерев					
	Ріст і плодоношення (1990-1996 рр.)		Плодоношення і ріст (1997-2003 рр.)		Плодоношення (2004-2016 рр.)	
	мг/кг, ґрунту	%, до контролю	мг/кг, ґрунту	%, до контролю	мг/кг, ґрунту	%, до контролю
Без удобрення (контроль)	11,3	100	15,1	100	17,6	100
Гній 40 т/га	15,9	141	21,0	139	28,6	163
Гній 20 т/га + $N_{60} P_{60} K_{60}$	15,4	136	19,0	126	27,1	154
$N_{120} P_{120} K_{120}$	14,4	127	17,1	113	26,2	149
NIP_{05}	0,7	-	0,9	-	1,3	-

вплинуло на вміст у ґрунті рухомих сполук і форм фосфору й калію, про що свідчать дані, наведені в таблиці 2. У шарі ґрунту 0-60 см на всіх ділянках досліді показники вмісту фосфору у всі вікові періоди були високими і значно перевищували оптимальні (70-100 мг/кг ґрунту) для яблуні рівні. Це, очевидно, в певній мірі зумовлювалося високим природним забезпеченням темно-сірого опідзоленого ґрунту рухомими сполуками фосфору. При цьому на удобрюваних ділянках вміст рухомих фосфатів був суттєво вищим від контрольного в усі періоди життя дерев. Найнижчий вміст їх був у ґрунті в період плодоношення і росту.

Вміст калію знаходився в оптимальних (230-280 мг/кг ґрунту) межах для яблуні в темно-сірому ґрунті за виключенням контрольного варіанта в період повного плодоношення, коли він був меншим оптимуму. Серед досліджуваних систем, в період росту і плодоношення та плодоношення і росту, найбільший вміст рухомого калію відмічено у варіанті гній 20 т/га+N₆₀P₆₀K₆₀. Він був істотно вищим порівняно з контрольним. У період повного плодоношення в ґрунті всіх варіантів удобрення спостерігається зменшення вмісту калію, що зумовлено більшою врожайністю насадження і, відповідно, більшим споживанням деревами цього елемента. Серед досліджуваних систем найвищий вміст рухомих

форм калію забезпечила органічна (40 т/га гною ВРХ через рік), де він був істотно вищим від контрольного в неудоблюваному ґрунті, перевищуючи його на 29 відсотків.

Вища забезпеченість ґрунту головними макроелементами живлення позитивно впливала на основний показник продуктивності дерев – врожайність усіх досліджуваних сортопідщепних комбінуваних, яка в дослідних варіантах була теж суттєво вища від контрольної на ділянках, де ґрунт десятки років не удобрювали (табл. 3 і 4).

Врожайність дерев сорту Кальвіль сніговий на насінневі підщепі у перший період росту і плодоношення була досить низькою й на всій площі досліді становила 4,4 т/га. При цьому між її рівнями в дослідних варіантах із удобренням істотної різниці не було, а в контрольному вона була істотно нижчою. У цей період відбувався активний ріст дерев і нарощування габітусу крони. У період плодоношення і росту створені довготривалим систематичним удобренням фони мінерального живлення в більшій мірі сприяли нарощуванню плодоносних утворень і посиленню фізіологічних процесів, спрямованих на диференціювання генеративних органів, що забезпечило збільшення врожайності дослідних дерев. Істотно вищою вона була за органічної та орґано-

Таблиця 2

Вміст рухомих сполук і форм фосфору й калію в шарі ґрунту 0-60 см у період повторного вирощування яблуневого саду залежно від довготривалого удобрення, мг/кг

Варіант удобрення	Показники в різні вікові періоди вегетування дерев											
	Ріст і плодоношення (1990-1996 рр.)				Плодоношення і ріст (1997-2003 рр.)				Плодоношення (2004-2016 рр.)			
	P ₂ O ₅		K ₂ O		P ₂ O ₅		K ₂ O		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	мг/кг, ґрунту	%, до контролю	мг/кг, ґрунту	%, до контролю	мг/кг, ґрунту	%, до контролю	мг/кг, ґрунту	%, до контролю	мг/кг, ґрунту	%, до контролю	мг/кг, ґрунту	%, до контролю
Без удобрення (контроль)	153	100	264	100	138	100	265	100	124	100	210	100
Гній 40 т/га	248	162	312	118	164	119	286	108	229	185	270	129
20 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	239	156	329	125	169	123	290	109	236	190	265	126
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	238	156	300	114	174	126	282	106	207	167	261	124
<i>HIP</i> ₀₅	11	-	15	-	8	-	12	-	14	-	13	-

Таблиця 3

Урожайність повторно вирощуваного насадження яблуні сорту Кальвіль сніговий на насінневі підщепі за різного удобрення, т/га

Варіант удобрення	Показники в різні вікові періоди вегетування дерев		
	Ріст і плодоношення (1990-1996 рр.)	Плодоношення і ріст (1997-2003 рр.)	Плодоношення (2004-2016 рр.)
Без удобрення (контроль)	3,5	12,5	15,6
Гній 40 т/га	4,8	17,4	20,7
20 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,5	16,8	19,3
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,7	15,1	17,5
<i>HIP</i> ₀₅	0,9	1,4	1,8

Таблиця 4

Урожайність повторно вирощуваного насадження яблуні сорту Айдаред за різного удобрення, т/га

Варіант удобрення	Показники в різні вікові періоди вегетування дерев					
	Ріст і плодоношення (1990-1996 рр.)		Плодоношення і ріст (1997-2003 рр.)		Плодоношення (2004-2016 рр.)	
	1*	2*	1	2	1	2
Без удобрення (контроль)	4,8	4,4	14,8	13,9	18,3	17,9
Гній 40 т/га	6,4	5,3	19,5	18,0	22,9	21,7
20 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,7	5,0	18,7	17,8	21,4	20,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6,1	5,4	16,2	15,7	19,8	18,9
<i>HIP</i> ₀₅	0,7		1,7		2,0	

*1 – на насінневі підщепі; 2 – на вегетативній підщепі М4.

мінеральної систем удобрення порівняно з її величиною в контрольному варіанті без удобрення, відповідно, на 39,2 і 34,4 % та з мінеральною системою – на 15,2 і 11,3 %.

У третьому періоді повного плодоношення врожайність у всіх досліджуваних варіантах удобрення була істотно вищою на 11,2-32,7 % від контролю, а за органічного удобрення вона перевищувала також істотно на 3,2 т/га величину врожаю у варіанті мінеральної системи при $NIP_{05}=1,8$. Середня врожайність дерев, у цьому останньому періоді плодоношення, могла б бути вищою, але через складні кліматичні умови в 2014 році, коли квітання у дощову погоду відбувалося погано і плоди не зав'язалися, врожаю на дослідних деревах яблуні зовсім не було.

Урожайність дерев сорту Айдаред на насіннєвій підщепі впродовж усього продуктивного періоду вирощування насадження була дещо вищою порівняно з деревами на підщепі М4, що зумовлювалося меншою величиною крони за однакової схеми садіння 7x5 м (табл. 4), яка була дещо великою для більш слаброслих дерев на вегетативній підщепі.

У перший період росту і плодоношення врожайність дерев на обох підщепах була ще досить низькою та мало відрізнялась у досліджуваних варіантах удобрення, але порівняно з її величиною на контрольних неудобрюваних ділянках вона була істотно вищою на 18,8-33,3 %. У період плодоношення і росту врожайність значно зростає найбільше за органічного та органо-мінерального удобрення, де вона істотно перевищувала величину врожаю плодів у контрольному та варіанті, з внесенням мінеральних добрив. У найбільш продуктивному третьому періоді плодоношення дерева сорту Айдаред на насіннєвій підщепі в усіх варіантах із удобренням формували врожай плодів істотно вищий, ніж без удобрення, а на М4 за мінерального удобрення він істотно не відрізнявся від контрольного. Найвища врожайність дерев на обох підщепах була за органічного удобрення. Вона істотно перевищувала показники контрольного та варіанту з мінеральним удобренням, відповідно, на 25,1 і 21,2 % та 22,3 і 19,3 %. В останньому періоді повного плодоношення найбільше удобрювані дерева використовували рухомі форми калію, а в попередні періоди – сполуки мінерального азоту за довготривалого удобрення саду, особливо органічними добривами. Підвищення вмісту P_2O_5 в ґрунті на удобрюваних ділянках мало використовували рослини на посилення росту та плодоношення. Тому кількість рухомих сполук фосфору як у ґрунті контрольного варіанта, так і на удобрюваних ділянках мало змінювався за нарощування біомаси та врожайності дерев досліджуваних сортів яблуні в усі періоди вегетування дерев. Так, вміст $N-NO_3$ за удобрення зростає на 30-49 %, P_2O_5 – на 49-55 % і K_2O на 14-20 %. Тобто найбільше використовувалося збільшення вмісту K_2O і найменше – P_2O_5 .

Висновки.

1. Зміни забезпеченості насадження яблуні головними макроелементами ґрунтового мінерального живлення за довготривалого понад 86-річного удобрення, зокрема на фонах систематичного довготривалого внесення органічних та органо-мінеральних добрив, сприяли підвищенню сумарної врожайності на 17-35 % досліджуваних сортів Кальвіль сніговий на насіннєвій підщепі та Айдаред на насіннєвій і вегетативній М4 підщепах.

2. В перший період росту і плодоношення молоді дерева яблуні найбільше використовували на формування біомаси вегетативних органів азоту за удобрення насадження, а в період повного плодоношення – калію на створення врожаю плодів. Підвищення вмісту P_2O_5 було неефективним.

3. Вища ефективність органічної системи удобрення зумовлювалася поряд із більшим підвищенням вмісту в ґрунті мінерального азоту, та, особливо, рухомих форм калію також кращим поліпшенням фізичних і біологічних характеристик родючості ґрунту, що встановлено

дослідженнями за довготривалого їх застосування, а також тим, що за внесення органічних добрив він збагачується не тільки на N, P і K, а й на мікроелементи мінерального живлення рослин.

Література:

1. Сергеева Н.Н., Захарова М.Е., Федоркова Н.П. Критерии оценки эффективности применения интегрированной системы удобрения в садовых агроценозах интенсивного типа. Оптимизация технологического-экономических параметров структуры агроценозов и регламентов возделывания плодовых культур и винограда. Краснодар. 2008. Т. 1. С. 253-257.
2. Fageria N.K., Baligar V.C., Li Y.C. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. Journal of Plant Nutrition. 2008. Vol. 31. P. 1121-1157.
3. Wang Na, Joost Wolf, Zhang Fu-suo. Towards sustainable intensification of apple production in China –Yield gaps and nutrient use efficiency in apple farming systems. Journal of Integrative Agriculture 2016, 15(4) 716-725.
4. Малиук Т.В. Діагностика якості мінерального живлення плодів культур. Темат. наук. зб. «Агрохімія і ґрунтознавство». Вип. 82. 2015. С. 45-50.
5. Копитко П.Г. Удобрення плодів і ягідних культур. К, 2001. 206 с.
6. Kuzin A.I., Trunov Yu.V., Solov'yev A.V. Effect of fertigation on yield and fruit quality of apple (Malus domestica Borkh.) in high-density orchards on chernozems in Central Russia. Acta Hort. VIII International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops Eds. 1217. 2018. pp. 343-350. DOI 10.17666/ActaHortic.2018.1217.43.
7. Кондаков А. К. Новая технология удобрения садов с корректировкой доз элементов питания. Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им. И. В. Мичурина (1931-2001 гг.): сб. науч. тр. Т. 1. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001. С. 37-48.
8. Liu H J, Ju X T, Tong Y A. The status and problems of fertilization of main fruit trees in Shaanxi Province. Agricultural Research in the Arid Area, 20, 2002. S. 38-40.
9. Гродзинський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин. Київ: Наук. думка, 1973. 206 с.
10. Майдебурга В.І., Майдебурга О.В., Заморський В.В. Якість та тривалість зберігання плодів яблуні в залежності від рівня мінерального живлення. Зб. наук. пр. УДАУ. – Умань, 2005. – Ч. 1. – № 61. – С. 536 – 548.
11. P. Kopytko, V. Karpenko, R. Yakovenko and I. Mostoviyak Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems. Agronomy Research 15(2). 2017. S. 444-455. Режим доступу <http://agronomy.emu.ee/category/volume-15-2017/number-2-volume-15-2017/>
12. Копитко П.Г., Яковенко Р.В. Урожайність повторно вирощуваного яблуневого саду залежно від змін родючості ґрунту за довготривалого удобрення. Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Харків. 2008. № 1. С. 177-181.
13. Красноштан А.О., Манзій В.В. Ефективність мінеральних добрив при повторному використанні ґрунту під яблунею. Зб. наук. пр. УСГА (на честь 150 річчя). 1999. С. 253-255.
14. Gasparatos D., Roussos P.A., Christofilopoulou E., Haidoutis C. Comparative effects of organic and conventional apple orchard management on soil chemical properties and plant mineral content under Mediterranean climate conditions / Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2011. 11 (4). S. 105-117. Режим доступу https://www.aau.gr/roussos/Roussos/Papers%20PDF/JSSPN_vFP.pdf
15. Серета І.І. Мовчан Н.Ф. Вплив довгострокового застосування добрив на агрохімічні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту і продуктивність яблуні. Садівництво: міжвід. темат. наук. зб. К., Вип.46. 1998. С.95-98.
16. Удобрення садів / Г.К. Карпенчук, П.Г. Копитко, А.О. Бондаренко та ін. 2-е вид. К.: Урожай. 1991. – 248 с.
17. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами / П.В.Кондратенко, М.О. Бублик. Київ. 1996. 95 с.
18. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко та ін. Вінниця. 2014. 332 с.
19. Учеты, наблюдения, анализы, в опытах с плодовыми и ягодными растениями: Метод. рекомендации / Под ред. Г.К. Карпенчука и А.В. Мельника. Умань. 1987.– 115 с.
20. ГОСТ 26208-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Эгнера-Рима-Доминго. М.: Изд-во стандартов, 1992. 6 с.

Reference

1. Sergeeva N.N., Zakharova M.E., Fedorkova N.P. Criteria for assessing the effectiveness of the use of an integrated fertilizer system in intensively cultivated garden agroecosystems. Optimization of technological and economic parameters of the structure of agroecosystems and regulations for the cultivation of fruit crops and grapes. Krasnodar. 2008. Vol. 1. P. 253-257. (in Russian).
2. Fageria N.K., Baligar V.C., Li Y.C. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. Journal of Plant Nutrition. 2008. Vol. 31. P. 1121-1157.
3. Wang Na, Joost Wolf, Zhang Fu-suo. Towards sustainable intensification of apple production in China –Yield gaps and nutrient use efficiency in apple farming systems. Journal of Integrative Agriculture 2016, 15(4) 716-725. (in Chinese).
4. Maliuk T.V. Diagnosis of the quality of mineral nutrition of fruit crops. Thematic scientific collection "Agrochemistry and Soil Science". Issue 82. 2015. P. 45-50. (in Ukrainian).
5. Kopytko P.H. Fertilization of fruit and berry crops. Kyiv. 2001. 206 p. (in Ukrainian).
6. Kuzin A.I., Trunov Yu.V., Solov'yev A.V. Effect of fertigation on yield and fruit quality of apple (Malus domestica Borkh.) in high-density orchards on chernozems in Central Russia. Acta Hort. VIII International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops Eds. 1217. 2018. pp. 343-350. DOI 10.17666/ActaHortic.2018.1217.43. (in Russian).
7. Kondakov A.K. New technology for fertilizing gardens with dose adjustment of nutrients. The main results and prospects of scientific research The Russian Research and Development Institute named after I.V. Michurin (1931-2001): a collection of scientific treatises. Vol. 1. Tambov: Publishing house of TSTU, 2001. P. 37-48. (in Russian).
8. Liu H J, Ju X T, Tong Y A. The status and problems of fertilization of main fruit

- trees in Shaanxi Province. *Agricultural Research in the Arid Area*, 20, 2002. S. 38–40. (in China).
9. Hrodzynskiy A.M. *Fundamentals of chemical interaction of plants*. Kyiv: Scientific opinion, 1973. 206 p. (in Ukrainian).
10. Maidebura V.I., Maidebura O.V., Zamorskyi V.V. Quality and duration of storage of apple fruits depending on the level of mineral nutrition. *Collection of scientific works of USAU*. - Uman, 2005. - Part 1. - № 61. - P. 536 - 548. (in Ukrainian).
- 11 P. Kopytko, V. Karpenko, R. Yakovenko and I. Mostoviak Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems. *Agronomy Research* 15(2). 2017. S. 444-455. Режим доступу <http://agronomy.emu.ee/category/volume-15-2017/number-2-volume-15-2017/> (in Ukrainian).
12. Kopytko P.H., Yakovenko R.V. Yield of re-grown apple orchard depending on changes in soil fertility with long-term fertilization. *Bulletin of KhNAU named after V.V. Dokuchaiev*. Kharkiv. 2008. № 1. P. 177–181. (in Ukrainian).
13. Krasnoshtan A.O., Manziy V.V. The effectiveness of mineral fertilizers in the reuse of soil under the apple tree. *Collection of scientific works of UAA (in honor of the 150th anniversary)*. 1999. P. 253-255. (in Ukrainian).
14. Gasparatos D., Roussos P.A., Christofilopoulou E., Haidoutic C. Comparative effects of organic and conventional apple orchard management on soil chemical properties and plant mineral content under Mediterranean climate conditions / *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2011. 11 (4). S. 105-117. Режим доступу https://www.aua.gr/roussos/Roussos/Papers%20PDF/JSSPN_vFP.pdf (in Greece).
15. Sereda I.I., Movchan N.F. Influence of long-term application of fertilizers on agrochemical properties of dark gray podzolic soil and apple tree productivity. *Gardening: interdepartmental thematic scientific collection*. Kyiv. Issue № 46. 1998. P.95-98. (in Ukrainian).
16. H. K. Karpenchuk, P.H. Kopytko, A.O. Bondarenko and others. *Fertilization of gardens*. 2nd ed. Kyiv: Urozhai. 1991. 248 p. (in Ukrainian)
17. P. V. Kondratenko, M.O. Bublyk. *Methods of conducting field research with fruit crops*. Kyiv. 1996. 95 p.
18. V. O. Yeshchenko and others. *Fundamentals of scientific research in agronomy*. Vinnytsia. 2014. 332 p.
19. Counts, observations, analyzes, in experiments with fruit and berry plants: *Method. recommendations* / Edited by H.K. Karpenchuk and A.V. Melnyk. Uman. 1987. - 115 p.
20. GOST 26208–91 Soil. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Egner – Rim – Domingo method. M.: Publishing house of standards, 1992. 6 p.