

## **ЗМІНА АГРОФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ ЗА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

*С.Е. Дегодюк<sup>1</sup>, Е.Г. Дегодюк<sup>2</sup>,  
О.А. Літвінова<sup>3</sup>, Ю.Д. Боднар<sup>4</sup>, Н.Г. Буслаєва<sup>5</sup>*

*<sup>1,3,5</sup>кандидати сільськогосподарських наук*

*<sup>2</sup>доктор сільськогосподарських наук, професор*

*ННЦ «Інститут землеробства НААН»*

*вул. Машинобудівників, 2б, смт Чабани*

*Києво-Святошинського р-ну Київської обл., 08162, Україна*

*e-mail: <sup>1</sup>s.degodyuk@ukr.net, <sup>2</sup>degodiuk@ukr.net,*

*<sup>3</sup>litvinova19@ukr.net, <sup>4</sup>tikojura@ukr.net, <sup>5</sup>nataliyabuslaeva@ukr.net*

Надійшла 5.03.2019

**Мета.** Вивчення зміни агрофізичних властивостей (щільності складення і загальної пористості) сірого лісового ґрунту під впливом абіотичних і антропогенних чинників на завершення 50-річного терміну ведення зерно-просапної сівозміни. **Методи.** Польовий (візуальні та фенологічні спостереження за фазами розвитку рослин), статистичне оброблення результатів досліджень, кореляційний аналіз. **Результати.** Наведено результати визначення щільності складення і загальної пористості сірого лісового ґрунту (2008–2010 рр.) та формування плужної підшви за фазами розвитку кукурудзи на силос. Характерною її ознакою є збільшення щільності і зниження пористості ґрунту до 8% порівняно з верхнім 0–20 см і нижнім 20–40 см шарами ґрунту. Визначено перманентність змін агрофізичних властивостей ґрунту залежно від коливань абіотичних чинників, що підтверджено результатами кореляційної залежності між ними. Доведено перспективність упровадження в польових сівозмінах відновлюваної і органічної систем удобрення, що забезпечують кращі агрофізичні властивості ґрунту. Упродовж вегетаційного періоду щільність складення ґрунту підвищувалася за органічної системи удобрення від 1,21 до 1,33 г/см<sup>3</sup>, за мінеральної системи удобрення — від 1,27 до 1,46 г/см<sup>3</sup>, відповідно коливання загальної пористості становило від 55 до 47%. **Висновки.** Установлено, що абіотичні чинники (температура і вологість ґрунту) є змінною величиною, яка впродовж вегетаційного періоду впливає на коливання показників щільності і пористості ґрунту. Перманентність змін підтверджено коефіцієнтами кореляційного зв'язку між абіотичними і антропогенними чинниками. Упродовж вегетаційного періоду кукурудзи щільність складення ґрунту підвищується, а загальна пористість знижується з ознаками оптимізації агрофізичних показників за застосування у сівозміні органічних добрив.

**Ключові слова:** сівозміна, плужна підшва, система удобрення, температура, вологість, щільність складення, загальна пористість, кореляційна залежність, урожайність.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-03>

Агрофізичні властивості ґрунтів відіграють важливу роль у процесах ґрунотворення, особливо є цінною інформація і кореляція до контрольованих умов тривалого польового дослідження. Систематичне ведення польової сівозміни впродовж 5-ти ротацій 10-пільної сівозміни за різних систем удобрення позначилося на формуванні щільності складення сірого лісового ґрунту і його загальної пористості. Актуальність досліджень полягає в теоретичному обґрунтуванні і практичному значенні плужної підшви, що виникає за тривалого обробітку ґрунту з обертанням скиби до глибини 20 см, прийнятою у сівозміні. За час проведення дослідження під впливом абіотичних і антропогенних чинників відбулася диференціація агрофізичних показників і визначено вплив традиційних і альтернативних систем удобрення у польовій сівозміні на їх формування.

Фізичні властивості ґрунтів безпосередньо впливають на ефективну родючість ґрунту. Погіршення агрофізичних властивостей родючості ґрунтів є предметом зацікавленості вітчизняної [1, 2] і зарубіжної науки, зокрема, вплив органічних добрив на агрофізичні властивості ґрунтів визначено у роботах зарубіжних авторів [3–6]. В останній із них проаналізовано вплив обробітку ґрунту та внесення добрив на агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту.

В.В. Медведєвим встановлено оптимальну щільність основних типів ґрунтів, зокрема, для дерново-підзолистого ґрунту — 1,33 г/см<sup>3</sup>, чорноземного типу — 1,20–1,21, практично ці величини становлять відповідно 1,50, 1,24–1,28 г/см<sup>3</sup>. Сезонні коливання визначено у межах для дерново-підзолистого ґрунту 0,17, чорноземів — 0,04–0,07, південних ґрунтів — 0,03–0,10 г/см<sup>3</sup> [1].

Для агрофізичної оцінки пористості застосовують шкалу Н.А. Качинського, згідно з якою загальна пористість ґрунту вважається: відмінною — 65–55%, задовільною — 55–50 і незадовільною — менше 50% [7].

Важливою ознакою фізичного стану є плужна підшва — ущільнений прошарок, що утворюється внаслідок дії механізмів на ґрунт на межі переходу між орним і підорним його шарами. За її наявності знижуються адаптивні властивості культур

і лімітується повітряне й водне їх живлення.

**Мета досліджень** — вивчити зміни агрофізичних властивостей (щільності складення і загальної пористості) під впливом абіотичних і антропогенних чинників на завершення 50-річного терміну ведення зерно-просапної сівозміни.

**Методи досліджень.** Наші дослідження проведено впродовж 2008–2010 рр. у польовому досліді, закладеному в 1961 р. на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті в північній частині Правобережного Лісостепу в ННЦ «Інститут землеробства НААН» Києво-Святошинського р-ну Київської обл. У 10-пільній польовій сівозміні дослідження проводили з 3-ма культурами в ланці кукурудза на силос — жито озиме — горох у варіанті без добрив (контроль), за органічної системи удобрення (24 т гною на 1 га ріллі), мінеральної (194 і 261 кг/га NPK) органо-мінеральної (194 і 358 кг/га NPK) та відновлюваної (131 кг/га NPK+6 т/га гною+7 т/га побічної продукції). Одиначна доза на 1 га ріллі NPK — 97 кг/га (N<sub>33</sub>P<sub>30</sub>K<sub>36</sub>). Посівна площа ділянки — 100 м<sup>2</sup>, облікова 50 м<sup>2</sup>, повторення 4-разове, дослід розгорнуто на 3-х полях. Застосовували полицевий обробіток ґрунту на глибину 0–20 см. Агрофізичні властивості визначали за такими методиками: щільність складення — методом ріжучого кільця, пошарово через кожні 10 см до глибини 40 см (ДСТУ ISO 11272–2001) [8]. Загальну пористість обчислювали співвідношенням щільності складення ґрунту і щільності твердої фази, польову вологість — термоваговим методом, відбір зразків ґрунту — через 10 см на глибину 40 см (ДСТУ ISO 11465:2001) [9], температуру ґрунту вимірювали цифровим термометром за методом відомих учених [10]. Зразки ґрунту відбирали у фазі 4–5-ти листків, викидання волоті та молочно-воскової стиглості, зелену масу кукурудзи збирали вручну з кожної ділянки окремо.

Кількість опадів упродовж років досліджень становила: у 2010 р. — наближалася до норми (659 мм), 2008 р. — вище (745 мм) і в 2009 р. — нижче норми (453 мм). Це позначилося на агрофізичних властивостях ґрунту і формуванні продуктивності культур у ланці польової сівозміни. Упродовж 3-х років зберігалися температурні аномалії — за

річної норми 7,8°C фактично вона становила 9,4–9,7°C.

**Результати досліджень.** Проведені комплексні дослідження пов'язані з абіотичними чинниками (температурою і вологістю ґрунту), які визначають сезонні коливання агрофізичних властивостей щільності складення і загальної пористості ґрунту. Визначено, що вже на початку вегетаційного періоду кукурудзи польова вологість, за застосування середніх доз мінеральних добрив сумісно з органічними, підвищилася на 16%, що на 1–1,2% більше від суто мінеральної системи удобрення і від екстенсивного ведення сівозміни (без добрив). Характерною ознакою плужної підшови в досліді, розташованій на глибині 20–30 см, є зменшення польової вологоємності порівняно з шаром 30–40 см навесні — до 4–5%, у середині вегетації — до 6–8 і наприкінці — 8–15%.

Температурний режим ґрунту визначали вранці (8.00 год) і ввечері (після 16.00 год). Установлено, що на початку вегетації зранку температура ґрунту була вирівняна незалежно від систем удобрення, ввечері — за систем удобрення з унесенням гною намітилася тенденція до її підвищення на 0,2–0,4°C порівняно з контролем без добрив, що є позитивним явищем на початку вегетації. У середині вегетаційного періоду та перед збиранням врожаю у вечірні години температура ґрунту знижувалася за систематичного застосування органічних і мінеральних добрив. Це може свідчити про незначне випаровування вологи з ґрунту. Проведений кореляційний зв'язок між температурою ґрунту і його вологістю свідчить про її тісну залежність між цими показниками впродовж першої половини вегетаційного періоду кукурудзи ( $r=0,670-0,876$ ), з послабленням до значень  $r = 0,060-0,490$  у вечірні години на час викидання волоті. Визначені параметри коефіцієнтів кореляційного зв'язку свідчать про перманентну мінливість абіотичних чинників, що має відповідний вплив і на формування агрофізичних властивостей ґрунту.

Щільність складення сірого лісового ґрунту на час сходів, в середині і наприкінці вегетації кукурудзи слід означити як перемінну величину з коливанням впродовж сезону на контролі без добрив на 0,10 г/см<sup>3</sup>,

за мінеральної системи удобрення — на 0,14, за органо-мінеральної помірної ( $N_{80}P_{60}K_{30} + 12$  т/га гною) — на 0,09 і насиченої ( $N_{160}P_{90}K_{160} + 12$  т/га гною) — на 0,10 г/см<sup>3</sup>. За щільності складення на контролі без добрив навесні 1,33 г/см<sup>3</sup> найпомітніше її зниження у шарі 0–40 см визначено за відновлюваної і помірної органо-мінеральної систем удобрення, що відповідало 1,28 і 1,30 г/см<sup>3</sup>, підвищуючись до значень контролю за високих навантажень мінеральними добривами ( $N_{160}P_{90}K_{160}$ ) як без гною, так і на його фоні (таблиця).

За систем удобрення з органічними добривами з помірними дозами NPK впродовж усього вегетаційного періоду щільність складення сірого лісового ґрунту була в середньому до 5% нижчою порівняно з мінеральною системою і екстенсивним веденням сівозміни. За градацією В.В. Медведєва [1] визначена щільність складення відповідає середнім параметрам для сірого лісового ґрунту на початку вегетаційного періоду кукурудзи (1,33 г/см<sup>3</sup>). За внесення органічних добрив вона знижувалася до 1,28–1,30 г/см<sup>3</sup>, у шарі ґрунту 0–40 см становила 0,08–0,14 г/см<sup>3</sup>, проте з ознаками ущільнення у межах плужної підшови (20–30 см), особливо на високих фонах мінеральних добрив, де вона досягла 1,49–1,52 г/см<sup>3</sup>. Тоді як за відновлюваної системи удобрення щільність ґрунту становить 1,40, органо-мінеральної (помірної) — 1,44 г/см<sup>3</sup> (див. таблицю).

Визначення кореляційної залежності між щільністю й абіотичними чинниками відображає постійну мінливість кореляційних зв'язків впродовж вегетаційного періоду. Між температурою ґрунту і щільністю складення встановлено перемінну кореляцію від тісного від'ємного зв'язку на початку вегетації ( $r=-0,600-0,677$  — до тісної залежності на час молочно-воскової стиглості ( $r=0,704-0,928$ ). Відповідну залежність визначено між продуктивною вологістю і щільністю складення ґрунту, що свідчить про динамічність гетерогенної системи в процесі ґрунтоутворення у мінливому абіотичному середовищі.

Для визначення пористості ґрунту складовою частиною є щільність твердої фази, як стабільної її величини, яка залежить від гранулометричного його складу і становить у шарі 0–40 см на контролі без добрив і за

**Зміна щільності сірого лісового ґрунту під кукурудзою на силос за різних систем удобрення (середнє за 2008–2010 рр.), г/см<sup>3</sup>**

Удобрення на 1 га ріллі		Шар ґрунту, см	Фаза розвитку рослин				
Гній, т/га	N–P–K, кг/га		4–5 листків	Викидання волоті	Молочно-воскова стиглість		
Без добрив (контроль)		0–10	1,28	1,42	1,46		
		10–20	1,30	1,39	1,43		
		20–30	1,41	1,43	1,45		
		30–40	1,33	1,34	1,37		
Мінеральна система удобрення		0–10	1,26	1,42	1,48		
		10–20	1,28	1,41	1,44		
		–	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	20–30	1,38	1,45	1,47
		30–40	1,32	1,34	1,38		
–	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–10	1,25	1,43	1,49		
		10–20	1,29	1,44	1,47		
		20–30	1,44	1,48	1,52		
		30–40	1,35	1,39	1,41		
6	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> + п.п.*	0–10	1,24	1,34	1,38		
		10–20	1,26	1,29	1,35		
		20–30	1,35	1,39	1,40		
		30–40	1,26	1,28	1,30		
Органо-мінеральна система удобрення		0–10	1,26	1,35	1,39		
		10–20	1,28	1,32	1,37		
12	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	20–30	1,36	1,43	1,44		
		30–40	1,31	1,32	1,36		
12	N <sub>160</sub> P <sub>90</sub> K <sub>160</sub>	0–10	1,27	1,38	1,44		
		10–20	1,29	1,36	1,41		
		20–30	1,42	1,46	1,49		
		30–40	1,32	1,36	1,39		
Органічна система удобрення		0–10	1,20	1,33	1,36		
		10–20	1,22	1,30	1,33		
		20–30	1,35	1,37	1,40		
		30–40	1,25	1,28	1,30		
24	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0–10	0,02	0,02	0,03		
		10–20	0,02	0,03	0,03		
		20–30	0,02	0,02	0,02		
		30–40	0,03	0,01	0,02		
	H <sub>10</sub> P <sub>05</sub>	0–10	0,02	0,02	0,03		
10–20		0,02	0,03	0,03			
20–30		0,02	0,02	0,02			
30–40		0,03	0,01	0,02			

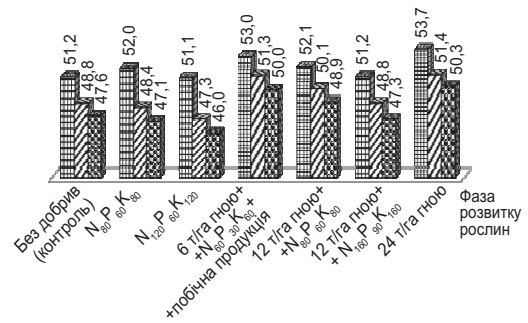
\*Побічна продукція попередника.

мінеральної системи удобрення 2,73, а за внесення органічних добрив — 2,71 г/см<sup>3</sup>. Установлено, що пористість (як і щільність складення ґрунту) є перемінною величиною і залежить від абіотичних чинників і обробітку ґрунту. На початку вегетації кукурудзи пористість ґрунту ще не набула рівноважної величини і становила загалом по досліді

51,2–54% з підвищенням її за внесення в ґрунт органічної речовини. У середині вегетаційного періоду і перед збиранням кукурудзи задовільні показники пористості зберігалися за відновлюваної системи удобрення. За решти систем і на контролі без добрив цей показник був у межах 47–49%, що визначається незадовільною оцінкою (рисунок).

Характерною ознакою плужної підшови (20–30 см) залишається найнижчий рівень пористості порівняно з сусідніми шарами ґрунту (10–20 і 30–40 см), що коливається в межах 46–49%, і є нижче задовільної оцінки. Посезонне ущільнення плужної підшови відрізнялося, порівняно з верхнім 0–20 см шаром, на початку — на 8%, у середині — на 6 і наприкінці вегетації кукурудзи, відповідно у шарі 30–40 см — на 7,8 і 7%, що свідчить про поступове ущільнення орного шару. Тоді як у шарі 30–40 см воно не зазнавало значних коливань. Аналіз наведених даних свідчить, що плужна підшва є стабільним антропогенним утворенням, для регулювання якої потрібні агротехнічні заходи. За даними В.В. Медведєва, зі зменшенням порового простору зменшується коефіцієнт перенесення вологи, особливо майже за відсутності макропор, характерних для переущільненого шару плужної підшови [1]. Відомо, що в переущільненому шарі ґрунту переважають анаеробні процеси, погіршуються умови для деструкції і синтезу органічної речовини. Це помітно впливає на поживний і водний режими, викликає активний тип сорбції, спрямований для подолання енергетичних бар'єрів, а не на формування врожаю.

За наявного агрофізичного стану сірого лісового ґрунту за 5 ротаций польової 10-пільної сівозміни у формуванні врожайності зеленої маси кукурудзи вирішальне значення мало застосування органічних добрив, які за органічної, відновлюваної і органо-мінеральної систем удобрення забезпечили стабілізацію продуктивності порівняно з контролем



**Вплив тривалого застосування добрив на зміну загальної пористості ґрунту у шарі ґрунту 0–40 см під кукурудзою на силос, середнє 2008–2010 рр., %:** ■ — 4–5 листків; ▨ — викидання волоті; ▩ — молочно-воскова стиглість

без добрив і за суто мінеральної системи удобрення. За урожайності кукурудзи на контролі без добрив 24,8 т/га зеленої маси приріст її за органічної системи удобрення становив 46,3 т/га (96% до контролю), за відновлюваної — 48,7 т/га (92%), за органо-мінеральної (помірної) — 54,3 т/га (119% до контролю без добрив). Тоді як за суто мінеральної системи удобрення  $N_{120}P_{60}K_{120}$  — 44,3 т/га. Приймаючи за норматив зниження продуктивності сільськогосподарських культур на третину від переущільнення ґрунту, цілком реальним було б одержання 70 т/га зеленої маси кукурудзи за умов розущільнення ґрунту чизельними знаряддями на глибину 35–40 см, що збільшує водопроникність майже удвічі і забезпечує пасивну сорбцію у водному і мінеральному живленнях рослин [11].

## Висновки

Установлено, що щільність і пористість визначають агрофізичні властивості ґрунту і за їх оптимізації спрямовують процеси ґрунтоутворення у напрямі простого або розширеного відтворення його родючості, за погіршення — до деградації ґрунтового покриву і зниження продуктивності агроценозу. Моніторинг, проведений на завершення 5-ї ротатії 10-пільної польової сівозміни, свідчить, що абіотичні чинники (температура ґрунту і його вологість)

є перманентною величиною, яка впливає на коливання показників щільності і пористості ґрунту. Це підтверджено динамікою сезонних спостережень і визначеними коефіцієнтами кореляційного зв'язку між ними. Щільність і пористість піддаються позитивному регулюванню у системах удобрення із залученням до них органічних добрив у вигляді підстилкового ґною і побічної продукції рослинництва. За суто мінеральної системи удобрення

відбуваються деградаційні процеси внаслідок переущільнення ґрунту. Помітне погіршення агрофізичних властивостей ґрунту створює плужна підшова на глибині підорного шару (20–30 см), що утворюється незалежно від системи удобрення, як

чинник ущільнювальної дії від сільськогосподарських знарядь. Її щільність складення збільшується, а пористість зменшується на 6–8% упродовж вегетаційного періоду кукурудзи на силос, що впливає на водний і поживний режими рослин.

**Degodyuk S.<sup>1</sup>, Degodyuk E.<sup>2</sup>, Litvinova O.<sup>3</sup>, Bodnar Yu.<sup>4</sup>, Buslayeva N.<sup>5</sup>**

*NSC «Institute of Agriculture of NAAS», 2b Mashynobudivnykiv Str., Chabany, Kyiv-Sviatoslyn region, Kyiv oblast, 08162, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>s.degodyuk@ukr.net, <sup>2</sup>degodyuk@ukr.net, <sup>3</sup>litvinova19@ukr.net, <sup>4</sup>tikojura@ukr.net, <sup>5</sup>nataliyabuslaeva@ukr.net*

### **Changes in the parameters of grey forest soil with long-term use of organic and mineral fertilizers**

**Goal.** To study changes in agro-physical properties (density and total porosity) of grey forest soil under the influence of abiotic and anthropogenic factors on the completion of the 50-year period of the grain-tilled crop rotation. **Methods.** Field (visual and phenological observation of phases of plant development), statistical processing of research results, correlation analysis. **Results.** The results are given of the determination of the density and the total porosity of the gray forest soils (2008–2010), and the formation of a plow sole in the phases of development of corn for silage. Their characteristic features are the increase of density and reduction of porosity of the soil to 8% in comparison with the upper (0–20 cm) and bottom (20–40 cm) soil layers. They determined permanent changes in agro-physical

properties of the soil depending on the fluctuations of abiotic factors, which was confirmed by the results of the correlation between them. They also proved good perspectives for implementation in the field crop rotations of renewable and organic fertilizer systems, providing the best agro-physical soil properties. During the vegetation period, the density of the composition of the soil at the use of the organic fertilizer system increased from 1.21 to 1.33 g/cm<sup>3</sup>, and at the use of mineral fertilizer system — from 1.27 to 1.46 g/cm<sup>3</sup>. The variations of total porosity ranged from 55 to 47% respectively. **Conclusions.** It is established that abiotic factors (temperature and soil moisture) are variable. During the vegetation period, they influence the fluctuations of the density and porosity of the soil. Permanent change is confirmed by coefficients of correlation between abiotic and anthropogenic factors. During the vegetation period of maize, the density of the composition of the soil is increased and total porosity is reduced with signs of optimization of agro-physical parameters at use in the crop rotation of organic fertilizers

**Key words:** crop rotation, plow sole, fertilizer system, temperature, humidity, density of the composition, general porosity, correlation, yield.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-03>

## Бібліографія

1. *Медведев В.В.* Агро- и экофизика почв. Харьков: ООО «Полосатая типография», 2015. 312 с.
2. *Цвей Я.П., Вакуленко М.О., Колібабчук Т.В.* Рекомендації з енергоощадного способу основного обробітку ґрунту з елементами мінімізації. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 32 с.
3. *Stefanic G., Sandoiu D., Gheorghita N.* Fertiliza organica, masura obligatorie in agricultura durabila. Probleme de agrofototehnie teoretica si aplicata. Inst. De cercetare-dezvoltare agricola. Fundulea, 2006. V. 28. № 1–2. P. 49–60.
4. *Repsiene R., Ozeraitiene D.* Manuring effect on the soil properties and crop rotation yield. *Zemdirbyste. Lietuvos zemes ukio univ. Akademija*, 2006. T. 93. № 4. P. 199–209.
5. *Cui Lanying, Yang Zengling, Han Lujia, Teng Guanghui.* Rapidly estimating fertilizer value of dairy manure based on physical and chemical properties. *J. China Agr. Univ.* 2006. V. 11. № 2. P. 98–102.
6. *Feiziene D., Feiza V., Lazauskas S.* et al. The influence of soil management on soil properties and yield of crop rotation. *Zemdirbyste. Lietuvos zemes ukio univ. Akademija*, 2007. T. 94. № 3. P. 129–145.
7. *Качинский Н.А.* Физика почвы. Москва, 1965. Ч. 1. 322 с.
8. *Якість ґрунту.* Визначання щільності складення на суху масу. ДСТУ ISO 11272–2001. [Чинний від 2003-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2001. 15 с.
9. *Якість ґрунту.* Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод: ДСТУ ISO 11465–2001 ДСТУ ISO 11465–2001. [Чинний від 2003-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2001. 10 с.
10. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с.
11. *Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва; за ред. Е.Г. Дегодюка, В.Ф. Сайка, М.С. Корнійчука та ін.* Київ: Урожай, 1992. 314 с.