

УДК 631.4

© 2022

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ЗА АГРОФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПОСІВНОГО ШАРУ ҐРУНТУ

*С.І. Криlach**кандидат сільськогосподарських наук**ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»**4, вул. Чайковська, м. Харків, 61024, Україна**e-mail: svetlana.krylach@gmail.com**ORCID: 0000-0002-3347-6561*

Надійшла 28.02.2022

Мета. Розробити модель посівного шару ґрунту з оптимальними параметрами щільності будови у піднасіннєвому прошарку та структурного складу в наднасіннєвому прошарку ґрунту для сільськогосподарських культур залежно від розміру їхнього насіння. **Методи.** Польовий (дрібноділянковий), математико-статистичний, розрахунковий. **Результати.** В результаті проведених досліджень визначено оптимальні параметри структурного складу та щільності будови посівного шару ґрунту з урахуванням вимог сільськогосподарських культур і розміру їх насіння. Для рослин із дрібним розміром насіння (просо) переважний розмір структурних агрегатів у наднасіннєвому прошарку ґрунту повинен коливатися у межах від 0,5 до 7 мм, для рослин із середнім (пшениця яра) та великим (кукурудза) розміром насіння — від 1 до 10 мм; щільність будови піднасіннєвого прошарку ґрунту повинна коливатися у межах від 1,1 до 1,3 г/см³. У ході проведених досліджень доведено доцільність диференціації посівного шару ґрунту на прошарки та створення у кожному із них оптимальних агрофізичних параметрів, безпосередньо перед посівом сільськогосподарських культур. Установлено покращення проростання, росту та розвитку сільськогосподарських культур на модельних ділянках із оптимальними параметрами посівного шару ґрунту. Створення, перед сівбою, оптимальних параметрів посівного шару ґрунту сприяло збільшенню довжини та діаметру коренів рослин кукурудзи відповідно на 29% і 22%, пшениці ярої — на 17% і 19% та проса — на 12% і 8% порівняно із контрольними ділянками, де застосовували стандартну технологію обробітку. Протягом досліджень спостерігали збільшення врожаю сільськогосподарських культур за оптимальних агрофізичних параметрів, порівняно зі стандартною технологією обробітку ґрунту: для рослин із дрібним розміром насіння приріст урожаю становив 50%, для рослин із середнім і великим розміром насіння — 25% та 35% відповідно. **Висновки.** За результатами досліджень встановлено, що модель оптимального за агрофізичними параметрами посівного шару ґрунту дає змогу створити найліпші умови для проростання насіння та появи сходів сільськогосподарських культур, що в подальшому є вагомим аргументом на користь урожаю.

Ключові слова: ґрунт, посівний шар, сільськогосподарські культури, структурний склад, щільність будови.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202203-02>

Вступ. За сучасних умов інтенсифікації сільського господарства та змін клімату надзвичайно актуальним для агропромислового комплексу України є агрофізичне забезпечення розвитку сільськогосподарських культур. Сприятливі агрофізичні властивості — одна з неодмінних складових частин ґрунтової родючості та запорука отримання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур. Саме від агрофізичних параметрів ґрунту залежить безліч ґрунтових процесів, що протікають у ньому, зокрема водний, повітряний та тепловий режим, які впливають на чутливість ґрунту до агрозаходів, вибір технологій, ефективність господарювання і, в цілому, сприяють ефективному росту, розвитку та продуктивності вирощуваних культур [1–3].

Численними дослідженнями встановлено [4, 5], що найсприятливіші умови для процесів, які протікають у ґрунті, створюються за оптимальної будови його оброблюваного шару, що й зумовлює постійний інтерес учених до пошуку таких параметрів ґрунту. Відомо, що одним із найважливіших показників родючості та окультуреності ґрунту є його щільність будови. Цей параметр, передусім, впливає на ріст коренів рослин, оскільки надмірне ущільнення є істотною перешкодою для їх проникнення. Характерною реакцією коренів на переущільнення ґрунту є зменшення розміру коренів і скорочення їхньої довжини [6], що в подальшому негативно позначається на урожайності сільськогосподарських культур [7, 8].

Дослідженнями С.І. Долгова зі співавторами [9], доведено, що задовільні умови проростання рослин існують у деякому і, не дуже малому, інтервалі значень щільності будови, у межах якого коренева система рослин і ґрунтова мікрофлора достатньою мірою забезпечуються ґрунтовою вологою та повітрям. Хоча помітна різниця проникності ґрунту корінням залежно від ступеня його пухкості дає підставу вважати, що основною причиною деякого пригнічення росту рослин за початково високого розпушування ґрунту, є механічне пошкодження коренів їхнього обривання.

Спробу виявити оптимальні значення щільності будови для ґрунту суглинкового

гранулометричного складу для забезпечення оптимального для рослин умісту води та повітря з позицій оптимальної структури порового простору, було зроблено І.В. Кузнецовою [10]. За критерій оцінювання оптимальної будови ґрунту автор пропонує використовувати вміст у ґрунті повітря за насиченості його водою до найменшої вологості (НВ). Дослідженнями було встановлено, що залежно від типу ґрунту оптимальні параметри щільності будови відрізнялися у межах від 1,03 до 1,36 г/см³, зі зміщенням у бік більш низьких значень за високого вмісту органічних речовин у ґрунті та в бік більш високих значень — за їхнього низького вмісту.

Аналізуючи дані численних модельних експериментів із різними польовими культурами, В.В. Медведєв [3] виявив деякі нерозв'язані питання, зокрема, недосконалість розроблених методичних підходів до пошуку оптимальних агрофізичних параметрів у ґрунтах різних генетичних типів із урахуванням гранулометричного складу, особливостей типу профілю та будови орного шару; відсутність даних щодо вимог окремих сільськогосподарських культур, особливо, за фазами розвитку, до ґрунтових агрофізичних умов тощо.

Також залишається незрозумілим який, все ж таки, розмір структурних агрегатів повинен бути у посівному шарі ґрунту задля нормального проростання та розвитку рослин. Умовно прийнято, що розмір агрономічно цінних структурних агрегатів коливається у межах від 0,25 до 10 мм. Хоча окремими дослідженнями встановлено, що агрегати розміром більше 5 мм характеризуються невеликою механічною міцністю та слабкою вологостійкістю [11], що свідчить про необхідність уточнення оптимального розміру структурно-агрегатного складу ґрунту.

Отже, необхідність створення оптимальної моделі посівного шару ґрунту щодо його агрофізичних властивостей залежно від вирощуваної культури та розміру її насіння не викликає сумніву. Відмітимо, що інтервал оптимальних параметрів агрофізичних властивостей повинен коригуватися не лише для окремої сільськогосподарської культури, а й для генетичного типу ґрунту,

його гранулометричного складу та ґрунтово-кліматичної зони вирощування.

Під моделлю оптимального посівного шару ґрунту маються на увазі, головним чином, параметри структурного стану та щільності будови ґрунту, які б задовольняли вимоги сільськогосподарських культур і забезпечували їхню максимальну продуктивність.

Мета роботи. Розробити модель посівного шару ґрунту з оптимальними параметрами щільності будови у піднасіньовому прошарку та структурного складу в наднасіньовому прошарку ґрунту для сільськогосподарських культур залежно від розміру їхнього насіння.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в умовах дрібноділянкових польових дослідів на території ДП ДГ «Граківське» (с. Новий Коротич Харківського району Харківської області). Досліджений ґрунт має такі параметри: рН сольовий — 6,50, загальний уміст гумусу — 3,30%, вміст мінерального азоту — 22,99 мг/кг ґрунту, фосфору та калію (за Чиріковим) — відповідно 318,69 та 512,67 мг/кг ґрунту.

Для проведення досліджень було обрано три сільськогосподарські культури із різним розміром насіння: кукурудза (великий розмір насіння), пшениця яра (середній розмір насіння) та просо (дрібний розмір насіння).

Площа однієї ділянки становила 1 м², повторність у досліді — чотириразова. Дослід включав 6 варіантів: 1) Модель оптимального посівного шару ґрунту із припущеними параметрами брилистості у наднасіньовому прошарку ґрунту, оптимальними параметрами структурного складу у наднасіньовому та щільності будови у піднасіньовому прошарках для кукурудзи; 2) Так само з відповідними параметрами для пшениці ярої; 3) Так само з відповідними параметрами для проса; 4) Контрольний варіант із природними параметрами та загальноприйнятими технологіями обробітку за вирощування кукурудзи; 5) Так само за вирощування пшениці ярої; 6) Так само за вирощування проса.

У дрібноділянковому польовому досліді для кожної культури було створено контрольні ділянки, де відтворено традиційну технологію вирощування та варіанти

зі штучно створеними оптимальними агрофізичними параметрами, де відтворено модель оптимального посівного шару ґрунту (табл. 1). Традиційна технологія вирощування базувалася на проведенні восени оранки на глибину 20–25 см і ранньовесняного боронування. Сівбу сільськогосподарських культур проводили з урахуванням строків і глибини висіву. Слід відмітити, що параметри моделі було розроблено за результатами серії вегетаційних досліджень [12].

Статистичний аналіз отриманих даних виконували з використанням комп'ютерних програм Microsoft Excel та Statistica.

Результати досліджень та їх обговорення. В результаті проведення досліджень встановлено, що щільність будови, структурний склад і вологість ґрунту мають вирішальний вплив на проростання, ріст, розвиток рослин і параметри (довжина, діаметр, коефіцієнт продуктивності) їхньої кореневої системи. Доведено різну реакцію рослин на агрофізичні параметри ґрунту у наднасіньовому, насінньовому та піднасіньовому прошарках, що має бути враховано під час формування параметрів моделі оптимального посівного шару ґрунту. Необхідно у насінньовому прошарку ґрунту створити помірно щільний контакт насінин із ґрунтом, що досягається за збільшення у цьому прошарку структурних грудочок агрономічно-цінного розміру (0,25–10 мм), які не набагато перевищують розмір насінин.

Слід відмітити, що різниця у щільності будови, або структурному складі між прошарками (наднасіньовим і насінньовим) ґрунту сприяє зменшенню фізичного випаровування. Сформувані насінньовий прошарок із оптимальними щільністю й умістом агрономічно-цінного структурного складу

1. Параметри моделі оптимального посівного шару ґрунту

Культура	Щільність піднасіньового прошарку ґрунту, г/см ³	Розмір структурних агрегатів наднасіньового прошарку ґрунту, мм
Кукурудза		1–10
Пшениця яра	1,1–1,3	1–10
Просо		0,5–7

можливо, якщо оброблюваний ґрунт має такий ресурс. За інших обставин, необхідно застосовувати принципово нові підходи до обробітки, що дають можливість створити необхідний для різних рослин структурний склад.

Отримані результати досліджень доводять, що створення перед посівом оптимальних фізичних параметрів ґрунту в посівному шарі ґрунту для кожної культури окремо є необхідною складовою технології вирощування, яка полягає у розподіленні посівного шару ґрунту на прошарки та створенні оптимальних агрофізичних параметрів ґрунту, під час сівби сільськогосподарських культур залежно від розміру насіння культур (рис. 1).

У початковий період вирощування культур важливе значення мають фізичний стан і будова посівного шару, особливо тієї його частини, яка формує насіннєве ложе. Цей факт було враховано під час розробки

представленої на рис. 1 моделі оптимального посівного шару ґрунту. Встановлено, що посівний шар ґрунту не повинен містити у своєму складі брили розміром > 10 мм. Щільність піднасіннєвого прошарку ґрунту повинна коливатися у межах від 1,1 до 1,3 г/см³. Для рослин із дрібним розміром насіння краще, щоб ґрунт був помірно ущільненим, для рослин із середнім і великим розміром насіння — менш ущільненим, але не повинен виходити за межі допустимих параметрів. Щільність будови піднасіннєвого прошарку ґрунту не повинна перевищувати 1,3 г/см³, а твердість ґрунту у межах плужної підшви — 30–40 кгс/см² [5].

Як показали результати досліджень, оптимальний розмір структурних агрегатів ґрунту коливається залежно від культури та розміру її насіння. Встановлено, що чим менший розмір насіння, тим вибагливішими є рослини до параметрів посівного шару ґрунту. Для кращого проростання та

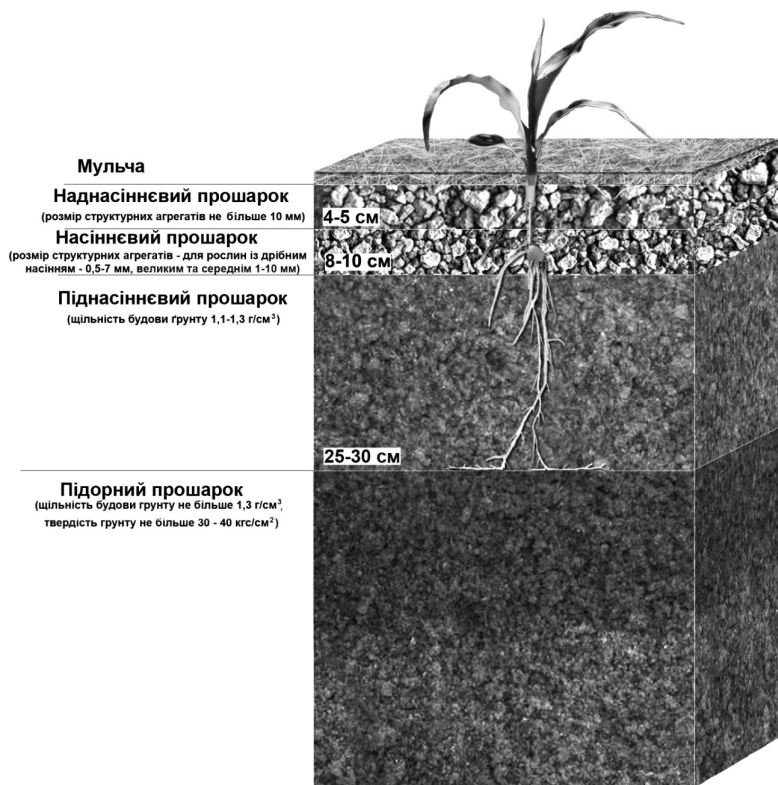


Рис. 1. Модель оптимального посівного шару ґрунту

розвитку таких рослин переважний розмір структурних агрегатів у надрасінневому прошарку ґрунту повинен коливатися у межах від 0,5 до 7 мм, для рослин із середнім та великим розміром насіння — від 1 до 10 мм.

Нарешті, надзвичайно важливим у запропонованій моделі є покриття поверхні ґрунту мульчею. За мульчування зменшувалася втрата ґрунтової вологи за рахунок зниження випаровування, що є вагомим аргументом на користь урожаю [13].

Таким чином, модель оптимального за агрофізичними параметрами посівного шару ґрунту дає змогу створити найкращі умови для проростання насіння та появи сходів, що в подальшому є вагомим аргументом на користь урожаю.

Переваги створення перед посівом оптимальних агрофізичних параметрів ґрунту залежно від вирощуваної культури та розміру її насіння не викликають сумнівів. Так у результаті проведення дрібноділянкових польових досліджень встановлено, що оптимізація агрофізичними параметрами ґрунту призводить до прискорення, на декілька днів, періоду появи сходів рослин. Спостерігали тенденцію до збільшення

повної схожості рослин на варіантах із оптимальними агрофізичними параметрами, порівняно зі стандартною технологією вирощування. Доля схожості рослин зростає із дрібним розміром насіння (просо) — на 25%, для рослин із середнім (пшениця яра) та великим (кукурудза) розміром насіння — відповідно на 23% та 22%.

Установлено, що оптимізація параметрів посівного шару ґрунту за його агрофізичними властивостями позитивно впливала на морфологію кореневої системи сільськогосподарських культур. Так, коренева система рослин на ділянках із оптимальними параметрами посівного шару ґрунту, порівняно із контролем є більш розвиненою, зокрема, спостерігалось помірне збільшення їхньої довжини та діаметру, що сприяло підвищенню продуктивності кореневої системи рослин (рис 2). Створення, перед сівбою, оптимальних параметрів посівного шару ґрунту викликало збільшення довжини та діаметру коренів рослин кукурудзи відповідно на 29% і 22%, пшениці ярої — на 17% і 19% та проса — на 12% і 8% порівняно із контрольними ділянками, де застосовували стандартну технологію обробітку.

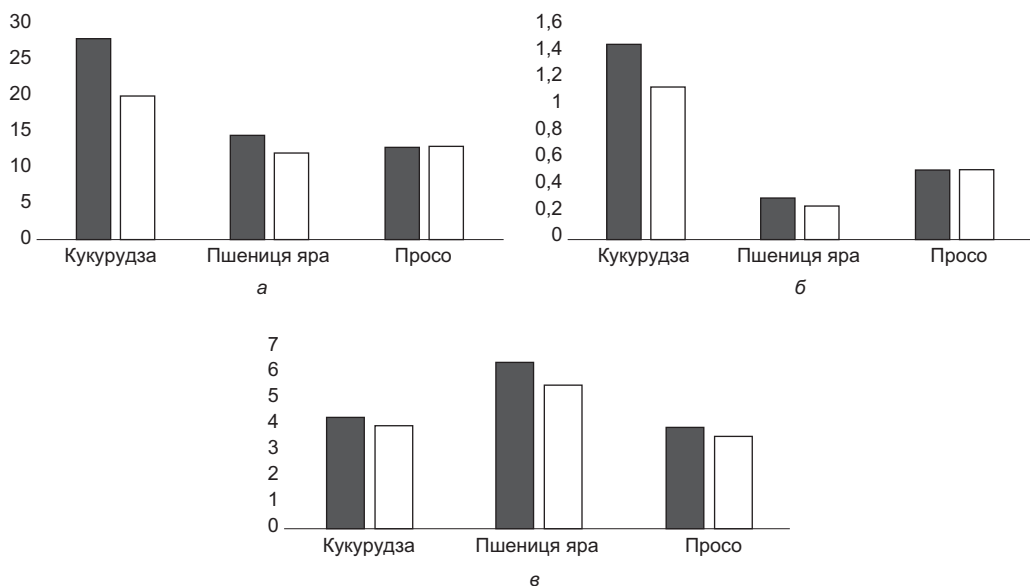


Рис. 2. Параметри кореневої системи сільськогосподарських культур: а) довжина кореневої системи, см, б) діаметр коренів, мм, в) коефіцієнт продуктивності коренів; ■ — модель оптимального посівного шару ґрунту; □ — загальноприйнята технологія обробітку (контроль)

2. Урожайність сільськогосподарських культур

Культура	Варіант	Урожайність, ц/га	Приріст порівняно з контролем, %
Кукурудза	Модель оптимального посівного шару ґрунту	82	35
	Загальноприйнята технологія обробітку (контроль)	61	—
	НІР _{0,05}		5,00
Пшениця яра	Модель оптимального посівного шару ґрунту	16	25
	Загальноприйнята технологія обробітку (контроль)	12	—
	НІР _{0,05}		0,76
Просо	Модель оптимального посівного шару ґрунту	14	50
	Загальноприйнята технологія обробітку (контроль)	10	—
	НІР _{0,05}		2,66

Установлено, що створення, перед сівбою, оптимальних параметрів посівного шару ґрунту забезпечувало кращий розвиток і сприяло підвищенню врожайності вирощуваних культур (табл. 2) порівняно із ділянками, де застосовували стандартну технологію обробітку.

Протягом періоду досліджень спостерігали істотне збільшення врожаю сільськогосподарських культур за оптимальних агро-

фізичних параметрів ґрунту, порівняно зі стандартною технологією обробітку ґрунту: для рослин із дрібним розміром насіння приріст урожаю становив 50%, для рослин із середнім і великим розміром насіння — 25% та 35% відповідно. Зазначимо, що приріст урожаю сільськогосподарських культур визначали за різницею урожаїв на ділянках з оптимальним посівним шаром ґрунту та урожаїв на контрольних варіантах.

Висновки

У результаті проведених досліджень доведено, що створення моделі оптимального посівного шару ґрунту безпосередньо перед посівом є необхідною умовою вирощування сільськогосподарських культур.

Встановлено, що модель оптимального посівного шару ґрунту повинна створюватися для кожної культури окремо, залежно від вимог та розміру її насіння і має містити наступні параметри: щільність піднасінного про шарку від 1,1 до 1,3 г/см³, переважний розмір структурних агрегатів у наднасінному про шарку ґрунту для рослин із дрібним розміром насіння повинен коливатися у межах від 0,5 до 7 мм,

для рослин із середнім і великим розміром насіння — від 1 до 10 мм.

Відмічається, що застосування моделі оптимального за агрофізичними параметрами посівного шару ґрунту сприяє підвищенню схожості рослин, розвитку їхньої кореневої системи та збільшує врожай сільськогосподарських культур. Так, приріст урожаю на ділянках із оптимальними агрофізичними властивостями ґрунту, порівняно зі стандартною технологією обробітку, для рослин із дрібним розміром насіння становить 50%, для рослин із середнім — 25%, а для рослин із великим розміром насіння — 35%.

Krylach S.

National Scientific Center «Institute of Soil Science and Agrochemistry named after A.N. Sokolovsky», 4 Chaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail:

svetlana.krylach@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3347-6561

Model of optimal soil seed layer by agrophysical parameters

Goal. To develop a model of the soil seed layer with optimal parameters of the structure density in the subseed layer and the structural components in the supraseed layer of the soil for crops depending on the size of their seeds. **Methods.** Field (small-plot), mathematical-statistical, computational. **Results.** As a result of the conducted research the optimal parameters of the structural composition and density of a sowing layer of soil taking into account the requirements of crops and the size of their seeds are defined. For plants with small seed size (millet) the predominant size of structural aggregates in the supraseed layer of soil should range from 0.5 to 7 mm, for plants with medium (spring wheat) and large (corn) seed size — from 1 to 10 mm; the structure density of the subseed layer of the soil should vary from 1.1 to 1.3 g/cm³. In the course of the research, the expediency of differentiation of the sowing layer of the soil into layers and the creation of optimal agro-physical parameters in each of them (immediately before sowing of crops) was proved. Improvement

of germination, growth and development of crops on model plots with optimal parameters of the soil layer was established. Creating, before sowing, the optimal parameters of the soil layer contributed to increasing the length and diameter of the roots of corn plants by 29% and 22%, spring wheat — by 17% and 19%, and millet — by 12% and 8% compared to control areas where used standard technology. Studies showed an increase in crop yields with optimal agro-physical parameters compared to standard tillage technology: for plants with small seed sizes, the yield increase was 50%, for plants with medium and large seed sizes — 25% and 35%, respectively. **Conclusions.** According to research, the model of the optimal agro-physical parameters of the seed layer of the soil allows the creation of the best conditions for seed germination and emergence of seedlings of crops, which in turn is a strong argument in favor of the harvest.

Key words: soil, seed layer, crops, structural composition, structure density.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-02>

Бібліографія

1. Маматожиєв Ш.И., Мамаюсіпова М.Д. Влияние технологии до посевной обработки на агрофизические свойства почвы. *Universum: технические науки*: электрон. научн. журн. 2020. Вып. 11 (80). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10900> (дата обращения: 12.01.2022).
2. Shaheeb M.R., Venkatesh R., Shearer S.A. A Review on the Effect of Soil Compaction and its Management for Sustainable Crop Production. *Journal of Biosystems Engineering*. 2021 Vol. 46, P. 417–439. doi: 10.1007/s42853-021-00117-7.
3. Медведев В.В. Агро- и экофизика почв. Харьков: ООО «Полосатая типография», 2015. 312 с.
4. Glinski J., Lipiec J. Soil Physical Conditions and Plant Roots. CRC Press. 2018. 260 p.
5. Медведев В.В., Пліско І.В., Бігун О.М. та ін. Оптимальні фізичні властивості посівного шару ґрунту як агровимоги до передпосівного обробітку (наукове видання). Харків: Смуґаста типографія, 2016. 196 с.
6. Szatanik-Kloca A., Hornb R., Lipieca J. et al. Soil compaction-induced changes of physicochemical properties of cereal roots. *Soil and Tillage Research*. 2018, Vol. 175, P. 226–233. doi: 10.1016/j.still.2017.08.016
7. Тимошенко Г.З., Коваленко А.М., Новохижній М.В. та ін. Вплив щільності складення ґрунту на урожайність сільськогосподарських культур за різних систем обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах. *Зрошуване землеробство*: міжвід. тем. наук. зб. 2016. Вип. 66. С.82–85.
8. Shah A.N., Tanveer M., Shahzad B. et al. Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: An overview. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Vol. 24, P. 10056–10067. doi: 10.1007/s11356-017-8421-y.
9. Долгов С.И., Модина С.А., Личманов Б.В. Изучение оптимального (для культурных растений) сложения пахотного слоя почвы. *Третий делегатский съезд почвоведов*. 1968. С. 21–25
10. Кузнецова И.В. Об оптимальной плотности почв. *Почвоведение*. 1990. № 5. С. 43–54.
11. Воронин А.Д. Основы физики почв. Москва: Изд-во Московского университета. 1986. 244 с.
12. Крипач С.І. Ріст та продуктивність кореневої системи сільськогосподарських культур залежно від агрофізичних характеристик ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*: міжвід. тем. наук. зб. 2019. Вип. 88. С. 68–73. doi: <https://doi.org/10.31073/acss88-09>
13. Ramadhan M.N. Yield and yield components of maize and soil physical properties as affected by tillage practices and organic mulching. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021. Vol. 28 (12). P 7152–7159. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.08.005