

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Кафедра загального землеробства

## МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ АГРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів  
ОПП 201 «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» освітнього ступеню  
«Бакалавр» денної форми навчання

Кропивницький – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Кафедра загального землеробства

## МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ АГРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів  
ОПП 201 «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» освітнього ступеню  
«Бакалавр» денної форми навчання

Затверджено  
на засіданні кафедри  
загального землеробства  
протокол № 13 від 19 квітня 2023 р.

Методи визначення агрофізичних властивостей ґрунту. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів ОПП 201 «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» освітнього ступеню «Бакалавр» денної форми навчання //Кулик Г.А., Семеняка І. М., Малаховська В.О. Кропивницький: ЦНТУ, 2023 рік. 55с.

Укладачі:

Кулик Г.А., доцент, кандидат сільськогосподарських наук;  
Семеняка І.М., кандидат сільськогосподарських наук, ІСГС НААН України  
Малаховська В.О., викладач

Рецензент: Мостіпан М.І., професор, кандидат біологічних наук

Затверджено на засіданні кафедри загального землеробства, протокол № 13 від 19 квітня 2023 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
Тема 1.Правила відбору зразків ґрунту для аналізу	6
Тема 2.Визначення гранулометричного складу ґрунту польовим методом	7
Тема 3.Визначення гранулометричного складу ґрунту за методом М.М. Філатова	11
Тема 4. Визначення агрегатного стану (структури) ґрунту і водотривкості ґрунтових агрегатів	13
Тема 5. Визначення вологості ґрунту термостатно-ваговим методом. Розрахунок запасів продуктивної вологи в ґрунті	19
Тема 6.Методи прискореного визначення вологості ґрунту	23
Тема 7.Визначення максимальної гігроскопічності ґрунту	27
Тема 8. Визначення ґрунтової вологості стійкого в'янення рослин	29
Тема 9 Визначення об'ємної маси (щільності) ґрунту	31
Тема 10. Визначення питомої маси (щільності твердої фази) і пористості ґрунту	33
Тема 11. Визначення будови орного шару ґрунту	37
Тема 12. Визначення пластичності ґрунту	42
Тема 13. Визначення липкості ґрунту	44
Тема 14. Визначення твердості ґрунту	46
Тема 15. Визначення фізичної спілості ґрунту	48
Список використаної літератури	50
Додатки	51

## ВСТУП

Від фізичних властивостей ґрунтів залежать їх водний, повітряний і тепловий режими, які разом з поживним режимом мають вирішальне значення у формуванні родючості ґрунтів і продуктивності сільськогосподарських культур. Агрофізичні властивості ґрунтів залежать від їх гранулометричного і мінерального складу, вмісту органічних речовин, обмінно-ввібраних катіонів, структури. Серед агрофізичних властивостей ґрунту окрім структури виділяють загальні фізичні, фізико-механічні (або технологічні), водні, повітряні і теплові властивості. До загальних фізичних властивостей відносять об'ємну масу (щільність), питому масу (щільність твердої фази), пористість і будову ґрунту; до фізико-механічних - пластичність, липкість, зв'язність ґрунту під час обробітку, спілість; до водно-фізичних - вологість, вологоємність, водопідіймальна здатність і водопроникність.

В даних методичних рекомендаціях наводяться методи визначення найважливіших показників загально-фізичних, технологічних і водно-фізичних властивостей ґрунтів.

## Тема 1. Правила відбору зразків ґрунту для аналізу

Для фізико-хімічної характеристики та польової діагностики ґрунтів відбирають індивідуальні або змішані (середні) зразки ґрунту. Середню пробу відбирають з окремих зразків ґрунту, відібраних в орному або підорному горизонтах в 6-8 разовій повторності на всій досліджуваній ділянці. Змішані зразки використовують переважно для вивчення динаміки поживних речовин, гранулометричного складу ґрунту, його агрегатного стану та ін.

Індивідуальні зразки відбирають із середини кожного генетичного горизонту в найбільш типових розрізах або через кожні 10-20 см на глибину ґрунтового профілю чи глибину кореневмісного шару ґрунту.

Відбір зразків ґрунту, залежно від завдання досліджень, проводять за допомогою бурів різних конструкцій, ґрунтовідбірних гільз, ножа чи лопати. Способи відбору зразків ґрунту за допомогою бурів або ґрунтовідбірних гільз (циліндрів) описано нижче в і спеціальних методиках визначення водних та фізичних властивостей ні ґрунту. Відбір зразків за допомогою ножа чи лопати проводять в і і повнопрофільних ямах, напівямах та прикопках. Краще відбирати зразки знизу вгору, щоб не засипати нижню частину розрізу і не забруднити стінки ґрунтом верхніх горизонтів. Відібрані зразки засипають в паперові пакети чи мішечки із щільної тканини або загортають в чистий обгортковий папір і додають дві етикетки: одну разом із зразком, іншу - зовні під шпагат (або роблять надпис простим олівцем). На етикетках вказують назву організації, яка проводить дослідження; область, район, господарство, де відібрано зразок; номер розрізу і назву ґрунту; горизонт і глибину відбору зразка; дату і підпис (при необхідності і фазу розвитку сільськогосподарської культури). Мінімальна маса кожного зразка 0,5 кг. Інформацію про відібрані зразки заносять до реєстру та журналу польового обстеження ґрунтів.

В лабораторії відібрані зразки ґрунту доводять до повітряно-сухого стану, розстеливши їх на чистому папері шаром товщиною 1,0-1,5 см. При цьому крупні агрегати роздавлюють руками, а коріння і включення видаляють. Зберігання в сирому вигляді, сушіння на сонці або в печі не допускається. При

визначенні польової вологості ґрунту зразки, відібрані в алюмінієві бюкси, аналізують не пізніше 2 - 4 годин після їх відбирання без попереднього висушування.

Для проведення структурного аналізу ґрунт не подрібнюють, а для всіх інших аналізів розтирають у фарфоровій ступці і просіюють через сито діаметром 1 мм. Підготовлений таким чином ґрунт знову засипають в пакети з пергаментного паперу або в спеціальні коробки чи банки з притертою кришкою і додають етикетку. Зберігати зразки необхідно в сухому, добре провітреному приміщенні.

## **Тема 2. Визначення гранулометричного складу ґрунту польовим методом**

Завдання: визначити гранулометричний склад ґрунту візуально і органоґенним способом, дати назву різновиду досліджуваного ґрунту за гранулометричним складом (по класифікації М.О. Качинського).

Матеріали та обладнання: зразки ґрунтів різного гранулометричного складу, вода, шпатель, совочки, паперові серветки, лупа, пробірка, лінійка, ступка, сито з отворами діаметром 1 мм.

### *Теоретичні відомості*

Ґрунтом називають верхній шар суші земної кори, що утворився і змінюється в результаті вивітрювання гірських порід і безперервного впливу фізико-хімічних і біологічних процесів, а також діяльності людини, та який на відміну від гірської породи набув у процес розвитку основної своєї ознаки родючості.

У процесах вивітрювання і ґрунтоутворення гірські породи розпадаються і утворюють пухку масу, яка складається з різних за розміром ґрунтових частинок. Окремі частинки ґрунту, з яких складається тверда фаза, називаються гранулометричними (механічними) елементами. Близькі за розміром частинки називають фракціями. Гранулометричний склад ґрунту це відносний вміст в ньому окремих гранулометричних (механічних) фракцій.

Частинки ґрунту, діаметр яких перевищує 1 мм, відносять до фракцій ґрунтового скелету, а частинки, менші за 1 мм, - до фракцій дрібнозему.

В межах дрібнозему фракції розміром від 0,01 до 1,0 мм відносять до фракції *фізичного піску*, а менші за 0,01 мм - до *фізичної глини* (дод. 1). Термін «фізичний» означає, що частинки ґрунту даної величини схожі за фізичними властивостями. Чим дрібніші механічні частинки, тим більше їх значення для родючості ґрунту. Найдрібніші частинки (колоїди) є найактивнішою частиною ґрунту і основним джерелом поживних речовин для рослин. Від взаємного співвідношення гранулометричних елементів та їх взаємодії між собою і навколишнім середовищем елементів фізичні властивості ґрунтів. Тому умови життя рослин і заходи, які забезпечують високі і стійкі врожаї сільськогосподарських культур, різні на ґрунтах неоднакового гранулометричного складу. Найбільш поширена класифікація ґрунтів за гранулометричним складом розроблена М.О. Качинським (дод. 2).

Від гранулометричного складу ґрунтів значною мірою залежать їх агрономічні властивості. Гранулометричний склад ґрунту впливає на питомий опір при його обробітці, з яким пов'язані рівень енергетичних затрат паливно-мастильних матеріалів (додаток 3). Піщані і супіщані ґрунти називають легкими, оскільки вони легко обробляються, а глинисті важкими, тому що їх обробіток пов'язаний із значними енергетичними затратами. Найбільш придатними для сільськогосподарського використання є ґрунти з - приблизно однаковим вмістом фізичної глини і фізичного піску, - тобто ґрунти середньо- і важкосуглинкового гранулометричного складу. Вони мають найбільш сприятливі теплові, водні й повітряні властивості та поживний режим.

Легкі (піщані, супіщані) ґрунти пухкі, добре пропускають воду - та повітря, навесні швидко прогріваються, тому їх називають ще - «теплыми». Водночас вони погано затримують воду, містять мало - органічних речовин та елементів живлення.

Важкі (глинисті) ґрунти щільні, погано пропускають вологу і повітря, навесні прогріваються повільно, тому їх називають "холодними", а обробіток



починають пізніше. Вміст гумусу та - елементів живлення в них вищий, ніж у піщаних та супіщаних - грунтах. Загалом глинисті та суглинисті ґрунти родючіші, ніж піщані й супіщані.

Існує декілька методів визначення гранулометричного складу ґрунту: візуальний, органогенний (на дотик), просіювання на ситах, вимивання з воді, аерометричний, центрифугування, метод піпетки (за М.О. Качинським), метод Філатова та ін. За стандартний метод визначення гранулометричного складу ґрунту по середній пробі прийнято метод піпетки в модифікації М.О. Качинського. В польових умовах гранулометричний склад ґрунту визначають візуально і органогенно (на дотик), тобто за зовнішніми ознаками. Такий аналіз дає лише приблизні результати, але при цьому не потрібно багато часу і складних приладів.

#### *Хід аналізу*

1. Грудочку ґрунту роздавлюють на долоні і втирають пальцем в шкіру. За опором і співвідношенням піщинок і глини роблять висновок про гранулометричний склад. Візуальне визначення гранулометричного складу ґрунту в сухому стані проводять за наступними ознаками.

Пісок - ґрунт при огляді неозброєним оком або через лупу складається тільки із зерен піску, в сухому стані сипучий і при розтиранні на долоні відчувається пісок.

Супісок - в зразку ґрунту переважають частинки піску, а більш дрібні частинки є домішкою, грудочки легко роздавлюються на долоні, на дотик відчувається в основному пісок і слабко пил.

Легкий суглинок - в ґрунті переважає пісок, але кількість глинистих частинок становить 20-30%, для руйнування грудочок в руці необхідно невелике зусилля, відчувається неоднорідність.

Середній суглинок - в ґрунті чітко видно піщані частинки, але при надавлюванні на долоні сухі грудочки важко руйнуються.

Важкий суглинок в ґрунті переважають пилюваті частинки, а піщаних майже не видно, сухі грудочки при здавлюванні в долоні не руйнуються.

Глина - піщані частинки в ґрунті відсутні, при розтиранні в ступці утворюється тонкий порошок, а сухі грудочки не руйнуються навіть від удару молотком.

2. Для візуального визначення гранулометричного складу ґрунту «мокрим» способом необхідно близько 50 г ґрунту, просіяного через сито з діаметром отворів 1 мм. Ґрунт зволожують до тістоподібного стану і розкочують на долоні в шнур діаметром 3 мм. Потім шнур скручують в кільце діаметром близько 2 см (навколо пальця). Про гранулометричний склад ґрунту роблять висновки на основі результатів проб на розкочування шнура, наведених в табл. 1.

3. Гранулометричний склад ґрунту визначають також за швидкістю просвітлення води в пробірці (табл.1). Для цього підготовлений до аналізу зразок ґрунту масою 5-10 г засипають в пробірку, заливають її водою на 3/4 об'єму і ретельно перемішують ґрунт з водою за допомогою скляної палички. Після цього через хвилину вимірюють за допомогою лінійки відстань від меніска води в пробірці до нижньої границі просвітлення води. Чим менша швидкість просвітлення води в пробірці, тим більше в ґрунті глинистих частинок.

Таблиця 1.- Визначення гранулометричного складу ґрунту польовим методом

Гранулометричний склад	Проба на розкочування шнура діаметром 2-3 мм	Швидкість просвітлення води в пробірці за 1 хвилину
Пісок	Не розкочується	Просвітлюється повністю
Супісок	Не розкочується, мнеться на неміцні кульки	Просвітлюється на 50- 70 мм
Легкий суглинок	При розкочуванні шнура утворюються окремі ковбаски або циліндрики	Просвітлюється на 20- 50 мм
Середній суглинок	Шнур суцільний або при згинанні розламується	Просвітлюється на 10- 20 мм
Важкий суглинок	Кільце зі шпаринами	Просвітлюється на 1-3 мм
Глина	Просвітлюється на 1 мм	Тонке кільце без шпарин

*Питання для самоконтролю*

- 1.Що називають ґрунтом?
- 2.Що таке гранулометричний склад ґрунту?
- 3.Які частинки ґрунту відносять до фракцій дрібнозему?

4. Які фракції дрібнозему відносять до «фізичного» піску, а які до «фізичної» глини?

5. Як впливає гранулометричний склад ґрунтів на їх агрономічні властивості?

### Тема 3. Визначення гранулометричного складу ґрунту за методом М.М.

#### Філатова

Завдання: визначити вміст глини і піску в зразках ґрунту за методом М.М. Філатова; встановити за визначеними показниками назву ґрунту за гранулометричним складом (за М.О. Качинським).

Прилади та матеріали: мірні циліндри на 50 і 100 мл, скляні палички, лінійка, 1 н. розчин  $\text{CaCl}_2$ , підготовлені зразки повітряно-сухого ґрунту, вода.

#### *Теоретичні відомості*

Гранулометричні елементи знаходяться в ґрунті в складі структурних агрегатів різних форм і розмірів. Перед аналізом структури агрегати руйнують механічним або хімічним шляхом. Ґрунтовий скелет (частинки розміром  $> 1$  мм) відділяють на ситах, а дрібнозем ( $< 1$  мм) розділяють за допомогою різних лабораторних методів. Найбільш простим і доступним серед лабораторних методів є метод М.М. Філатова.

#### *Хід аналізу*

1. Для визначення глини в підготовленому зразку ґрунту (дрібноземі) необхідно засипати в мірний циліндр, ємкістю 50 мл ґрунт до відмітки 5 мл, ущільнюючи його легким постукуванням. Потім в циліндр наливають 30 мл води і 5 мл 1 н. розчину  $\text{CaCl}_2$ , для коагуляції колоїдних частинок, й ретельно розмішують масу. Доливають воду до мітки 50 мл і залишають на 30 хвилин для відстоювання. Після відстоювання за допомогою лінійки визначають, на скільки збільшився об'єм ґрунту. Результати записують у формі таблиці 2.

Для визначення процентного вмісту глини в ґрунті за приростом об'єму користуються таблицею 3.

Таблиця 2. Визначення вмісту глини в ґрунті за методом М.М. Філатова

№ зразка ґрунту	Об'єм ґрунту, взятий для аналізу, мл	Об'єм ґрунту в циліндрі через 30 хвилин, мл	Приріст ґрунту в циліндрі, мл	Вміст глини в ґрунті, %
-----------------	--------------------------------------	---	-------------------------------	-------------------------

--	--	--	--	--

Таблиця 3.- Вміст глини в ґрунті залежно від приросту його об'єму в циліндрі

Приріст об'єму ґрунту, мл	Вміст фізичної глини в ґрунті, %	Приріст об'єму ґрунту, мл	Вміст фізичної глини в ґрунті, %
4,0	90,70	1,75	39,6
3,5	85,1	1,50	34,0
3,50	79,4	1,25	29,3
3,25	73,7	1,0	22,7
3,00	67,0	0,75	17,0
2,75	62,9	0,50	11,3
2,50	56,7	0,25	5,7
2,25	51,0	0,12	2,7
2,0	45,4		

2. Для визначення піску в мірний циліндр місткістю 100 мл насипають той же ґрунт, в якому визначали вміст глини, до об'єму 10 мл, ущільнюючи його легким постукуванням. Доливають воду до мітки 100 мл, добре розмішують ґрунт скляною паличкою і дають відстоятись 90 с. За цей час більш крупні частинки піску осідають на дно, а більш дрібні (пил і мул) залишаються у підвішеному стані. Каламутну воду обережно зливають, а пісок залишається. До залишку знову доливають воду до мітки 100 мл, розмішують і каламутну воду зливають. Цю операцію повторюють доти, поки при розмішуванні вода не буде залишатись прозорою, тобто на дні залишиться один пісок, а глина вся вимийється. Потім вимірюють об'єм піску, який залишився, вважаючи кожен мілілітр за 10% об'єму піску в ґрунті.

Отримані дані заносять до таблиці 4.

Таблиця 4.- Визначення вмісту піску в ґрунті за методом М.М. Філатова

№ зразка ґрунту	Об'єм ґрунту, взятого для визначення піску, мл	Об'єм ґрунту після промивання і відстоювання, мл	Вміст піску в ґрунті (1 мл = 10%), %

3. Вміст пилу в ґрунті визначають, віднімаючи від 100 суму процентного вмісту глини і піску. Потім за класифікацією М.О. Качинського (додаток 2) визначають гранулометричний склад ґрунту і результат заносять до таблиці 5.

Таблиця 5.- Визначення гранулометричного складу ґрунту за методом М.М. Філатова

№ зразка ґрунту	Вміст, %			Різновид ґрунту за гранулометричним складом
	глини	піску	пилу	

*Питання для самоконтролю*

1. Від яких показників залежить назва ґрунту за гранулометричним складом згідно двочленної класифікації М.О.Качинського?
2. Які існують методи визначення гранулометричного складу ґрунту?
3. Як визначають вміст глини в ґрунті за методом М.М.Філатова?
4. Як визначають вміст піску в ґрунті за методом М.М.Філатова

#### **Тема 4. Визначення агрегатного стану (структури) ґрунту і водотривкості ґрунтових агрегатів**

Завдання: визначити структуру ґрунту за методом Савінова (сухе просіювання) і встановити коефіцієнт структурності ґрунту; визначити просіюванням. водотривкість структурних агрегатів мокрим

Матеріали та обладнання: зразки ґрунту, набір сит з діаметром отворів 10; 7; 5; 3; 1; 0,5 і 0,25 мм, ванна для води, циліндр і скло до нього, фарфорові чашки, терези, водяна баня, сушильна шафа, промивалка, секундомір, прилад Бакшеєва.

*Теоретичні відомості*

Під структурою ґрунту розуміють сукупність ґрунтових агрегатів різної форми, величини, міцності та в'язкості. Структурністю називають здатність ґрунту розпадатись на окремі агрегати.

Структурні агрегати можуть бути різними за розміром, формою і міцністю. Розрізняють: мікроструктуру ґрунту агрегати діаметром до 0,25 мм; макроструктуру (грудочкувато-зернисту) 0,25-10 мм; мегаструктуру понад 10

мм. За формою агрегатів структура може бути: брилистою, грудочкуватою, горіхуватою, зернистою, пилюватою, стовбчастою, призматичною, пластинчастою, лускуватою (додаток 6).

Найбільше агрономічне значення мають агрегати розміром 0,25-10,0 мм. При цьому ґрунт найбільш пухкий і втрачає найменше вологи, має достатню водопроникність, добре затримує вологу і стійкий проти вітрової ерозії. Від структури ґрунту значною мірою залежать пористість, опір ґрунту під час обробітку, повітряний і тепловий режими, а також розвиток мікробіологічних процесів.

Особливо агрономічно цінною властивістю структури ґрунту є водостійкість структурних агрегатів, тобто властивість їх бути стійкими проти розмивання атмосферними опадами. Ґрунти, в яких окремі грудочки неводостійкі, швидко запливають, осідають, а після висихання в них утворюються тверді брили. Агрономічна цінність структури залежить також від пористості агрегатів. Значна пористість грудочок разом з водостійкістю зумовлює позитивні фізичні властивості ґрунтів, є показником структурності і високого ступеня окультурення ґрунту.

Структура орних горизонтів у ґрунті змінюється протягом вегетаційного періоду під впливом механічних, фізико-хімічних та біологічних факторів. На утворення структурних агрегатів дуже впливають органічні добрива, сидеральні культури та представники фауни - черв'яки, комахи та ін.

Зерниста структура утворюється в багатих гумусом ґрунтах, вбирний комплекс яких насичений кальцієм. Ця структура характерна для чорноземів. В сірих лісових ґрунтах горизонти мають горіхувату структуру. Добре виражену грудочкувату структуру мають орні горизонти добре окультурених дерново-підзолистих ґрунтів. Вона є ознакою високої родючості. Утворення стовбчастої і призматичної структури характерне для солонців і пов'язане з пептизуючою дією ввібраного натрію на колоїдну частину ґрунту. Плитчаста, пластинчаста і листкувата структура характерні для горизонтів вимивання підзолистих, солонцюватих і осолоділих ґрунтів. Ці горизонти збіднені на колоїди і легко

розшаровуються на горизонтальні окремі в період зимового проморожування ґрунту.

Оцінка структурного стану ґрунту дається на основі агрегатного складу, за матеріалами якого визначають коефіцієнт структурності ( $K_{\text{стр}}$ ):

$$K_{\text{стр}} = \frac{\Sigma_{\text{агрегатів}}(\%) \text{розміром } 0,25-10 \text{ мм}}{\Sigma_{\text{агрегатів}}(\%) \text{розміром } >10 \text{ мм і } <0,25 \text{ мм}} \quad (1)$$

Чим більше значення  $K_{\text{стр}}$ , тим краща структура ґрунту, тим менше вимагається тягових зусиль для його обробітку.

Якщо:  $K_{\text{стр}} \geq \frac{70\%}{30\%} = 2,33$  оцінка відмінна;

Якщо:  $K_{\text{стр}} = \frac{70 \dots 55\%}{30 \dots 45\%} = 2,33 \dots 1,22$  оцінка добра;

Якщо:  $K_{\text{стр}} = \frac{55 \dots 40\%}{45 \dots 60\%} = 1,22 \dots 0,67$  оцінка задовільна;

Якщо:  $K_{\text{стр}} = \frac{40 \dots 20\%}{60 \dots 80\%} = 0,67 \dots 0,25$  оцінка незадовільна;

В сільськогосподарській практиці ґрунт, який складається із макроструктурних агрегатів, вважають структурним, а ґрунт, де переважають мікроструктурні агрегати і пил, безструктурним. Агрегатний стан ґрунту визначають за методом Савінова (сухе просіювання). Водотривкість ґрунтових агрегатів визначають мокрим просіюванням вручну та за допомогою приладу Бакшеєва.

#### Хід аналізу

Для визначення структури ґрунту проби відбирають лопатою у 3-5 разовій повторності з орного шару через кожні 10 см при фізичній спілості ґрунту. Після викопування зразок скидають з лопати з висоти 1 м на підстилку і всі великі грудки, які не розсипались, розминають до дрібногрудочкуватого стану так, щоб ґрунт при цьому не злипався і не дуже розпиллювався. Відібрані проби ґрунту з усіх точок на ділянці зсипають на велику підстилку чи в ящик, добре перемішують і відбирають середній зразок масою 1-3 кг. Зсипають його в мішечок, куди вкладають етикетку із зазначенням місця, дати і глибини відбору зразка.

У лабораторії відібраний ґрунт розсипають на аркуші паперу, відбирають

з нього всі рослинні рештки та інші домішки. Щоб зразок швидше підсихав, ґрунт періодично перемішують. Після доведення ґрунту до повітряно-сухого стану з проби відбирають зразок масою 0,5-1,0 кг і проводять структурний аналіз методом сухого і мокрого просіювання.

1. Сухе просіювання. Наважку повітряно-сухого ґрунту 0,5-2,5 кг, з якого попередньо відбирають коріння, стебла та інші домішки, а великі грудки легенько роздавлюють дерев'яним шпателем, просіюють крізь набір сит з діаметром отворів 10; 7; 5; 3; 1; 0,5 і 0,25 мм. На нижнє сито надівають піддон, а верхнє закривають кришкою. Щоб запобігти руйнуванню агрегатів при просіюванні Щоб запобіг струшування. Просіюють ґрунт, нахиляючи сита в один і другий бік від 5 до 15 разів.

Після просіювання ґрунтові фракції визначають вміст їх у процентах до взятої наважки. Масу і процентний вміст фракції з діаметром частинок менше 0,25 мм визначають за різницею між масою наважки і масою всіх фракцій з діаметром понад 0,25 мм. За формою і розмірами найбільш масових фракцій встановлюють вид структури ґрунту згідно класифікації С.А.Захарова (дод.б).

2. Мокре просіювання. З фракцій, одержаних при сухому просіюванні ґрунту, для визначення водотривких агрегатів складають середню наважку масою 50 г. Для цього з кожної фракції беруть наважку, яка чисельно дорівнює половині її процентного вмісту. Наприклад, якщо в ґрунті фракція 1-2 мм становить 25%, то беруть наважку 12,5 г. Щоб уникнути забивання сит, в середній зразок не беруть фракцію менше 0,25 мм. Проте при розрахунках вмісту водотривких агрегатів за 100% приймають наважку 50 г.

Відібрану наважку висипають у циліндр (висота 45 см, діаметр 7 см), наповнений на  $\frac{1}{3}$  висоти водою, і залишають на 10 хв. Для витіснення повітря з ґрунтових агрегатів.

Для прискорення цього процесу циліндр накривають притертим склом, обережно нахиляють до горизонтального положення і знову ставлять вертикально. Це повторюють два рази. Через 10 хв. циліндр заповнюють водою, накривають склом, перевертають догори дном і тримають у такому положенні



кілька секунд, щоб основна маса агрегатів перемістилася вниз. Потім циліндр повертають у попереднє положення і знову чекають, поки осяде ґрунт. Після десяти таких перевертань закритий склом циліндр занурюють у воду над набором сит, що в ній стоять. Віднімають скло і для рівномірного розподілу ґрунтових агрегатів циліндр повільно водять над верхнім ситом. Через 40-60 с, коли всі агрегати діаметром більше 0,25 мм впадуть на сито, циліндр накривають під водою склом і виймають.

Перенесені агрегати просіюють під водою на ситах з отворами діаметром 7; 5; 3; 1; 0,5 і 0,25 мм. Рівень води в посудині повинен бути на 5-6 см вищим від борта верхнього сита. Набір сит повільно піднімають на 5-6 см, не оголюючи агрегатів, і швидко опускають на 3-5 см, витримують у такому положенні 2-3 с і повторюють операцію десять разів. Потім знімають верхні два сита, а останні струшують ще п'ять разів і виймають з води.

Агрегати, що залишились на ситах, промивалкою змивають у фарфорові чашки. Після відстоювання надлишок води зливають з чашок і ставлять на висушування до повітряно-сухого стану.

Зважують чашки і визначають масу агрегатів кожної фракції. Перемноживши масу фракції на 2, одержують процентний вміст водотривких агрегатів у ній.

Записи при визначенні агрегатного стану ґрунту ведуть за формою, поданою в таблиці 6.

3. Метод Бакшеєва. Цей метод у своїй основі передбачає визначення водотривкості агрегатів приладом з механічним коливанням сит. Прилад Бакшеєва складається з укріпленого на підставці стояка з електромотором і гнізд. У гнізда вставляють циліндри, які зверху за допомогою гвинтів закріплюються кришками, а знизу мають скляні трубки з поділками і гумовими пробками. Гнізда з електродвигуном з'єднанні за допомогою шатуна. У кришках є отвір, що закривається пробкою. До приладу додаються комплекти сит з отворами діаметром 7; 5; 3; 1; 0,5 і 0,25 мм.

Просіювання повітряно-сухого ґрунту і приготування середньої наважки



5-3								
3-1								
1-0,5								
0,5-0,25								
< 0,25								

*Питання для самоконтролю*

- 1.Що розуміють під поняттям "структура ґрунту"?
2. Що називають структурністю ґрунту?
3. Що розуміють під водостійкістю структурних агрегатів?
- 4.Які ґрунтові агрегати відносять до мікро-, макро- мегаструктури ґрунту?  
Які з них найбільш агрономічно цінні?
- 5.Що впливає на утворення структурних агрегатів?
- 6.Для яких ґрунтів характерна зерниста структура, а для яких - стовпчаста і призматична? За якими ознаками розрізняють вид структурних агрегатів?

**Тема 5. Визначення вологості ґрунту термостатно-ваговим методом.**

**Розрахунок запасів продуктивної вологи в ґрунті**

Завдання: освоїти стандартний термостатно-ваговий метод визначення вологості ґрунту та способи відбору зразків ґрунту для аналізу, розрахувати запаси продуктивної вологи в досліджуваному шарі ґрунту.

Прилади та устаткування: ґрунтовий бур для відбору зразків ґрунту, шпатель, цупкий папір, алюмінієві бюкси, технохімічні ваги (ВЛТК-500), сушильна шафа, ексикатор із CaCl<sub>2</sub>, тигельні щипці, калькулятор, ПК "Pentium".

*Теоретичні відомості*

Вологістю ґрунту називають відносний вміст води в будь-яких формах в одиниці маси або об'єму ґрунту в даний момент часу.

Вода і розчинені в ній різні речовини складають рідку фазу ґрунту або ґрунтовий розчин, з якого рослини через кореневу систему поглинають воду і поживні речовини. Залежно від умов, вода по- різному зв'язана з твердою

фазою ґрунту, що впливає на її рухомість в ґрунті і ступінь доступності рослинам. За доступністю рослинам воду поділяють на недоступну і доступну, а останню, в свою чергу, на важко-, середньо- і легкодоступну.

Останнім часом доступну рослинам вологу називають продуктивною, а недоступну - непродуктивною або мертвою. В ґрунті розрізняють наступні форми (категорії) води:

*пароподібна вода* у вигляді водяних парів міститься в ґрунтовому повітрі і переміщується з місць більшого насичення (підвищеного парціального тиску) до місць з меншим насиченням

*хімічно зв'язана вода* - входить до складу багатьох вторинних глинистих мінералів. Розрізняють конституційну та кристалізаційну хімічно зв'язану воду. Вона не бере участі у фізичних процесах і не випаровується. Недоступна для рослин.

*гігроскопічна вода* - у вигляді мономолекулярного шару сорбується частинками ґрунту і утримується на їх поверхні молекулярними силами. Її кількість залежить від сумарної поверхні ґрунтових частинок і відносної вологості навколишнього повітря. Недоступна для рослин;

*плівкова вода* перебуває в рідкому стані і утримується на поверхні ґрунтових частинок молекулярними силами, внаслідок чого малорухома і важкодоступна для рослин. Рухається в ґрунті повільно від більш вологих до сухіших місць;

*капілярна вода* знаходиться в краплиннорідкому стані в капілярах ґрунту. Рухається в ґрунті під дією капілярних сил і є основним джерелом води для рослин;

*гравітаційна вода* - займає в ґрунті некапілярні проміжки між агрегатами і рухається під дією сил тяжіння. Доступна для рослин, але при заповненні всіх пор ґрунту може бути надмірною.

Вологість ґрунту має важливе значення для фізіологічних процесів, які відбуваються в рослинах. Для утворення 1 кг сухої речовини рослина витрачає від 200 до 1000 л і більше води (коефіцієнт транспірації). Випаровуючись через

листки, вода охолоджує рослини, не допускаючи їх перегрівання і висихання.

Розрізняють вагову й об'ємну вологість ґрунту.

*Ваговою вологістю ґрунту* називають відношення маси води, яка міститься в ґрунті, до маси абсолютно сухого ґрунту (висушеного при температурі 100-105°C до постійної маси). Її визначають у вагових процентах за формулою:

$$B = \frac{M_B}{M_C} \times 100 = \frac{m_B - m_C}{m_C - m_6} \times 100 \quad (2)$$

де  $B$  - вагова вологість ґрунту, %;

$M_B$  - маса випаруваної із зразка ґрунту води, г;

$M_C$  - маса зразка абсолютно сухого ґрунту, г;

$m_B$  - маса бюкси із вологим ґрунтом, г;

$m_C$  - маса бюкси із сухим ґрунтом, г;

$m_6$  - маса порожньої бюкси (тара), г.

*Об'ємною вологістю ґрунту* називають відношення об'єму води, яка міститься в ґрунті, до загального об'єму зразка ґрунту. Визначається в об'ємних процентах за формулою:

$$B_o = \frac{V_B}{V_r} \times 100 = \frac{m_B - m_C}{V_r} \times 100 \quad (3)$$

де  $B_o$  - об'ємна вологість ґрунту, %;

$V_B$  - об'єм води, випаруваної із зразка ґрунту, см<sup>3</sup>;

$V_r$  - об'єм зразка ґрунту в непорушеному стані, см<sup>3</sup>.

Для вивчення об'ємної вологості відбирають зразок ґрунту непорушеної структури фіксованого об'єму методом ріжучого кільця за допомогою бура конструкції Качинського або Литвинова. Відбір зразків для визначення вагової вологості можна проводити також за допомогою ґрунтового бура (АМ-16, АМ-26) або ножа чи лопати зі стінки ґрунтового розрізу (ями). Зразки відбирають з окремих горизонтів товщиною 10-20 см у 2-3 разовій повторності (в окремих свердловинах чи ямах).

Найбільш поширеним і точним (стандартним) методом визначення вмісту вологи в ґрунті є термостатно-ваговий. Суть його полягає у визначенні маси

зразка ґрунту, відібраного в алюмінієві бюкси, до і після висушування в сушильній шафі при температурі 100-105°C протягом 6-10 годин до постійної маси.

Для багатьох аналізів, які проводять з вологим ґрунтом, необхідно знати коефіцієнт перерахунку з вологого на сухий ґрунт. Його обчислюють за формулою:

$$K = (100+B)/100 \quad (4)$$

Запаси продуктивної вологи в ґрунті ( $W_{пр}$ ) визначаються як різниця між загальними ( $W_{зар}$ ) і мертвими ( $W_m$ ) запасами вологи:

$$W_{пр} = W_{зар} - W_m = H \times d \times (B - BCB), \text{ м}^3/\text{га} \quad (5)$$

де  $H$  - товщина досліджуваного шару ґрунту або ґрунтового горизонту, см;

$d$  - об'ємна маса досліджуваного шару ґрунту, г/см<sup>3</sup>;

$B$  - вологість досліджуваного шару ґрунту у вагових процентах;

$BCB$  - ґрунтова вологість стійкого в'янення (ґрунтова-гідрологічна константа), %

Для переведення показників запасів продуктивної вологи з м<sup>3</sup>/га у мм необхідно перший показник поділити на 10, оскільки 1 м<sup>3</sup>/га = 0,1 мм (води). Якісну оцінку запасів продуктивної вологи проводять за допомогою додатка 8.

#### *Хід аналізу*

В полі за допомогою гвинтового бура відбирають зразки ґрунту з шару 1,0-1,5 м через кожні 10-20 см у 3 разовій повторності. Ґрунт засипають в алюмінієві бюкси (попередньо пронумеровані, висушені і протаровані) на 1/2 - 2/3 їх об'єму. Закривають бюкси кришками і переносять до лабораторії.

Зважують бюкси з ґрунтом на технохімічних вагах з точністю до 0,01 г. Відкривши кришки бюксів і надівши їх на дно, ставлять бюкси з вологим ґрунтом до сушильної шафи, висушують ґрунт протягом 6-8 годин з моменту встановлення постійної температури 100-105°C. Накривають за допомогою тигельних щипців бюкси кришками і ставлять на охолодження в ексікатор з CaCl<sub>2</sub> на дні. Охолоджені бюкси зважують і записують отриманий результат.

Повторно ставлять бюкси, знявши кришки. до сушильної шафи на 1-2 години. Якщо маса бюксів після повторного висушування відхиляються від початкової більше ніж на 0,01 г, то бюкси знов ставлять до сушильної шафи і сушать доти, поки різниця в масі буде меншою 0,01 г (близько 1-2 годин).

Розраховують вологість ґрунту і запаси продуктивної вологи в ньому. Результати зважувань та обчислень заносять до таблиці 7. На основі розрахунків проводять якісну оцінку запасів продуктивної вологи в ґрунті (дод.8)

Таблиця 7.- Результати визначення польової вологості ґрунту

Дата відбору зразка	Ґрунтовий горизонт, см	№ бюкси	Тара бюкси, г	Маса бюкси з вологим ґрунтом до висушування, г	Маса бюкси з ґрунтом після висушування, г			Маса випаруваної води, г	Маса абсолютно сухого ґрунту, г	Вологість ґрунту, %	Запаси продуктивної вологи в ґрунті, мм
					1	2	3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

#### Питання для самоконтролю

1. Які існують форми води в ґрунті?
2. Які запаси вологи в ґрунті називають продуктивними, а які мертвими?
3. В чому полягає різниця між ваговою і об'ємною вологістю ґрунту?
4. В чому суть термостатно-вагового методу визначення вологості ґрунту?
5. Які існують методи відбору зразків ґрунту для визначення вологості?

#### Тема 6. Методи прискореного визначення вологості ґрунту

Завдання: ознайомитись з методами експрес-аналізу вологості ґрунту в польових та лабораторних умовах, провести визначення вологості ґрунту органогенним методом.

Прилади та матеріали: фарфорові чашки з ґрунтом вологістю близько 15; 15-20; 20-25; 25-30%.

### *Теоретичні відомості*

Застосування стандартного термостатно-вагового методу визначення вологості ґрунту не завжди можливе в умовах конкретного господарства через брак обладнання та матеріалів, а також і часу (внаслідок великої трудоемкості цього методу). Водночас, в умовах виробництва часто необхідно швидко визначити орієнтовне значення вологості ґрунту, особливо в верхніх його шарах, на різних полях сівозміни для прийняття оперативного організаційно-технологічного рішення (обробіток ґрунту, сівба, полив тощо). Для цього можна скористатись прискореними методами визначення вологості ґрунту: органогенними, об'ємним, методом Бойюкоса, електрометричним та ін.

Метод Бойюкоса. Наважку ґрунту масою 20-25 г засипають в алюмінієву чашку і обливають 20-25 см<sup>3</sup> етилового спирту, підпалюють. Після згорання спирту і вихолодження ґрунту наважку зважують. Повторно доливають 10-15 см<sup>3</sup> спирту і спалюють, доводячи таким чином зразок ґрунту до постійної маси.

Цей спосіб потребує ретельного спостереження за ходом прокалювання і дає задовільні результати при незначному вмісті в ґрунті органічних речовин.

Вологість ґрунту, визначена в такий спосіб, є відношенням маси випаруваної при прокалюванні води (різниця між початковою масою наважки і масою абсолютно сухого ґрунту після прокалювання) до маси абсолютно сухого ґрунту.

Об'ємний метод При застосуванні цього методу значно спрощується визначення вологості ґрунту і разом з тим забезпечується достатня точність для умов. Суть його полягає в тому, що вміст вологи в ґрунті визначається як різниця між об'ємом води, який витісняє сирий і сухий ґрунт. Об'єм води, який сухий ґрунт, визначають один раз на сезон в 5-6 разовій повторності. Для цього



зразки ґрунту масою 50 г попередньо висушують до постійної маси при температурі 105°C і засипають до мірного циліндру ємкістю 100 мл, який містить 50 мл чистої води. Ґрунт ретельно перемішують скляною паличкою декілька разів протягом 20 хвилин, а потім визначають об'єм води, витіснений зразком ґрунту ( $V_c$ ).

Для визначення вологості відбирають в польових умовах зразок ґрунту масою 50 г і засипають його до мірного циліндру з 50 мл води. Потім ретельно перемішують ґрунт і визначають об'єм води, витіснений досліджуваним зразком вологого ґрунту ( $V_B$ ).

Чим менший діаметр мірного циліндру, тим вищою буде точність. Відліки проводять за верхнім меніском. Відносна похибка методу складає 2-4%.

Вологість ґрунту в об'ємних процентах ( $V_o$ ) розраховують за формулою

$$V_o = \frac{\Delta V}{V_B} \times 100 \quad (6)$$

де  $\Delta V$  - різниця об'ємів води, витісненої сухою і вологою наважкою ґрунту, см<sup>3</sup>;

$V_B$  - об'єм води, витіснений наважкою вологого ґрунту, см<sup>3</sup>.

Органогенний метод. При обстеженні ґрунтового профілю ступінь зволоження впливає на вираженість інших морфологічних ознак ґрунту: забарвлення, структуру, пористість. Тому опис кожного генетичного горизонту проводять із врахуванням ступеню зволоження ґрунту на момент обстеження за наступними ознаками:

ґрунт *сухий* відчувається; пилить, не мається, на дотик волога не відчувається;

ґрунт *свіжий* волога ледь помітно холодить руку, ґрунт світлішає при висиханні, темнішає при додаванні води, не пилить;

ґрунт *вологий* в руці ясно відчувається волога, ґрунт не темнішає при додаванні води;

ґрунт *сирий* при стисканні в руці перетворюється в тістоподібну масу, а вода змочує руку;

грунт *мокрій* - при стисканні в руці із ґрунту виділяється вода, яка просочується крізь пальці.

Суть органогенного методу полягає в тому, що різні за гранулометричним складом ґрунти мають різну пластичність (межу текучості і межу розкочування), а тому при формуванні шнура та при натисканні на їх можна орієнтовно визначити вміст вологи в зразку ґрунту, користуючись нижченаведеною таблицею.

Таблиця 8.- Орієнтовна вологість ґрунту залежно від гранулометричного складу

Тип і гранулометричний склад ґрунту	Вологість ґрунту			
	близько 15%	15-20%	20-25%	25-30%
Чорноземи глинисті і важко-суглинкові	Ґрунт сухий, грудка в руці формується погано. Кулька не формується, а при спробі зробити шнур розсипається	Ґрунт свіжий, грудка та кулька формуються міцні. При розкочуванні кульки шнур не утворюється	Ґрунт вологий, грудка і кулька міцні. При розкочуванні кульки утворюється короткий шнур	Ґрунт сирий. Грудка мокра, добре ліпиться. Кулька хороша, міцна. Шнур довгий, міцний.
Чорноземи середньо-суглинкові	Ґрунт свіжий. Грудка і кулька формуються добре. При розкочуванні кульки шнур не утворюється	Ґрунт вологий, грудка формується міцна. При розкочуванні кульки утворюються короткі шнури	Ґрунт сирий, грудка і кулька добре ліпляться. При розкочуванні кульки утворюється довгий шнур	Ґрунт мокрий, забруднює руки, грудка і кулька добре ліпляться. Шнур довгий
Чорноземи легко-суглинкові	Ґрунт вологий. Грудка формується добре, але при натисканні легко розсипається	Ґрунт сирий. Грудка міцна. Кулька формується добре, але при натисканні легко розсипається. Шнур утворюється важко і дуже короткий	Ґрунт мокрий. Грудка і кулька ліпляться. Шнур утворюється довгий, але малостійкий, легко розбивається на короткі шнури	Ґрунт пливе і просочується крізь пальці

#### Хід аналізу

Визначають у польових умовах тип і гранулометричний склад ґрунту. Відбирають зразки ґрунту на глибині 0-10 і 10-20 см в 3-х разовій повторності в окремі чашки, попередньо позначивши їх.

Висипають ґрунт із чашки на долоню і міцно стискають. Фіксують, як формується грудка і який стан зволоження ґрунту на дотик. Натискають на грудку. Якщо грудка формується добре і не розпадається, формують кульку і натискають на неї та розкочують. Розкотивши кульку в шнур товщиною 3 мм, оцінюють, як формується шнур і якої довжини.

Дослідження проводять для всіх відібраних зразків, а їх результати порівнюють з таблицею 8, визначивши при цьому орієнтовну вологість ґрунту.

### *Питання для самоконтролю*

1. На яких ґрунтах можна визначати вологість ґрунту за методом Бойюкоса?
2. В чому полягає суть об'ємного методу визначення вологості ґрунту?
3. З якою метою визначають стан зволоження ґрунту при ґрунтових розкопках?
4. В чому полягає суть органогенного методу визначення вологості ґрунту?

### **Тема 7. Визначення максимальної гігроскопічності ґрунту**

Завдання: визначити максимальну гігроскопічність різних за гранулометричним складом зразків ґрунту; встановити верхню границю недоступної для рослин вологості ґрунту.

Прилади та матеріали: скляні бюкси з притертою кришкою, ексикатор з 10% розчином  $H_2SO_4$ , технохімічні ваги, сушильна шафа, зразки підготовленого до аналізу ґрунту.

### **Теоретичні відомості**

Гігроскопічною вологістю називають вміст води у повітряно-сухому ґрунті. Вміст гігроскопічної вологи залежить від гранулометричного і хімічного складу ґрунту. Чим більше в ґрунті дрібних фракцій, тим більша загальна поверхня частинок ґрунту, яка адсорбує молекули води з повітря. Здатність

частинок ґрунту адсорбувати вологу з повітря називають гігроскопічністю ґрунту. Показник гігроскопічної вологості використовують для перерахунку результатів аналізів повітряно-сухого ґрунту на суху наважку (висушену при 100-105°C), користуючись поправним коефіцієнтом  $K_c$

$$K_c = (100 + \Gamma) / 100 \quad (7)$$

де  $\Gamma$  - гігроскопічна вологість ґрунту, %.

**Максимальна гігроскопічність** це максимальна кількість гігроскопічної води, яку може поглинути ґрунт з повітря, насиченого водяною парою.

Кількість води, в ґрунті, яка відповідає максимальній гігроскопічності, є недоступною для рослин, її відносять до мертвих запасів.

За значенням максимальної гігроскопічності (МГ) можна розрахунковим шляхом визначити іншу ґрунтово-гідрологічну константу ґрунтової вологості стійкого в'янення рослин (ВСВ), використовуючи формулу

$$ВСВ = A \times МГ\%, \quad (8)$$

де  $A$  - коефіцієнт залежності всисної сили кореневої системи рослин від вологості ґрунту і фази розвитку рослин. Для точки стійкого в'янення рослин (за А.А. Роде) він становить в середньому  $A=1,34$ , а в деяких випадках  $A=3,0$ .

#### *Хід аналізу*

В попередньо висушені скляні бюкси з притертою кришкою відбирають наважку повітряно-сухого ґрунту (просіяного на ситах з отворами 1 мм) масою 10 г. Бюкси з відкритою кришкою ставлять в ексикатор, на дно якого заливають 10%-ний розчин сірчаної кислоти. Ексикатор ставлять в темне місце з відносно постійною температурою. Бюкси періодично через 3-4 дні зважують. Зважування припиняють після досягнення постійної маси бюксів з ґрунтом, внаслідок його максимального насичення вологою повітря. Після досягнення стабільної маси бюкси з ґрунтом висушують в сушильній шафі при температурі 105°C до постійної маси (протягом 6-8 годин).

Максимальну гігроскопічність обчислюють за формулою

$$МГ = 100 \times (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1), \% \quad (9)$$

де  $m$  - тара бюкса, г;

$m_2$  - маса бюкса з ґрунтом після насичення, г;

$m_3$  - маса бюкса з ґрунтом після висушування, г.

#### *Питання для самоконтролю*

1. Що розуміють під гігроскопічною вологістю та максимальною гігроскопічністю?
2. Що таке гігроскопічність ґрунту?
3. Для чого використовують показник МГ?
4. В чому полягає суть методу визначення максимальної гігроскопічності ґрунту?

### **Тема 8. Визначення ґрунтової вологості стійкого в'янення рослин**

Завдання: визначити показники вологості стійкого в'янення рослин для ґрунтів різного гранулометричного складу.

Прилади та матеріали: бюкси, вегетаційні сосуди, парафін, Скляна паличка, скляна трубочка, технічні ваги, сушильна шафа, насіння сільськогосподарських культур, зразки ґрунтів.

#### *Теоретичні відомості*

Ґрунтова вологість стійкого в'янення рослин (ВСВ) кількість води в ґрунті, при якій у рослин починають проявлятися ознаки стійкого в'янення. Вони не зникають при перенесенні рослин в атмосферу, насичену водяними парами. ВСВ виражається в процентах від абсолютно сухого ґрунту. Для даного ґрунту в величиною органічної маси. Чим більше в ґрунті є глинистих часток, тим більше в ньому зв'язаної, тобто недоступної для рослин води. Величина стійкого в'янення умовно береться за границю продуктивної та непродуктивної вологи в ґрунті.

За М.О. Качинським, розрізняють три стадії в'янення рослин: 1 - початок, коли в'януть тільки верхні листки рослин; 2 - глибоке в'янення, коли в'януть і жовтіють також і нижні листки, а рослина після поливу відновлює тургор лише через декілька годин; 3 відмирання рослин. Вологість другої стадії відповідає 1,6 МГ, третьої – 0,6-0,8 МГ.

Для визначення точки в'янення рослин використовують такі емпіричні методи, як визначення вологості ґрунту при в'яненні рослин, які вирощують у вегетаційних сосудах; пророщування насіння в зразках ґрунту різного ступеню зволоженості або ж безпосередньо в полі під час посухи, коли рослини в'януть.

#### *Хід аналізу*

Наважку повітряносухого ґрунту (40-50 г), який складається із агрегатів 0,5-3,0 мм, насипають у вегетаційний посуд (в 4-5 повтореннях) і поступово зволожують. Кількість води для зволоження розраховують за масою наважки. Так, для суглинкових чорноземів необхідно 30-35%, для легких супіщаних ґрунтів 20% води від маси ґрунту в посуді. Після зволоження ґрунту висівають кілька зерен даної культури: пшениці, вівса 20% по 3 шт. на глибину 2 см з допомогою скляної палочки. Для - по 5 шт., соняшника - зменшення випаровування з поверхні посуд накривають склом і ставлять у темне місце для проростання. Після з'явлення сходів скло знімають, ґрунт зволожують до оптимальної вологості і ставлять на освітлене місце для дальшого росту. У фазі утворення двох листочків для зменшення випаровування поверхню ґрунту заливають сумішшю, яку готують з чотирьох частин парафіну і однієї частини вазеліну (за масою). Щоб не пошкодити рослини розплавленим парафіном, на них одягають коротенькі трубочки, які дещо заглиблюють у ґрунт. Коли парафін охолоне, але ще не затвердіє, їх знімають, обережно повертаючи. Після цього стаканчики ставлять у затінене місце до повного в'янення рослин. За останніми щоденно спостерігають і, якщо вони зав'януть, а листочки поникнуть до половини своєї довжини, сосуди ставлять на ніч під скляний ковпак і обкладають зволоженою ватою або тирсою.

Якщо рослини за ніч не відійдуть, а залишаться в'ялими, це свідчить про те, що в ґрунті збереглася недоступна для них волога. Для визначення цієї вологи в'ялі рослини виймають із посудів, зчищають парафінову кірку з верхнім шаром ґрунту і викидають. Залишок ґрунту звільняють від коріння і набирають у бюкси середні зразки по 20-25 г для визначення вологості. Бюкс зважують з точністю до 0,1 г і висушують у сушильній шафі до абсолютно сухої маси при

температурі 100-105°.

Після охолодження бюкси з ґрунтом зважують і визначають за різницею наважок до і після висушування кількість води (у грамах і процентах), що знаходилася у ґрунті при постійному в'яненні рослин.

$$BCB = \frac{M_B}{M_{гр}} \times 100 \quad (10)$$

$$\text{Вологість стійкого в'янення} = \frac{\text{маса води, що випаровувалась, г}}{\text{маса абсолютно сухого ґрунту, г}} \times 100$$

За наслідками роботи студент робить короткі висновки.

#### *Питання для самоконтролю*

1. Що називають ґрунтовою вологістю стійкого в'янення рослин?
2. Назвіть стадії в'янення рослин за М.О.Качинським.
3. Які існують методи визначення показника BCB?
4. Як використовують показник BCB?

#### **Тема 9. Визначення об'ємної маси (щільності) ґрунту**

Завдання: визначити об'ємну масу орного шару ґрунту і дати оцінку придатності ґрунту, за показником щільності, для вирощування просапних культур.

Прилади та матеріали: прилад Качинського, лінійка, терези, бюкси, сушильна шафа.

#### *Теоретичні відомості*

Маса одиниці об'єму абсолютно сухого ґрунту з непорушеною будовою називається **об'ємною масою або щільністю ґрунту**. Ця величина дає можливість розраховувати запаси вологи, поживних елементів в ґрунті в тонах на 1 га замість їх процентного вираження. Якщо відома об'ємна і питома маса ґрунту, то можна розрахувати загальну пористість ґрунту.

Об'ємна маса ґрунту залежить від гранулометричного складу ґрунту, структури і будови ґрунту, від вмісту органічної речовини. Тому бувають

значні коливання об'ємної маси навіть на одній і тій же ґрунтовій різновидності. Об'ємна маса більшості ґрунтів становить 1,2-1,4 г/см<sup>3</sup> (дод.9). На осушених торфових ґрунтах вона складає лише 0,2-0,5 г/см<sup>3</sup>, а на солонцях зростає до 1,5-1,8 г/см<sup>3</sup>. Сприятливі умови для росту і розвитку зернових культур складаються при щільності ґрунту в межах 1,20-1,35 г/см<sup>3</sup>, для просапних культур - 1,00-1,22 г/см<sup>3</sup>.

Найбільшого поширення при визначенні об'ємної маси набув метод циліндрів. Автором цього методу (М.А. Качинський, 1966) запропоновано прилад, основною частиною якого є циліндри-бури об'ємом 100 і 500 см<sup>3</sup> для відбирання зразків ґрунту без порушення його будови. До комплексу приладу входять напрямник для вертикального занурення циліндра в ґрунт, ударник, молоток для забивання циліндра, якщо горизонт ґрунту дуже ущільнений, ніж, лопатка, совок, алюмінієві стаканчики (бюкси) двох об'ємів.

Діаметр ріжучої частини циліндра об'ємом 100 см<sup>3</sup> 56 мм, всього циліндра - 57 мм, висота - 40 мм; для циліндра об'ємом 500 см<sup>3</sup> ці параметри відповідно становлять 87, 88 і 80 мм.

Для відбирання зразків ґрунту по генетичних горизонтах або пошарово копають ґрунтовий розріз. Відбір проводять з кожного 10- сантиметрового шару ґрунту до глибини 1 м, а далі з кожного 20- сантиметрового шару ґрунту.

#### *Хід аналізу*

На підготовлену рівну поверхню ґрунту ставлять напрямник і в нього вставляють циліндр, який за допомогою ударника занурюють у ґрунт так, щоб його вінець були на рівні поверхні ґрунту. Заповнені ґрунтом циліндри підрізають ножом у нижній частині і виймають з ґрунту, витирають, перевертають і гострим ножом зрізають зайвий ґрунт на рівні з вінцями циліндра. Потім ґрунт переносять без втрат в алюмінієві стаканчики і щільно закривають кришками. Одночасно відбирають наважки ґрунту на вологість. У лабораторії алюмінієві стаканчики з відібраними зразками зважують з точністю до 0,01 гі звільняють від ґрунту, а наважки ґрунту для визначення вологості ставлять для висушування.



Об'ємну масу ґрунту ( $d$ ) розраховують за формулою

$$d = \frac{M_{\text{гр}}}{V} \text{ (г/см}^3\text{)} \quad (11)$$

де  $M_{\text{гр}}$  - маса абсолютно сухого ґрунту в циліндрі, г;

$V$  - об'єм зразка ґрунту, см<sup>3</sup>.

Об'єм зразка ґрунту в циліндрі (1) визначають у см<sup>3</sup> за формулою:

$$V = \pi \times r^2 \times h, \quad (12)$$

де  $\pi \times r^2$  - площа ріжучої частини циліндра, см<sup>2</sup>;

$h$  - висота циліндра, см.

Масу абсолютно сухого ґрунту в циліндрі ( $M_{\text{гр}}$ ) вираховують за формулою

$$M_{\text{гр}} = \frac{M_{\text{в}} \times 100}{100 + B} \quad (13)$$

де  $M_{\text{в}}$  - маса сирого ґрунту в циліндрі, г;

$B$  - вологість ґрунту, %.

Запис результатів при визначенні об'ємної маси ґрунту проводиться у вигляді таблиці 9.

Таблиця 9.- Визначення об'ємної маси (щільності) ґрунту

Номер або назва варіанту	Шар ґрунту, см	Номер бюкса	Маса бюкса, г	Маса бюкса з ґрунтом до сушіння, г	Маса бюкса з ґрунтом після сушіння, г	Вологість ґрунту, %	Маса		Об'єм ґрунту, см <sup>3</sup>	Об'ємна маса ґрунту, г/см <sup>3</sup>
							сирого ґрунту в циліндрі, г	абсолютно сухого		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		11

### Питання для самоконтролю

- 1.Що називають об'ємною масою (щільністю) ґрунту?
2. Для чого використовують показники об'ємної маси ґрунту?

3. Від чого залежить щільність різних типів та різновидів ґрунтів?
4. Вкажіть межі оптимальної щільності ґрунту для вирощування просапних, зернових колосових культур?
5. В чому полягає визначення об'ємної маси ґрунту за методом циліндрів?

### **Тема 10. Визначення питомої маси (щільності твердої фази) і пористості ґрунту**

Завдання: визначити питому масу зразків ґрунту; обчислити загальну пористість і пористість аерації проаналізованих зразків ґрунту; дати оцінку встановленим показникам з точки зору сприятливості для вирощування сільськогосподарських культур.

Прилади та матеріали: пікнометри, мірні колби, стакани, лійки, ваги, електроплитка або колбонагрівач, дистильована вода, зразки підготовленого повітряно-сухого ґрунту.

#### *Теоретичні відомості*

Ґрунт як фізичне тіло складається з трьох фаз: твердої, рідкої і газоподібної. Щільністю твердої фази (питомою масою) ґрунту називають відношення маси твердої фази ґрунту визначеного об'єму до маси того ж об'єму води при температурі 4°C. Щільність твердої фази ґрунту вимірюється в г/см<sup>3</sup> і ототожнюється з поняттям, "питома маса ґрунту". Її величина залежить від мінералогічного складу ґрунту і кількості в ній органічної речовини. Чим більше ґрунт містить гумусу, тим менша її питома маса. Питома маса мінеральних ґрунтів коливається в межах 2,3-2,9 г/см<sup>3</sup>, а органогенних (торфово- болотних) в межах 1,4-1,7 г/см<sup>3</sup>. Щільність твердої фази (питома маса) ґрунту завжди більша від щільності (об'ємної маси) ґрунту. Питома маса ґрунту є порівняно стабільним показником, який характеризує в деякій мірі склад ґрунту. На нього не впливає обробіток ґрунту, але він може змінюватись при фізичних меліораціях ґрунтів: піскуванні, глинуванні, торфуванні, механічному перемішуванні горизонтів ґрунту при глибокій плантажній оранці.

Визначають питому масу ґрунту із зразка ґрунту порушеної структури,

тобто розтертого в порошок і просіяного через сито з отворами 1 мм, пікнометричним способом шляхом визначення об'єму наважки ґрунту при витісненні ним води. В якості пікнометра зазвичай використовують мірну колбу на 100 мл. Обчислення питомої маси проводять за формулою

$$D = \frac{M_{\text{гр}}}{(M_{\text{гр}} + m_1) - m_2}, \text{ (г/см}^3\text{)} \quad (14)$$

де  $M_{\text{гр}}$  - наважка сухого ґрунту, г;

$m_1$  - маса пікнометра з водою, г;

$m_2$  - маса пікнометра з водою і ґрунтом, г;

$((M_{\text{гр}} + m_1) - m_2)$  - об'єм води ( $\text{см}^3$ ), витіснений наважкою ґрунту (при густині води  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$  об'єм витісненої води  $V$  ( $\text{см}^3$ ) чисельно рівний її масі  $m$  (г),  $V = m/\rho$ ).

Показники щільності твердої фази використовують для обчислення пористості ґрунту.

*Пористість ґрунту* - відношення об'єму всіх пор і пустот в ґрунті до його об'єму в непорушеному стані. Це одна з найважливіших фізичних властивостей ґрунту, оскільки в порах знаходиться вода, повітря, мікроорганізми, корені рослин.

Загальна кількість і розміри пор залежать від розмірів і форми ґрунтових частинок, їх розміщення, наявності макро- і мікроагрегатів.

Розрізняють капілярну і некапілярну пористість ґрунту. Капілярні пори зайняті водою, яка утримується менісковими силами. Некапілярні пори містять ґрунтове повітря, тому їх називають порами аерації, а некапілярну пористість пористістю аерації. Волога в некапілярних порах практично не утримується і після інтенсивного зволоження під дією сили тяжіння стікає в нижчі шари, а її місце займає повітря. В агрономічному відношенні важливо, щоб ґрунти мали достатньо великий об'єм капілярних пор і при цьому некапілярна пористість повинна становити не менше 20-25% загальної пористості, а оптимальне співвідношення капілярних і некапілярних пор становить 1:1.

Серед капілярної пористості виділяють міжагрегатну і

внутрішньоагрегатну. Остання утворюється всередині структурних окремоостей мікро- і макроагрегатів. Ці пори, як правило, меншого розміру, ніж міжагрегатні, вони створюють так звану водоутримуючу здатність ґрунту.

Пористість, так як і щільність ґрунту, змінюється в часі. На неї впливають: вміст гумусу, механічний обробіток, ущільнення, зволоження та ін.

Загальну пористість ( $P_{заг}$ ) в об'ємних процентах розраховують на основі показників щільності твердої фази ( $D$ ) і щільності ґрунту ( $d$ ) за формулою

$$P_{заг} = 100 (1 - d/D), \% \quad (15)$$

Знаючи загальну пористість ґрунту і його вологість в даний момент, обчислюють пористість аерації або повітрязабезпеченість в об'ємних процентах за формулою

$$P_{аер} = P_{заг} - B \times d, \% \quad (16)$$

де  $B$  – вологість ґрунту в вагових процентах.

Для якісної оцінки загальної пористості суглинкових і глинистих ґрунтів М.О. Качинський запропонував шкалу, наведену в таблиці 10.

Таблиця 10.- Шкала якісної оцінки пористості суглинкових і глинистих ґрунтів (за М.О. Качинським)

Загальна пористість, %	Якісна оцінка
> 70	Надмірна пористість. Ґрунт розпушений
55-65	Відмінна пористість. Культурний орний шар
50-55	Задовільна пористість для орного шару
<50	Незадовільна пористість для орного шару
40-25	Надмірно низька пористість. Характерна для ущільнених ілювіальних горизонтів

Порівняльна характеристика показників об'ємної і питомої маси та пористості ґрунтів України наведено в додатку 9.

#### *Хід аналізу*

В колбу наливають 250 мл дистильованої води, кип'ятять 30 хвилин для видалення повітря і охолоджують до кімнатної температури.

В пікнометр (або мірну колбу) на 100 мл наливають до мітки кип'ячену

дистильовану воду (попередньо охолоджену) і зважують на вагах.

В скляний стаканчик відважують 10 г сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами 1 мм. Із зваженого пікнометра відливають половину води і всипають до нього через суху лійку відібрану наважку ґрунту. Пікнометр з ґрунтом і водою ставлять на Колбонагрівач або піщану баню й кип'ятять 30 хв. для видалення повітря з ґрунту, доливаючи дистильовану воду по мірі википання до половини його об'єму. Після кип'ятіння пікнометр з ґрунтом охолоджують до кімнатної температури і доливають охолоджену прокип'ячену воду до мітки. Необхідно, щоб температура пікнометра з водою і ґрунтом була такою ж як і при першому зважуванні до кип'ятіння.

Розраховують щільність твердої фази ґрунту, загальну пористість і пористість аерації (формули 14,15,16), використовуючи результати попередніх аналізів вологості і об'ємної маси ґрунту. Результати аналізу і обчислень заносять до таблиці 11.

Таблиця 11.- Визначення щільності твердої фази і пористості ґрунту

Назва ґрунту	Наважка сухого ґрунту, г	Маса пікнометра, г		Щільність твердої фази ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Загальна пористість ґрунту, %	Пористість аерації, %
		з водою	з водою і ґрунтом			
1	2	3	4	5	6	7

#### *Питання для самоконтролю*

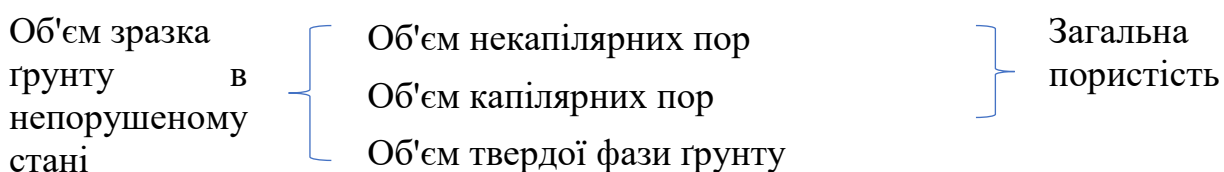
- 1.Що називають щільністю твердої фази (питомою масою ґрунту)?
2. Для чого використовують показник питомої маси ґрунту?
- 3.Що називають пористістю ґрунту?
- 4.Від яких показників залежить повітрязабезпеченість ґрунту або пористість аерації?
- 5.Назвіть межі оптимальної загальної пористості та пористості аерації для культурного орного шару суглинкових та глинистих ґрунтів.

## Тема 11. Визначення будови орного шару ґрунту

Прилади та матеріали: циліндри з кришками, лінійка, терези, сушильні стаканчики, фільтрувальний папір, ванна для насичення зразків, ніж, сушильна шафа, зразки ґрунту.

### *Теоретичні відомості*

**Будовою орного шару** ґрунту називають співвідношення об'ємів, зайнятих твердою фазою ґрунту, капілярними і некапілярними порами. Схематично будову орного шару можна зобразити так:



Будова орного шару ґрунту залежить від механічного складу, структури, обробітку ґрунту, життєдіяльності мікроорганізмів і вирощуваних культур.

Будову орного шару ґрунту визначають методом насичення в циліндрах.

Для цього відбирають зразки з ґрунту з непорушеною будовою, використовуючи металеві циліндри об'ємом 100, 200, 500, 1000 см<sup>3</sup> і висотою 5 або 10 см. Перед виходом у поле для відбирання зразків ґрунту циліндри нумерують, зважують разом з кришками, вимірюють діаметр ріжучої частини і дані записують у робочий зошит. У полі знімають кришки з циліндра і вертикально занурюють його ґрунт на потрібну глибину, але так, щоб верхні вінця його були на 1-1,5 см нижче поверхні ґрунту. Після цього циліндр виймають з ґрунту. Зайвий ґрунт зрізують ножем на рівні з вінцями і закривають кришками. Одночасно з відбиранням зразків для визначення будови орного шару відбирають зразки на вологість.

У лабораторії циліндри з ґрунтом зважують і ставлять у спеціальні ванни для капілярного насичення водою. Для цього знімають нижню кришку, а замість неї підкладають аркуші фільтрувального паперу з більшим діаметром. Ставлять циліндр нижньою частиною на підставку у ванні і знімають верхню

кришку. Обидві кришки кладуть так, щоб не переплутати. Підставку у ванні накривають фільтрувальним папером, кінці якого опускають у воду.

Розставивши на підставку всі циліндри, у ванну обережно наливають води стільки, щоб її рівень був дещо нижчим від ґрунту. Вода у ґрунт надходить крізь фільтрувальний папір, заповнюючи всі капіляри. Насичення продовжують до встановлення постійної маси. Воно може тривати. 2-3 доби. Щоб точніше встановити момент повного насичення, щоденно зважують 3-4 циліндри. Після встановлення постійної маси, їх знімають, накривають кришками і зважують з точністю до 0,1 г при об'ємі понад 500 см<sup>3</sup> і до 0,01 г при об'ємі менше 200 см<sup>3</sup>.

Для визначення вологості з кожного циліндра після зважування відбирають у сушильні стаканчики наважки ґрунту. Циліндри звільнюють від ґрунту, миють і сушать.

Розрахунки проводять у такій послідовності:

1. Об'єм зразка ґрунту в циліндрі (1) визначають за формулою 12.
2. Капілярну вологоємність ґрунту (W) - кількість води після капілярного насичення, виражена в процентах до абсолютно сухого ґрунту, - розраховують за формулою

$$Wk = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100 (\%) \quad (17)$$

де  $m_1$  - маса бюкса, г;

$m_2$  - маса бюкса із сирим ґрунтом після насичення, г;

$m_3$  - маса бюкса із сухим ґрунтом, г.

3. Масу абсолютно сухого ґрунту в циліндрі ( $M_3$ ) розраховують за формулою

$$M_3 = \frac{(M_2 - M) \times (m_3 - m_1)}{m_2 - m_1} \quad (18)$$

M - маса пустого циліндра, г.

де  $M_2$  - маса циліндра з ґрунтом після насичення, г;

Вираховуючи масу абсолютно сухого ґрунту в циліндрі, виходять з таких міркувань: якщо в  $(m_2 - m_1)$  грамах сирого ґрунту, взятого в бюкс, міститься  $(m_3 -$

$m_1$ ) грам абсолютно сухого ґрунту, то в  $(M_2 - M)$  грама сирого ґрунту в циліндрі міститься  $(M_1)$  грам абсолютно сухого ґрунту.

4. Об'єм капілярних пор (***P<sub>кап</sub>***) дорівнює масі води в ґрунті  $(M_4)$  після його капілярного насичення при умові, що 1 см<sup>3</sup> води при 4°C важить 1 г. Визначають його за формулою

$$M_4 = M_2 - M_3 - M \text{ (г) або (см}^3\text{)} \quad (19)$$

Об'єм капілярних пор можна виразити в процентах до об'єму ґрунту

$$P_{\text{кап}} = \frac{M_4}{V} \times 100, \% \quad (20)$$

5. Об'єм твердої фази ґрунту  $(T)$  розраховують за формулою

$$T = \frac{M_3}{D} \text{ (см}^3\text{)} \quad (21)$$

де  $D$  питома маса ґрунту (г/см<sup>3</sup>) наведена в додатку 9 або використовуються результати попередніх досліджень для даного типу ґрунту у процентах до об'єму ґрунту 6. Загальну пористість ( $P_{\text{заг}}$ ) визначають за формулою

$$P_{\text{заг}} = V - T \text{ (см}^3\text{)}, \quad (22)$$

або в процентах до об'єму ґрунту за формулою 15.

7. Пористість некапілярну ( $P_{\text{нек}}$ ) визначають у см<sup>3</sup> або в %

$$P_{\text{нек}} = P_{\text{заг}} - P_{\text{кап}}, \text{ см}^3 \text{ або \%} \quad (23)$$

8. Об'ємну масу ґрунту  $(d)$  розраховують у г/см<sup>3</sup>

$$d = \frac{M_3}{D} \text{ (г/см}^3\text{)} \quad (24)$$

9. Вологість ґрунту під час відбирання зразка в циліндр  $(B)$  вираховують у % за формулою:

$$B = \frac{(M_1 - M) - M_3}{M_3} \times 100, \quad (25)$$

де  $M$  - маса циліндра із ґрунтом до насичення, г.

10. Ступінь аерації ґрунту  $(A)$  - кількість пор, зайнятих % за формулою повітрям у момент відбирання зразка, визначають у

$$A = \frac{P_{\text{заг}} - (M_1 - M - M_3)}{P_{\text{заг}}} \times 100 \quad (26)$$

де  $(M - M - M_3)$  об'єм пор, зайнятих водою в момент відбору зразка, см;



$P_{\text{заг}}$  - загальна пористість,  $\text{см}^3$ .

11. Ступінь насичення ґрунту водою ( $N$ ) зайнятих водою в момент відбору зразка формулою - кількість пор, визначають у % за

$$N = \frac{M_1 - M - M_3}{P_{\text{заг}}} \times 100 \quad (27)$$

12. Загальний запас води в досліджуваному шарі ґрунту ( $W_{\text{заг}}$ )

$$W_{\text{заг}} = B \times d \times H, \text{ м}^3/\text{га} \quad (28)$$

де  $B$  - вологість ґрунту, %;

$d$  - об'ємна маса ґрунту,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

$H$  - товщина шару ґрунту,  $\text{см}$ .

Якщо товщину ґрунту подають у метрах, то тоді результат множать на коефіцієнт 100.

При визначенні будови орного шару ґрунту запис проводять за формою, наведеною в таблиці 12.

Таблиця 12.- Визначення будови орного шару ґрунту

Назва або номер варіанту

Дата аналізу

Показник і позначення	Шар ґрунту, $\text{см}$		
	0-10	10-20	20-30
Номер циліндра			
Маса порожнього циліндра ( $M$ ), $\text{г}$			
Глибина відбору зразка ( $H$ ), $\text{см}$			
Площа ріжучої частини циліндра ( $\pi \times r^2$ ), $\text{см}^2$			
Об'єм зразка в циліндрі ( $V$ ), $\text{см}^3$			
Маса циліндра з ґрунтом до насичення ( $M_1$ ), $\text{г}$			
Маса циліндра з ґрунтом після насичення ( $M_2$ ), $\text{г}$			
Номер бюкса			
Маса бюкса ( $m_1$ ), $\text{г}$			
Маса бюкса з насиченим ґрунтом ( $m_2$ ), $\text{г}$			
Маса бюкса із сухим ґрунтом ( $m_3$ ), $\text{г}$			
Капілярна вологість ( $W_k$ ), %			
Маса абсолютно сухого ґрунту в циліндрі ( $M_3$ ), $\text{г}$			
Маса води в ґрунті після насичення ( $M_4$ ), $\text{г}$			
Питома маса ґрунту ( $D$ ), $\text{г}/\text{см}^3$			
Об'єм твердої фази ґрунту ( $T$ ), %			

Загальна пористість ( $P_{\text{заг}}$ ), %			
Капілярна пористість ( $P_{\text{кап}}$ ), %			
Некапілярна пористість ( $P_{\text{нек}}$ ), %			
Об'ємна маса ґрунту ( $d$ ), г/см <sup>3</sup>			
Вологість ґрунту при відбиранні зразка ( $B$ ), %			
Ступінь аерації, ( $A$ ), %			
Ступінь насичення ґрунту водою ( $N$ ), %			
Загальний запас води в досліджуваному шарі ґрунту ( $W_{\text{заг}}$ ), м <sup>3</sup> /га			

Питання для самоконтролю

1. Що таке будова орного шару ґрунту?
2. Яким методом визначають будову орного шару ґрунту?
3. Суть методу насичення в циліндрах
4. Які показники необхідні для визначення будови орного шару ґрунту?

## Тема 12. Визначення пластичності ґрунту

Завдання: визначити верхню і нижню межу пластичності зразків ґрунту, встановити число пластичності й дати оцінку ґрунту за пластичністю.

Прилади та матеріали: фарфорова чашка, шпатель, ексікатор, ваги, сушильна шафа, бюкси, папір, зразки ґрунту, вода.

### *Теоретичні відомості*

Пластичністю називають здатність ґрунту набувати певної форми під впливом зовнішніх сил без утворення тріщин і зберігати її після припинення дії цих сил.

Визначають верхню і нижню границі пластичності. Нижня границя пластичності показує верхню межу вологості ґрунту, за якої ще можливий його механічний обробіток. Верхня границя пластичності визначається вологістю ґрунту, за якої він набуває здатності розпливатися.

Величину пластичності вимірюють за числом пластичності, яка дорівнює різниці між вологістю ґрунту при верхній і нижній межі пластичності. Чим

менше число пластичності, тим менша залежність між вологістю ґрунту і його фізичною стиглістю для якісного обробітку.

*Визначення пластичності за методом Аттерберга.*

Пробу ґрунту в повітряносухому стані після видалення коренів подрібнюють у фарфоровій ступці і просіюють через сито з отворами в 1 мм.

Близько 30 г підготовленого ґрунту переносять у фарфорову чашечку, змочують водою, старанно перемішують шпателем, доводять до стану густої пасти і ставлять на добу в ексікатор з водою, закривши кришкою.

Через добу пробу ще раз перемішують, розрівнюють товщиною в 1 см і розрізають V-подібним шпателем на дві рівні частини так, щоб між ними утворилась щілина шириною на дні 1-1,5 мм, а на поверхні 2-3 мм. Потім по дну чашки ударяють три рази рукою або кидають її тричі з висоти 6 см. Якщо після цього обидві частини ґрунтової маси з'єднуються так, що заповняють щілину між ними по висоті на 1 мм і довжині 1,5-2 мм, то дане зволоження відповідає верхній межі пластичності. Якщо злиття не відбувається, то до ґрунту добавляють трохи води і повторюють вказані операції, добиваючись доставленої мети. В разі надлишку води злиття частин ґрунтової маси відбувається вже після першого чи другого удару. В цьому випадку в досліджувану пасту добавляють сухого ґрунту і продовжують випробування. Досягнувши необхідної консистенції, із чашки беруть пробу ґрунту і вміщують у сушильну шафу для визначення вологості, яка відповідала б верхній межі пластичності.

До залишку ґрунтової пасти після визначення верхньої межі пластичності добавляють сухий ґрунт і роблять кульку діаметром 1 см. Потім з неї на папері виготовляють шнур товщиною 3 мм. Якщо при цьому шнур не розпадається на дрібні (8-10 мм) шматочки, то цього досягають повторними операціями. В разі досягнення нижньої межі пластичності, коли шнур розпадається на шматочки, її збирають у сушильний стакан і визначають вологість ґрунту.

Визначивши верхню і нижню межю та число пластичності дають якісну оцінку ґрунтів (табл. 13).

Таблиця 13.- Класифікація ґрунтів за числом пластичності  
(по Аттербергу)

Число пластичності	Механічний склад ґрунту	Оцінка ґрунтів за пластичністю
0	Пісок	Непластичні
0-7	Супісок	Слабопластичні
7-17	Суглинок	Пластичні
17	Глина	Високопластичні

*Питання для самоконтролю*

1. Що таке пластичність ґрунту, як її визначити?
- 2.Що означає верхня межа пластичності (нижня межа текучості)?
3. Що означає нижня межа пластичності?
4. Як класифікують ґрунти за пластичністю?
5. Від чого залежить пластичність?

**Тема 13. Визначення липкості ґрунту**

Завдання: визначити липкість піщаного і глинистого ґрунтів при вологості 10; 15; 20; 25; 30%. Побудувати графіки залежності липкості ґрунтів від вологості.

Прилади та матеріали: прилад Качинського, алюмінієві чашки, сито з отворами діаметром 1 мм, ванна для капілярного насичення зразка, бюкси, пісок, терези, сушильна шафа.

*Теоретичні відомості*

Липкість ґрунту це властивість його прилипати до поверхні предметів та робочих органів ґрунтообробних знарядь. Липкість залежить від гранулометричного складу, структури і вологості ґрунту. На структурних ґрунтах прилипання починається при 60-70% повної вологоємності, на розпилених при 40-50%. Вимірюють липкість величиною зусилля, яке необхідно для вертикального відриву від пластинки прилипшої до неї ґрунтової

маси:

$$A=P/S, (29)$$

де А - липкість, г/см<sup>2</sup>;

Р - зусилля, необхідне для відприву пластинки, г;

S - площа пластинки, см<sup>2</sup>.

М.О. Качинський розподіляє ґрунти за величиною липкості при капілярному зволоженні на п'ять категорій.

Таблиця 14.- Класифікація ґрунтів за липкістю (за М.О. Качинським)

Липкість ґрунту, г/см <sup>2</sup>	Категорія
> 15	Граничнов'язкий
5-15	Дуже в'язкий
2-5	Середньов'язкий
0,5-2	Слабов'язкий
0,1-0,5	Розсипчастий

*Метод Качинського.*

Для визначення липкості використовують прилад Качинського, що являє собою видозмінені технохімічні терези. Ліву чашку замінено стержнем, на нижньому кінці якого знаходиться диск площею 10 см<sup>2</sup>. Диск виготовляють із сталі, латуні, дерева або гуми. На праву чашку ставлять стакан для піску. В такому положенні терези урівноважують. Липкість ґрунту визначають на зразках з порушеною і непорушеною будовою.

#### Хід аналізу

1. Для визначення липкості ґрунту з порушеною будовою беруть 100 г ґрунту, просіяного через сито з отворами діаметром 1 мм. Наважку висипають у фарфорову чашку і, доливаючи воду, доводять до відповідної вологості. Наприклад, максимальна гігроскопічність ґрунту становить 4 %. Щоб довести вологість цього ґрунту до 20%, до наважки слід додати 16 мл води.

Ґрунт ретельно перемішують до однорідної маси, переносять у формочку, поверхню вирівнюють і формочку підставляють під диск приладу. Відпустивши аретир, на диск кладуть вантаж масою 200-300 г для кращого прилипання ґрунту. Через 0,5 хв. вантаж знімають і в стакан обережно

насыпають малими порціями пісок до моменту відриву диска від ґрунту. Пісок зважують і вираховують показник липкості діленням маси піску на площу диска. Це й буде липкість ґрунту при заданій вологості. Липкість визначають при різних показниках вологості до того моменту, коли ґрунт уже не буде прилипати до диска.

2. Для визначення липкості ґрунту з непорушеною будовою відібраний зразок ставлять у ванну для капілярного насичення. Після насичення до повної вологоємкості визначають липкість ґрунту таким же способом, як і в зразках з порушеною будовою. Потім зразок поступово підсушують і визначають липкість при різному вмісті вологи доти, поки ґрунт не буде прилипати до диска. На основі одержаних даних будують графік залежності липкості ґрунту від його вологості.

*Питання для самоконтролю*

1. Що таке липкість ґрунту?
2. Чим вимірюється липкість ґрунту?
3. Від чого залежить липкість ґрунту?
4. Як розподіляють ґрунт за величиною липкості?
5. Яким методом визначають липкість ґрунту?

#### **Тема 14. Визначення твердості ґрунту**

Завдання: визначити за допомогою твердоміра Качинського твердість ґрунтів на полях, зайнятих від просапними культурами та на цілинних землях.

##### *Теоретичні відомості*

Твердістю ґрунту називають опір його вертикально спрямованій силі під час розрізання чи здавлювання. Чим більша твердість ґрунту, тим більший опір для ґрунтообробних знарядь і навпаки, при меншій твердості ґрунту тяговий опір машин, що проходять по полю, зменшується. Твердість залежить від хімічного гранулометричного складу, вмісту гумусу, вологості, щільності структури та ін.

М.О. Качинський за твердістю розділив ґрунти на шість категорій.

Таблиця 15.- Класифікація ґрунтів за твердістю (за М.О. Качинським)

Твердість ґрунту, кг/см <sup>2</sup>	Категорія ґрунту
> 100	Злитий
50-100	Дуже щільний
30-50	Щільний
20-30	Щільнуватий
10-20	Пухкуватий
<10	Пухкий

Твердість ґрунту можна визначити за допомогою твердомір Алексеєва або твердоміра Качинського.

Твердомір Качинського. Прилад портативний масою до 2 кг. Ним зручно користуватися при визначенні твердості ґрунту різних генетичних горизонтів. Діє за принципом револьвера: силою стиснутої пружини плунжер проникає в ґрунт.

Прилад складається з циліндричного корпусу, який знизу закривається нагвинчуванням опорного диска з отвором для плунжера. Зверху корпус закривається головкою, всередині якої є гвинт з рухомими шайбами на ньому. Всередині корпусу вільно рухається поршень з робочою пружиною на ньому. На нижній кінець поршня загвинчуванням кріпиться плунжер довжиною 60 мм і площею поперечного перерізу 0,2 см<sup>2</sup>. У приладі використовують плунжер циліндричний або конічний. В неробочому стані замість опорного диска 2 нагвинчують глухий наконечник. На корпусі твердоміра є шкала з міліметровими поділками від 0 до 60 мм відповідно до максимального ходу плунжера. Показання на шкалі знімають за допомогою рухомого кільця показника. Воно має два прорізи, якими опирається на гвинти. Ці гвинти знаходяться на верхній частині поршня і виходять назовні через прорізи в корпусі твердоміра. Поршень у робочому положенні фіксується за допомогою автоматичного пристрою з кнопкою. До комплекту приладу додаються робочі пружини, які можуть створювати зусилля на плунжер 0,6; 2; 3; 4; 6; 8; 12; 16; 18 кг, і визначальна таблиця. Плунжери змінюють за допомогою ключа.

#### *Хід аналізу*

Перед початком роботи в корпус твердоміра вставляють відповідну пружину і загвинчують потрібний плунжер. Ставлять твердомір вертикально на

тверду поверхню, натискають рукою на головку так, щоб плунжер повністю увійшов усередину корпусу. Автоматичний пристрій фіксує поршень у цьому положенні, а пружина знаходиться в стиснутому стані. Поставивши прилад на поверхню ґрунту, натискають на кнопку і плунжер під дією пружини проникає в ґрунт на певну глибину. Через 30 с за допомогою кільця-показника на шкалі знімають показання. За визначальною таблицею для даної пружини знаходять відповідне значення опору ґрунту.

Помноживши його на коефіцієнт одержують показник твердості ґрунту з розрахунку на 1 см<sup>2</sup>. Твердість визначають в десятиразовій повторності. Одночасно визначають вологість ґрунту. Одержані дані про твердість і вологість ґрунту подають графічно.

Питання для самоконтролю

1. Що таке твердість ґрунту?
2. Як класифікують ґрунти за твердістю?
3. Від чого залежить твердість ґрунту?
4. Якими приладами визначають твердість ґрунту?

## **Тема 15. Фізична спілість ґрунту**

Завдання: освоїти методику визначення фізичної спілості ґрунту

*Теоретичні відомості*

**Фізичною спілістю ґрунту** називають такий стан його, під час якого ґрунт подрібнюється ґрунтообробними знаряддями на окремі частинки і агрегати розміром 0,5-10 мм без брил (агрегати понад 5 см) і пилу (агрегати дрібніші за 0,25 мм). У такому стані ґрунт відзначається найменшим питомим опором під час обробітку, а в обробленому шарі створюється найбільш сприятливе співвідношення між твердою фазою, водою і повітрям. Стан фізичної спілості настає при певній вологості ґрунту. Таким чином, визначення нижньої і верхньої межі оптимальної для обробітку ґрунту вологості має велике значення в практиці землеробства, оскільки дає можливість проводити



обробіток своєчасно, якісно і з найменшими затратами енергії. Під час обробітку ґрунту з вологістю понад верхню межу фізичної спілості утворюються суцільна блискуча скиба, а з вологістю, меншою від нижньої межі, - великі брили.

Візуальними способом стан фізичної спілості ґрунту визначають здавлюванням його в долонях. Якщо при цьому з ґрунту витікає вода і він кришиться, а кинутий з висоти 1,5 м розсипається на окремі шматки, то це означає, що ґрунт перебуває в стані фізичної спілості. Потім визначають вологість ґрунту, доведеного відповідним зволоженням (за допомогою вказаних тестів) до стану фізичної спілості.

*Метод Качинського.* Він передбачає визначення відносної вологості ґрунту. Під відносною вологістю розуміють величину, яка є процентним виразом відношення абсолютного вмісту вологи до повної вологості. Наприклад, абсолютна вологість ґрунту 24%, повна вологом мкість 40%, а відносна вологість дорівнює  $24 : 40 \times 100 = 60\%$ . М.А. Качинський вважає оптимальною для обробітку більшості ґрунтів відносну вологість 60-70%, допустимою для несолонцюватих ґрунтів - 50-80%, для солонців і солончаків - 50-60%.

#### *Питання для самоконтролю*

1. Що розуміють під фізичною спілістю ґрунту?
2. Якими способами визначають фізичну спілість ґрунту?
3. Як у польових умовах визначається фізична спілість ґрунту?

### Список використаної літератури

1. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В. М 42 Агрофізика ґрунту . Підручник . К.: Видавництво, 2021.- 315 с. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В. М 42 Агрофізика ґрунту . Підручник . К.: Видавництво, 2021.- 315 с.
- 2.[https://web.posibnyku.vntu.edu.ua/iebmd/vaganov\\_inzhenerna\\_geologiya/9.2.htm](https://web.posibnyku.vntu.edu.ua/iebmd/vaganov_inzhenerna_geologiya/9.2.htm)
- 3.Лабораторно-практичні заняття по землеробству О.П.Кротінов, І.П.Максимчук, Ю.П.Манько, І.С.Руденко – Київ: Вид- ВО УСГА, 1993.
4. <http://www.tsatu.edu.ua/ros1/wp-content/uploads/sites/20/pr.1.ahrofizychni->

5. Гаськевич В. Г., Папіш І. Я., Телегуз О. Г. Фізика ґрунтів. Лабораторний практикум /Навчальний посібник/ В. Г. Гаськевич., І. Я. Папіш, О. Г. Телегуз – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. – 170 с.

ДОДАТОК 1

Класифікація механічних елементів ( за М.А. Качинським).

Фракція	Розмір фракції, мм	Фракція	Розмір фракції, мм
Каміння	> 3	- середній	0,01 - 0,005
Гравій	3 - 1	- дрібний	0,005 - 0,001
Пісок:		Мул:	
крупний	1 - 0,5	- грубий	0,001 - 0,0005
середній	0,5 - 0,25	- тонкий	0,0005 - 0,0001
дрібний	0,25 - 0,05	Колоїди	< 0,0001
Пил:		Фізична глина	< 0,01
крупний	0,05 - 0,01	Фізичний пісок	> 0,01

ДОДАТОК 2

Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом (за Качинським М.)

Вміст “фізичної” глини (частки < 0,01 мм) та “фізичного” піску (частки > 0,01 мм)						Коротка назва грунту за гранулометричним складом
Підзолистого типу грунтоутворення		Степового типу грунтоутворення, чорноземи і жовтоземи		Солонці та сильносолонцюваті грунти		
<0,01 мм	>0,01 мм	<0,01 мм	>0,01 мм	<0,01 мм	>0,01 мм	
0–5	100–95	0–5	100–95	0–5	100–95	піщаний
5–10	95–90	5–10	95–90	5–10	95–90	зв’язно-піщаний
10–20	90–80	10–20	90–80	10–15	90–85	супіщаний
20–30	80–70	20–30	80–70	15–20	85–80	легкосуглинковий
30–40	70–60	30–45	70–55	20–30	80–70	середньосуглинковий
40–50	60–50	45–60	55–40	30–40	70–60	важкосуглинковий
50–65	50–35	60–75	40–25	40–50	60–50	легкоглинистий
65–80	35–20	75–85	25–15	50–65	50–35	середньоглинистий
>80	<20	>85	<15	>65	<35	важкоглинистий

### ДОДАТОК 3

Коефіцієнти питомого опору (кг/см<sup>2</sup>) залежно від гранулометричного складу ґрунту (за А.Ф. Проніним)

Типи ґрунтів	Ступінь освоєння ґрунту	Гранулометричний склад ґрунту			
		легко- суглинковий	середньо- суглинковий	важко- суглинковий	глинистий
Дерново- підзолистий	цілина	0,408	0,507	0,717	0,994
	трав’яний пласт	0,308	0,438	0,567	0,784
	стерня	0,259	0,354	0,478	0,669
Чорнозем	цілина	0,403	0,531	0,721	0,923
	трав’яний пласт	0,323	0,456	0,582	0,884
	стерня	0,252	0,361	0,499	0,639

### ДОДАТОК 4

Умови росту й розвитку сільськогосподарських культур залежно від гранулометричного складу ґрунтів (Яскін О.А., Хабаров О.В. та ін., 1999 р.)

Культура	ґрунти					
	піщані	супіщані	легко- суглинкові	середньо- суглинкові	важко- суглинкові	глинисті
Пшениця	0	2	3	3	3	2
Жито	2	3	3	3	3	3
Овес	1	3	3	3	3	3
Ячмінь	1	3	3	3	3	2
Просо	1	3	3	3	3	2
Кукурудза	0	3	3	3	3	2
Гречка	1	3	3	3	2	2
Картопля	0	3	3	3	3	2

Льон	0	1	2	3	3	2
Буряки	0	2	3	3	3	2
Капуста	0	2	3	3	3	2
Морква	1	3	3	2	3	2

Примітка. Умови росту й розвитку: 3 - найкращі; 2 - непогані, 1-6 сприятливі роки непогані, але в цілому спостерігається зниження врожайності; 0 - не слід вирощувати дані культури.

## ДОДАТОК 5

### Шкала для оцінки структурного стану ґрунту (за С.І.Долговим, П.У.Бахтіним)

Вміст агрегатів розміром 0,25-10,0 мм, % до маси		Оцінка структурного стану
повітряно-сухих	водотривких	
>80	>70	Відмінний
80-60	70-55	Добрий
60-40	55-40	Задовільний
40-20	40-20	Незадовільний
<20	<20	Поганий

## ДОДАТОК 6

### Класифікація структурних агрегатів (за С.О.Захаровим)

РІД		ВИД	Розмір, мм
Назва	Ознака		
1	2	3	4
Тип А. Кубоподібна – рівномірний розвиток по трьох осях			
I. Брилиста	Грані і ребра погано виражені, крупні	1 Крупнобрилиста 2 Дрібнобрилиста	> 10 100 - 50
II. Грудкувата	Неправильна округла форма, нерівні округлі і жорсткі поверхні розлому, грані не виражені	3 Крупногрудкувата 4 Грудкувата 5 Дрібногрудкувата 6 Пилувата	50 - 30 30 - 10 10 - 2,5 < 2,5
III. Горіхувата	Майже правильна форма, грані добре виражені, поверхня рівна, ребра гострі	7 Крупногоріхувата 8 Горіхувата 9 Дрібногоріхувата	> 10 10 - 7 7 - 5

IV. Зерниста	Майже правильна форма, інколи – округла з вираженими гранями або жорсткими і матовими, або гладкими й блискучими	10 Крупнозерниста 11 Зерниста 12 Дрібнозерниста (порохувата)	5 - 3 3 - 1 1 - 0,5
Тип Б. Призмоподібна – розвиток переважно по вертикальній осі			
V. Стовпоподібна	Відмінності слабо оформлені, з нерівними гранями й заокругленими ребрами	13 Крупностовпоподібна 14 Стовпоподібна 15 Дрібностовпоподібна	> 50 50 - 30 < 30
VI. Стовпчаста	Правильної форми з добре вираженими вертикальними гранями, округлою верхньою і плоскою нижньою поверхнями	16 Крупностовпчаста 17 Дрібностовпчаста	50 - 30 < 30
VII. Призматична	Грані добре виражені з рівною глянцевою поверхнею	18 Крупнопризматична	50 - 30
		19 Призматична	30 - 10
		20 Дрібнопризматична	10 - 5
		21 Тонкопризматична	< 5
		22 Олівцева (при довжині 50 мм)	< 10
Тип В. Плитоподібна – розвиток переважно по горизонтальній осі			
VIII. Плитчаста	Шарувата з розвиненими горизонтальними площинами	23 Сланцювата 24 Плитчаста 25 Пластинчаста 26 Листова	> 5 5 - 3 3 - 1 < 1
IX. Лускувата	Порівняно невеликі частково зігнуті горизонтальні площини й часто гострі грані	27 Шкаралупувата 28 Груболускувата 29 Дрібнолускувата	> 3 3 - 1 < 1

## ДОДАТОК 7

Границі польової вологості ґрунтів середньосуглинкового складу, в межах яких можливий якісний їх обробіток (за А.Ф. Проніним)

Типи ґрунтів	Границі польової вологості ґрунту, %		Інтервал вологості	
	верхня (залипання)	Нижня (брилоутворення)	при агротехнічно допустимій якості обробітку	при високій якості обробітку, найменшому тяговому опору
Дерново-підзолисті	22	11	12...21	15...18
Сірі лісові	24	14	15...23	17...18
Чорноземи	25	13	15...24	15...18

## ДОДАТОК 8

Оцінка запасів продуктивної вологи в ґрунті  
(за О.Ф.Вадюніною, З.О.Корчагіною)

Шар ґрунту, см	Запаси продуктивної вологи, мм	Оцінка
0...20	>40	добре
	20...40	задовільно
	<20	незадовільно
0...100	>160	дуже добре
	160...130	добре
	130...90	задовільно
	90...60	погано
	<60	дуже погано

## ДОДАТОК 9

Показники фізичних властивостей ґрунтів України (за М.Г Йовенко)

Ґрунти	Шар ґрунту, см	Об'ємна маса, г/см <sup>3</sup>	Питома маса, г/см <sup>3</sup>	Пористість, %	НВ, %	ВСВ, %
1	2	3	4	5	6	7
Дерново-підзолистий супіщаний ґрунт (Полісся)	0-10	1,48	2,63	43,8	16,5	2,2
	60-70	1,63	2,67	39,0	-	-
Темно-сірі опідзолені ґрунти Лісостепу (середні дані)	0-10	1,24	2,63	53,0	23,5	7,3
	60-70	1,42	2,68	47,0	-	-

Продовження додатку<sup>9</sup>

1	2	3	4	5	6	7
Чорноземи типові (глибокі) пиловидно-середньосуглинкові (Лісостеп)	0-10	1,16	2,61	55,5	29,1	12,6
	60-70	1,24	2,68	54,0	-	-
Чорноземи опідзолені середньосуглинкові Лісостепу (середні дані)	0-10	1,19	2,62	45,8	31,5	11,5
	60-70	1,37	2,70	49,3	-	-
Чорноземи звичайні середньогумусні важкосуглинкові	0-10	1,00	2,61	61,8	32,4	15,8
	60-70	1,38	2,68	48,6	-	-

Степу (середні дані)						
Темно-каштанові солонцюваті важкосуглинкові сухого Степу (середні дані)	0-10	1,17	2,65	55,8	30,8	16,0
	60-70	1,47	2,72	46,0	-	-

Примітка. НВ - найменша вологоємкість;

ВСВ - ґрунтова вологість стійкого в'янення рослин.