

# **Фізичні та механічні властивості ґрунтів**

Ґрунт як полідисперсне, пористе фізичне тіло є чотирьохфазною системою, яка характеризується *фізичними та фізико-механічними, властивостями*, які впливають на формування ряду процесів та режимів, хід і напрямок ґрунтотворних процесів і, в кінцевому рахунку, на умови росту та розвитку рослин.



До **фізичних властивостей ґрунтів** прийнято відносити їх загальні фізичні та фізико-механічні властивості. Крім того до фізичних властивостей ґрунтів відносять водні, повітряні та теплові властивості.



**Фізичні властивості ґрунтів** обумовлені мінералогічним, гранулометричним складом, вмістом гумусу, ступенем насиченості катіонами, структурністю. Вони змінюються під впливом природних процесів, що протікають у ґрунті а також в результаті діяльності людини: механічного обробітку, проведення хімічних, гідротехнічних меліорацій та інших заходів

**Поєднання різних елементарних (механічних елементів) ґрунтових часток та агрегатів формують тверду фазу ґрунту, яка характеризується загальноприйнятими параметрами: щільністю, щільністю твердої фази та поруватістю. Саме ці показники відносяться до загальних фізичних властивостей ґрунтів.**



**Щільність ґрунту** ( $d$ , г/см<sup>3</sup> , т/м<sup>3</sup> ) - це маса одиниці об'єму абсолютно сухого ґрунту в природному непорушеному стані, тобто разом з порами



**Щільність ґрунту** досить динамічна в часі і коливається для мінеральних ґрунтів від 0,9 - 1,8 г/см<sup>3</sup>, для торфових ґрунтів - 0,08-0,40 г/см<sup>3</sup>



На величину щільності ґрунту впливають *гранулометричний склад, структура, поруватість, вміст органічної речовини* (чим більшим є вміст гумусу і чим краще ґрунт оструктурений, тим меншою є його щільність).

Механічний обробіток призводить до зниження щільності ґрунту, але після певного часу ґрунт набуває відповідної йому щільності, яка мало змінюється і називається рівноважною. Вищу щільність верхніх горизонтів мають малогумусні піщані *дерново-підзолисті ґрунти* ( $1,2-1,4 \text{ г/см}^3$ ), меншу суглинкові високогумусовані *чорноземи* ( $1,0-1,2 \text{ г/см}^3$ ) та найнижчу - *торфові* - ( $0,08-0,40 \text{ г/см}^3$ ). В нижніх горизонтах ґрунтового профілю щільність ґрунту зростає, сягаючи в *піщаних ґрунтах*  $1,6-1,8 \text{ г/см}^3$ .



Підвищена щільність ґрунту може негативно впливати на процеси газообміну між ґрунтом та атмосферою, а також на ріст і розвиток кореневих систем рослин



**Щільність твердої фази ґрунту ( $D$  г/см<sup>3</sup> , т/м<sup>3</sup> )** - це маса одиниці об'єму твердої фази ґрунту (без пор).

Для різних ґрунтів вона неоднакова і коливається в мінеральних ґрунтах від 2,4 до 2,8 г/см<sup>3</sup> , в органоґенних - від 1,4 до 1,8 г/см<sup>3</sup>



**Щільність твердої фази ґрунту** залежить від хімічного, мінералогічного складу та вмісту органічної речовини, оскільки мінерали і органічні сполуки мають різну щільність



## Щільність різних мінералів та органічних компонентів ґрунтів

Мінерали та органічні рештки	Щільність, г/см <sup>3</sup>
Гіпс	2,30-2,35
Кварц	2,60-2,65
Монтморилоніт	2,50-2,65
Мусковіт	2,76-3,00
Рогова обманка	2,90-3,40
Лімоніт	3,50-4,00
Гетит	4,00-4,40
Гумус, торф, лісова підстилка	1,25-1,80

**Чим більше ґрунт містить органічних речовин, тим менша щільність твердої фази.** Щільність твердої фази більшості ґрунтів – 2,5 - 2,65. Чорнозем, який містить 10,3 % гумусу, має щільність твердої фази 2,37. Червоні ґрунти, які містять багато оксидів заліза, мають щільність твердої фази 2,8 - 2,85.

**Поруватість** - це загальний об'єм пор між частками твердої фази ґрунту. Поруватість виражається як відсоток, який займають пори від загального об'єму ґрунту



**Загальна поруватість ґрунтів залежить** від їх гранулометричного складу, структурності (чим вищий вміст дрібних механічних елементів, чим краще оструктурений ґрунт, тим більшою є його загальна поруватість) та щільності складення. Межі, в яких вона коливається: для мінеральних ґрунтів 30-70 %, для торфових ґрунтів – 80-95 %. Визначити загальну поруватість ґрунту можна заповнивши всі пори рідиною та вимірявши її об'єм.

В залежності від розмірів пор розділяють **капілярну** (діаметр пор  $>1$  мм) та **некапілярну поруватість** (діаметр пор  $<1$  мм)

**Крупні пори (некапілярна поруватість)** забезпечують водопроникність і повітрообмін (у порах таких розмірів переважають сили гравітації і вода під їх впливом швидко стікає, не утримуючись в них; при цьому атмосферне повітря легко проникає в ґрунт а вуглекислий газ, що утворюється в ґрунті, виділяється в атмосферу).



**Капілярна поруватість** визначає водоутримуючу здатність ґрунту і поділяється на **макрокапілярну** (діаметр пор 1,0-0,1 мм), **мезокапілярну** (діаметр пор 0,1-0,001 мм) і **мікрокапілярну** (діаметр пор  $<0,001$  мм). В капілярних порах вода утримується та переміщується за рахунок меніскових сил. Тому поділ загальної поруватості за діаметрами ґрунтових капілярів базується на їх водопідіймальній здатності та водопрникності.



Розрізняють **активну і пасивну поруватість** (виходячи, в основному, з водоутримуючої здатності).

До **активної поруватості належать** пори ґрунту, які в природних умовах заповнюються водою і вивільнюються від неї внаслідок гравітації, випаровування і використання рослинами. Це некапілярна, макрокапілярна і мезокапілярна поруватості (за класифікацією Н.А. Качинського - міжагрегатна, зайнята повітрям, та внутрішньоагрегатна - зайнята капілярною і плівковою водою)



**Пасивною вважають поруватість,** яка в природних умовах зайнята міцнозв'язаною водою, не випаровується при природному температурному режимі і є недоступною, або важкодоступною для рослин. Це об'єм пор, що близький до рівня мертвого запасу вологи у ґрунті.



**Від поруватості ґрунту залежать його вологоємність, фільтрація, водопідйомна здатність, водовіддача, аерація та інші властивості, а отже - вона відіграє важливу роль у формуванні водного, повітряного, теплового і поживного режимів ґрунту.**

*Залежно від умов ґрунтоутворення в ґрунтах можуть формуватися структурні агрегати, різні не тільки за розмірами, а й за формою та якістю. Найбільш сприятливою є структура, при якій ґрунт вбирає максимум води і утримує її тривалий час.*

**Цим умовам (за П.А. Костичевим та К.К. Гедройцем), відповідає дрібно грудкувата та зерниста структура, в якій найбільш сприятливі умови для росту і розвитку рослин.**



Оптимальні фізичні та водні властивості ґрунту та їх режими формуються тоді, коли загальна поруватість становить 50 % загального об'єму ґрунту, а капілярна і некапілярна - знаходяться у співвідношенні 1:1, причому мікрокапілярна не перевищує 8-10 % загальної, а об'єм пор, заповнених повітрям не менше 15 % загального об'єму ґрунту в мінеральних і 30-40 % у торфових ґрунтах.

**Фізико-механічні властивості ґрунту** - це сукупність властивостей ґрунту, що визначають його відношення до зовнішніх і внутрішніх механічних дій



**До цих властивостей відносять:** пластичність, липкість, набухання, осідання, зв'язність, опір зсуву, опір стисканню і розклинюванню (твердість), опір ґрунту при терті з металом, питомий опір



## **Знання фізико-механічних властивостей ґрунту необхідне:**

- ✓ при конструюванні ґрунтообробних знарядь і механізмів
- ✓ при проведенні технологічних операцій по обробітку ґрунту
- ✓ у визначенні характеру деформації ґрунту під дією ґрунтообробної техніки
- ✓ проведенні будівельних робіт.

Ці властивості суттєво впливають на розвиток кореневих систем рослин, проростання насіння і появу сходів.



**Пластичність ґрунту** - це здатність вологого ґрунту змінювати свою форму (без порушення її цілісності) під дією зовнішніх сил і зберігати її тривалий період після призупинення дії цих сил. Пластичність ґрунту - одна з форм рухомості його часток, що залежить від ступеня зволоження та прояву зв'язків між їх частками



**Пластичність залежить** від гранулометричного, хімічного і мінералогічного складу, ступеня гумусованості. Пластичність властива лише ґрунтам, що містять достатню кількість глинистих (мулуватих) часток. В основному, це ґрунти глинистого і суглинкового гранулометричного складу. Супіщані та особливо піщані ґрунти не пластичні, хоча при зволоженні їх зв'язність зростає

**Пластичність** проявляється в певному діапазоні вологості ґрунту, у сухому та перезволоженому стані ґрунти не пластичні.



**Пластичність ґрунту** змінюється від ступеня зволоження, тому Аттерберг запропонував виділяти різні межі (константи) пластичності:

- ✓ **нижня межа пластичності** - це рівень вологості ґрунту, коли його можна скочувати у шнур діаметром 3 мм без розривів.
- ✓ **верхня межа пластичності** або **нижня межа текучості** - це рівень вологості ґрунту при якому він прилипає до робочих органів ґрунтообробних машин.
- ✓ **число пластичності** - це числова різниця між верхньою та нижньою межею пластичності

**Глинисті ґрунти мають число пластичності більше 17, суглинкові в межах 7-17, супіски – менше 7, піщані на рівні 0.**

За формами консистенції ґрунт, в залежності від ступеня його зволоженості, буває **текучий, в'язкотекучий, м'якопластичний, в'язкопластичний, напівтвердий, твердий.** У м'якопластичному і близькому до нього стані ґрунт прилипає до органів ґрунтообробних знарядь (лемешів плугів, гусениць тракторів, до інших органів машин і знарядь).



Крім гранулометричного складу на пластичність ґрунтів має вплив склад колоїдної фракції, склад поглинутих катіонів, вміст гумусу. **Вищою пластичністю характеризуються ґрунти із вузьким співвідношенням, високим вмістом поглинутого натрію. Високій вміст гумусу знижує пластичність ґрунтів.**



**Липкість ґрунту** - його здатність прилипати у вологому стані до поверхонь інших тіл

Фізична природа липкості полягає в силах взаємного притягання молекул на стику поверхонь. Проявляється вона тоді, коли в точці дотику ґрунту з іншим тілом, зчеплення (зв'язок) між ґрунтовими частками є меншим, ніж між ґрунтом і цим тілом. Кількісно вона характеризується зусиллям в  $\text{г/см}^2$ , яке потрібно для відриву металевієї пластинки від ґрунту. Ця властивість є негативною при обробітку ґрунту. Прилипання ґрунту до робочих органів ґрунтообробних знарядь різко збільшує тяговий опір.



**Липкість ґрунту** залежить від його гранулометричного і мінералогічного складу, гумусованості, складу обмінних катіонів, структурованості та вологості. Ґрунти, вбирний комплекс яких насичений обмінним натрієм, проявляють більшу липкість, а насичені катіоном кальцію характеризуються меншою липкістю.

У добре *оструктурених ґрунтах* липкість проявляється при вологості 60-70 % ПВ (60-70 % від повної вологоємності). Безструктурні ґрунти прилипають *при вологості 40-50 % ПВ*. Ґрунти з високим вмістом гумусу не проявляють липкості навіть при високому рівні вологості. *Найвищою липкістю* характеризуються глинисті ґрунти, *найнижчою - піщані*. **З липкістю тісно пов'язана фізична стиглість ґрунтів**



**Фізична стиглість ґрунту** - такий його стан за вологістю, при якому він не прилипає до ґрунтообробних знарядь, найбільш легко піддається обробітці, добре кришиться, розпадається на окремі агрегати при найменшому опорі органам ґрунтообробних знарядь (найменшому тяговому опорі). Як стан ґрунту, стиглість залежить від ряду умов, перш за все від гранулометричного складу, зволоження і складу обмінних катіонів





**Набухання ґрунту** - збільшення його об'єму при вбиранні води та зволоженні. Зворотний процес, тобто зменшення об'єму ґрунту при його висиханні, називають осіданням

**Набухання й осідання властиві** та найбільш виражені в ґрунтах, багатих глинистими колоїдними частками. Набухання-осідання ґрунтів з точки зору колоїдно-хімічної концепції – результат гідратації тонкодисперсних часток ґрунту та збільшення дифузійних оболонок навколо них (результат сорбції вологи ґрунтовими частками та утворення навколо них гідратних оболонок, що зменшують сили зчеплення між ними та призводять до їх віддалення), а осідання - зворотний процес. Величина набухання залежить від кількості та якості колоїдів.



**Здатність ґрунтів до набухання та осідання залежить від гранулометричного і мінералогічного складу, вмісту органічної речовини, складу обмінних катіонів.**

**З мінералів найбільша здатність до набухання властива монтморилоніту та вермикуліту.**

**Набухання ґрунтів, насичених натрієм, більше, ніж ґрунтів насичених кальцієм і магнієм.**

**Збільшується набухання і в ґрунтах, зі значним вмістом органічних колоїдів.**



## **Набухання ґрунту може призводити:**

- ✓ до руйнування ґрунтових агрегатів;
- ✓ у багатьох випадках воно небажане для рослин, тому що призводить до розриву корневих систем;
- ✓ зменшення стійкості закритого дренажу в ґрунтах, головним чином так званих „кротових” (нематеріальних) дрен.

Значне осідання ґрунту призводить до утворення чисельних тріщин, розриву коренів рослин, втрат вологи за рахунок збільшення випаровування



Під зв'язністю ґрунту розуміють його здатність протидіяти зовнішнім силам, що роз'єднують ґрунтові частинки. Визначається вона опором зсуву, опором стисканню і розклинюванню (твердістю), опором тертя ґрунту з металом, питомим опором. **Вона залежить від** гранулометричного, мінералогічного складу, структурного стану, вмісту органічної речовини, складу обмінних катіонів, ступеня зволоження ґрунту



**Найбільшу зв'язність** мають глинисті ґрунти, особливо в сухому стані, **найменшу - піщані** (вони розсипчасті в сухому стані та слабозв'язні у вологому). Зменшується вона при покращенні структурності ґрунту. Дуже високою зв'язністю характеризуються ґрунти, вбирний комплекс яких насичений катіонами натрію.



**Зв'язність ґрунту має важливе практичне значення**, оскільки від неї *залежить піддатливість ґрунту до обробітку* (збільшення зв'язності ґрунту вимагає більших зусиль і матеріальних затрат на його обробіток), *схожість насіння* (висока зв'язність часто знижує схожість), а *також опір*, який чинить ґрунт кореневій системі рослин

**Питомий опір ґрунту** - відношення зусилля, що витрачається на підрізання шару ґрунту, його перевертання (обертання шару), або це - опір при обробітку, який ґрунт чинить на  $1 \text{ см}^2$  поперечного перерізу шару і виражається у  $\text{кг/см}^2$

Питомий опір залежить він від типу ґрунту, його гранулометричного складу, ступеня окультуреності, вологості ґрунту і проявляється в межах від  **$0,2-0,3 \text{ кг/см}^2$**  на легких ґрунтах, до  **$0,7-1,1 \text{ кг/см}^2$**  - на важких.



Так, питомий опір чорнозему солонцюватого глинистого становить 0,8 - 0,82 кг/см<sup>2</sup> , чорнозему звичайного суглинкового 0,4-0,5 кг/см<sup>2</sup>, дерново-підзолистого супіщаного ґрунту - 0,18- 0,20 кг/см<sup>2</sup>.

Дані з опору ґрунтів при його обробітці необхідні для уточнення норм витрат енергоресурсів при підготовці ґрунту до посадки лісу в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунтового покриву



**Фізико-механічні властивості ґрунту** – один із найважливіших факторів, які визначають якість його обробітку, умови росту й розвитку культурних рослин та рівень їх продуктивності. **Найбільше значення при цьому мають структура, щільність, твердість і липкість ґрунту.** Проблема їх поліпшення – одна з важливіших в землеробстві, тому що від цього залежить урожайність сільськогосподарських культур. .

Заходи регулювання фізико-механічних властивостей та відновлення ґрунтової структури можна об'єднати в три групи: **механічні, хімічні та біологічні**





**Механічні заходи** – це інтенсивний обробіток ґрунту, ґрунтопоглиблення, щільювання і т.п. Їх проведення поліпшує фізико-механічні властивості ґрунту. Однак дія їх нетривала, а тому здійснювати необхідно систематично. Негативним є те, що інтенсивний механічний обробіток призводить до збільшення частки мікроструктури та знижує водостійкість ґрунту.



**Обробіток ґрунту** - це механічна дія на ґрунт робочих органів ґрунтообробних знарядь і машин. Їх вибір залежить від завдання обробітку ґрунту, його типу і окультуреності та погодних умов

Проведені наукові дослідження в Україні та за кордоном дозволили розробити і запропонувати виробництву основні **способи обробітку ґрунту**:

- ✓ **щорічна полицева** оранка для створення однорідного орного шару;
- ✓ **безполицева оранка із чергуванням глибоких** (плугом без полиць) і мілких розпушувань дисковими знаряддями;
- ✓ **фрезерний обробіток** (проводять для рівномірного перемішування орного шару ґрунту);
- ✓ **плоскорізний обробіток** із збереженням рослинних залишків з метою захисту ґрунту від ерозії;
- ✓ **мінімальний обробіток і без обробітку (нульовий)**. Проводять його з метою збереження родючості ґрунту, зменшення щільності орного шару, та зниження енергозатрат на його проведення;
- ✓ **чизельний обробіток ґрунту** за допомогою плугів - чизелів.

Основне завдання обробітку ґрунту полягає в створенні оптимальних умов для росту і розвитку рослин та підвищення родючості ґрунту.



**Такими умовами є:**

- ✓ **розпушування, аерація і кришіння переущільненого ґрунту** з метою надання йому необхідної пористості, вологоємності, а також активізації життєдіяльності ґрунтової мікрофлори- і фауни;
- ✓ **перемішування** з метою рівномірного розподілу в ньому добрив і забезпечення рослинам можливостей засвоювати поживні речовини із всього шару ґрунту;
- ✓ **загортання** в ґрунт рослинних залишків, органічних та мінеральних добрив, ґрунтових гербіцидів;
- ✓ **знищення бур'янів та очищення орного шару** від їх насіння, вегетативних органів підрізанням і прикриттям шаром ґрунту;
- ✓ **боротьба із шкідниками і хворобами сільськогосподарських культур** за допомогою переміщення їх збудників із сприятливих шарів у несприятливі;
- ✓ **збільшення водопроникності оглеєних ґрунтів**, розпушенням глейових горизонтів;
- ✓ **боротьба з ерозією і пов'язаними з нею втратами поживних речовин**, а також запобігання змиву в річки, ставки, озера отрутохімікатів і мінеральних добрив;
- ✓ **вплив на ґрунтові режими та процеси** з метою збереження і підвищення родючості ґрунтів;
- ✓ **вирівнювання поверхні поля** до такого стану, за якого насіння висівалось би на тверде ложе, рівномірно на задану глибину, із загортанням розпушеним шаром ґрунту.

*Причини, що спричиняють негативний вплив техніки на структурний стан і будову ґрунту та урожайність с.-г. культур:*

- ✓ неконтрольоване зростання маси машинно-тракторних агрегатів
- ✓ явна недосконалість організації ведення механізованих польових робіт
- ✓ неврахування негативні наслідки ущільнення ґрунту при розробці технологій вирощування с.-г. культур



**Шляхи зниження негативного впливу ходових систем машин на ґрунт:** впровадження у практику комплексу організаційних заходів, що забезпечують їх рух за заздалегідь наміченими маршрутами. При цьому більшість технологічних операцій виконується під час руху тракторів по одних і тих же коліях (фіксованих на період вирощування с.-г. культури маршрутах); для зменшення площі ущільнення поля слід віддавати перевагу тракторам великого тягового класу, які під час агрегування із широкозахватними знаряддями набагато зменшують кількість проходів по полю.



**Обробіток ґрунту під лісові культури** проводиться з метою поліпшення його водного, повітряного та температурного режимів, боротьби з бур'янами, створення сприятливих умов для приживленості лісових культур.



**Залежно від способу обробітку ґрунту категорії лісокультурних площ об'єднуються в наступні групи:**

- ❖ **Старі зруби і згарища** з видаленими пеньками, ділянки з дуже малою кількістю пеньків, пустища, прогалини та землі, що вийшли з-під сільськогосподарського користування, де можна проводити **суцільний обробіток ґрунту** (суцільну оранку).
- ❖ **Згарища, рідини і зруби** без відновлення головних і супутніх порід з кількістю пеньків до 500 шт. /га на вологих та перезволожених і до 600 шт. /га - на свіжих і сухих ґрунтах, де можливий лише **частковий обробіток ґрунту** шляхом прокладання смуг або борозен чи влаштування площадок.
- ❖ **Зруби з незадовільним природним відновленням** головних або з рясним відновленням м'яколистяних порід, а також насадження повнотою 0,4 і менше з густим підліском, де вимагається попереднє розкорчовування і розчистка площ, після чого проводиться **частковий обробіток ґрунту смугами або борознами**.



**Суцільний обробіток** ґрунту дорогий, тому використовується рідко. **Частковий обробіток ґрунту** – прокладання борозен, смуг, валів, створення мікропідвищень, площадок, терас.



**Найчастіше використовують прокладання смуг та борозен.**

Смуги створюють на одному рівні з землею. **Боронування** – це створення мікропідвищень у вигляді скиб або гребенів.



**Суцільний обробіток ґрунту** можна проводити в першій групі лісокультурних площ: пустирі і галявини, рілля, сіножаті, промислові відвали, площі після торфорозробок, осушені і неосушені болота, старі зруби і згарища з трухлявими пнями.

На **задернілих ділянках ґрунт** обробляють за системою чорного пару, де немає бур'янів - **зяблева оранка**.

Для оранки використовують плуги ПЛН-3-35, ПЛН-4-35, ПЛН-5-35, ПН-2-30Р. В умовах достатнього зволоження орють на глибину 25-27 см, а в посушливих умовах на глибину 40-50 см з ґрунтопоглиблювачем.



**Система чорного пару.** Після зяблевої оранки-боронують. Протягом літа – культивуація (КРН -2,8А; КРН-4,2; КПС-4) на глибину від 6 до 12см, в Степу в зворотньому порядку: з 12см до 6см 4-6 раз.

Восени пар глибоко розпушують плугами без відвалів(ППУ-50А). В посушливих умовах після оранки завжди йде боронування.

Навесні ґрунт боронують, а перед початком лісокультурних робіт проводять передпосадкову культивуацію на глибину посадки з одночасним боронуванням.

В районах з достатнім зволоженням після оранки не боронують. Це зменшує поверхневий стік води.



**Хімічні заходи передбачають** використання штучних структуроутворювачів (гумусові кислоти, торф'яний клей, синтетичні полімери К-1, К-6, К-4, ПАА та ін.) для відновлення ґрунтової структури й поліпшення фізико-механічних властивостей ґрунту.

Вносяться вони в ґрунт у невеликій дозі (1–2 ц/га) з метою покращення структурного стану та усунення можливості утворення кірки.



Механізм дії полімерних структуроутворювачів полягає в коагулюючій дії на ґрунтові частинки з негативним зарядом, утворенні ниткоподібних молекул, що зв'язують ґрунтові частинки в мікроагрегати.

Адсорбція полімеру на поверхні ґрунтових частинок і утворення валентних зв'язків відіграє головну роль в утворенні макроагрегатів. Дія існування створеної таким чином структури ґрунту триває протягом 3–6 років.



## **Мінуси хімічних заходів:**

- ✓ дія одного і того ж препарату на різних ґрунтах є різною і залежить від реакції ґрунтового розчину;
- ✓ незважаючи на високу структуроутворювальну дію і значне підвищення врожаїв на оброблених полімерними препаратами ґрунтах, через високу вартість їх застосування економічно окупається лише за меліорації ґрунтів, боротьби з водною і вітровою ерозією та за вирощування цінних культур

До цієї групи також можна віднести **вапнування і гіпсування ґрунтів**. Наслідком гіпсування є усереднення лужної реакції середовища, поліпшення фізичних властивостей та структурного стану ґрунту



**Біологічні заходи** спрямовані на підвищення вмісту гумусу – основної скліючої речовини в ґрунті. З підвищенням вмісту гумусу в ґрунті поліпшуються не тільки його фізико-механічні та хімічні властивості, але й поживний та водноповітряний режими





## Основні біологічні заходи:

- ❖ підвищення частки багаторічних трав у структурі посівних площ;
- ❖ збільшення обсягів внесення органічних добрив;
- ❖ мінімалізація обробітку ґрунту.



Схематично польові культури в порядку зменшення позитивного впливу на структуроутворення можна поставити в такий ряд: багаторічні бобові трави – однорічні бобово-злакові сумішки – озимі зернові – ярі зернові й зернобобові – кукурудза та інші просапні культури.

1. Агрофізична характеристика та структура ґрунтів. Режим доступу:  
<http://www.tsatu.edu.ua/rosl/wp-content/uploads/sites/20/lekcija-5.ahrofizyczna-harakterystyka-ta-struktura-gruntiv.pdf>
2. Фізико-механічні властивості ґрунтів. Режим доступу:  
<http://www.geograf.com.ua/gruntoznavstvo/990-fiziko-mekhanichni-vlastivosti-gruntiv>
3. Фізичні властивості ґрунтів. Режим доступу:  
[https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib\\_upload/%D0%97%D1%96%D0%BD%D1%87%D1%83%D0%BA%20%D0%9C.%D0%86/other/lekcziya\\_11\\_fizichni\\_vlastivosti\\_gruntiv.pdf](https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%97%D1%96%D0%BD%D1%87%D1%83%D0%BA%20%D0%9C.%D0%86/other/lekcziya_11_fizichni_vlastivosti_gruntiv.pdf)
4. Обробіток ґрунту в умовах створення лісових культур. Режим доступу:  
[https://ru.osvita.ua/vnz/reports/ecology/18924/#google\\_vignette](https://ru.osvita.ua/vnz/reports/ecology/18924/#google_vignette)