



Механізація, електрифікація

УДК 631.31
© 2012

В.Т. Надикто,
член-кореспондент НААН
Таврійський державний
агротехнологічний
університет

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОРАНКИ

Розглянуто механіко-технологічні аспекти впливу оранки на родючість ґрунту, а також періодичність його розпушення та відновлення міцності структури в орному шарі. Викладено рекомендації щодо агрегування орних МТА

Останнім часом важко знайти науково-практичне видання, в якому б тією чи іншою мірою не висловлювалось негативне ставлення до оранки. Починаючи з часів діяльності І.Є. Овсінського [5] і закінчуючи сьогоднішнім [2–4], вчені та виробничники систематично наголошують на техніко-економічній недоцільності та агротехнічній шкідливості полицевого обробітку ґрунту, особливо з погляду невпинного падіння його родючості.

Мета і методика досліджень. Для того, аби чіткіше зрозуміти цю проблему, передусім слід звернутися до суті, внутрішньої природи цього ключового поняття. Найбільш просте і точне визначення родючості ґрунту дав, на наше переконання, відомий ґрунтознавець В.Р. Вільямс [2]. Він підкреслював, що врожай будь-якої агрокультури залежить від наявності багатьох життєвих факторів, серед яких чільне місце посідають волога і поживні речовини. Причому їхній вплив на розвиток рослин здійснюється через посередника — ґрунт. У результаті жоден грам води чи органічних сполук не може проникнути в організм будь-якої рослини інакше, як через її кореневу систему.

Звідси вчений формулює цілком логічний висновок, що родючість ґрунту — це його здатність забезпечити життєву потребу рослин в одночасній і спільній наявності двох чинників їх існування — вологи та поживних речовин [2].

Далі він констатує, що ґрунт за структурою може перебувати принаймні у двох протилежних станах: грудкуватому (структурному) і роздільночастковому (безструктурному). Перший з них являє собою більш-менш пухкий шар грудочок діаметром від 1 до 10 мм. Формуються вони з допомогою такого особливого «цементу», яким є гумус.

У другому ж стані окремі частинки ґрунту, між якими відсутній будь-який взаємозв'язок,

залигають суцільною масою на всю глибину орного горизонту, і гумусу тут практично немає.

Далі В.Р. Вільямс висуває дуже важливу тезу, суть якої полягає в тому, що в безструктурному ґрунті вода і поживні речовини є антагоністами, а в структурному — ні. За роздільно-часткового стану ґрунту простір між його частинками заповнений або повітрям, або вологою. У першому випадку в ньому інтенсивно відбувається аеробний процес, але за відсутності води культурні рослини не в змозі використати поживні мінеральні речовини. При цьому більш-менш добрий урожай є результатом частих, але не сильних дощів.

За наявності у безструктурному ґрунті лише вологи, навпаки, розкладу органічних решток не відбувається взагалі.

Отже, оскільки лише грудкувата структура ґрунту здатна одночасно забезпечити рослини вологою та елементами живлення, то її слід постійно підтримувати у належному стані. Саме це, за твердженням вченого, є *першим завданням рільництва*.

До чого може призвести неусвідомлення важливості цього завдання? Припустимо, що ґрунт є структурним. Якщо тепер зруйнувати його структуру способом відповідного ущільнення (рушіями енергетичних засобів, наприклад), то навіть за достатньої наявності гумусу він втрапить свою родючість. Просто в цьому разі значна частина діяльного перегною перейде у стан недіяльного, а методикою здійснення зворотного процесу науковці ще не володіють. Саме тому проблема переущільнення ґрунтового середовища є їхньою постійною турботою.

Проте, хоч як би підтримувалася грудкувата структура ґрунту, з плином часу під впливом опадів та атмосферного повітря верхній його шар (приблизно 8–10 см) має тенденцію до поступового переходу у роздільночастковий

стан [2]. Це відбувається тому, що гумус як продукт синтезу анаеробних бактерій легко розпадається в аеробних умовах і між частинками ґрунту втрачається будь-який взаємозв'язок. Цьому явищу певною мірою сприяє і механічний обробіток ґрунтового середовища, коли разом з відновленням його грудкуватої структури відбувається часткове розпушення і розпорошення грудочок.

У кінцевому результаті верхній шар ґрунту поступово втрачає свої культурні властивості, тобто родючість. І цей процес можна лише уповільнити, але не зупинити. Звідси, підкреслює В.Р. Вільямс, впливає *друге завдання рільництва*, яке полягає у *періодичному* відновленні міцності його структури. Саме періодичному, оскільки міцність (тобто здатність грудочок ґрунту протистояти розмиванню їх водою) і втрачається, і відновлюється поступово впродовж кількох вегетаційних періодів.

Результати досліджень. Узагальнюючи постулати вченого, констатуємо, що розпушувати ґрунт можна (а часто буває і потрібно) щороку, а от відновлювати міцність його структури — лише раз у кілька років.

Відновлювати грудкувату структуру ґрунту можна способом здійснення безполіцевого його обробітку. Прихильники оранки не будуть при цьому сперечатися щодо ефективності такого рішення в напрямі зменшення вітрової ерозії агрофону — з одного боку, та економічної доцільності з погляду витрат механічної енергії — з другого. Щоправда, лише до тих пір, поки верхній шар буде ще структурним. Інакше знеструктурені частинки ґрунту просто просипатимуться, і небажано розбавляти нижній горизонт, поступово переводячи і його у роздільночастковий стан. У цьому разі навіть безполіцевий обробіток ґрунту стає не тільки небажаним, а й шкідливим.

Прибічники no-till технології та органічного землеробства стверджують, що глибоко розпушувати ґрунт механічним способом взагалі не потрібно.

Більш важливим і складним, на наш погляд, є питання відновлення міцності структури верхнього шару ґрунту. Для цього, як підкреслює В.Р. Вільямс, його верхній шар слід видалити і замінити новим горизонтом з необхідними виробничими властивостями. Інакше кажучи, зазначеному шару ґрунту слід створити такі умови, в яких він міг би відновити міцність структури та здатність кришитися. Для цього його треба ізолювати від впливу краплинної атмосферної води, в якій обов'язково є аміачні солі. Річ у тім, що через надзвичайно слабку концентрацію розчинів цих солей, як зазначає В.Р. Вільямс, вони перебувають у стані повної іонізації. Тому катіон амонію проникає у поверх-

невий шар ґрунту і витісняє там катіон кальцію, який є складовою частиною активного перебігу (гумусу). У результаті ґрунт втрачає свою міцність і структуру.

Означене завдання пом'якшити місцями два шари ґрунту можна вирішити поки що лише за допомогою плуга, але обов'язково обладнано передплужниками. Як відомо, це знаряддя обертає пласт ґрунту у два прийоми. Спочатку передплужник скидає на дно борозни розламані по поверхнях найменшого опору глиби деструктивного ґрунту, а потім основний корпус плуга засипає їх зверху грудкуватою (структурною) масою. Далі в нижньому шарі в анаеробних умовах починається процес відновлення міцності структури ґрунту. Тут практично не можна погодитися з вітчизняними дослідниками, які стверджують, що «...саме уявлення про аеробні умови у верхній частині орного шару та анаеробні у нижній послужили обґрунтуванням теорії відвальної обробки ґрунту...» [8]. Цей постулат ґрунтується на достатньому фактичному науковому матеріалі таких ґрунтознавців, як В.Р. Вільямс та ін.

Далі постає принципове запитання: через який же проміжок часу слід повторювати оранку як спосіб відновлення міцності структури ґрунту? Одні вчені стверджують, що її треба проводити через 2–4 роки [7], інші — через 4–5 [9]. Причому, саме «треба», а не «можна». Інша річ, що в основі їхнього обґрунтування необхідності проведення цієї важливої технологічної операції лежать не завдання відновлення структури ґрунту, а інші чинники. Зокрема, якщо періодично не перевертати пласт ґрунту, то у верхньому його шарі буде накопичуватися органіка зі зростаючим при цьому інфекційним потенціалом [7] або за тривалого поверхневого обробітку ґрунту і високої інтенсивності балансу фосфору та калію їх накопичення може перевищити оптимальне навантаження на кореневу систему рослин. Дехто рекомендує оранку здійснювати лише під просяпні культури і т. ін.

У кінцевому підсумку через відсутність чітких методологічних основ практичної реалізації оранки більшість виробників здійснюють її з неприпустимою періодичністю, тобто щорічно. Більше того (і це найголовніше), цю технологічну операцію проводять, як правило, без передплужників. Через це відбувається просте перемішування верхнього (знеструктуреного) та нижнього (ще недостатньо оструктуреного) шарів ґрунту з поступовою втратою його структури в усьому орному горизонті. Тобто останній перетворюється у гомогенне середовище, тоді як за оранки з передплужником він (орний горизонт) є гетерогенним.

Звідси постає наступне запитання: що ж

змушувало і нині змушує землероба знімати передплужники? На наш погляд, тут дві причини.

Перша з них полягає у невідповідності поля до оранки. Після збирання попередника воно, перебуваючи в необробленому стані, заростає бур'янами. Через це в процесі роботи плуг з передплужниками забивається рослинними рештками, тяговий опір його зростає, а рівномірність глибини обробки ґрунту істотно погіршується. Щоб зменшити невиробничі витрати часу на очищення робочих органів орного знаряддя, механізатор здійснює недозволене — знімає передплужники, а це, як підкреслював В.Р. Вільямс [2], можна (і слід) робити тільки під час заорювання ґною на полях під пар. В інших випадках — категорично не можна.

На глибоке переконання класика, осіння оранка взагалі має проводитися одразу ж після збирання агрокультури. Таку вимогу він пояснює тим, що процес синтезу гумусу в анаеробних умовах потребує наявності необхідної кількості органічних решток. У разі приналежності останніх до культурних однолітніх рослин їх розкладання в аеробних умовах відбувається настільки інтенсивно, що на період пізньої осінньої оранки в нижньому шарі ґрунту не вистачає органічного матеріалу для утворення свіжого діяльного перегною.

Другою причиною видалення передплужників є впевненість землеробів у тому, що ці робочі органи навіть на незабур'яненому агрофоні збільшують тяговий опір плуга. Знову звернемося до класика. Передплужники, як уже підкреслювалося вище, здійснюють не зрізання, а відрив або сколювання пласта ґрунту по площинах найменшого опору. Оскільки на цей процес витрачається менше енергії, то тягове зусилля, необхідне для переміщення плуга з передплужниками, на 10–15% менше, ніж без них [2]. До того ж, на відміну від різання, за відколювання або відриву ґрунту утворюється значно менша кількість ерозійно небезпечних частинок.

Додамо, що дані В.Р. Вільямса неодноразово підтверджувалися під час випробувань автором цієї статті орних агрегатів на основі модульних енергетичних засобів (МЕЗ) перемінного тягового класу [1].

Більше того, енергетичні витрати на оранці можна істотно зменшити, якщо здійснювати правильне агрегування плуга з енергетичним засобом. Донедавна вважалося, що найменший тяговий опір плуга можна отримати через його симетричне приєднання до трактора. Для цього, як відомо, мають виконуватися такі умови:

$$V_T = b_k \cdot (n + 1) - 2 \cdot A - b; \quad (1)$$

$$V_{TK} = b_k \cdot (n + 1) + b, \quad (2)$$

де V_T , V_{TK} — колія енергетичного засобу за переміщення рушіями його правого борту поза борозною і в борозні відповідно (рух гусеничних тракторів з плугом здійснюється тільки поза борозною); b_k — конструктивна ширина захвату корпусу плуга; n — кількість корпусів знаряддя; A — відстань від борозни до зовнішньої крайки рушія; b — ширина рушія трактора.

У разі, якщо дійсне значення колії енергетичного засобу V_d більше за потрібне V_T , то плуг приєднують не симетрично, а з правобічним поперечним зсувом (e_n):

$$e_n = (V_d - V_T) / 2. \quad (3)$$

За триточкової схеми налагодження заднього навісного механізму (ЗНМ) трактора зазначений зсув можна здійснити лише способом переміщення орного знаряддя відносно його власного зчіпного пристрою (тобто бугелів). Це приведе до того, що між поздовжньою віссю симетрії трактора і лінією тяги утвориться кут (назвемо його γ). Наявність останнього, у свою чергу, забезпечить не тільки зростання розворотного моменту, а й призведе до появи бічної (поперечної) складової тягового зусилля, що зумовить додаткову силу тертя польових дощок плуга об стінку борозни. Внаслідок цього відбудеться збільшення тягового опору орного знаряддя. Так, за даними [1], під час правобічного поперечного зсуву плуга щодо власного зчіпного пристрою тільки на 100 мм зростання його тягового опору становило 9% за одночасного збільшення витрат палива енергетичним засобом на 5%.

За двоточкової схеми правобічний поперечний зсув орного знаряддя можна здійснити як описаним вище способом, так і через відповідне переміщення на задану величину нижніх тяг ЗНМ трактора. Оскільки в цьому разі значення кута γ (якщо він є) не змінюється, то тяговий опір плуга залишається практично постійним, а створюваний ним розворотний момент має тенденцію до зниження.

З огляду на викладене вище можна зробити висновок: якщо за умовами (1) або (2) параметри ходової системи трактора не дають змоги приєднати до нього плуг симетрично, краще використовувати двоточкову схему налагодження ЗНМ енергетичного засобу. При цьому правобічний поперечний зсув орного знаряддя передусім слід здійснювати за рахунок переміщення нижніх тяг навісного механізму трактора. Лише коли цього зсуву виявиться недостатньо, необхідно переміщати раму орного знаряддя відносно його власних приєднувальних бугелів.

Якщо ж параметри ходової системи трактора допускають симетричне агрегування плуга, енергетичний засіб може мати тільки одну схему налагодження заднього навісного механізму — триточкову. Тим більше, що її, на відміну від двоточнової, не потрібно переналагоджувати під час роботи трактора з іншими навісними машинами або знаряддями.

Високі тягово-зчіпні властивості і відносно вузька колія енергетичного засобу можуть забезпечити приєднання до нього плуга не тільки симетрично, а й з лівобічним поперечним зсувом щодо власних приєднувальних бугелів, що визначається виразом (3). Такий варіант агрегування орного знаряддя реалізується, зокрема, за використання модульних енергетичних засобів (МЕЗ). У цьому разі бічна складова тягового зусилля МЕЗ сприяє зниженню навантаження на польові дошки плуга. Так, наприклад, за агрегування МЕС-200 з плугом ПЛП-6-35 лівобічний поперечний зсув останнього тільки на 100 мм забезпечив зниження тягового опору знаряддя на 14%, а годинної витрати палива — на 9,8% [1].

Цілком природно, що за певного значення такого переміщення плуга може відбутися повне розвантаження його польових дошок з неминучим порушенням стійкості руху в горизонтальній площині. Щоб уникнути цього явища, максимальне значення лівобічного поперечного зсуву орного знаряддя відносно власного зчіпного пристрою має задовольняти такі умови:

$$e_{\text{пmax}} < D \cdot \text{ctg}(\varphi + \gamma_0), \quad (4)$$

де D — відстань від центру опору плуга до миттєвого центру повороту ЗНМ трактора; φ — кут тертя ґрунту об стінку польової дошки; γ_0 — кут, утворений лезом лемеша зі стінкою борозни.

Значення, отримані з виразів (3) і (4), порівнюють і для практичного використання приймають меншими. У цьому разі буде враховано як співвідношення між параметрами ходової системи енергетичного засобу та шириною захвату плуга, так й умову стійкої роботи останнього.

З урахуванням (1) вираз (3) можна подати у більш розгорнутому вигляді:

$$e_{\text{п}} = [B_{\text{д}} + 2A + b - b_{\text{к}} \cdot (n + 1)] / 2. \quad (5)$$

З його аналізу випливає, що величина поперечного зсуву центру опору плуга залежить від

стійкості ходу енергетичного засобу. У формулі (5) це опосередковано подано відстанню від зовнішньої крайки рушіїв трактора до стінки борозни (A). Що менш чутливий енергозасіб до збурень, то менша величина A і навпаки.

У літературних джерелах наголошується, що залежно від фізико-механічних властивостей ґрунту і стійкості руху того чи іншого енергетичного засобу у складі орного МТА відстань A може змінюватися в межах 10–29 см [3]. За більшого значення, як показує практика, ускладнюється процес відстежування механізаторм крайки борозни попереднього проходу агрегату, що зумовлює зростання нерівномірності його ширини захвату. За меншого значення A виникає небезпека сповзання енергетичного засобу правими рушіями в борозну.

Саме через це для трактора Т-150К (ХТЗ-170), наприклад, за його роботи з плугами ПЛН-5-35 або ПЛП-6-35, зазначену відстань A на практиці приймають близькою до значення глибини оранки. У середньому це становить 27 см, що близько до рекомендованої відстані [10].

Оскільки ширина захвату корпусу в цих плугів $b_{\text{к}}=35$ см, а ширина шини трактора $b=54$ см, то необхідне значення колії енергетичного засобу, як випливає з виразу (1), має дорівнювати: в агрегаті з ПЛН-5-35 ($n=5$) — 102 см; в агрегаті з ПЛП-6-35 ($n=6$) — 137 см. Позаяк у Т-150К $B_{\text{д}}=168$ см, то і в тому і в іншому разі потрібен правобічний поперечний зсув центру опору орного знаряддя. Це означає, що за агрегування з плугами ЗНМ трактора Т-150К має бути налагоджений за двоточною схемою.

На відміну від згаданого колісного, гусеничний трактор Т-150 стійкіший до дії на нього такого самого розворотного моменту. В агрегаті зі згаданими плугами, як показує практика, він може рухатися без сповзання в борозну за відстані від її стінки до крайки гусениці 10–12 см.

Якщо врахувати, що для цього енергетичного засобу $b = 43$ см, то за $A=10$ см отримаємо: $B_{\text{т}}=147$ см — за роботи з ПЛН-5-35 і $B_{\text{т}}=182$ см — за роботи з ПЛП-6-35. Оскільки у Т-150 $B_{\text{д}} = 147$ см, то в першому випадку маємо симетричне приєднання орного знаряддя, а в другому — агрегування з лівобічним поперечним зсувом його центру опору на відстань 17,5 см. Звідси випливає, що гусеничний трактор Т-150 може мати тільки триточковий задній навісний механізм.

Висновки

Задля систематичного відновлення міцності структури ґрунту слід періодично проводити його основний обробіток плугами,

обов'язково обладнаними передплужниками. Наявні рекомендації щодо відмови від оранки є абсолютно не обґрунтованими.

Визначення періодичності проведення оранки з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та порядку чергування агрокультур потребує проведення спеціальних досліджень.

Зменшення енергетичних витрат на оранці можна забезпечити через впровадження правильної системи агрегативання орних знарядь з енергетичними засобами.

Бібліографія

1. Булгаков В.М. Агрегативання плугів/В.М. Булгаков, В.І. Кравчук, В.Т. Надикто. — К.: Аграр. наука, 2008. — 152 с.
2. Вільямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения/В.Р. Вильямс. — М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1951. — 576 с.
3. Корсун Н.А. Агрегатирование тракторов Т-150 и Т-150К с сельскохозяйственными машинами/А.Н. Корсун. — М.: Машиностроение, 1975. — 276 с.
4. Моргун Ф.Т. Селянин — Світова душа/Ф.Т. Моргун. — Полтава: Полтавський літератор, 2001. — 312 с.
5. Овсінський І.Є. Нова система землеробства/І.Є. Овсінський. — Львів: ЛА «Піраміда», 2007. — 108 с.
6. Органічне землеробство: з досвіду ПП «Агроєкологія» Шишацького району Полтавської області. Практичні рекомендації/Антонець С.С., Антонеч А.С., Писаренко В.М. та ін. — Полтава: РВВ ПДАА, 2010. — 200 с.
7. Пупонин А.И. Научные и практические основы совершенствования обработки почвы в интенсивном земледелии центрального района черноземной зоны/А.И. Пупонин: Автреф. дис. на соиск. уч. степ. д-ра с.-х. наук. — Кишинев, 1986. — 50 с.
8. Стрельчук О.Я. Мінімізація обробітку ґрунту — шлях до економії енергозатрат та збереження родючості ґрунтів/О.Я. Стрельчук, О.В. Арсенюк//Наук. вісн. НУБіПУ. — К., 2010. — Вип. 144. Ч. 2. — С. 271–279.
9. Танчик С. Плуг не відмінюється/С. Танчик, Є. Бабенко//Пропозиція. — 2010. — № 12. — С. 76–78.
10. Шикуча М.К. Ґрунтозахисна система землеробства/М.К. Шикуча. — Харків: Прапор, 1987. — 200 с.