



УДК 631.41:631.51+631.8

СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ТА УДОБРЕННЯ

О. А. ЦЮК, доктор сільськогосподарських наук

Л. В. ЦЕНТИЛО, В. І. МЕЛЬНИК, кандидати сільськогосподарських наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: tsyuk@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/bio2018.05.017>

Наведено результати досліджень, проведених у стаціонарному польовому досліді на чорноземі типовому малогумусному Правобережного Лісостепу України з вивчення впливу різних варіантів основного обробітку ґрунту і систем удобрення, на структурно-агрегатний склад ґрунту. З'ясовано, що полицево-безполицевий основний обробіток ґрунту покращує вміст агрономічно цінних ґрунтових агрегатів. Мінеральна система удобрення призводить до погіршення структури ґрунту.

Ключові слова: система удобрення, система обробітку ґрунту, чорнозем типовий, структура, водотривкість

Актуальність. Серед важливих агрофізичних показників родючості і окультурення ґрунту чільне місце займає його структурний стан [6, 9, 10, 11, 14].

Аналіз літератури за минулі роки і сучасної уможливили виділити три основні точки зору на значення структури у родючості ґрунту. Вільямс В. Р. та його наступники не розрізняли поняття структура ґрунту і його родючість. За їх теорією тільки структурним ґрунтам притаманна родючість. Супротивники Вільямса В. Р. обґрунтовували відсутність значущості структури ґрунту, як чинника родючості.

Найбільш правильна, на нашу думку, третя точка зору, за якою структура зберігає функції регулятора ґрунтових чинників життя рослин (у першу чергу фізичних) у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, а також функції, які підвищують чутливість рослин на застосування агромеліоративних заходів.

Нині можна вважати визнаним положення про те, що родючість ґрунтів середнього і важкого гранулометричного складу залежить від їх структурного складу [13]. Останнім часом опубліковано багато праць, в яких висвітлено результати вивчення зміни агрофізичних показників ґрунтів під впливом добрив. Оскільки виняткова роль органічних речовин та органічних добрив у їх оптимізації не викликає сумніву [12, 14], однак, щодо впливу мінеральних добрив – дані досить суперечливі. Деякі вчені стверджують, що систематичне застосування мінеральних добрив (особливо в підвищених дозах) у разі збільшення в асортименті фізіологічно кислих форм або форм, які містять одновалентні катіони, призводить до погіршення агрегатного складу чорноземів [16], тоді як інші [2, 15] доводять, що можливі неістотні зміни структурно-агре-



гатного стану чорноземних ґрунтів під час внесення мінеральних добрив, особливо в поєднанні з органічними, у великих і середніх дозах.

Упродовж останніх десятиріч опубліковано низку робіт, де наведено результати досліджень впливу окультурення на структуру чорнозему типового. Розорювання чорноземних ґрунтів призводить до погіршення їх структурного стану [9]. Інші твердження висловлюють Коржов С. І. і Трофімова Т. А. [4] – структурність орних земель краща за цілинні аналоги.

На орних землях під впливом комплексу агрозаходів відбувається окультурення та покращання структурно-агрегатного складу [3, 9].

За будь-якого обробітку ґрунту поряд із кришенням його на макроагрегати відбувається також їх руйнування. Тому ефективність заходу основного обробітку ґрунту визначається тим, який із двох процесів переважатиме.

Система комбінованого обробітку ґрунту сприяє покращенню структурно-агрегатного складу в нижній частині орного шару (20–30 см) і погіршенню його у верхній (0–10 см) у порівнянні з іншими системами основного обробітку ґрунту [5].

На думку деяких дослідників, поверхневий обробіток створює кращий структурний склад ґрунту з більшою кількістю агрономічно цінних частин.

Уміст пилу за безполицевого обробітку під час проведення досліджень був завжди вищим, ніж за оранки, але не перевищував 2–4 %. Як бачимо, питання впливу різних заходів на структуру ґрунту до цього часу перебуває в центрі уваги дослідників. Проте єдиної думки, яка б твердо підкреслила необхідність застосування того чи іншого заходу для покращення структури ґрунту, поки ще не існує. Особливо актуальною постає ця проблема на тлі застосування різних заходів обробітку ґрунту.

Мета досліджень – вивчити основний обробіток ґрунту і системи удобрення за застосування на чорноземі типовому в польовій сівозміні структурно-агрегатного складу.

Матеріали і методика досліджень. Експериментальну частину роботи виконано на дослідному полі ТОВ «Агрофірма Колос» (2011 – 2017 рр.) Сквирського району Київської області у стаціонарному досліді, основою якого є 10-пільна польова сівозміна, розгорнута в часі й просторі. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий середньогумусним крупнопилувато-середньосуглинковими на лесі. Уміст гумусу в оброблювальному шарі 4,6–4,8 % (за Тюриним), легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 14,4 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 15,2 мг/100 г ґрунту, обмінного калію – 15,2 мг/100 г ґрунту (за Чиріковим). Об’ємна маса ґрунту в рівноважному стані – 1,24 г/см³, гідролітична кислотність – 1,14 мг-екв/100 г ґрунту, рН сольове – 6,4.

Схема чергування культур у польовій сівозміні: люцерна, люцерна, пшениця озима, буряки цукрові, ячмінь, соя, пшениця озима, кукурудза на силос, пшениця озима, соняшник. У даній сівозміні застосовується три рівні удобрення із розрахунку на 1 га сівозмінної площі: за мінеральної системи – компост 4,5 т + N₈₀P₉₆K₁₀₈; органо-мінеральної – компост 4,5 т + N₄₀P₄₈K₅₄ + 3,5 т побічна продукція і сидеральна маса та органічної – компост 4,5 т + 3,0 т побічна продукція і сидеральна маса. Тестовою культурою були буряки цукрові. У досліді застосовували такі добрива: компост, аміачна селітра, суперфосфат гранульований і калій хлористий.

Другий фактор, який вивчали були системи основного обробітку ґрунту: 1) диференційований обробіток (контроль), який рекомендований у Лісостепу і передбачає за ротацію сівозміни п’ять оранок, два поверхневих обробітки під пшеницю



озиму після сої і кукурудзи на силос і один плоскорізний обробіток під ячмінь; 2) полицево-безполицевий передбачає за ротацию сівозміни дві оранки під буряки цукрові та соняшник під решту культур безполицеві обробітки; 3) мілкий безполицевий обробіток під всі культури сівозміни. Площа ділянок – 240 м², повторність варіантів у досліді чотириразова. Грунтові зразки відбирали до глибини 25 см.

У відібраних згідно з ДСТУ ISO 10381-1 : 2004 у зразках визначали: ДСТУ 4744 : 2007 – структурно-агрегатний склад ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова; водотривкість агрегатів – методом І. М. Бакшеєва.

Результати досліджень та їх обговорення. Системи основного обробітку ґрунту суттєво впливають на формування різних за розміром часточок ґрунту.

У шарі 10-20 см уміст агрономічно цінних агрегатів (0,25-10) на всіх варіантах зменшується, проте, зростає кількість структурної фракції більше 10 мм порівняно із шаром 0-10 см.

Відбулось підвищення вмісту агрегатів фракції більше 10 мм на варіанті мілкого безполицевого обробітку на 19 % порівняно із диференційованим обробітком. Уміст агрономічно цінних агрегатів (0,25-10 мм) коливається від 67,4 до 66,7 % за диференційованого та полицево-безполицевого обробітків, і за мілкого безполицевого становить 63,4 %. Найвищий уміст агрегатів (< 0,25 мм) відмічено на варіантах диференційованого обробітку – 12,2 % та полицево-безполицевого – 12,0 %. Відмічено істотне зниження цієї фракції за мілкого безполицевого обробітку і становить – 10,6 %.

Максимальні величини коефіцієнта структурності спостерігається за полицево-безполицевого обробітку – 2,0 та диференційованого – 1,99 і істотно знижується за поверхневого обробітку – 1,77.

Зниження вмісту фракції понад 10 мм відмічено за органо-мінеральної та мінеральної системи удобрення на 23 % (у

відносних величинах) порівняно із варіантом без застосування добрив. Слід зазначити, що кількість агрегатів ґрунту розміром менше 0,25 за органо-мінеральної і мінеральної системи удобрення істотно підвищилась на 11 %. Коефіцієнт структурності за органо-мінеральної системи удобрення був вищим на 0,1 порівняно з мінеральною системою.

Ґрунти чорноземного типу краще протистоять шкідливому впливу мінеральних добрив, але за їх високих норм знають помітних змін агрофізичні показники і цих ґрунтів.

Погіршення структурного стану ґрунту у разі внесення підвищених доз мінеральних добрив відбувається через зміну фізико-хімічних показників, насичення вбирного комплексу одновалентними катіонами, підвищення кислотності.

Встановлено, що довготривале застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив, а також тих, що у своєму складі містять вільну кислоту і одновалентні катіони, сприяють підвищенню кислотності ґрунтового розчину і зміні складу увібраних катіонів.

Зменшення суми обмінних катіонів і ступеню насичення ґрунту кальцієм є причиною погіршення агрофізичних властивостей, зокрема структурного стану [7, 8].

Важливим показником якісної оцінки структури ґрунту є його стан водотривкості.

Деградація структурного стану чорнозему типового за тривалого сільськогосподарського використання пов'язана, передусім, із погіршенням фізико-хімічних властивостей через завищені дози мінеральних добрив. Безполицеві обробітки збільшують водотривкість ґрунтових агрегатів у верхній частині кореневмісного шару. Збільшувався вміст водотривких агрегатів у ґрунті за внесення органічних добрив, особливо гною, соломи, сидератів. Найбільший їх уміст виявився на варіантах з мінімальним безполицевим обробітком – 18,1-19,6 % [1].



1. Структурно-агрегатний склад чорнозему типового за вирощування буряків цукрових (2012 – 2015 рр.)

Система удобрення, А	Варіант обробітку грунту, В	Шар грунту, см, С	Вміст агрегатів, мм в %			Коефіцієнт струк- турності
			> 10	0,25-10	< 0,25	
Без добрив	Диференційо- ваний (контроль)	0-10	22,8	65,2	12,0	1,87
		10-20	24,7	63,6	11,7	1,7
	Полицево-безпо- лицевий	0-10	25,0	64,0	11,0	1,77
		10-20	28,0	60,0	12,0	1,5
	Мілкий безполи- цевий	0-10	27,4	63,6	9,0	1,74
		10-20	29,8	61,2	9,0	1,60
Органо-міне- ральна	Диференційова- ний (контроль)	0-10	19,5	69,5	11,0	2,2
		10-20	15,5	70,0	14,5	2,3
	Полицево-безпо- лицевий	0-10	18,0	69,5	12,5	2,3
		10-20	17,5	71,0	11,5	2,4
	Мілкий безполи- цевий	0-10	26,5	63,0	10,5	1,7
		10-20	23,0	65,0	12,0	1,8
Мінеральна	Диференційова- ний (контроль)	0-10	23,8	69,5	12,2	1,9
		10-20	20,5	68,0	12,0	2,0
	Полицево-безпо- лицевий	0-10	17,0	66,5	14,0	2,1
		10-20	19,0	69,5	11,0	2,3
	Мілкий безполи- цевий	0-10	21,2	66,5	12,3	1,99
		10-20	23,3	61,4	10,8	1,8
Середнє за системою удобрення	Без добрив		26,2	62,9	10,8	1,69
	Органо-мінеральна		20,0	68,0	12,0	2,1
	Мінеральна		20,8	66,9	12,0	2,0
Середнє за обробітком грунту	Диференційований		21,1	67,6	12,2	1,99
	Полицево-безполицевий		20,7	66,7	12,0	2,0
	Мілкий безполицевий		25,2	63,4	10,6	1,77
НР ₀₅ А			1,06	1,06	F _ф <F ₀₅	
НР ₀₅ В			1,0	1,0	1,1	
НР ₀₅ С			0,8	0,9	F _ф <F ₀₅	

Застосування полицево-безполицево-го обробітку ґрунту збільшувало кількість водотривких агрономічно цінних агрегатів в шарі 0-10 см. Вміст водотривких агрономічно цінних агрегатів в шарі 0-10 см за мілкого безполицевого обробітку був нижчий на 1,3 % порівняно з диференційованим обробітком. Однак мілкий без-

полицевий обробіток ґрунту збільшував кількість водотривких агрегатів у шарі 10-20 см у порівнянні із диференційованим та полицево-безполицевим обробітком ґрунту на 5,5-10,1 % (табл. 2).

Утворення водостійких структурних агрегатів відбувається при реакціях синтезу і мінералізації гумусних сполук, які



2. Уміст водотривких агрегатів в чорноземі типовому за вирощування буряків цукрових, % (2012 – 2016 рр.)

Система удобрення, А	Варіант обробітку ґрунту, В	Шар ґрунту, см		Середнє в 0-20 см шарі
		0-10	10-20	
Без добрив	Диференційований (контроль)	52,4	52,0	52,2
	Полицево-безполицевий	53,1	50,4	51,7
	Мілкий безполицевий	51,3	49,2	50,2
Органо-мінеральна	Диференційований (контроль)	55,6	53,5	54,5
	Полицево-безполицевий	55,6	53,5	54,5
	Мілкий безполицевий	53,5	59,7	56,6
Мінеральна	Диференційований (контроль)	51,5	52,5	52,0
	Полицево-безполицевий	55,6	47,4	51,5
	Мілкий безполицевий	52,6	57,7	55,1
Середнє за системою удобрення	Без добрив	52,2	50,5	51,3
	Органо-мінеральна	54,9	55,5	55,2
	Мінеральна	53,2	52,5	52,8
Середнє за обробітком ґрунту	Диференційований (контроль)	53,1	52,6	52,9
	Полицево-безполицевий	54,7	50,4	52,5
	Мілкий безполицевий	52,4	55,5	53,9
	НІР ₀₅ А	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	
	НІР ₀₅ В	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	

проходять одночасно. Спочатку, з надходженням органічних решток, переважає розвиток гуміфікуючих мікроорганізмів, збільшується водостійкість структурних окремоостей. Із часом активність їх послаблюється і посилюються процеси мінералізації під впливом мінералізуючих мікробів.

Деградація структурного стану чорнозему типового за тривалого сільськогосподарського використання пов'язана, передусім, із погіршенням фізико-хімічних властивостей через завищені дози мінеральних добрив. Збільшувався вміст водотривких агрегатів у ґрунті за внесення органічних добрив, особливо гною, соломи, сидератів [15].

Найбільша кількість водотривких агрегатів в орному шарі відмічена за органо-мінеральної системи удобрення, що істотно

перевищує контроль (без добрив). Слід зазначити, що вміст водотривких агрегатів зростав за органо-мінеральної системи удобрення в шарі 0-10 см на 5,2 %, за мінеральної – на 1,9 %, що пояснюється наявністю міцно скріплюючих ґрунтових окремоостей органічних колоїдів, зокрема гуматів кальцію, магнію, заліза і алюмінію.

Висновки

1. Застосування у досліді мінеральної системи удобрення поступається органо-мінеральній системі за впливом на структурно-агрегатний склад ґрунту.

2. Використання полицево-безполицевого обробітку покращує вміст агрономічно цінних агрегатів ґрунту.

3. Органо-мінеральної системи удобрення на чорноземах типових сприяє відновленню і збереженню водотривкої структури ґрунту.



Література

1. Демиденко О. В. Післяжнивні рештки в ґрунтозахисному землеробстві як енергетика ґрунтоутворення в агроценозах Лівобережного Лісостепу України // Вісник Черкаського інституту агропромислового виробництва: Міжвід. темат. зб. наук. пр. – Черкаси, 2005. – Вип. 5. – С. 13–26.
2. Думитрашко М. И. Агрофизические свойства черноземов при применении различных систем удобрения // Система применения удобрений в севообороте для получения урожая сельскохозяйственных культур. – Кишинев, 1988. – С. 76–84.
3. Ильина Л. В. Оценка различных систем основной обработки серой лесной почвы // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 145–153.
4. Коржов С. И., Трофимова Т. А. Плодородие чернозёма обыкновенного при длительном применении обработки почвы // Плодородие. – 2009. – № 2. – С. 44–45.
5. Котоврасов И. П., Павловский В. В., Вашук В. Ф. Эффективность энергосберегающих приемов обработки почвы в зерносвекловичном севообороте // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 51–59.
6. Кук Дж. У. Регулирование плодородия почвы / Пер. с англ. Э.И. Шкожде. – М.: Колос, 1979. – 502 с.
7. Лактионова Т. М. Изменение физических свойств чернозема при внесении навоза // Почвоведение. – 1990. № 8. – С. 73–82.
8. Лукьянчикова З. И. Изменение элементов плодородия почвы под влиянием противоэрозионной агротехники и удобрений // Агрохимия и почвоведение. – 1977. – Вып. 34. – С. 21–29.
9. Медведев В. В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.
10. Медведев В. В., Бука А. Я., Губарева Д. Н. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур – К.: Урожай, 1991. – 176 с.
11. Силаков С. Н., Турсина Т. В. Изменение строения серых лесных почв при интенсивном окультуривании // Почвоведение. – 1993. – № 8. – С. 87–93.
12. Тейт Р. Органическое вещество почвы: биологические и экологические аспекты – М.: Мир, 1991. – 400 с.
13. Хан Д. В. Органико-минеральные соединения и структура почвы – М.: Наука, 1969. – 142 с.
14. Цуркан М. А. Агрохимические основы применения органических удобрений – Кишинев: Штиинца, 1985. – 228 с.
15. Цюк О. А., Манько Ю. П., Ямковий В. Ю. Зміна агрофізичних властивостей ґрунту залежно від систем землеробства // Таврійський науковий вісник: Збірник наукових праць ХДАУ. – 2007. – Вип. 52. – С. 102–108.
16. Чесняк Г. Я. Развитие культурного почвообразовательного процесса в черноземе мощном Лесостепи УССР // Труды Харьковского СХИ. – Харьков, 1973. – Т. 185. – С. 86–94.

References

1. Demydenko O. V. (2005) Pisliazhnyvni reshtky v gruntozakhysnomu zemlerobstvi yak enerhetyka gruntuotvorennya v ahrotsenozakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Post-salvage remnants in soil protection agriculture as energy of soil formation in agrocenoses of the Left-bank forest-steppe of Ukraine]. Visnyk Cherkaskoho instytutu ahropromysloвого vrobnytstva, 5 : 13–26.
2. Dumytrashko M. Y. (1988) Ahrofyzicheskye svoitva chernozemov pry pryomenenyy razlychnykh system udobrenyia [Agrophysical properties of chernozems in the application of various fertilizer systems]. Sistema pryomenenyya udobrenyy v sevooborote dlia poluchenyya urozhayev selskokhozi-aistvennykh kultur. Kyshynev, 76–84.
3. Plina L. V. (1989) Otsenka razlychnykh system osnovnoy obrabotki seroy lesnoy pochvy [Evaluation of various systems for primary processing of gray forest soil]. Resursosberegayushchie sistemy obrabotki pochvy. Moscow: Agropromizdat, 145–153.
4. Korzhov S. I., Trofimova T. A. (2009) Plodorodie chernozema obyknovennogo pri dlitelnom primenenii obrabotki pochvy [The fertility of ordinary chernozem with long-term tillage]. Plodorodie, 2 : 44–45.
5. Kотоврасов I. P., Pavlovskiy V. V., Vashchuk V. F. (1990) Effektivnost energosberegayushchikh priemov obrabotki pochvy v zernosvекlovlchnom sevooborote [Efficiency of energy-saving tillage



- techniques in the grain-growing crop rotation]. Resursosberegayushchie sistemy obrabotki pochvy. Moscow: Agropromizdat, 51–59.
6. Kuk Dzh. U. (1979) Regulirovaniye plodorodiya pochvy; Trans. from English E. I. Shkonde. – Moscow: Kolos, 502.
 7. Laktionova T. M. (1990) Izmeneniye fizicheskikh svoystv chernozema pri vnesenii navoza [Changes in the physical properties of chernozem when manure is introduced] Pochvovedeniye, 8 : 73–82.
 8. Lukyanchikova Z. I. (1977) Izmeneniye elementov plodorodiya pochvy pod vliyaniem protiverozionnoy agrotekhniki i udobreniy [Change of soil fertility elements under the influence of anti-erosion agrotechnology and fertilizers]. Agrokhimiya i pochvovedeniye, 34 : 21–29.
 9. Medvedev V. V. (1988) Optimizatsiya agrofizicheskikh svoystv [Optimization of Agrophysical Properties of chernozem]. Moscow: Agropromizdat, 160.
 10. Medvedev V. V., Buka A. Ya., Gubareva D. N. (1991) Pochvenno-ekologicheskie usloviya vozdeleyvaniya selskokhozyaystvennykh kultur [Soil and environmental conditions for the cultivation of agricultural crops]. Kyiv: Urozhay, 176.
 11. Silakov S. N., Tursina T. V. (1993) Izmeneniye stroeniya serykh lesnykh pochv pri intensivnom okultiviruvanii [Changing the structure of gray forest soils with intensive cultivation]. Pochvovedeniye, 8 : 87–93.
 12. Teyt R. (1991) Organicheskoye veshchestvo pochvy: biologicheskie i ekologicheskie aspekty [Organic soil matter: biological and environmental aspects]. Moscow: Mir, 400.
 13. Khan D. V. (1969) Organo-mineralnye soedineniya i struktura pochvy [Organic-mineral compounds and soil structure]. Moscow: Nauka, 142.
 14. Tsurkan M. A. (1985) Agrokhimicheskie osnovy primeneniya organicheskikh udobreniy [Agrochemical basis for the use of organic fertilizers]. Kishinev: Shtiintsa, 228.
 15. Tsiuk O. A., Manko Yu. P., Yamkovyi V. Yu. (2007) Zmina ahrofizychnykh vlastyvoستي gruntu zalezho vid system zemlerobstva [Change of Agrophysical Properties of the Soil Depending on Agricultural Systems]. Tavriyskiy naukovyi visnyk, 52 : 102–108.
 16. Chesnyak G. Ya. (1973) Razvitie kulturnogo pochvoobrazovatel'nogo protsessa v chernozeme moshchnom Lesostepi USSR [The development of the cultural soil-forming process in the black soil of the powerful Forest-Steppe of the Ukrainian SSR]. Trudy Kharkovskogo SKNI, 185 : 86–94.

SUMMARY

O. A. Tsyuk, L. V. Tsentylo, V. I. Melnyk.

Structural and unit composition of soil depending on basic treatment and fertilizer/ Biological Resources and Nature Management. – 2018. – 10, №5–6. – P.139–145 <https://doi.org/10.31548/bio2018.05.017>

The results of studies carried out in a stationary field experiment on chernozem typical low humus of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine to study the influence of various variants of the main tillage and fertilizer systems on the structural-aggregative composition of the soil are presented. It was found that the waste-tail-free main tillage improves the content of agronomically valuable soil aggregates. The mineral fertilizer system leads to a deterioration of the soil structure.

Keywords: fertilizer system, tillage system, typical chernozem, structure, water resistance

АННОТАЦІЯ

А. А. Цюк, Л. В. Центилю, В. І. Мельник.

Структурно-агрегатний состав почвы в зависимости от основной обработки и удобрения//Биоресурсы и природопользование. – 2018. – 10, №5–6. – P.139–145 <https://doi.org/10.31548/bio2018.05.017>

Приведены результаты исследований, проведенных в стационарном полевом опыте на черноземе типичном малогумусном Правобережной Лесостепи Украины по изучению влияния различных вариантов основной обработки почвы и систем удобрения, на структурно-агрегатный состав почвы. Выяснено, что отвально-безотвальная основная обработка почвы улучшает содержание агрономически ценных почвенных агрегатов. Минеральная система удобрения приводит к ухудшению структуры почвы.

Ключевые слова: система удобрения, система обработки почвы, чернозем типичный, структура, водопрочность