

УДК 631.416.5:631.416.7:
631.816.1

© 2022

ВПЛИВ ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ ДОЗ ХІМІЧНОГО МЕЛІОРАНТУ НА ПОКАЗНИКИ ГАЛОГЕНЕЗУ ТЕМНО-КАШТАНОВОГО СОЛОНЦЮВАТОГО ҐРУНТУ

*О.А. Носоненко¹, М.А. Захарова², Л.І.Воротинцева³,
Ю.О. Афанасьєв⁴*

^{1,2}кандидати сільськогосподарських наук

³доктор сільськогосподарських наук

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»*

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: ¹nosonenko_aa@ukr.net, ²zakharova_maryna@ukr.net,

³vorotyntseva_ludmila@ukr.net, ⁴yura_afamasjev@ukr.net

ORCID: ¹0000-0002-2094-440X, ²0000-0002-1140-5017,

³0000-0003-0643-8823, ⁴0000-0002-8499-9389

Надійшла 16.02.2022

Мета. Установити закономірності впливу внесення різних доз гіпсу на сольові та фізико-хімічні показники темно-каштанового слабосолонцюватого ґрунту (рН, уміст водорозчинних солей і ввібраних катіонів) та ступінь їхньої неоднорідності. **Методи.** Польовий — для вивчення впливу гіпсу на властивості темно-каштанового ґрунту, лабораторно-аналітичний — для визначення сольових і фізико-хімічних показників, математико-статистичний — для оцінки достовірності результатів досліджень. **Результати.** Внесення кальцієвого меліоранту гіпсу зумовило зниження реакції ґрунтового розчину на 0,5–0,7 одиниці рН, спричинило розсолонцювання ґрунту за абсолютним і відносним показниками солонцюватості. За вмістом токсичних солей у ґрунті зміни відсутні. Строкатість ґрунту за показником рН водного мала тенденцію до зменшення і була слабкою до початку досліду і після його завершення. Гіпсування сприяло зниженню ступеня неоднорідності обох показників солонцюватості до слабкого (зменшення коефіцієнтів варіації з 12,01 до 7,29% і з 11,97 до 6,94%), проте диференціація доз унесення гіпсу не сприяла вирівнюванню показників солонцюватості темно-каштанового ґрунту порівняно з варіантами, де меліорант вносили рівномірно. **Висновки.** Ґрунт у варіантах із середнім максимальним і диференційованим рівнями внесення гіпсу перейшов у розряд несолонцюватих. За ефектом розсолонцювання варіанти із середнім і диференційованим рівнями внесення гіпсу виявилися майже однаковими. Проте середня доза гіпсу у варіанті з диференційованим рівнем унесення була на 0,86 т/га меншою. Найбільшою мірою вирівнялися показники солонцюватості у варіантах із мінімальним і максимальним рівнями внесення гіпсу. Диференціювання доз унесення гіпсу порівняно з варіантами його рівномірного внесення не вплинуло на ступінь неоднорідності показників солонцюватості темно-каштанового ґрунту.

Ключові слова: *уміст водорозчинних солей у ґрунті, гіпс, кальцій, натрій, неоднорідність властивостей, рівень застосування, рівень солонцюватості.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202205-02>

Солонцеві ґрунти України, їх походження, властивості й режими вивчаються багатьма вітчизняними дослідниками впродовж останнього століття. Зокрема, встановлено закономірності накопичення солей у ґрунто-підґрунті різних природно-кліматичних зон [1, 2], виявлено особливості перебігу процесів осолонцювання, будови профілів солонцевих ґрунтів, їхніх хімічних, фізико-хімічних і агрофізичних властивостей [3, 4]. Встановлено, що наявність одновалентних солонцюючих катіонів (насамперед натрію та калію) у ґрунтового вбирному комплексі зумовлює несприятливі хімічні, фізико-хімічні і водно-фізичні властивості солонцевих горизонтів [5, 6].

Головною умовою раціонального використання солонцевих ґрунтів України є застосування системи агро меліоративних заходів, що забезпечує охорону і підвищення ефективної родючості солонцевих ґрунтів, оптимізацію умов життєздатності сільськогосподарських культур [7]. Серед таких заходів найбільш поширеним і добре дослідженим є хімічна меліорація, яка являє собою внесення в ґрунт меліорантів — речовин, або сумішей речовин природного або техногенного походження. Як правило, використовують меліоранти, діючим агентом яких є катіон кальцію — гіпс або фосфогіпс. Механізм дії меліорантів полягає у витісненні з ґрунтового вбирного комплексу катіонів натрію та заміну їх на кальцій, що призводить до зміни ряду властивостей ґрунту (агрофізичних, біологічних, водно-повітряного і поживного режимів тощо) у напрямі, сприятливого для підвищення продуктивності культурних рослин [7]. Питанням термінів, норм та умов унесення кальцієвих меліорантів на солонцевих ґрунтах присвячено роботи [8–14].

Нині зарубіжні дослідники, що вивчають унесення кальцієвих меліорантів, приділяють увагу питанням унесення вапна і гіпсу на фоні нульового обробітку ґрунту [15, 16], впливу внесення кальцієвих меліорантів на хімічний склад ґрунту і рослин [17], урожайність сільськогосподарських культур

і родючість ґрунтів [18–22], використання рослинних решток, різних видів гною та інших органічних матеріалів разом із гіпсом та іншими кальцієвими меліорантами [19–21], дослідження ефективності кальцієвих меліорантів на засолених тропічних і субтропічних ґрунтах [19, 21, 22], впливу гіпсу та інших кальцієвих меліорантів на мікробіологічні властивості ґрунтів [15].

Характер впливу різних доз гіпсу, зокрема диференційованих, на сольові показники галогенезу темно-каштанових солонцюватих ґрунтів і ступінь їх неоднорідності у вітчизняній та іноземній науковій літературі висвітлено обмежено [23–25].

Мета досліджень — встановити особливості впливу диференціації доз унесення гіпсу на показники галогенезу темно-каштанового слабосолонцюватого ґрунту (рН водний, уміст токсичних солей, склад увібраних катіонів і ступінь солонцюватості) та ступінь їхньої неоднорідності.

Матеріали та методи досліджень. Огляд літератури свідчить про недостатню дослідженість питання впливу диференціації доз унесення гіпсу на показники галогенезу темно-каштанових солонцюватих ґрунтів і ступінь їх варіювання (неоднорідності).

Дослідження проводили в дрібnodілянковому польовому досліді з вивчення 5-ти рівнів унесення гіпсу: нульового, мінімального, середнього, максимального та диференційованого (перші 4 являють собою рівномірний розподіл меліоранту по полю незалежно від варіювання ступенів солонцюватості).

Дослід закладено 12.07.2012 р. Місце закладання — територія Інституту зрошувального землеробства НААН, Інгулецька зрошувальна система, сел. Наддніпрянське Дніпровського р-ну м. Херсон.

Схема дрібnodілянкового польового досліді містила варіанти, які характеризують рівні внесення гіпсу:

1. Нульовий рівень (контроль).
2. Мінімальний рівень — унесення гіпсу в мінімальній розрахованій дозі.
3. Середній рівень — унесення гіпсу в середній дозі.

4. Максимальний рівень — унесення гіпсу в максимальній дозі. 5. Диференційований рівень — унесення гіпсу в дозі, розрахованій згідно з даними аналізу ґрунту цієї ділянки.

Терміни внесення гіпсу: 24.04.2013 — під кукурудзу, 06.05.2015 — сорго і 06.07.2017 — під пшеницю озиму. Сумарні дози внесення гіпсу наведено в табл. 1.

Повторність досліду — 5-разова, усього $5 \times 5 = 25$ ділянок. Площа ділянки (облікова) — 1 м^2 , ширина захисної смуги — 1 м.

Відбір зразків ґрунту перед закладанням досліду, перед посівом і після збирання та обліку культур проводили з 1 точки кожної ділянки з глибини 0–25 см. Аналізували кожний зразок (згідно з переліком регульованих показників).

Відбір ґрунтових зразків здійснювали відповідно до ДСТУ [26]. Підготовку до аналізів та попередню обробку зразків ґрунту, що підлягали фізико-хімічному аналізу, проведено за ДСТУ [27].

У ґрунті визначали показники згідно з чинними нормативними документами з визначення складу та властивостей ґрунтів: сольовий склад водної витяжки — за ДСТУ [28–31], уміст обмінного кальцію та магнію за методом Тюріна — за ДСТУ [32].

Темно-каштановий слабосолонцюватий важкосуглинковий на лесоподібному суглинку ґрунт дослідної ділянки характеризується розрізом, опис якого наведено в роботі [33].

За результатами хімічних аналізів ґрунту, розрізу та ділянок дрібноділянкового досліду встановлено, що ґрунт незасолений, слабосолонцюватий із сумою увібраних основ близько 25 мг-екв./100 г ґрунту. Інтервали варіювання сольових ґрунтових показників у межах дослідної ділянки в шарі 0–25 см становлять: рН водний — 6,50–7,67, уміст токсичних солей — 0,019–0,046%, уміст увібраних натрію і калію — 0,70–1,42 мг-екв./100 г ґрунту, або 3–5,7% від суми катіонів.

У досліді вирощували пшеницю озиму на зерно (2014), сорго на зелену масу (2015), горох на зерно (2016, 2017); пшеницю озиму на зерно (2018), сорго на зелену масу (2019), ячмінь ярий на зерно (2020). Дані врожайності культур наведено в роботі [33].

Результати досліджень. Аналіз показників галогенезу вихідного темно-каштанового ґрунту (дані 2012 р., до внесення меліоранту), які наведено в табл. 1, згідно з ДСТУ [34] свідчить про те, що рН водний є нейтральним або близьким до нейтрального і становить 7,06–7,71. Уміст токсичних солей — 0,019–0,041%, що згідно з ДСТУ [35] характеризує цей ґрунт як незасолений.

Після внесення гіпсу (дані 2018 р., див. табл. 1) спостерігається тенденція до зниження рН, що закономірно зі зростанням доз меліоранту. ґрунт усіх гіпсованих варіантів класифікується як нейтральний, рН у межах — 6,50–7,02. Уміст токсичних солей під впливом гіпсування практично не змінився — 0,022–0,046%.

Ступінь неоднорідності ґрунту згідно зі значеннями коефіцієнта варіації за показником рН водного був слабким до початку досліду і після його завершення. Проте цей показник зменшувався в усіх варіантах, крім диференційованого. Неоднорідність ґрунту за вмістом токсичних солей перед початком досліду була на середньому рівні, коефіцієнт варіації по досліді становив 16,88%, у варіантах — 5,63–24,4%. Унесення гіпсу в різних дозах однозначно не вплинуло на неоднорідність ґрунту за вмістом токсичних солей. Зокрема, коефіцієнт варіації зменшувався на контролі і за середньої дози гіпсу (2,29 т/га). У всіх інших варіантах цей показник дещо збільшувався. Загалом по досліді ступінь неоднорідності ґрунту за вмістом токсичних солей залишився середнім — 18,99%.

Із показників солонцюватості темно-каштанового ґрунту було проаналізовано абсолютний уміст увібраних солонцюючих катіонів натрію і калію (мг-екв./100 г ґрунту) і їх відносний уміст у відсотках від суми катіонів, який і визначає ступінь солонцюватості ґрунту. Перед унесенням гіпсу перший показник був у межах 0,75–1,42 мг-екв./100 г ґрунту, другий — 3,0–5,7%, що означає слабкий ступінь солонцюватості згідно з ДСТУ [36].

Після завершення досліду в усіх гіпсованих варіантах зафіксовано зменшення абсолютного і відносного показників солонцюватості, найбільшою мірою — у варіанті з унесенням максимальної дози гіпсу

1. Вплив доз гіпсу на сольові показники темно-каштанового слабосолонцюватого ґрунту (шар 0–25 см)

Варіант досліджу	№ ділянки	2012 р.		Сумарна доза внесення гіпсу, т/га	2018 р.	
		pH водний	Уміст токсичних солей, %		pH водний	Уміст токсичних солей, %
1	1	7,06	0,019	0	7,13	0,023
	2	7,08	0,023	0	7,27	0,021
	3	7,30	0,022	0	7,36	0,031
	4	7,67	0,035	0	7,43	0,036
	5	7,71	0,026	0	7,14	0,027
	Середнє	7,36V=4,24	0,025V=24,49	0	7,27V=1,82	0,028V=21,98
2	1	7,17	0,026	0,59	7,02	0,046
	2	7,20	0,030	0,59	6,74	0,022
	3	7,58	0,031	0,59	6,70	0,031
	4	7,63	0,041	0,59	6,92	0,029
	5	7,56	0,037	0,59	6,95	0,027
	Середнє	7,43V=3,01	0,033V=18,06	0,59	6,87V=2,02	0,031V=29,12
3	1	7,15	0,027	2,29	6,74	0,041
	2	7,40	0,026	2,29	6,73	0,037
	3	7,59	0,037	2,29	6,76	0,039
	4	7,60	0,034	2,29	6,83	0,046
	5	7,51	0,043	2,29	6,95	0,037
	Середнє	7,45V=2,49	0,033V=21,23	2,29	6,80V=1,35	0,040V=9,35
4	1	7,33	0,030	4,52	6,50	0,022
	2	7,54	0,026	4,52	6,50	0,029
	3	7,68	0,039	4,52	6,54	0,040
	4	7,62	0,033	4,52	6,54	0,026
	5	7,51	0,031	4,52	6,60	0,034
	Середнє	7,54V=1,77	0,032V=14,98	4,52	6,54V=0,63	0,030V=23,23
5	1	7,60	0,036	0,76	6,51	0,030
	2	7,66	0,034	2,20	6,75	0,031
	3	7,65	0,037	2,79	6,80	0,023
	4	7,60	0,034	0,47	6,75	0,027
	5	7,36	0,032	0,93	6,70	0,029
	Середнє	7,57V=1,62	0,035V=5,63	1,43	6,70V=1,69	0,028V=11,29
	V	2,63	16,88	–	1,50	18,99

Примітка. V — коефіцієнт варіації, % (для табл. 1, 2).

(4,52 т/га) відповідно на 0,34 мг-екв./100 г ґрунту і 2,2%. Відносний уміст увібраних натрію та калію зменшився у варіанті з мінімальним рівнем унесення гіпсу на 0,9%, у варіантах із середнім і диференційованим рівнями — на 1,5%. При цьому за класифікацією [36] ґрунт у варіантах із середнім, максимальним і диференційованим рівнями

внесення гіпсу перейшов у розряд несолонцюватих, ґрунт на контролі та варіанті з мінімальним рівнем унесення гіпсу залишився в категорії слабого ступеня солонцюватості.

Слід відзначити, що згідно з даними табл. 2 за ефектом розсолонцювання варіанти 2 і 5 (відповідно із середнім і диференційованим рівнями внесення гіпсу) вияви-

2. Вплив доз гіпсу на показники солонцюватості темно-каштанового слабосолонцюватого ґрунту (шар 0–25 см)

Варіант досліджу	№ ділянки	2012 р.		Сумарна доза внесення гіпсу, т/га	2018 р.	
		Увібрані Na+K, мг-екв./100 г ґрунту	Na+K, % від суми увібраних основ		Увібрані Na+K, мг-екв./100 г ґрунту	Na+K, % від суми увібраних основ
1	1	0,95	3,8	0	1,05	3,5
	2	0,75	3,0	0	0,96	3,4
	3	0,98	3,9	0	1,09	3,7
	4	0,96	3,8	0	1,02	3,5
	5	0,90	3,6	0	1,22	4,1
	Середнє	0,91V=10,25	3,6V=10,04	0	1,07V=9,11	3,6V=7,67
2	1	0,96	3,8	0,59	0,93	3,1
	2	0,85	3,4	0,59	0,91	3,1
	3	1,14	4,6	0,59	0,99	3,2
	4	0,90	3,6	0,59	0,89	3,1
	5	1,21	4,8	0,59	0,97	3,0
	Середнє	1,01V=15,39	4,0V=15,42	0,59	0,94V=4,42	3,1V=2,28
3	1	1,04	4,3	2,29	0,91	2,5
	2	0,98	3,9	2,29	0,82	3,0
	3	1,05	4,2	2,29	0,98	2,7
	4	1,11	4,4	2,29	0,92	2,7
	5	1,09	4,4	2,29	0,94	2,7
	Середнє	1,05V=4,77	4,2V=4,89	2,29	0,91V=6,45	2,7V=6,58
4	1	1,00	4,0	4,52	0,77	2,3
	2	1,42	5,7	4,52	0,75	2,2
	3	0,97	3,9	4,52	0,83	2,5
	4	1,04	4,2	4,52	0,72	2,0
	5	1,13	4,5	4,52	0,79	2,5
	Середнє	1,11V=16,40	4,5V=16,37	4,52	0,77V=5,37	2,3V=9,22
5	1	0,89	3,6	0,76	0,88	2,8
	2	1,08	4,3	2,20	0,88	2,4
	3	1,18	4,7	2,79	0,82	2,6
	4	0,86	3,4	0,47	0,70	2,2
	5	1,00	4,0	0,93	0,71	2,5
	Середнє	1,00V=13,25	4,0V=13,11	1,43	0,80V=11,08	2,5V=8,94
	V	12,01	11,97	–	7,29	6,94

лися майже однаковими. Проте середня доза гіпсу, внесеного у варіанті із середнім рівнем унесення, дорівнює 2,29 т/га, з диференційованим рівнем — 1,43 т/га, або на 0,86 т/га менше, що становить кількість меліоранту, яку можна заощадити.

Неоднорідність ґрунту в досліді за вмістом увібраних солонцюючих катіонів натрію і калію (мг-екв./100 г ґрунту) перед

його закладанням була середньою, коефіцієнт варіації становив 12,01%, змінюючись з 4,77% (слабка варіація) на ділянках варіанта, де потім вносили середні дози гіпсу, до 16,40% (середня варіація) на ділянках варіанта, де потім вносили максимальні дози гіпсу. Аналогічним є відносний показник солонцюватості — відсоткова частка натрію та калію від суми увібраних основ.

Після завершення дослідів ступінь неоднорідності обох показників солонцюватості загалом по досліді зменшився до слабого, коефіцієнт варіації вмісту натрію і калію (мг-екв./100 г ґрунту) становив 7,29% (у варіантах — 4,42–11,08%). Коефіцієнт варіації вмісту натрію і калію у відсотках від суми ввібраних катіонів дорівнював 6,94% (2,28–9,22%). Найбільшою мірою вирівнялися показники солонцюватості у варіантах із мінімальним і максимальним

рівнями внесення гіпсу — зменшення коефіцієнтів варіації відповідно в 3,5–6,8 і 1,8–3,1 раза. У варіанті з диференційованим унесенням гіпсу спостерігалось незначне зниження коефіцієнтів варіації — з 13,25 до 11,08% і з 13,11 до 8,94%. Отже, диференціювання доз унесення гіпсу порівняно з варіантами його рівномірного внесення не вплинуло на ступінь неоднорідності показників солонцюватості темно-каштанового ґрунту.

Висновки

Установлено, що внаслідок унесення гіпсу знижується рН темно-каштанового слабосолонцюватого ґрунту, що закономірно зі зростанням доз меліоранту на 0,5–0,7 од. рН. Ґрунт у всіх гіпсованих варіантах класифікується як нейтральний, рН — у межах 6,50–7,02. Уміст токсичних солей під впливом гіпсування майже не змінився — 0,022–0,046%, що відповідає градації незасоленого ґрунту.

Ступінь неоднорідності ґрунту згідно зі значеннями коефіцієнта варіації за показником рН водного зменшувався в усіх варіантах унесення гіпсу, крім диференційованого, і був слабким до початку досліді і після його завершення. Унесення гіпсу в різних дозах однозначно не вплинуло на неоднорідність ґрунту за вмістом токсичних солей, яка залишилася загалом по досліді на середньому рівні.

Має місце зниження абсолютної і відносної солонцюватості темно-каштанового ґрунту в усіх гіпсованих варіантах, найбільшою мірою — у варіанті з унесенням максимальної дози гіпсу. Згідно з показниками галогенезу ґрунт у варіантах із середнім, максимальним і диференційованим рівнями внесення гіпсу перейшов

у розряд несолонцюватих, ґрунт на контролі та варіанті з мінімальним рівнем унесення гіпсу залишився в категорії слабого ступеня солонцюватості. За ефектом розсолонцювання варіанти із середнім і диференційованим рівнями внесення гіпсу виявилися майже однаковими, проте середня доза гіпсу, внесеного у варіанті з диференційованим рівнем унесення, була на 0,86 т/га меншою, що дорівнює кількості меліоранту, яку можливо заощадити.

Установлено, що після завершення досліді ступінь неоднорідності обох показників солонцюватості загалом по досліді зменшився до слабого. Найбільшою мірою вирівнялися показники солонцюватості у варіантах із мінімальним і максимальним рівнями внесення гіпсу — зменшення коефіцієнтів варіації відповідно в 3,5–6,8 і 1,8–3,1 раза. У варіанті з диференційованим унесенням гіпсу спостерігалось незначне зниження коефіцієнтів варіації. Отже, диференціювання доз унесення гіпсу порівняно з варіантами його рівномірного внесення не вплинуло на ступінь неоднорідності показників солонцюватості темно-каштанового ґрунту.

Nosonenko O.¹, Zakharova M.², Vorotyntseva L.³, Afanasiev Yu.⁴

National Scientific Center «O. N. Sokolovskiy Institute for Soil Science and Agrochemistry Research», 4 Chaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: ¹nosonenko_aa@ukr.net, ²zakharova_maryna@ukr.net, ³vorotyntseva_ludmila@ukr.net, ⁴yura_afamasjev@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-2094-440X, ²0000-0002-1140-5017,

³0000-0003-0643-8823, ⁴0000-0002-8499-9389

Effect of differentiation of doses of chemical improver on the indicators of halogenesis of dark-chestnut alkaline soil

Goal. To establish the patterns of influence of different doses of gypsum on salt and physicochemical parameters of dark-chestnut weakly alkaline soil (pH, content of water-soluble salts, and absorbed

cations) and the degree of their heterogeneity. **Methods.** Field — to study the effect of gypsum on the properties of dark-chestnut soil, laboratory analytical — to determine salt and physicochemical parameters, mathematical and statistical — to assess the reliability of research results. **Results.** The application of calcium ameliorant (gypsum) caused a decrease in the reaction of the soil solution by 0.5–0.7 pH units, as well as desalination of the soil in absolute and relative alkalinity. There were no changes in the content of toxic salts in the soil. The variegation of the soil in terms of water pH tended to decrease and was weak before and after the experiment. Gypsum reduced the degree of heterogeneity of both alkalinity indicators to weak (reduction of coefficients of variation from 12.01 to 7.29% and from 11.97 to 6.94%), but the differentiation of gypsum application doses did not help to equalize the alkalinity of dark-chestnut soil compared to the

variants, where the improver was applied evenly. **Conclusions.** The soil in the variants with average maximum and differentiated levels of gypsum application passed into the category of non-alkaline. According to the effect of desalination, the options with average and differentiated levels of gypsum application were almost the same. However, the average dose of gypsum in the variant with a differentiated level of application was 0.86 t/ha less. The alkalinity indicators in the variants with the minimum and maximum levels of gypsum application were most equalized. Differentiation of gypsum application doses in comparison with variants of its uniform application did not affect the degree of heterogeneity of alkalinity indicators of dark-chestnut soil.

Key words: water-soluble salts content in the soil, gypsum, calcium, sodium, heterogeneity of properties, level of application, level of alkalinity.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovissnyk202205-02>

Бібліографія

1. Соколовський О.Н. Галогенні ґрунти, їх роль і місце в геохімічних процесах. *Доповіді АН УРСР*. 1941. № 1. С. 12–14.
2. Гринь Г.С. Галогенез лессових почвогрунтів України: монографія. Київ: Урожай, 1969. 218 с.
3. Можейко А.М. Солонцеватые каштановые почвы Украины и их химическая мелиорация. *Труды комиссии по ирригации*. 1936. Вып. 6. С. 175–225.
4. Новикова А.В. О мелиорации солонцов Крыма. *Вопросы мелиорации солонцов*. Москва, Ленинград: АН СССР, 1958. С. 176–212.
5. Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв: монография. Москва, Ленинград: Сельхозгиз, 1932. 203 с.
6. *Окультуривание солонцовых почв*; под ред. А.В. Новиковой. Київ: Урожай, 1984. 176 с.
7. *Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації): колективна монографія*; за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромашенка, Р.С. Трускавецького. Херсон: Гринь Д.С., 2015. С. 363–373.
8. Можейко А.М., Воронник Т.К. Гипсование солонцеватых каштановых почв УССР, орошаемых минерализованными водами, как метод борьбы с осолонцеванием этих почв. *Труды УНИИП*. 1958. Т. III. С. 111–208.
9. Гринченко А.М., Пелипец В.А. Новый метод применения малых доз гипса на солонцеватых почвах. Харьков, 1958. 80 с.
10. Новикова А.В. История почвенно-мелиоративных и экологических исследований засоленных и солонцовых земель Украины 1890–1966 гг.: монография. Київ: Світ, 1999. 144 с.
11. Кукоба П.И., Балюк С.А., Ладных В.Я. и др. Повышение плодородия почв мелиоративного фонда. Орошаемые почвы. *Почвы Украины и повышение их плодородия*; под ред. Б.С. Носко, В.В. Медведева, Р.С. Трускавецького, Г.Я. Чесняка. Київ: Урожай, 1988. С. 92–103.
12. Кизяков Ю.Е., Лаврентьев Н.М. Рекомендации по проведению мелиоративных мероприятий для предотвращения солонцевания почв при орошении минерализованными водами в степной и сухостепной зонах Украинской ССР. Днепропетровск: МСХ СССР, 1982. С. 2–18.
13. *Комплекс протидеградаційних заходів на зрошуваних землях України*; за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромашенка, В.А. Сташука. Київ: Аграрна наука, 2013. С. 97–102.
14. Балюк С.А., Дрозд О.М., Гаврилович Н.Ю. Комплексна оцінка агрогенних змін властивостей солонцевих ґрунтів Сухого Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 9. С. 44–48.
15. João William Bossolani Carlos, Alexandre Costa Crusciol, Luis Fernando Merloti et al. Long-term Lime and Gypsum Amendment Increase Nitrogen Fixation and Decrease Nitrification and Denitrification Gene Abundances in the Rhizosphere and Soil in a Tropical No-till Intercropping System. *Geoderma*. 2020. 375(1). P. 559–567. doi: 10.1016/j.geoderma.2020.114476
16. Khandakar R., Greg R., Mohammad A. Rahman et al. Cover Crop Complements Flue Gas Desulfurized Gypsum to Improve No-till Soil Quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2021. 52(9). P. 926–947. doi: 10.1080/00103624.2021.1872594
17. Hailu B., Estifanos S. Investigating the Effect of Gypsum Powder on Chemical Constituents of Soil and Selected Crops, Adigudem, Tigray, Ethiopia. *Momona Ethiopian J. of Science*. 2021. 13(1)

P. 164–176. doi: 10.4314/mejs.v13i1.9

18. *Carlos Alexandre Costa Crusciol, Otavio Bagiotto Rossato, Rodrigo Foltran et al.* Soil Fertility, Sugarcane Yield Affected by Limestone, Silicate, and Gypsum Application. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2017. 48 (19). P. 2314–2323. doi: 10.1080/00103624.2017.1411507

19. *Mohammad Zulfikar Khan, Mohammad Golam Azom, Mohammad Tipu Sultan et al.* Amelioration of Saline Soil by the Application of Gypsum, Calcium Chloride, Rice Husk and Cow Dung. *J. of Agricultural Chemistry and Environment*. 2019. 08.(02). Article ID:92555. 14 p. doi: 10.4236/jacen.2019.82007

20. *Philip J. Bauer, Ariel A. Szogi and Paul D. Shumaker.* Fertilizer Efficacy of Poultry Litter Ash Blended with Lime or Gypsum as Fillers. *Environments*. 2019. 6(5). P. 50. doi: 10.3390/environments6050050

21. *Wiwin Sumiya Dwi Yamika¹, Nurul Aini¹, Adi Setiawan¹, Runik Dyah Purwaningrahayu.* Effect of Gypsum and Cow Manure on Yield, Proline Content, and K/Na Ratio of Soybean Genotypes under Saline Conditions. *J. of Degraded and Mining Lands Management*. 2018. 5(2). P. 1047–1053. doi: jdm.lm.2018.052.1047

22. *Hesham Aboelsoud Bernard, Engel Khaled Gad.* Effect of Planting Methods and Gypsum Application on Yield and Water Productivity of Wheat under Salinity Conditions in North Nile Delta. *Agronomy*. 2020. 10(6). P. 853. doi: 10.3390/agronomy10060853

23. *Можейко А.М.* Результаты многолетних опытов по окультуриванию солонцов южной части Среднего Приднепровья. *Труды ХСХИ им. В.В. Докучаева*. 1962. Т. 39. С. 158–240.

24. *Балюк С.А., Носоненко О.А., Ромащенко М.І.* та ін. Концептуальні основи та перспективи впровадження системи точного землеробства на зрошуваних землях. *Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України*; за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, В.А. Сташука. Київ: Аграрна наука, 2009. С. 390–402.

25. *Носоненко О.А.* Доцільність урахування параметрів ґрунтових властивостей при

плануванні агрозаходів у системі точного землеробства. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Спец. вип. до 7 з'їзду УТґА. 2006. Кн. 2. С. 287–289.

26. *ДСТУ 4287:2004.* Якість ґрунту. Відбирання проб. Чинний з 2005-07-01. Київ: Держспоживстандарт України. 2005. 10 с.

27. *ДСТУ ISO 11464:2007.* Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT). Чинний з 2008-01-01. Київ: Держспоживстандарт України. 2012. 18 с.

28. *ДСТУ 7908:2015.* Якість ґрунту. Визначення хлорид-іона у водній витяжці. Чинний з 2016-07-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 10 с.

29. *ДСТУ 7909:2015.* Якість ґрунту. Визначення сульфат-іона у водній витяжці. Чинний з 2016-07-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 7 с.

30. *ДСТУ 7944:2015.* Якість ґрунту. Визначення іонів натрію і калію у водній витяжці. Чинний з 2016-09-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 6 с.

31. *ДСТУ 7945:2015.* Якість ґрунту. Визначення іонів кальцію і магнію у водній витяжці. Чинний з 2016-09-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 7 с.

32. *ДСТУ 7604:2014.* Якість ґрунту. Визначення обмінного кальцію та обмінного магнію у карбонатних ґрунтах методом Тюріна. Чинний з 2015-07-01. Київ: Мінекономрозвитку України. 2015. 11 с.

33. *Носоненко О.А., Захарова М.А., Воронинцева Л.І., Афанасьєв Ю.О.* Вплив диференціації азотного удобрення темно-каштанового солонцюватого ґрунту на його агрохімічні показники та врожайність сільськогосподарських культур. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 9 (822). С. 12–19. doi: 10.31073/agrovisnyk202109-02

34. *ДСТУ 4362:2004.* Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Чинний з 2006-01-01. Київ: Держспоживстандарт України. 2006. 19 с.

35. *ДСТУ 7827:2015.* Якість ґрунту. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної засоленості. Чинний з 2016-07-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 7 с.

36. *ДСТУ 3866-99.* Ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості. Чинний з 2000-01-01. Київ: Держстандарт України. 1999. 6 с.