

УДК 631.413

Особливості іммобілізації-мобілізації деяких макроелементів ґрунту на осушуваних заплавах земель під насадженнями енергетичних культур

Ю.Л. Цапко*, В.В. Зубковська**, А.С. Холодна***,
В.М. Калініченко, Я.М. Водяк

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 23.06.2019 Отримано після доопрацювання 31.07.2019 Затверджено до друку 19.08.2019 Доступно онлайн 01.09.2019	У статті наведено особливості процесів іммобілізації-мобілізації основних макроелементів осушуваних алювіальних ґрунтів за вирощування енергетичних культур. Об'єктами дослідження були лучний алювіальний важкосуглинковий та лучно-болотний алювіальний важкосуглинковий осушені ґрунти, в межах дослідної земельної ділянки на території заплави р. Вільховатка, у Харківській області України. На ділянці у 2016 р. висаджено багаторічні енергетичні культури – вербу енергетичну та міскантус гігантський. Методи дослідження: польовий – моніторинг рівня підґрунтових вод та щорічне (2017-2019) відбирання проб ґрунту; лабораторно-аналітичний – визначення вмісту у ґрунті основних органогенних елементів (гідроген, вуглець і нітроген) та заліза; статистично-математичний – оцінка достовірності результатів дослідження. Визначено, що на фоні змін клімату в напрямку аридизації властивості алювіальних осушуваних ґрунтів суттєво впливають на перегрупування пулу заліза в ґрунті, на якому вирощують енергетичні культури. Встановлено, що у верхніх шарах лучного алювіального важкосуглинкового ґрунту під рослинами верби енергетичної та міскантуса гігантського протягом трьох років відбулися позитивні зрушення в аспекті перебігу процесів акумуляції-дисипації рухомого заліза, що відобразилося у зменшенні вмісту його двовалентної форми, яка є токсичною для рослин. Вплив вирощування енергетичних культур впродовж трьох років на процеси іммобілізації-мобілізації основних макроелементів на лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті свідчить про переважання іммобілізаційних процесів щодо нітрогену, яке відображується у розширенні співвідношення $C_{\text{орг}}/N_{\text{заг}}$, яке на третій рік становило у шарах 0-20 та 20-40 см, відповідно, 16,6 і 16,3 та 17,4 і 16,5 під вербою та під міскантусом, тоді як на контрольному варіанті (під аборигенною рослинністю) дорівнювало 15,1 і 15,9. Аналогічні процеси відбуваються і в лучно-болотному алювіальному ґрунті. Помічені позитивні зміни у складі ґрунтів під енергетичними культурами є обґрунтованою перспективою в плані широкого залучення незайманих у сільськогосподарському виробництві земель для виробництва енергетичної сировини та ремедіації ґрунту.

E-mail: *tsapkouli@i.ua; **v.zubkovskaya@gmail.com; ***lonakalt@gmail.com

Форма цитування: Особливості іммобілізації-мобілізації деяких макроелементів ґрунту на осушуваних заплавах земель під насадженнями енергетичних культур / Ю.Л. Цапко, В.В. Зубковська, А.С. Холодна [та ін.]. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 88. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». 2019. С. 61-67. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-08>.

1. Вступ

Раціональне використання ґрунтово-земельних ресурсів і, зокрема, осушених земель є одним із важливих чинників збалансованого розвитку аграрної сфери виробництва в Україні. У теперішній час гостро стоїть питання щодо раціонального використання осушених і перезволожених земель, які в державі займають площу близько 4,5 млн га, в тому числі, органогенних (торфових і оторфованих) майже 1,4 млн га, а загальна площа осушених ґрунтів становить близько 3,3 млн га, з них за призначенням не використовується, через вихід з ладу осушувальної мережі та з інших причин, біля 1,1 млн га [1, 2]. Деградаційні процеси, що виникають в осушуваних ґрунтах - вторинне заболочування, галогенізація, оглеєння, озалізнєння, дегуміфікація, кольматаж, ущільнення, призвели до заростання значних площ осушуваних земель чагарниковою та низькоякісною рослинністю, внаслідок чого відбувається помітне погіршення агроекологічної ситуації і неможливість використання земель за призначенням. За останнє десятиріччя у сільському господарстві не використовується від 8 до 12 % площі осушених земель [1].

У Західних країнах існують державні програми, спрямовані на збереження та ренатуралізацію гідроморфних ландшафтів, поновлення їх важливих біосферних функцій. Так, у США фермерам на вигідних умовах виділяють не вигідні для сільськогосподарського використання, низькобонітетні перезволожені землі [3, 4]. У Німеччині значну увагу приділяють реалізації проектів ренатуралізації осушених торфових земель [5]. Тобто, погляди на роль заболочених земель в системі земельних ресурсів тут корінним чином

змінились і зараз уже вважається, що осушення заболочених земель і трансформація їх у сільськогосподарські угіддя є менш важливою для людства, ніж збереження їх природних екологічних і гідрологічних властивостей і функцій.

Одним із напрямів використання захарашених осушених ґрунтів є вирощування енергетичних культур. В останні роки, через глобальну енергетичну кризу, питання «зеленої енергетики» як у державі, так і в цілому в світі, набуло надзвичайної актуальності. Наприклад, відомо, що в Швеції за рахунок біопалива отоплюється 63 % будівель, в Австрії – 37 %, Данії – 35 %, Фінляндії – 32 % [6]. В Україні проблематика вирощування енергетичних культур висвітлена у працях П.І. Лакиди [7], Г.Г. Гелетуки [8] та інших. Теперішнє розширення і зростання енергетичних ринків в результаті проведення нової енергетичної й екологічної політики змінює роль сільського господарства. Біоенергія у теперішній час є новим напрямом попиту на продукцію фермерів, що сприяє формуванню доходів виробників і створенню робочих місць. Фахівці Національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів (НАЕР) стверджують, що швидке впровадження відновлюваних джерел енергії (біоетанолу, біодизельного палива, біомаси, сонячної і геотермальної енергії тощо) дозволить зменшити загальне споживання традиційної енергії в Україні на 30 % умовного палива щороку [9]. Вирощування енергетичних культур, насамперед міскантусу гігантського та верби енергетичної, дозволяє не тільки продукувати значу кількість фітомаси, а й безпосередньо відновлювати початкові властивості ґрунтів, завдяки ремедіаційній дії цих культур [10], що є особливо важливим для деградованих ґрунтів на осушуваних землях. Вирощування енергетичних культур на осушених територіях дозволяє не лише отримати значний економічний зиск у вигляді енергетичної сировини, але й значно поліпшити агроекологічний стан ґрунтів і навколишнього середовища [11, 12]. Таким чином, нові наукові знання щодо особливостей перебігу процесів іммобілізації-мобілізації (аккумуляції-дисипації) основних макроелементів в осушених ґрунтах, на яких вирощують енергетичні культури, мають важливе теоретичне та практичне значення.

Мета – виявити вплив вирощування енергетичних культур на процеси іммобілізації-мобілізації основних макроелементів в осушених ґрунтах.

2. Об'єкти (матеріали) і методи досліджень

Перебіг процесів іммобілізації-мобілізації основних макроелементів ґрунту досліджували протягом 2017-2019 рр. в умовах польового досліді на контрольній ділянці, що належить фермерському господарству ТОВ «Карат», у заплаві р. Вільховатка на території Ново-Водолазького району Харківської області (Лісостеп Лівобережний). Контрольна ділянка осушена відкритим дренажем за допомогою відкритих каналів, стік з яких надходить безпосередньо до русла річки. На двох осушених ґрунтах – лучному алювіальному важкосуглинковому та лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому, який розташований у пониженій частині ділянки, три роки поспіль вирощували дві енергетичні культури – вербу енергетичну (*Salix spp.*) та міскантус гігантський (*Miscanthus spp.*). Методи дослідження: польовий – щорічне відбирання проб ґрунту та два рази на рік визначення рівня залягання підґрунтових вод; лабораторно-аналітичний – визначення вмісту основних органічних елементів (гідроген, вуглець, нітроген) та заліза у досліджуваних ґрунтах; статистично-математичний – встановлення достовірності результатів дослідження.

Схема польового досліді включала три варіанти на кожному з ґрунтів: контроль (лучна та лучно-болотна аборигенна рослинність); верба енергетична (4 рядки); - міскантус гігантський (4 рядки). Рослини висаджували вручну у травні 2016 р. Вербу енергетичну (сорт Марціана) висаджено черенками за схемою: відстань між рослинами в рядку 0,65 м, ширина міжрядь 0,75 м. На ділянці було висаджено 35 рослин верби. Схема посадки міскантусу гігантського (сорт Осінній зорецвіт) дещо відрізняється від схеми посадки верби енергетичної. Міскантус висаджували ризомами, відстань між рослинами в рядку становила 1,00 м, а ширина міжряддя – 1,30 м. Всього висаджено 16 рослин міскантусу. Рослини швидко розросталися і вже на 2-3 рік в середині вегетації рослини в міжряддях зімкнулися.

Проби ґрунту відбирали у рядках культур і міжряддях рендомізовано в травні кожного року, у трикратній повторності (у рядках безпосередньо під трьома рослинами) згідно з ДСТУ 4287:2004. Рівень залягання підґрунтових вод у досліджуваних ґрунтах визначали шляхом буріння свердловин на контрольних варіантах двічі на рік – у травні і липні.

У підготовлених зразках ґрунту визначали такі показники: активна кислотність, $pH_{водн}$ (згідно з ДСТУ 7862:2015); загальний вміст макроелементів – органічного вуглецю (за методом І.В. Тюріна, згідно з ДСТУ 4289:2004), нітрогену (методом Й. К'ельдаля, згідно з ДСТУ 7926:2015, заліза (за ДСТУ 7913:2015); вміст мінеральних форм нітрогену (нітратного й амонійного) за модифікованою методикою ННЦ ІГА (ДСТУ 4729:2007). Дані аналітичних досліджень статистично оброблено згідно з методикою польового досліді Б.О. Доспехова.

3. Результати й обговорення

3.1. Рівень залягання підґрунтових вод та акумуляція-дисипація рухомих форм заліза в осушених ґрунтах, на яких вирощують енергетичні культури

Проведеними дослідженнями встановлено середній рівень залягання підґрунтових вод у вегетаційний період – навесні та в середині літа на лучному алювіальному важкосуглинковому та лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому осушених ґрунтах, протягом 2017-2019 рр., табл. 1. Кліматичні зміни в бік підвищення середньорічних температур обумовили інтенсифікацію аридизаційних (опустелювальних) процесів, що відображується у стійкому щорічному зниженні рівня залягання підґрунтових вод. Так, порівняно з 2017 роком, в останні два роки рівень залягання підґрунтових вод поступово знизився у лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті в травні на 18 см, а в липні на 13 см; у лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті – в травні на 29 см, у липні на 20 см.

Таблиця 1

Рівень залягання підґрунтових вод у роки досліджень на осушеній земельній ділянці заплави р. Вільховатка (на контрольних варіантах досліді)

Ґрунт	Рівень підґрунтових вод, см					
	2017		2018		2019	
	травень	липень	травень	липень	травень	липень
Лучний алювіальний важкосуглинковий	69	120	89	126	87	133
Лучно-болотний алювіальний важкосуглинковий	47	75	68	89	76	95

Встановлено, що осушення ґрунту призводить до домінування процесів окиснення. Зміна глибини залягання підґрунтових вод та спрямованість окисно-відновних процесів у бік окиснення суттєво впливають на процеси трансформації у складі ґрунту композиції рухомих форм заліза з помітним збільшенням вмісту його форм з максимальною валентністю (Табл. 2, 3).

Таблиця 2

Динаміка вмісту рухомих форм заліза в лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті у роки досліджень

Шар ґрунту, см	Вміст заліза, мг/кг								
	Fe (II)			Fe (III)			Fe (II) + Fe (III)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
<i>Верба енергетична</i>									
0-20	74	61	65	28	85	98	102	146	163
20-40	90	71	57	468	550	582	558	621	639
40-60	26	35	22	853	920	996	879	955	1018
<i>Міскантус гігантський</i>									
0-20	89	58	46	46	63	59	135	121	105
20-40	102	74	63	428	442	502	530	516	565
40-60	46	35	30	704	739	676	750	774	706

Зазначимо, що вирощування значної фітомаси енергетичних культур може також суттєво впливати на перебіг ґрунтових процесів і, в першу чергу, на процеси акумуляції-дисипації основних макроелементів.

Вміст рухомого заліза в лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті під енергетичними культурами наведено в таблиці 2. Встановлено, що на другий та третій роки вирощування енергетичних культур у верхніх шарах (0-20 та 20-40 см) лучного

алювіального важкосуглинкового ґрунту відчутно зменшується вміст закисного заліза Fe (II) та відбувається збільшення вмісту його окисної форми Fe (III). Тобто, простежується зменшення вмісту в ґрунті токсичної для рослин форми заліза, що поліпшує екологічні умови їх зростання.

З іншого боку, відчувається і вплив міскантусу та верби на процеси акумуляції-дисипації рухомих форм заліза у лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті. Результати досліджень свідчать, що вміст окиснених форм заліза під вербою енергетичною, в шарі ґрунту 40-60 см був найбільш високим порівняно з верхніми шарами, і вищим, ніж у цьому шарі під міскантусом; вміст закисної форми з глибиною зменшується.

У часовому вимірі (по роках) також відчутно помітне збільшення вмісту окисненого заліза. Доволі високим є вміст окисної форми у всі роки досліджень, який збільшується з глибиною, навіть у 2017 році. Це можна пояснити накопиченням тривалентних оксидів заліза в попередні роки в так званих «рудякових горизонтах», розчинення яких відбувається повільно, про що йдеться в роботі [13]. Вплив верби енергетичної на акумуляцію тривалентного заліза в верхніх шарах ґрунту, вірогідно пояснюється високою всмоктувальною та аераційною здатністю її розгалуженої кореневої системи, що переважно розташована, як засвідчено в роботі [14], саме в цих шарах ґрунту. Під рослинами міскантусу вищенаведені процеси акумуляції дещо уповільнюються. Справа в тому, що, коренева система міскантусу хоча й здатна проникати на значні глибини (до 2,5 м), однак не є такою потужною, як у верби енергетичної.

Вирощування енергетичних культур на лучно-болотному алювіальному ґрунті також викликає певні зміни складу форм заліза. Під вербою енергетичною по всіх шарах досліджуваного ґрунту за три роки експерименту знижується вміст двовалентної форми заліза, при цьому залишається відносно високим вміст його окисненої тривалентної форми (Табл. 3).

Таблиця 3

Динаміка вмісту рухомих форм заліза в лучно-болотному алювіальному ґрунті у роки досліджень

Шар ґрунту, см	Вміст заліза, мг/кг								
	Fe (II)			Fe (III)			Fe (II) + Fe (III)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
<i>Верба енергетична</i>									
0-20	97	68	55	1530	1278	1123	1627	1346	1178
20-40	145	104	83	386	421	416	531	525	499
40-60	86	59	39	728	377	392	814	436	431
<i>Міскантус гігантський</i>									
0-20	159	135	107	110	182	203	269	317	310
20-40	132	114	91	328	360	373	460	474	464
40-60	50	46	43	304	352	404	354	398	447

Відмічені процеси профільного перерозподілу заліза в післямеліоративний період використання гідроморфних ґрунтів так само як і формування несилікатних форм заліза в ґрунтових горизонтах за даними [13] залежать від режиму коливання капілярної облямівки підґрунтових вод, співвідношення висхідного і низхідного типів водного режиму, кислотно-основних властивостей ґрунту та вмісту заліза в підґрунтових водах.

Виявлено, що за вирощування енергетичних культур на лучно-болотному ґрунті внаслідок зниження рівня підґрунтових вод відбувається перерозподіл форм заліза з переважанням його окисненої форми, що є позитивним фактором для зростаючих рослин.

Встановлено, що під насадженнями верби на другий та третій роки їх вирощування у верхніх шарах лучно-болотного алювіального ґрунту спостерігається дещо підвищений прояв дисипативних процесів, тобто, зниження вмісту рухомих форм заліза. З глибиною загальний вміст рухомих сполук заліза на другий та третій роки також помітно зменшувався. Під міскантусом гігантським у лучно-болотному ґрунті дещо уповільнюються з часом процеси акумуляції-дисипації залізистих сполук.

У лучно-болотному алювіальному ґрунті під рослинами верби енергетичної протягом трьох років відбулися позитивні зрушення в аспекті перебігу процесів акумуляції-дисипації рухомого заліза. При цьому не було зафіксовано помітної акумуляції рухомих сполук заліза, а вміст його токсичної для рослин двовалентної форми помітно зменшився. Вирощування міскантусу гігантського на цьому ґрунті суттєво не вплинуло на процеси акумуляції-дисипації рухомого заліза.

Результати досліджень свідчать, що використання ґрунтів для вирощування міскантусу гігантського та верби енергетичної, а також зниження рівня залягання підґрунтових вод (з кліматичних причин) здебільшого сприяли перерозподілу форм заліза в бік переважання його окисненої форми, як у лучному алювіальному, так і в лучно-болотному алювіальному ґрунтах.

3.2. Перебіг процесів іммобілізації-мобілізації основних органогенних елементів у ґрунтах під енергетичними культурами

Дослідження впливу вирощування енергетичних культур на процеси іммобілізації-мобілізації основних макроелементів в осушених ґрунтах проведено за показниками $pH_{водн.}$, вмісту вуглецю органічної речовини та загального вмісту нітрогену, а також вмісту мінеральних форм нітрогену на першому та третьому роках вирощування енергетичних культур (червень 2017 та 2019 рр.). У таблиці 4 наведено динаміку параметрів цих основних органогенних елементів у лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті, за умов вирощування енергетичних культур. Встановлено, що реакція ґрунтового розчину в лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті наближається до нейтральної. За вирощування верби, протягом 3-х років, спостерігається тенденція до іммобілізації гідрогену (збільшення його концентрації).

Під рослинами міскантусу, навпаки, параметри pH зростають, тобто концентрація гідрогену зменшується через мобілізаційні процеси. На третій рік зростання енергетичних культур на лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті простежуються відчутні зміни вуглецево-нітрогенної складової, що особливо помітно за зміною співвідношення вмісту вуглецю органічної речовини та вмісту загального нітрогену, яке зростає у верхніх шарах ґрунту в ризосфері і міскантусу гігантського, і верби енергетичної. Так, якщо на контрольному варіанті співвідношення $C_{орг}/N_{заг.}$ у шарах 0-20 і 20-40 см дорівнювало відповідно 15,1 і 15,9 то під вербою та міскантусом воно становило, відповідно, 16,6 і 16,3 та 17,4 і 16,5.

Зазначимо, що розширення цього показника під енергетичними культурами свідчить про переважання іммобілізаційних процесів щодо азоту.

Мобілізаційно-іммобілізаційні процеси у ґрунтах, як зазначено в роботі [8], залежать від перебігу вуглецевого та окисно-відновного режимів, що на 80 % обумовлює й вміст нітратної форми нітрогену. Зменшення вмісту нітратної та амонійної форм нітрогену на третій рік проведення досліджень під міскантусом гігантським, на наш погляд, можна пояснити витрачанням цих поживних сполук на формування значної кількості біомаси цієї культури [15].

Таблиця 4

Вміст основних органогенних елементів у лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті під енергетичними культурами у перший і третій роки досліджень

Варіант	Шар ґрунту, см	pH водн.		Вміст органогенних елементів									
				$C_{орг.}, \%$		$N_{заг.}, \%$		$C_{орг} / N_{заг.}$		$N-NO_3, \text{мг/кг}$		$N-NH_4, \text{мг/кг}$	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль (аборигенна рослинність)	0-20	7,4	7,3	3,73	3,62	0,25	0,24	14,9	15,1	1,27	1,44	4,06	4,29
	20-40	7,3	7,2	3,45	3,50	0,21	0,22	16,4	15,9	1,01	1,15	3,62	3,83
Верба (у кущі)	0-20	7,3	7,1	3,73	4,31	0,24	0,26	15,5	16,6	1,36	1,90	4,08	5,16
	20-40	7,3	7,0	3,54	3,92	0,22	0,24	16,1	16,3	0,99	1,42	3,75	4,29
Верба (міжряддя)	0-20	7,4	7,4	3,69	4,02	0,24	0,25	15,4	16,1	1,22	1,73	4,19	4,71
	20-40	7,3	7,5	3,46	3,78	0,21	0,23	16,5	16,4	1,09	1,33	3,70	4,12
Міскантус (у кущі)	0-20	7,3	7,4	3,80	4,35	0,26	0,25	14,6	17,4	1,23	1,16	3,97	4,08
	20-40	7,3	7,5	3,57	3,79	0,22	0,23	16,2	16,5	0,92	1,06	3,65	3,74
Міскантус (міжряддя)	0-20	7,4	7,3	3,62	3,86	0,24	0,23	15,1	16,8	1,08	1,26	3,99	4,22
	20-40	7,4	7,5	3,46	3,57	0,22	0,22	15,7	16,2	1,10	1,03	3,70	3,85
HIP_{05}	-	0,1	0,1	0,16	0,18	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-

Примітка. Роки досліджень: 1 – 2017; 2 – 2019

Динаміку вмісту основних органогенних елементів у лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті, за умов вирощування енергетичних культур, наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Вміст основних органогенних елементів у лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті під енергетичними культурами у перший і третій роки досліджень

Варіант	Шар ґрунту, см	pH водн.		Вміст органогенних елементів									
		1	2	C _{орг.} , %		N _{заг.} , %		C _{орг.} / N _{заг.}		N-NO ₃ , мг/кг		N-NH ₄ , мг/кг	
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль (аборигенна рослинність)	0-20	7,2	7,2	3,78	3,82	0,23	0,23	16,4	16,6	1,22	1,31	3,75	3,89
	20-40	7,4	7,3	3,72	3,69	0,23	0,23	16,2	16,1	0,81	0,86	3,28	3,43
Верба (у куші)	0-20	7,2	7,1	3,81	4,54	0,23	0,25	16,6	18,2	1,30	1,12	3,87	4,01
	20-40	7,1	7,0	3,58	4,30	0,22	0,24	16,3	17,9	0,79	0,63	3,35	3,44
Верба (міжряддя)	0-20	7,2	7,3	3,80	4,23	0,23	0,24	16,5	17,6	1,14	1,18	3,80	3,81
	20-40	7,1	7,3	3,63	4,03	0,22	0,23	16,5	17,5	0,84	0,95	3,36	3,49
Міскантус (у куші)	0-20	7,1	7,2	3,79	4,33	0,23	0,25	16,5	17,3	1,25	1,48	3,85	4,34
	20-40	7,3	7,4	3,71	4,09	0,23	0,24	16,1	17,0	0,86	0,92	3,41	3,68
Міскантус (міжряддя)	0-20	7,2	7,4	3,75	4,11	0,23	0,24	16,3	17,1	1,19	1,35	3,78	3,96
	20-40	7,2	7,3	3,61	4,07	0,22	0,24	16,4	17,0	0,78	1,17	3,32	3,60
H _{IP05}		-	0,1	0,1	0,16	0,18	0,02	0,02	-	-	-	-	-

Примітка. Роки досліджень: 1 – 2017; 2 – 2019

Культивування енергетичних культур на лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті призводить до переважання процесів іммобілізації нітрогену, тобто відбувається його секвестрація. Про це свідчить підвищення співвідношення C_{орг.}/N_{заг.} на третій рік, як під вербою енергетичною, так і під міскантусом гігантським. Слід відмітити, що найбільш відчутно процеси іммобілізації нітрогену в лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті відбуваються за вирощування верби енергетичної. Отже, можна з великою часткою ймовірності передбачити, що широке запровадження вирощування верби енергетичної на осушених лучно-болотних ґрунтах сприятиме поліпшенню екологічної ситуації у навколишньому середовищі.

В цілому вирощування верби енергетичної та міскантуса гігантського протягом трьох років позитивно вплинуло на перебіг процесів іммобілізації-мобілізації макроелементів у лучному алювіальному важкосуглинковому та лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому осушених ґрунтах, що є перспективним для широкого залучення незайманих у сільськогосподарському виробництві аналогічних ґрунтів для виробництва енергетичної сировини.

4. Висновки

Встановлено, що у верхніх шарах лучного алювіального важкосуглинкового ґрунту під рослинами верби енергетичної та міскантуса гігантського протягом трьох років відбулися позитивні зрушення в аспекті перебігу процесів акумуляції-дисипації рухомого заліза, що відобразилося у зменшенні вмісту його двовалентної форми, яка є токсичною для рослин. Аналогічні процеси відбуваються і у лучно-болотному алювіальному ґрунті.

Вирощування енергетичних культур впродовж трьох років позитивно вплинуло на процеси іммобілізації-мобілізації основних макроелементів на лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті, про що, свідчить переважання іммобілізаційних процесів щодо нітрогену, яке відображується у розширенні співвідношення C_{орг.}/N_{заг.} яке на третій рік становило у шарах 0-20 та 20-40 см, відповідно, 16,6 і 16,3 та 17,4 і 16,5 під вербою та міскантусом, тоді як у цих шарах на контрольному варіанті дорівнювало 15,1 і 15,9.

Позитивний вплив вирощування верби енергетичної та міскантуса гігантського протягом трьох років на перебіг процесів іммобілізації-мобілізації макроелементів в лучному алювіальному важкосуглинковому та лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому осушених ґрунтах відкриває хорошу перспективу для широкого залучення незайманих у сільськогосподарському виробництві земель для виробництва енергетичної сировини та ремедіації ґрунту.

Список використаних джерел

1. *Меліорація ґрунтів* (систематика, перспективи, інновації): колективна монографія / за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромашенка, Р.С. Трускавецького. Херсон: Гринь Д. С., 2015. 668 с.
2. *Трускавецький Р.С., Цапко Ю.Л.* Основи управління родючістю ґрунтів: монографія / за наук. ред. Р.С. Трускавецького. Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. 388 с.
3. *Despain Wendy J.* A summary of the SWCS Wetlands Reserve Program survey. *Soil and Water Conserv.* 1995. 50. № 6. P. 632-633.
4. *Dugan P.Z.* Coservation of Wetlands: a global conserv. *Suomen akat. julk.* 1998. № 5. P. 1-4.
5. *Meier-Brunckhorst I., Ulrich P.* Wiedervernässung der Mhlenau-Niederung. *Naturschutz und Landschaftsplan.* 1995. 27. № 5. P. 180-186.
6. *Бурлака Н.І.* Доцільність використання біологічної сировини для виробництва біопалива. // *Земля України – потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки держави*. Т. 1. Київ, 2014. С. 77–80.
7. *Енергетичний потенціал* біомаси в Україні / П.І. Лакида, Р.Д. Васишин, С.В. Зібцев, І.П. Лакида // *Навчально науковий інститут лісового і садово-паркового господарства НУБіП України*. Київ: Видавничий центр НУБіП України. 2011. 28 с.
8. *Гелетука Г.Г., Желєзна Т.А., Трибой О.В.* Перспектива вирощування та використання енергетичних культур в Україні. // *Аналітична записка Біоенергетичної асоціації України*. №10. 2014. 33 с. URL: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-10-ua.pdf>.
9. *Скорук О.П.* Перспективи розвитку відновлювальної енергії в Україні. *Економіка АПК: матеріально-технічне забезпечення аграрної сфери*. №5. 2013. С. 63-66. URL: http://www.eaprk.org.ua/sites/default/files/eaprk/13_05_10.pdf.
10. *Font V.* Renewable energy responsible for first ever carbon emission stabilization / [Електронний ресурс] 2015. URL: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2015/06/renewable-energy-responsible-for-first-ever-carbon-emission-stabilization.html>.
11. *Холодна А.С.* Ґрунтові чинники заплавних ґрунтів, які лімітують зростання енергетичних культур. *Ґрунтознавство*. Т. 17. №3-4. 2016. С. 43–50. DOI: 10.15421/041612.
12. *Холодна А.С.* Біологічна рекультивация осушуваної земельної ділянки заплави р. Вільховатка Харківської області. *Екологічні науки*. №1 (20). 2018. С. 126–130. URL: http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/1/part_2/28.pdf.
13. *Трускавецький Р.С., Калініченко В.М., Соколова Н.Ю.* Еколого-генетична роль заліза в заплавних ґрунтах Лівобережного Лісостепу України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 68. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". 2008. С. 18-23.
14. *Balat M., Balat H.* Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. *Applied energy*. 2009. № 86. P. 2273-2282. DOI: 10.1016/j.apenergy.2009.03.015.
15. *Cultivation of miscanthus under West European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization* / M. Himken, J. Lammell, D. Neukirchen [et al.]. *Plant and Soil*. 1997. № 189. P. 117–126. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004244614537>.

UDC 631.413

Features of immobilization-mobilization of some macroelements of soil on drained floodplain lands under energy crops

Yu.L. Tsapko*, V.V. Zubkovska**, A.S. Kholodna***, V.M. Kalinichenko, Ya.M. Vodyak

NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine
E-mail: *tsapkoul@i.ua; **v.zubkovska@gmail.com; ***lonakalt@gmail.com

The article presents features of immobilization-mobilization of the main macroelements of drained alluvial soils within the limits of the Left Bank Forest-Steppe for the cultivation of energy crops. The objects of the study were meadow alluvial clay loam soil and meadow-bog alluvial clay loam soil, within the experimental plot on the territory of the flood plain of the Vilhovatka River, in the Kharkiv region of Ukraine. In the plot in 2016, perennial energy crops were planted - energy willow (*Salix spp.*) and giant miscanthus (*Miscanthus spp.*). Research methods: field - monitoring of groundwater level, annual (2017-2019) sampling of soil; laboratory-analytical - determination of the content of basic organic elements in the soil (hydrogen, carbon, nitrogen) and iron; Statistical-mathematical analysis of the reliability of the research results. It has been determined that the background of climate change in the direction of aridization the properties of alluvial drained soils significantly affects the rearrangement of a pool of iron in the soil on which energy crops are grown. It has been established that in the upper layers of the meadow alluvial clay loam soil under the plants of willow energy and giant miscanthus for three years there were positive changes in the aspect of the process of accumulation-dissipation of movable iron, which was reflected in the reduced content of its divalent form, which is toxic to plants. The effect of growing energy crops over three years on the processes of immobilization-mobilization of the main macroelements on the meadow alluvial clay loam soil indicates the predominance of immobilization processes with respect to nitrogen, which is reflected in the enhanced ratios of Corg / Ntot., which in the third year was in layers 0-20 and 20-40 cm, respectively, 16,6 and 16,3 and 17,4 and 16,5 under willow and miscanthus, while in the control version was equal to 15,1 and 15, 9. Similar processes occur in the meadow-bog alluvial soil. The identified positive changes in the composition of the soil under energy crops are a reasonable prospect in terms of widespread involvement of lands unoccupied in agricultural production for the production of energy raw materials and simultaneous soil remediation.

Keywords: carbon, drained soils, energy crops, immobilisation, iron, macroelements, mobilisation, nitrogen.

Citing: Tsapko Yu.L., Zubkovska V.V., Kholodna A.S., Kalinichenko V.M., Vodyak Ya.M. 2019. Features of immobilization-mobilization of some macroelements of soil on drained floodplain lands under energy crops. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 88. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 61-67. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-08>.