

В.Г. ІЛЬІНА, к.г.н., доцент, О.І.ЧЕРНЯКОВА, ст. викладач
Одеський державний екологічний університет, м. Одеса

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РІВНЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН НА СТАН АГРОЕКОСИСТЕМ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У роботі за допомогою математичної моделі виконана оцінка впливу рівня мінерального живлення рослин на якісні та кількісні характеристики Ґрунтово-рослинного покриву Львівської області. При цьому урахувалося внесення мінеральних та органічних речовин під сільськогосподарські культури, які вирощуються на різних типах ґрунтів.

К л ю ч о в і с л о в а: моделювання, мінеральне живлення, Ґрунтово-рослинний покрив, важкі метали

Вступ. На сучасному етапі розвитку науки про стан агроєкосистем широке застосування отримав апарат математичного моделювання. Розвиток теоретичних та експериментальних робіт щодо вивчення міграції поліютантів в ґрунтовому покриві, потрапляння їх в рослини кореневим та аеральним шляхом дозволило почати розробку комплексних моделей, які синтезують опис впливу як гідрометеорологічного режиму, так і антропогенного забруднення на формування кількості, якості та екологічної чистоти врожаю.

Як складний біоорганомінеральний комплекс, ґрунти є природною основою функціонування екологічних систем біосфери. На процес ґрунтоутворення значною мірою впливає господарська діяльність людини. Цей вплив може бути як безпосередній — спосіб обробітку ґрунту, меліоративні заходи, збирання лісової підстилки тощо, так і побічний, наприклад - вирубування лісів на крутосхилах, що веде до ерозії, безсистемне випасання худоби, вогнева система землеробства тощо. Господарська діяльність людини має спрямовуватися на раціональне використання земель, підтримання й збільшення їхньої продуктивності.

У зв'язку із збільшенням внесення мінеральних та органічних добрив під сільськогосподарські рослини зростає антропогенне навантаження на ґрунтовий покрив. В останні роки цьому питанню приділяється все більше уваги. У роботах Прохорова В.М.[1] , Польового А.Н. [2] та Кирюшина В.И. [3] розроблені основні показники забезпечення рослин елементами мінерального живлення в залежності від ступеню їх поглинання. Для урахування комплексу цих факторів необхідно використовувати математичні моделі які з достатнім ступенем вірогідності можуть описувати вказані процеси.

Метою даної роботи є оцінка впливу рівня мінерального живлення рослин на стан агроєкосистем за допомогою математичної моделі [4] на прикладі Львівської області.

Об'єкт та вихідні матеріали досліджень. Об'єктом дослідження є сільськогосподарські угіддя Львівської області, на які вносяться мінеральні та органічні

добрива під різні культури з урахуванням технології вирощування та потреби факторів навколишнього середовища. В якості вихідних даних в роботі використана інформація про кількісні та якісні характеристики внесених добрив, врожайність та характеристики ґрунту за період з 2010 по 2013 рр.

Методи досліджень. В роботі використана математична модель [4] формування врожаю під впливом внесення добрив та факторів навколишнього середовища.

Львівська область залишається одним з основних регіонів України, де сільськогосподарське виробництво займає досить велику частку. Частка еродованої ріллі в області складає 32%. Однією з причин цього є розміщення сільськогосподарських угідь на екологічно-ризикованих землях. Основний тип ґрунту - дерново-підзолисті піщані ґрунти, які характеризуються незначним вмістом гумусу, дуже малою місткістю вбирного комплексу, низьким ступенем насиченості основами, кислою реакцією і незначною кількістю рухомих поживних речовин (табл. 1).

Таблиця 1 - Фізико-хімічні та агрохімічні властивості орного шару дерново-підзолистих ґрунтів Львівської області

Ґрунт за механічним складом	Гумус, %	рН сольової витяжки	Сума обмінних основ	Гідролітична кислотність	Ступінь насичення основами, %	Рухомі	
						P ₂ O ₅	K ₂ O
Супіскові та легко-суглинкові	1,47	5,1	4,58	2,38	65,8	4,6	6,1
Суглинкові поверхнево-оглеєні	2,35	4,4	5,78	4,43	56,6	0,8	5,5

Для отримання високих та стійких врожаїв сільськогосподарських культур у Львівській області необхідно застосування мінеральних та органічних добрив. При застосуванні добрив поліпшується родючість ґрунту і підвищується врожайність сільськогосподарських культур. Це відбувається завдяки тому, що добрива збагачують ґрунт на рухомі поживні речовини. Добрива також забезпечують повніше використання елементів живлення самого ґрунту, оскільки позитивно впливають на розвиток кореневої системи вирощуваних культур та поліпшення його фізичних властивостей.

Вид мінерального добрива є його характеристикою за поживною речовиною. Відношення кількості поживної речовини, винесеної урожаєм, до загальної кількості

поживної речовини, внесеної з добривом, є коефіцієнтом використання поживної речовини добрива.

Вплив забезпеченості елементами мінерального живлення на продуктивний процес рослин визначався за принципом Лібіха з урахуванням функції забезпеченості азотом KN, фосфором KP і калієм KK [4]

$$K(NPK) = \min(KN, KP, KK) \quad (1)$$

де $K(NPK)$ – коефіцієнт забезпечення рослин елементами мінерального живлення.

Значення функцій найбільш можливого азотного, фосфорного і калійного живлення визначаються по таких рівняннях:

$$KN = (N/N_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1-N/N_{opt})], \quad (2)$$

$$KP = (P/P_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1-P/P_{opt})], \quad (3)$$

$$KK = (K/K_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1-K/K_{opt})] \quad (4)$$

де N – сумарна кількість N , P_2O_5 , K_2O еквівалентне використаному мінеральному добриву, кг/га;

N_{opt} , P_{opt} , K_{opt} – оптимальна кількість N, P_2O_5, K_2O , необхідне для отримання максимального урожаю, кг/га.

Розглядається також поглинання азоту активним і пасивним шляхом [4]

$$\Delta N / \Delta T = [(N_{max} \cdot N_{сер} \cdot m_r) / N_0 \cdot N_n] \cdot K \cdot E \cdot N_p \quad (5)$$

де $\Delta N / \Delta T$ - швидкість поглинання азоту корінням рослин, $mg \cdot m^2/добу$;

N_{max} - максимально можлива швидкість поглинання азоту корінням, mg/kg ;

$N_{сер}$ - середня кількість азоту у шарі ґрунту, mg/kg ;

m_r – маса кореня, g/m^2 ;

N_0 – початкова кількість азоту у шарі ґрунту, mg/kg ;

N_n – концентрація доступного азоту біля поверхні кореня, g/m^2 ;

K – константа Михаеліса-Ментен, mg/kg ;

E – інтенсивність транспірації, $kg/m^2/добу$;

N_p – концентрація доступного азоту в ґрунтовому розчині, мг/кг.

На основі інформації про внесення мінеральних та органічних добрив під сільськогосподарські культури, які вирощуються на території Львівської області була виконана оцінка сучасного стану забезпеченості ґрунтово-рослинного покриву даної території елементами мінерального живлення. Данні приведені у табл. 2.

Найбільші значення внесення мінеральних добрив отримані у 2013 році і складають в середньому по області 33 кг/га. Мінімальні значення отриманні у 2010 та 2012 році.

В цілому по Львівській області, більш усього мінеральних добрив вноситься у східних та південно-східних районах, де зосереджено найбільші площі сільськогосподарських угідь. Крім того, у цих районах ґрунти мають не великі значення органічної речовини у ґрунті, а також механічних склад яких, у більшій частині, включає мілко дисперсні фракції. Тому, для підвищення родючості цих ґрунтів необхідне використання, насам перед, органічних добрив.

Таблиця 2 – Кількість внесених мінеральних добрив під посіви сільськогосподарських культур (у перерахунку на 100% поживних речовин)

Райони Львівської області	Мінеральні добрива (кг/га) посівної площі			
	2010	2011	2012	2013
Бродівський	47	59	55	57
Буський	30	45	48	44
Городоцький	12	16	10	23
Дрогобицький	25	24	13	21
Жидачівський	28	27	17	34
Жовківський	20	35	24	42
Золочівський	15	39	23	54
Кам'янка-Бузький	10	17	8	14
Миколаївський	41	44	31	31
Мостиський	11	11	10	13
Перемишлянський	11	30	12	27
Пустомитівський	20	27	21	40
Радехівський	14	17	16	15
Самбірський	25	28	23	28
Сокальський	32	34	26	42
Старосамбірський	16	11	9	29
Стрийський	21	25	12	21
Яворівський	24	31	20	15
Всього по області	23	30	24	33

В табл. 3 приведені значення кількості органічних добрив, які вносились під сільськогосподарські культури на території Львівської області у період з 2010 по 2013 роки. Найбільша кількість органічних добрив вносилась у 2010 році і склала 2.3 тонн на гектар. Найменша кількість органічних добрив вносилась у 2013 році. Зменшення внесення органічних добрив може привести до зменшення родючості ґрунтів, а тобто і до зменшення кількості врожаю, який на них отримують.

Таблиця 3 - Кількість внесених органічних добрив під посіви сільськогосподарських культур

Райони Львівської області	На 1 га посівної площі (тонн)			
	2010	2011	2012	2013
Бродівський	3.6	2,1	2.7	1.6
Буський	1.5	1.7	0.6	0.4
Городоцький	2,0	0.9	0,4	0.4
Дрогобицький	3.1	2,5	2.2	3.3
Жидачівський	1.5	1.9	2.2	1.5
Жовківський	1.0	0.8	0.4	0.3
Золочівський	1.9	1.6	1.2	0.9
Кам'янка-Бузький	2.7	2.2	1.9	1.8
Миколаївський	2.3	2.6	2.5	2.3
Мостиський	0.6	1.4	1.0	0.9
Перемишлянський	1.6	2.3	1.9	6.4
Пустомитівський	0.9	0.2	0.9	0.4
Радехівський	2.5	1.8	0.3	0.8
Самбірський	2.1	1.0	1.2	0.6
Сокальський	4.7	4.5	5.6	4.3
Старосамбірський	0.7	0.2	1,7	0.6
Стрийський	1.3	1.2	0,5	1.1
Яворівський	2.0	1.3	1,2	0.2
Всього по області	2,3	1.9	1.9	1.5

У табл.4 приведена ефективність внесення добрив, у зв'язку з умовами зволоження за період розвитку рослин, який приходить на травень-серпень. За допомогою математичної моделі, яка представлена раніше, були виконані розрахунки ефективності внесення мінеральних добрив у роки з недостатніми умовами зволоження.

Таблиця 4 - Середня ефективність NPK для ґрунтів Львівської області
в залежності від умов вирощування

Зволоження	Σ R, мм		D, мб		Середній приріст врожаю від NPK, ц/га					
	Вологі умови	Сухі умови	Вологі умови	Сухі умови	Озима пшениця		Кукурудза		Соняшник	
					Буро-земи	Чорно-земи	Буро-земи	Чорно-земи	Буро-земи	Чорно-земи
нормальне	80	50	4,2	5,3	8,7	8,1	7,9	7,6	7,9	6,8
недостатнє	70	30	5,8	8,2	4,4	4,5	4,2	4,8	4,5	4,6

Правильне застосування добрив послабляє вплив несприятливих погодних умов на кількісні та якісні характеристики врожаю. Застосування добрив зменшує також негативний вплив на врожай низьких температур (що досить важливо для Львівщини), приморозків та інших несприятливих метеорологічних умов.

Результати досліджень та їх аналіз. В результаті виконаних досліджень можна зробити висновок, що максимальна ефективність внесення мінеральних добрив під сільськогосподарські культури в умовах Львівської області спостерігається при достатніх та нормальних умовах зволоження ґрунту на буроземних грантах.

Оптимальні норми внесення сприяють отриманню високих врожаїв з мінімальними кількостями забруднюючих речовин, до яких насамперед належать важкі метали.

Значна кількість важких металів потрапляє у ґрунтово-рослинний покрив з мінеральними добривами, під впливом інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Ураховуючи усе це, проведена оцінка вмісту важких металів в деяких ґрунтах Львівської області, при різних нормах внесення мінеральних та органічних добрив.

Розрахунки проводились для однієї з основних зернових культур, яка вирощується на даній території – кукурудза. Ця культура дуже добре реагує на зміну норм внесення органічних та мінеральних добрив. Високі та стабільні врожаї тут отримують при внесенні азотних добрив 60-80 кг/га та фосфорних 100-120 кг/га.

До складу мінеральних добрив входять важкі метали, які є токсичними для сільськогосподарських рослин, тому дуже важливо враховувати їх вплив на якісні характеристики врожаю. У табл. 5 за допомогою математичної моделі виконано оцінку впливу норм і видів внесених добрив на вміст важких металів в урожаї сільськогосподарських культур з урахуванням типу ґрунту.

Виходячи з даних таблиці 5 видно, що найменші значення вмісту важких металів у буроземних ґрунтах отримані при внесенні органічних добрив. Це стосується практично всіх важких металів (за виключенням свинцю у контрольному варіанті). Найбільші значення спостерігаються при внесенні усього комплексу мінеральних добрив та при внесенні максимальної кількості тільки фосфорних добрив.

Таблиця 5 – Вплив добрив на валовий вміст важких металів на буроземних ґрунтах Львівської області в шарі ґрунту 0 – 40 см (мг/кг)

Варіант внесення добрив	Важкі метали			
	Ni	Cd	Pb	Hg
Контроль	6.2	0.48	20	1.4
P ₁₀₀	6.4	0.43	24	1.33
P ₁₅₀	6.0	0.43	24	1.36
N ₈₅ P ₁₀₀	6.5	0.47	28	1.24
Гній - 40 т	5.9	0.45	24	1.26
N ₈₅ P ₁₀₀ K ₈₀	6.3	0.41	24	1.21

Аналогічна оцінка виконувалася для чорноземних ґрунтів, які також досить широко представлені у Львівській області (табл.6)

Таблиця 6 – Вплив добрив на валовий вміст важких металів на чорноземних ґрунтах Львівської області в шарі ґрунту 0 – 40 см (мг/кг)

Варіант	Важкі метали			
	Ni	Cd	Pb	Hg
Контроль	5.3	0.43	19	1.17
P ₁₀₀	6.4	0.43	17	1.09
P ₁₅₀	7.2	0.40	20	1.03
N ₈₅ P ₁₀₀	5.5	0.43	13	0.98
Гній - 40 т	6.6	0.44	17	0.96
N ₈₅ P ₁₀₀ K ₈₀	5.3	0.40	17	0.90

З даних таблиці 6 видно, що найменші значення вмісту важких металів у чорноземних ґрунтах отримані при внесенні тільки азотних добрив. Найбільші значення спостерігаються при внесенні тільки фосфорних добрив.

Висновки. Оптимізація норм та видів мінеральних та органічних добрив під сільськогосподарські культури послабляє вплив несприятливих погодних умов на кількісні та якісні характеристики врожаю. Застосування добрив зменшує також негативний вплив на врожай низьких температур (що досить важливо для Львівщини), приморозків та інших несприятливих метеорологічних умов. Сучасні методи математичного моделювання дозволяють за допомогою чисельних експериментів оцінити та спрогнозувати можливі наслідки використання мінерального живлення та надати практичні рекомендації щодо поліпшення умов вирощування сільськогосподарських рослин.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Прохоров В. М. Математическая модель поглощения элементов растениями из почвы. //Агрoхимия. – 1970, № 7. С. 126–135.
2. Polevoy A. Model to assess willow growth and evapotranspiration potential //PHYTOR Evaluation of Willow Plantations for the Phytorehabilitation of Contaminated Arable Land and Flood Plane Areas. Intermediary report #1. - Belgium, INCO-COPERNICUS, 1999. P. 61-70.
3. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. - М.: Колос, 1996.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. - М.: Мир, 1989. - 439 с.

УДК 504.5

В.Г. ИЛЬИНА, к.г.н., доцент, О.И. ЧЕРНЯКОВА, ст. преподаватель
Одесский государственный экологический университет, г. Одесса

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ ЛЬВОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В работе с помощью математической модели выполнена оценка влияния уровня минерального питания растений на качественные и количественные характеристики почвенно-растительного покрова Львовской области. При этом учитывалось внесение минеральных и органических веществ под сельскохозяйственные культуры, которые выращиваются на разных типах почвы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: моделирование, минеральное питание, почвенно-растительный покров, тяжелые металлы.