

УДК 631.42/.8:633.15

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОБРИВ ПІД КУКУРУДЗУ НА ЗЕРНО ЗА ДАНИМИ ҐРУНТОВОЇ ДІАГНОСТИКИ

І.В. ЛОГІНОВА, кандидат сільськогосподарських наук

С.Ю. СМІК, кандидат хімічних наук

Наведено результати ґрунтової діагностики живлення рослин кукурудзи на зерно за внесення зростаючих доз азотних добрив у складі повного мінерального добрива. Встановлено, що азотні добрива впливають не лише на азотний статус ґрунту, але і на інші показники, серед яких рН, вміст рухомого фосфору і обмінного калію, електропровідність ґрунтової витяжки. Вміст нітратного азоту в ґрунті у фазу 4-5 листків може слугувати діагностичним показником для встановлення потреби в азотному підживленні.

Ключові слова: азотні добрива, ґрунтова діагностика, електропровідність, кукурудза на зерно

Правильна і своєчасна інформація про умови живлення рослин у кожний період їх розвитку необхідна для визначення потреби у проведенні підживлень, прогнозування врожаю, вирішення численних економічних і технічних питань та управління продукційним процесом у цілому. За таких обставин надзвичайно актуальними постають розробка і впровадження ефективних, економічно виправданих систем моніторингу стану посівів [2,4,7].

Серед методів діагностики живлення рослин ґрунтова діагностика у польовому досліді дозволяє встановити залежність між внесенням добрив, показниками поживного режиму ґрунту і реакцією рослин на відповідні добрива. Вивчення динаміки вмісту в ґрунті елементів живлення у доступній для рослин формі і встановлення змін, які відбуваються з внесеними добривами, дозволяє повніше зрозуміти їх вплив на величину врожаю [4,7].

З іншого боку, добрива не лише впливають на врожайність сільськогосподарських культур, але й на процеси, що проходять у ґрунті. Їх внесення змінює інтенсивність, а іноді і напрям мікробіологічних процесів у

грунті, істотно впливаючи на чисельність і активність ґрунтових мікроорганізмів (що відзначено у нашій попередній публікації [1]).

У силу своєї хімічної природи добрива впливають на фізико-хімічні показники, чинять пептизуючу дію на органічну речовину ґрунту [3].

Метою дослідження було вивчити зміни у динаміці показників поживного режиму ґрунту залежно від удобрення та оцінити взаємозв'язок між врожайністю кукурудзи на зерно і результатами ґрунтової діагностики у різні фази росту і розвитку.

Методика дослідження. Для реалізації мети дослідження в 2011 р. був закладений мікропольовий дослід з кукурудзою на зерно у польовій сівозміні кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва імені О.І. Душечкіна (Васильківський р-н, Київська обл.) на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті. Ґрунт дослідної ділянки характеризується середнім вмістом гумусу, високою забезпеченістю мінеральним азотом, середньою – рухомим фосфором і низькою – обмінним калієм.

Схема досліду передбачала вивчення зростаючих норм азотних добрив у складі повного мінерального добрива під передпосівну культивуацію у формі аміачної селітри, суперфосфату простого гранульованого та калію хлористого: 1. Без добрив (контроль); 2. $P_{90}K_{90}$ (фон); 3. Фон + N_{60} ; 4. Фон + N_{120} ; 5. Фон + N_{180} ; 6. Фон + N_{240} ; 7. Фон + N_{360} . За оптимальну було прийнято рекомендовану норму добрив $N_{120}P_{90}K_{90}$ (яку було позначено як «одинарна»).

Відбір зразків ґрунту проводили згідно з основними фазами росту і розвитку рослин: сходи, 4-5 листків, 9-10 листків, викидання волотей (ВВ), повна стиглість (ПС). Зразки відбирали з орного шару 0-25 см, у яких після підготовки до аналізу згідно з ДСТУ ISO 11464–2001 визначали: вміст вологи – термогравіметричним методом (ГОСТ 29268–89), амонійного азоту – фотоколометричним методом з реактивом Несслера (ДСТУ 4729:2007), нітратного – іонометричним методом (ДСТУ 4729:2007), рухомого фосфору і обмінного калію – за методом Б.П. Мачигіна (ДСТУ 4114–2002), рН водної витяжки – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390–2001). Питому

електропровідність ґрунтової витяжки визначали на портативному кондуктометрі DIST WP4 фірми HANNA Instruments.

Результати дослідження. Використання електрофізичних методів дослідження ґрунтів – оперативний і точний спосіб моніторингу в сучасному рослинництві. Одним із них є визначення електропровідності ґрунту, яка залежить від концентрації і рухливості іонів у ньому. На відміну від використання моста Кольрауша, електропровідність ґрунтової витяжки не залежить від вологості та інших характеристик ґрунту, а визначається лише концентрацією іонів у розчині.

Добрива, змінюючи іонну силу розчину, підвищують електропровідність ґрунтової витяжки. Наші дані (табл. 1) вказують на зростання електропровідності ґрунту залежно від доз внесених добрив.

1. Вплив зростаючих норм та співвідношення азоту в складі повного мінерального добрива на питому електропровідність ґрунтової витяжки, мСм/см

Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку рослин кукурудзи				
	сходи	4-5 листків	9-10 листків	викидання волотей	повна стиглість
Без добрив (контроль)	0,13	0,13	0,12	0,10	0,10
P ₉₀ K ₉₀ (фон)	0,16	0,13	0,11	0,19	0,13
Фон + N ₆₀	0,18	0,18	0,14	0,13	0,09
Фон + N ₁₂₀	0,21	0,20	0,21	0,10	0,12
Фон + N ₁₈₀	0,27	0,26	0,16	0,08	0,11
Фон + N ₂₄₀	0,26	0,32	0,15	0,10	0,22
Фон + N ₃₆₀	0,34	0,51	0,17	0,07	0,21
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,04</i>	<i>0,04</i>	<i>0,04</i>	<i>0,06</i>	<i>0,02</i>

Найвищих значень електропровідність сягала за внесення потрібної дози азоту у фазу 4-5 листків. Аналіз динаміки цього показника за період вегетації свідчить про те, що без добрив (контроль) він незначно коливався і стійко знижувався від сходів до повної стиглості. У інших варіантах спостерігали тенденцію до зменшення електропровідності до фази викидання волотей (особливо виразно у міжфазний період 9-10 листків), а потім деяке зростання за високих норм азоту. Очевидно, добрива впливали на електропровідність

грунтової витяжки як безпосередньо через зміну іонної сили ґрунтового розчину, так і опосередковано через інтенсивність поглинання іонів рослинами та мікроорганізмами ґрунту. Враховуючи складність аналізу фактора впливу рослин на ґрунтовий режим, у кореляційному аналізі інших показників ми найбільшу увагу звертали саме на початкові фази росту і розвитку кукурудзи (сходи і 4-5 листків), коли добрива були вирішальним фактором впливу на склад і характеристики ґрунту.

Між електропровідністю і нормою внесених добрив встановлено тісний кореляційний зв'язок (рис. 1), який був найсильнішим на початку росту і розвитку рослин ($r=0,96$ у фазу сходів і $0,89$ у фазу 4-5 листків).

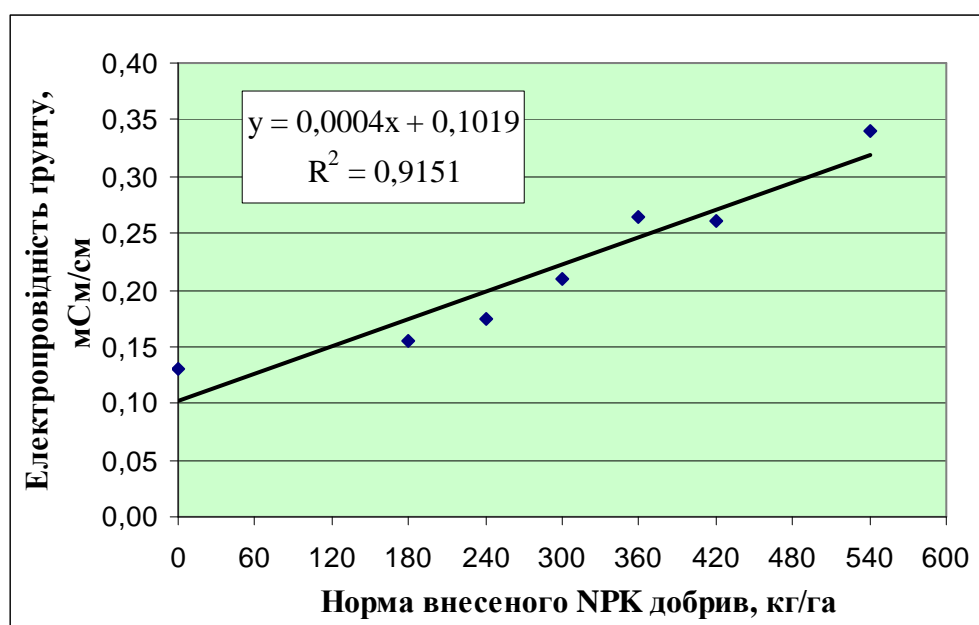


Рис. 1. Залежність між електропровідністю ґрунтової витяжки у фазу сходів і нормою добрив, внесених під кукурудзу на зерно

Після виявлення такої залежності, ми вирішили вивчити причини, що її зумовлюють. По-перше, необхідно було з'ясувати індивідуальні властивості іонів та їх вплив на показник електропровідності, адже кількість електричного струму, що переносять іони в розчині електроліту, залежить не лише від числа іонів в одиниці об'єму, але і від швидкості їх руху. Найбільші абсолютні швидкості руху мають іони H^+ і OH^- , що пов'язано із стрибкоподібним переходом протонів від іонів гідроксонію до сусідніх молекул води. Швидкість

руху інших іонів у ґрунтовому розчині порівняно з вказаними іонами має значно нижчі значення [6].

Враховуючи велику рухливість іонів водню і гідроксид-іонів, ми в першу чергу зосередили увагу на зв'язку між електропровідністю і рН ґрунту. Застосування добрив, особливо зростаючих норм азотних, сприяло підкисленню ґрунту і зниженню значень рН, що особливо чітко проявилось у початковій фазі росту і розвитку рослин (коефіцієнт кореляції у фазу сходів становив 0,97, у фазу 4-5 листків – 0,87). У наступні фази різниці між варіантами за показниками рН встановлено не було, що зумовлено високою рН-буферністю лучно-чорноземного карбонатного ґрунту.

Сильний прямий зв'язок ($r=0,98$ у фазу сходів і $0,88$ у фазу 4-5 листків) був встановлений між електропровідністю ґрунтової витяжки і концентрацією іонів водню (рис. 2).

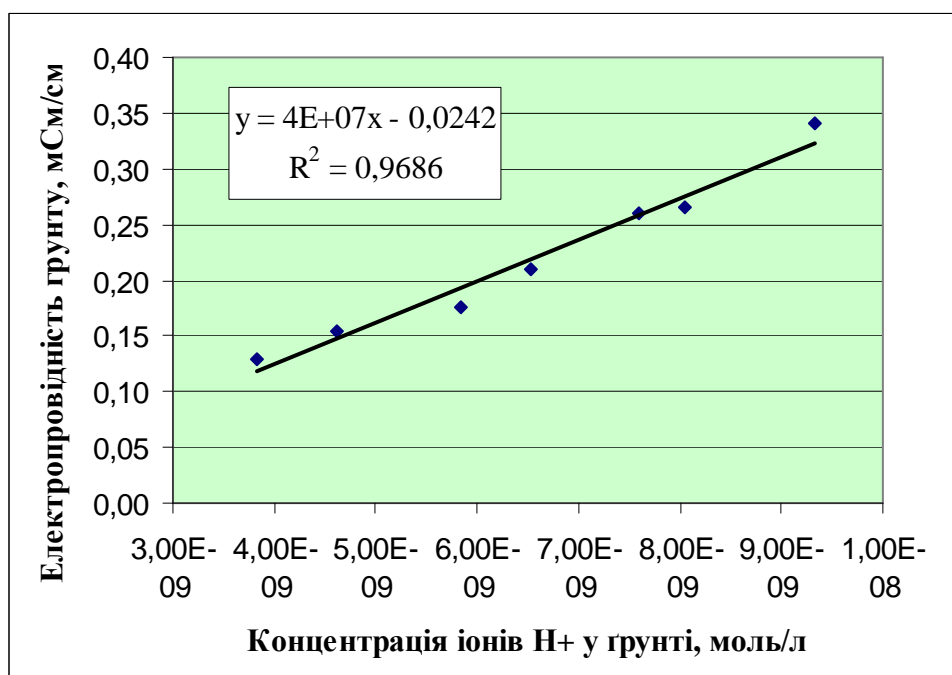


Рис. 2. Залежність між електропровідністю ґрунтової витяжки і концентрацією іонів водню в ґрунті у фазу сходів

Проте на електропровідність впливали й інші іони, що надходили в ґрунтовий розчин у результаті як прямої, так і опосередкованої дії добрив. Нами виявлено істотний вплив добрив, особливо зростаючих норм азотних, на

вміст і динаміку мінеральних сполук азоту в ґрунті. Цей зв'язок був сильним у всі фази росту і розвитку рослин кукурудзи ($r=0,90-0,99$).

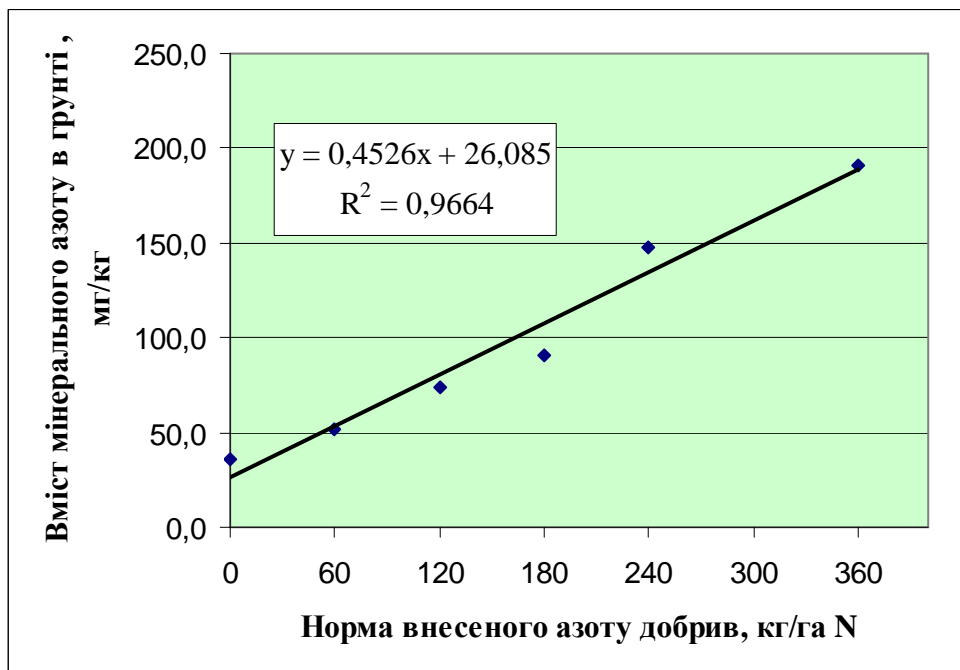


Рис. 3. Залежність між вмістом мінерального азоту в ґрунті і нормою внесеного азоту добрив у фазу 4-5 листків

Серед форм мінерального азоту ґрунту найбільших змін зазнавав вміст нітратного азоту порівняно з амонійним, особливо у першу половину вегетації, що пов'язано із опосередкованою дією добрив на проходження процесів нітрифікації в ґрунті. У міжфазний період 9-10 листків – викидання волотей вміст мінерального азоту в ґрунті (особливо нітратної його форми) в результаті інтенсивного росту рослин кукурудзи і поглинання ними елементів живлення ґрунту знижувався у 2-5 разів залежно від удобрення.

Нітрат-іони хоча і характеризуються нижчою рухливістю порівняно з іонами водню ($6,40 \cdot 10^{-6}$ і $32,7 \cdot 10^{-6}$ м/с відповідно), також впливали на електропровідність. Вміст нітратного азоту порівняно з амонійним сильніше корелював з електропровідністю ґрунтової витяжки (коефіцієнт кореляції у початкові фази росту і розвитку рослин кукурудзи коливався в межах 0,97-0,98). Відомо, що нітрати слабо вбираються ґрунтом і знаходяться у ґрунтовому розчині. Для амонійного азоту коефіцієнти кореляції з

електропровідністю за період сходи – 4-5 листків становили відповідно 0,93 і 0,90.

Азотні добрива поряд з прямою дією на азотний режим ґрунту чинять і опосередкований вплив на поживний режим інших елементів, зокрема фосфору. У лучно-чорноземному карбонатному ґрунті ($pH_{\text{вод}}=7,9-8,1$), на якому був закладений дослід, ймовірно очікувати проходження процесів ретроградації фосфору в результаті утворення малорозчинних сполук.

2. Вплив зростаючих норм та співвідношення азоту в складі повного мінерального добрива на вміст рухомого фосфору в ґрунті, мг/кг P_2O_5

Варіант дослідів	Фаза росту і розвитку рослин кукурудзи				
	сходи	4-5 лист.	9-10 лист.	ВВ	ПС
Без добрив (контроль)	26,5	29,9	24,7	32,5	31,0
$P_{90}K_{90}$ (фон)	57,4	54,6	48,9	67,1	66,5
Фон + N_{60}	78,4	74,2	64,7	69,1	74,2
Фон + N_{120}	77,2	76,7	72,7	84,9	78,7
Фон + N_{180}	67,5	66,6	73,9	81,5	74,2
Фон + N_{240}	91,9	65,6	64,7	94,5	71,0
Фон + N_{360}	94,9	78,1	69,0	88,7	74,6
<i>НІР₀₅</i>	6,6	4,7	8,9	7,9	8,8

Під час проведення дослідження виявили тенденцію збільшення вмісту рухомого фосфору в ґрунті при зростанні норми внесеного азоту (табл. 2). Отже, підкислення ґрунту, спричинене внесенням зростаючих норм азоту, призвело до переведення фосфору у доступнішу (рухому) форму. Результати кореляційного аналізу (рис. 4) свідчать про сильний зв'язок між вмістом рухомого фосфору в ґрунті і концентрацією іонів водню ($r=0,83$ у фазу сходів і $0,74$ у фазу 4-5 листків). Поряд з цим азотні добрива могли вплинути на рухомість фосфору через інтенсифікацію мікробіологічних процесів у ґрунті. Між вмістом рухомого фосфору в ґрунті і нормою внесеного азоту виявлено сильний кореляційний зв'язок у фазу сходів ($r=0,82$) і середній – у фазу 4-5 листків ($r=0,52$).

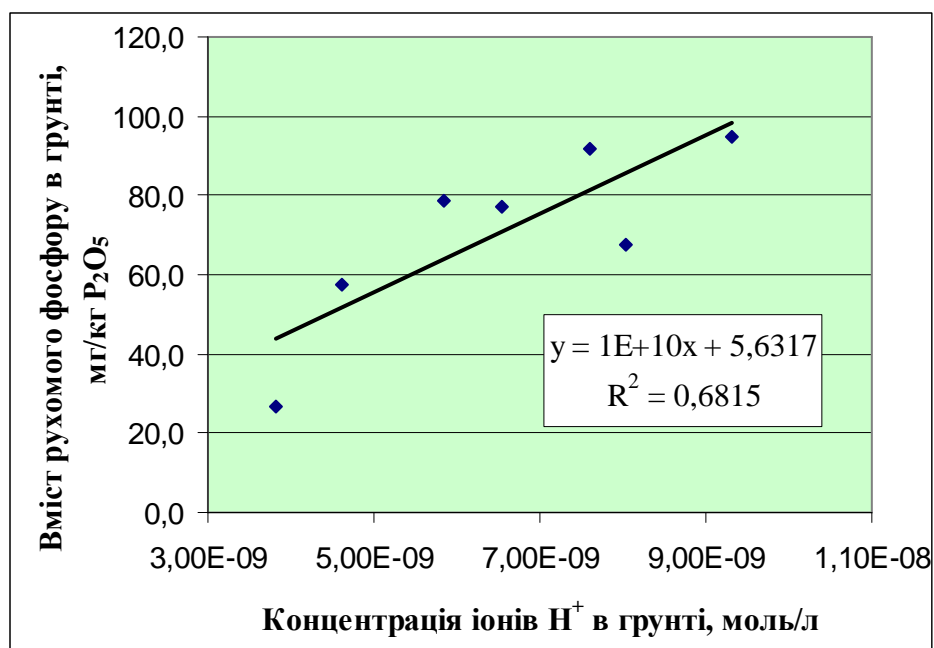


Рис. 4. Залежність між вмістом у ґрунті рухомого фосфору і концентрацією іонів водню у фазу сходів

Отже, застосування азотних добрив сприяє не лише покращенню азотного режиму ґрунту, але і зростанню доступності фосфору добрив і ґрунту.

Поряд із підвищенням у ґрунті вмісту рухомого фосфору при застосуванні зростаючих норм азотних добрив, нами виявлено зміни і у вмісті рухомого калію (табл. 3).

3. Вплив зростаючих норм та співвідношення азоту в складі повного мінерального добрива на вміст рухомого калію в ґрунті, мг/кг K_2O

Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку рослин кукурудзи				
	сходи	4-5 листків	9-10 листків	викидання волотей	повна стиглість
Без добрив (контроль)	70,6	79,4	64,2	43,7	48,4
$P_{90}K_{90}$ (фон)	79,4	91,2	84,6	70,0	76,5
Фон + N_{60}	85,3	97,1	93,3	64,2	79,0
Фон + N_{120}	94,1	120,6	107,9	78,7	81,5
Фон + N_{180}	76,5	105,9	102,1	81,7	91,7
Фон + N_{240}	108,9	132,4	113,7	84,6	94,3
Фон + N_{360}	114,7	138,3	110,8	90,4	91,7
HIP_{05}	5,5	9,7	7,7	7,7	9,3

Дані таблиці вказують на стійку за фазами тенденцію зростання вмісту рухомого калію в ґрунті із збільшенням норм внесеного азоту. У всі фази росту і розвитку рослин був встановлений сильний кореляційний зв'язок ($r=0,80$ –

0,91) між вмістом рухомого калію в ґрунті і нормою внесеного азоту добрив. Причину цього ми вбачаємо у підкислюючій дії азотних добрив (адже, іони водню можуть конкурувати з іонами калію за місця у ГВК) та їх впливі на мінералізаційні процеси в ґрунті.

Таким чином, внесення зростаючих доз азотних добрив підвищує концентрацію іонів водню, збільшує вміст мінеральних форм азоту, рухомого фосфору і обмінного калію; особливо у початкових фазах росту і розвитку рослин кукурудзи.

Отже, зміни у електропровідності ґрунтової витяжки, очевидно, пов'язані із вищезазначеними змінами поживного режиму ґрунту. А оскільки вміст доступних форм елементів живлення в ґрунті впливає на ріст і розвиток та формування врожайності культури, то для нас було важливо з'ясувати можливість використання показника електропровідності (як легкого і швидкого експрес-методу) для проведення ґрунтової діагностики і моніторингу умов живлення рослин.

На початку вегетації врожайність сильно корелювала із електропровідністю ґрунтової витяжки ($r=0,95$ у фазу сходів і $0,83$ у фазу 4-5 листків; у наступні фази зв'язок був середнім). Проте електропровідність є складним показником і для використання його з метою діагностики живлення рослин або створення прогнозів необхідно провести подальші дослідження.

Серед інших діагностичних ознак, багатьма вченими [5] встановлений тісний кореляційний зв'язок між вмістом нітратного азоту в ґрунті у фазу 4-5 листків і врожайністю кукурудзи. Вміст нітратного азоту в цю фазу рекомендований для проведення ґрунтової діагностики живлення рослин і встановлення потреби і норм кореневого азотного підживлення, яке зазвичай проводять у фазу 5-6 листків.

Нами встановлений сильний кореляційний зв'язок між врожайністю і вмістом нітратного азоту в ґрунті у фазу 4-5 листків (рис. 5). Коефіцієнт кореляції становив $r=0,83$ для лінійного і $r=0,92$ для квадратичного рівняння.

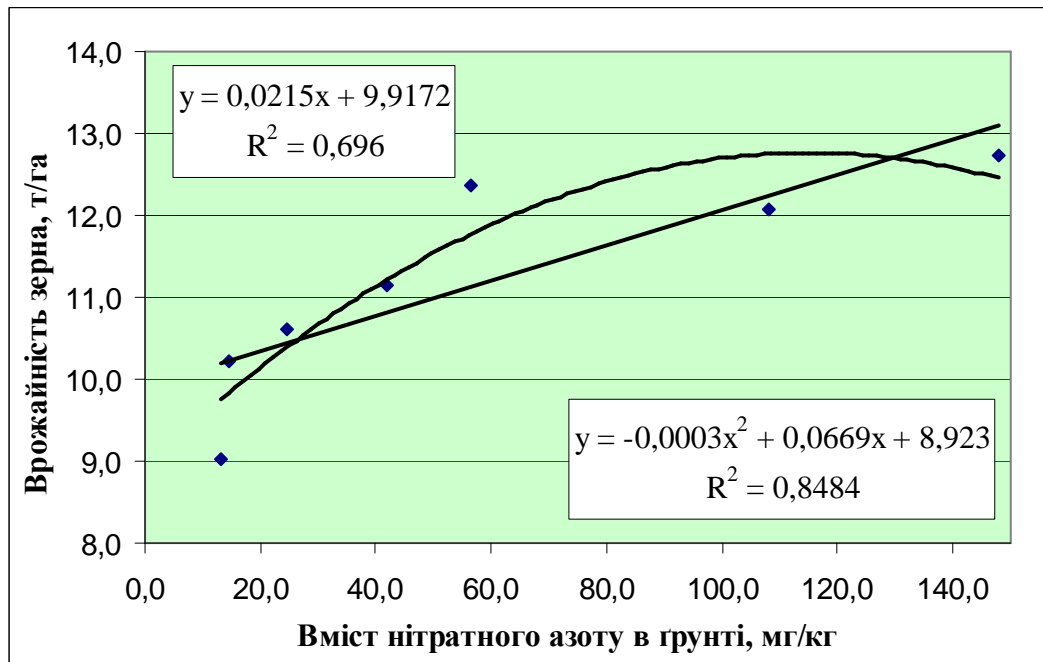


Рис. 5. Залежність між вмістом у ґрунті нітратного азоту у фазу 4-5 листків і врожайністю зерна

Порівняння двох функцій дає підставу зробити висновок, що збільшення вмісту нітратного азоту в ґрунті у фазу 4-5 листків понад 60 мг/кг (що відповідає нормі внесеного азоту N_{180}) не сприяє подальшому зростанню врожайності, тому проведення азотного підживлення за такого вмісту нітратного азоту в ґрунті буде не ефективним.

Висновки

1. Азотні добрива сприяють зростанню вмісту в ґрунті не лише мінеральних форм азоту, а й рухомого фосфору та обмінного калію, що пояснюється опосередкованою дією аміачної селітри на кислотність, обмінні і мікробіологічні процеси в ґрунті.

2. Вивчення електропровідності ґрунтової витяжки є легким і зручним методом визначення концентрації ґрунтового розчину. Одержані нами дані засвідчили високу залежність цього показника від норм добрив: сильний кореляційний зв'язок встановлено на початку вегетації рослин кукурудзи із показниками концентрації іонів водню, вмісту амонійного і нітратного азоту, рухомого фосфору і обмінного калію. Між електропровідністю у початковій фазі росту і розвитку рослин кукурудзи і врожайністю зерна встановлений

сильний кореляційний зв'язок ($r=0,95-0,83$), що дозволяє розглядати цей показник як діагностичний.

3. Сильний кореляційний зв'язок між вмістом нітратного азоту в ґрунті у фазу 4-5 листків і врожайністю зерна дозволяє використовувати цей показник для діагностики азотного живлення кукурудзи і встановлення потреби у підживленні. В умовах дослідів за вмісту нітратного азоту в ґрунті у фазу 4-5 листків понад 60 мг/кг кукурудза не потребує проведення азотного підживлення, оскільки подальше зростання вмісту нітратів не сприяє зростанню врожайності.

4. Вплив добрив на ґрунт різнобічний, тому проведення ґрунтової діагностики дозволяє не лише встановити в них потребу, але і прогнозувати зміни, які можуть відбуватися в ґрунті за внесення мінеральних добрив.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Логінова І.В. Вплив мінеральних добрив та інгібітору нітрифікації 3(5)-метилпіразолу на чисельність різних груп мікроорганізмів і біологічну активність ґрунту / І.В. Логінова, М.М. Городній, О.М. Неркін // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: «Агрономія». – 2011. – Вип. 162, ч. 2. – С. 111-123.

2. Наукові основи дистанційного моніторингу стану посівів зернових / Т.М. Шадчина; відп. ред. В.В. Моргун; НАН України, Інститут фізіології рослин і генетики. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 220 с.

3. Філон В.І. Діагностика і екологічнобезпечне спрямування трансформації ґрунтів при внесенні добрив : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук : спец. 06.01.03 „Агроґрунтознавство і агрофізика” / В.І. Філон. – Київ, 2011. – 31 с.

4. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

5. Binford G.D. Relationships between corn yields and soil nitrate in late spring / G.D. Binford // Agron. J. – 1992. – Vol. 84. – P. 53–59.

6. Coury L. Conductance measurements. Part 1: Theory / Lou Coury // Current Separations. – 1999. – Vol. 18:3. – P. 91–96.

7. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis / Ed. By Werner Bergmann. – Jena; Stuttgart; New York: G. Fisher, 1992. – 741 p.

ПРОГНОЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЙ ПО КУКУРУЗУ НА ЗЕРНО НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ

ЛОГИНОВА И.В., СМЫК С.Ю.

Приведены результаты почвенной диагностики питания растений кукурузы на зерно при внесении возрастающих доз азотных удобрений в составе полного минерального удобрения. Установлено, что азотные удобрения влияют не только на азотный статус почвы, но и на другие показатели, среди которых рН, содержание подвижного фосфора и обменного калия, электропроводность почвы. Содержание нитратного азота в почве в фазе 4-5 листьев может быть использовано в качестве диагностического показателя для определения потребности азотной подкормки.

***Ключевые слова:** азотные удобрения, почвенная диагностика, электропроводность, кукуруза на зерно.*

PROGNOSTICATION OF FERTILIZERS EFFICIENCY BASED ON SOIL TESTING IN CORN FIELD

LOGINOVA I., SMYK S.

The results of soil testing run in corn field are introduced. In the field trail the increased rates of nitrogen fertilizers along with the same rate of phosphorus and potassium fertilizers were applied. It was states that applied fertilizer nitrogen affected not only nitrogen status of the soil, but also soil pH, available phosphorus, and exchangeable potassium content, and soil electroconductivity. The content of soil $N-NO_3^-$ at the corn growth stage 4-5 leaves may be used for the diagnosis of plant nitrogen status and for estimating the requirement for nitrogen side-dressing.

***Key words:** nitrogen fertilizers, soil testing, soil electroconductivity, corn for grain.*