

УДК 681.513

Броварець О., канд. техн. наук, доц. (Київський кооперативний інститут бізнесу і права)

Зони варіабельності агробіологічного стану сільськогосподарських угідь – як основа ефективного використання технологій точного землеробства

Методика виділення зон варіабельності агробіологічного стану сільськогосподарських угідь – як основа ефективного використання технологій точного землеробства, призначена для використання у галузі сільськогосподарського виробництва, тобто в сучасних технологіях точного землеробства, безпосередньо у рослинництві, загальному землеробстві і для підвищення достовірності визначення агрохімічного стану ґрунтового середовища в оперативному агрохімічному обстеженні ґрунтів моніторингом, зокрема відбором проб ґрунту, оперативним визначенням потенційної родючості ґрунтів для застосування технологій диференційованого локально-дозованого внесення технологічного матеріалу (добрив, насіння тощо), а також може бути застосована для агрохімічного обстеження ґрунтів власниками земель та землекористувачами.

Ключові слова: точне землеробство, варіабельність, агробіологічний стан.

Постановка проблеми. Огляд сучасних літературних джерел та наукових розробок [1] показує, що останніми роками відбувається процес інтеграції натурального (органічного або біологічного), біодинамічного, екстенсивного, інтенсивного (промислового) та no-till землеробства з новітніми технологіями, зокрема з інформаційно-технічними системами оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. За таких умов останній напрям є найбільш актуальним та перспективним для України.

Один з головних підходів у застосуванні сучасних технологій землеробства - оптимізувати урожайність і забезпечити екологічну якість сільськогосподарської продукції з урахуванням варіабельності зон управління сільськогосподарським полем (рис. 1). Знання певної структури варіабельності ґрунтового покриття дозволяє прийняти ефективні рішення для управління агробіологічним потенціалом сільськогосподарських угідь [1].

Отже, схема сучасного управління агробіологічним потенціалом сільськогосподарського агропідприємства (рис. 1) передбачає наявність загальних елементів: складу технологічних матеріалів, супутниковий моніторинг, агромоніторинг тощо.

Точне землеробство передбачає виконання [1-3, 7] кожної технологічної операції згідно з відповідною картограмою, яка розробляється попередньо на основі різнопланової інформації. Загальну схему реалізації точного землеробства наведено на рис. 1.



Рис. 1– Схема сучасного управління агробіологічним потенціалом агропідприємства

© Броварець О., 2018

НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ

Закономірним за сучасних умов розвитку техніки та ринкових відносин, які характеризуються розвитком інформаційних технологій і неухильним зростанням цін на енергоносії, є використання нових технологій для моніторингу, застосування яких дає можливість одержувати значний економічний ефект завдяки оптимальному використанню виробничих засобів і технологічних процесів. Невід'ємною складовою сучасного сільського господарства є моніторинг агробіологічного та фітосанітарного стану сільськогосподарських угідь перед сівбою, протягом вегетації та під час збирання врожаю (рис. 2).

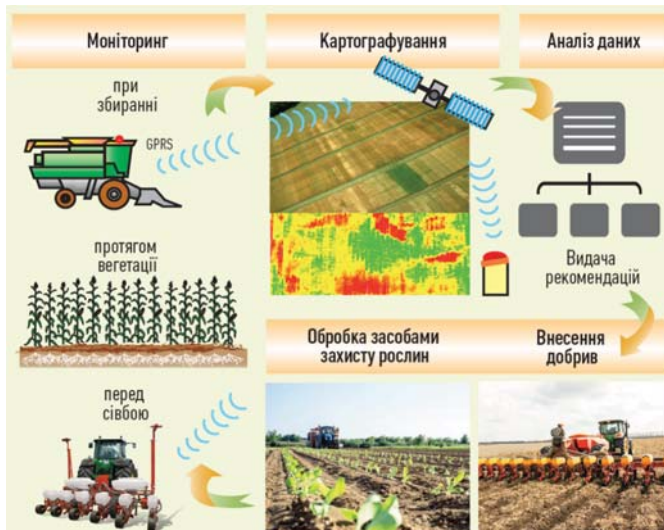


Рис. 2 – Схема реалізації сучасних технологій землеробства

Аналіз публікацій за темою дослідження.

Відомий спосіб відбору ґрунтових зразків для вивчення мікророзподілу елементів живлення з місця внесення добрив [1], що включає пошаровий відбір ґрунтових зразків у вигляді горизонтальних монолітів розміром 2 x 2 см перпендикулярно напрямку стрічки внесення добрив.

Головним недоліком цього методу є стовідсоткове потрапання у стрічку удобрення та включення осередку удобрення з більшим обсягом ґрунту у зразок, що не дозволяє оцінити справжні параметри тих чи інших ознак і властивостей у осередку, а також у сусідніх з ним ділянках ґрунту.

Відомий також метод відбору ґрунтових проб за локального застосування добрив, який використовують для моніторингу та оцінки параметрів ґрунтової родючості у садах, які обробляють за інтенсивними технологіями [2]. За цією методикою для визначення змін агрохімічних показників ґрунту необхідно визначати ступінь їхньої диференціації в зоні локалізації добрив. Один змішаний ґрунтовий зразок складається з індивідуальних проб, відібраних на глибині до 30 см.

Недоліком цього методу є те, що місце стрічки внесення добрив під рослини візуально дуже важко достовірно визначити, що значно збільшує ймовірність похибки.

Відомо, що для відбору зразків ґрунту використовується ручний пристрій БН25-15. Під час відбору ґрунту штир відбірника ставлять вертикально до поверхні ґрунту і, тримаючи за руків'я, ногою заглиб-

люють у ґрунт на 40-50 см; після цього штир вручну виймають з ґрунту, а пробу переносять у тару, так званий бюкс [3].

Недоліком цієї технології відбору зразків ґрунту є те, що вона пов'язана зі значними фізичними навантаженнями на людину як під час заглиблення штиря, так і під час його виймання.

Відомі способи відбору проб ґрунту з використанням різних бурів, які передбачають взяття проб ґрунту з dna свердловини [4]. Проби ґрунту в польових умовах беруть спеціальним голчастим буром, втискуючи його в ґрунт на задану глибину. Прокрутивши бур 1-2 рази за годинниковою стрілкою, його витягують і ґрунт, який знаходиться в ньому, висипають у бюкс, який закривають кришкою і зважують.

Недоліком цього способу є те, що відбір ґрунту таким приладом проводиться на глибину лише до 30 см.

Для визначення структури ґрунту використовують циліндри-бури, які натиском руки вдавлюються, а в твердому ґрунті забиваються молотком на задану глибину [4]. Досягнувши необхідної глибини, циліндр-бур ручкою прокручують декілька разів за годинниковою стрілкою, відділивши відібраний у циліндр ґрунт від іншої маси. Бур виймають із свердловини. Зайвий ґрунт на нижньому кінці циліндра зрізують ножом і закривають його кришкою. Для взяття проб ґрунту з наступних шарів ґрунту послідовність виконання робіт повторюється.

До недоліків цих аналогів відноситься те, що такі способи відбору проб ґрунту є трудомісткими.

Відомий пристрій для відбору зразків ґрунту, який містить пустотілий циліндр зі шнековою навивкою на зовнішній поверхні і різальною крайкою, в якому розміщений циліндричний розбірний стакан з різальним наконечником [5]. Недоліком технічного рішення, обраного за аналог, є низька точність відбору проб ґрунту по горизонтах і, як наслідок, погіршення показників проведеного аналізу ґрунту та неможливість відбору ґрунту на глибину понад 40 см.

Найбільш оптимальним технічним рішенням є спосіб відбору проб ґрунту з використанням бура АМ-16 [6]. Прокручуючи бур зі швидкістю 18-25 обертів/хв, ножі, розміщені внизу стакана, зрізують шар ґрунту товщиною 2-8 мм і подають його в пустотілий циліндр. Досягнувши глибини 10 см, бур виймають із свердловини, ставлять на підстилку і з циліндра вибирають ґрунт, перемішують його і висипають в бюкси, які закривають кришкою і зважують. Для відбору проб ґрунту з наступних горизонтів послідовність виконаних робіт повторюється. Під час відбору проб ґрунту на глибині 0,8-1,5 метра опір на прокручування бура становить понад 200 Н. Норма виробітку на глибині відбору ґрунту 1 і 1,5 метра становить відповідно 19 і 16 свердловин за зміну.

Недоліком такого технічного рішення є низька продуктивність праці та висока трудомісткість виконання технологічного процесу.

Існує машина для взяття проб ґрунту для агрохімічного аналізу, яка включає транспортний засіб, пробовідбірник, обладнаний пристроями для надання йому обертального руху і заглиблення в ґрунт і тари для зберігання проб ґрунту [6].

Під час роботи цієї машини пробовідбірник приводиться в обертальний рух і опускається на ґрунт в тому місці, де потрібно взяти його пробу. За таких умов, у процесі заглиблення пробовідбірника із ґрунту вирізається його проба у вигляді циліндра, яка після підняття пробовідбірника виймається з нього і вкладається в тару для зберігання.

Недоліком цієї машини є складність конструкції і підвищена металомісткість через наявність пристрою для надання пробовідбірнику обертального руху.

Відома також машина для взяття проб ґрунту для агрохімічного аналізу, яка включає транспортний засіб, пробовідбірник, обладнаний пристроєм для заглиблення в ґрунт, і тару для зберігання проб ґрунту [7]. Ця машина є найближчим аналогом і прийнята за прототип. Під час роботи цієї машини пробовідбірник необхідним зусиллям заглиблюється в ґрунт, вирізається проба, після підняття вгору виймається з пробовідбірника і вкладається у тару для зберігання.

Недоліком цього пробовідбірника є складність конструкції, низька продуктивність відбору зразків, відбір зразків проб ґрунту на глибину лише до 300 мм, що обумовлено недосконалістю конструкції, низькою мобільністю конструкції пробовідбірника та низькою оперативністю відбору зразків ґрунтових проб під час виконання агрохімічного обстеження, що знижує швидкість та якість виконання технологічного процесу відбору проб ґрунту, і все це на фоні низької надійності та не універсальності конструкції, що виключає кріплення таких пробовідбірників до інших транспортних засобів, а прив'язує їх до спеціалізованих транспортних засобів. Все це ставить під загрозу використання такого пробовідбірника для оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь, родючості ґрунтів для застосування технологій локально-дозованого внесення технологічного матеріалу (добрив, насіння) у сучасних технологіях сільськогосподарського виробництва і перешкоджає реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу (добрив, насіння).

Мета досліджень – розроблення методики для відображення зони варіабельності агробіологічного стану сільськогосподарських угідь – як основа ефективного використання технологій точного землеробства.

Виклад основного змісту дослідження. Під час відбору зразків ґрунтових проб, як правило, на поле накладають сітку з ділянками розмірами від 2 до 20 га, яка ув'язана з геометрією поля, контурами, рельєфом тощо. Проте вона не ув'язана з агробіологічними параметрами сільськогосподарських угідь та не має жодного відношення до величини їхньої варіабельності. Це накладає відбиток на достовірність отриманих даних, а відповідно й ефективність реалізації сучасних технологій землеробства, таких як диференційоване внесення технологічного матеріалу як у системі точного землеробства, так і окремо (рис. 3).

У впровадженні технологій точного землеробства важливим елементом є вихідні дані, на основі яких відбувається і побудова всієї філософії впровадження технологій точного землеробства.

Для реалізації технологій точного землеробства

важливим елементом є моніторинг агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, що є основою для прийняття рішення щодо стратегії керування.



Рис. 3 – Точки відбору зразків ґрунтових проб, отримані з використанням сітки

Відбираючи зразки ґрунтових проб, як правило, використовують сітку без урахування зон варіабельності. Це накладає негативний відбиток на кінцевий результат лабораторного аналізу, оскільки ми отримуємо середню пробу.

Методика відбору проб ґрунту Олександра Броварця на основі величини показників параметрів варіабельності стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь. Відбір ґрунтових проб здійснюють за чинними стандартами (ДСТУ ISO 10381-1:2004), які містять настанови щодо підготовки, відбирання та зберігання ґрунтових зразків земель сільськогосподарського призначення та визначають якість ґрунту у вільно відібраних пробах ґрунту з глибини 20 см, що відповідає зоні внесення добрив. У ДСТУ ISO 10381-1:2004 наведено різні схеми відбирання проб залежно від мети проведення дослідження: несистематичні схеми (нерегулярний відбір проб), круглі сітки, систематичний відбір проб (правильні сітки), рендомізований відбір проб, стратифікований рендомізований відбір проб, систематичний відбір проб за непрямокутною сіткою, відбір проб уздовж лінійного джерела, несистематичні схеми ("N", "S", "W" і "X"), а також метод конверта.

Але ці схеми не дають можливості відібрати репрезентативну пробу у випадку диференційованого локально-дозованого внесення добрив, оскільки її відбирання проводиться за малою кількістю діагоналей. Наприклад, дві діагоналі (X-форма) вносять серйозну похибку у центральну частину поля під час відбору проб рівнобіжними смугами. Також слід виключити схеми, які передбачають відбір зразків за прямими лініями, оскільки потрапляння або непотрапляння у стрічку буде суттєво впливати на кількісні параметри показників родючості ґрунту.

Відбір проб з урахуванням наявних методик не враховує агробіологічного стану сільськогосподарських угідь і під час накладання сіток відбору проб, що рекомендують існуючі технології моніторингу, можлива ситуація, коли відібрані проби не дадуть можливості визначити рівні та достовірність варіювання зазначе-

них показників. Чим більший рівень варіабельності параметрів ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь, тим більша відстань між місцями відбору проб під час визначення зон, тим меншу відстань між пробами потрібно вибирати та збільшувати їх кількість.

На рис. 4 представлено схему реалізації способу відбору проб ґрунту Олександра Броварця на основі величини показників параметрів варіабельності стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь.

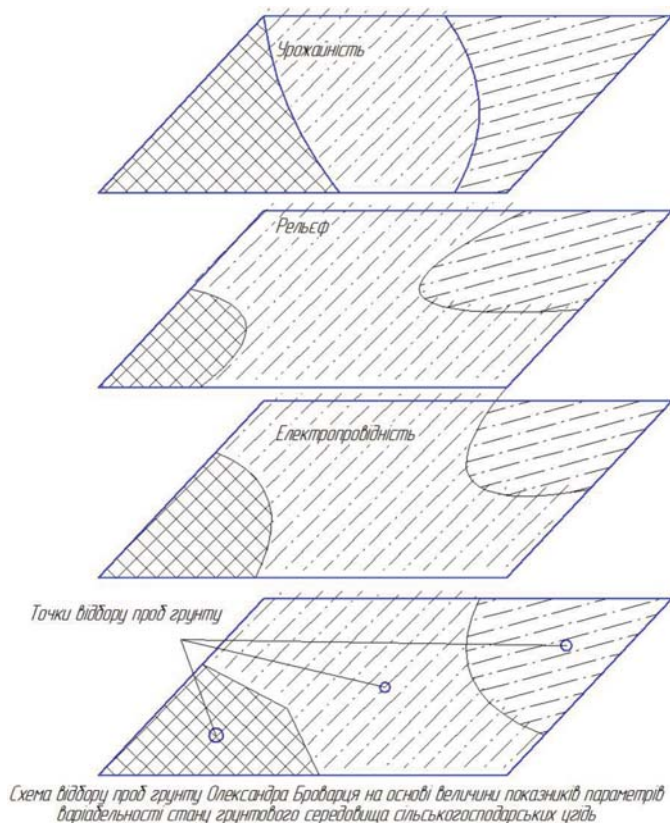


Рис. 4 – Схема реалізації способу відбору проб ґрунту Олександра Броварця на основі величини показників параметрів варіабельності стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь

Згідно з цим способом проба ґрунту формується з урахуванням варіабельності стану ґрунтового середовища, яка складається із 5 - 20 мініпроб, відібраних на відстані 1,5 - 100 м, залежно від показників варіабельності стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь. Площа елементарної ділянки для відбору проб залежить від виду сільськогосподарських угідь, рівнів варіабельності, контурності території, строкатості ґрунтового покриття та природної зони, та визначається згідно з Методикою агрохімічного обстеження ґрунтів. Для цього координати, точки або місця відбору проб визначають з врахуванням накладення карт рельєфу, урожайності та коригувальними картами електропровідних властивостей ґрунту і розміщуються в центрі меж варіабельності стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь (рис. 5-10).

Виділення таких зон можливе з урахуванням величини варіабельності цих показників за трьома рівнями:



Рис. 5 – Виділення зон варіабельності агробіологічного поля, отриманих з використанням показника електропровідності на основі комплексних показників

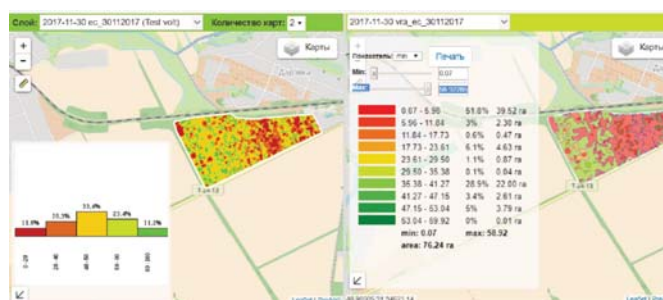


Рис. 6 – Дані параметрів електропровідних характеристик та виділені на їх основі зони варіабельності

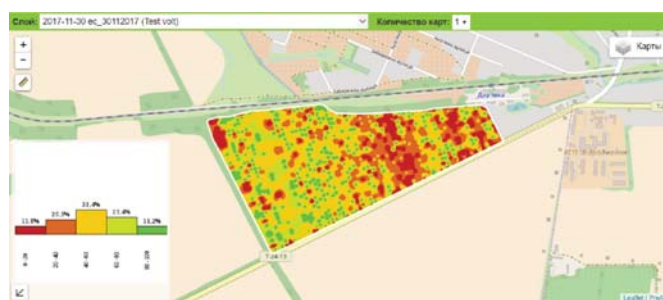


Рис. 7 – Дані параметрів електропровідних характеристик

1. Дані дистанційного моніторингу агробіологічних параметрів сільськогосподарських угідь на основі даних супутникового моніторингу або з використанням дронів X_1 .

2. Моніторинг урожайності і рельєфу поля X_2 .

3. Дані моніторингу електропровідних характеристик ґрунтового середовища X_3 .

Кожні з цих даних можуть бути використані окремо X_1 , X_2 , X_3 , або у комплексі з коефіцієнтами вагомості впливу на кінцевий коефіцієнт зон варіабельності X_3 :

$$X_3 = K_1 \cdot X_1 + K_2 \cdot X_2 + K_3 \cdot X_3, \quad (1)$$

де K_1 , K_2 , K_3 – коефіцієнти вагомості кожного

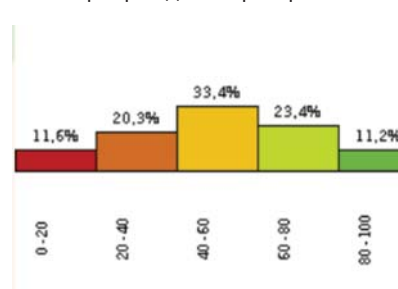


Рис. 8 – Дані, отримані з використанням інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, розподілені згідно з нормальним законом розподілу

показника, під час визначення зон варіабельності.

Для виділення таких зон, перш за все, необхідно правильно визначити рівні варіювання таких даних.

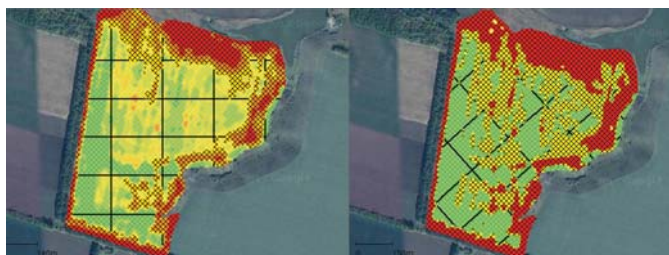


Рис. 9 – Виділення зон відбору зразків ґрунтових проб за допомогою 10 га сітки

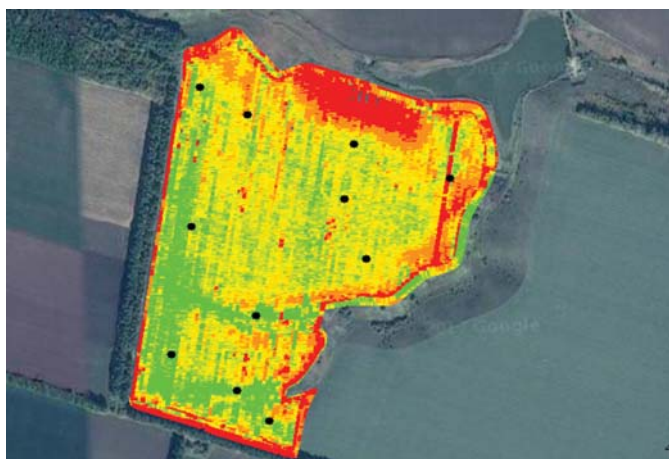


Рис. 10 – Точки відбору проб ґрунту з урахуванням зон варіабельності

Для досягнення оптимального забезпечення рослин елементами живлення необхідно забезпечити їх ефективне застосування, враховуючи оперативні дані про варіабельність агробіологічного стану ґрунтового середовища. У сучасних умовах господарювання найбільш ефективним способом застосування мінеральних добрив є їх диференційоване локально-дозоване внесення. Дослідженнями, проведеними в різних ґрунтово-кліматичних зонах, встановлено, що кількість та якісна оцінка вмісту елементів живлення в ґрунті дає можливість більш точно встановлювати оптимальні норми добрив та скоригувати дози і строки їхнього внесення.

На активність просторового перерозподілу елементів живлення в ґрунті впливають норма і форма внесених добрив, характер руху гравітаційної та капілярної вологи в ґрунті, вологість і температура ґрунту, його фізико-хімічні та біологічні властивості, а також спосіб внесення мінеральних добрив. Інформації щодо міграції елементів живлення за локального внесення мінеральних добрив у наукових джерелах майже немає.

Спосіб відбору проб ґрунту Олександра Броварця на основі величини показників варіабельності стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь забезпечує оптимізацію застосування технологічних матеріалів на основі даних лабораторного моніторингу зразків ґрунтових проб. Площа елементарної ділянки для відбору проб залежить від виду сільськогосподарських угідь, контурності території, строкатості ґрунтового покриття та природної зони та визначається

згідно з рівнями варіабельності параметрів ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь (рельєф, урожайність тощо) та їх коригування з урахуванням електропровідності ґрунтового середовища, кількість яких залежить від строкатості та варіабельності стану ґрунтового середовища (табл. 1).

Таблиця 1 – Відмінні та спільні показники використання запропонованого способу відбору проб ґрунту Олександра Броварця на основі величини показників параметрів варіабельності стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь

Показники	Відомий спосіб	Запропонований спосіб
Спосіб внесення добрив	локальний	диференційований локально-дозований
Проби ґрунту	перемішують	не перемішують
Відбір проб	буром	буром
Кількість мініпроб у одній пробі, шт.	1	5-20 мініпроб у одній пробі
Відбір проб	по діагоналі внесення добрив	відповідно до зон варіабельності з врахуванням даних рельєфу, урожайності та електропровідних властивостей ґрунту
Відстань між мініпробами	-	1,5-100м залежно від показників варіабельності
Маса зразка, г	400-500	100-400
Зразок	змішаний	ізолюваний
Визначення міграції елементів живлення	у цілому змішаному зразку	у кожній пробі, сформованій із мініпроб

Залежно від величини параметрів варіабельності нижнього та верхнього показника стану ґрунтового середовища (урожайність, рельєф, електропровідність тощо) сільськогосподарських угідь та строкатості їхніх агробіологічних параметрів формується кількість рівнів варіабельності з мінімальним Q_{\min} та максимальним Q_{\max} значенням. Залежно від величини $\Delta = Q_{\max} - Q_{\min}$ визначають кількість рівнів варіювання k . Отже, величина кожного рівня N варіювання

$$\text{визначається } \Delta_N = \frac{\Delta}{k} = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{k}.$$

Новими відмінними ознаками способу відбору проб ґрунту Олександра Броварця на основі показників варіабельності стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь від найближчого аналога є:

- відбір проб проводиться відповідно до даних про зони варіабельності ґрунтового середовища (рельєф, урожайність тощо) та їх коригування з урахуванням електропровідності ґрунтового середовища;
- проба формується із 5-20 мініпроб у межах зон варіабельності ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь;
- маса проби ґрунту – 100 - 400 г.

Відмінні від найближчого аналога ознаки за взаємодії з відомими дозволяють забезпечити формування проби ґрунту певної зони варіабельності, яка формується із 5-20 мініпроб у певній встановленій частині сільськогосподарського поля, забезпечити ізоляцію кожної проби, оптимальну масу та якість проби і необхідну швидкість їх відбору.

Висновок. Спосіб відбору проб ґрунту Олександра Броварця на основі величини показників параметрів варіабельності стану ґрунтового середовища сіль-

ськогосподарських угідь здійснюється так: проводиться аналіз карт рельєфу та урожайності, за коригувальними картами електропровідних властивостей ґрунту відбувається визначення точок відбору проб ґрунту у межах зон варіабельності. Відбір проб ґрунту відбувається у центральній частині зони варіабельності, на основі яких будуть дані рекомендації щодо внесення добрив у зоні варіабельності. Проба ґрунту формується з 5 - 20 зразків ґрунту (мініпроб), маса проби 100-400 г. Відбір зразків ґрунту через кожні 1,5-100 м (залежно від площі варіабельності ґрунтового середовища) дає можливість визначити вміст елементів живлення тільки у цьому шарі ґрунту. Завдяки цьому зразки ґрунту відбираються в певній встановленій частині сільськогосподарських угідь, на певній відстані один від одного, забезпечуючи достатньо високу точність визначення варіабельності ґрунтового середовища.

Список використаної літератури:

1. Трапезников В.К., Иванов И.И., Тальвинская Н.Г. Локальное питание растений. Уфа: Гилем, 1999. 258 с.
2. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестрова Н.Г., Черников Е.А. Методические подходы оценки параметров почвенного плодородия садовых ценозов при локальном применении удобрений и орошения // Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. - Том 6. - 2014. - С. 38-44.
3. Агрохімічний аналіз: Підручник / М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикін та ін. / За ред. М.М. Городнього. - К.: Арістей, 2005. - 468с.
4. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. -М.: Колос, 1977. – С. 61.
5. Авторське свідоцтво СРСР №412254, кл. 612 №1/02, 1972.
6. пат США №3193682, МПК5 А01В49/02, НКВ 172-20.
7. пат США №3951212, МПК5 А01В49/02, НКВ 172-19.

Аннотация. Методика выделения зон вариабельности агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий – как основа эффективного использования технологий точного земледелия, предназначенная для использования в области сельскохозяйственного производства, то есть в современных технологиях точного земледелия, непосредственно в растениеводстве, общем земледелии и для повышения достоверности определения агрохимического состояния почвенной среды, в оперативном агрохимическом обследовании почв мониторингом, в частности отбором проб почвы, оперативным определением потенциального плодородия почв для применения технологий дифференцированного локально-дозированного внесения технологического материала (удобрений, семян и т.д.), а также может быть применена для агрохимического обследования почв владельцами земель и землепользователями.

Summary. The method of allocation of zones of variability of the agrobiological state of agricultural lands - as the basis of the effective use of precision farming technologies, is intended for use in the field of agricultural production, that is, in modern technologies of precision agriculture, directly in crop production, general agriculture, and to increase the reliability of determining the agro-chemical state of the soil environment in operational agrochemical monitoring of soil monitoring, in particular sampling of soil, operational license tions of soil fertility potential for the application of differentiated locally dosed introduction of process inputs (fertilizers, seeds, etc.) and can be used for agrochemical soil survey land owners and land users.

Стаття надійшла до редакції 9 лютого 2018 р.