

Прогностически-компенсационная технология переменных норм внесения технологического материала на основе данных мониторинга почвы

Александр Александрович Броварец

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев

Предварительно проведенные исследования из регистрации электропроводимости и электромагнитной индукции почвы показали возможность значительного повышения производительности выполнения мониторинговых работ и получения дополнительного урожая, а также улучшение агробиологического состояния угодий. Все это указывает на то, насколько важно, с одной стороны, иметь инструментарий эффективного определения уровня агробиологического состояния почвы и, с другой стороны, насколько сложно найти эффективные обобщенные показатели и малостоимостные методики оценки и регистрации состояния почвы. Имея в распоряжении инструменты оперативного мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий можно получать параметры агробиологического состояния почвы и оперативно принимать эффективные решение для обеспечения надлежащего качества выполнения технологических операций в растениеводстве. В статье приведена прогностически-компенсационная технология переменных норм внесения технологического материала на основе уточненных данных мониторинга почвы, что позволяет на основе данных мониторинга параметров состояния сельскохозяйственных угодий полученных от системы мониторинга оценить состояние сельскохозяйственных угодий и принять стратегию управление агробиологическим потенциалом поля.

Мониторинг, точное земледелие, прогностически-компенсационная технология

Вступление

Сегодня весьма неотложной необходимостью является обеспечение надлежащего качества выполнения технологических операций, путем проведения мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий. Получение оперативной информации о вариабельности состоянию грунтовой среды дает возможность принять управленческие решение относительно стратегии управления агробиологическим потенциалом состояния сельскохозяйственных угодий.

Для реализации данной технологии необходимо разработать методику реализации прогностическо-компенсационной технологии переменных норм внесения технологического материала. Данная технология с учетом специфики состояния грунтовой среды дает возможность выбрать стратегию управления агробиологическим состоянием сельскохозяйственных угодий направленную на: производство органической продукции растениеводства, уменьшение удельных энергетических расходов, получение максимальной прибыли, получение максимальной урожайности и тому подобное.

Очевидно, что для правильной организации управления качеством выполнения технологических операций необходимым условием является организация системы мониторинга. Одним из перспективных направлений использования опосредствованной информации о состоянии почвы с надежным алгоритмом пересчета такой информации в объективно необходимые данные являются показатели электрической проводимости почвы и магнитные свойства.

Для эффективной регуляции состояния грунтовой среды, значительную роль приобретают, в первую очередь, эффективные методы экологического мониторинга - системы наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды. Таким образом, прогностическо-компенсационная технология

переменных норм внесения технологического материала включает следующие основные направления деятельности: наблюдение за факторами, что влияют на состояние грунтовой среды; оценку фактического и прогноз будущего состояния грунтовой среды.

Цель исследования - обеспечение надлежащего качества выполнения технологических операций в растениеводстве, путем разработки методики реализации прогностическо-компенсационной технологии переменных норм внесения технологического материала с использованием современных информационно-технических систем мониторинга.

Методика исследования

Обзор современной литературы (Sheets et al., 1995; Corwin et al., 2005; Rhoades et al., 1981; Bosch, 2004; Campbell, 1990) и научных разработок показывает, что в последние годы происходит процесс органического производства продукции растениеводства посредством применения новейших сенсорных систем мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий, в частности системы точного земледелия. При этом последнее направление является наиболее актуальным и перспективным для условий Украины (Malicki et al., 1999; Seyfried et al., 2005; Minasny et al., 2006; Won et al., 2004; Kraus, 1992).

Однако донныне так и не установлен состав устройств единственной высокопродуктивной сенсорной системы мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий, которые способны эффективно измерять величину физико-химических процессов.

Для эффективной регуляции состояния почвы, сохранение высокого качества биосферы и способности природы к воссозданию, значительную роль приобретают, в первую очередь, эффективные методы мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий - системы наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды.

Поэтому возникает необходимость применения современных сенсорных систем мониторинга уровня варибельности состояния сельскохозяйственных угодий. Такие технологии имеют на выходе большое количество технологической информации, которую важно использовать для эффективного управления сельскохозяйственным производством, в частности реализации прогностично-компенсационной технологии переменных норм внесения технологического материала.

Для выполнения таких сложных и широкомасштабных работ необходимо иметь инструментарий высокопродуктивного сбора и регистрации информации о состоянии почвы. Именно поэтому в мире ведутся поиски таких методов измерения свойств почвы, которые бы позволили снизить стоимость анализа почвы и повысить точность составления картограмм из основных характеристик плодородия.

На сегодня необходимо иметь большое количество датчиков для измерения численных характеристик о состоянии основного средства производства продукции растениеводства – почве.

Для обеспечения высокопродуктивного сбора местоопределенной информации наиболее перспективными на данное время считаются мониторинговые системы из измерения электромагнитных и электропроводных свойств почвы, которые показали высокую корреляционную связь между данными показателями и его агрохимическими и агробиологическими показателями.

Перед разработкой конструкции сенсорной системы, анализ данных из морфологии почв Украины позволяет сделать выводы относительно избрания глубины погружения электродов в почву, их площади контакта с почвой, а также геометрического расположения один от другого. Для большинства регионов Украины толщина горизонтов А и В составляет около 15–60 см то есть, в нашем случае исследованию подлежат горизонты, что равняются глубине пахоты, или глубине расположения корневой системы растений. На предыдущих этапах исследований было рассмотрено, что при проведении измерения ЭП почвы могут применяться электроды плоскостного или точечного типов. В случае применения точечных электродов (рис. 1) объем, который будет охватываться измерениями, зависит от расстояний между электродами АВ и сопротивления среды, и не зависит от глубины погружения электродов AMNB.

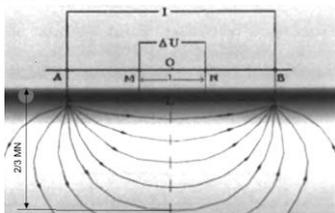


Рис. 1. Объем почвы, что охватывается измерениями, при применении 4-х точечного электрода.

Fig. 1. The soils, that is engulfed by measuring, at application of 4th point electrode

Таким образом, при разработке функциональной схемы сенсорной системы выходим из условия, что расстояние АВ составляет 15–50 см, а глубина погружения электродов – 2–10 см. Теория электроразведывательных методов с использованием постоянного тока основана на использовании стационарной модели электромагнитного поля. В этом случае электрическое поле есть безвихоревим. В теории поля показано, что векторная функция, что удовлетворяет этому равнению, может быть однозначно описана скалярной функцией, званой потенциалом. Переход от векторной характеристики к скалярной упрощает решение многих заданий. Скалярный потенциал связан с постоянным электрическим полем соотношением:

$$\vec{E} = \text{grad}U \quad (1)$$

которое в случае, если известное направление изменения потенциала, заданное ортом, может быть записано в более простом виде:

$$\vec{E} = -\frac{\partial U}{\partial r} \cdot ir \quad (2)$$

Результаты исследования

Для получения достоверных данных из регистрации электропроводных свойств грунту необходимо обеспечить высокую стабильность показателей, что обуславливают электрический контакт сенсор-электрода с почвой. Поэтому возникает необходимость разработки устройства для регистрации электропроводных свойств почвы, что обеспечит стабильный контакт сенсор-электрода с почвой.

Основными конструктивными параметрами устройства (рис. 2) для регистрации электропроводных свойств почвы есть: габаритные размеры (длина (L) и ширина (Bм) устройства; расстояние между опорными колесами в продольном (Lк) и поперечном (Bк) направлениях; система крепления рабочих элементов (ножей) к раме устройства; ширина установления рабочих элементов (S); ширина восторгу устройства (Bм).

В конструкции предусмотренный оригинальный механизм стабилизации сенсоров вдоль направления движения (рис. 2) посредством поворотной снлицы. При движении трактор отклоняется от прямолинейного движения, что приводит к уменьшению площади контакта электрода с почвой, тем самым искажается сигнал от сенсора и снижается достоверность полученной информации. Устройство обеспечивает прямолинейное движение электродов при незначительном рыскании рамы, обеспечивая хороший стабильный контакт с почвой и высокую достоверность полученной информации.

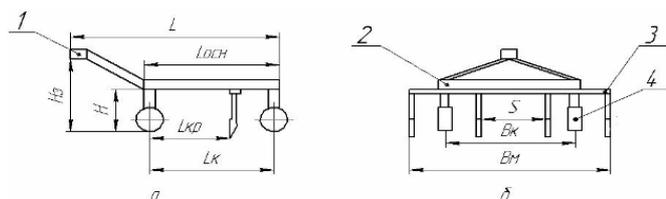


Рис. 2. Основные конструктивные параметры устройства для регистрации электропроводных свойств почвы: а – вид сбоку; б – вид спереди; 1 – снига; 2 – рама; 3 – рабочий элемент (сенсор-электрод); 4 – опорное колесо.

Fig. 2. Basic structural parameters of device for registration of electroconductive properties of soil: and – end-view; b – kind at the front; 1 – the towed device; 2 – frame; 3 – working element (sensor-electrode); 4 – supporting wheel.

Устройство для регистрации электропроводных свойств почвы используется перед севом и в период вегетации растений. Соответственно этому он должен двигаться с соблюдением агротехнических требований, поэтому принимаем следующие основные конструктивные параметры устройства: ширину установления рабочих элементов принимаем $S=300$ мм, ширина восторгу устройства $B_M=1200$ мм, расстояние между опорными колесами в продольном направлениях $L_k=900$ мм и поперечному направлениях $B_k=450$ мм. Колеса устройства выбираем из стандартного ряда прикочувальных колес – диаметр колеса 230 мм, ширина колеса 100 мм. Такие параметры обеспечивают стойкость хода устройства, обеспечения агротребований, и уменьшения давления устройства на почву.

Проектирование устройства для регистрации электропроводных свойств почвы выполнено в графическом редакторе КОМПАС 3D V12. При составлении 3D модели устройства (рис. 3) было выполненными построение отдельных деталей, из

которых сложено устройство. Построение модели начато с размещения опорных колес. Далее присоединены стойки передних и задних колес и П-подобная рама. П-подобная рама и продольные планки составляют каркас устройства для регистрации электропроводных свойств почвы.



Рис. 3. 3-D модель устройства для регистрации электропроводных свойств почвы.

Fig. 3. The 3-D model of device for registration of electrical properties of soil.

В элювиальных горизонтах и морфонах, что характеризуются интенсивным выносом высокодисперсных частиц и накоплением кварца, полевых шпатов и других стойких минералов, оподзоливания обуславливает относительную их обедненную подвижными электрическими зарядами по сравнению с аккумулятивно-гумусными и иллювиальными горизонтами, что определяет в них более высокие параметры (табл. 1).

Супесчаные и песчаные разновидности морфонов, горизонтов и грунтовых профилей дерново-подзолистых почв, что имеют начальное высокое содержание SiO_2 и, следовательно, очень низкая густота подвижных электрических зарядов, владеют весьма высокими параметрами стационарных электрических полей (табл. 1).

Таблица 1. Специфические значения параметров стационарных электрических полей почв подзолистого и болотного типов почвы
Table 1. Specific values of parameters of the stationary electric fields of soils of podzolistic and bog types of soil

Горизонты	ρ_k, Ω	ρ_O^K, Ω	φ, mV
<i>Аморфные дерново-подзолистые почвы</i>			
<i>А. На однородных суглинках</i>			
<i>1 Слабоподзолистые</i>			
AB	<150	<150	10-15
<i>2. Средне подзолистые</i>			
AB	400-600	200-400	15-20
<i>3. Сильноподзолистые</i>			
AB	800-1000	400-600	20-30
<i>4 Окультуренные</i>			
AB	<50	<50	<50
<i>Б. На супесчаных песчано-слоистых породах</i>			
<i>1. Средне подзолистые</i>			
AB	800-1500	800-1000	
<i>2. Окультуренные</i>			
AB	100-200	100-200	
<i>II. ГИДРОМФНИ ПОЧВЫ НА ОДНОРОДНЫХ СУГЛИНКАХ</i>			
<i>1 Дерново-средне-подзолистые слабоогленные</i>			
AB	400-600	200-400	15-20
<i>2 Глеевые</i>			
AB	200-300	200-300	10-20
<i>3 Глеевые</i>			
AB	100-150	100-150	6-10

ρ_k - удельное электрическое сопротивление ρ_O^K - истинное удельное электрическое сопротивление φ - потенциал природного электрического поля

Показано также, что в почвах основных генетических типов параметры СЭП изменяются закономерно, что выявлено прямыми экспериментальными измерениями непосредственно в природной обстановке. Для каждого типа почвообразование установленные строго специфические величины параметров стационарных электрических полей в зависимости от интенсивности проявления почвообразованных процессов.

Выводы

На сегодня необходимо иметь большое количество датчиков для измерения численных характеристик о состоянии основного средства производства продукции растениеводства – почвы. Особенно актуальным это задание есть при применении технологий точного земледелия. Интерпретация оперативной информации о переменном характере состояния поля дает возможность эффективного применения стратегий переменных норм внесения технологических материалов. В то же время информация об уровне вариабельности агробиологических параметров по площади поля является ключевым моментом для принятия решения о целесообразности или нецелесообразности применения технологий точного земледелия вообще. Именно поэтому, для владения такой информацией выискивают малостоимостные но эффективные методы и способы регистрации местоопределенных полевых данных.

Alexandr Alexandrovich Brovarets

Prognostical-compensative technology of variable norms of bringing of technological material on the basis of data of monitoring of soil

Summary

The preliminary conducted researches from registration of conductivity and electromagnetic induction of soil showed possibility of considerable rise of productivity of implementation of monitoring works and receipt of additional harvest, and also improvement of the agrobiological state of lands. All it indicates on that, as far as it is important, from one side, to have the tool of effective determination of level of the agrobiological state of soil and, from other side, as far as it is difficult to find the effective generalized indexes and malostoimostnie methods of estimation and registration of the state of soil. Having in the order the instruments of the operative monitoring of the state of agricultural lands it is possible to get the parameters of the agrobiological state of soil and operatively adopt effective decision for providing of the proper quality of implementation of technological operations in the plant-grower. In the article is resulted prognostical-compensative technology of variable norms of bringing of technological material on the basis of the refined data of monitoring of soil, that allows on the basis of data of monitoring of parameters the state of agricultural lands of got from the system of monitoring to estimate the state of agricultural lands and adopt the staretegiyu management by agrobiological potential of the field.

Monitoring, exact agriculture, prognostical-compensative technology

Received in March 2014, submitted to printing in April, 2014

Александр Александрович БРОВАРЕЦ, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, кандидат технических наук, доцент кафедры Сельскохозяйственных машин и системотехники им. акад. П.М. Василенка Технического учебно-научного института Адрес: ул. Героев Обороны, 15, 03041, г. Киев Тел. +3 8 (068) 800-47-13, адрес эл. почты brovaretsnau@ukr.net
Alexandr Alexandrovich BROVARETS, National university life and environmental sciences Ukraine, Ph.D., Associate professor of the Department Agricultural Machinery and named P.M. Vasilenka Technical educational-scientific institute. Address: c. Kiev, st. Heroiv Oborony, 15, 03041. Tel +3 8 (068) 800-47-13, e-mail: brovaretsnau@ukr.net.

Таким образом, разработка прогностически - компенсационной технологии переменных норм внесения технологического материала в растениеводстве позволяет проанализировать комплексные изменения почвенных условий в пределах одного поля и определить стратегию управления агробиологическим потенциалом поля.

Литература

1. SHEETS, K.R., HENDRICKX, J.M.H., Noninvasive soil water content measurement using electromagnetic induction. Water resources research. Vol. 31 No. 10, 1995, p. 2401-2409.
2. CORWIN D.L., LESCH S.M. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I. soil survey. Computers and Electronics in Agriculture, 46, 2005, p. 32-45.
3. RHOADES, J.D., CORWIN, D.L., 1981. Determining soil electrical conductivity – depth relations using an inductive electromagnetic soil conductivity meter. Soil Sci.Soc. Am. J., p. 255-260.
4. BOSCH, D.D., 2004. Comparison of capacitance-based soil water probes in coastal plain soils. Vadose Zone Journal 3, p. 1380-1389.
5. CAMPBELL, J.E. 1990. Dielectric properties and influence of conductivity in soils at one to fifty megahertz. Soil Science Society of America Journal 54, p. 332-341.
6. MALICKI, M.A.; WALCZAK, R.T. 1999. Evaluating soil salinity status from bulk electrical conductivity and permittivity. European Journal of Soil Science 50, p. 505-514.
7. SEYFRIED, M.S.; GRANT, L.E.; DU, E.; HUMES, K., 2005. Dielectric loss and calibration of the hydra probe water sensor. Vadose Zone Journal 4, p. 1070-1079.
8. MINASNY, B.; MCBRATNEY, A B. 2006. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. Computers & Geosciences, 32, p. 1378-1388.
9. WON, I. J.; HAOPING HUANG. Magnetometers and electromagnetic meters. THE LEADING EDGE. May 2004. p. 26-29.
10. KRAUS, J. D. 1992. Electromagnetics. McGraw Hill, Inc. 847 p.
11. LEAO, T.P.; RAJU, G.G. Dielectrics in Electric Fields. Dekker. 578 p.