

УДК 631.81

UDC 631.81

06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

06.01.01 General agriculture and crop production

ПЛАНИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОЗИРОВОК ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ (НА МАТЕРИАЛАХ АПК КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ)¹

PLANNING AND CALCULATION OF ORGANIC MINERAL FERTILIZERS DOSAGES IN FIELD CROP ROTATIONS WITH THE USE OF AUTOMATED INFORMATION SUBSYSTEM (BASED ON THE MATERIALS OF THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX OF THE KRASNODAR REGION)

Ткаченко Василий Владимирович
к.э.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 6878-2800
tkachenkovasso@yandex.ru

Tkachenko Vasily Vladimirovich
Cand.Econ.Sci., assistant professor
RSCI SPIN-code 6878-2800
tkachenkovasso@yandex.ru

Турлий Светлана Ивановна
к.э.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 2123-5951
svetatur2014@mail.ru

Turliy Svetlana Ivanovna
Cand.Econ.Sci., assistant professor
RSCI SPIN-code 2123-5951
svetatur2014@mail.ru

Широкова Анастасия Александровна
магистрант
captain.48@yandex.ru
Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Россия, 350044, Краснодар, Калинина ул., 13

Shirokova Anastasiya Aleksandrovna
master's degree student
captain.48@yandex.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russia, Krasnodar, Kalinina, 13

Проблемы управления растениеводством и поддержки принятия управленческих решений по-прежнему являются актуальными и в настоящий момент [4]. Продукция растениеводства имеет стратегическое значение и является основой продовольственной безопасности нашей страны. Использование информационных технологий в сельском хозяйстве ограничивалось применением компьютеров и программного обеспечения, в основном, для управления финансовыми операциями и ведения бухгалтерского и оперативного учета. Необходимо отметить, что проводимые меры по увеличению производительности труда и автоматизации технологических процессов в АПК не имели комплексного характера, следовательно, незначительно влияли на эффективность отрасли и как результат - конкурентоспособность продукции. Поэтому разработка и внедрение компьютерной системы поддержки принятия решений в управление технологическими процессами растениеводства, базирующейся на математических моделях анализа и оценки экономической эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур, моделях рационализации севооборота, моделях анализа данных книги истории полей севооборота, модели оптимального подбора средств защиты растений и удобрений приобрело весьма актуальный характер. Данный научный проект можно считать приоритетным и высоко востребованным.

The problems of crop management and management decision support are still relevant at the moment. Crop production is of strategic importance and is the basis of our country's food security. The use of information technology in agriculture was limited to the use of computers and software, mainly for managing financial transactions and maintaining accounting and operational accounting. It should be noted that the measures taken to increase labor productivity and automate technological processes in the agro-industrial complex did not have an integrated nature; therefore, they slightly influenced the efficiency of the industry and, as a result, the competitiveness of products. Thus, the development and implementation of a computerized decision support system in crop management based on mathematical models for analyzing and evaluating the economic efficiency of crop cultivation technologies, crop rotation rationalization models, data analysis models of the book on crop field history, optimal selection of plant protection products and fertilizers highly relevant. This scientific project can be considered a priority and highly demanded, as contributing to the implementation of one of the requirements of the State program for the development of agriculture and regulation of the markets of agricultural products, raw materials and food of the Russian Federation for 2013-2020. The aim of the project is to improve the mathematical models and methods for managing technological processes at agricultural enterprises through

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00148

ванным, как способствующий выполнению одного из требований Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Российской Федерации на 2013-2020 годы. Целью проекта является совершенствование математических моделей и методов управления технологическими процессами на предприятиях АПК путем разработки и внедрения комплексной автоматизированной информационной системы управления растениеводством. Статья посвящена теоретическому обоснованию и целесообразности практической реализации программного модуля для решения задачи планирования и расчета дозировок органических и минеральных удобрений в полевых севооборотах хозяйств Краснодарского края, входящего в состав разрабатываемой комплексной автоматизированной информационной системы управления растениеводством на предприятиях АПК

Ключевые слова: УПРАВЛЕНИЕ РАСТЕНИЕВОДСТВОМ, УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС, ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, СЕВОБОРОТ, УДОБРЕНИЯ, ДОЗИРОВКА, БАЛАНС АЗОТА, ГУМУС

the development and implementation of an integrated automated information system for crop management. The article is devoted to the theoretical substantiation and expediency of the practical implementation of the program module for solving the problem of planning and calculating the dosages of organic and mineral fertilizers in the field crop rotation of farms of the Krasnodar region, which is a part of the developed integrated automated plant management information system at agricultural enterprises

Keywords: CROP MANAGEMENT, MANAGERIAL SOLUTIONS, SOFTWARE COMPLEX, INFORMATION SYSTEM, CROP ROTATION, FERTILIZER, DOSAGE, NITROGEN BALANCE, HUMUS

Doi: 10.21515/1990-4665-146-013

Для увеличения объемов производства продукции растениеводства, и, следовательно, повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в хозяйствах Краснодарского края применяются различные методы, такие как расширение площадей посевов, интенсивное использование минеральных и органических удобрений, протравителей, гербицидов и инсектицидов, использование генетически модифицированных посевных материалов и другие. Многие методы, особенно методы интенсивного использования сельхоз препаратов, удобрений и механическая обработка почвы, могут оказывать негативное влияние на качество почвы в перспективе, истощая и загрязняя ее, не говоря уже о том, что как правило, эти технологические операции являются достаточно дорогостоящими.

В связи с этим в настоящее время большую актуальность приобрели методы повышения урожайности сельскохозяйственных культур, путем оптимизации структуры полевых севооборотов хозяйства в комплексе с

обоснованным выбором технологий возделывания культур. Это позволит, помимо получения прироста в показателях урожайности культур, так же сохранить, а в некоторых случаях и повысить плодородие почвы.

Целью данных исследований является повышение эффективности и оперативности обработки информации показателей баланса азота в полевых севооборотах и внедрения современных информационных технологий в процессы управления агрономической службой хозяйства, в частности модуля планирования и обоснованного расчета дозровок органоминеральных удобрений.

Исследования ведущих ученых-агрономов Кубанского ГАУ (Василько В.П., Загорулько А.В., Кравцов А.М., Найденов А.С.) показали, что при средних урожаях основных полевых культур ежегодный расход гумуса составляет 1,5–2 т/га, но только третья часть его возмещается за счет корневых и пожнивных остатков. [1]

Таким образом, скорость минерализации гумуса заметно опережает процесс природного восполнения показателя содержания азота в почве. Все это приводит к снижению почвенного плодородия и эффективности применяемых агротехнических мероприятий, невысокому уровню урожаев и значительному их колебанию по годам.

Многие эксперты в области агрономии сходятся во мнении, что интенсификация земледелия привела к тому, что почва не способна естественным путем восстанавливать свое плодородие на фоне применения больших доз минеральных удобрений и средств защиты растений, а так же большого количества механизированных операций ее обработки, поэтому в дальнейшем для восстановления необходимого уровня содержания азота в почве потребуются дорогостоящие мелиоративные мероприятия.

Необходимо отметить также, что наряду с уменьшением количества азота в почве, ухудшаются ее водно-физические показатели, что всегда приводит к ее эрозии. Для растений высокое содержание азота в почве яв-

ляется залогом высоких урожаев. Для получения 1 ц зерновой продукции, в среднем, требуется 4,2 кг азота; при этом, коэффициент использования азотных удобрений достаточно низкий, и составляет порядка 40%.

За весь период вегетации с-х культур процент выноса азота из почвы достаточно высок. Для озимой пшеницы это значение равно 30-35 кг азота на 10 ц зерна, а для овса 39 кг с 10 ц зерна. Основным источником гумуса (азота) являются пожнивно-корневые остатки в почве, при этом в 1 тонне соломы остается всего лишь 0,5% азота. Бобовые и зернобобовые являются эффективным источником азота, фиксируя в почве атмосферный азот, а максимальная минерализация азота происходит в чистых парах.

С целью регулярного мониторинга состояния почвы, а именно содержания в ней азота, для задачи прогнозирования их изменений и планирования в рамках технологий возделывания полевых культур почвоохранительных операций, учеными нашего университета предложен так называемый расчетный метод. [2]

Баланс азота рассчитывается как разность между статьями его прихода за счет пожнивно-корневых остатков, органических удобрений, а также расхода за счет минерализации. Этот метод позволяет прогнозировать изменение содержания гумуса в почве и потребность в органических удобрениях для получения планируемой урожайности культур. [3]

Расходная часть баланса может быть рассчитана по показателю расхода почвенного азота в процессе формирования урожая сельскохозяйственных культур, при этом немаловажным параметром здесь выступает величина планируемой урожайности культуры (см. табл. 1).

Таблица 1 – Вынос азота с/х культур с учетом побочной продукции

Культура	Основная продукция	Вынос азота кг на 1 ц про- дукции
Озимая пшеница	зерно	3,0
Озимая рожь	зерно	3,0
Кукуруза	зерно	2,5
Сахарная свекла	корнеплоды	0,5
Подсолнечник	семена	5,0
Кукуруза	силос	0,3
Силосные (без кукурузы)	силос	0,3
Многокомпонентная смесь	силос	0,4
Однолетние травы	сено	1,8
Многолетние травы	сено	2,3
Люцерна	сено	2,4

Приходная часть гумусового баланса складывается из вновь образуемого гумуса за счет корневых и пожнивных остатков и вносимых органических удобрений. Она возрастает с увеличением количества органических остатков, поступающих в почву.

Количество поступающих в почву пожнивных остатков зависит от уровня урожая основной продукции и поэтому может рассчитываться на основе нормативных данных, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 – Накопление пожнивно-корневых остатков (ПКО) в зависимости от урожая основной продукции

Культура	Уровень урожая и количество ПКО ц/га		
	низкий	средний	высокий
Озимая пшеница	1,44	1,30	1,21
Озимый ячмень	1,11	1,30	1,21
Кукуруза	1,34	1,27	1,23
Сахарная свекла	0,09	0,08	0,06
Подсолнечник	2,05	1,86	0,97
Картофель	0,17	0,15	0,14
Однолетние травы (сено)	1,51	1,13	0,92
Многолетние травы (сено)	2,35	1,80	1,59

Потребность в органических удобрениях для положительного баланса гумуса – это потребность, которая определяется в первую очередь на средне и сильно эродированных и бедных гумусом почвах. Используются крупномасштабные карты и агрохимические картограммы землепользований хозяйств края, где приводятся данные по содержанию гумуса и площади почв. При этом необходимо рассчитать, за какой период времени содержание гумуса в почве может быть повышено до оптимального уровня, обеспечивающего получение плановых урожаев продукции.

При расчете общей потребности в удобрениях на бедных почвах вначале определяется количество органических удобрений, необходимое для бездефицитного баланса гумуса. Затем, с учетом планируемых урожаев и увеличения запасов гумуса во времени (за которое необходимо увеличить содержание гумуса), определяется среднегодовое количество удобрений, необходимое для расширенного воспроизводства гумуса. Суммируя эти нормы, получают общее количество органических удобрений, необходимое для увеличения содержания гумуса в почве каждого поля до планируемого уровня.

Рассмотрим вопрос целесообразности автоматизации методики с использованием средств информационных технологий. Если при расчете баланса гумуса севооборота вручную на бумаге для получения какой-либо информации, например, величину минерализации гумуса или норму навоза для бездефицитного баланса гумуса требовалось несколько часов работы, то на компьютере эта операция займет всего несколько минут. При этом не надо забывать, что придется рассчитывать баланс гумуса абсолютно по всем севооборотам хозяйства, при этом на каждый севооборот составляются различные комбинации применяемых удобрений для бездефицитного баланса гумуса.

Автоматизированная информационная подсистема расчета потребности внесения доз удобрений должна содержать не только модуль, рас-

считывающий баланс гумуса и норму удобрений для бездефицитного баланса, а также большую справочную систему, информация которой непосредственно используется при расчете этих показателей. К такой информации можно отнести: полный перечень сельскохозяйственных полевых культур, коэффициенты выноса азота из почвы каждой из культур; показатели образования гумуса из пожнивно-корневых остатков, показатели прихода азота за счет азотфиксации. Также немаловажную роль играют агрономические и механические характеристики почвы. Весь перечисленный комплекс положительных факторов позволит существенно сэкономить затрачиваемое на выполнение данных рутинных операций рабочее время сотрудников агрономической службы хозяйства.

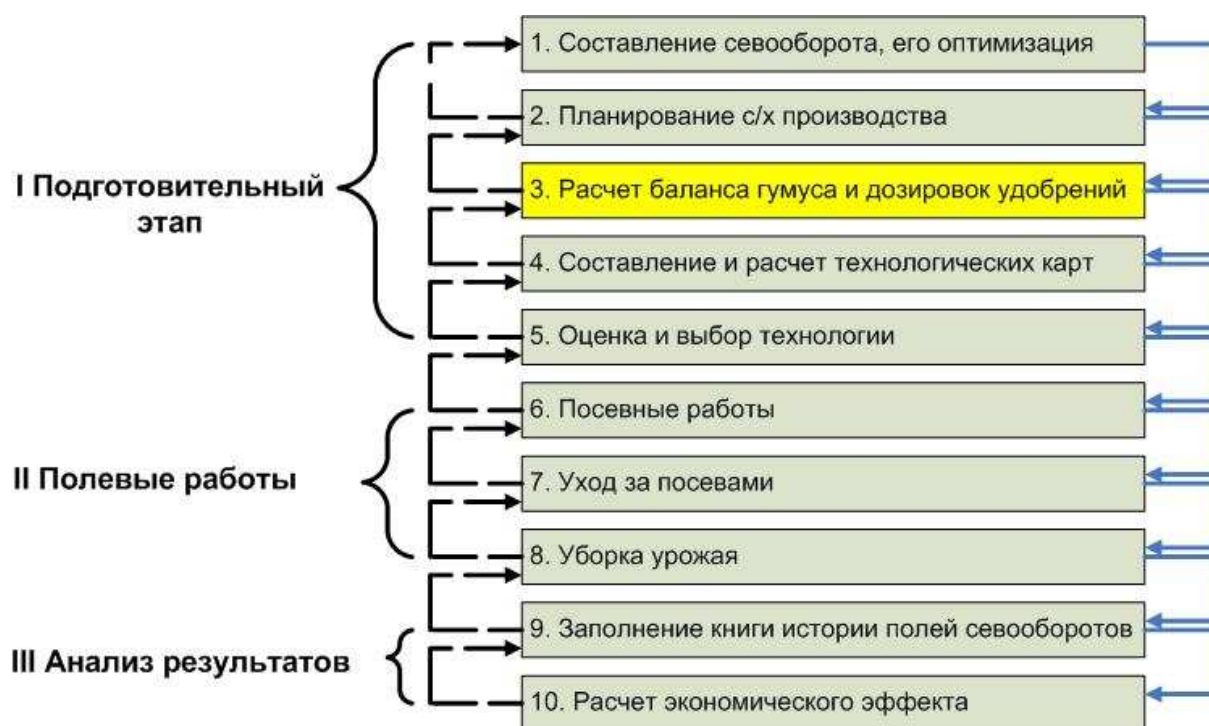


Рисунок 1 – Взаимосвязь модулей в структуре АИС

Разработанный модуль планирования и расчета дозировок органических и минеральных удобрений в полевых севооборотах интегрирован и входит в состав комплексной автоматизированной информационной си-

стемы управления растениеводством. Положение и взаимосвязь модуля планирования и расчета дозровок органических и минеральных удобрений в полевых севооборотах с другими модулями комплексной АИС показан на рисунке 1.

Разработанный программный модуль базируется на математической модели:

$$G \rightarrow \max \quad (1)$$

$$G = \sum_{i=1}^n (P_i + U_i + O_i - M_i); \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

где G – показатель баланса азота, значение которого должно принимать только положительное значение (бездефицитный баланс гумуса), n – количество полей в севообороте, i – культура в севообороте, P – поступление азота за счет пожнивно-корневых остатков, O – приход азота за счет азотфиксации растениями, U – поступление азота за счет внесения органических удобрений. [3]

Главное окно программного модуля расчета баланса гумуса представлено на рисунке 2. Из приведенного примера видно, какие с/х культуры влияют на отрицательный баланс азота и, следовательно, необходимо внесение органических и минеральных удобрений.

Далее программный модуль осуществляет расчет количества азота, необходимого для восполнения питательной среды почвы с пересчетом на тот или иной вид органического или минерального удобрения. Система автоматически показывает пользователю-агроному те культуры в севообороте, где баланс азота меняет знак с положительного на отрицательный. Такие позиции в севообороте подсвечиваются красным цветом, и появляется возможность выбора необходимого удобрения. Отличительной особенностью работы программного обеспечения для расчета баланса гумуса и потребности в органических удобрениях является возможность внесения изменений в коэффициенты таблиц-справочников.

Вид с/х культуры	Вид почвы	Вид органических удобрений	Поле будет вспахивать?	Планируемый урожай ц/га	Площадь поля га	Норма удобрений т/га	Количество удобрений т
Озимая пшеница	Средний суглинок	подстилочный навоз	ДА	56	100	0	0,00
Озимая рожь	Средний суглинок	подстилочный навоз	ДА	53	100	0	0,00
Люцерна	Средний суглинок	подстилочный навоз	ДА	460	100	0	0,00
Озимая пшеница	Средний суглинок	подстилочный навоз	ДА	56	100	0	0,00
Подсолнечник	Средний суглинок	подстилочный навоз	ДА	620	100	135,92	13592,00
Озимая пшеница	Средний суглинок	подстилочный навоз	ДА	56	100	0	0,00
Сахарная свекла	Средний суглинок	подстилочный навоз	ДА	20	100	1,64	164,00
Озимая пшеница	Средний суглинок	подстилочный навоз	ДА	56	100	0	0,00

Рисунок 2 – Расчет потребности в органических удобрениях

Таким образом, можно сказать, что автоматизация расчета баланса гумуса – это полностью автоматизированный процесс, при котором значительно снижается время заполнения и анализа ситуации, связанной с потребностями в основном питательном элементе почвы – азоте в каждом севообороте хозяйства.

Полученная в ходе данной программной обработки информация должна использоваться в дальнейших этапах управления растениеводством, а именно при составлении и расчете технологических карт, особенно при планировании технологических операций, связанных с внесением различных удобрений.

Литература

1. Баланс гумуса при длительном использовании чернозема выщелоченного в равнинном агроландшафте в зависимости от агротехнологий возделывания полевых культур / А.В. Загоруйко, В.Н. Слюсарев, А.М. Кравцов, В.П. Василько // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – №03(137). С. 91 – 105. – IDA [article ID]: 1371803018. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2018/03/pdf/18.pdf>, 0,938 у.п.л.

2. Динамика агрофизических свойств черноземных почв при длительном сельскохозяйственном использовании и пути их оптимизации в условиях Краснодарского края / А.С. Найденов, В.П. Василько, Н.И. Бардак, В.Н. Гладков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного универ-

ситета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – №08(142). С. 41 – 56. – IDA [article ID]: 1421808020. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2018/08/pdf/20.pdf>, 1 у.п.л.

3. Ткаченко В.В. Информационная подсистема планирования и расчета дозирок органических удобрений / В.В. Ткаченко, И.И. Третьяков, С.А. Боярко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №06(080). С. 593 – 608. – IDA [article ID]: 0801206047. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/06/pdf/47.pdf>, 1 у.п.л.

4. Югов А.В. Плодородие почвы в зависимости от возделываемых культур / А.В. Югов, А.В. Сисо // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №01(035). С. 40 – 49. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0011, IDA [article ID]: 0350801004. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/01/pdf/04.pdf>, 0,625 у.п.л.

Reference

1. Balans gumusa pri dlitel'nom ispol'zovanii chernozema vyshchelochennogo v ravninnom agrolandshafte v zavisimosti ot agrotekhnologii vozdeleyvaniya polevykh kul'tur / A.V. Zagorul'ko, V.N. Slyusarev, A.M. Kravtsov, V.P. Vasil'ko // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2018. – №03(137). S. 91 – 105. – IDA [article ID]: 1371803018. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2018/03/pdf/18.pdf>, 0,938 u.p.l.

2. Dinamika agrofizicheskikh svoystv chernozemnykh pochv pri dlitel'nom sel'skokhozyaystvennom ispol'zovanii i puti ikh optimizatsii v usloviyakh Krasnodarskogo kraya / A.S. Naydenov, V.P. Vasil'ko, N.I. Bardak, V.N. Gladkov // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2018. – №08(142). S. 41 – 56. – IDA [article ID]: 1421808020. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2018/08/pdf/20.pdf>, 1 u.p.l.

3. Tkachenko V.V. Informacionnaya podsystema planirovaniia i rascheta dozirovok organicheskikh udobrenii / V.V. Tkachenko, I.I. Trethakov, S.A. Boyarko // Politematicheskii setevoi electronnii nauchnii zhurnal Kubanskogo agrarnogo universiteta (Nauchnii zshurnal KubGAU) [Electronnii resurs]. Krasnodar: KubGAU, 2012. – №06(080). С. 593 – 608. – IDA [article ID]: 0801206047. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/06/pdf/47.pdf>, 1 u.p.l.

4. Yugov A.V. Plodorodiye pochvy v zavisimosti ot vozdeleyvayemykh kul'tur / A.V. Yugov, A.V. Siso // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2008. – №01(035). S. 40 – 49. – Shifr Informregistra: 0420800012\0011, IDA [article ID]: 0350801004. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2008/01/pdf/04.pdf>, 0,625 u.p.l.