

М.П.Кузьменко, зав. сектором АСУ растениеводством;
Н.В.Мойсюк, Л.П.Турбан – главные специалисты
Белорусский НИИ экономики и информации АПК

УДК 658.012.45:002.5:63/82

Информационно–вычислительное обеспечение сбалансированного минерального питания сельскохозяйственных культур, размещенных по рабочим участкам

В статье дается характеристика и возможности программного комплекса с применением мощных и надежных ПЭВМ по расчету научно обоснованных доз макро- и микроудобрений на основе результатов обследования почв по отдельным полям и рабочим участкам, распределение их по срокам внесения, что позволяет перейти к широкому использованию в агрономии количественных моделей плодородия почв и продуктивности растений, повышению эффективности, снижению потерь, исключению непроизводительного расходования минеральных удобрений. Программные средства прошли в 1995 году производственные испытания, признаны работоспособными и рекомендованы для внедрения во всех областях республики.

The characteristic and possibilities of the programming complex with utilisation of powerful and reliable PC for calculating of well grounded doses of macro and micronutrient fertilizers basing from the results of research on the separated fields and working places and their distribution proceeding from the terms of fertilizing have been presented in the article. Such approach allows to move to wide utilization of the quantities models of the soil's quality and plants productivity, increasing of efficiency reducing of losses and unproductive fertilizing in agronomy. Programming complex had been tested in 1995, recognised as efficient and recommended to put into practice through all the provinces of Belarus.

Белорусским научно-исследовательским институтом экономики и информации агропромышленного комплекса (БелНИИЭИ АПК) разработана и введена в эксплуатацию по областям база данных агрохимического и радиологического обследования почв сельскохозяйственных угодий.

На основе базы данных разработаны и введены в эксплуатацию прикладные задачи для всех уровней управления сельскохозяйственного производства. В связи с переходом на рыночную экономику, созданием арендных предприятий, фермерских хозяйств особую актуальность приобретает программный комплекс по сбалансированному минеральному питанию сельскохозяйственных культур, размещенных по рабочим участкам. Программный комплекс является основой наиболее точного определения потребности в питательных веществах для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур. Одновременно способствует планомерному и неуклонному повышению и выравниванию плодородия почв, уменьшению загрязнения окружающей среды средствами химизации.

В литературе имеются данные, что одностороннее повышение фосфора и калия в почве может тормозить поступление в растения других элементов питания (N, Zn, Mn, Mg и др.) [1].

Белорусским научно-исследовательским институтом почвоведения и агрохимии (БелНИИПА) проведены многочисленные исследования по применению агрохимических средств на почвах Беларуси и разработаны методические указания по разработке системы удобрения сельскохозяйственных культур, которые были положены в основу программного комплекса [2].

Программный комплекс функционирует в диалоговом режиме по запросам пользователя и выполнен средствами СУБД FoxPRO. Процесс расчета состоит из следующих этапов:

1) ввод, контроль и корректировка входного документа "Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур на 19__ год";

2) дифференциация заданных уровней урожайности сельскохозяйственных культур по отдельно удобряемым участкам;

3) расчет оптимальных доз минеральных удобрений по отдельно удобряемым участкам в действующем веществе;

4) дифференцирование доз минеральных удобрений по сельскохозяйственным угодьям, типам почв, плотности загрязнения радиоактивными веществами;

б) корректировка вычисленных доз минеральных удобрений по имеющимся у землевладельца ресурсам удобрений;

7) распределение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры по ассортименту, имеющемуся у пользователя;

8) печати выходных документов "Система удобрений сельскохозяйственных культур (дозы, сроки, способы внесения) на 19..год", "Потребность в минеральных удобрениях под сельскохозяйственные культуры на 19...год" с выдачей последнего для уровня хозяйства, района и области, в котором вычисляется сводная потребность по культурам и видам удобрений.

Для решения задачи заполняется входной документ "Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур на 19__ год" (табл. 1).

Таблица 1. Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур на 19__ год
Наименование территории: МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ МИНСКИЙ Р-Н
Наименование хозяйства: С-3 ИМ.УЛЬЯНОВА

№ бригады	№ сев.	№ поля сев.	№ раб. уч.	Площадь поля (раб. уч.), га	№ элем. уч., входящих в поле (рабоч. уч.)	Код предшест.	Код ор.уд. под предшеств.	Доза под предш. т/га	Код первой вегетации	Код культуры	План. урожайности, ц/га	Код ор.уд. под культуру	Доза орган. удобрений, т/га	Пл-сть загрязн. цезием, Ки/км кв.	Пл-сть загрязн. стронцием, Ки/км кв.
1	1	0	1	18.2	231-232	0	0	0	1	681	35.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	2	32.8	228,229,230,233	0	0	0	1	681	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	8	25.3	249-251	0	0	0	1	681	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	9	23.6	245-246	0	0	0	1	681	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	12	39.5	213-216	0	71	100	1	122	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	13	24.6	210-212	0	71	100	1	122	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	8	13.0	250	0	0	0	1	122	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	65	8.0	286	0	0	0	1	122	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	65	24.6	284-285	0	0	0	1	681	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	14	4.4	156	0	0	0	1	620	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	20	30.8	138-139,136	0	0	0	1	122	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	23	25.5	112-114	0	0	0	1	122	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	25	17.4	84-85	0	0	0	1	122	0.0	0	40	0.00	0.00
1	1	0	28	12.3	97,103	0	0	0	1	122	0.0	0	0	0.00	0.00
1	0	0	53	3.8	196,290	0	0	0	1	620	0.0	0	0	0.00	0.00
1	1	0	26	24.9	104-105	0	0	0	1	122	0.0	0	0	0.00	0.00

Для расчета потребности в удобрениях земледельцем указывается средняя плановая урожайность по сельскохозяйственной культуре. Однако возможность формирования урожайности на различных участках не одинакова и зависит от целого ряда факторов, важнейшими из которых являются почвенные условия. Поэтому плановая урожайность каждой культуры дифференцируется по конкретным рабочим участкам в зависимости от почвенно-агрохимических характеристик.

В основу дифференциации урожайности положены шкала оценки баллов бонитета под сельскохозяйственные культуры и индекс окультуренности почв [3]. Баллы бонитета определяются с учетом типа и гранулометрического состава почв, степени увлажнения, почвообразующей и подстилающей пород и позволяют учитывать степень пригодности почв рабочих участков для возделывания сельскохозяйственных культур. Индекс окультуренности определяет влияние агрохимических свойств на уровень урожайности. Расчет дифференцированной урожайности сельскохозяйственных культур по рабочим участкам производится путем деления цены коэффициента уровня урожайности на оценочный балл участка с учетом индекса окультуренности.

В схему расчета потребности в удобрениях включены результаты агрохимического и радиологического обследования сельскохозяйственных угодий. Дозы азотных, фосфорных, калийных удобрений под сельскохозяйственные культуры рассчитываются балансовым методом. При расчетах учитываются биологические особенности культур (вынос элементов питания с одной тонной продукции), способность растений усваивать элементы питания из минеральных и органических удобрений и из почвы, почвенно-агрохимические условия (тип и гранулометрический состав почвы, степень кислотности, содержание фосфора, калия, бора, меди, цинка), уровень планируемых урожаев, вид и количество вносимых органических удобрений под основную и предшествующую культуру.

Из биологических особенностей предшествующих культур учитывается их способность к азотонакоплению в почвах для последующих сельскохозяйственных культур. В связи с этим выделяется пять групп предшественников. С целью регулирования содержания в почвах элементов питания и более эффективно использования удобрений на почвах с оптимальным содержанием P_2O_5 и K_2O (200–300 мг/кг) дозы фосфорных и калийных удобрений рассчитываются на уровне, необходимом для получения планируемых урожаев и поддержания нижней границы оптимума.

Дозы азотных удобрений (DNK) по каждой культуре и на каждом конкретном рабочем участке рассчитываются по формуле

$$DNK = \frac{VN \times UD \times WN}{1000} - KN - (DO1 \times N1 + DO2 \times N2),$$

где VN – вынос азота с одной тонной урожая сельскохозяйственной культуры, кг;

UD – дифференцированная урожайность по культуре на конкретном рабочем участке;

WN – коэффициент возврата азота по культуре;

KN – поправочный коэффициент к дозам азота в зависимости от биологических особенностей предшественников;

DO1, DO2 – дозы органических удобрений, вносимые под культуру и предшественник;

N1, N2 – количество азота используемое из одной тонны органических удобрений в год внесения и во второй год действия, кг.

Дозы фосфорных удобрений (DPK) по культуре на рабочем участке рассчитываются по формуле

$$DPK = \frac{VP \times UD \times WP \times KP \times KpH}{1000} - DO1 \times P1 + DO2 \times P2.$$

Дозы калийных удобрений (DKK) по культуре на рабочем участке рассчитываются по формуле

$$DKK = \frac{VK \times UD \times WK \times KKpH \times KR}{1000} - DO1 \times K1 + DO2 \times K2,$$

где VP, VK – вынос фосфора и калия с 1 т урожая сельскохозяйственной культуры, кг;

WP, WK – процент возврата фосфора и калия;

KP, KKpH – коэффициент корректировки фосфора в зависимости от степени кислотности и калия для культур-кальцефобов в зависимости от степени кислотности;

KR – коэффициент корректировки доз калия в зависимости от уровня радиационного загрязнения;

P1, P2 – количество фосфора, используемое растениями с одной тонны органических удобрений в первый и второй год действия, кг;

K1, K2 – количество калия, используемое растениями с одной тонны органических удобрений в первый и второй год действия, кг.

Экологическая безопасность и экономическая эффективность использования удобрений в значительной степени обусловлены правильностью расчета потребности в отдельных элементах питания [4].

Азотные удобрения при высоких дозах внесения способствуют накоплению токсичных количеств нитратов, отравляющих почву, водоемы и продукцию. Поэтому предусмотрены строгие ограничения в их использовании. Дробное внесение азотных удобрений предусматривается для озимых и яровых зерновых культур, многолетних злаковых трав, пропашных культур, сенокосов и пастбищ. Для фосфорных и калийных удобрений введены данные контроля предельных доз удобрений, позволяющих исключить возможные ошибки при вводе входной информации.

Для ведения сельскохозяйственного производства необходимо проведение мероприятий, направленных на снижение поступления радионуклидов из почвы в урожай сельскохозяйственных культур [5]. Накопле-

ние радионуклидов можно снизить путем использования агрохимических и агротехнических приемов. Фосфорные удобрения способствуют закреплению стронция-90 за счет осаждения его с вносимыми фосфатами. Калийные повышают содержание калия в почвенном растворе, что способствует уменьшению поступления цезия-137 в растениеводческую продукцию. В условиях острого дефицита фосфорных и калийных удобрений на почвах и содержанием фосфора менее 250 мг/кг и калия менее 300 мг/кг почвы требуется обеспечить необходимый минимум применения фосфорно-калийных удобрений. Минимальные дозы фосфорных и калийных удобрений дифференцированы по сельхозугодьям, типам почв, плотности загрязнения радиоцезием (1-5, 5.1-15, 15.1-40 и более Ки/км²). Установлено, что высокие дозы азотных удобрений особенно при нарушении соотношения с фосфором и калием увеличивают поступление радионуклидов в сельскохозяйственные культуры. Поэтому вводятся ограничения на предельно допустимые дозы азотных удобрений.

Микроэлементы участвуют во всех процессах роста и развития растений и усиливают положительное действие азотных, фосфорных и калийных удобрений [1,2]. Потребность в микроудобрениях определяется исходя из биологических особенностей сельскохозяйственных культур. Предусмотрены два способа внесения микроудобрений: в почву с последующей заделкой и некорневые подкормки. Микроудобрения вносятся в почву на участках со слабой обеспеченностью микроэлементами (I группа). Некорневая подкормка микроудобрениями рекомендуется на почвах второй группы обеспеченности. При высоком содержании микроэлементов в почве, соответствующем 3 и 4 группам, внесение микроудобрений не предусматривается.

Результаты расчетов по определению оптимальных доз элементов питания сельскохозяйственных культур заносятся в строку "требуется" выходного документа "Система удобрений сельскохозяйственных культур".

Имеющиеся у землепользователя ресурсы минеральных удобрений, как правило, не равны потребности. По желанию заказчика предусмотрена возможность корректировать рассчитанную потребность в удобрениях по имеющимся ресурсам.

В современных условиях земледелия, когда цены на удобрения постоянно растут и объемы применения их катастрофически падают, а ресурсы потребителя не обеспечивают внесение удобрений по полной потребности, предлагается производству корректировка рассчитанных доз по имеющимся в хозяйстве ресурсам удобрений.

Для распределения имеющегося ассортимента минеральных удобрений агрономом хозяйства заполняется документ "Количество и ассортимент удобрений, подлежащих распределению" (табл. 2).

Корректировка доз удобрений ведется в зависимости от содержания подвижных форм элементов питания на отдельно обрабатываемых участках. Если потребность в минеральных удобрениях превышает имеющиеся ресурсы, то дозы удобрений снижаются в первую очередь на почвах высоко- и среднеобеспеченных фосфором, калием, а также там, где вносятся высокие дозы органических удобрений.

По желанию заказчика есть возможность подбирать наиболее эффективные формы каждого вида удобрения по основным видам культур в зависимости от сроков внесения удобрений. Распределение ассортимента минеральных удобрений осуществляется с учетом корректировки в зависимости от имеющихся ресурсов и с учетом потребления их из органических удобрений. В результате расчета выдается выходной

Таблица 2. Количество и ассортимент удобрений, подлежащих распределению

Наименование территории: МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ МИНСКИЙ Р-Н
Наименование хозяйства: С-3 ИМ.УЛЬЯНОВА

Номер строки	Код удобрения	Наименование удобрения	Количество д.в., кг	Кол-во, физический вес, кг
1	11	АМ.СЕЛИТРА		80000
2	17	КАРЬАМИД		36000
3	20	КАС		90000
4	21	КАС С МЕДЬЮ		60000
5	32	СУПЕРФ.ПР.Г		100000
6	61	АММОФОС		20000
7	63	АММОФОСФАТ		10000
10	67	АММОФОСФАТК		30000
9	69	ЖКУ		20000
12	81	КАЛИЙ ХЛОР.		120000
13	82	КАЛИЙ ХЛ.СУ		30000
14	91	БОРНАЯ К-ТА		1
15	92	МЕДЬ СЕРНОК		800
16	93	ЦИНК СЕРНОК		166

документ "Система удобрений сельскохозяйственных культур".

Основной задачей предлагаемого распределения ассортимента удобрений является оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур и на этой основе увеличение производства продукции земледелия, улучшение ее качества, повышение эффективности использования удобрений, предотвращение негативных последствий их применения на окружающую среду [6].

При распределении ассортимента удобрений учитывались биологические особенности возделываемых сельскохозяйственных культур, наиболее рациональные и эффективные способы внесения удобрений.

Алгоритм распределения ассортимента минеральных удобрений предусматривает подбор наиболее эффективной формы каждого вида удобрений по основным видам культур в зависимости от сроков внесения удобрений. Выделяются три срока внесения:

основное + припосевное для всех видов удобрений, две подкормки азотом и некорневая подкормка микроэлементами.

В документе "Потребность в минеральных удобрениях под сельскохозяйственные культуры" (табл.3) указывается общее количество минеральных макро- и микроудобрений, необходимых для получения планируемой урожайности по всем культурам на пашне, а также на сенокосах и пастбищах. В нижней строке приводятся данные о количестве фактически распределенных удобрений под сельскохозяйственные культуры.

Использование программного комплекса по расчету сбалансированного минерального питания позволяет повысить урожайность и более эффективно распределить удобрения.

Значительно сократилось потребление минеральных удобрений в связи с возросшим уровнем цен. В условиях острого дефицита удобрений при ведении сельского хозяйства требуется обеспечить необходи-

Таблица 3. Потребность в минеральных удобрениях под сельскохозяйственные культуры на 1996 год
с-з им. Ульянова Минский р-н Минская область

Наименование культуры	Плано- вая посевная пло- щадь, га	Плановая урожай- ность, ц/га	Верхняя строка – требуется, нижняя – выделяется									
			азотных т.д.в.	фосфор- ных, т.д.в.	калийных, т.д.в.	азот, кг/га	фосфор, кг/га	калий, кг/га	бор, кг д.в.	медь, кг д.в.	цинк, кг д.в.	молибд., кг д.в.
Озимая пшеница-зерно	152.9	40.0	11.56	3.15	3.09	76	21	20			3.9	
			6.58	1.54	1.49	43	10	10				
Озимая рожь-зерно	717.4	35.0	10.51	33.60	45.80	15	47	64			16.5	
			6.03	13.66	25.38	8	19	35				
Яров.ячмень-зерно	848.4	35.0	68.70	35.05	52.84	81	41	62			18.7	
			39.19	14.44	30.49	46	17	36				
Овес-зерно	44.0	40.0	3.95	3.02	2.37	90	69	54			1.1	
			2.26	1.55	1.20	51	35	27				
Гречиха-зерно	34.1	14.0	1.79	1.41	1.63	52	41	48			0.1	
			1.02	0.55	0.91	30	16	27				
Яров.ячмень+травы	14.5	50.0	0.87	1.03	2.19	60	71	151			0.4	
			0.49	0.35	1.35	34	24	93				
Картофель столовый	126.9	200.0	4.74	5.83	0.52	37	46	4	2.2	2.3		
			2.70	3.00		21	24					
Кормовая свекла	54.9	500.0	3.38	1.15		62	21		1.9			
			1.92			35						
Кукуруза на з/м	63.2	400.0	4.11			65					1.3	
			2.34			37						
Одн.боб.-зл.тр.-з/м	10.6	300.0	0.61	0.41	0.97	58	39	92				
			0.35	0.17	0.59	33	16	55				
Мн.злаковые тр.-сено	168.2	35.0	14.67	3.87	9.49	87	23	56		2.0	1.6	
			8.43	1.21	5.63	50	7	33				
Мн.боб.-зл.тр.-сено	285.0	35.0	15.37	10.38	19.71	54	36	69		5.9	5.6	
			8.73	3.79	10.94	31	13	38				
Мн.бобовые тр.-сено	45.9	40.0	1.38	5.51	9.18	30	120	200		0.8		
			0.78	2.62	5.65	17	57	123				
Мн.злак.травы-семена	25.2	4.0	1.76	0.96	2.42	70	38	96				
			1.01	0.33	1.49	40	13	59				
Пастбища культ.-з/м	103.6	300.0	17.13	3.59	14.63	165	35	141				
			9.77		9.43	94		91				
Всего по хозяйству	2037.7		160.53	108.96	164.84	79	53	81	4.1	51.7	8.5	
			91.62	43.19	94.54	45	21	46				
В т.ч. пашня	1934.1		143.40	105.37	150.21	74	54	78	4.1	51.7	8.5	
			81.85	43.19	85.11	42	22	44				
Пастбища	103.6		17.13	3.59	14.63	165	35	141				
			9.77		9.43	94		91				

мый минимум применения удобрений на почвах с низким содержанием подвижных форм элементов питания. Поэтому выполнение задач по повышению урожайности и увеличению валовых сборов сельскохозяйственных культур требует от специалистов сельского хозяйства резкого подъема культуры земледелия и рационального использования имеющегося небольшого количества удобрений с учетом биологических особенностей культур, материалов почвенно-агрохимических и радиологических исследований.

С помощью ПЭВМ удается быстрее и лучше найти вариант использования удобрений, позволяющий сочетать интересы экономики и экологии.

Расчет доз макро- и микроудобрений на основе результатов обследования почв по отдельным полям и рабочим участкам, распределение их по срокам внесения позволит перейти к широкому использованию в агрономии количественных моделей плодородия почв и продуктивности растений, повышению эффективности, снижению потерь, исключению непроизводительного расходования минеральных удобрений. Такой комплекс программ является хорошей основой улучшения природной среды.

Программные средства по расчету доз минеральных удобрений прошли в 1995 г. производственные испытания на реальной информации хозяйств Ельского района Гомельской области, Волковысского, Грод-

ненского, Дятловского, Зельвенского, Кореличского, Новогрудского, Ошмянского, Слонимского, Сморгонского и Щучинского районов Гродненской области. Комплекс программ признан работоспособным и рекомендован для внедрения во всех областных станциях химизации сельского хозяйства и сельскохозяйственных предприятиях республики по мере их готовности к освоению программных средств по данной проблеме.

Литература

1. Кабата, Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ.—М.: Мир, 1989.— 439 с.
2. Методические указания по разработке системы удобрения сельскохозяйственных культур на ЭВМ и ПЭВМ. БелНИИПА.—Мн., 1993.— 52 с.
3. Внутрихозяйственная оценка земель по эффективности возделывания основных сельскохозяйственных культур в колхозах и госхозах Белорусской ССР. Методические указания. Белгипрозем, БелНИИПА.—Мн., 1990.— 118 с.
4. Голубев А.В. Экономико-экологические проблемы.—М.: Агропромиздат, 1992— 43 с.
5. Руководство по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 1993—1995 гг./Академия аграрных наук Республики Беларусь, БелНИИПА.—Мн., 1993.— 116 с.
6. Применение новых форм минеральных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры: Рекомендации/Минсельхозпрод Республики Беларусь.—Мн.: Уралджай, 1991.