

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО РАПСА И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА

Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, А. А. Грачева, С. М. Зенькова

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Хорошо окультуренные дерново-подзолистые почвы представляют ценность в качестве стратегического резерва. В Беларуси такие почвы составляют основной фонд обрабатываемых земель, из них суглинистые являются наиболее благоприятными для выращивания всех сельскохозяйственных культур с потенциальной продуктивностью на уровне 6–10 т к. ед./га.

Содержание подвижных соединений фосфора и калия в почве – важная характеристика ее плодородия, которая в значительной мере отображает общий уровень окультуренности. В Беларуси принятый интервал оптимальных параметров содержания подвижных фосфатов составляет 150–300 мг/кг почвы, калия – 100–300 мг/кг почвы. По данным последнего тура агрохимических исследований установлено, что доля суглинистых почв, высокообеспеченных подвижным фосфором (более 400 мг/кг почвы) и калием (более 300 мг/кг почвы), составляет соответственно около 4,4 % (42,2 тыс. га) и 32,2 % (309,0 тыс. га) общей обследуемой площади пашни.

Урожайность возделываемых культур до известных пределов возрастает с увеличением содержания фосфора и калия в почве, а эффективность фосфорных и калийных удобрений при этом снижается. Опыт стран с развитым сельским хозяйством показывает, что на почвах высокой обеспеченности доступными для растений соединениями фосфора и калия особая роль в получении высокой урожайности, снижении себестоимости продукции и экологической безопасности отводится прежде всего оптимизации азотного питания сельскохозяйственных культур. В то же время отмечается, что применение моноазотной системы удобрения связано с неизбежным ухудшением фосфатно-калийного и гумусного состояния почвы, а совместное применение органических и минеральных удобрений оказывает благоприятное воздействие на фосфатный и калийный режим почвы.

Оптимизация минерального питания по этапам онтогенеза растений позволяет в большей степени реализовать генетический потенциал продуктивности возделываемых культур и снизить удельные затраты элементов питания на формирование урожайности. Кроме того, важнейшим условием повышения эффективности сельского хозяйства является усиление устойчивости возделываемых культур к погодно-климатическим изменениям, основанное на проведении адаптационных мер, направленных на предотвращение потерь урожая от негативных последствий. В связи с этим современные системы удобрения рапса, зерновых и других культур,

возделываемых на высококультурных почвах, наряду со сбалансированным применением органических, минеральных удобрений и средств защиты растений, должны предусматривать и более интенсивное использование микроудобрений, органоминеральных удобрений, стимуляторов роста растений и т. п. Комплексное их использование в системе удобрения за счет стимуляции метаболизма и усвоения питательных веществ позволит существенно повысить сбор продукции высокого качества.

Для обоснования более эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия в современных условиях используется балансовый метод оптимальных доз минеральных удобрений, который основан на количественных нормативах общего и удельного выноса основных элементов питания с урожаем. Многочисленные исследования по изучению химического состава и уровня накопления элементов питания различными сельскохозяйственными культурами показывают, что вынос элементов питания с единицей урожая не является величиной постоянной и изменяется в тех или иных пределах под действием удобрений, состояния почвенного плодородия, погодных условий. Выявлено, что в результате использования новых интенсивных сортов сельскохозяйственных культур и роста уровня урожайности показатели удельного выноса элементов питания в расчете на 1 т зерна (кг/т) отличаются от установленных ранее справочных нормативов. Так как нормативы выноса элементов питания используются при планировании потребности сельского хозяйства в удобрениях, определении баланса элементов питания, необходимо периодически уточнять средние показатели нормативного выноса элементов питания.

Большое значение в условиях интенсивного земледелия имеет научное обоснование баланса питательных элементов. Основой системы применения удобрений на окультуренных дерново-подзолистых почвах должно быть поддержание за ротацию севооборота бездефицитного баланса азота, фосфора и калия в почвах с оптимальным содержанием этих показателей на основе принципов воспроизводства почвенного плодородия и получения экономически обоснованной продуктивности сельскохозяйственных культур с благоприятным качеством товарной продукции. Показатели баланса питательных элементов позволяют сопоставить вынос их с урожаем основной и побочной продукции и возмещение с удобрениями и другими источниками. Исходной информацией для определения баланса азота, фосфора и калия являются статистические данные о внесении минеральных и органических удобрений, уровнях урожайности и валовых сборах возделываемых сельскохозяйственных культур. Рассчитывается баланс путем сопоставления количества элементов питания, поступивших в почву, с их расходом на создание урожая и непроизводительными потерями. Величина потребления и потерь элементов питания зависит от гранулометрического состава и степени окультуренности почвы, вида, доз и сроков внесения удобрений, агротехнических приемов и многих других условий.

Настоящие рекомендации устанавливают требования к выполнению технологических операций по эффективному использованию удобрений под озимый рапс и зерновые культуры, что при среднегодовом применении 200–233 кг д. в/га минеральных удобрений (в комплексе с микроудобрениями и стимуляторами роста растений для озимых пшеницы и рапса) в звене плодосменного севооборота на

фоне последействия соломистого навоза и сидерата обеспечивает экономически обоснованное получение до 39 ц/га маслосемян озимого рапса с содержанием сырого белка до 22 %, до 76 ц/га зерна озимой пшеницы с содержанием до 30 % клейковины, до 67 ц/га зерна овса при сохранении плодородия дерново-подзолистой высококультуренной суглинистой почвы.

1. СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОГО РАПСА И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЗВЕНЕ ПЛОДОСМЕННОГО СЕВООБОРОТА НА ВЫСКОКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Технологии получения высокой урожайности зерна озимых и яровых зерновых культур и маслосемян рапса должны учитывать их требования, предъявляемые к почвам, предусматривать размещение посевов по лучшим предшественникам, использование новых высокоурожайных сортов интенсивного типа, обеспечение посевов элементами питания под планируемую урожайность с учетом почвенных условий (система применения удобрений), высокое качество обработки почвы, применение интегрированной системы защиты растений от болезней, вредителей и сорняков, своевременное выполнение всего комплекса агротехнических работ.

По своему действию на формирование урожайности, затратам и влиянию на плодородие почвы из всех приемов агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур ведущее место занимает система применения удобрений.

Полевые технологические исследования проведены на опытных полях Института почвоведения и агрохимии в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области на высококультуренной дерново-подзолистой, развивающейся на мощных лессовидных (пылеватых) легких суглинках, суглинистой почве. Почва (Апах.) опытного участка характеризовалась следующим усредненным уровнем агрохимических показателей: pH 6,35, содержание гумуса – 2,6 %, подвижных форм фосфатов – 709 мг/кг и калия – 279 мг/кг почвы (оптимальный уровень кислотности, высокий – гумуса, повышенный – калия и очень высокий – фосфора).

Исследования проводили в стационарном плодосменном севообороте: кукуруза на зеленую массу – яровая пшеница – озимый рапс – озимая пшеница – овес.

Соломистый навоз КРС в дозе 60 т/га и сидерат (зеленая масса редьки масличной) внесены под первую культуру севооборота – кукурузу на зеленую массу. С 60 т/га соломистого навоза влажностью 76 % на 1 га пашни в среднем по 2-м полям внесено: 336 кг азота, 234 кг фосфора и 372 кг калия. С 5,6 т/га сухой биомассы редьки масличной в почву на 1 га в среднем по 2-м полям поступило: 100 кг азота, 47 кг фосфора и 151 кг калия.

Агротехника возделывания озимого рапса и зерновых культур общепринятая в центральной зоне Беларуси для дерново-подзолистых суглинистых почв.

В результате исследований установлено, что показатели удельного выноса основных элементов минерального питания (с 1 т зерна и соответствующим количеством побочной продукции) культурами звена севооборота, возделываемыми на дерново-подзолистой высококультуренной суглинистой почве, отличаются от установленных ранее справочных нормативов и в среднем составляют: для

озимого рапса – 36,1 кг азота, 16,0 – фосфора, 22,5 кг калия; для озимой пшеницы – 21,9 кг азота, 7,7 – фосфора, 9,5 кг калия; для овса – 17,8 кг азота, 12,5 кг фосфора, 21,4 кг калия.

2. СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА

2.1. Система удобрения озимого рапса

Возделывание рапса, как наиболее приспособленной для почвенно-климатических условий нашей республики маслично-белковой культуры, способствует решению проблемы обеспечения страны растительным маслом и кормовым белком. Ежегодно посевные площади озимого рапса составляют 300–370 тыс. га. Рапс – отличный предшественник для зерновых и других сельскохозяйственных культур, достаточно требователен к пищевому режиму и плодородию почв.

Озимый рапс Темптейшен F₁ возделывали в двух последовательно открывающихся полях. Предшественник – яровая пшеница. Минеральные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия применяли в основном внесение, кроме того, карбамид – в подкормки в два (при возобновлении вегетации и в фазу бутонизации) и в три срока (до посева, при возобновлении вегетации и в фазу бутонизации). Кроме того, в качестве некорневой подкормки для озимого рапса применяли: микроудобрения (м/у) МикроСтим-Марганец (1,0 л/га) и МикроСтим-Бор (1,0 л/га) – в фазу бутонизации; стимулятор роста растений (СРР) Аминофол Плюс – в начале возобновления вегетации и в фазу бутонизации озимого рапса (1,0 + 1,0 л/га).

Аминофол Плюс – специальный антистрессовый агрохимикат с высоким содержанием аминокислот. Применение Аминофол Плюс помогает растениям преодолевать стрессовые ситуации, стимулирует метаболизм и усвоение питательных веществ, что существенно повышает урожайность и качество продукции даже при неблагоприятных условиях. Аминокислоты стимулируют физиологию и рост растения, обеспечивая готовым энергетическим резервом биологические процессы в стрессовых ситуациях. Содержит: всего аминокислот – 50,0 %, азот (N) всего – 8,9 %.

В среднем за 2 года исследований за счет плодородия высококультурной дерново-подзолистой суглинистой почвы получено 20,5 ц/га маслосемян озимого рапса и 19,0 ц/га соломы (табл. 1).

Применение полных минеральных систем удобрения в дозах N₃₀₊₉₀₊₆₀P₂₀₋₃₀K₇₀₋₉₀ в комплексе с микроудобрениями обеспечило прибавки урожая на минеральном фоне 12,5 ц/га, органическом фоне с последствием навоза – 11,8 ц/га, сидерата – 12,0 ц/га при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 4,0–4,4 ц маслосемян при урожайности 31,8–38,0 ц/га. Урожайность соломы при таких системах удобрения варьировала в пределах 28,1–39,1 ц/га, условная прибыль составила 287–518 руб./га при рентабельности 113–163 %.

Некорневые обработки посевов рапса стимулятором роста Аминофол Плюс в сложившихся погодных условиях опыта способствовали тенденции роста урожая на органических фонах с последствием навоза и сидерата на 0,9–1,5 ц/га, а на минеральном фоне – тенденцией его снижения на 0,9 ц/га.

Таблица 1

Агроэкономическая эффективность систем удобрения озимого рапса

Система удобрения	Урожайность, ц/га		Прибавка к фону, ц/га маслосемян	Оплата 1 кг N/P/K урожаем маслосемян, ц	Условная прибыль, руб./га	Рентабельность, %
	маслосемян	соломы				
Без удобрений – Фон 1	20,5	19,0	–			
Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	33,0	28,5	12,5	4,2	338	131
Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у**	32,1	29,4	11,6	3,9	261	89
Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у**	32,5	32,1	12,0	4,0	278	94
Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у**	27,5	31,0	7,0	3,9	103	45
Навоз (2-й год ПД***) – Фон 2	26,2	23,7	–			
Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у*	38,0	39,1	11,8	4,4	518	163
Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у**	38,9	39,6	12,7	4,7	518	144
Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у**	37,2	41,8	11,0	4,1	445	127
Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у**	32,2	42,7	6,0	3,4	258	86
Сидерат (2-й год ПД***) – Фон 3	19,8	19,3	–			
Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	31,8	28,1	12,0	4,0	287	113
Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у**	33,3	27,6	13,5	4,5	312	104
Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у**	30,6	29,3	10,8	3,6	197	69
Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у**	28,1	31,1	8,3	4,7	129	55
Фактор А (фон) – НСР ₀₅	3,7	2,0	–			
Фактор В (удобрения) – НСР ₀₅	3,4	1,7				

* Микроудобрение.

** Микроудобрение + стимулятор роста.

*** Последствие.

При перераспределении доз и сроков азотных подкормок с N₃₀₊₉₀₊₆₀ на N₀₊₁₂₀₊₆₀ урожайность маслосемян на органическом фоне с последствием навоза снизилась на 1,7 ц/га, последствием сидерата – на 2,7 ц/га. На минеральном фоне, наоборот, дополнительно получено 0,4 ц/га маслосемян озимого рапса.

Моноазотная система удобрения (N₀₊₁₂₀₊₆₀) была менее эффективной, чем полная, по отношению к изучаемым фонам прибавка урожая маслосемян составила 6,0–8,3 ц/га при урожайности 27,5–32,2 ц/га. Каждый килограмм азотных удобрений окупался 3,4–4,7 ц маслосемян. Условная прибыль составила 103–258 руб./га при рентабельности 45–86 %.

Максимальная урожайность маслосемян на уровне 38,9 ц/га сформирована при комплексном применении полного минерального удобрения N₃₀₊₉₀₊₆₀P₂₀K₇₀, микроудобрений МикроСтим-Марганец, МикроСтим-Бор и стимулятора роста растений Аминофол Плюс. Каждый килограмм минеральных удобрений окупался 4,7 ц/га маслосемян, условная прибыль составила 518 руб./га, рентабельность – 144 %.

Из всего комплекса химических показателей качества семян рапса наиболее значимыми являются содержание в них масла и протеина. Выход белка и масла определялся уровнем урожая и содержанием белка и масла в семенах

озимого рапса. Семена с максимальными показателями содержания масла (49,3–49,9 %) и наименьшим – белка (17,5–19,5 %) получены в фоновых вариантах.

Применение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания белка и снижению – масла. Наибольшее содержание белка в маслосеменах установлено при системах удобрения, применяемых на фоне последействия соломистого навоза (20,9–21,6 %), а также на фоне последействия сидерата с применением полной ($N_{0+120+60}P_{30}K_{90}$) и моноазотной ($N_{0+120+60}$) систем удобрения в комплексе с микроудобрениями и стимулятором роста растений (21,3–21,8 %). Содержание масла в этих вариантах составило 47,8–48,3 % (табл. 2).

Наибольшие сборы белка (7,3–7,4 ц/га) и масла (16,4–16,7 ц/га) получены при применении полного минерального удобрения ($N_{30+90+60}P_{20}K_{70}$) с микроудобрениями и при дополнительном использовании стимулятора роста растений на органическом фоне с последействием соломистого навоза.

Таблица 2

Показатели качества маслосемян озимого рапса

Система удобрения	Содержание, %		Выход, ц/га	
	белка	масла	белка	масла
Без удобрений – Фон 1	19,2	49,3	3,5	9,0
Фон 1 + $N_{30+90+60}P_{30}K_{90}$ + м/у*	20,5	47,9	6,0	14,1
Фон 1 + $N_{30+90+60}P_{30}K_{90}$ + м/у**	19,7	48,1	5,6	13,7
Фон 1 + $N_{0+120+60}P_{30}K_{90}$ + м/у**	19,6	48,4	5,7	14,0
Фон 1 + $N_{0+120+60}$ + м/у**	19,4	48,4	4,8	11,8
Навоз (2-й год ПД***) – Фон 2	19,5	49,7	4,5	11,6
Фон 2 + $N_{30+90+60}P_{20}K_{70}$ + м/у*	21,6	48,6	7,3	16,4
Фон 2 + $N_{30+90+60}P_{20}K_{70}$ + м/у**	21,8	48,3	7,4	16,7
Фон 2 + $N_{0+120+60}P_{20}K_{70}$ + м/у**	20,9	48,4	6,9	16,0
Фон 2 + $N_{0+120+60}$ + м/у**	21,4	48,4	6,1	13,8
Сидерат (2-й год ПД***) – Фон 3	17,5	49,9	3,1	8,8
Фон 3 + $N_{30+90+60}P_{30}K_{90}$ + м/у*	20,3	47,9	5,7	13,6
Фон 3 + $N_{30+90+60}P_{30}K_{90}$ + м/у**	20,6	47,6	6,1	14,1
Фон 3 + $N_{0+120+60}P_{30}K_{90}$ + м/у**	21,3	47,8	5,8	13,0
Фон 3 + $N_{0+120+60}$ + м/у**	21,8	47,8	5,5	12,0
Фактор А (фон) – НСР ₀₅	0,3	0,5	–	
Фактор В (удобрения) – НСР ₀₅	0,3	0,4		

* Микроудобрение.

** Микроудобрение + стимулятор роста.

*** Последействие.

Наиболее эффективными системами удобрения при возделывании озимого рапса в звене севооборота оказались следующие:

- комплексное применение полного минерального удобрения в дозе $N_{30+90+60}P_{20}K_{70}$ в сочетании с микроудобрениями МикроСтим-Марганец, МикроСтим-Бор отдельно и при введении в систему удобрения стимулятора роста растений Аминофол Плюс на фоне 2-го года последействия навоза. Такие системы

удобрения обеспечивают получение с 1 га 38,0–38,9 ц маслосемян с содержанием 21,6–21,8 % белка, 48,3–48,4 % жира при 7,3–7,4 ц выхода сырого белка и 16,4–16,7 ц масла, 39,1–39,6 ц соломы, 518 руб. условного чистого дохода при 144–163 % рентабельности;

- комплексное применение полного минерального удобрения в дозе $N_{30+90+60}P_{30}K_{90}$ в сочетании с микроудобрениями МикроСтим-Марганец, МикроСтим-Бор, а также при добавлении в систему удобрения стимулятора роста растений Аминофол Плюс на фоне 2-го года последствий сидерата. Данные системы удобрения способствуют получению с 1 га 31,8–33,3 ц маслосемян с содержанием 20,3–20,6 % белка, 47,6–47,9 % жира при 5,5–6,1 ц выхода сырого белка и 12,0–13,8 ц масла, 27,6–28,1 ц соломы, 287–312 руб. условного чистого дохода при 104–113 % рентабельности.

При возделывании озимого рапса на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве с высоким содержанием подвижных соединений фосфора и повышенным содержанием калия возможно применение моноазотной системы удобрения (N_{180}) на фоне последствий соломистого навоза и сидерата. Такие системы удобрения обеспечивают получение с 1 га 28,1–32,2 ц маслосемян с содержанием 21,4–21,8 % белка, 47,8–48,4 % жира при 5,7–6,1 ц выхода сырого белка и 13,6–14,1 ц масла, 31,1–42,7 ц соломы, 129–258 руб. условного чистого дохода при 55–86 % рентабельности.

2.2. Система удобрения озимой пшеницы

Озимая пшеница – одна из наиболее продуктивных и ценных культур, зерно которой используется для продовольственных целей. В Республике Беларусь в последние годы посевные площади под этой культурой составляют порядка 600 тыс. га, или 27 % всей площади пашни. Характерными особенностями культуры являются более высокая потребность в элементах питания, менее развитая корневая система и ее слабая усваивающая способность. Основную массу элементов питания (более 60 %) растения озимой пшеницы потребляют до начала колошения. Наибольшая потребность в азоте определяется в период кущения, фосфора – в первые дни после всходов, а также в более поздние сроки – от выхода в трубку до цветения, когда он оказывает положительное влияние на образование семян. В этот же период (от выхода в трубку до цветения) потребляется и основное количество калия.

Озимую пшеницу сорта Элегия возделывали в двух последовательно открывающихся полях. Предшественник – озимый рапс. Минеральные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия применяли в основное внесение. Азотные удобрения в виде карбамида вносили в три срока (при возобновлении вегетации, стадию 1 узла и фазу флаг-листа) и в четыре срока (при посеве, возобновлении вегетации, стадию 1 узла и фазу флаг-листа). В качестве некорневой подкормки на посевах культуры использовали: микроудобрение МикроСтим-Медь, Марганец (1,0 + 1,0 л/га) – в стадию 1 узла и фазу флаг-листа; стимулятор роста растений Экогум АФ (2,0 + 2,0 л/га) – в начале возобновления вегетации и фазу флаг-листа.

Экогум АФ – гуминовое удобрение нового поколения с повышенной способностью проникновения через клеточные мембраны и большей физиологической

активностью по сравнению с аналогами. Гуминовые и фульвокислоты, входящие в состав Экогум АФ, оказывают непосредственное влияние на клеточные оболочки, повышая их проницаемость и транспорт минеральных соединений в активные метаболические места. Экогум АФ содержит: гуминовые кислоты 40 г/л и фульвокислоты, азот (N – 200 г/л), фосфор (P_2O_5 – 90 г/л) и более 30 элементов минеральных и органических веществ.

Урожайность зерна озимой пшеницы в фоновых вариантах варьировала в пределах 40,3–44,5 ц/га, соломы – 21,9–28,5 ц/га. Применение минеральных удобрений способствовало существенному повышению урожайности как основной, так и побочной продукции. За счет минеральных удобрений в дозах $N_{0+70+40+50}P_{20-35}K_{35-60}$ в комплексе с микроудобрением МикроСтим-Медь, Марганец дополнительно получено 22,1–25,6 ц/га зерна при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 8,8–10,9 кг зерна. При таких системах удобрения получено 61–151 руб./га чистого дохода при 24–58 % рентабельности (табл. 3).

Таблица 3

Агроэкономическая эффективность систем удобрения озимой пшеницы

Система удобрения	Урожайность, ц/га		Прибавка к фону, ц/га зерна	Оплата 1 кг N/NPK урожаем зерна, кг	Условная прибыль, руб./га	Рентабельность, %
	зерна	соломы				
Без удобрений – Фон 1	42,1	28,5	–			
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^*$	67,7	47,3	25,6	10,2	93	33
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	74,3	44,8	32,2	12,9	160	52
$N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	70,0	44,5	27,9	11,2	112	38
$N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	64,0	43,3	21,9	13,7	104	49
Навоз (3-й год ПД***) – Фон 2	44,5	22,4	–			
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^*$	67,9	42,9	23,4	10,9	151	58
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	75,1	45,5	30,6	14,2	236	82
Фон 2 + $N_{20+60+40+40}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	75,8	46,0	31,3	14,6	244	84
Фон 2 + $N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	75,2	42,2	30,7	19,2	276	110
Сидерат (3-й год ПД***) – Фон 3	40,3	21,9	–			
Фон 3 + $N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^*$	62,4	43,2	22,1	8,8	61	24
Фон 3 + $N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	69,1	43,1	28,8	11,5	139	48
Фон 3 + $N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	70,2	39,7	29,9	12,0	153	52
Фон 3 + $N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	67,3	42,0	27,0	16,9	176	78
НСР ₀₅ (фактор А _{фон})	5,0	4,6	–			
НСР ₀₅ (фактор В _{варианты})	4,5	4,2				

* Микроудобрение.

** Микроудобрение + стимулятор роста.

*** Последствие.

Дополнительные двукратные подкормки посевов озимой пшеницы стимулятором роста растений Экогум АФ способствовали достоверному увеличению урожайности зерна на 6,6–7,2 ц/га зерна (10–11 %). При таких системах удобрения получено 139–236 руб./га чистого дохода при 48–82 % рентабельности.

Перераспределение доз и азотных удобрений с $N_{0+70+40+50}$ на $N_{20+60+40+40}$ на фонах с последствием соломистого навоза и сидерата было малоэффективным приемом с тенденцией роста урожая зерна на 0,7–1,1 ц/га. На минеральном фоне при этом отмечено снижение урожая на 4,3 ц/га.

Моноазотные системы удобрения на фонах с последствием навоза и сидерата несущественно уступали полным по уровню урожайности, а каждый килограмм азотных удобрений окупался 16,9–19,2 кг зерна при 176–276 руб./га чистого дохода и 78–110 % рентабельности. На фоне без использования органических удобрений при исключении из системы удобрения фосфорных и калийных удобрений отмечено достоверное снижение урожайности зерна на 6,0 ц/га (см. табл. 3).

Одними из наиболее важных показателей качества зерна озимой пшеницы является содержание белка и клейковины. Наименьшим содержанием белка (9,6 %) характеризовалось зерно, полученное в варианте без удобрений, а также на органических фонах 3-го года последствия соломистого навоза и сидерата (10,7–10,9 %). Зерно, полученное в варианте без удобрений и на фоне последствием сидерата с содержанием клейковины на уровне 23,4–23,7 %, относится к 3 классу качества (табл. 4).

Таблица 4

Показатели качества зерна озимой пшеницы

Система удобрения	Содержание, %		Выход, ц/га	
	белка	клейковины	белка	клейковины
Без удобрений – Фон 1	9,6	23,7	3,5	57,3
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^*$	12,9	28,4	7,5	92,0
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	13,0	28,0	8,3	101,0
$N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	13,0	27,5	7,8	95,2
$N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	12,9	27,2	7,1	87,0
Навоз (3-й год ПД ^{***}) – Фон 2	10,9	22,0	4,2	60,5
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^*$	12,9	29,2	7,5	92,3
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	13,1	29,9	8,4	102,1
Фон 2 + $N_{20+60+40+40}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	13,2	30,3	8,6	103,0
Фон 2 + $N_{20+60+40+40} + м/у^*$	13,1	30,0	8,4	102,3
Сидерат (3-й год ПД ^{***}) – Фон 3	10,7	23,4	3,7	54,7
Фон 3 + $N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^*$	12,7	28,6	6,8	84,9
Фон 3 + $N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	12,9	28,9	7,6	94,0
Фон 3 + $N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	12,9	29,3	7,8	95,5
Фон 3 + $N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	12,9	29,2	7,4	91,5
Фактор А (фон) – НСР ₀₅	0,3	1,0	–	
Фактор В (удобрения) – НСР ₀₅	0,3	0,9		

* Микроудобрение.

** Микроудобрение + стимулятор роста.

*** Последствие.

Азотные удобрения – основное средство повышения белковости зерна. Их применение в составе полного удобрения обеспечило по опыту получение зерна с содержанием белка 12,7–13,2 %.

Некорневые подкормки посевов озимой пшеницы стимулятором роста растений, изменение кратности доз азотных удобрений с их перераспределением по фазам вегетации, исключение фосфорных и калийных удобрений из системы удобрения не оказали значимого влияния на изменение содержания сырого протеина.

Практически при всех изучаемых минеральных системах удобрения полученное зерно относится ко 2 классу качества (содержание клейковины не менее 28 %). Максимальные значения показателя (30,0–30,3 %) характерны для минеральных систем удобрения на фоне последствия соломистого навоза.

Наиболее эффективными системами удобрения при возделывании озимой пшеницы в звене севооборота оказались следующие:

- комплексное применение полного минерального удобрения ($N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35}$ и $N_{20+60+40+40}P_{20}K_{35}$ в сочетании с микроудобрением МикроСтим-Медь, Марганец и стимулятором роста растений Экогум АФ на фоне 3-го года последствия соломистого навоза. В результате с 1 га получено 75,1–75,8 ц зерна 2 класса качества с содержанием 13,1–13,2 % белка, 29,9–30,3 % клейковины, 45,5–46,0 ц соломы при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 14,2–14,6 кг зерна, 236–244 руб. условной прибыли и 82–84 % рентабельности;
- комплексное применение полного минерального удобрения ($N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60}$ и $N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60}$) в сочетании с микроудобрением МикроСтим-Медь, Марганец и стимулятором роста растений Экогум АФ на фоне 3-го года последствия сидерата, за счет чего с 1 га получено 69,1–70,2 ц зерна 2 класса качества с содержанием 12,9 % белка, 28,9–29,3 % клейковины, 39,7–43,1 ц соломы при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 11,5–12,0 кг зерна, 139–153 руб. условной прибыли и 48–52 % рентабельности.

При возделывании озимой пшеницы на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве с высоким содержанием подвижных соединений фосфора и повышенным – калия возможно использование моноазотной системы удобрения (N_{160}) на фоне последствия соломистого навоза и сидерата. Такие системы удобрения обеспечивают получение с 1 га 67,3–75,2 ц зерна с содержанием 12,9–13,1 % белка, 29,2–30,0 % клейковины при 7,4–8,4 ц выхода сырого белка и 91,5–102,3 ц клейковины, 42,0–42,2 ц соломы, 176–276 руб. условного чистого дохода при 78–110 % рентабельности.

2.3. Система удобрения овса

Около 80 % получаемого зерна овса расходуется на кормление скота. Овес хорошо использует последствие органических удобрений, поэтому размещается в севооборотах третьей-пятой культурой после внесения органических удобрений. Он менее требователен к условиям произрастания и кислотности почвы, чем другие яровые зерновые культуры, обладает высоким потенциалом биологической продуктивности. Ежегодно посевные площади овса в стране составляют порядка 135 тыс. га.

Овес сорта Квант, завершающую культуру севооборота, возделывали в двух последовательно открывающихся полях. Предшественник – озимая пшеница. На посевах овса азотные подкормки проводили в два приема: однократно – в основное внесение и в два срока – в основное внесение и в стадию 1-го узла.

В среднем за 2 года исследований урожайность зерна в фоновых вариантах достигала 46,9–51,3 ц/га, соломы – 37,6–43,4 ц/га. При таких системах удобрения содержание белка в зерне было наименьшим по опыту – 7,4–7,7 %.

Минеральные удобрения оказали положительное достоверное влияние на повышение урожайности зерна культуры. Применение $N_{60}P_{20-35}K_{35-60}$ способствовало дополнительному сбору урожая 10,6–16,2 ц/га зерна, при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 7,1–12,6 кг зерна овса. Содержание белка при этом возросло, составив 7,9–9,5 %.

Дополнительная азотная подкормка посевов в стадию 1-го узла культуры, не оказав существенного влияния на повышение урожайности зерна, способствовала достоверному росту белковости зерна до 10,1–10,5 %.

Моноазотные системы удобрения (N_{90}) обеспечили получение дополнительных 8,3–12,3 ц/га зерна при урожайности 59,2–59,5 ц/га, уступая полным минеральным системам в урожае основной продукции на 2–7 %. В этих вариантах каждый 1 кг азотных удобрений окупался 8,2–13,7 кг зерна.

Азотные удобрения оказали достоверное положительное влияние на увеличение содержания белка в зерне овса. По отношению к изучаемым фонам при внесении азотных удобрений в дозе N_{60} содержание белка увеличилось на 0,5–1,8 %, в дозе N_{90} в составе полного удобрения – 1,5–2,8, в дозе N_{90} (моноазот) – 2,1–2,5, в дозе N_{60+30} – 2,2–2,8 % (табл. 5).

Таблица 5

Агроэкономическая эффективность систем удобрения овса

Система удобрения	Урожайность, ц/га		Прибавка к фону, ц/га зерна	Оплата 1 кг N/ПК урожая зерна, кг	Содержание белка, %	Выход белка, ц/га	Условная прибыль, руб./га	Рентабельность, %
	зерна	соломы						
Без удобрений – Фон 1	49,5	37,6	–	–	7,4	3,2	–	–
$N_{60}P_{30}K_{60}$	60,1	39,2	10,6	7,1	7,9	4,1	–22	–
$N_{60+30}P_{30}K_{60}$	62,0	51,6	12,5	7,0	10,1	5,4	–43	–
$N_{90}P_{30}K_{60}$	64,3	47,3	14,8	9,0	8,9	4,9	–22	–
N_{90}	59,5	41,2	10,0	8,2	9,9	5,1	2	2
Навоз (4-й год ПД*) – Фон 2	51,3	42,4	–	–	7,7	3,4	–	–
Фон 2 + $N_{60}P_{20}K_{35}$	65,8	58,5	14,5	12,6	9,5	5,4	40	27
Фон 2 + $N_{60+30}P_{20}K_{35}$	66,5	58,5	15,2	10,5	10,5	6,0	18	10
Фон 2 + $N_{90}P_{20}K_{35}$	63,9	59,3	12,6	8,7	10,5	5,8	–3	–
Фон 2 + N_{90}	59,6	51,1	8,3	9,2	9,8	5,0	4	4
Сидерат (4-й год ПД*) – Фон 3	46,9	43,4	–	–	7,4	3,0	–	–
Фон 3 + $N_{60}P_{30}K_{60}$	63,1	52,0	16,2	10,8	8,9	4,8	–6	–
Фон 3 + $N_{60+30}P_{30}K_{60}$	64,5	51,0	17,6	9,8	10,2	5,7	–21	–
Фон 3 + $N_{90}P_{30}K_{60}$	60,7	53,4	13,8	7,7	9,3	4,9	–54	–
Фон 3 + N_{90}	59,2	46,7	12,3	13,7	9,6	4,9	0	–
НСР ₀₅ (фактор $A_{фон}$)	$F_{факт.} < F_{05}$	6,4	–		0,5	–		
НСР ₀₅ (фактор $B_{варианты}$)	3,3	5,8						

* Последствие.

Тем не менее полученные прибавки урожая зерна овса не компенсировали затраты на закупку и внесение минеральных удобрений, практически все применяемые системы удобрения оказались убыточны. На минеральном фоне исключение составил вариант с применением N_{90} , где условная прибыль составила 2 руб./га при рентабельности 2 %. На органическом фоне с последствием соломистого навоза за счет применения $N_{60}P_{20}K_{35}$, $N_{60+30}P_{20}K_{35}$ и N_{60} условная прибыль составила 4–40 руб./га при рентабельности 4–27 %.

Наилучшими системами удобрения овса при возделывании в звене севооборота оказалось комплексное применение полного минерального удобрения $N_{60}P_{20}K_{35}$ и $N_{60+30}P_{20}K_{35}$ на фоне 4-го года последствия соломистого навоза, за счет чего с 1 га получено 65,8–66,5 ц зерна с содержанием 9,5–10,5 % белка, 58,5 ц соломы при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 10,5–12,6 кг зерна, 18–40 руб./га условной прибыли и 10–27 % рентабельности.

При возделывании овса на высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве с высоким содержанием подвижных соединений фосфора и повышенным – калия возможно (при дефиците фосфорных и калийных удобрений) использование моноазотной системы удобрения (N_{90}) на фоне последствия соломистого навоза. Такая система удобрения обеспечивает получение с 1 га 59,6 ц зерна с содержанием 9,8 % белка при 5,0 ц выхода сырого белка, 51,1 ц соломы, 4 руб. условного чистого дохода при 4 % рентабельности.

3. ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

В результате сельскохозяйственного использования почвы претерпевают существенные изменения, при этом изменяется интенсивность процессов превращения и миграции элементов питания, потребления и вынос их растениями. Величина потребления и потерь элементов питания зависит от гранулометрического состава и степени окультуренности почвы, характера ее сельскохозяйственного использования, вида, доз и сроков применения удобрений, агротехнических приемов и других условий. Что предопределяет необходимость периодического уточнения приходных и расходных статей баланса элементов питания. Для объективной оценки эффективности применяемых систем удобрения целесообразно проводить балансовые расчеты не менее чем за 5 лет (ротацию севооборота). Необходимо определить тот уровень применения удобрений, который обеспечивал бы максимальную продуктивность при сбалансированности элементов питания. Основой системы применения удобрений на окультуренных дерново-подзолистых почвах должно быть поддержание за ротацию севооборота бездефицитного баланса фосфора, калия в почвах с оптимальными их показателями на основе принципов воспроизводства почвенного плодородия.

Оптимальные параметры интенсивности баланса азота, предложенные Институтом почвоведения и агрохимии, для суглинистых почв при среднегодовой продуктивности культур севооборота более 6 т к. ед/га составляют 130–140 %. Оптимальные параметры интенсивности баланса фосфора при высоком содержании его под-

вижных форм (301–400 мг/кг) составляют 40–50 %, баланса калия при содержании подвижных форм калия 200–300 мг/кг – 100–120 %. Приведенные данные в таблице 7 свидетельствуют, что за севооборот расход основных элементов питания в основном превышал их поступление (табл. 6).

Таблица 6

Баланс элементов питания и продуктивность культур звена севооборота на высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве

Среднегодовая доза удобрений за звено севооборота	Баланс элементов питания*, ±			Интенсивность баланса, %			Среднегодовая продуктивность, т к. ед/га
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Без удобрений – Фон 1	–101	–59	–104	21	3	10	5,5
N ₁₃₃ P ₃₀ K ₇₀	–43	–51	–71	81	37	52	8,2
N ₁₄₃	–34	–72	–119	84	10	17	7,4
Соломистый навоз – Фон 2	–56	–20	–53	69	71	62	6,0
Фон 2 + N ₁₃₃ P ₂₀ K ₄₇	–15	–21	–43	95	77	76	8,9
Фон 2 + N ₁₄₃	–13	–37	–72	95	59	56	8,6
Сидерат – Фон 3	–53	–40	–57	54	22	42	5,2
Фон 3 + N ₁₃₃ P ₃₀ K ₇₀	2	–27	–15	101	59	88	8,2
Фон 3 + N ₁₄₃	7	–50	–69	103	23	41	7,5

* Баланс элементов питания рассчитан за севооборот.

Согласно балансовым расчетам, оптимальными системами удобрения, способствующими сохранению почвенного плодородия при высоком уровне продуктивности, следует считать:

- внесение минеральных удобрений в среднегодовых дозах N₁₄₃ и N₁₃₃P₂₀K₄₇ на органическом фоне с применением соломистого навоза, где при продуктивности звена севооборота на уровне 8,6–8,9 т к. ед/га, обеспечивается интенсивность азота 95 %, фосфора – 59–77, калия – 56–76 % при сохранении достигнутого уровня плодородия почвы. Следует отметить, что применение моноазотной системы удобрения при повышенном и высоком содержании подвижных фосфатов и калия в почве возможно только в течение одной ротации с целью недопущения деградации фосфатного и калийного состояния;

- внесение минеральных удобрений в среднегодовой дозе N₁₃₃P₃₀K₇₀ на органическом фоне с заделкой зеленой массы сидерата, что при продуктивности звена севооборота на уровне 8,2 т к. ед/га, обеспечивается интенсивность азота 101 %, фосфора – 59 и калия – 88 % при сохранении достигнутого уровня плодородия почвы. При этом следует учитывать, что степень минерализации питательных веществ из сидерата в первый год использования в 2 раза выше, чем из подстилочного навоза, а основная масса питательных элементов легко-гидролизуема и доступна в основном первой и второй культуре севооборота.

Технологические схемы применения удобрений при возделывании озимого рапса и зерновых культур в звене плодосменного севооборота на высокоокультуренных дерново-подзолистых суглинистых почвах приведены в таблице 7.

Таблица 7

Системы удобрения озимого рапса и зерновых культур в звене плодосменного севооборота на высококультуренных дерново-подзолистых суглинистых почвах

Культура	Дозы удобрений, кг д. в/га	Формы удобрений	Сроки применения
Органические удобрения вносят под первую культуру севооборота			
Озимый рапс	$N_{0-30}P_{20-30}K_{70-90}$	Карбамид или КАС, аммофос, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, комплексные удобрения: 6-20-30; 8-18-25; 7-16-31; 5-16-35 (В, Мн, S, регулятор роста)	До посева
	N_{90-120}	Карбамид, сульфат аммония или КАС	Весной в начале вегетации
	N_{60}	Карбамид	В фазу бутонизации
	$Mn_{0,075} B_{0,15}$	Жидкие хелатные микроудобрения МикроСтим-Марганец (1,0 л/га), МикроСтим-Бор (1,0 л/га)	Некорневая подкормка в фазу бутонизации
	СРР*	Аминофол Плюс (1,0 л/га) и др. Расход рабочего раствора 200 л/га	Некорневые подкормки: 1-я – в начале возобновления весенней вегетации; 2-я – в фазу бутонизации
Озимая пшеница	$N_{0-20}P_{20-30}K_{35-60}$	Карбамид или КАС, аммофос, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, комплексные удобрения: 5-16-35; 7-21-36; 7-16-31	До посева
	N_{60-70}	Карбамид или КАС в разведении с водой в соотношении 1:3	Весной в начале вегетации
	N_{40}	Карбамид	В фазе появления флагового листа
	$Cu_{0,05}Mn_{0,05}$	Жидкие хелатные микроудобрения МикроСтим-Медь Л (0,65 л/га), МикроСтим-Марганец (1,0 л/га), МикроСтим-Медь, Марганец (1,0 л/га)	Некорневые подкормки: 1-я – в стадию 1-го узла; 2-я – в фазу появления флагового листа
Озимая пшеница	СРР*	Экогум АФ (2,0 л/га), Экосил (0,06 л/га) и др. Расход рабочего раствора 200 л/га	Некорневые подкормки: 1-я – в начале возобновления весенней вегетации; 2-я – в фазу появления флагового листа
Овес	$N_{60}P_{20}K_{35}$	Карбамид или КАС, аммофос, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, комплексные удобрения: 13-11-18; 16-12-20; 14-11-19; 13-8-17 (Cu, Mn, S, регулятор роста)	До посева
	Дополнительная подкормка посевов для повышения содержания белка в зерне		
	N_{30}	Карбамид	В стадию 1-го узла

* Стимулятор роста растений.

FERTILIZER SYSTEM FOR THE CULTIVATION OF WINTER RAPESEED AND GRAIN CROPS IN THE CROP ROTATION LINK

E. G. Mezentseva, O. G. Kulesh, A. A. Gracheva, S. M. Zenkova

Summary

The developed recommendations for highly cultivated sod-podzolic loam soils consider new methodological and practical provisions for the effective use of fertilizer systems depending on the level of intensification of winter rapeseed and grain crops cultivation in the crop rotation link. A new regulatory framework is presented for the complex use of macro- and micro-fertilizers, plant growth stimulants against the background of the post-action of straw manure and siderate.

Requirements have been established for the implementation of technological operations for the effective use of fertilizers for winter and spring crops with a yield of up to 7,6 t/ha of grain and winter rape up to 3,9 t/ha of oilseeds in the link of fruit-shifting crop rotation of various levels of intensification, preservation of the fertility of sod-podzolic loamy soils.

УДК 631.8:633.353:631.445.2

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ УДОБРЕНИЙ ПОД КОРМОВЫЕ БОБЫ НА ЗЕРНО НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, Т. М. Кирдун, Ю. А. Симанкова

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем животноводства Республики Беларусь является дефицит растительного белка в кормовом рационе, что приводит к значительному перерасходу зерновых культур или другого корма с невысоким содержанием белка.

По зоотехническим нормам в кормовой единице должно содержаться 105–115 г сырого белка. Фактическое содержание белка в кормах, заготавливаемых в Беларуси, составляет 75–80 г/к. ед., или около 75 % нормы. Для того чтобы сбалансировать корм по белку, в республике существует практика закупки зерна сои и соевого шрота за рубежом. Однако эту проблему можно решить расширением посевных площадей под зернобобовыми культурами.

Наряду с соей и горохом, большой интерес в качестве источника протеина представляют кормовые бобы с содержанием сырого белка, в зависимости от сорта, погодных условий и технологии возделывания, от 25 до 33 %. Кормовые бобы относятся к биологически ценным кормам. В 1 кг зерна содержится 1,10–1,29 кормовых единиц и 230–300 г переваримого протеина. В белке семян бобов основную часть (50–78 %) занимает водорастворимая фракция. Переваримость