

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОГО РАПСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

**Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, А. А. Грачёва,
С. М. Зенькова, Я. С. Красноженова**

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

ВВЕДЕНИЕ

Возделывание рапса, как наиболее приспособленной для почвенно-климатических условий нашей страны маслично-белковой культуры, способствует решению проблемы обеспечения страны растительным маслом и кормовым белком. Ежегодно посевные площади рапса составляют 400–500 тыс. га, из них озимого – 85–95 %. Потенциальная урожайность районированных сортов и гибридов достигает 50–65 ц/га маслосемян. Однако средняя урожайность культуры в Беларуси в производственных условиях остаётся невысокой – на уровне 18–19 ц/га [1, 2]. Это обусловлено не только низкой зимостойкостью озимого рапса в отдельные годы, но и несовершенной технологией его возделывания. Успешное выращивание рапса предполагает тщательное и своевременное выполнение технологических рекомендаций: дифференцированная основная обработка почвы в зависимости от предшественника; почвенных и климатических условий; рациональная система удобрения; соблюдение технологии посева высокопродуктивными сортами культуры в оптимальные сроки; интегрированная защита посевов в течении всего вегетационного периода [3–7].

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. При этом около четверти площадей дерново-подзолистых почв характеризуются избыточным содержанием подвижных соединений фосфора [8].

Урожайность возделываемых культур до известных пределов возрастает с увеличением содержания фосфора и калия в почве, тогда как эффективность фосфорных и калийных удобрений при этом снижается. Опыт стран с развитым сельским хозяйством показывает, что на почвах высоко обеспеченных доступными для растений соединениями фосфора и калия особая роль в получении высокой урожайности и снижении себестоимости продукции, 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 [9, 10].

Цель исследований – установление наиболее эффективных агробиотехнологических приемов возделывания озимого рапса на дерново-подзолистой высокоокультуренной суглинистой почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2022–2023 гг. в стационарном технологическом опыте на дерново-подзолистой высококультуренной суглинистой почве в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области в звене стационарного зернопропашного севооборота: кукуруза на зелёную массу (2020–2021 гг.) – яровая пшеница (2021–2022 гг.) – озимый рапс (2022–2023 гг.). Первую культуру звена севооборота (кукурузу на зелёную массу) возделывали по трём технологиям: минеральная, органоминеральная с внесением навоза, органоминеральная биологизированная с заделкой сидерата. До закладки опыта почва (Апах.) опытного участка характеризовалась следующим усредненным уровнем агрохимических показателей: рН – 6,35, содержание гумуса – 2,6 %, подвижных форм фосфатов – 709 мг/кг и калия – 279 мг/кг почвы. Почва характеризуется оптимальным для сельскохозяйственных культур уровнем кислотности и содержания калия, средним – гумуса, очень высоким – фосфора [8].

Опыт развернут в пространстве в 2 полях. Всего в опыте 15 вариантов в четырехкратной повторности. Общая площадь каждой делянки – 24 м². Соломистый навоз КРС в дозе 60 т/га и сидерат (зелёная масса редьки масличной) внесены под кукурузу.

Озимый рапс Темптейшен F1 возделывали в двух последовательно открывающихся полях. Обработка почвы включала вспашку и предпосевную культивацию на глубину 10–12 см. Минеральные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия применяли в основное внесение, кроме того, карбамид – в подкормки согласно схемам опыта (табл. 1–4) 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 л/га) и МикроСтим Бор (1,0 л/га) – в фазу бутонизации; стимулятор роста растений (СР) Аминофол Плюс – в начале возобновления вегетации и в фазу бутонизации озимого рапса (1,0 + 1,0 л/га). Агротехника возделывания озимого рапса общепринятая в центральной зоне Беларуси для дерново-подзолистых суглинистых почв [11, 12].

Агрохимический анализ почвенных образцов включал определение: рН_{KCl} – потенциометрическим методом в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); содержания гумуса – по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-84); подвижных форм P₂O₅ и K₂O в 0,2 М вытяжке HCl – по методу А. Г. Кирсанова с последующим определением фосфора фотоколориметрическим методом, калия – методом пламенной фотометрии (ГОСТ 26207-91).

При уборке рапса с каждой делянки опытного участка отбираются растительные образцы для определения содержания сухого вещества (высушиванием в сушильном шкафу при температуре 100–105°C) и элементов питания. В растительных образцах из одной навески после мокрого озоления по методу ЦИНАО (1976) определяли: содержание общего азота – фотоколориметрически (индофенольным методом) (ГОСТ 13496.4-93), фосфора – (ванадомолибдатным методом) (ГОСТ 26657-85); калия – на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 26570-95); масличность семян рапса – на инфракрасном спектрофотометре «Infraneo».

На формирование урожая культур, наряду с питанием растений, большое влияние оказывает водный и температурный режимы почв и воздуха в течение вегетационного периода растений. Как избыток, так и недостаток влаги и тепла негативно сказывается на урожае культур. Наиболее информативными величинами

для характеристики оптимального водного и теплового режимов почв и растений являются среднемноголетние показатели осадков и температуры воздуха (рис. 1–2) [13].

Метеорологические условия 2022 г. в апреле-мае характеризовались высокой влажностью (осадков выпало соответственно на 184 и 34 % выше нормы) и пониженной теплообеспеченностью (среднесуточные температуры были ниже нормы на 2–3 °С) (рис. 1, 2).

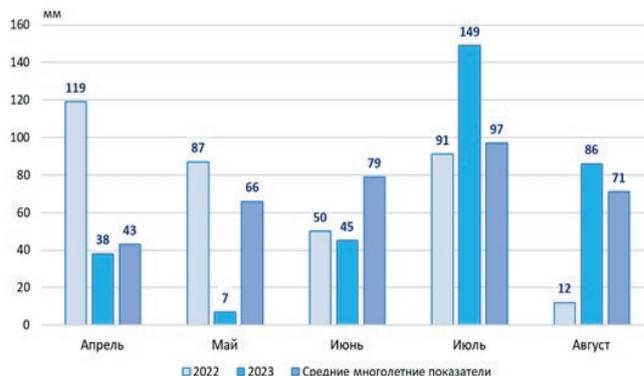


Рис. 1. Условия увлажнения вегетационных периодов

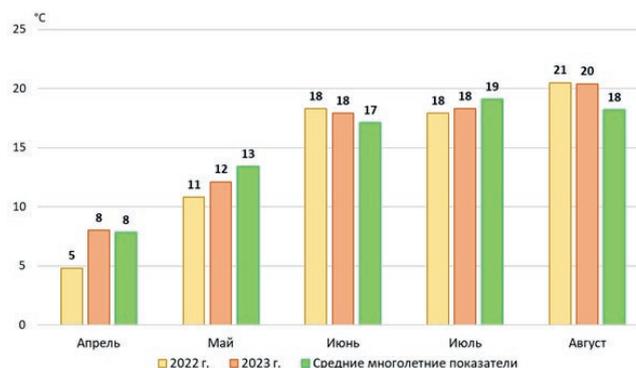


Рис. 2. Температурный режим вегетационных периодов

В дальнейшем количество осадков сократилось в июне и составило 64 % нормы, в июле – на уровне среднемноголетнего показателя, а в августе – 17 %. В периоды, когда отмечался дефицит осадков, устанавливалась жаркая погода. Благодаря почвенным запасам влаги, сформированным за зимний период и обильным осадкам в апреле-мае, растения озимого рапса практически не испытывали дефицита в воде в критические фазы роста и развития, что позволило получить высокий урожай маслосемян (табл. 1).

Апрель, июль и август 2023 г. характеризовались достаточным количеством выпавших осадков – 88–145 % нормы (среднемноголетний показатель) на фоне благоприятных среднесуточных температур. Май был сухим и прохладным – выпало всего 10 % нормы при снижении среднесуточных температур на 1,3 °С. В июне количество выпавших осадков составило всего лишь 57 % нормы (рис. 1, 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сложившиеся погодные условия оказали определённое влияние на уровень сформированного урожая маслосемян. В условиях 2023 г. полученная урожайность семян озимого рапса по опыту была ниже в 1,6 раза (табл. 1), соломы – в 2,7 раза по отношению к предыдущему году исследования.

Таблица 1

Эффективность систем удобрения при возделывании озимого рапса на дерново-подзолистой суглинистой почве

Вариант	Урожайность маслосемян (11 % вл.), ц/га			Прибавка к фону, ц/га маслосемян	Урожайность соломы (16 % вл.), 2022–2023 гг.	Оплата 1 кг N/P/K урожая маслосемян, ц
	2022 г.	2023 г.	среднее			
1. Без удобрений – Фон 1	26,6	14,4	20,5	–	19,0	–
2. Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у	37,0	29,0	33,0	12,5	28,5	4,2
3. Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	37,3	26,9	32,1	11,6	29,4	3,9
4. Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	39,4	25,6	32,5	12,0	32,1	4,0
5. Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	35,0	20,0	27,5	7,0	31,0	3,9
6. Подстилочный навоз (2-й год последействия) – Фон 2						
7. Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у	44,1	31,8	38,0	11,8	39,1	4,4
8. Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у*	47,1	30,6	38,9	12,7	39,6	4,7
9. Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у*	44,0	30,3	37,2	11,0	41,8	4,1
10. Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	39,9	24,4	32,2	6,0	42,7	3,4
11. Сидераты (2-й год последействия) – Фон 3						
12. Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у	37,8	25,7	31,8	12,0	28,1	4,0
13. Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	39,1	27,5	33,3	13,5	27,6	4,5
14. Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	36,6	24,5	30,6	10,8	29,3	3,6
15. Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	35,9	20,3	28,1	8,3	31,1	4,7
Фактор А (фон) – НСР ₀₅	3,7	3,1	3,0		2,0	–
Фактор В (удобрения) – НСР ₀₅	4,2	3,4	3,4		1,7	
Взаимодействие – НСР ₀₅	F _{факт.} < F ₀₅					

* дополнительные некорневые подкормки посевов стимулятором роста растений Аминофол Плюс.

В среднем за 2 года исследований по опыту урожайность маслосемян культуры составила 19,8–38,9 ц/га, соломы – 19,0–42,7 ц/га с наибольшими значениями в вариантах с применением комплекса макро– и микроудобрений, стимулятора роста на органическом фоне с последствием навоза. В вариантах с применением полных минеральных удобрений прибавки урожая на минеральном фоне составили 11,6–12,5 ц/га, органическом фоне с последствием навоза – 11,0–12,7 ц/га, сидерата – 10,8–13,5 ц/га при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 3,6–4,7 ц маслосемян. Некорневые обработки посевов озимого рапса стимулятором роста были малоэффективны с тенденцией роста урожая на органических фонах с последствием навоза и сидерата на 0,9–1,5 ц/га, а на минеральном фоне с тенденцией его снижения на 0,9 ц/га. Перераспределение доз и сроков азотных подкормок с $N_{30+90+60}$ на $N_{0+120+60}$ обусловило снижение урожайности маслосемян на органическом фоне с последствием навоза на 1,7 ц/га, сидерата – на 2,7 ц/га. На минеральном фоне, наоборот, дополнительно получено 0,4 ц/га маслосемян озимого рапса.

Установлено, что в среднем за 2 года исследований моноазотная система удобрения ($N_{0+120+60}$) была менее эффективной по отношению к полной на всех изучаемых фонах – недобор урожая по опыту составил 2,5–5,0 ц/га.

Максимальная урожайность маслосемян (38,9 ц/га) сформирована при комплексном применении полного минерального удобрения $N_{30+90+60}P_{20}K_{70}$, микроудобрений МикроСтим-Марганец, МикроСтим-Бор и стимулятора роста растений Аминофол Плюс при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 4,7 ц/га маслосемян (табл. 1).

Из всего комплекса химических показателей качества семян рапса наиболее значимыми являются содержание в них масла и протеина. Исследователи отмечают, что в семенах масличных культур белки и жиры находятся в динамическом равновесии. Причем, увеличение количества масла снижает содержание белков и, наоборот [14]. В наших исследованиях семена с максимальными показателями содержания масла (49,3–49,9 %) и наименьшим – белка (17,5–19,5 %) получены в фоновых вариантах. Установлено, что накопление жира в маслосеменах не зависело от погодных условий – в среднем за 2 года исследований показатели варьировались в пределах 47,6–48,6 % (табл. 2).

В среднем за 2 года исследований наибольшее содержание белка в маслосеменах установлено при системах удобрения, применяемых на фоне последствия солоमистого навоза (20,9–21,6 %), а также на фоне последствия сидерата в вариантах 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 (21,3–21,8 %).

Наибольшие значения сбора белка (7,3–7,7 ц/га), масла (16,4–16,7 ц/га) и кормовых единиц (77,5–79,3 ц/га) получены при применении полного минерального удобрения с микроудобрениями отдельно ($N_{30+90+60}P_{20}K_{70} + м/у$) и при дополнительном использовании стимулятора роста растений на органическом фоне с последствием соломистого навоза.

Комплексное применение полного минерального удобрения в дозе $N_{30+90+60}P_{20}K_{70}$ в сочетании с микроудобрениями МикроСтим-Марганец, МикроСтим-Бор и стимулятора роста растений Аминофол Плюс на фоне 2-го года последствия навоза обеспечило получение маслосемян с содержанием 21,4 % белка, 48,3 % жира при 7,4 ц/га выхода сырого белка и 79,3 ц/га выхода кормовых единиц (табл. 2).

Таблица 2

Показатели качества маслосемян озимого рапса в зависимости от системы удобрения

Вариант	Содержание, %		Выход, ц/га		
	масла	белка	масла	белка	кормовых единиц
1. Без удобрений – Фон 1	49,3	19,2	9,0	3,5	41,8
2. Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у	47,9	20,5	14,1	6,0	67,3
3. Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	48,1	19,7	13,7	5,6	65,4
4. Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	48,4	19,6	14,0	5,7	66,3
5. Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	48,4	19,4	11,8	4,8	56,1
6. Подстилочный навоз (2-й год последствий) – Фон 2	49,7	19,5	11,6	4,5	53,5
7. Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у	48,6	21,6	16,4	7,3	77,5
8. Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у*	48,3	21,4	16,7	7,4	79,3
9. Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у*	48,4	20,9	16,0	6,9	75,8
10. Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	48,4	21,4	13,8	6,1	65,6
11. Сидераты (2-й год последствий) – Фон 3	49,9	17,5	8,8	3,1	40,4
12. Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у	47,9	20,3	13,6	5,7	64,8
13. Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	47,6	20,6	14,1	6,1	67,9
14. Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	47,8	21,3	13,0	5,8	62,3
15. Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	47,8	21,8	12,0	5,5	57,4
Фактор А (фон) – НСР ₀₅	0,5	0,3	–		
Фактор В (удобрения) – НСР ₀₅	0,4	0,3			
Взаимодействие – НСР ₀₅	F _{факт} < F ₀₅				

* дополнительные некорневые подкормки посевов стимулятором роста растений Аминофол Плюс.

Анализ химического состава растительных образцов озимого рапса показал, что в маслосеменах содержится 2,80–3,49 % азота, 1,52–1,60 % фосфора и 0,82–0,94 % калия, в соломе – 0,61–1,06 % азота, 0,21–0,39 % фосфора и 1,54–2,20 % калия. Установлено, что применяемые системы удобрения достоверно увеличивали содержание азота в маслосеменах на органическом и сидератном фонах, а также – калия во всех вариантах на сидератном фоне. Отмечено достоверное увеличение азота, фосфора и калия в соломе озимого рапса, возделываемого в варианте и последствием солоमистого навоза, относительно неудобреного варианта и последствия сидерата (табл. 3).

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, роста уровня урожайности показатели удельного выноса элементов питания в расчёте на 1 т зерна (кг/т) отличаются от установленных ранее справочных нормативов [15]. 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.

Таблица 3

**Содержание основных элементов питания в маслосеменах
и соломе озимого рапса**

Вариант	Маслосемена			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений – Фон 1	3,08	1,60	0,85	0,67	0,24	1,67
2. Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у	3,29	1,52	0,91	0,61	0,22	1,54
3. Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	3,15	1,56	0,88	0,77	0,27	1,85
4. Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	3,14	1,54	0,86	0,83	0,26	1,92
5. Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	3,11	1,54	0,85	0,78	0,24	1,70
6. Подстилочный навоз (2–й год последствия) – Фон 2	3,12	1,57	0,85	0,99	0,36	2,20
7. Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у	3,45	1,58	0,90	0,96	0,36	2,12
8. Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у*	3,43	1,59	0,91	1,02	0,35	2,02
9. Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у*	3,35	1,57	0,87	1,04	0,39	1,88
10. Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	3,43	1,58	0,89	0,92	0,21	1,91
11. Сидераты (2–й год последствия) – Фон 3	2,80	1,58	0,82	0,66	0,23	1,96
12. Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у	3,24	1,53	0,89	0,85	0,25	1,83
13. Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	3,29	1,57	0,94	0,90	0,26	1,98
14. Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	3,41	1,55	0,92	1,06	0,34	1,74
15. Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	3,49	1,59	0,86	0,77	0,27	1,63
Фактор А (фон) – НСР ₀₅	0,18	0,05	0,03	0,18	0,10	0,23
Фактор В (удобрения) – НСР ₀₅	0,16	0,05	0,03	0,16	F _{факт} < F ₀₅	
Взаимодействие – НСР ₀₅	F _{факт} < F ₀₅	0,12	0,07	F _{факт} < F ₀₅		

* дополнительные некорневые подкормки посевов стимулятором роста растений Амино-фол Плюс.

На основании полученных экспериментальных данных рассчитаны показатели выноса основных элементов питания озимым рапсом. Наименьшие значения хозяйственного выноса характерны для фоновых вариантов: N – 57,5–89,2 кг/га, P₂O₅ – 30,8–42,3, K₂O – 41,3–61,6 кг/га. С повышением уровня минерального питания

вынос элементов питания растениями рапса увеличился, составив по опыту: N – 98,5–148,5 кг/га, P₂O₅ – 43,9–64,6, K₂O – 65,2–99,6 кг/га.

Согласно обобщённым справочным данным [15], с 1 т маслосемян и соответствующим количеством соломы в среднем выносятся 58 кг азота, 29 кг фосфора и 26 кг калия. В наших исследованиях удельный вынос в фоновых вариантах составил: N – 29,3–34,1 кг/га, P₂O₅ – 15,6–16,3, K₂O – 19,3–22,9 кг/га. При системе удобрения, обеспечившей в условиях года получение максимальной урожайности маслосемян (38,9 ц/га), удельный вынос составил: N – 38,4 кг/га, P₂O₅ – 16,7, K₂O – 24,3 кг/га (табл. 4).

Таблица 4

Вынос основных элементов питания озимым рапсом

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений – Фон 1	65,9	32,3	41,3	31,9	15,8	19,3
2. Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у	112,2	50,1	64,8	33,8	15,1	19,2
3. Фон 1 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	110,2	51,3	72,1	34,0	15,9	21,8
4. Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	113,8	51,2	79,5	34,6	15,7	23,0
5. Фон 1 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	98,5	43,9	65,2	34,9	15,8	22,2
6. Подстилочный навоз (2-й год последействия) – Фон 2	89,2	42,3	61,6	34,1	16,3	22,9
7. Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у	146,5	63,5	99,6	38,4	16,8	25,5
8. Фон 2 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у*	147,9	64,6	97,1	38,4	16,7	24,3
9. Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₂₀ K ₇₀ + м/у*	148,5	63,7	97,9	39,5	17,2	25,2
10. Фон 2 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	131,2	52,7	93,7	40,6	16,4	28,4
11. Сидераты (2-й год последействия) – Фон 3	57,5	30,8	45,7	29,3	15,6	21,3
12. Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у	111,2	48,9	68,1	35,0	15,5	21,1
13. Фон 3 + N ₃₀₊₉₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	116,6	52,3	73,1	35,3	15,7	21,5
14. Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ P ₃₀ K ₉₀ + м/у*	119,1	49,3	69,0	38,6	16,2	21,5
15. Фон 3 + N ₀₊₁₂₀₊₆₀ + м/у*	109,3	46,2	65,2	38,2	16,6	22,3

* дополнительные некорневые подкормки посевов стимулятором роста растений Аминофол Плюс.

Таким образом, наиболее эффективной при возделывании озимого рапса следует признать систему удобрения, включающую комплексное применение полного минерального удобрения в дозе N₃₀₊₉₀₊₆₀P₂₀K₇₀ в сочетании с микроудобрением МикроСтим-Марганец, МикроСтим-Бор и стимулятора роста растений Аминофол Плюс на фоне 2-го года последействия навоза. Что обеспечивает получение 38,9 ц/га маслосемян с содержанием 21,4 % белка, 48,3 % жира при 7,4 ц/га выхода сырого белка и 79,3 ц/га выхода кормовых единиц, а удельный вынос основных элементов питания составляет: N – 38,4 кг/га, P₂O₅ – 16,7, K₂O – 24,3 кг/га.

ВЫВОДЫ

Изучена эффективность различных систем удобрения озимого рапса, возделываемого на дерново-подзолистой высококультуренной почве. Выявлено, что в среднем за 2 года исследований урожайность маслосемян озимого рапса составила 19,8–38,9 ц/га, соломы – 19,0–42,7 ц/га. При исключении из системы удобрения фосфорных и калийных удобрений недобор урожая маслосемян составил 2,5–5,0 ц/га.

Наиболее эффективным является комплексное применение полного минерального удобрения $N_{30+90+60}P_{20}K_{70}$ в сочетании с микроудобрениями МикроСтим-Марганец, МикроСтим-Бор и стимулятором роста растений Аминофол Плюс на фоне 2-го года последствия соломистого навоза, обеспечившее получение 38,9 ц/га маслосемян с содержанием 21,4 % белка, 48,3 % масла при 7,4 ц/га выхода сырого белка и 79,3 ц/га выхода кормовых единиц. При такой системе удобрения каждый килограмм минеральных удобрений окупался 4,7 кг маслосемян.

На основании полученных экспериментальных данных уточнены показатели удельного выноса основных элементов питания озимым рапсом, которые в зависимости от применяемой системы удобрения и уровня урожайности составили (кг/т): N – 31,8–37,9, P_2O_5 – 15,8–16,2, K_2O – 21,2–22,9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенцева, Е. Г. Рапс – основная масличная культура в Республике Беларусь / Е. Г. Мезенцева // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 2(69). – С. 71–83.
2. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Беларуси. Статистический сборник [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo>. – Дата доступа 21.03.2024 г.
3. Милащенко, Н. З. Технология выращивания и использования рапса и сурепицы / Н. З. Милащенко, В. Ф. Абрамов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
4. Пиллюк, Я. Э. Рапс – белковый компонент концентрированных кормов / Я. Э. Пиллюк. – Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1(110). – С. 40–42.
5. Пиллюк, Я. Э. Технология возделывания сортов озимого и ярового рапса качества «канола» на маслосемена (рекомендации) / Я. Э. Пиллюк, О. А. Пикун, В. В. Зеленьяк. – Жодино: НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – 2010. – 42 с.
7. Шаганов, И. А. Рапсовое поле Беларуси: практ. рук. по освоению интенсивной технологии возделывания озимого рапса на маслосемена / И. А. Шаганов. – М.: Равноденствие, 2008. – 70 с.
8. Рапс и сурепица (выращивание, уборка, использование) / Д. Шпаар [и др.]. – М., 2007. – 319 с.
9. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича: Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 276 с.
10. Динамика содержания фосфатов различной растворимости в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высокими запасами фосфора / О. Г. Кулеш [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 1(64). – С. 94–104.

11. Кулеш О. Г. Трансформация калийного состояния высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в условиях применения калий-дефицитных систем удобрения / О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 1(66). – С. 51–59.

12. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых и технических растений: сборник отраслевых регламентов; под общ. ред. академиков НАН Беларуси В. Г. Гусакова и Ф. И. Привалов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – 506 с.

13. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 460 с.

14. Погода и климат [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=26850>. – Дата доступа: 08.11.2023.

15. Кефели, В. И. Физиология растений с основами микробиологии: уч. пособие / В. И. Кефели, О. Д. Сидоренко. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 186–188.

16. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.

EFFECTIVENESS OF FERTILIZER SYSTEMS FOR WINTER RAPE ON SODD-PODZOL LOAM SOIL

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

Summary

The most effective in cultivating winter rapeseed was the use of complete mineral fertilizer $N_{30+90+60}P_{20}K_{70}$ in combination with microfertilizers MicroStim-Manganese, MicroStim-Boron and plant growth stimulator Aminofol Plus against the background of the 2nd year of aftereffect of straw manure, which ensured the production of 38,9 c/ha of oil seeds containing 21,4 % protein, 48,3 % oil with 7,4 c/ha of crude protein yield and 79,3 c/ha of feed unit yield. With such a fertilization system, each kilogram of mineral fertilizers paid for 4,7 kg of oil seeds In a technological experiment on sod-podzolic loamy soil.

The standards for the specific removal of basic nutrients by winter rapeseed have been clarified. They make up are (kg/t): N – 31,8–37,9, P_2O_5 – 15,8–16,2, K_2O – 21, 2–22,9 in depending on the fertilizer system used and the level of yield.

Поступила 25.04.24