УДК 631.82: 633.11: 633.854.78 DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.03

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЧЕРНОЗЁМЕ ОБЫКНОВЕННОМ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ

В.Г. Сычев[1], ак. РАН, Ю.И. Гречишкина[2], д.с.-х.н., А.В. Матвиенко[3], В.П. Егоров[3]
[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», 127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 31, ainfo@vniia-pr.ru
[2]ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», 355017, Россия, Ставропольский край, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, lnwg@mail.ru
[3]Ставропольский филиал ФГБУ «Агрохимическая служба России», 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 65, stavhim@mail.ru

Представлены результаты четырехлетнего (2020–2023 г.) производственного опыта, проведенного на обыкновенном чернозёме в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. Исследование оценивало агрономическую и экономическую эффективность последействия различных доз минеральных удобрений в системе комплексного питания сельскохозяйственных культур (озимая пшеница, подсолнечник) в звене севооборота. Опыт включал четыре варианта: 1 – контроль; 2 – технология хозяйства ($N_5P_5K_5$)*; 3 – научно обоснованная доза* ($N_{48}P_{48}K_{48}$)*, рассчитанная на планируемую урожайность; 4 – доза для комплексного агрохимического окультуривания полей* ($N_{80}P_{80}K_{80}$)*, направленная на оптимизацию почвенного плодородия. Результаты показали, что все варианты с внесением удобрений обеспечили достоверную прибавку урожайности. Наибольший агрономический эффект отмечен в варианте с дозой для КАХОП. В первый год исследований прибавка урожайности озимой пшеницы к контролю составила 68% (2,88 т/га). Последействие этого варианта было значительным и на второй год озимой пшеницы (прибавка 29%), что подтверждает его роль в обеспечении питания в рамках всего севооборота. Подсолнечник также положительно отреагировал на повышенные дозы удобрений, хотя прибавки были менее выраженными (3–4%). Экономический анализ выявил различия между относительной и абсолютной эффективностью. Вариант с внесением минеральных удобрений по технологии хозяйства показал наибольшую окупаемость 1 рубля затрат (6,12 руб.), но обеспечил наименьший условный чистый доход (16,8 тыс. руб/га). Несмотря на более низкую окупаемость 1 рубля затрат (3,68 руб.), вариант с дозой для КАХОП обеспечил максимальный условно чистый доход – 39,0 тыс. руб/га, что более чем в 2 раза превысило показатели других вариантов. Таким образом применение повышенных доз минеральных удобрений по системе КАХОП наиболее эффективно с агрономической точки зрения и, несмотря на высокие первоначальные затраты, обеспечивает максимальную абсолютную экономическую отдачу. Исследование демонстрирует целесообразность дифференцированного подхода к нормированию удобрений в зависимости от экономических возможностей хозяйства и его долгосрочных стратегий, ориентированных на устойчивое повышение почвенного плодородия и прибыльности.*

Ключевые слова: комплексное питание растений, чернозём обыкновенный, пшеница озимая, подсолнечник, окупаемость удобрений, последействие удобрений.

Для цитирования: *Сычев В.Г., Гречишкина Ю.И., Матвиенко А.В., Егоров В.П.* Эффективность комплексного питания сельскохозяйственных культур на чернозёме обыкновенном в Центральном Предкавказье// Плодородие. – 2025. – №6. – С. 19-22. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.03.

Черноземы, обладая значительным естественным плодородием, составляют основу агропромышленного комплекса и продовольственной безопасности России. Однако их ресурсный потенциал исчерпаем, и нерациональное землепользование, в частности, отход от научно обоснованных систем применения удобрений, ведёт к возникновению дефицитного баланса питательных веществ и прогрессирующей деградации почв [2, 5, 7]. Особенно остро эта проблема стоит в зонах рискованного земледелия, к которым относится Центральное Предкавказье с его характерным неустойчивым увлажнением [1].

В не простых экономических условиях аграрии стараются минимизировать расходы на применение минеральных удобрений, что часто хорошо окупается в краткосрочной перспективе, но может привести к существенным проблемам в будущем. Так применение заниженных доз удобрений ($N_{5-10}P_{5-10}K_{5-10}$) не обеспечивает воспроизводство почвенного плодородия и не реализует генетический потенциал культур [6, 8].

В противовес данному подходу стратегия комплексного агрохимического окультуривания полей направлена не только на получение текущего урожая, но и на целенаправленное обеспечение комплексного питания для последующих культур севооборота [9, 10].

Для сравнения двух данных подходов следует рассматривать не только агрономический эффект от применения минеральных удобрений (прибавка урожайности), но и экономическую составляющую [4]. А для повышенных доз удобрений требуется комплексная оценка, учитывающая не только прибавку урожая за один год, но и кумулятивный эффект за ротацию севооборота.

Цель исследования — определить эффективность последействия минеральных удобрений при

обеспечении комплексного питания сельскохозяйственных культур в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Задачи исследования — оценить прибавку урожайности сельскохозяйственных культур и экономическую эффективность применения различных доз минеральных удобрений в многолетнем производственном опыте.

Методика. В качестве объектов исследований выступают чернозём обыкновенный, озимая пшеница, подсолнечник. Опыт многолетний, однофакторный, производственный. Выполнен в четырех повторностях. Площадь опытных делянок 2,4 га. Период проведения исследования – 2020-2023 г.

Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным малогумусированным среднемощным тяжелосуглинистым. Участок расположен на территории СПК «Дубовский» Шпаковского муниципального округа Ставропольского края.

Перед закладкой производственного опыта были определены основные агрохимические показатели опытного участка для пахотного слоя почвы (0-20 см). Содержание гумуса составило 2,3 %, реакция почвенного раствора – нейтральная ($pH_{водн.}$ 8,0). Количество подвижных форм фосфора (P_2O_5) в среднем по участку равно 17 мг/кг почвы, что соответствует средней обеспеченности, а калия – 246 мг/кг, что также соответствует средней обеспеченности этим элементом питания.

Для лабораторных исследований использовали следующие методики: pH по ГОСТу 17.5.4.01–84, содержание подвижных фосфора и калия по ГОСТу 26205-91, органического вещества по ГОСТу 26213-2021.

В опыте исследовали эффективность доз минеральных удобрений, определённых различными способами. Закладка и внесение удобрений проведены в 2020 г. под основную обработку почвы, в последующие годы удобрения вносили единообразно во всех вариантах в соответствии с технологическими картами хозяйства.

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений).
2. Технология хозяйства – $N_5P_5K_5$.
3. Научно обоснованная доза – $N_{48}P_{48}K_{48}$.
4. Доза для комплексного агрохимического окультуривания полей (КАХОП) – $N_{80}P_{80}K_{80}$.

Технология хозяйства отражает его текущие экономические возможности, внесена нитроаммофоска – 30 кг/га в физической массе.

Научно обоснованная доза удобрений рассчитана на планируемый урожай с учётом почвенного плодородия опытного участка, для неё использована нитроаммофоска – 300 кг/га в физической массе.

Доза для КАХОП составлена с учётом доведения агрохимических показателей до оптимальных значений с внесением нитроаммофоски – 500 кг/га в физической массе.

Исследование проведено в звене севооборота: горох (предшественник) – озимая пшеница – озимая пшеница – подсолнечник. Сорт озимой пшеницы – Капризуля, подсолнечника — НСХ 6012.

Агротехника сельскохозяйственных культур — общепринятая для зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

Учёт урожайности проводили в оптимальные сроки методом прямого комбайнирования. Результаты исследований подвергали статистической обработке [3].

Результаты и их обсуждение. Температурный режим исследуемых сельскохозяйственных годов представлен в таблице 1.

1. Среднесуточные температуры воздуха за годы исследований, °С

Месяц	Сельскохозяйственные годы			Средние многолетние значения
	2020-2021	2021-2022	2022-2023	
Август	22,8	24,1	24,4	20,9
Сентябрь	19,7	14,3	17,8	15,9
Октябрь	14,6	8,4	11,3	9,3
Ноябрь	3,3	5,6	5,7	3,5
Декабрь	-1,4	2,4	0,2	-0,6
Январь	0,5	-0,5	-1,1	-3,4
Февраль	-1,4	2,5	-1,5	-2,8
Март	1,0	0,0	6,8	1,7
Апрель	9,7	11,9	10,2	9,7
Май	16,8	13,3	14,6	14,9
Июнь	20,3	21,5	20,0	19,0
Июль	25,0	21,7	22,7	21,8
***Среднее* за год**	11,0	10,5	11,0	9,2

Среднесуточные температуры воздуха в опыте несколько отличались от средних многолетних значений. Наиболее тёплыми были периоды 2020-2021 и 2022-2023 г. (11,0 °С), что на 1,8 °С превысило климатическую норму. Год 2021-2022 также был теплее нормы и превысил её на 1,3 °С.

Исследуемые периоды также характеризуются неравномерностью температурного режима по месяцам. Наблюдались как аномально теплые зимы, способствующие ослаблению озимых, так и экстремально теплые весенние месяцы, ускоряющие фенологические фазы развития растений.

Выпадение осадков в период наблюдений также характеризовалось значительной межгодовой и внутрисезонной изменчивостью, суммарное годовое количество осадков в течение всех лет наблюдений превышало среднее многолетнее значение (табл. 2).

2. Сумма осадков за годы исследований, мм

Месяц	Сельскохозяйственные годы			Средние многолетние значения
	2020-2021	2021-2022	2022-2023	
Август	5	94	26	53
Сентябрь	3	97	73	42
Октябрь	8	31	37	44
Ноябрь	53	40	27	41
Декабрь	7	24	15	38
Январь	32	35	9	28
Февраль	89	25	83	25
Март	55	28	57	30
Апрель	72	27	16	47
Май	112	113	189	63
Июнь	68	98	93	86
Июль	75	72	43	54
Суммарная за год	579	684	668	551

Наиболее влажным был 2021-2022 сельскохозяйственный год, выпавшие осадки составили 124 % от нормы. Годы 2020-2021 и 2022-2023 также были достаточно обеспечены влагой, в целом суммарные осадки составили от нормы 105 и 121 % соответственно.

В целом погодные условия в период проведения опытов можно охарактеризовать как нестабильные. Чередование засух в критические периоды (посев озимых в 2020 г.) с годами избыточного увлажнения (вегетация

2022 и 2023 г.) негативный, но характерный фактор для зоны неустойчивого увлажнения.

Несмотря на несколько не типичные погодные условия, применяемые в опыте дозы удобрений смогли обеспечить прибавку урожайности сельскохозяйственных культур. Все результаты исследований за 3 года показали статистически достоверный результат (табл. 3).

3. Влияние удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, т/га

Вариант, показатель	Озимая пшеница				Подсолнечник	
	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка
1. Контроль (без удобрений)	4,21	-	4,37	-	1,47	-
2. Технология хозяйства	5,27	1,06	4,58	0,21	1,48	0,01
3. Научно обоснованная доза	5,59	1,38	4,71	0,33	1,52	0,05
4. Доза для КАХОП	7,09	2,88	5,68	1,31	1,54	0,07
$НСР_{05}$	0,74	-	0,36	-	0,03	-
F_{05}	6,39	-	6,39	-	6,39	-
$F_ф$	21,80	-	21,92	-	8,67	-
Sx%	4,60	-	2,57	-	0,67	-

В 2021 г. озимая пшеница во всех вариантах опыта продемонстрировала отзывчивость на применяемые дозы минеральных удобрений. Максимальный эффект обеспечил вариант с внесением дозы для КАХОП, прибавка в нём составила 68 % к контролю. Второй по эффективности – вариант с научно обоснованной дозой внесения удобрений, прибавка в котором составила 32 % к контролю. Наименьший результат обеспечила технология хозяйства, где прибавка составила 25 % к контролю.

В 2022 г. оценивали последействие доз применяемых удобрений на посевах озимой пшеницы. Достоверную прибавку в этот год исследований обеспечил только вариант с дозой удобрений для КАХОП, прибавка в котором составила 29 % к контролю. Полагаем, что данный результат вполне прогнозируем, так даже научно обоснованная доза рассчитывается исходя из потребности сельскохозяйственных культур на 1 сезон, а комплексные дозы удобрений для КАХОП призваны обеспечить оптимальные условия питания во всём севообороте.

В 2023 г. на посевах подсолнечника достоверную прибавку урожайности продемонстрировали варианты опыта с научно обоснованной дозой минеральных удобрений и дозой для КАХОП. Прибавка урожайности на них к контролю составила 3 и 4 % соответственно. На начальных этапах развития растения подсолнечника были хорошо обеспечены запасами влаги, за счёт чего смогли сформировать эффективную корневую систему и использовать дополнительные элементы питания из почвы.

Несмотря на то, что вариант опыта с обеспечением комплексного питания сельскохозяйственных культур был эффективен с агрономической точки зрения, необходимо рассмотреть экономический аспект использования данной дозы удобрений (табл. 4).

Технология хозяйства показала наибольшую окупаемость 1 рубля затрат за счёт первоначальных низких вложений. При этом относительно низкая суммарная прибавка урожайности смогла дать наименьший условный чистый доход – 16,8 тыс. руб/га.

4. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений за 2021-2023 годы

Вариант, показатель	Затраты на удобрения, руб/га			Прибавка за 3 года, з.е. т/га	Стоимость прибавки, руб/га	Окупаемость 1 руб. затрат, руб.	Условный чистый доход, руб/га
	стоимость	внесение	всего				
1. Контроль (б/у)	-	-	-	-	-	-	-
2. Технология хозяйства	2655	625	3280	1,52	20070	6,12	16790
3. Научно обоснованная доза	8550	325	8875	1,96	26330	2,97	17455
4. Доза для КАХОП	14250	325	14575	4,01	53610	3,68	39035

Вариант с научно обоснованной дозой внесения минеральных удобрений обладает более низкой окупаемостью 1 рубля затрат, но имеет повышенный условный чистый доход.

Несмотря на то, что окупаемость 1 рубля затрат в варианте с дозой для КАХОП ниже, чем в варианте с технологией хозяйства, этот вариант обеспечивает максимальный условный чистый доход, который более чем в 2 раза превышает доход в других вариантах. Это наглядно иллюстрирует разницу между относительной (окупаемость) и абсолютной (чистый доход) экономической эффективностью.

Доза внесения минеральных удобрений для обеспечения комплексного питания растений является не только инструментом оперативного повышения урожайности, но и способом поддержания плодородия почвы. Применение данной дозы не только компенсирует вынос элементов с урожаем, но и способствует накоплению их в почве, создавая основу для стабильно высоких урожаев в последующие годы, что не учитывается в расчетах за один цикл, но имеет долгосрочную экономическую ценность.

Выводы. На основании проведённого исследования эффективности комплексного питания сельскохозяйственных культур на обыкновенном чернозёме в условиях Центрального Предкавказья сделаны следующие выводы.

Применение доз минеральных удобрений для обеспечения комплексного питания растений обеспечило максимальную прибавку урожайности озимой пшеницы и подсолнечника. Наибольшая прибавка урожайности озимой пшеницы отмечена в первый год исследования (до 68% к контролю), последействие удобрений сохранялось и в последующие годы, особенно в варианте с дозой для КАХОП. Подсолнечник также положительно отреагировал на внесение научно обоснованной дозы и дозы для КАХОП, хотя прибавки были менее выраженными (3–4%).

Наибольшая окупаемость 1 рубля затрат получена при использовании технологии хозяйства ($N_5P_5K_5$), однако этот вариант дал наименьший условный чистый

доход. Вариант с дозой для КАХОП, несмотря на более низкую окупаемость 1 рубля затрат по сравнению с другими вариантами, обеспечил максимальный условный чистый доход – 39,0 тыс. руб/га.

Результаты исследования подтверждают целесообразность применения дифференцированных доз удобрений в зависимости от экономических возможностей хозяйства и долгосрочных целей. Для аграриев, ориентированных на максимальную прибыль, рекомендуется внедрение доз комплексного питания, несмотря на более высокие первоначальные затраты.

Литература

1. *Влияние* погодно-климатических условий на генетико-физиологическую систему растений озимой пшеницы в засушливых условиях Центрального Предкавказья / А. Н. Есаулко, Е. В. Письменная, Е. В. Голосной [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17. – № 1(62). – С. 136-150. – DOI 10.18470/1992-1098-2022-1-136-150.
2. *Гречишкина, Ю. И.* Баланс элементов питания в почве под ведущими сельскохозяйственными культурами Ставропольского края / Ю. И. Гречишкина, В. П. Егоров, А. В. Матвиенко // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37. – № 7. – С. 5-8. – DOI 10.53859/02352451_2023_37_7_5.
3. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. — Изд. 6-е, стер. — М.: Альянс, 2011. — 351 с.
4. *Изучение* эффективности минеральных удобрений на подсолнечнике в открытом грунте при орошении в условиях Волгоградской области / О. Г. Чамурлиев, А. Н. Сидоров, А. А. Холод, Г. О. Чамурлиев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4(68). – С. 69-76. – DOI 10.32786/2071-9485-2022-04-08. – EDN KNQHEG.
5. *Несмеянова, М. А.* Приемы повышения плодородия почвы и их эффективность при возделывании подсолнечника / М. А. Несмеянова, А. В. Дедов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 4. – С. 16-22.
6. *Овсянников, Ю. А.* К 50-летию доклада Римскому клубу "Пределы роста". Потенциал России в решении мировой продовольственной проблемы / Ю. А. Овсянников // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 6(221). – С. 88-98. – DOI 10.32417/1997-4868-2022-221-06-88-98.
7. *Осипов, А. И.* История научных исследований в агрохимиии и перспективы применения удобрений в России / А. И. Осипов, В. П. Якушев, В. В. Якушев // Агрохимический вестник. – 2020. – № 2. – С. 73-80. – DOI 10.24411/1029-2551-2020-10028.
8. *Федяев, К. С.* Современные особенности использования сельскохозяйственных земель / К. С. Федяев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2(73). – С. 250-255.
9. *Чеботарев, Н. Т.* Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на продуктивность агроценозов Европейского Северо-Востока / Н. Т. Чеботарев, О. В. Броварова // Аграрная наука. – 2022. – № 5. – С. 87-92. – DOI 10.32634/0869-8155-2022-359-5-87-92.
10. *Heyneke, Elmien & Hoefgen, Rainer*, (2021). Meeting the complexity of plant nutrient metabolism with multi-omics approaches. Journal of Experimental Botany. 72. 2261-2265.

THE EFFECTIVENESS OF COMPLEX NUTRITION OF AGRICULTURAL CROPS ON COMMON CHERNOZEM IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL CISCAUCASIA

Sychev V.G.[1], Grechishkina Yu.I.[2], Matvienko A.V.[3], Egorov V.P.[3]
[1]All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, str. Pryanishnikova, 31, 127434, Russia, ainfo@vniia-pr.ru
[2]Stavropol State Agrarian University"Stavropol State Agrarian University" 355017, Russia, Stavropol Territory, Stavropol, lane. Zootechnical 12, lnwg@mail.ru
[3]Stavropol branch of the Federal State Budgetary Institution "Agrochemical Service of Russia", 356241, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, Nikonova str., 65, stavhim@mail.ru

The article presents the results of a three-year (2020-2023) production experience conducted on ordinary chernozem in the zone of unstable humidification of the Central Ciscaucasia. The study assessed the agronomic and economic effectiveness of the aftereffect of various doses of mineral fertilizers in the system of complex nutrition of agricultural crops (winter wheat, sunflower) in the crop rotation. The experience included four options: control; farming technology (N5P5K5); scientifically based norm (N48P48K48), calculated for the planned yield; the norm for complex agrochemical cultivation of fields (N80P80K80), aimed at optimizing soil fertility. The results showed that all fertilization options provided a significant increase in yield. The greatest agronomic effect was noted on the variant with the norm for agricultural farming. In the first year of the study, the increase in winter wheat yield to the control was 68% (2.88 t/ha). The aftereffect of this option was significant in the second year of winter wheat (an increase of 29%), which confirms its role in providing nutrition throughout the crop rotation. Sunflower also reacted positively to the increased fertilizer rates, although the increases were less pronounced (3-4%). The economic analysis revealed the differences between relative and absolute efficiency. The option of applying mineral fertilizers using farming technology showed the highest return on 1 ruble of costs (6.12 rubles), but provided the lowest conditional net income (16.8 thousand rubles/ha). Despite the lower payback of 1 ruble of costs (3.68 rubles), the option with the norm for agricultural production provided the maximum conditional net income of 39.0 thousand rubles. RUB/ha, which is more than 2 times higher than other options. Thus, the use of increased rates of mineral fertilizers according to the CACoF system is the most effective from an agronomic point of view and, despite the high initial costs, ensures maximum absolute economic return. The study demonstrates the feasibility of a differentiated approach to fertilizer rationing, depending on the economic capabilities of the farm and its long-term strategies aimed at a sustainable increase in soil fertility and profitability.

Keywords: complex nutrition of plants, common chernozem, winter wheat, sunflower, payback of fertilizers, aftereffect of fertilizers.