УДК 631.8.022.3 DOI: 10.25680/S19948603.2026.151.06

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

А.В. Даваев, к.с.-х.н., Б.А. Гольдварг, к.с.-х.н.,
Калмыцкий НИИСХ – филиал ФГБОУ «КалмГУ им. Б.Б. Городовикова»,
Россия, 358011, г. Элиста, Республика Калмыкия, площадь О.И. Городовикова, 1,
E-mail: *davaev.a.v@mail.ru*, ***Тел.: +7-909-399-44-57***

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-03-2025-420/4

Исследования по определению оптимальных доз минеральных удобрений в Центральной зоне Республики Калмыкия проводили в 2022 – 2024 г. Регион относится к зоне рискованного земледелия. Сумма активных температур воздуха в центральной зоне 3400-3500^{0}С. Среднемноголетняя сумма осадков составляет 351 мм. Учитывая континентальный климат, полагаем чтобы получать стабильные урожаи зерновых культур и минимизировать риски потери урожая зерна, необходимо внесение оптимальных доз минеральных удобрений. Цель исследований – установить влияние азот- и фосфорсодержащих удобрений на урожайность пшеницы мягкой озимой сорта Хасыр, определить экономическую эффективность применения минеральных удобрений. Установлена хорошая отзывчивость растений озимой пшеницы мягкой на внесение минеральных удобрений. Добавление азотсодержащих удобрений увеличило урожай от 15,1 до 23,1 %. Добавление фосфорсодержащих удобрений повысило урожай от 22,7 до 32,4 %. Оптимальная доза удобрений $N_{30}P_{30}$ увеличила урожай на 31,9 %.

Ключевые слова: доза удобрений, озимая пшеница, урожайность, эффективность, аридные условия, азот- и фосфорсодержащие удобрения.

Для цитирования*: Даваев А.В., Гольдварг Б.А.* Влияние различных доз минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы в Центральной зоне Республики Калмыкия// Плодородие. – 2026. – №4. – С. 31-34. DOI: 10.25680/S19948603.2026.151.06.

Регион со среднемноголетней температурой воздуха 9,4 ^{0}С и суммой осадков 351 мм сильно зависит от агрометеорологических условий. Решить задачу повышения урожайности зерна без применения агрохимических средств невозможно. Производителям зерна необходимо вносить минеральные удобрения с соблюдением сроков и доз внесения. Для определения влияния минеральных удобрений на возделываемые культуры был заложен опыт, включающий 9 вариантов с аммиачной селитрой и аммофосом [1-3]. Также следует отметить, что в опыте использовали азот- и фосфорсодержащие удобрения как отдельно, так и совместно. Неблагоприятные погодные условия это лишь один из факторов, влияющих на урожай. Другой фактор определяющий урожай зерна – это семенной материал. В качестве посевного материала использовали сорт пшеницы мягкой озимой Хасыр, включенный в Госреестр по Нижневолжскому (8) региону. Рекомендован для возделывания в Северо-восточной полупустынной и Восточной сухостепной зонах Калмыкии, а также в Астраханской, Волгоградской и Саратовской областях [4, 5].

Цель исследований – определить влияние различных доз минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы в Центральной зоне Республики Калмыкия.

Методика. Исследования проводили на опытном поле, расположенном в 10 км к западу от с.Троицкое Целинного района Калмыкии. Почва опытного участка светло-каштановая в комплексе с солонцами. Участок выровненный, с небольшим уклоном с юга на север.

Из минеральных удобрений, согласно схеме опыта, применяли аммофос и аммиачную селитру. Аммофос вносили за 1-2 дня до посева, селитру – ранней весной в фазе кущения N_{30}, и в вариантах с N_{60}: в фазе кущения (N_{30}) и в фазе выхода в трубку (N_{30}).

Предшественник озимой пшеницы в севообороте – чистый пар, основная обработка которого проведена отвальным способом на глубину 18-20 см. Норма высева – 3,0 млн всхожих семян на 1 га. Закладка опытов осуществлена в III декаде сентября. Проведена обработка посевов гербицидами для уничтожения сорной растительности. Учет урожая осуществляли прямым комбайнированием, сплошным поделяночным методом комбайном «Сампо 500».

Опыт по определению эффективности оптимальных доз минеральных удобрений заложен в 9 вариантах в 4-кратной повторности. Агротехника – общепринятая в центральной агроклиматической зоне Республики Калмыкия. Площадь опытной делянки 50 м^2 [6, 7].

1. *Почвенные исследования.* Определение: влажности почвы на глубину 0-100 см – термовесовым методом; нитратного азота в почве (NO_3) – по методике ЦИНАО; подвижного фосфора в почве (P_2O_5) – по Мачигину; содержания гумуса – по Тюрину; содержания микроэлементов – с использованием стандартных методов и методик; определение реакции почвенной среды (pH) – потенциометрическим методом. 2. *Учет урожая зерна* – сплошным поделяночным методом. Определение содержания в зерне белка и клейковины (ГОСТ 13586.1-68). 3. Агроклиматические наблюдения – по данным метеопостов с.Троицкое и Верхний Яшкуль. 4. Дисперсионный анализ (ANOVA) – статистический метод.

Схема опыта:

1. Контроль (б/у)	6. P_{60}
2. N_{30}	7. $N_{60}P_{30}$
3. P_{30}	8. $N_{30}P_{60}$
4. $N_{30}P_{30}$	9. $N_{60}P_{60}$
5. N_{60}	

Результаты и их обсуждение. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка показала низкую обеспеченность её макроэлементами, поэтому она положительно должна откликнуться на внесение удобрений.

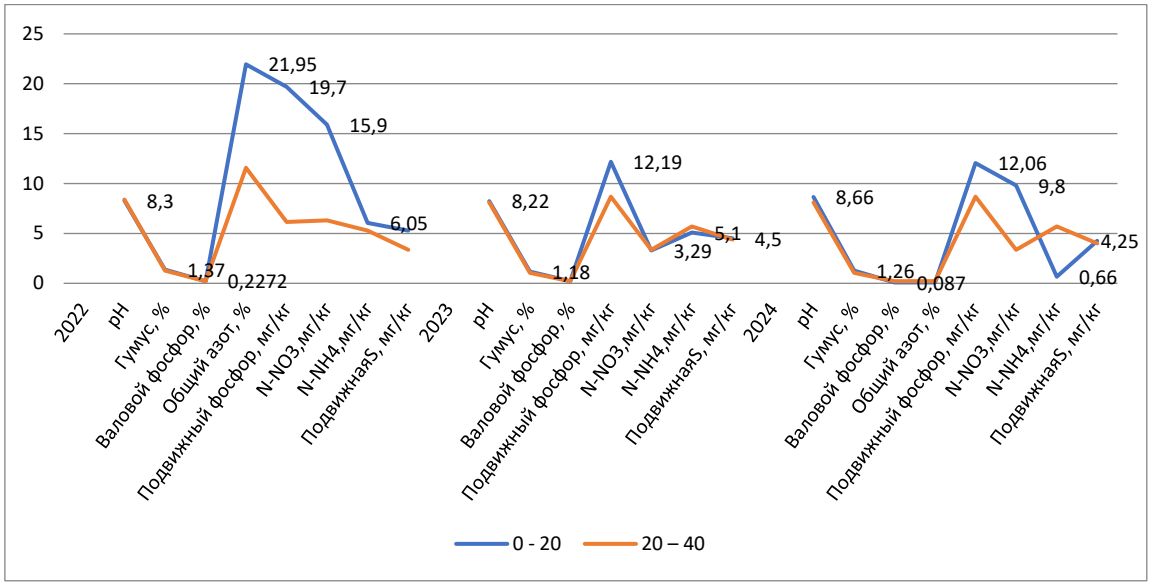


Рис. 1. Агрохимическая характеристика почвы перед посевом

Проведены наблюдения за динамикой NP в почве в зависимости от изучаемых вариантов в слое 0-20 см. Перед посевом в почве отмечено низкое обеспечение минеральным азотом и подвижным фосфором.

1. Содержание NP в почве (в слое 0-20 см) под озимой пшеницей сорта Хасыр, мг/кг почвы

№ п/п*	$N\text{-}NO_3 + N\text{-}NH_4$				P_2O_5			
	Посев	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Посев	Кущение	Выход в трубку	Колошение
1	11,8	13,3	9,8	5,0	8,2	8,0	7,3	10,5
2	-	26,5	12,9	7,3	-	9,0	8,9	10,5
3	12,3	-	10,9	5,7	26,4	-	16,5	11,5
4	13,3	27,8	11,2	7,3	25,5	16,4	15,8	11,5
5	-	28,8	23,1	8,6	-	11,15	12,0	10,8
6	12,5	-	11,2	6,6	40,7	-	20,6	11,6
7	15,1	23,3	22,3	8,7	27,9	18,0	11,7	11,2
8	17,0	27,1	13,1	5,7	41,4	37,81	25,8	11,5
9	17,2	29,1	21,9	6,6	41,7	35,09	22,2	11,2

*Нумерация вариантов соответствует номеру схемы опыта.

Данные таблицы 1 показывают, что все варианты хорошо отреагировали на внесение минеральных удобрений. Внесение фосфорных удобрений способствует развитию корневой системы, а также снижает скорость испарения и водопотребления. Проведение азотной подкормки весной и в фазе выхода в трубку благоприятно сказалось на азотном режиме почвы. Уменьшение содержания азота и фосфора к концу вегетации объясняется зависимостью содержания азота и фосфора от влажности почвы, переходом их в труднодоступные формы, а также активным потреблением растениями.

В Республике Калмыкия одним из главных факторов выращивания озимой мягкой пшеницы являются погодные условия. Агрометеорологические условия в годы исследований сильно различались. Поэтому был проведен мониторинг запасов продуктивной влаги опытного участка. За годы исследований наиболее подходящим для озимых зерновых оказался 2023 г. Из рисунка 2 можно сделать вывод, что визуально показатели мало различаются по годам. Но в 2023 г. урожай был значительно больше. На момент посева в 2023 г. в метровом горизонте было накоплено 75,3 мм продуктивной влаги. Такие запасы позволили получить урожай зерна намного больше по отношению к 2022 и 2024 г. [8-10].

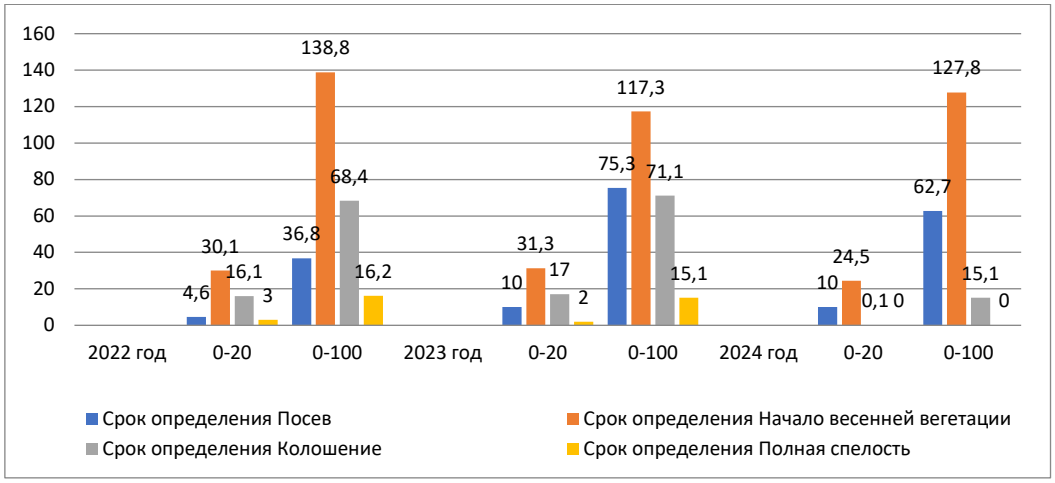


Рис. 2. Динамика влажности почвы, мм продуктивной влаги

Несмотря на отсутствие осадков в 2022 и 2024 г., запасы продуктивной влаги в пахотном слое на момент посева и в весенний период особо не различались. В фазе колошения в 2024 г. остро ощущалась нехватка продуктивной влаги.

Для повышения урожайности озимой мягкой пшеницы сорта Хасыр в Центральной зоне Республики Калмыкия использовали фосфорные удобрения, которые стимулируют развитие корневой системы растений. Их можно вносить в течение всего сезона, но особенно актуально это ранней весной и осенью в период активной вегетации растений. Азот необходим весной так как при низкой температуре повышенные дозы его плохо действуют на растения [11-13].

В контрольном варианте в среднем за период исследований было получено 2,38 т/га (табл. 2).

2. Урожайность озимой пшеницы сорта Хасыр в зависимости от доз минеральных удобрений

Вариант	Урожайность, т/га			Среднее за 3 года, т/га	Прибавка к контролю, т/га
	2022 г.	2023 г.	2024 г.		
1. Контроль (б/у)	1,43	3,98	1,74	2,38	-
2. N_{30}	1,55	4,24	2,42	2,74	0,36
3. P_{30}	1,77	4,45	2,54	2,92	0,54
4. $N_{30}P_{30}$	1,97	4,59	2,85	3,14	0,76
5. N_{60}	2,22	4,29	2,28	2,93	0,55
6. P_{60}	2,17	4,75	2,52	3,15	0,77
7. $N_{60}P_{30}$	2,07	4,90	2,56	3,18	0,80
8. $N_{30}P_{60}$	2,07	4,68	2,73	3,16	0,78
9. $N_{60}P_{60}$	1,99	4,89	2,93	3,27	0,89
$НСР_{05}$	0,75	0,57	0,44		

Из таблицы 2 видно, что добавление 30 кг д.в/га азота повысило урожай на 15,1 %. Увеличение дозы азота до 60 кг д.в/га повысило урожай на 23,1 %. Внесение фосфора в дозе 30 кг д.в/га повысило урожай на 22,7 %. Увеличение дозы фосфора до 60 кг д.в/га повысило урожай на 32,4 %. Внесение $N_{30}P_{30}$ увеличило урожай на 31,9 %. Наибольшую прибавку урожая получили при внесении $N_{60}P_{60}$ – 37,4 % [14, 15].

Дополнительные параметры математической обработки.

Статистические показатели:

дисперсионнный анализ по годам ($НСР_{05}$ наименьшая существенная разница):

2022 г. высокая вариабельность – $НСР_{05}$ = 0,75 т/га;

2023 г. умеренная вариабельность – $НСР_{05}$ = 0,57 т/га;

2024 г. низкая вариабельность – $НСР_{05}$ = 0,44 т/га;

Корреляционный анализ:

выявлена высокая корреляция между дозой удобрений и урожайностью (r > 0,8)

Коэффициент детерминации (R^2):

показывает, что 64% вариации урожайности объясняется влиянием удобрений.

Экономическая эффективность. Для определения наиболее эффективного варианта посчитаем экономические показатели производства зерна. В годы исследований контрольный вариант дал урожай 2,38 т/га. Примерные денежные затраты на производство зерна составили 10800 руб/га, цена пшеницы (фураж) – 12000 руб/т. Таким образом в контрольном варианте был получен доход (2,38 · 12000) – 10800 = 17760 руб/га. За три года наибольший урожай получен в варианте 9 ($N_{60}P_{60}$) – 3,27 т/га (см. табл. 2). По аналогии с контрольным вариантом + затраты на агрохимию (3,27 · 12000)- 10800 – 7380 = 21060. Доход составил 21060 руб/га, что по отношению к контролю больше на 3300 руб/га, или на 18,6 %. Также были просчитаны все варианты и больший доход был получен в варианте 4 ($N_{30}P_{30}$) – 3,14 т/га при реализации семян 12000 руб/т общий доход составил 37680 руб/га минус затраты на производство и удобрения, чистая прибыль составила 23190 р/га. По отношению к контролю это больше на 30,6 %.

Экономико – статистические показатели:

• точка безубыточности достигается при дозе $N_{30}P_{30}$,

• максимальный КПД удобрений отмечен в варианте $N_{30}P_{30}$ (31,9% прироста).

Агрономическая оценка:

- оптимальный баланс питательных элементов достигается при дозе $N_{30}P_{30}$,

- предельная эффективность наблюдается при $N_{60}P_{60}$, но с уменьшающейся отдачей.

Заключение. В условиях Центральной зоны Республики Калмыкия для увеличения урожайности и минимизации потерь рекомендуется: для получения наибольшей урожайности вариант 9 ($N_{60}P_{60}$); оптимальным по соотношению урожайность/затраты является вариант $N_{30}P_{30}$. Следует учитывать, что при изменении ценовой конъюнктуры для продовольственной пшеницы оптимальная доза может меняться.

Литература

1. *Кулинцев В.В.* Сорта и гибриды сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»: каталог/В.В. Кулинцев, В.В. Чумакова, В.В. Кравцов и др./ 10-е изд., перер. и доп. – Ставрополь, 2020. - 168 с.

2. *Даваев А.В.* Урожайность и качество озимой пшеницы при применении жидкого удобрения Изагри в аридных условиях Юга России/ Даваев А.В., Гольдварг Б.А., Козырчук В.И.// Плодородие. – 2020 – №4 – С. 38-41. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.11

3. *Шурганов Б.В.* Влияние жидкого микроудобрения Изагри на урожайность и качество озимой пшеницы в условиях Центральной агроклиматичесой зоны Калмыкии. Шурганов Б.В., Даваев А.В.// Аграрная наука. – 2019. – № 3. – С. 38-41. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-323-3-31-33

4. *Самсонова Н.Е.* Влияние соединений кремния и сложного NPK – удобрения на водный режим листьев и урожайность яровой пшеницы// Агрохимия. – 2014. – № 9. – С. 58-66.

5. *Турусов В.И.* Эффективность минеральных удобрений при различных способах обработки почвы/ Турусов В.И., Гармашов В.М.// Агрохимия. - 2020. – №12. – С. 19-27. DOI: 10.31857/S0002188120120121

6. *Кончук В.В.* Реакция почвы и растений на внесение азотного удобрения под озимые и яровые зерновые культуры в Центральном Нечерноземье/Кончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О.// Агрохимический вестник. – 2021. – №5. – С. 54-59 DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-010

7. *Нижельский М.С.* Влияние биологических препаратов на ферментативную активность чернозема обыкновенного после фумигации дымом от опилок/ Нижельский М.С., Казеев К.Ш., Колесников С.И.// Агрохимический вестник. – 2021. – №5. – С. 28-33. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-006

8. *Шаповал О.А.* Регуляторы роста растений в агротехнологиях/Шаповал О.А., Можарова И.П., Коршунов А.А.//Защита и карантин растений. – 2014. – №6. – С. 16-20.

9. *Ващенко А.В.* Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под подсолнечник на черноземе обыкновенном/ Ващенко А.В., Каменев Р.А., Солодовников А.П., Жук Е.А.//Аграрный научный журнал. – 2020. – №1. – С. 4-8.

10. *Влияние* предпосевной обработки семян микроэлементами на параметры роста Райи / М. Аршадулла, М. Сарфраз, М. Садик и др.. // Азиатский журнал наук о растениях. – 2012. – № 1. – С. 22–23.

11. *Кирпичников Н.А.* Эффективность фосфорных и магниевых удобрений в посевах ячменя на дерново-подзолистой почве различной кислотности/Кирпичников Н.А., Бижан С.П.//Плодородие. – 2022. – № 6. – С. 22-25. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.06

12. *Гармаш Н.Ю.* Листовые обработки в интенсивных технологиях растениеводства/ Гармаш Н.Ю., Политыко П.М., Гармаш Г.А., Новиков С.Ю., Соломатин А.В.//Агрохимический вестник. – 2020. – №5. – С. 38-40.

13. *Якименко В.Н.* Баланс калия, урожайность культур и калийное

состояние почвы в длительном полевом опыте в лесостепи Западной Сибири// Агрохимия. – 2019. – № 10. – С. 16-24. DOI: 10.1134/S0002188119100156

14. *Сабитов М.М.* Влияние многолетних трав на повышение плодородия почв и продуктивность зерновых культур//Агрохимический вестник. – 2019. – № 5. – С. 50-54 DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10075

THE EFFECT OF VARIOUS DOSES OF MINERAL FERTILIZERS ON THE WINTER WHEAT HARVEST IN THE CENTRAL ZONE OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA

Candidate OF Agricultural Sciences, Davaev Alexander Vladimirovich, Candidate OF Agricultural Sciences, Goldvarg Boris Aizikovich

Kalmyk Research Institute of Agricultural Sciences – branch of the B.B. Gorodovikov KalmSU, Address: O.I.Gorodovikov Square 1, Elista, Republic of Kalmykia, Russia, 358011 E-mail: davaev.a.v@mail.ru , Phone: +7-909-399-44-57

Research on determining the optimal doses of mineral fertilizers in the Central zone of the Republic of Kalmykia was conducted from 2022 to 2024. Our region belongs to the zone of risky farming. The sum of active air temperatures in the central zone is 3400-3500°C. The average annual precipitation is 351 mm. Given the continental climate, we believe that in order to achieve stable yields of grain crops and minimize the risks of grain loss, it is necessary to apply optimal doses of mineral fertilizers. The purpose of the research is to establish the effect of nitrogen and phosphorus-containing fertilizers on the yield of winter wheat of the soft variety "Khasyr". To determine the economic efficiency of the use of mineral fertilizers. The good responsiveness of winter wheat plants to the application of mineral fertilizers has been established. The addition of nitrogen-containing fertilizers increased the yield from 15.1 to 23.1%. The addition of phosphorus-containing fertilizers increased the yield from 22.7 to 32.4%. The optimal dose of N30P30 fertilizers increased the yield by 31.9%.

Keywords: fertilizer doses, winter wheat, yield, efficiency, arid conditions, nitrogen- and phosphorus-containing fertilizers.

References

1. Kulintsev V.V. Varieties and hybrids of agricultural crops of FGBNU "North Caucasian FNAC": catalog/V.V. Kulintsev, V.V. Chumakova, V.V. Kravtsov et al.// – 10- e ed., supplement – Stavropol: 2020.-168 p.

2. Davaev A.V. Productivity and quality of winter wheat when using Izagri liquid fertilizer in arid conditions of Southern Russia/ Davaev A.V., Goldvarg B.A., Kozyrchuk V.I.// Fertility No.4 (115) 2020, pp. 38-41. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.11

3. Shurganov B.V. The effect of Izagri liquid micro-fertilizer on the yield and quality of winter wheat in the conditions of the Central agro-climatic zone of Kalmykia. Shurganov B.V., Davaev A.V. Agrarian science. 2019. No. 3. pp. 38-41. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-323-3-31-33

4. Samsonova N.E. The effect of silicon compounds and complex NPK fertilizers on the water regime of leaves and yield of spring wheat// Agrochemistry. – 2014 No. 9, pp. 58-66.

5. Turusov V.I., Garmashov V.M. The effectiveness of mineral fertilizers in various methods of soil cultivation// Agrochemistry. 2020. No.12. pp. 19-27. DOI: 10.31857/S0002188120120121

6. Kononchuk V.V. The reaction of soil and plants to the application of nitrogen fertilizer for winter and spring crops in the Central Non-Chernozem region/Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Shtyrkhunov V.D., Nazarova T.O.// Agrochemical Bulletin. 2021. No.5. pp. 54-59 DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-010

7. Nizhelsky M.S. The effect of biological preparations on the enzymatic activity of common chernozem after fumigation with smoke from sawdust/ Nizhelskiy M.S., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I.// Agrochemical Bulletin. 2021. No.5. pp. 28-33. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-006

8. Shapoval O.A. Plant growth regulators in agrotechnologies/Shapoval O.A., Mozharova I.P., Korshunov A.A.//Plant protection and quarantine. 2014. No. 6. pp. 16-20.

9. Vashchenko A.V., Kamenev R.A., Solodovnikov A.P., Zhuk E.A. Application of mineral fertilizers and bacterial preparations for sunflower on common black soil//Agrarian Scientific Journal. 2020. No. 1. pp. 4-8.

10. The influence of pre-sowing seed treatment with trace elements on the growth parameters of Raya / Muhammad Arshadullah, Muhammad Sarfraz, Mahin Sadik, et al. // Asian Journal of Plant Sciences. 2012. No. 1 (1). pp. 22-23.

11. Kirpichnikov N.A. The effectiveness of phosphorous and magnesium fertilizers in barley crops on sod-podzolic soil of various acidity/Kirpichnikov N.A., Bijan S.P.//Fertility. 2022. No. 6 (129). pp. 22-25. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.06

12. Garmash N.Y. Leaf processing in intensive crop production technologies/ Garmash N.Y., Polityko P.M., Garmash G.A., Novikov S.Yu., Solomatin A.V.//Agrochemical the messenger. 2020. No. 5. pp. 38-40.

13. Yakimenko V.N. Potassium balance, crop yields and potash state of the soil in a long-term field experiment in the forest-steppe of Western Siberia// Agrochemistry. 2019. No. 10. pp. 16-24. DOI: 10.1134/S0002188119100156

14. Sabitov M.M. The influence of perennial grasses on increasing soil fertility and productivity of grain crops//Agrochemical bulletin. 2019. No. 5. pp. 50-54 DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10075