

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Департамент растениеводства, механизации,
химизации и защиты растений

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Центр агрохимической службы «Омский»

**ЗАПАСЫ НИТРАТНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ
И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ
УДОБРЕНИЙ В 2023 ГОДУ**

рекомендации

Омск
2023

УДК 631.84

Запасы нитратного азота в почве и особенности применения азотных удобрений в 2023 году. Рекомендации – Омск: издательский центр КАН, 2023.- 28 с.

Под общей редакцией

В.М. Красницкого, директора ФГБУ «ЦАС «Омский»,
доктора с.-х. наук

Ответственный за выпуск

А.Г. Шмидт, начальник отдела мониторинга и агрохимического обследования почв ФГБУ «ЦАС «Омский», канд. с.-х. наук

В подготовке рекомендаций к изданию принимали участие: ФГБУ «ЦАС «Омский» В.А. Марченко заведующий лабораторией агрохимического обследования почв; ФГБУ САС «Тарская» Е.А.Фёдорова врио директора, Е.П. Авгуль начальник отдела мониторинга плодородия почв.

УДК 631.84

©ФГБУ «ЦАС «Омский», 2023

Подписано в печать 03.01.2022.
Формат 60x90 1/16 Бумага Colotech.
Оперативный способ печати. Усл. печ. л. 4.0.
Тираж 100 экз. Заказ № 721

Отпечатано в ООО «Издательский центр КАН»
644122, г. Омск, ул. Красный Путь, 30.
Тел.: (3812)24-70-79; 8-904-585-98-84
E-mail: pc_kan@mail.ru
vk.com/ic_kan.ru www.kan55.ru

СОДЕРЖАНИЕ

1. Агрохимическая характеристика почв Омской области	4
2. Запасы нитратного азота в почве	7
3. Расчёт дозы азотных удобрений	12
4. Севооборот, местные сырьевые ресурсы как источники азота в почве	16
5. Азотные удобрения	18
Приложения	20

1. Агрохимическая характеристика почв Омской области

Сельскохозяйственное производство Омской области является одним из наиболее развитых в Российской Федерации. По объемам производства продукции сельского хозяйства область входит в пятнадцать крупнейших регионов России.

Расположенная в южной части Западно-Сибирской низменности, по среднему течению Иртыша Омская область характеризуется равнинностью территории. Протяженность с севера на юг составляет почти 600 км, с запада на восток – более 300 км, общая площадь 14118,5 тыс.га, или 141,2 тыс. км². На юге она граничит с Республикой Казахстан, на востоке – с Новосибирской, северо-востоке – с Томской, севере и западе – с Тюменской областями.

В Омской области выделено четыре природно-экономические зоны: северная тайга и подтайга занимает 36,6% от территории (51,7 тыс. км²), северная лесостепная – 31%, южная лесостепная – 13,4% и степная – 19%. По увлажнению северные районы относятся к зоне с достаточным увлажнением, степные районы – засушливой зоне.

Площадь сельскохозяйственных угодий области – 6163,1 тыс. га, в т.ч. пашни 4052 тыс. га. По площади пахотных земель Омская область занимает седьмое место в РФ.

Почвенный покров области отличается большим разнообразием типов и видов почв, имеющих свои особенности по качеству и уровню естественного плодородия. Черноземные почвы занимают большую часть территории и представлены, главным образом черноземами обыкновенными, которые формируются под воздействием черноземного процесса.

В целом по области, в структуре пахотных земель, почвы черноземного типа занимают 57% (в т. ч. чернозем обыкновенный – 74%, южный – 16% и выщелоченный – 10%). В значительном количестве встречаются солонцы и лугово-черноземные почвы (по 12%). Дер-

ново-подзолистые почвы занимают 6% пашни, серые лесные и черноземно-луговые по 5 %. Прочие типы почв (солоди, солончаки, аллювиальные) занимают 3% площади пахотных земель.

Черноземные почвы занимают большую часть территории и представлены, главным образом черноземами обыкновенными, которые формируются под воздействием черноземного процесса. Накопление в верхних горизонтах гумуса, зольных элементов и азота и образование комковато-зернистой структуры под действием травянистой растительности приводит к образованию черноземов и созданию водопрочной структуры в верхнем горизонте почвы.

В тоже время, следует отметить, что характерной особенностью практически всех типов почв Омской области, по тем или иным показателям, является низкий уровень их естественного плодородия.

Плодородие почвы не абстрактное, а строго материальное, объективное, измеряемое производственное свойство почвы, обладающее конкретной количественной и качественной характеристикой.

По данным государственного мониторинга, осуществляемого ФГБУ «ЦАС «Омский» и ФГБУ САС «Тарская» низкое (<5 %) содержание гумуса, одного из важнейших оценочных показателей плодородия почв, отмечено на площади 2736 тыс. га (табл.1).

Пониженное содержание фосфора (до 100 мг/кг почвы) выявлено на площади 2561 тыс. га, пониженное содержание калия на площади 812 тыс. га. Почв с повышенной кислотностью – 604 тыс. га из них сильно- и среднекислых 182 тыс. га.

Потребительское использование пахотных земель, без восполнения потерь органического вещества и элементов питания, приведет к их дальнейшему истощению, что в конечном итоге неизбежно скажется на уровне урожая сельскохозяйственных культур и эффективности производства в целом.

Таблица 1

Динамика изменения агрохимических показателей плодородия почв пахотных земель области за 1965-2022 гг.

Показатели	Единица измерения	Циклы обследования					
		I 1965- 1972	II 1972- 1982	III 1982- 1990	IV 1990- 2000	V 2000- 2012	VI 2012- 2022
1	2	3	4	5	6	7	8
Гумусовое состояние почв							
Средневзвешенное содержание	%	нет данных		5,34	5,10	5,00	5,00
С пониженным содержанием гумуса <5 %	тыс.га			2399	2701	2748	2736
	%			56	63	68	68
С высоким содержанием гумуса >5 %	тыс.га			1901	1591	1275	1284
	%	44	37	32	32		
Содержание фосфора							
Средневзвешенное содержание	мг/кг	83	88	110	102	95	95
С пониженным содержанием P ₂ O ₅ до 100 мг/кг почвы	тыс.га	2718	2377	1654	2266	2436	2561
	%	63	55	38	54	59	63
С высоким и очень высоким содержанием P ₂ O ₅	тыс.га	98	219	378	390	380	316
	%	2	5	9	9	9	8
Содержание калия							
Средневзвешенное содержание	мг/кг	175	173	173	173	168	168
С пониженным содержанием K ₂ O до 120 мг/кг почвы	тыс.га	587	642	690	830	850	812
	%	14	15	16	19	20	19
С высоким и очень высоким содержанием K ₂ O	тыс. га	3713	3658	3626	3458	3379	3374
	%	86	85	84	81	80	81
Кислотность							
Средневзвешенная величина pH		5,70	5,69	5,68	5,67	5,64	5,64
Всего кислых почв pH (4,1-5,5)	тыс.га	590	626	626	671	638	604
	%	14	15	15	16	15	15
в т. ч. сильно- и среднекислых	тыс.га	192	203	203	227	204	182
	%	4	5	5	6	5	5
Близкие к нейтральным и нейтральные	тыс.га	3710	3728	3674	3638	3579	3583
	%	86	87	85	84	85	85

2. Запасы нитратного азота в почве

Основными факторами, влияющими на продуктивность земледелия, считаются: дефицит влаги, недостаточная теплообеспеченность во время вегетационного периода, невысокое почвенное плодородие и, особенно, лимит азотного питания во всех природно-климатических зонах области. Поэтому важнейшим условием для формирования высокого урожая сельскохозяйственных культур и, прежде всего, яровой пшеницы, занимающей ведущее место из всех возделываемых культур в Омской области, является оптимизация азотного питания.

Исследованиями ученых установлено, а практикой подтверждено, что азотные удобрения высокоэффективны на всех типах почв области. Однако необходимо учитывать, что наряду с положительными сторонами есть ряд отрицательных моментов, при использовании азотных удобрений без учета условий выращивания культур:

- содержание нитратного азота в почве;
- запасы продуктивной влаги в метровом слое;
- предшественник;
- замедленное созревание в период вегетации;
- восприимчивость к болезням и вредителям;
- увеличение вероятности полегания, из-за сильного развития листовой массы, препятствующей проникновению света и укреплению нижней части стебля.

Прогноз обеспеченности полевых культур азотом является наиболее сложным, поскольку в отличие от почвенной диагностики фосфорного и калийного питания по азоту невозможно в силу высокой мобильности его минеральных соединений составлять долгосрочные агрохимические картограммы.

Нитратная форма азота в почве является основным источником доступного для растений элемента, особенно на ранних фазах развития. Вследствие этого прогнозирование содержания нитратного азота в слое 0-40 см в осенний или ранневесенний период служит надежным показателем по обеспеченности сельскохозяйственных культур азотом.

Для составления прогноза потребности в азотных удобрениях специалистами агрохимической службы Омской области ежегодно поздней осенью производится отбор почвенных образцов в слое 0-40 см по основным агрофонам в базовых хозяйствах во всех природно-климатических зонах области.

Погодные условия 2022 года сложились крайне неблагоприятно для развития нитрификационных процессов, особенно в степных и лесостепных районах Омской области. Малоснежная зима, ранняя и жаркая весна способствовали быстрому просыханию почвы и непродуктивным потерям влаги, особенно на «черных фонах». В результате запасы продуктивной влаги в метровом и пахотном слое к моменту сева, по данным Гидрометеослужбы, были минимальными, в слое 0-20 см в течении трех декад составляли 8-10 мм, максимальные температуры воздуха повышались до +27-34 °С, максимальная скорость ветра достигала 7-16 м/с. По отдельным полям запасы продуктивной влаги стремились к нулю. Также в мае-июне фиксировались опасные метеорологические явления «почвенная засуха» и «сухостей». В результате в 13 районах Омской области были объявлены ЧС по почвенной засухе. Кроме того, в течении вегетационного периода в степных районах осадки выпадали неравномерно.

В таких условиях процесс нитрификации практически не проходил. По данным научных исследований Кубанского СХИ на слитых черноземах установлена связь накопления нитратов с изменением влажности и плотности почвы. При влажности 20,4 % процесс нитрификации идет слабо (влажность завядания слитого чернозема около 19 %), причем влияние плотности на этот процесс невелико. Зато влияние плотности на накопление нитратов сильно проявляется с увеличением количества воды в почве. При высокой плотности (1,5 г/см³) резко снижается аэрация (до 7 %). При этом, с возрастанием плотности растет количество воды недоступной как для растений, так и для микроорганизмов.

Незначительная общая и высокая капиллярная скважность почвы, ухудшая её аэрацию, задерживают развитие аэробных процессов, в результате которых образуются доступные для растений формы питательных веществ, в том числе и нитратный азот. В очень плотной почве микроорганизмы развиваются плохо, также из-за малого диаметра пор, что также подтверждается исследованиями ученых ФГБНУ «Омский АНЦ».

В результате вышеуказанных факторов накопление нитратного азота под урожай 2023 года даже в паровом поле было низким и очень низким в степной и южнолесостепной зонах (табл.2).

Так, по результатам обследования почв, проведенного осенью 2022 года, было установлено, что в паровых полях степной зоны и южной лесостепи содержание нитратного азота под посев 2023 года является очень низким и низким, и составляет соответственно 4,0 и 6,8 мг/кг почвы. В паровых полях северной лесостепи содержание данного элемента оценивается как среднее (12,5 мг/кг). Высокое содержание нитратного азота выявлено на парах таёжной и подтаёжной зоны – 16,6 мг/кг.

Полученные данные показывают, что посевы сельскохозяйственных культур по данному предшественнику в начале вегетационного периода 2023 года в достаточной степени будут обеспечены данным элементом только в таёжной и подтаёжной природно-климатической зоне. Не смотря на неблагоприятные погодные условия, нужно не забывать о правильной подготовке парового поля. Только при своевременной основной обработке и при хорошем уходе паровое поле способствует накоплению влаги, питательных веществ, а также очищению от вредителей, болезней и сорняков.

Среднее содержание нитратного азота в почвах отмечено на вегетирующих озимых в таёжной и подтаёжной зоне – 14,7 мг/кг. В северной и южной лесостепной зонах по этому предшественнику установлено низкое содержание – 9,5 и 6,2 мг/кг соответственно.

Таблица 2

Запасы нитратного азота в почвах Омской области под урожай 2023 года, мг/кг

Предшест- венник	Среднеголетние				2022				2023			
	Степь	Южная лесостепь	Северная лесостепь	Тайга, подтайга	Степь	Южная лесостепь	Северная лесостепь	Тайга, подтайга	Степь	Южная лесостепь	Северная лесостепь	Тайга, подтайга
Пар чистый	19,5	20,6	17,7	12,4	16,9	14,3	19,9	16,7	4,0	6,8	12,5	16,6
Кукуруза	9,2	11,8	5,8	3,2	7,7	7,4	9,9	-	3,9	4,6	7,6	4,5
Зернобобовые	8,9	13,5	6,8	4,8	10,4	9,3	10,4	-	4,5	5,1	5,3	3,5
Пшеница по пару 1 ^я	8,3	11,9	6,8	5,2	11,9	9,4	11,0	6,3	5,9	4,4	6,5	5,4
Пшеница по пшенице 2 ^я	7,9	7,6	6,4	5,1	8,2	5,8	6,4	4,1	4,9	3,6	4,9	3,7
Пшеница по пшенице более 2-х лет	6,6	6,4	5,7	5,0	5,5	4,2	4,9	-	4,0	3,2	3,3	-
Овес, ячмень	6,4	6,4	5,3	4,3	5,9	6,2	5,3	2,7	4,8	3,9	3,8	3,1
Многолетние травы (злаковые)	4,4	5,3	3,7	3,4	3,6	2,1	2,6	1,1	3,5	3,8	1,4	0,9
Зябь ранняя	10,8	11,0	9,2	7,0	9,2	8,6	8,9	4,6	3,8	5,6	6,2	5,6
Зябь поздняя	7,4	7,4	5,8	3,5	7,1	7,0	4,7	2,4	3,6	4,0	3,9	3,5
Озимые вегетирующие	9,0	13,5	6,8	7,2	14,7	12,8	17,3	12,0	-	6,2	9,5	14,7
Однолетние травы	7,8	8,3	7,2	6,6	6,1	6,8	7,7	4,0	-	3,5	4,8	3,9
Подсолнечник	6,5	6,9	5,6	5,2	6,8	7,8	-	4,6	3,5	3,7	-	-
Рапс	-	-	-	-	5,1	5,5	6,4	-	3,5	4,6	5,1	-
Люцерна, клевер	-	-	-	-	6,8	-	-	1,6	3,6	3,5	-	1,7
Лён-кудряш (масличный)	-	-	-	-	5,9	7,5	5,6	-	3,7	3,0	3,0	-
Лён-долгунец	-	-	-	-	-	-	-	1,8	-	-	-	1,5

На ранних этапах развития питание растений обеспечивается запасами нитратного азота, накопленного в почве. Последующее его накопление служит дополнительным источником питания растений, но ни в коей мере не компенсирует недостаток азотного питания в начальный период вегетации полевых культур.

Низкое содержание нитратного азота также выявлено по таким предшественникам, как: зябь ранняя в южной лесостепной, северной лесостепной, таёжной и подтаёжной зонах – 5,6-6,2 мг/кг; пшеница по пару в степной, северной лесостепной, таёжной и подтаёжной зонах – 5,4-6,5 мг/кг; зернобобовые в южной и северной лесостепи (5,1 мг/кг и 5,3 мг/кг соответственно), а также кукуруза (7,6 мг/кг) и рапс (5,1 мг/кг) в северной лесостепной зоне (табл. 2).

Содержание нитратного азота в почве по остальным предшественникам и в остальных природно-климатических зонах находится на очень низком уровне и варьирует от 0,9 мг/кг по многолетним травам в таёжной и подтаёжной зоне до 4,9 мг/кг по второй пшенице в степной зоне.

Многолетние наблюдения за содержанием нитратного азота в почвах свидетельствуют о том, что накопление этой формы азота определяется, прежде всего, запасами гумуса и общего азота в почве. Кроме этого, содержание нитратного азота во всех почвах, зависит от предшествующей культуры севооборота. Как правило, наилучшие условия для накопления нитратного азота создаются в паровом поле за счет накопления влаги, борьбы с сорняками и обработкой почвы.

Образующихся нитратов в количествах близких к 10 мг/кг почвы и выше обычно достаточно для последующей культуры севооборота. Колебания в содержании нитратного азота по каждому предшественнику определяются и погодными условиями. Наблюдения показывают, что запасы нитратного азота осенью в почвах находятся в обратной зависимости от урожайности культур. Содержание нитратного азота после неурожайных лет может быть низким за счет

интенсивного подгона во второй половине вегетации и вследствие высокой засоренности посевов, имеющей место, как правило, в неурожайные годы.

Режим накопления нитратного азота зависит также от сроков и способов обработки почвы. Подтверждением этому служат средне-многолетние данные по содержанию нитратов по ранней и поздней зяби, представленные в таблице 2. За 51 год наблюдений содержание нитратного азота по ранней зяби составляет от 7,0 до 11,0 мг/кг почвы, а по поздней от 3,5 до 7,4 мг/кг почвы. Содержание нитратного азота в пересчете с мг/кг в кг/га приведено в приложении 1.

Современная обстановка по содержанию нитратного азота объясняется и тем, что за последние десятилетия объемы применения как органических, так и минеральных удобрений были значительно снижены. Научно обоснованные дозы внесения органических и минеральных удобрений составляют 4,0 т/га и 80 кг/га действующего вещества соответственно, в то время как в Омской области на 1 га пашни в 2022 году применялись удобрения, в среднем, в количествах 0,4 т/га и 13,8 кг д.в./га соответственно. Следует отметить, что за последний год применение минеральных удобрений в Омской области выросло на 20% по сравнению с предыдущим годом и более чем на 87% по сравнению с 2020 годом, в том числе и применение азотных удобрений.

3. Расчёт дозы азотных удобрений

Наличие информации по содержанию нитратного азота в почве дает возможность определить потребность сельскохозяйственных культур в данном элементе и применять в оптимальных дозах азотные удобрения с учетом планируемого урожая и погодных условий (табл. 3), а также с учётом обеспеченности сельскохозяйственных культур азотом в зависимости от оптимального содержания в почве (табл. 4).

Таблица 3

Потребность полевых культур в азотных удобрениях

Содержание нитратного азота в слое 0-40 см		Обеспеченность растений азотом	Потребность в азотных удобрениях	Рекомендуемые дозы удобрений, кг/га д.в.								
				степь, южная лесостепь			северная лесостепь			тайга, подтайга		
мг/кг почвы	кг/га			зерновые	пропашные	мн. травы	зерновые	пропашные	мн. травы	зерновые	пропашные	мн. травы
< 5	< 25	очень низкая	очень сильная	30	45	45	45	60	60	60	90	90
5-10	25-50	низкая	сильная	20	30	30	30	45	45	45	60	60
10-15	50-75	средняя	средняя	-	20	30	20	30	30	30	45	45
> 15	> 75	высокая	отсутствует	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Многолетними исследованиями специалистов ФГБУ «ЦАС «Омский» определена зависимость содержания нитратного азота от почвенно-климатических условий и предшественников. На основе этих данных и данных кафедры агрохимии ОмГАУ установлена связь содержания N-NO₃ в слое почвы 0-40 см в осенний или весенний период с уровнем применения азотных удобрений.

В результате профессором Ермохиным Ю.И. была разработана методика расчёта доз внесения азотных удобрений в зависимости от предшественника, в которой расчет доз азота проводится с учетом установленных оптимальных уровней содержания N-NO₃ в слое почвы 0-40 см.

Согласно запасов нитратного азота в почве после возделывания предшествующей сельскохозяйственной культуры, под зерновые культуры расчет дозы азота проводится по следующей формуле:

$$D_N, \text{ кг/га} = (100\% - \% \text{Обесп.}) \cdot 0,625 \quad (1)$$

Пример расчета:

Степь:

Пшеница по пару: В почве содержится 11,9 мг/кг N-NO₃ – низкий уровень питания, оптимальный уровень – 15 мг/кг.

рассчитываем % обеспеченности от оптимума:

5,9 мг/кг : 15 мг/кг · 100 = 39% – обеспечено азотом почвы в 2022 г. от оптимального содержания.

$$D_N = (100\% - 39\%) \cdot 0,625 = 38 \text{ кг/га,}$$

где

5,9 мг/кг – фактическое содержание нитратного азота в почве (39% от оптимального запаса);

39% – % обеспеченности от оптимума (обеспечено азотом почвы в 2022 г. т.е. % Обесп.);

0,625 – количество азота в почве, кг/га, соответствующее одному проценту.

При расчете доз под пропашные и кормовые культуры, процент обеспеченности уменьшаем на четверть, что соответствует умножению 0,75 :

$$D_N, \text{ кг/га} = (100\% - 39\% \cdot 0,75) \cdot 0,833 \quad (2)$$

где

0,833 – количество азота в почве для пропашных и кормовых культур, кг/га, соответствующее одному проценту.

Пример расчета:

Используя исходные условия вышеприведенного примера, проводим расчет под пропашную культуру по формуле 2:

$$D_N = (100\% - 39\% \cdot 0,75) \cdot 0,833 = 38 \text{ кг/га.}$$

Как видим из расчёта доз азотных удобрений, в этом случае нет необходимости учитывать коэффициенты использования азота из почвы и удобрений, которые фактически являются не постоянными и часто не вносят точность в расчёте доз удобрений.

Представленный метод расчёта позволяет довести уровень содержания доступного азота в почве до оптимального (слой 0-40 см) с учётом сбалансированного содержания по фосфору – $P_2O_5 : N-NO_3 = 10$.

В связи с высокими ценами на азотные удобрения возрастает необходимость максимально эффективного использования и применения удобрений в первую очередь на полях, где содержание нитратного азота от низкого до среднего, а запасы продуктивной влаги составляют не менее 45 мм в пахотном слое почвы, т.е. там, где возможно получить хорошую прибавку урожая. Лучшим способом внесения удобрений является локальный, при котором значительно сокращаются потери азота, максимально достигается равномерность внесения во влажном корнеобитаемом слое почвы.

Таблица 4

Процент обеспеченности сельскохозяйственных культур нитратным азотом под урожай 2023 года, %

Предшественник	Степь	Южная лесостепь	Северная лесостепь	Тайга, подтайга
Пар чистый	27	45	83	111
Кукуруза	26	31	51	30
Зернобобовые	30	34	35	23
Пшеница по пару 1 ^я	39	29	43	36
Пшеница по пшенице 2 ^я	33	24	33	25
Пшеница по пшенице более 2-х лет	27	21	22	-
Овес, ячмень	32	26	25	21
Многолетние травы (злаковые)	23	25	9	6
Зябь ранняя	25	37	41	37
Зябь поздняя	24	27	26	23
Озимые вегетирующие	-	41	63	98
Однолетние травы	-	23	32	26
Подсолнечник	23	25	-	-
Рапс	23	31	34	-
Люцерна, клевер	24	23	-	11
Лён-кудряш (масличный)	25	20	20	-
Лён-долгунец	-	-	-	10

4. Севооборот, местные сырьевые ресурсы как источники азота в почве

В настоящее время, когда сельхозтоваропроизводители приобретают минеральные удобрения в крайне ограниченных количествах, из-за их высокой стоимости, нужно больше уделять внимания использованию местных сырьевых ресурсов (навоз, торф, сидераты). Внесение измельченной соломы, расширение посевов бобовых культур позволяет снизить потери органического вещества в почве и сократить дефицит основных элементов питания растений. Разме-

щение сельскохозяйственных культур после таких предшественников, как пар, однолетние травы на сено или зеленый корм, ранняя зябь и пласт многолетних трав летней распашки, позволяет снизить потребность в азотных удобрениях, так как после этих предшественников наблюдается наиболее высокое содержание нитратного азота в почве. Бобовые растения оставляют на поле богатые азотом пожнивные остатки, которые не только накапливают азот, но и ускоряют минерализацию растительных остатков, повышают использование почвенного азота, тем самым увеличивают урожайность последующих культур.

Внесение в почву минеральных и органических удобрений усиливает интенсивность микробиологических процессов, в результате чего увеличивается трансформация органических и минеральных веществ.

Органо-минеральные удобрения обогащают почву азотом, зольными макро- и микроэлементами и значительно усиливают процессы минерализации в ней. С органическими удобрениями в почву вносятся вещества, стимулирующие жизнедеятельность микроорганизмов, а также разнообразная микрофлора, ускоряющая разложение органического вещества почвы. Минеральные удобрения повышают интенсивность биологических процессов в почве, так как являются источником питания микроорганизмов азотом, фосфором, калием, кальцием и другими элементами, что положительно сказывается на структуре почвы и её водно-воздушном режиме. При благоприятном азотном питании улучшается формирование и развитие репродуктивных органов сельскохозяйственных культур, повышается их урожайность.

Ежегодное внесение научно-обоснованных доз удобрений позволяет не только получать стабильно высокий урожай, но и повышает качество выращиваемой сельскохозяйственной продукции.

5. Азотные удобрения

Основным источником азота для растений являются соли азотной кислоты и соли аммония.

Химическая промышленность выпускает азотные удобрения в следующих трех основных формах:

1) **аммонийные и аммиачные**, содержащие азот, соответственно, в жидких азотных удобрениях аммиак может быть в несвязанном, свободном состоянии ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$);

2) **нитратные (селитры)**, содержащие азот в окисленной нитратной форме, то есть в виде солей азотной кислоты (NaNO_3);

3) **аммонийно-нитратные**, содержащие азот в аммонийной и нитратной форме (NH_4NO_3);

4) **амидные**, в которых азот связан в амидную форму - NH_2 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$).

Таблица 5

Основные виды минеральных удобрений с содержанием азота, применяемые в Омской области

Наименование	Содержание, %				
	азота (N)	фосфора (P_2O_5)	калия (K_2O)	серы (S)	всего питательных элементов
Аммиачная селитра	34,4	-	-	-	34,4
Аммофос	12,0	52,0	-	-	64,0
Карбамид	46,0	-	-	-	46,0
Азофоска	29,0	35,0	35,0	-	89,0
Карбамидо-аммиачная смесь	32,0	-	-	-	32,0
Сульфоаммофос	20,0	20,0	-	14,0	54,0
Сульфат аммония	21,0	-	-	24,0	45,0
Диаммофоска	10,0	26,0	26,0	-	62,0
Азотно-фосфорное удобрение	16,0	20,0	-	-	36,0

Основными (базовыми) хозяйствами при отборе почвенных образцов для определения содержания нитратного азота по культурам предшественникам севооборота в природно-климатических зонах Омской области в 2022 году являлись:

в степной зоне: АО «Нива» Павлоградского района;

в южной лесостепи: ФГБНУ «Омский АНЦ» (НПХ «Боевое») Исилькульского района, ООО «Куликово» Калачинского района;

в северной лесостепи: ООО «Сибирь Агро» Горьковского района, ООО «Лидер», ИП Глава К(Ф)Х Савенко В.М. Большереченского района;

в таёжной и подтаёжной зонах: ООО «ОПХ» имени Фрунзе Тарского района, СПК «Голубовский», СПК им. Артёма Избышева, СПК «Кукарский» Седельниковского района.

Методика расчёта доз азотных удобрений с учётом обеспеченности разработана профессором кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Омский ГАУ им. П.А. Столыпина», доктором с.-х. наук Ю.И. Ермохиным.

Обследование почв на содержание нитратного азота в почвах хозяйств Омской области проведено специалистами агрохимической службы:

ФГБУ «ЦАС «Омский» заведующим лабораторией реперных исследований А.А. Цырк, заведующим лабораторией агрохимического обследования почв В.А. Марченко, главными агрохимиками В.И. Киньшаковым, И.В. Васильевым и Н.Ю. Паршуткиным.

ФГБУ САС «Тарская» начальником отдела мониторинга плодородия почв Е.П. Авгуль, ведущими агрохимиками С.Н. Костылевым, Е.В. Бормотовым и М.О. Савченко.

Аналитические работы выполнены под руководством начальника отдела анализа почв и агрохимикатов ФГБУ «ЦАС «Омский» Е.Н. Морозовой и начальника отдела анализа почв, растений и пищевой продукции ФГБУ САС «Тарская» Н.А. Велижаниной.

Приложение 1



**Запасы нитратного азота в почвах Омской области под урожаем
2023 года, кг/га почвы**

Предшественник	Степь	Южная лесостепь	Северная лесостепь	Тайга, подтайга
Пар чистый	19,2	32,6	60,0	79,7
Кукуруза	18,7	22,1	36,5	21,6
Зернобобовые	21,6	24,5	25,4	16,8
Пшеница по пару 1 ^я	28,3	21,1	31,2	25,9
Пшеница по пшенице 2 ^я	23,5	17,3	23,5	17,8
Пшеница по пшенице более 2-х лет	19,2	15,4	15,8	-
Овес, ячмень	23,0	18,7	18,2	14,9
Многолетние травы (злаковые)	16,8	18,2	6,7	4,3
Зябь ранняя	18,2	26,9	29,8	26,9
Зябь поздняя	17,3	19,2	18,7	16,8
Озимые вегетирующие	-	29,8	45,6	70,6
Однолетние травы	-	16,8	23,0	18,7
Подсолнечник	16,8	17,8	-	-
Рапс	16,8	22,1	24,5	-
Люцерна, клевер	17,3	16,8	-	8,2
Лён-кудряш (масличный)	17,8	14,4	14,4	-
Лён-долгунец	-	-	-	7,2

Признаки дефицита элементов минерального питания

Яровые зерновые






Элемент	Внешние признаки дефицита элемента	Фотография признаков
Азот (N)	Изменение окраски листовой пластинки с зеленой на бледно-зеленую переходящую в желтую, а затем в бурую, в связи с недостаточным образованием хлорофилла. Затем на кончиках листьев начинается некроз, продолжающийся до основания листа. Так же происходит приостановление роста, снижение количества побегов (кущение) уменьшается размер листьев и стебля.	
Фосфор (P)	Красновато-фиолетовое окрашивание, начиная с верхушки, распространяется вниз по всей ширине листа. Старые листья, которые страдают первыми, зачастую увядают. Колосья сильно отстают в развитии.	
Калий (K)	Наблюдается пожелтение, а в дальнейшем побурение и высыхание кончиков и кромки листьев (краевой «ожог» листьев). Появление на листьях беловато-желтых, а затем бурых пятен особенно ближе к краям. Признаки, прежде всего, появляются на более старых, нижних листьях. По мере увеличения недостатка калия общий размер листьев и всего растения значительно снижается.	
Кальций (Ca)	Молодые листья бледнеют. Флаговый лист скрученный, завитой. Удлиненная трещина в середине молодого листа.	

<p>Магний (Mg)</p>	<p>Старые листья становятся бледно-зелеными с вкраплениями хлорофилла (легко обнаружить, удерживая лист на солнечном свете). Из-за межжилкового хлороза видны полосы. Мелкие яркие крапинки распределены по всему листу. Рост растения замедляется.</p>	
<p>Сера (S)</p>	<p>Листья имеют яркий желто-зеленый хлорозный цвет. Хлороз обычно начинается на молодых листьях. Рост в целом, включая колосья, замедляется и урожайность падает. Количество и размер зерен уменьшается. Симптомы недостатка азота и серы очень похожи, однако недостаток азота сначала проявляется на старых листьях, поскольку для азота характерна высокая подвижность в растении. В отличие от азотного голодания, при серном листья не отмирают.</p>	
<p>Молибден (Mo)</p>	<p>Симптомы проявляются вначале на старых листьях. Хлороз и пожелтение ткани листа. Позже на кончиках листьев образуется некроз. Замедленный рост растений. Внешние признаки дефицита сходны с признаками азотного голодания.</p>	
<p>Железо (Fe)</p>	<p>Межжилковый хлороз с явными желто-зелеными полосами на молодых листьях. При продолжительном недостатке лист полностью желтеет, а хлороз распространяется также и на старые листья. Первые признаки проявляются на молодой листве, по причине слабой реутилизации железа старые листья дольше остаются зелеными.</p>	

Медь (Cu)	<p>Молодые листья имеют сухие, белые и скрученные кончики (белые кончики). Старые листья остаются темно-зелеными. Колоски часто захвачены в оболочку и выходят с белыми кончиками и имеют пустые зерна (слепые колоски). При меньших симптомах могут появляться изогнутые колоски, которые не созревают, а также появление некротических пятен в верхней части стебля.</p>	
Бор (B)	<p>Колоски очень короткие с очень малым количеством зерен, ость закручена.</p>	
Цинк (Zn)	<p>Зрелые листья имеют неравномерные коричневые пятна (пятна некроза) с темно-коричневыми границами. Затормаживается рост из-за влияния цинка на деятельность хлорофилла. Короткие междоузлия, маленькая площадь поверхности листовой пластинки. Эти симптомы могут сочетаться с межжилковым хлорозом на средних листьях.</p>	
Марганец (Mn)	<p>На листьях ближе к основанию проявляются хлорозные пятна и полосы, цвет которых изменяется от серо-белого до коричневого, и которые в дальнейшем сливаются. Симптомы проявляются на более молодых и центральных листьях. Листья ломаются - перегибаются книзу при интенсивном поражении. Рост растения замедляется.</p>	

Озимые культуры

Элемент	Внешние признаки дефицита элемента	Фотография признаков
Азот (N)	Старые листья становятся желтыми и вянут, тормозят рост растений, особенно молодых листьев, слабое кущение.	
Фосфор (P)	Листья приобретают темно-зеленую, а иногда красную и пурпурную окраску. Пятна видны на стеблях, на листьях, прожилках, старые листья становятся желто-буро-красными, стебли утончаются и укорачиваются.	
Калий (K)	Верхушки растений и края листьев приобретают желтую окраску с красным оттенком, дальше наступает некроз, корни, удлиненные с небольшим количеством боковых корней.	
Кальций (Ca)	Симптомы заметны на молодых листьях, которые скручивают сверху, приобретают от желто-зеленого до бело-зеленого цвета, высыхают кончики листьев и отмирают верхушки побегов.	
Магний (Mg)	На первых листьях между прожилками наблюдается хлороз, хотя прожилки остаются зелеными, верхушками и края листья изогнуты вверх, они могут высыхать, стебли тонкие.	
Сера (S)	Хлороз всего листа, пожелтение видно на молодых листках; их нижняя часть размыта, иногда отсутствие тургора листьев, короткий и тонкий ствол, уменьшение размера цветка.	

Молибден (Mo)	Недостаток этого элемента приводит к уменьшению развития листовой пластинки, хлороз молодых листьев.	
Железо (Fe)	Проявляется хлороз на молодых листьях, верхушки листьев становятся бледно-желтого цвета, засыхают края листовой пластинки, происходит задержка роста растения и опадают листья.	
Медь (Cu)	Листья приобретают сине-зеленый цвет, теряют тургор, наблюдается некроз, ненормальный просвет генеративных органов – искажаются соцветия, засыхают верхушки в местах ингибирования зерновых культур.	
Бор (B)	Старые листья деформируются, скручиваются, на кончиках побегов развивается некроз, зерно не наливается или формируется.	
Цинк (Zn)	Листья становятся светло-зелеными, развивается межжилковый хлороз, который переходит в некроз. Симптомы можно увидеть сначала на более старых листьях, у молодых сокращается площадь листовой поверхности.	
Хлор (Cl)	Хлороз и некроз листьев, замедление роста, слабо развитые корни, утолщенные на концах. Уровень питательных веществ зависит от уровня pH почвы. Чем выше - ближе к нейтральной, тем меньше доступность некоторых микроэлементов: железа (Fe), марганца (Mn), никеля (Ni), меди (Cu), бора (B) и цинка (Zn). В то же время, при более высоком уровне pH, более доступны для макроэлементов и молибдена (Mo).	

Овощные культуры

Элемент	Внешние признаки дефицита элемента	Фотография признаков
Азот (N)	Рост растений замедлен, стебли тонкие, волокнистые и твердые. На листьях появляются крупные желтовато-зеленые пятна. При остром голодании может пожелтеть все растение. В начале голодания корневая система часто развивается лучше, чем надземные органы, но по мере усиления голодания рост корней прекращается, они буреют и отмирают.	
Фосфор (P)	Стебли тонкие, деревянистые. Листья мелкие, часто имеют более темную зеленую окраску, чем нормальные. У растений многих овощных культур на нижней поверхности листьев появляется пурпурно-красный оттенок. Волокнистые корни развиты очень слабо. Завязывание и созревание плодов сильно запаздывает.	
Калий (K)	В нижней части растения появляются серовато-зеленые листья. Листья растения принимают бронзовую или желтовато-коричневую окраску. Края их желтеют, а затем буреют. Вдоль жилок листа появляются пятна; ткани листа разлагаются и отмирают. Корни слабо развиты, бурые. Стебли тонкие, постепенно они становятся жесткими и деревянистыми.	
Кальций (Ca)	Стебли толстые и деревянистые, вегетативный рост их замедлен. Кончики корешков отмирают и разрушаются; на сохранившихся кончиках корней образуются мелкие шарообразные вздутия. Вновь образующиеся листья хлоротичные, старые листья остаются зелеными. Новые побеги теряют тургор тканей. При остром голодании отмирают верхушечные почки.	

<p>Магний (Mg)</p>	<p>Ткани между жилками старых листьев подвергаются хлорозу, а жилки остаются зелеными. Листья становятся ломкими, края их закручиваются кверху. Хлоротичная ткань буреет и отмирает. На некоторых листьях в месте хлороза появляется фиолетово-красная пигментация. Голодание наблюдается преимущественно на кислых почвах.</p>	
<p>Сера (S)</p>	<p>Нижние листья становятся толстыми и твердыми и постепенно приобретают желтовато-зеленую окраску. Стебли твердые, деревянистые, ненормально удлиненные, веретенообразно скрученные. Корневая система сильно развита.</p>	
<p>Молибден (Mo)</p>	<p>На старых листьях появляется ясно выраженная крапчатость; жилки их остаются светло-зелеными. Вновь развивающиеся листья вначале зеленые, но по мере роста становятся крапчатыми. Участки хлоротичной ткани впоследствии вздуваются, края листьев закручиваются внутрь; вдоль краев и на верхушках листьев развивается некроз.</p>	
<p>Железо (Fe)</p>	<p>Молодые листья приобретают (вначале только между жилок) светло-желтую окраску. Позднее желтеет весь лист. Некроза и отмирания тканей обычно не наблюдается. Симптомы появляются, как правило, только на растениях, выращиваемых на щелочных или сильно известкованных почвах.</p>	
<p>Медь (Cu)</p>	<p>Ткани листьев теряют тургор; хлоротичные ткани листа как бы отбелены. Рост растения сильно замедлен. Голодание обычно наблюдается на почвах, богатых органическим веществом - торфяных и болотных.</p>	

Бор (В)	<p>Вновь образующиеся листовые почки и черешки листьев имеют светлую окраску, ломкие, часто уродливой формы. Междоузлия укорочены, на концах побегов образуются розетки листьев. При длительном голодании верхушечные почки отмирают, и новые побеги развиваются из почек, расположенных ниже. Рост корней сильно замедлен; на поверхности корнеплодов (свеклы; турнепса и редиса) появляются темно - окрашенные участки пробковой ткани. Для кочанной и цветной капусты характерно образование полых стеблей, для сельдерея – растрескивание стеблей.</p>	
Цинк (Zn)	<p>Молодые листья ненормально мелки и покрыты желтыми крапинками или же равномерно хлоротичны. Обычны некроз или отмирание ткани.</p>	
Марганец (Mn)	<p>Хлороз развивается вначале между жилками молодых листьев, а затем и на старых листьях. Жилки сохраняют зеленую окраску даже при очень сильном голодании. Хлоротичная ткань буреет или делается прозрачной; в конце концов, пораженная ткань некротизируется. Голодание наблюдается преимущественно на щелочных или чрезмерно известкованных почвах, хотя встречается и на кислых почвах.</p>	