

**60-летию агрохимической службы
Республики Татарстан
посвящается**

A. V. IVOILOV

A. A. LUKMANOV

AGROCHEMISTRY IN NUMBERS

**A collection of tables
containing
over 10,000 data**

Kazan
Logos-Press
2025

А. В. ИВОЙЛОВ
А. А. ЛУКМАНОВ

АГРОХИМИЯ В ЦИФРАХ

**Сборник таблиц,
включающих
более 10 000 данных**

Казань
Логос-Пресс
2025

Рецензенты:

федеральное государственное бюджетное учреждение
центр агрохимической службы «Краснодарский»
(директор – доктор сельскохозяйственных наук
профессор член-корреспондент РАН **О. А. Подколизин**);
доктор сельскохозяйственных наук профессор **А. Х. Куликова**
(Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина)

Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук профессора **А.В. Ивойлова**

Ивойлов А. В.

И 25

Агрохимия в цифрах : учеб.-справоч. пособие / А. В. Ивойлов, А. А. Лукманов ; под ред. А. В. Ивойлова. – Казань : Логос-Пресс, 2025. – 192 с.

ISBN 978-5-00205-079-6

Учебно-справочное пособие представляет сборник справочных таблиц по агрохимии и смежным с ней дисциплинам. В нем включены сведения по свойствам почв, удобрений и растений, необходимые при проведении расчетов доз удобрений, сравнительной оценки полученных в ходе экспериментов опытных данных и т. д.

Кроме студентов, учебно-справочное пособие будет полезным аспирантам, преподавателям, агрономам и другим практикующим специалистам сельского хозяйства.

УДК 631/635**ББК 40.4я73**

ISBN 978-5-00205-079-6

© Ивойлов А. В., Лукманов А. А., 2025

© ФГБУ «ЦАС «Татарский», 2025

© ФГБОУ ВО «КазГАУ», 2025

© Логос-Пресс, оформление, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	7
Введение.....	9
Часть 1. Почва.....	11
1.1 Земельный фонд.....	12
1.2 Твердая фаза.....	16
1.3 Физико-химические свойства почвы.....	21
1.4 Органическое вещество почвы.....	25
1.5 Фосфор и калий.....	31
1.6 Микроэлементы в почве.....	33
1.7 Группировка почв по содержанию элементов пита- ния растений, тяжелым металлам и физико-химическим показателям.....	35
1.8 Азот, фосфор в почве.....	41
1.9 Почвенный воздух.....	43
Часть 2. Удобрения.....	46
2.1 Минеральные удобрения.....	46
2.2 Известковые удобрения.....	56
2.3 Дозы удобрений.....	62
2.4 Эффективность применения удобрений.....	65
2.5 Органические удобрения.....	67
2.6 Фертигация.....	73
2.7 Запасы фосфоритного сырья.....	74
Часть 3. Растения.....	76
3.1 Биологическая классификация элементов.....	76
3.2 Вода в растениях.....	80
3.3 Содержание химических элементов в растениях.....	82
3.4 Содержание химических соединений в растениях.....	91
3.5 Растительный белок и белковые вещества.....	100
3.6 Жиры (липиды).....	114
3.7 Углеводы и сахара.....	119
3.8 Витамины.....	122
3.9 Микроэлементы.....	125
3.10 Растительные остатки.....	129
3.11 Оптимальный интервал pH.....	132
3.12 Алкалоиды.....	137
3.13 Водный режим растений.....	138
3.14 Кислотность сока плодов и овощей.....	140
3.15 Биологическая азотфиксация.....	141
3.16 Вынос основных элементов питания.....	142
3.17 ПДК нитратов в овощах, плодах и кормах.....	150

Часть 4. Дополнительные сведения	151
4.1 Единицы физических и математических величин.....	151
4.2 Основные реактивы, используемые в агрохимическом анализе.....	153
4.3 Биологически значимые для растений элементы.....	156
4.4 Распространение элементов в природе.....	157
4.5 Факторы, лимитирующие плодородие почвы.....	160
4.6 Жесткость воды.....	161
4.7 Значения рН растворов.....	162
4.8 Некоторые сведения по биологии растений.....	163
4.9 Обрабатываемая площадь земель и применение удобрений.....	175
4.10 Некоторые свойства и показатели почв.....	177
4.11 Сокращения, принятые в агрохимии.....	182
Литература.....	183

Нельзя объять необъятное!

Козьма Прутков

Предисловие

За неполные два века своего существования агрономическая химия как наука о минеральном питании растений, о взаимодействии удобрений, растений, почвы и климата, круговороте веществ в земледелии и рациональном применении удобрений превратилась в обширную область знаний. При этом очень трудно определить границы между агрохимией и смежными науками, такими как физиология и биохимия растений, сельскохозяйственная микробиология, общее и биологическое земледелие и многими другими. Накоплен богатый экспериментальный материал по вопросам использования в земледелии и растениеводстве не только удобрений, но и агрохимикатов. Он вошел в сокровищницу научных знаний, изложен в журнальных публикациях, фундаментальных трудах, учебной литературе.

В ходе научной деятельности нередко возникают моменты, когда требуется сопоставить полученные результаты с экспериментальными данными других исследователей, чтобы убедиться в их правильности и с их помощью вывести важные соотношения и закономерности, а в процессе преподавания при изложении материалов лекций – проиллюстрировать те или иные тезисы и утверждения.

Материал для этой книги собирался авторами исподволь и не один год, с тем, чтобы свести к минимуму либо исключить повторные поиски в специальной литературе необходимых для сопоставления и оценки данных. В конечном итоге накопилось немалое количество табличного материала по агрохимии и сопряженным с ней (напрямую или косвенно) дисциплинам – физиологии растений, агропочвоведению, экологии, микробиологии, биохимии растений, земледелию, растениеводству, защите растений, мелиорации и многим другим.

Казалось бы, что в век Интернета и относительно свободного доступа к той или иной информации нет особой необходимости издавать справочники и словари. Но практика показывает, что нередко

на поиск в Интернете нужных данных тратится даже при правильно сформулированных запросах много времени и сил.

Наличие под рукой специальной справочной литературы значительно сокращает поиск необходимых сведений.

Включенный в книгу материал не претендует на всеобъемлющую полноту. Это относится как к тематике таблиц и их содержанию, так и по подбору включенных в сведения о почвах, растениях, удобрениях. В основном табличный материал подан в том виде, в котором он был почерпнут из первоисточника.

При сборе данных предпочтение было отдано сельскохозяйственным растениям средней полосы России и характерным для нее почвам. В то же время иногда для сравнения приведены сведения по другим растениям, иным почвам.

Большинство таблиц не нуждаются в особых пояснениях, так как включенные в них показатели говорят сами за себя. Поэтому читатели не найдут под большинством таблиц дополнительных пояснений.

Справочные данные рассчитаны как для профессионалов – агрохимикам, так и для широкого круга пользователей, в той или иной степени связанных с агрохимией и агрономией, – агрономам-практикам, студентам и аспирантам аграрных специальностей, и даже школьникам, которые интересуются вопросами агрономической химии и собираются посвятить себя этой отрасли знаний. Данная книга позволяет довольно быстро найти соответствующую информацию, проверить правильность значений величин, полученных в ходе эксперимента или лабораторного практикума, сравнив их с представленными в литературе.

Надеемся, что справочник будет полезен всем, кто в той или иной мере связан с агрохимией и агрономией, что включенная в него информация окажет его читателям содействие в практической деятельности или занятиях наукой.

Заранее благодарим всех читателей справочного пособия, которые возьмут на себя труд сделать критические замечания, направленные на улучшение его в будущем.

Авторы

Введение

«Агрохимия в цифрах¹» содержит табличный материал, который в определенной мере отражает сложную диалектическую связь между растением, почвой и удобрениями (агрохимическими средствами). Изучение этой взаимосвязи выступает главной задачей агрохимии.

Д. Н. Прянишников выразил взаимосвязь между тремя взаимодействующими факторами – почвой, растениями и удобрением – простой схемой.



Из этой схемы видно, что почва и ее свойства влияют на растения – чем плодороднее почва, тем выше ее биопродуктивность. В свой черед растения оказывают влияние на свойства почвы за счет растительных остатков и корневых выделений. Одновременно растения своими корневыми выделениями воздействуют на удобрения, переводя трудно-растворимые соединения в доступные для себя формы.

Удобрения влияют на рост и развитие растений, уровень продуктивности и качество продукции. В то же время свойства почвы оказывают влияние на доступность растениям питательных элементов удобрений, а удобрения изменяют свойства почвы, влияют на активность и направленность микробиологических процессов.

Позднее в так называемый «треугольник Прянишникова» З. И. Журбицкий включил четвертый параметр – климат, который был введен в определение «агрохимия» постановлением Государственного комитета

¹ С позиций формальной логики правильнее было бы назвать «Агрохимия в числах», так как цифра – это знак для записи конкретных значений чисел (один из десяти знаков западных арабских цифр – 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), число – это одно из основных понятий математики, которое используют для количественной характеристики, сравнения, нумерации объектов и их частей. Натуральные числа записываются цифрами и бывают однозначные (1, 2, 3, ... 9), двузначные (10, 11, 12, ... 99), трехзначные (100, 101, ... 999) и т. д.

СССР по стандартам от 13.07.1983 г. № 3110. Недооценка климатических условий конкретного земледельческого региона приводит, как правило, к ошибкам при оценке эффективности применения удобрений и определении их долевого участия в формировании урожая.



В справочнике первая часть посвящена почве, вторая – удобрениям, третья – растениям. Объем их неравнозначен по ясным причинам: различных показателей по почве и растениям куда больше, чем по удобрениям. В четвертой части приводятся дополнительные сведения по вопросам агрономии, которые в той либо иной степени сопричастны с агрохимией (агрохимиков в «чистом виде» практически не бывает; это специалисты, вольно или невольно, связаны с агрономией).

Под каждой таблицей указан источник/источники заимствования. Список их приведен в конце книги.

При ознакомлении с материалами таблиц кому-то может показаться, что их содержание напрямую не относится к агрохимии. В противовес данному утверждению можно ответить, что удобрения и средства химизации оказывают существенное влияние на свойства почвы и ее режимы, на рост, развитие и продуктивность растений, поэтому помещенные в книгу материалы из сопутствующих сфер деятельности так или иначе причастны к агрохимии. К тому же, как известно, знание едино, и порой бывает трудно определить к какой научной дисциплине можно отнести те или иные результаты исследований и как они могут повлиять на развитие смежных наук.

Часть 1. Почва

Одним из объектов изучения агрохимии, наряду с растениями и удобрениями, выступает почва. Согласно ГОСТ 27893-88, «почва – самостоятельное естественно-историческое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия». Если проще, то это **поверхностный слой Земли, обладающий плодородием.**

Почва – результат взаимодействия горной породы, растительных и животных организмов, климата, рельефа и времени. В биосфере и экосистемах она выполняет множество глобальных и локальных функций.² С позиции агрохимии и агрономии значимы такие функции почвы: 1) источник элементов питания растений (депо питательных веществ); 2) механическая опора растений (среда обитания).

Любая почва состоит из твердой, жидкой (почвенный раствор) и газообразной (почвенный воздух) фаз. Эти фазы находятся между собой в динамическом равновесии. **Твердая фаза почвы** – это ее основа, матрица, формирующаяся в процессе почвообразования из материнской горной породы и в значительной степени наследующая состав и свойства последней. Состоит из минеральной (первичные и вторичные минералы, аморфные вещества) и органической (негумифицированные органические вещества растительного и животного происхождения, органические вещества специфической природы – гумусовые, или перегнойные) частей. **Жидкая фаза почвы** – это вода в почве, почвенный раствор, исключительно динамичная по объему и составу часть почвы, заполняющая ее поровое пространство. Выступает основным фактором дифференциации почвенного профиля. **Газовая фаза почвы** – это воздух, заполняющий в почве поры, свободные от воды, состав которого очень динамичен во времени и существенно отличается от атмосферного.

² См.: Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Экологические функции почвы. М. : Изд-во Москов. ун-та, 1986. 136 с.; Они же: Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М. : Наука, 1990. 261 с.; Экология почв. Учение об экологических функциях почв. М. : Наука, 2006. 409 с.

1.1 Земельный фонд

1.1.1 Распределение земель Российской Федерации по категориям (1990–2020 гг.)

[Земельный потенциал России, 2023]

Категории земель	1990 г.		2000 г.		2010 г.		2020 г.		+, – млн га
	млн га	%	млн га	%	млн га	%	млн га	%	
Земли сельскохозяйственного назначения	639,1	37,4	406,0	23,8	393,4	23,0	380,7	22,2	-258,4
Земли населенных пунктов	7,5	0,5	18,7	1,1	19,6	1,1	20,6	1,2	+13,1
Земли промышленности, энергетики, транспорта и иного специального назначения	16,0	0,9	17,3	1,0	16,8	1,0	17,6	1,0	+1,6
Земли особо охраняемых территорий и объектов	17,4	1,0	32,0	1,9	34,9	2,0	49,7	2,9	+32,3
Земли лесного фонда	895,5	52,4	1 096,8	64,1	1 115,8	65,3	1 127,6	65,8	+232,1
Земли водного фонда	4,1	0,2	27,8	1,6	28,0	1,6	28,1	1,6	+24,0
Земли запаса	130,2	7,6	11,2	0,6	101,3	5,9	88,2	5,2	-42,0
Итого земель	1 709,8	100,0	1 709,8	100,0	1 709,8	100,0	1 712,5*	100,0	+2,7

Примечание. * – включая Республику Крым.

1.1.2 Динамика площадей и структуры сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации (1990–2020 гг.)

[Земельный потенциал России, 2023]

Вид угодий	1990 г.		2000 г.		2010 г.		2015 г.		2020 г.		+, – млн га
	млн га	%	млн га	%	млн га	%	млн га	%	млн га	%	
Пашня	132,3	59,5	124,4	56,3	115,1	58,7	16,3	59,3	116,2	59,3	-16,1
Залежь	0,3	0,1	3,9	1,8	4,4	2,2	4,3	2,2	4,4	2,2	+4,1
Многолетние насаждения	1,9	0,9	1,9	0,8	1,2	0,6	1,2	0,6	1,2	0,6	-0,7
Сенокосы и пастбища	87,9	39,5	90,9	41,1	75,4	38,4	75,9	38,7	76,0	38,7	-11,9
Итого сельскохозяйственных угодий	222,4	100,0	221,1	100,0	196,1	100,0	197,7	100,0	197,8	100,0	-24,6

1.1.3 Динамика площади неиспользуемой пашни и залежи в Российской Федерации в 1990–200 гг., млн га [Земельный потенциал России, 2023]

Показатель	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Площадь посева + чистый пар	131,02	119,02	103,46	92,39	91,90	88,64	87,95
Неиспользуемая пашня (без залежи)	0,00	11,10	27,56	38,63	39,12	42,38	43,07
Залежь	0,35	1,46	3,93	5,00	5,11	4,91	4,95
Неиспользуемая пашня и залежь	0,35	12,56	31,49	43,63	44,23	47,29	48,02

1.1.4 Динамика изменений в составе земельного фонда Российской Федерации по категориям земель, млн га [Щербакова Д. А., Гиниятов И. А., 2022]

Категория земель	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2014 г.	2015 г.*	2017 г.	2018 г.	2020 г.
Земли сельскохозяйственного назначения	400,0	393,4	389,0	386,1	385,5	383,7	383,2	382,5	380,8
Земли населенных пунктов	19,5	19,6	19,7	19,9	20,1	20,3	20,4	20,5	20,6
Земли промышленного и иного специального назначения	16,7	16,8	16,9	16,9	17,2	17,4	17,4	17,5	17,6
Земли особо охраняемых территорий и объектов	34,8	34,9	36,5	46,1	47,0	47,0	47,7	49,6	49,7
Земли лесного фонда	1 108,5	1 115,8	1 120,9	1 121,9	1 122,6	1 126,3	1 126,3	1 125,8	1 127,6
Земли водного фонда	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,1	28,1	28,1	28,1
Земли запаса	102,3	101,3	98,8	90,9	89,5	89,7	89,3	88,5	88,2
Итого земель	1 709,8	1 709,8	1 709,8	1 709,8	1 709,9	1 712,5	1 712,5	1 712,5	1 712,5

Примечание. * – включая Республику Крым.

Приведенные в табл. 1.1.1–1.1.4 данные свидетельствуют, что в период с 1990 г. по 2020 г. в структуре земельного фонда страны произошли существенные изменения. Так, площадь земель сельскохозяйственного назначения за это время сократились на 258,4 млн га. Общее увеличение площадей земель всех несельскохозяйственных угодий произошло за счет земель сельскохозяйственного назначения и земель запаса, которые потеряли в общей сложности 300,4 млн га. Увеличение земель лесного фонда связано с переводом в него лесопокрытых земель, ранее находящихся в постоянном (бессрочном) пользовании сельскохозяйственных организаций.

1.1.5 Почвенный покров сельскохозяйственных угодий Республики Татарстан [Справочник агрохимика..., 2015]³

Почвы	Площадь	
	тыс. га	%
Дерново-подзолистые, всего	286,0	7,0
в т.ч.: дерново-слабоподзолистые	52,2	1,3
дерново-среднеподзолистые	215,8	5,3
дерново-сильноподзолистые	18,0	0,4
Болотно-подзолистые	4,6	0,1
Дерново-карбонатные	126,5	3,1
в т.ч.: типичные	44,0	1,1
выщелоченные	80,5	2,0
оподзоленные	2,0	0,05
Серые лесные⁴	1 651,9	40,8
в т.ч.: светло-серые	757,7	18,7
серые	586,0	14,5
темно-серые	308,2	7,6
Серые лесные глеевые	4,4	0,1
Черноземы	1 661,6	41,1
в т.ч.: оподзоленные	217,8	5,4
выщелоченные	1 008,6	24,9
типичные	245,8	6,1
карбонатные	189,4	4,7
Лугово-черноземные	98,6	2,4
Луговые	3,1	0,1
Солончаки, солоди, солонцы	4,0	0,1
Лугово-болотные	9,4	0,2
Болотно-низинные	5,2	0,1
Аллювиальные	131,1	3,2
Аллювиальные болотные	6,5	0,2
Овражно-балочного комплекса	54,6	1,4
Всего по республике	4 047,5	100,0

³ В «Государственном докладе ..., 2023» приведены несколько иные площади, приходящиеся на основные типы почв: 292,6 тыс. га почв сельскохозяйственного назначения заняты дерново-подзолистыми почвами, 120,8 тыс. га – дерново-карбонатными, 1 617,4 тыс. га – серыми лесными, 291,1 тыс. га – коричнево-серыми, 1 731,2 тыс. га – черноземами. На прочие почвы – аллювиальные, луговые, болотно-подзолистые, овражно-балочного комплекса и прочие – приходится 595,3 тыс. га.

См.: Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан. Казань : [б. и.], 2023. С. 82–83.

⁴ В этот тип включены так называемые коричнево-серые лесные почвы, сформировавшиеся на красно-бурых глинах и суглинках, мергелистых глинах и суглинках, мергелях и рыхлых известняках, выделяемые ранее казанскими почвоведом в особый тип.

1.1.6 Почвенный покров сельскохозяйственных угодий по природно-климатическим зонам Республики Татарстан [Лукманов А. А., 2024]

Почвы	Природно-климатическая зона		
	Предкамье	Предволжье	Закамье
Дерново-подзолистые, всего	252,4	11,2	22,4
в т.ч.: дерново-слабоподзолистые	43,1	3,5	5,7
дерново-среднеподзолистые	191,9	7,2	16,6
дерново-сильноподзолистые	17,4	0,5	0,1
Болотно-подзолистые	1,6	1,4	1,6
Дерново-карбонатные	61,2	27,8	37,5
в т.ч.: типичные	17,9	13,6	12,5
выщелоченные	42,2	13,7	24,6
оподзоленные	1,1	0,5	0,4
Серые лесные⁵	867,8	258,4	525,9
в т.ч.: светло-серые	604,7	63,3	89,8
серые	227,7	135,0	223,4
темно-серые	35,4	60,1	212,7
Серые лесные глеевые	1,0	1,4	1,9
Черноземы	12,2	241,3	1 408,2
в т.ч.: оподзоленные	7,9	44,7	165,2
выщелоченные	4,3	167,6	836,8
типичные	–	25,6	220,1
карбонатные	–	3,4	186,1
Лугово-черноземные	15,2	16,4	67,1
Луговые	...	0,1	3,0
Солончаки, солоди, солонцы	...	0,1	4,0
Лугово-болотные	2,1	0,9	6,4
Болотно-низинные	1,5	0,4	3,2
Аллювиальные	58,2	26,7	46,3
Аллювиальные болотные	2,2	0,5	3,7
Овражно-балочного комплекса	20,4	4,3	29,9
Всего по зоне	1 295,8	590,9	2 161,1

⁵ В этот тип включены так называемые коричнево-серые лесные почвы.

1.2 Твердая фаза

1.2.1 Средний химический элементный состав земной коры, почв, организмов суши, % массы [Виноградов А. П., 1988]

Элемент	Содержание		
	в земной коре	в почвах*	в организмах
Кислород (O)	47,2	55,0	70,0
Кремний (Si)	27,6	20,0	0,15
Алюминий (Al)	8,8	7,0	$2 \cdot 10^{-2}$
Железо (Fe)	5,0	2,0	$2 \cdot 10^{-2}$
Кальций (Ca)	3,5	2,0	0,5
Натрий (Na)	2,64	1,0	$2 \cdot 10^{-2}$
Калий (K)	2,5	1,0	$7 \cdot 10^{-2}$
Водород (H)	0,15	5,0	10,5
Углерод (C)	0,10	5,0	18,0
Фосфор (P)	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$
Сера (S)	$5 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
Хлор (Cl)	$4,8 \cdot 10^{-2}$	0,1	$4 \cdot 10^{-2}$
Азот (N)	$2,3 \cdot 10^{-2}$	0,1	0,3
Медь (Cu)	$1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Цинк (Zn)	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$

Примечание. * – при естественной влажности.

1.2.2 Минералогический состав фракций <1...2 мкм главнейших типов почв и пород [Горбунов Н. П., 1978]

Почва и порода	Минералы: слева направо в убывающем количестве
Дерново-подзолистая на ледниковых глинах	Гидрослюды, каолинит, вермикулит, хлорит, кварц; к низу количество гидрослюд увеличивается, а каолинита и хлорита уменьшается; R_2O_3 (полупоротные окислы)
Дерново-подзолистая на карбонатной породе	Монтмориллонит, гидрослюды, каолинит, хлорит, кварц; количество минералов по профилю довольно равномерное
Дерново-подзолистая на покровном суглинке	Гидрослюда, гидрослюда-монтмориллонит, смешаннослойные, содержание монтмориллонита к низу увеличивается; хлорит, кварц, R_2O_3
Дерново-подзолистая на элювии гранитов	Гидрослюда, каолинит, монтмориллонит, хлорит, кварц, R_2O_3 ; иногда смешаннослойные минералы
Бурая лесная на валунной супеси	Вермикулит, гидрослюда, каолинит, хлорит; хлорит-гидрослюда, смешаннослойные, кварц, R_2O_3
Бурая лесная на ледниковых песках	Гидрослюда, каолинит, вермикулит, хлорит, кварц

Окончание табл. 1.2.2

Почва и порода	Минералы: слева направо в убывающем количестве
Серая лесная на покровных суглинках	Гидролюда, гидролюда-монтмориллонит, смешаннослойные, монтмориллонит, кварц, хлорит, R_2O_3
Чернозем на элювии мела	Карбонаты, гидролюды, иногда цеолиты, палыгорскит
Чернозем на песчаной основе	Гидролюды, кварц
Черноземы на красно-бурой древней глине	Гидролюды, каолинит, монтмориллонит, кварц, иногда смешаннослойные минералы

1.2.3 Классификация почв и пород по гранулометрическому составу (по Качинскому)

[Муха В. Д. и др., 2003]

Содержание физической глины (частицы <0,01 мм) в почвах, %		Содержание физического песка (частицы >0,01 мм) в почвах, %		Краткое название почвы по гранулометрическому составу
подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	
0...5	0...5	100...95	100...95	Рыхлопесчаная
5...10	5...10	95...90	95...90	Связнопесчаная
10...20	10...20	90...80	90...80	Супесчаная
20...30	20...30	80...70	80...70	Легкосуглинистая
30...40	30...45	70...60	70...55	Среднесуглинистая
40...50	45...60	60...50	55...40	Тяжелосуглинистая
50...65	60...75	50...35	40...25	Легкоглинистая
65...80	75...85	35...20	25...15	Среднеглинистая
>80	>85	<20	<15	Тяжелоглинистая

1.2.4 Классификация почв по каменности (по Качинскому)

[Муха В. Д. и др., 2003]

Частицы >3 мм (камни), %	Степень каменности почвы	Тип каменности
0,5 0,5...5 5...10 10 и более	Некаменистая Слабокаменистая Среднекаменистая Сильнокаменистая	Устанавливается по скелетной части почвы (валунные, галечниковые, щебенчатые)

1.2.5 Классификация механических элементов по крупности частиц почвы (грунта)

[Муха В. Д. и др., 2003]

Диаметр частицы, мм	По Охотину (в грунтоведении)	По Качинскому (в почвоведении)	Диаметр частицы, мм	
>20	Хрящ и гравий	Камни	>20	
20...10			20...10	
10...7			10...7	
5...3			5...3	
3...2	очень мелкий	Гравий	3...2	
2...1			2...1	
1...0,5	Песок	Песок	1...0,5	
0,5...0,25			крупный	0,5...0,25
0,25...0,05			средний	0,25...0,05
0,05...0,01	Пыль	Пыль	0,05...0,01	
0,01...0,005			крупная	0,01...0,005
0,005...0,002	Ил	Ил	0,005...0,002	
0,002...0,001			средняя	0,002...0,001
0,001...0,0005	Глина	Ил	0,001...0,0005	
0,0005...0,0001			грубая	0,0005...0,0001
<0,0001	тонкая	Коллоиды	<0,0001	

1.2.6 Влияние гранулометрического состава почвы на продуктивность растений, в долях единицы от нормативной урожайности

[Муха В. Д. и др., 2003]

Культура	Почвы				Зона атмосферного увлажнения
	песчаные и супесчаные	легко- и среднесуглинистые	тяжелосуглинистые и глинистые		
			структурные	малоструктурные	
Озимая пшеница	0,75	1,00	0,85	0,65	Влажная
	0,30	0,80	1,00	0,90	Полувлажная
	0,40	1,00	1,00	0,80	Засушливая
Озимая рожь	0,20	1,00	0,89	0,75	Влажная
	0,30	0,65	1,00	0,75	Полувлажная
Ячмень	0,90	1,00	1,00	0,85	Влажная
	0,25	0,60	1,00	0,95	Полувлажная
	0,20	0,65	1,00	0,95	Засушливая
Овес	0,85	1,00	0,75	0,55	Влажная
	0,40	0,85	1,00	0,95	Полувлажная
Кукуруза на зерно	0,50	1,00	0,75	0,60	Влажная
	0,30	0,70	1,00	0,65	Полувлажная
	0,25	0,75	1,00	0,50	Засушливая
Сахарная свекла	0,30	0,70	1,00	0,65	Влажная

Окончание табл. 1.2.6

Культура	Почвы				Зона атмосферного увлажнения
	песчаные и супесчаные	легко- и среднесуглинистые	тяжелосуглинистые и глинистые		
			структурные	малоструктурные	
Картофель	0,70	1,00	0,85	0,55	»
Сеянные травы	0,50	1,00	0,70	0,40	Полувлажная
	0,30	0,75	1,00	0,65	Засушливая
	0,50	1,00	1,00	0,80	Влажная
	0,30	0,85	1,00	0,70	Полувлажная
	0,30	0,80	1,00	0,65	Засушливая
Подсолнечник	0,25	0,60	1,00	0,65	»
Лен	0,40	1,00	0,85	0,40	Влажная

1.2.7 Примерная объемная масса почвы [по обобщенным данным]

Почвы	Объемная масса, г/см ³
Дерново-подзолистые супесчаные	1,4...1,6
Дерново-подзолистые и светло-серые лесные суглинистые	1,3...1,4
Серые лесные	1,2...1,3
Темно-серые лесные, черноземы оподзоленные	1,1...1,2
Черноземы выщелоченные и типичные	1,0...1,2

1.2.8 Коэффициенты использования сельскохозяйственными культурами P₂O₅ (КИП P₂O₅) и K₂O (КИП K₂O) из почвы, % [Справочник агрохимика..., 2015]

Культуры	Содержание P ₂ O ₅ по Кирсанову				
	<50	51...100	101...150	151...250	>251
Зерновые, лен, однолетние травы	10	8	7	6	5
Пропашные, овощные, многолетние травы	15	14	12	10	8
Культуры	Содержание K ₂ O по Кирсанову				
	<80	81...120	121...170	171...250	>250
Зерновые, лен, однолетние травы	20	15	13	10	9
Пропашные, овощные, многолетние травы	40	30	26	20	17

1.2.9 Плотность сложения и наименьшая влагоемкость (НВ) основных почв Республики Татарстан

[Сафиоллин Ф. Н., Хисматуллин М. М., 2015]

Почва	Глубина слоя, см	Плотность сложения, г/см ³	Наименьшая влагоемкость (НВ), % от массы сухой почвы	
Подзолистая среднесуглинистая	0–30	1,24	25,0	
	0–50	1,37	24,7	
Светло-серая лесная	0–30	1,42	23,8	
	тяжелосуглинистая	0–50	1,46	21,5
	суглинистая	0–30	1,26	26,6
	0–50	1,35	22,7	
Серая лесная тяжелосуглинистая	0–30	1,27	29,9	
	0–50	1,43	27,3	
	среднесуглинистая	0–30	1,43	27,4
	0–50	1,49	22,9	
Темно-серая лесная	0–30	1,36	27,2	
	тяжелосуглинистая	0–50	1,44	22,8
	среднесуглинистая	0–30	1,35	25,6
Чернозем оподзоленный	0–30	1,23	27,5	
	0–50	1,37	36,0	
	0–50	1,45	29,0	
Чернозем выщелоченный	0–30	1,20	35,1	
	среднесуглинистый	0–50	1,30	30,0
	тяжелосуглинистый	0–30	1,47	34,7
Лугово-черноземная	0–30	1,45	33,2	
	0–50	0,95	40,0	
	среднесуглинистая	0–50	1,15	32,0
Чернозем типичный	0–30	1,20	33,6	
	тяжелосуглинистый	0–50	1,32	26,2
	среднесуглинистый	0–30	1,12	32,0
	0–50	1,30	28,0	
Чернозем карбонатный	0–30	1,11	27,0	
	тяжелосуглинистый	0–50	1,36	30,0

1.2.10 Педогеохимическая подвижность главных продуктов почвообразования

[Ковда В. А., 1973]

Группа подвижности	Степень подвижности	Химические соединения	Относительная подвижность
I	Очень высокая	Нитраты, хлориды, иодиды, бромиды, сульфаты, карбонаты, бораты, силикаты, фосфаты щелочей и частично щелочно-земельных металлов	100
II	Высокая	Гипс, карбонаты кальция и магния, гуматы и алюминаты щелочей, железные и алюминиевые квасцы	10...50

Окончание табл. 1.2.10

Группа подвижности	Степень подвижности	Химические соединения	Относительная подвижность
III	Умеренная	Гидрокарбонаты, фульваты и фосфаты марганца и железа, гидрозолы кремнезема и гумуса	0,5...1,0
IV	Низкая	Гидроксиды алюминия, железа, марганца, гуматы тяжелых металлов	0,1...0,001
V	Ничтожная	Кварц, рутил, циркон, гранат, глинистые минералы, сульфиды	< 0,001

1.3 Физико-химические свойства почвы

1.3.1 Уровни кислотности и щелочности почв (по Кауричеву) [Муха В. Д. и др., 2003]

pH*	Почва по уровню кислотности или щелочности	Название почв
<4,5	Сильнокислая	Болотные, болотно-подзолистые, подзолистые
4,6...5,0	Кислая	Подзолистые, дерново-подзолистые, красноземы, тропические
5,1...5,5	Слабокислая	То же
5,6...6,0	Близкая к нейтральной	Окультуренные дерново-подзолистые и серые лесные, красноземы
6,1...7,1	Нейтральная	Серые лесные, черноземы
7,2...7,5	Слабощелочная	Черноземы южные, каштановые, сероземы с признаками солонцеватости
7,6...8,5	Щелочная	Солонцы, солончаки
>8,5	Сильнощелочная	Содовые солонцы, солончаки

Примечание. * – для кислых почв вытяжка 1 н. KCl, для щелочных – водная.

1.3.2 Буферность основных типов почв в сравнении с песками [Ковда В. А., 1973]

Почвы	Буферность	
	кислотная	щелочная
Пески	1	1
Слабподзолистые	2...3	5...8
Черноземы и серые лесные	5...8	2...3
Каштановые	8...10	2
Солонцеватые	10	1
Красноземы и подзолы	1...2	10

1.3.3 Емкость катионного обмена различных почв,
ммоль(экв.)/100 г. почвы
[Ремезов Н. П., 1957]

Почва	Горизонт,	Глубина, см	ЕКО
Дерново-сильнопodzолистая пылевато-суглинистая, елово-широколиственный лес	A ₁	2...8	25
	A ₂	18...25	10
	B ₁	40...48	20
	B ₂	60...70	20
	B ₃	80...90	19
	C	120...130	23
Дерново-подзолистая глинистая пахотная	A _{пах}	0...10	7
	A ₂	25...35	5
	B ₁	40...50	20
	B ₂	70...80	22
Дерново-подзолистая песчаная пахотная	A _{пах}	0...10	3,5
	B ₁	18...26	1,4
	B ₂	50...60	1,0
	B ₃	75...85	1,3
Серая лесная пылевато-суглинистая пахотная	A _{пах}	0...10	14
	A ₂	22...27	15
	B ₁	30...35	13
	B ₂	47...52	17
Чернозем типичный глинистый, луговая степь	A ₁	4...10	74
	A ₁	10...30	63
	A ₁	40...50	63
	A ₁	56...65	58
Чернозем обыкновенный суглинистый пахотный	A _{пах}	0...10	28
	A	18...28	26
	A	35...45	22
	B	50...60	25
	BC	70...80	24
Чернозем южный суглинистый пахотный	A _{пах}	0...10	32
	A	17...22	31
	B	30...40	26
	BC	55...65	26
Светло-каштановая суглинистая пахотная	A _{пах}	0...10	24
	B ₁	20...30	22
	B ₂	50...60	29
	C	90...100	30
Солонец столбчатый	A ₁	0...10	11
	B ₁	14...20	29
	B ₂	30...40	36
	C	50...60	33

Окончание табл. 1.3.3

Почва	Горизонт,	Глубина, см	ЕКО
Серозем типичный суглинистый пахотный	A _{пах}	0...10	11
	B	10...20	11
	B ₁	25...30	16
	C	40...50	16
Бурая горно-лесная суглинистая	A ₁	0...8	26
	AB ₁	16...24	17
	B ₂	40...48	16
	B ₃	64...72	17
Горно-луговая субальпийская	A ₁	0...5	38
	A ₁	10...15	22
	B	30...35	10
	C	> 60	6

1.3.4 Катионообменные свойства некоторых почв России

[Хомяков Д. М., 2000]

Почвы	ЕКО, смоль/кг	Обменные катионы, %			
		Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺
Подзолистые	2...20	15...70	–	до 3	25...85
Дерново-подзолистые	5...25	30...80	–	–	20...70
Болотно-подзолистые	2...4	10...90	–	–	10...90
Болотные	до 100	70...90	до 3	до 3	10...30
Дерново-карбонатные	25...55	90...100	до 3	до 3	30...10
Серые лесные	15...45	70...90	–	–	10...30
Черноземы	25...75	90...100	до 5	до 2	до 5...7
Каштановые	14...35	85...95	3...15	до 3	до 3
Солонцы	10...60	5...90	1...95	до 17	–

1.3.5 Емкость катионного обмена органической и минеральной части почв, ммоль(экв.)/100 г. почвы

[Горбунов Н. И., 1948]

Почва	Горизонт	Гумус, %	Емкость катионного обмена			ЕКО органической части, % к общей ЕКО
			органической части	минеральной части	сумма	
Чернозем обыкновенный	A _{пах}	7,20	31,2	25,6	56,8	55
	A ₁	5,96	27,9	25,0	52,9	53
Чернозем выщелоченный	A _{пах}	9,00	38,8	19,1	57,9	67
	A ₁	9,40	41,4	19,4	60,8	68
	B	5,50	29,3	21,4	50,7	58
Каштановая	A	2,07	7,4	8,6	16,0	46
	AB	1,60	6,0	11,3	17,3	35

1.3.6 Значения емкости катионного обмена (ЕКО) различных компонентов почв

[Пинский Д. Л., 1997]

Компонент	ЕКО, ммоль(экв.)/100 г
Монтмориллонит	80...150
Вермикулит	100...150
Каолинит	3...15
Хлорит	10...40
Мусковит	10...50
Иллит	10...40
Галлуазит	5...50
Аллофаны	50...100
Цеолиты природные	100...300
Смектиты	55...120
Гидроксиды Fe и Al (pH 8)	0,5...1,0
Коагели ($m\text{SiO}_2 \cdot n\text{R}_2\text{O}_3$)	16...95
Гуминовые кислоты	500...900
Фульвокислоты	до 700
Гумус в целом	41...300

1.3.7 Вымываемость ионов из почвы

[Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Аммоний (NH_4^+) > калий (K^+) > натрий (Na^+) > магний (Mg^{2+}) > кальций (Ca^{2+});

хлориды, нитраты > сульфаты > карбонаты > фосфаты

1.3.8 Растворимость некоторых почвенных карбонатов, г безводного вещества на 100 г воды

[Орлов Д. С., 1985]

Соединение	0 °C	20 °C	50 °C
CaCO_3	$8,1 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	0,162	0,166	0,173
$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	0,149	0,092	0,037
$\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$	105,3	110,5	121,3
KHCO_3	22,6	33,3	52,0
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	7,0	21,5	–
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	–	–	48,5 (40 °C)
NaHCO_3	6,9	9,6	14,5

1.3.9 Потери кальция из пахотных почв в результате выщелачивания, кг/га (по данным зарубежных лизиметрических исследований)

[Шильников И. А., Лебедева Л. А., 1987]

Автор (страна, год)		Потери кальция
C. Pfaff et al.	(ФРГ, 1963)	150...240
I. Köhnlein	(ФРГ, 1966)	190...850
I. Köhnlein, H. Weichbrodt	(ФРГ, 1971)	565...800
M. Coppenet	(Франция, 1964)	230...310
L. Wiklander	(Швеция, 1971)	45...247
I. Gasser	(Англия, 1973)	84...673
A. Amberger, P. Schweiger	(ФРГ, 1973)	153...475
W. Bergmann	(ГДР, 1963)	200...360
У. Б. Эндрюс	(США, 1959)	112...560
Д. У. Кук	(Англия, 1970)	56...336
I. Barczczak, L. Barczczak	(ПНР, 1976)	180
Г. Гарднер, Г. Гарнер	(Англия, 1954)	60...360
H. Vetter	(ФРГ, 1969)	60...600
M. Ruskowska	(ПНР, 1979)	162...489
D. Ririe	(США, 1952)	60...480
C. Hortenstine	(США, 1964)	106...264
R. Miller	(Новая Зеландия, 1968)	28
H. Solarski, I. Solarska, Z. Mirowski	(ПНР, 1980)	38...264
W. Ohlendorf, A. Vömel	(ФРГ, 1976)	96...260
M. Reiff	(Австрия, 1971)	214...357
P. Henze	(ФРГ, 1982)	250...350

1.4 Органическое вещество почвы

1.4.1 Общий запас гумуса и азота в различных почвах, т/га

[Тюрин И. В., 1965]

Почва	Гумус		Азот	
	0...20 см	0...100 см	0...20 см	0...100 см
Дерново-подзолистая	53	99	3,2	6,6
Серая лесная	109	215	6,0	12,0
Чернозем:				
выщелоченный	192	549	9,4	26,5
мощный	224	709	11,3	35,8
обыкновенный	137	426	7,0	24,0
Темно-каштановая	99	229	5,6	—
Серозем	37	83	2,5	7,5
Краснозем	153	282	4,7	10,5

1.4.2 Содержание гумуса в основных типах почв

[Тюрин И. В., 1965]

Почва	Содержание гумуса в пахотном слое, %	Запасы гумуса, т/га	
		слой 0...20 см (в среднем)	слой 0...120 см
Дерново-подзолистая	2...4	53	80...120
Серая лесная оподзоленная	4...6	109	150...300
Черноземы:			
выщелоченный	7...8	192	500...600
мощный	10...12	224	650...800
обыкновенный	6...8	137	400...500
южный	4...5	–	300...350
Темно-каштановая	3...4	99	200...250
Каштановая и светло-каштановая	1,5...3	–	100...200
Серозем	1...2	37	50
Краснозем	5...7	153	150...300

1.4.3 Содержание гумуса в различных почвах России

[Муха В. Д. и др., 2003]

Почвы	Содержание гумуса в слое 0...20 см, %	Запасы гумуса, т/га
Подзолистые	3...4	80...120
Дерново-карбонатные лесные	4...8	150...200
Серые лесные	4...6	150...300
Черноземы:		
выщелоченные	7...8	500...600
типичные	10...14	800
обыкновенные	7...8	400...500
Темно-каштановые и черноземы южные	3...4	200...250
Светло-каштановые и бурые полупустынные	1,5...2	100
Красноземы южные субтропиков	4...6	150...300
Горно-луговые	20...25	300
Сероземы	1...2	50

1.4.4 Показатели гумусного состояния почв

[Гришина Л. А., Орлов Д. С., 1978]

Показатель, единицы измерения	Уровень, характер проявления	Пределы величин
Мощность подстилки (для лесных почв), см	очень мощная	>10
	мощная	5...10
	средней мощности	2...5
	маломощная	<2

Продолжение табл. 1.4.4

Показатель, единицы измерения	Уровень, характер проявления	Пределы величин
Отношение запасов органического вещества в подстилке и в минеральном профиле	экоморфное распределение	>1
	мезоморфное распределение	~1
	эндоморфное распределение	<1
Содержание гумуса в гумусных горизонтах, %	очень высокое	>10
	высокое	6...10
	среднее	4...6
	низкое	2...4
	очень низкое	<2
Запас гумуса в слое 0...20 см, т/га	очень высокие	>200
	высокий	150...200
	средний	100...150
	низкий	50...100
	очень низкий	<50
Запас гумуса в слое 0...100 см, т/га	очень высокие	>600
	высокий	400...600
	средний	200...400
	низкий	100...200
	очень низкий	<100
Профильное распределение гумуса в метровой толще	резко убывающее	–
	постепенно убывающее	–
	равномерное	–
	нарастающее	–
	бимодальное	–
Обогащенность гумуса азотом по отношению С : N	очень высокое	<5
	высокое	5...8
	среднее	8...11
	низкое	11...14
	очень низкое	>14
Степень гумификации органического вещества ($C_{гк} : C_{общ}$)·100 %	очень высокая	>40
	высокая	30...40
	средняя	20...30
	слабая	10...20
	очень слабая	<10
Тип гумуса, $C_{гк} : C_{фк}$	гуматный	>2
	фульватно-гуматный	1...2
	гуматно-фульватный	0,5...1
	фульватный	<0,5
Содержание «свободных» кислот, Связанных с Ca^{2+} , % к сумме ГК	очень высокое	>80
	высокое	60...80
	среднее	40...60
	низкое	20...40
	очень низкое	<20

Показатель, единицы измерения	Уровень, характер проявления	Пределы величин
Содержание прочно связанных гуминовых кислот, % к сумме ГК	высокое среднее низкое	>20 10...20 <10
Оптическая плотность гуминовых кислот, $E^{0,001\%}_{465 \text{ нм}}$, 1 см	очень высокая высокая средняя слабая очень слабая	>0,20 0,10...0,20 0,06...0,10 0,03...0,06 <0,03
Присутствие пигментов Рg в гумусе	да нет	– –
Присутствие хлорофиллов в спиртобензольной вытяжке	да нет	– –

1.4.5 Количество азота и гумуса в пахотном слое (0...25 см) разных почв [Минеев В. Г., 2006]

Почвы	Азот		Гумус, %
	%	т/га	
Дерново-подзолистые	0,05...0,20	1,5...6,0	0,5...3,0
Серые лесные	0,20...0,35	6,0...10,5	3,0...4,0
Черноземы:			
выщелоченные	0,30...0,45	9,0...13,5	7,0...8,0
обыкновенные	0,25...0,45	7,5...13,5	5,0...10,0
мощные	0,40...0,50	12,0...15,0	8,0...10,0
Каштановые	0,15...0,25	4,5...7,5	1,0...5,0
Сероземы	0,10...0,20	3,0...6,0	0,5...2,0
Красноземы	0,20...0,30	6,0...9,0	4,0...8,0

1.4.6 Содержание и запасы гумуса в почвах Республики Татарстан [Гумус почв..., 1972; Колосова А. В. и др., 1985]

Почвы	<i>n</i>	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса в слое 0...20 см, т/га
Дерново-подзолистые (песчаные, легкосуглинистые)	1 355	0,9...2,3	22...57
Светло-серые лесные (от легкосуглинистых до тяжелосуглинистых)	2 150	1,2...3,1	32...77
Серые лесные (средне- и тяжелосуглинистые)	829	2,4...4,5	58...94
Темно-серые лесные (средне- и тяжелосуглинистые)	268	4,9...5,9	103...116

1.4.8 Градация содержания гумуса для основных групп почв европейской части России (по данным ВНИИПТИХИМ) [Сычев В. Г., 2019]

Почва	Содержание гумуса, %				
	очень низкое	низкое	среднее	повышенное	высокое
Дерново-подзолистая супесчаная	≤1	1,1...1,5	1,6...2,0	2,1...2,5	>2,5
Дерново-подзолистая суглинистая	≤1,5	1,6...2,0	2,1...2,5	2,6...3,0	>3,0
Дерново-карбонатная суглинистая	≤2,0	2,1...2,5	2,6...3,0	3,1...3,5	>3,5
Светло-серая лесная суглинистая	≤1,5	1,6...2,0	2,1...2,5	2,6...3,0	>3,0
Серая лесная суглинистая	≤2,0	2,1...2,5	2,6...3,0	3,1...3,5	>3,5
Темно-серая лесная суглинистая	≤3,0	3,1...3,5	3,6...4,0	4,1...4,5	>4,5
Чернозем оподзоленный*	≤4,0	4,1...5,0	5,1...6,0	6,1...7,0	>7,0
Чернозем выщелоченный*	≤5,0	5,1...6,0	6,1...7,0	7,1...8,0	>8,0
Чернозем типичный*	≤6,0	6,1...7,0	7,1...8,0	8,1...9,0	>9,0
Чернозем обыкновенный*	≤5,0	5,1...6,0	6,1...7,0	7,1...8,0	>8,0
Чернозем южный*	≤3,0	3,1...3,5	3,6...4,0	4,1...4,5	>4,5
Темно-каштановая суглинистая	≤2,5	2,6...3,0	3,1...3,5	3,6...4,0	>4,0
Каштановая суглинистая	≤2,0	2,1...2,5	2,6...3,0	3,1...3,5	>3,5
Светло-каштановая суглинистая	≤1,0	1,1...1,5	1,6...2,0	2,1...2,5	>2,5
Буряя степная суглинистая	≤0,5	0,6...1,0	1,1...1,5	1,6...2,0	>2,0

Примечание. * – тяжелосуглинистый гранулометрический состав.

1.4.9 Оптимальные и критические параметры содержания гумуса пахотного слоя в основных почвах Республики Татарстан, % [Бакиров Н. Б., 2009; экспертная оценка]

Содержание гумуса	Почвы				
	дерново-подзолистые	светло-серые лесные	серые лесные	темно-серые лесные	черноземы оподзоленные и выщелоченные
Оптимальное	2,5...3,0	3,5...4,5			6,0...8,0
Критическое	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5	4,5

1.4.10 Шкала оценки почв по содержанию гумуса [группировка ЦИНАО]

Почва	Группа по содержанию гумуса, %				
	I	II	III	IV	V
	очень низкое	низкое	среднее	повы- шенное	высокое
Дерново-подзолистая	<1,0	1,1...1,5	1,6...2,0	2,1...2,5	>2,5
Светло-коричневая, светло-серая лесная	<1,5	1,6...2,0	2,1...2,5	2,6...3,0	>3,0
Серая, коричневая, серая лесная	<2,0	2,1...2,5	2,6...3,0	3,1...4,0	>4,0
Темно-коричневая, темно-серая лесная	<3,0	3,1...3,5	3,6...4,0	4,1...5,0	>5,0
Чернозем оподзоленный	<4,0	4,1...5,0	5,1...6,0	6,1...7,0	>7,0
выщелоченный	<5,0	5,1...6,0	6,1...7,0	7,1...8,0	>8,0
типичный	<6,0	6,1...7,0	7,1...8,0	8,1...9,0	>9,0
обыкновенный	<5,0	5,1...6,0	6,1...7,0	7,1...8,0	>8,0
карбонатный	<6,0	6,1...7,0	7,1...8,0	8,1...9,0	>9,0
Лугово-черноземная, пойменная	<3,0	3,1...3,5	3,6...4,0	4,1...4,5	>4,5

1.5 Фосфор и калий

1.5.1 Соотношение органических и минеральных фосфатов в гумусных горизонтах различных почв, мг $P_2O_5/100$ г почвы [Гинзбург К. Е, 1981]

Почвы	Фосфор		Органический Р, в % от валового
	валовой	органический	
Дерново-подзолистые супесчаные и легко- суглинистые	105	27	25,7
Дерново-подзолистые суглинистые	117	32	27,4
Серые лесные	148	66	44,6
Черноземы выщелоченные	198	142	71,7
Черноземы типичные	172	79	45,9
Черноземы южные карбонатные	148	75	50,7
Каштановые	149	34	22,8
Сероземы	146	20	13,7
Субтропические почвы	113	42	37,2

1.5.2 Запасы валового фосфора в различных типах почв бывшего СССР, т P₂O₅/га*

[Хейфец Д. М., 1950; Гинзбург К. Е., 1981; Адрианов С. Н., 2004]

Почвы	Слой почвы, см				Число разрезов
	0...20	0...50	0...100	0...150	
Дерново-подзолистые легкосуглинистые, супесчаные	1,7...2,6	4,0...6,1	8,5...11,0	13,3...16,1	20
Дерново-подзолистые суглинистые	2,1...2,9	3,4...5,0	9,4...13,0	15,0...18,0	15
Дерново-глеевые, торфянисто-перегнойно-глеевые подзолы	–	11,2	30,2	–	4
Светло-серые лесные	3,0	5,0	–	–	30
Серые лесные	3,5	6,0	13,0	–	20
Темно-серые лесные	3,1	8,0	15,0	–	20
Черноземы:					
оподзоленные	3,5	8,5	16,0	20,5	15
выщелоченные	4,6	11,4	20,0	–	70
типичные	4,4	10,8	20,0	–	20
обыкновенные	3,7	7,3	13,5	19,8	70
карбонатные	3,7	11,0	–	26,8	15
южные	3,5	8,3	15,0	–	12
Темно-каштановые	3,6	9,7	18,0	24,4	12
Каштановые	4,2	–	14,9	–	12
Светло-каштановые	4,1	11,1	19,0	24,0	12
Сероземы (светлые, темные, типичные)	3,8...5,4	8,9...10,8	14,1...18,0	23,0...28,8	10
Сероземно-луговые	3,6	–	15,2	–	1
Серо-коричневые, коричневые	5,5	–	17,0	–	3
Бурые лесные	–	3,6	10,8	–	4
Субтропические (красноземы, желтоземы, подзолы)	2,5...2,7	4,0...6,0	9,9...11,0	–	17

Примечание. При вычислении запасов валового фосфора учитывалась толщина слоя почвы в см, процентное содержание в нем фосфора и объемная масса данной почвы.

1.5.3 Валовой запас фосфора в пахотном слое почв по В. М. Клечковскому и А.В. Петербургскому [Муха В. Д. и др., 2003]

Почва	P ₂ O ₅	
	%	т/га
Дерново-подзолистая песчаная	0,03...0,06	0,9...1,8
Дерново-подзолистая суглинистая	0,04...0,12	1,2...3,6
Чернозем	0,10...0,30	3...9
Серозем	0,08...0,2	2,4...6

1.5.4 Валовой запас калия в пахотном слое почв по В. М. Клечковскому и А.В. Петербургскому [Муха В. Д. и др., 2003]

Почва	K ₂ O	
	%	т/га
Дерново-подзолистая песчаная	0,5...0,7	15...21
Дерново-подзолистая суглинистая	1,5...2,5	45...75
Чернозем	2,0...2,5	60...75
Серозем	2,5...3,0	75...90

1.6 Микроэлементы в почве

1.6.1 Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, определяемых по методу Крупского – Александровой [Важенин И. Г., 1976]

Обеспеченность микроэлементами	Содержание, мг/кг почвы			
	Mn	Cu	Zn	Co
Первая группа культур (с низким выносом микроэлементов)				
Низкая	<5	<0,1	<1	<0,07
Средняя	5...10	0,1...0,2	1...2	0,07...0,15
Высокая	>10	>0,2	>2	>0,15
Вторая группа культур (с повышенным выносом микроэлементов)				
Низкая	<10	<0,2	<2	<0,15
Средняя	10...20	0,2...0,5	2...5	0,15...0,30
Высокая	>20	>0,5	>5	>0,30
Третья группа культур (с высоким выносом микроэлементов)				
Низкая	<20	<0,5	<5	<0,30
Средняя	20...40	0,5...1,0	5...10	0,30...0,70
Высокая	>40	>1,0	>10	>0,70

1.6.2 Градация обеспеченности почв России подвижными формами микроэлементов [Ягодин Б. А. и др., 2002]

Микро-элемент	Природная зона	Вытяжка	Обеспеченность почв, мг/кг почвы				
			очень бедная	бедная	средняя	богатая	очень богатая
B	Таежно-лесная	H ₂ O	<0,2	0,2...0,4	0,4...0,7	0,7...1,1	>1,1
Cu		1,0 н. HCl	<0,9	0,9...2,1	2,1...4,0	4,0...6,6	>6,6
Mo		оксалатная	<0,08	0,08...0,14	0,14...0,30	0,30...0,46	>0,46
Mn		1,0 н. H ₂ SO ₄	<1,0	1,0...2,5	2,5...6,0	6,0...10,0	>10,0
Co		1,0 н. HNO ₃	<0,4	0,4...1,0	1,0...2,3	2,3...5,0	>5,0
Zn		1,0 н. KCl	<0,2	0,2...0,8	0,8...2,0	2,0...4,0	>4,0
B	Лесостепная и степная	H ₂ O	<0,2	0,2...0,4	0,4...0,8	0,8...1,2	>1,2
Cu		1,0 н. HCl	<1,4	1,4...3,0	3,0...4,4	4,4...5,6	>5,6
Mo		оксалатная	<0,10	0,10...0,23	0,23...0,38	0,38...0,55	>0,55
Mn		1,0 н. H ₂ SO ₄	<2,5	2,5...5,5	5,5...9,0	9,0...17,0	>17,0
Co		1,0 н. HNO ₃	<1,0	1,0...1,8	1,8...2,9	2,9...3,6	>3,6
Zn		1,0 н. KCl	<0,15	0,15...0,30	0,30...1,0	1,0...2,0	>2,0
Zn		ацетатно-аммонийная	<4,0	4,0...6,0	6,0...8,8	>8,8	–
B	Сухостепная и полупустынная	H ₂ O	<0,4	0,4...1,2	1,2...1,7	1,7...4,5	>4,5
Cu		1,0 н. HCl	<1,0	1,0...1,8	1,8...3,0	3,0...6,0	>6,0
Mo		оксалатная	<0,05	0,05...0,15	0,15...0,5	0,5...1,2	>1,2
Mn		1,0 н. H ₂ SO ₄	<6,6	6,6...12	12...30	30...90	>90
Co		1,0 н. HNO ₃	<0,6	0,6...1,3	1,3...2,4	>2,4	–
Zn		1,0 н. KCl	<0,3	0,3...1,3	1,3...4,0	4,0...16,4	>16,4

1.6.3 Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, определяемых в вытяжке ацетатно-аммонийного буферного раствора (рН 4.8)

Элемент	Градация почв по содержанию микроэлементов мг/кг		
	низкое	среднее	высокое
Марганец (Mn)	<10	10,0...20,0	>20,0
Цинк (Zn)	<2,0	2,1...5,0	>5,0
Медь (Cu)	<0,20	0,21...0,5	>0,50
Кобальт (Co)	<0,15	0,16...0,3	>0,30

1.6.4 Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, определяемых по методу Пейве – Ринькиса [Важенин И. Г., 1976]

Обеспеченность микроэлементами	Содержание, мг/кг почвы					
	B	Mo	Mn	Cu	Zn	Co
Первая группа культур (с низким выносом микроэлементов)						
Низкая	<0,1	<0,05	<15	<0,5	<0,3	<0,3
Средняя	0,1...0,3	0,05...0,15	15...30	0,5...1,5	0,3...1,5	0,3...1,0
Высокая	>0,3	>0,15	>30	>1,5	>1,5	>1,0
Вторая группа культур (с повышенным выносом микроэлементов)						
Низкая	<0,3	<0,2	<45	<2	<1,5	<1
Средняя	0,3...0,5	0,2...0,3	45...70	2...4	1,5...3,0	1...3
Высокая	>0,5	>0,3	>70	>4	>3,0	>3
Третья группа культур (с высоким выносом микроэлементов)						
Низкая	<0,5	<0,3	<100	<5	<3	<3
Средняя	0,5...1,0	0,3...0,5	100...150	5...7	3...5	3...5
Высокая	>1,0	>0,5	>150	>7	>5	>5

Примечание. К первой группе относятся зерновые, зернобобовые, кукуруза, картофель; ко второй – корнеплоды, подсолнечник, хлопчатник, многолетние и однолетние травы, виноград, плодовые и овощные культуры; к третьей – перечисленные выше культуры в условиях высокого агротехнического фона.

1.7 Группировка почв по содержанию элементов питания растений, тяжелым металлам и физико-химическим показателям

1.7.1 Группировка почв по содержанию подвижного фосфора, определяемого по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание подвижного фосфора	По методу		
			Кирсанова	Чирикова	Мачигина
			P ₂ O ₅ мг/кг почвы		
1	Бирюзовый	Очень низкое	Менее 25	Менее 20	Менее 10
2	Светло-голубой	Низкое	26...50	21...50	11...15
3	Голубой	Среднее	51...100	51...100	16...30
4	Светло-синий	Повышенное	101...150	101...150	31...45
5	Синий	Высокое	151...250	151...200	46...60
6	Темно-синий	Очень высокое	Более 250*	Более 200*	Более 60*

1.7.2 Группировка почв по содержанию подвижного фосфора, определяемого по методу Эгнера – Рима

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание подвижного фосфора	По методу Эгнера – Рима, P ₂ O ₅ мг/кг почвы
1	Бирюзовый	Очень низкое	Менее 50
2	Светло-голубой	Низкое	51...70
3	Голубой	Среднее	71...140
4	Синий	Повышенное	Более 140*
5	Темно-синий	Высокое	–

Примечание. * При наличии образцов с содержанием подвижного фосфора выше 6-й группы по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина и 4-й группы по методу Эгнера – Рима вводится дополнительная группировка, приведенная ниже.

1.7.3 Дополнительная группировка по содержанию подвижного фосфора

Группа	Методы определения			Группа	Метод Эгнера – Рима
	Кирсанова	Чирикова	Мачигина		
6	251...500	201...500	61...100	4	141...200
7	501...1 000	501...1 000	101...200	5	201...300
8	1 001...2 000	1 001...2 000	201...300	6	301...400
9	2 001...3 000	2 001...3 000	301...400	7	401...500
10	>3 000	>3 000	>400	8	>500

1.7.4 Группировка почв по содержанию обменного/подвижного калия, определяемого по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина, Масловой

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание обменного калия	По методу			
			Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Масловой
			K ₂ O мг/кг почвы			
1	Желтый	Очень низкое	<40	<20	<100	<50
2	Светло-оранжевый	Низкое	41...80	21...40	101...200	51...100
3	Оранжевый	Среднее	81...120	41...80	201...300	101...150
4	Светло-коричневый	Повышенное	121...170	81...120	301...400	151...200
5	Коричневый	Высокое	171...250	121...180	401...600	201...300
6	Темно-коричневый	Очень высокое	>250*	>180*	>600*	>300*

1.7.5 Группировка почв по содержанию обменного калия, определяемого по методу Эгнера – Рима

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание обменного калия	По методу Эгнера – Рима K ₂ O мг/кг почвы
1	Светло-оранжевый	Низкое	Менее 70
2	Оранжевый	Среднее	71...140
3	Светло-коричневый	Повышенное	Более 140*

Примечание. * При наличии образцов с содержанием обменного калия выше 6-й группы по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина, Масловой и 3-й группы по методу Эгнера-Рима вводится дополнительная группировка, приведенная ниже.

1.7.6 Дополнительная группировка по содержанию обменного калия

Группа	Методы определения				Группа	Метод Эгнера – Рима
	Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Масловой		
6	251...500	181...500	601...1 000	301...500	4	141...200
7	501...1 000	501...1 000	1 001...2 000	501...1 000	5	201...300
8	1 001...2 000	1 001...2 000	2 001...3 000	1 001...2 000	6	301...400
9	2 001...3 000	2 001...3 000	3 001...4 000	2 001...3 000	7	401...500
10	> 3 000	> 3 000	> 4 000	> 3 000	8	> 500

1.7.7 Группировка почв по степени кислотности, определяемой в солевой вытяжке (потенциометрически)

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Степень кислотности	pH (KCl)
1	Красный	Очень сильнокислые	Менее 4,0
2	Розовый	Сильнокислые	4,1...4,5
3	Оранжевый	Среднекислые	4,6...5,0
4	Желтый	Слабокислые	5,1...5,5
5	Светло-зеленый	Близкие к нейтральным	5,6...6,0
6	Зеленый	Нейтральные	Более 6,0

1.7.8 Группировка почв по величине гидролитической кислотности

Группа	Степень кислотности	Hг, ммоль(экв.)/100 г почвы
1	Очень сильнокислые	Более 6,0
2	Сильнокислые	5,1...6,0
3	Среднекислые	4,1...5,0
4	Слабокислые	3,1...4,0
5	Близкие к нейтральным	2,1...3,0
6	Нейтральные	Менее 2,0

1.7.9 Группировка почв по сумме поглощенных оснований

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Сумма поглощенных оснований	S, ммоль(экв)/100 г почвы
1	Розовый	Очень низкая	Менее 5,0
2	Темно-розовый	Низкая	5,1...10,0
3	Красный	Средняя	10,1...15,0
4	Лиловый	Повышенная	15,1...20,0
5	Сиреневый	Высокая	20,1...30,0
6	Фиолетовый	Очень высокая	Более 30,0

1.7.10 Группировка почв по степени насыщенности основаниями

Группа	Степень насыщенности основаниями	V, %
1	Очень низкая	Менее 30,0
2	Низкая	30,1...50,0
3	Средняя	50,1...70,0
4	Повышенная	70,1...90,0
5	Высокая	Более 90,0

1.7.11 Группировка почв по содержанию обменных кальция и магния

Группа	Содержание элементов	ммоль(экв.)/100 г. почвы	
		кальций	магний
1	Очень низкое	0...2,5	0...0,5
2	Низкое	2,6...5,0	0,6...1,0
3	Среднее	5,1...10,0	1,1...2,0
4	Повышенное	10,1...15,0	2,1...3,0
5	Высокое	15,1...20,0	3,1...4,0
6	Очень высокое	Более 20,0	Более 4,0

1.7.12 Группировка почв по содержанию гумуса, определяемого по методу Тюрина

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание гумуса, %
1	Желтый	0...2,0
2	Салатный	2,1...4,0
3	Светло-зеленый	4,1...6,0
4	Зеленый	6,1...8,0
5	Зелено-коричневый	8,1...10,0
6	Коричневый	Более 10,0

1.7.13 Группировка почв по содержанию гидролизуемого азота, определяемого по методам Тюрина-Кононовой, Корнфилда

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание гидролизуемого азота	По методу	
			Тюрина – Кононовой	Корнфилда
			мг/кг почвы	
1	Лимонный	Очень низкое	Менее 30	Менее 100
2	Салатовый	Низкое	31...40	101...150
3	Светло-зеленый	Среднее	41...50	151...200
4	Травяной	Повышенное	51...70	Более 200
5	Зеленый	Высокое	71...100	
6	Темно-зеленый	Очень высокое	Более 100	

1.7.14 Группировка почв по нитрификационной способности, определяемой по методу Кравкова

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Нитрификационная способность	NO ₃ , мг/кг почвы
1	Желтый	Очень низкая	Менее 5,0
2	Светло-Зеленый	Низкая	5,1...8,0
3	Зеленый	Средняя	8,1...15,0
4	Темно-зеленый	Повышенная	15,1...30,0
5	Светло-коричневый	Высокая	30,1...60,0
6	Коричневый	Очень высокая	Более 60,0

1.7.15 Группировка почв по степени насыщенности основаниями

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Степень насыщенности основаниями	V, %
1	Светло-оранжевый	Очень низкая	Менее 30,0
2	Оранжевый	Низкая	30,1...50,0
3	Розовый	Средняя	50,1...70,0
4	Красный	Повышенная	70,1...90,0
5	Красно-коричневый	Высокая	Более 90,0

1.7.16 Группировка почв по гидролитической кислотности

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Hг, ммоль(экв)/100 г почвы
1	Фиолетовый	Более 6,0
2	Сиреневый	5,1...6,0
3	Красный	4,1...5,0
4	Розовый	3,1...4,0
5	Оранжевый	2,1...3,0
6	Светло-оранжевый	Менее 2,0

1.7.17 Группировка почв по содержанию обменных кальция и магния

Группа	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание элементов	Ca ²⁺	Mg ²⁺
			ммоль(экв)/100 г почвы	
1	Голубой	Очень низкое	0...2,5	Менее 0...0,5
2	Синий	Низкое	2,6...5,0	0,6...1,0
3	Светло-зеленый	Среднее	5,1...10,0	1,1...2,0
4	Зеленый	Повышенное	10,0...15,0	2,1...3,0
5	Темно-синий	Высокое	15,1...20,0	3,1...4,0
6	Темно-зеленый	Очень высокое	Более 20,0	Более 4,0

1.7.18 Группировка почв по валовому содержанию тяжелых металлов (мг/кг)

Группа	Элемент				
	Zn	Ni	Cu	Pb	Mn
1	<50	<40	<25	<15	<750
2	50...100	40...80	25...50	15...30	750...1 500
3	100...200	80...160	50...100	30...60	1 500...3 000
4	200...300	160...240	100...150	60...90	3 000...4 500
5	300...400	240...320	150...200	90...120	4 500...6 000
6	>400	>320	>200	>120	>6 000

1.7.19 Группировка почв по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в почвах, мг/кг (ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4. 8)

Группа	Элемент				
	Zn	Ni	Cu	Co	Cr
1	< 10	< 2	<1.5	< 2,5	< 3
2	10...23	2...4	1,5...3	2,5...5	3...6
3	23...45*	4...8*	3...6*	5...10*	6...12*
4	45...70*	8...12*	6...9*	10...15*	12...18*
5	70...95*	12...16*	9...12*	15...20*	18...24*
6	> 95*	> 16*	> 12*	> 20*	> 24*

Примечание. * – Численное значение нижней границы 3-й группы является предельно допустимой концентрацией (ПДК) данного элемента в почве.

1.8 Азот, фосфор в почве

1.8.1 Содержание органического азота в пахотном слое (по Тюрину) [Минеев В. Г., 2006]

Содержание	Красноземы	Сероземы	Каштановые почвы	Черноземы			Серые лесные	Дерново-подзолистые
				мощные	обыкновенные	северные		
%	0,2...0,3	0,1...0,2	0,15...0,25	0,4...0,5	0,25...0,45	0,3...0,45	0,2...0,35	0,05...0,2
т/га	4,7	2,4	5,6	11,3	7,0	9,4	6,0	3,2

1.8.2 Содержание различных форм азота в основных типах почв России

[Сычев В. Г., 2019]

Почвы	Азот, % от общего содержания		
	минеральный и легкогидролизуемый	трудногидролизуемый	негидролизуемый
Дерново-подзолистые	8...11	10...20	69...82
Торфяно-глеевые	2...3	18...20	77...80
Дерново-аллювиальные	6...10	20...25	64...73
Лугово-карбонатные	9...12	8...10	78...82
Серые лесные	8...13	10...24	60...79
Черноземы	5...14	12...28	62...82
Каштановые	12...15	15...19	66...73

1.8.3 Минерализация органического азота в пахотном слое почвы на чистых парах

[Справочная книга по химизации сельского хозяйства, 1969]

Почва	Запас гумуса, т/га	Накоплено NO ₃ , кг/га	Минерализация гумуса	
			т/га	% к исходному
Дерново-подзолистая	3,0	60...90	1,1...1,6	2,0...3,0
Серая лесная	5,6	65...78	1,2...1,4	1,2...1,4
Чернозем выщелоченный	11,6	75...90	1,6...1,9	0,7...0,8
Чернозем типичный	14,1	85...105	1,7...2,3	0,6...0,8
Чернозем обыкновенный	8,8	85...120	1,6...2,3	1,0...1,5

1.8.4 Оптимальное содержание подвижного фосфора в основных типах почв

[Минеев В. Г., 2006]

Почва и метод определения	Нижняя граница оптимального содержания P_2O_5 , мг/кг	Затраты фосфорных удобрений для повышения содержания подвижного фосфора на 10 мг/кг, кг/га д. в.
Дерново-подзолистые и серые лесные песчаные и супесчаные (по Кирсанову)	101...150	40...60
Дерново-подзолистые и серые лесные легко- и среднесуглинистые (по Кирсанову)	101...150	60...90
Дерново-подзолистые и серые лесные тяжелосуглинистые (по Кирсанову)	101...150	90...120
В среднем для почв Нечерноземной зоны (по Кирсанову)	101...150	80
То же (по Эгнеру – Риму)	71...140	80
Чернозем некарбонатный (по Чирикову)	101...150	50...120
Чернозем карбонатный и каштановая почва (по Мачигину)	31...45	90...170
Серозем (по Мачигину)	31...45	130...400

1.8.5 Дозы удобрений, обеспечивающие увеличение содержания подвижных форм фосфора и калия на 10 мг/кг почвы

[Журавлева Е. В., 2011; Сычев В. Г. и др., 2020]

Тип почвы	Гранулометрический состав	Дозы, кг д. в./га	
		P_2O_5	K_2O
Дерново-подзолистые	Песчаные и супесчаные	50...60	40...60
	Суглинистые	70...90	60...80
	Глинистые и тяжелосуглинистые	100...120	80...100
Серые лесные	Песчаные и супесчаные	70...80	–
	Суглинистые	90...100	35...45
	Глинистые и тяжелосуглинистые	120...140	–
Черноземы выщелоченные	Суглинистые	90...100	80...90
	Глинистые и тяжелосуглинистые	100...120	80...90
Черноземы типичные и обыкновенные	Суглинистые	100...110	–
	Глинистые и тяжелосуглинистые	120...130	–
Черноземы карбонатные	Среднее	110...130	–
Каштановые	Среднее	90...110	–

1.8.6 Нормы выноса, снижающие содержание подвижного фосфора на 10 мг/кг, кг/га [Ангелов А. И. и др., 2000]

Почва	Вынос, кг/га
Дерново-подзолистая на легком песчано-пылеватом суглинке	100...250
Дерново-подзолистая пылевидно-тяжелосуглинистая	67...500
Дерново-подзолистая легкосуглинистая	42...125
Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая	42...45
В среднем	71
Серая лесная суглинистая	77...125

1.8.7 Расход P_2O_5 на повышение в почве подвижного фосфора в почве на 10 мг/кг почвы [Приемы повышения плодородия почв, 2021]

Почва	Гранулометрический состав	P_2O_5 , кг/га д. в.		
		I	II	III
Дерново-подзолистая	Песок, супесь	60	55	50
	Легкий суглинок	70	65	60
	Средний суглинок	90	80	70
	Тяжелый суглинок	120	100	90
Дерново-глеевая	Средний суглинок	160	140	120
Серая лесная	Легкий суглинок	80	70	60
	Средний суглинок	110	100	90
	Тяжелый суглинок	140	120	100
Чернозем выщелоченный	Легкий суглинок	90	80	70
	Средний суглинок	100	90	80
	Тяжелый суглинок	120	100	90

1.9 Почвенный воздух

1.9.1 Состав воздуха атмосферы [Смит У., 1985]

Газ (пар)	N_2	O_2	H_2O	Ar	CO_2	Ne	Kr	He	CH_4
C_g^* , г/м ³	$9 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^1$	$1 \cdot 10^1$	$5 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$6 \dots 8 \cdot 10^{-4}$
Газ (пар)	N_2O	CO	Хе	H_2	O_3	NH_4	NO_2	NO	H_2S
C_g , г/м ³	$9 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$2 \dots 6 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \dots 3 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-6}$

Примечание. * C_g – концентрация газа.

1.9.2 Удельная эмиссия CO₂ основными типами почв за вегетационный период, г С/м² сут

[Смагин А.В., 95]

Показатель	Почвы				
	тундровые	подзолистые и дерново-подзолистые	серые лесные	черноземы	каштановые
Эмиссия Среднее	2,10	1,84	2,44 2,15	2,24	1,54

1.9.3 Содержание CO₂ в почвенном воздухе пахотных горизонтов, % от объема

[Зборищук Н. Г., 1976; Карпачевский Л. О., 1997]

Почва	CO ₂	Почва	CO ₂
Иловато-болотная	1,1...8,1	Чернозем обыкновенный	0,3...0,8
Торфяно-глеевая	0,8...4,5	Чернозем южный	0,05...0,6
Дерново-подзолистая	0,2...1,0	Каштановая	0,05...0,5
Серая лесная	0,2...0,6	Серозем	0,05...0,3

1.9.4 Выделение CO₂ в атмосферу в течение вегетационного периода, кг/га час

[Карпачевский Л. О., 1997]

Экосистема, почва	CO ₂ (среднее содержание)
Травянистая тундра, торфяная	2,7
Сосновый лес, песчаная подзолистая	1,3
Ельник сложный, бурая поверхностно-глеевая	2,0...8,1
Дубово-сосновый лес, дерновая суглинистая	1,0...6,3
Лес из тюльпанового дерева, бурая лесная	0,7...8,8
Низкотравная прерия, глинистый бурый чернозем	1,0...26,0
Типчаково-птилагростиевая полупустыня, высокогорная бурая пустынная	0,1...2,2
Холодная пустырниковая пустыня, каменистая серо-бурая	0,03...1,0
Пальмовая саванна, дерновая	2,7
Тропический вечнозеленый лес, герониевый, желтозем	1,3...6,7
Дождевой тропический лес, краснозем	5,0...15,0
Лиственничник травяной, вулканическая грубогумусная	0,6...5,6
Дубо-ельник волосистоосоковый, дерново-подзолистая	1,5...12,2
Залежь, чернозем карбонатный	0,6...4,3
Залежь, чернозем обыкновенный	0,6...4,9
Пашня, чернозем ксерофитно-лесной	1.16...4,62
Поляна в дубовом лесу, чернозем ксерофитно-лесной	1,9...5,8
Пашня, чернозем предкавказский	2,4...14,1
Тайга, торфяная	4,0...12,0

1.9.5 Состав атмосферного и почвенного воздуха, %

[Головатый С. Е. и др., 2005]

Воздух	O ₂	N ₂	CO ₂	Прочие газы
Атмосферный	20,95	78,08	0,03	~ 1
Почвенный (верхние 15...30 см)	11...21	78...86	0,3...8,0	–

Часть 2. Удобрения

2.1 Минеральные удобрения

2.1.1 Основные виды простых и комплексных удобрений

[Бабкин В. В., 2003]

Наименование	Главные компоненты	Содержание питательных элементов, %
Простые удобрения		
Аммиак жидкий синтетический	NH_3	82,3 N
Аммиак водный технический	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	16,5...20,0 N
Селитра аммиачная	NH_4NO_3	32,0...35,0 N
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	19,9...21,0 N
Хлорид аммония технический	NH_4Cl	24,5...25,0 N
Бикарбонат аммония	NH_4HCO_3	18,0 N
Сульфонитрат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{NO}_3$	25,0...27,0 N
Смесь сульфата аммония и сульфата натрия	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$	16,0 N
Селитра натриевая (нитрат натрия)	NaNO_3	15,0...16,0 N
Селитра кальциевая	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	13,0...15,0 N
Мочевина (карбамид)	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46,0...46,5 N
Соли углеаммонийные, содержащие свободный аммиак	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$	17,0...49,0 N
Водные растворы селитры аммиачной и мочевины (КАС)	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$	16,0...32,0 N
Селитра известково-аммиачная	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	20,0...30,0 N
Селитра магниевое-известково-аммиачная	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$	25,0...30,0 N 2,0...4,0 MgO
Калуреа	$4\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	34,0 N
Урамон	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{органические или неорганические материалы}$	42,0 N
Удобрение карбамидо-альдегидное	$\text{NH}_2\text{CONHCH}_2$	33,0...42,0 N
Цианамид кальция	$\text{CaCN}_2 + \text{C}$	18,0...23,0 N
Суперфосфат простой, гранулированный и порошковидный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{CaSO}_4$	14,0...21,0 P_2O_5
Суперфосфат обогащенный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{H}_3\text{PO}_4$	22,5-40,0 P_2O_5
Суперфосфат двойной	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4$	40,0...50,0 P_2O_5
Преципитат	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	27,0...46,0 P_2O_5
Мука фосфоритная	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}$	16,0-35,0 P_2O_5
Шлак фосфорный (томасовский или мартеновский)	$4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{SiO}_2$	14,0...20,0 P_2O_5
Термофосфат	$\text{Na}_2\text{O}_4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{SiO}_2$	20,0...35,0 P_2O_5
Мука костяная	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{органические соединения}$	30,0 P_2O_5

Продолжение табл. 2.1.1

Наименование	Главные компоненты	Содержание питательных элементов, %
Фосфат обесфторенный	$3\text{CaO P}_2\text{O}_5 + 4\text{CaO P}_2\text{O}_5 \text{SiO}_2$	20...38 P_2O_5
Метафосфат кальция	$\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$	65...70 P_2O_5
Полифосфат кальция	$\text{Ca}_n\text{P}_n\text{O}_{(3n+1)}$	До 60 P_2O_5 23,0...24,0 CaO
Хлорид калия К-40 (калийная соль 40 %)	$\text{KCl} + \text{NaCl}$	38,0...42,0 K_2O
Хлорид калия К-50 (калийная соль 50 %)	$\text{KCl} + \text{NaCl}$	48,0...52,0 K_2O
Хлорид калия К-60 (калийная соль 60 %)	KCl	Не менее 60,0 K_2O
Камекс	$\text{KCl} + \text{MgSO}_4$	38,0...42,0 K_2O , не менее 3,5 Mg
Сульфат калия	K_2SO_4	48,0...52,0 K_2O
Сульфат калия-магния	$\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4$	26,0...30,0 K_2O
Каинит	$\text{MgSO}_4 \text{KCl} 3\text{H}_2\text{O}$ или $\text{NaCl} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CaSO}_4$	10,0... 14,0 K_2O до 22,0 MgSO_4
Карналит	$\text{MgCl}_2 \text{KCl} 5\text{H}_2\text{O}$	До 13,0 K_2O
Калийсодержащая зола от электрофиль- тров при производстве цемента	$\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CaSiO}_3 + \text{CaCO}_3$	Не менее 14,0 K_2O
Комплексные удобрения		
Аммофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	11,0... 14,0 N 46,0... 55,0 P_2O_5
Диаммофос	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	16,0... 18,0 N 46,0... 48,0 P_2O_5
Нитроаммофос	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	21,0... 25,0 N 20,0... 25,5 P_2O_5
Сульфоаммофос	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	18,0... 22,0 N 16,0... 20,0 P_2O_5
Селитра калиево-аммиачная	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{KCl}$	14,0... 16,0 N 38,0... 42,0 K_2O
Аммофоска	$+ \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ $+ \text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{KCl}$	8,0... 12,0 N 10,0... 24,0 P_2O_5 15,0... 24,0 K_2O
Карбоаммофос	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 +$ $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	27,0... 30,0 N 27,0... 30,0 P_2O_5
Карбоаммофоска	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{KCl}$	18,0... 20,0 N 18,0... 20,0 P_2O_5 18,0... 20,0 K_2O
Суперфосфат аммонизированный	$\text{CaHPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{CaSO}_4$ $+ \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4$	1,5... 3,0 N 19,0... 20,0 P_2O_5
Суперфосфат двойной аммонизирован- ный	$\text{CaHPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 +$ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4$	1,0... 3,0 N 44,0... 48,0 P_2O_5
Нитроаммофоска	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{KNO}_3 +$ $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KCl} + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	17,0... 18,5 N 17,0... 18,5 P_2O_5 17,0... 18,5 K_2O

Наименование	Главные компоненты	Содержание питательных элементов, %
Фосфат магния-аммония	$MgNH_4PO_4 \cdot H_2O + (NH_4)_2PO_4 + NH_4H_2PO_4 + CaSO_4$	9,0 N 34,0...36,0 P ₂ O ₅ 17,0... 19,0 MgO
Метафосфат аммония	$(NH_4PO_3)_n$	17,0 N 80,0 P ₂ O ₅
Полифосфат аммония	$(NH_4)_n H_2P_nO_{3n+1}$	16,0... 17,0 N 60,0...61,0 P ₂ O ₅
Карбамид-полифосфат	$CO(NH_2)_2 + (NH_4)_n H_2P_nO_{3n+1}$	31,0 N 31,0 P ₂ O ₅
Полифосфат калия	$K_n H_2P_nO_{3n+1}$	51,0 P ₂ O ₅ 32,0 K ₂ O
Метафосфат калия	$(KPO_3)_n$	57,0...59,0 P ₂ O ₅ 38,0...40,0 K ₂ O

2.1.2 Эффективность применения минеральных удобрений в зависимости от типа почвы [по обобщенным данным]

Почвы	Эффективность действия минеральных удобрений
Дерново-подзолистые и другие подзолистые почвы	Высокое действие азота, фосфора и калия, известкования
Серые лесные почвы, черноземы оподзоленные и выщелоченные	Высокое – азота, среднее фосфора и калия
Черноземы типичные, обыкновенные, южные	Среднее действие азота и фосфора, слабое – калия без орошения, при орошении высокое – азота и фосфора
Каштановые почвы	Среднее действие фосфора, слабое азота без орошения; при орошении высокое – азота и фосфора
Сероземы	При орошении высокое действие азота, среднее – фосфора и слабое - калия

2.1.3 Содержание серы в удобрениях, мелиорантах и отходах промышленности

[Лукманов А. А. и др., 2023]

Удобрение, мелиорант или отход промышленности	Химическая формула	Содержание серы, %
Минеральные удобрения		
Простой суперфосфат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4$	9...13
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	23...24
Сульфат калия	K_2SO_4	17...18
Сульфат магния	MgSO_4	18,6
Сульфат натрия	Na_2SO_4	22,6
Сульфат калия-магния	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	18,3
Сульфат марганца	MnSO_4	14...17
Сульфат железа	FeSO_4	11,5
Сульфат меди	CuSO_4	12,8
Сульфат цинка	ZnSO_4	17,8
Органические удобрения		
Навоз		0,02...0,06
Компосты		0,02...0,04
Химические мелиоранты и отходы промышленности		
Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	13...18
Фосфогипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	17,7...20,7
Сланцевая зола		1,6...2,9

2.1.4 Ассортимент магнийсодержащих удобрений

[Приемы повышения плодородия почв, 2021]

Удобрение	Формула (основной компонент)	Содержание Mg, %
Плавленый магниевый фосфат	$\text{Ca}_2(\text{PO}_4) \cdot \text{MgSO}_3$	9...14
Калимагнезия	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	8...11
Калийно-магниевый концентрат	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$	8...9
Сульфат магния	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10...16
Доломит	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	20
Доломитизированный известняк	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	12...18
Магнетит	MgCO_3	45
Брусит	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	46

2.1.5 Масса и объем основных минеральных удобрений

[Соколовский А. А., Унанянц Т. П., 1977; по данным ряда авторов]

Удобрение	Масса 1 м ³ , т	Объем 1 т, м ³
Фосфоритная мука	1,62...1,68	0,62...0,59
Суперфосфат простой из фосфорита	0,98	1,02
апатитового концентрата	1,02...1,08	0,98...0,93
Суперфосфат двойной гранулированный	0,87	1,15
Преципитат	0,86...0,87	1,16...1,15
Томасшлак	2,01...2,05	0,50...0,49
Мочевина (карбамид)	0,65	1,55
Сульфат аммония	0,80...0,89	1,12...1,25
Аммиачная селитра	0,81...0,82	1,23...1,22
Натриевая селитра	1,10...1,38	0,91...0,70
Кальциевая селитра	0,91...1,13	1,10...0,88
Хлористый аммоний	0,58	1,72...1,70
Аммиак жидкий	0,61...0,62	1,59
Аммиак водный (аммиачная вода)	0,90...0,98	1,08...1,09
Нитрат-сульфат аммония	0,87	1,15
Сульфат аммония-натрия	0,85	1,20
Калийные соли	0,94...1,18	1,06...0,80
Хлористый калий	0,94	1,13
Сульфат калия	1,30	0,77
Сульфат калия-магния (калимагнезия)	1,00...1,01	0,99
Калимаг	1,50	0,67
Аммонизированный суперфосфат простой	0,96	1,03
Азофоска, нитрофоска	0,96	1,03
Аммофос	0,87	1,15
Диаммофос	0,84	1,19
Азотнокислый калий	0,97	1,03
Известняковая мука	1,70	0,60
Доломитовая мука	1,50	0,70
Жженая (негашеная) известь	0,95	1,05
Гашеная известь	0,60	1,70
Торфяная зола	0,40	2,50
Известковый туф	0,80...0,90	1,25...1,10
Гажа (озерная известь)	0,80	1,25
Торфотуфы	0,50	2,00
Цементная пыль	0,80	1,25
Гипс	0,58	1,7
Навоз КРС		0,50...0,55
Птичий помет		3,3

2.1.6 Средний фактический гранулометрический состав минеральных удобрений [Бабкин В. В., 2003]

Удобрение	Содержание в готовом продукте (в %) фракций, мм						
	<1	1...2	2...3	1...3	2...4	4...6	>6
Двойной суперфосфат	3	23	–	58	70	5	0
Простой суперфосфат	3	24	–	59	64	10	0,1
Нитрофоска	2	38	37	75	59	1	0
Нитродиамофос (23 : 30)	2	9	–	53	75	6	0
Нитроаммофос (23 : 23)	2	27	–	62	70	1,5	0
Нитроаммофоска (17 : 17 : 17)	2	4	–	23	83	13	0
Аммофос	2	27	–	62	70	2	0
Диаммонийфосфат удобрительный	1,5	6	–	52	92	1,5	0
Диаммофоска (9 : 25 : 25)	1,5	23	–	60	75	1,5	0
Аммиачная селитра	3	16	66	–	80	1,5	0
Карбамид	4	63	30	–	33	0,7	0
Хлорид калия:							
гранулированный	3,5	14	28	–	67	–	0
крупнокристаллический	3	5	41	–	46	0,4	0

2.1.7 Коэффициенты для взаимного пересчета действующего вещества удобрений при разных способах его выражения

Элемент	Пересчет	
	из элемента в оксиды и соли	из оксидов и солей в элемент
Азот	$\text{NO}_3 = \text{N} \cdot 4,427$	$\text{N} = \text{NO}_3 \cdot 0,226$
	$\text{NH}_3 = \text{N} \cdot 1,215$	$\text{N} = \text{NH}_3 \cdot 1,822$
	$\text{NH}_4 = \text{N} \cdot 1,288$	$\text{N} = \text{NH}_4 \cdot 0,776$
Фосфор	$\text{P}_2\text{O}_5 = \text{P} \cdot 2,291$	$\text{P} = \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 0,436$
	$\text{PO}_4 = \text{P} \cdot 3,066$	$\text{P} = \text{PO}_4 \cdot 0,026$
Калий	$\text{K}_2\text{O} = \text{K} \cdot 1,205$	$\text{K} = \text{K}_2\text{O} \cdot 0,830$
	$\text{KCl} = \text{K} \cdot 1,901$	$\text{K} = \text{KCl} \cdot 0,525$
	$\text{K}_2\text{SO}_4 = \text{K} \cdot 2,228$	$\text{K} = \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 0,449$
	$\text{K}_2\text{CO}_3 = \text{K} \cdot 1,768$	$\text{K} = \text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 0,566$
Сера	$\text{SO}_3 = \text{S} \cdot 2,497$	$\text{S} = \text{SO}_3 \cdot 0,401$
	$\text{K}_2\text{SO}_4 = \text{S} \cdot 5,435$	$\text{S} = \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 0,184$
Кальций	$\text{CaO} = \text{Ca} \cdot 1,40$	$\text{Ca} = \text{CaO} \cdot 0,715$
	$\text{CaCO}_3 = \text{Ca} \cdot 2,50$	$\text{Ca} = \text{CaCO}_3 \cdot 0,40$
	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca} \cdot 4,295$	$\text{Ca} = (\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot 0,237$
Магний	$\text{MgO} = \text{Mg} \cdot 1,67$	$\text{Mg} = \text{MgO} \cdot 0,60$
	$\text{MgCO}_3 = \text{Mg} \cdot 3,47$	$\text{Mg} = \text{MgCO}_3 \cdot 0,42$
Натрий	$\text{Na}_2\text{O} = \text{Na} \cdot 1,348$	$\text{Na} = \text{Na}_2\text{O} \cdot 0,772$
Железо	$\text{FeO} = \text{Fe} \cdot 1,286$	$\text{Fe} = \text{FeO} \cdot 0,773$
	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Fe} \cdot 1,430$	$\text{Fe} = \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 0,699$

Элемент	Пересчет	
	из элемента в оксиды и соли	из оксидов и солей в элемент
Алюминий	$\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{Al} \cdot 1,889$	$\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 0,529$
Кремний	$\text{SiO}_2 = \text{Si} \cdot 2,139$	$\text{Si} = \text{SiO}_2 \cdot 0,468$
Хлор	$\text{KCl} = \text{Cl} \cdot 2,030$	$\text{Cl} = \text{KCl} \cdot 0,476$
	$\text{NaCl} = \text{Cl} \cdot 1,648$	$\text{Cl} = \text{NaCl} \cdot 0,607$
Марганец	$\text{MnO} = \text{Mn} \cdot 1,291$	$\text{Mn} = \text{MnO} \cdot 0,775$
	$\text{MnSO}_4 = \text{Mn} \cdot 2,748$	$\text{Mn} = \text{MnSO}_4 \cdot 0,364$
Медь	$\text{CuO} = \text{Cu} \cdot 1,252$	$\text{Cu} = \text{CuO} \cdot 0,799$
	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = \text{Cu} \cdot 3,929$	$\text{Cu} = (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot 0,254$
Бор	$\text{H}_3\text{BO}_3 = \text{B} \cdot 8,237$	$\text{B} = \text{H}_3\text{BO}_3 \cdot 0,121$
	$\text{B}_2\text{O}_3 = \text{B} \cdot 3,212$	$\text{B} = \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,311$
	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \text{B} \cdot 5,070$	$\text{B} = (\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot 0,197$
Цинк	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = \text{Zn} \cdot 4,399$	$\text{Zn} = (\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot 0,227$
Молибден	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 = \text{Mo} \cdot 2,043$	$\text{Mo} = (\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 0,489$
Кобальт	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = \text{Co} \cdot 4,772$	$\text{Co} = (\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot 0,210$

2.1.8 Насыпная плотность слежавшихся удобрений

[Пестов Н. Е., 1947; Соколовский А. А., Унанянц Т. П., 1977]

Удобрение	Размер частиц мм	Влажность, %	Насыпная плотность, т/м ³		Высота слоя, м
			свободно насыпанного	нижнего слоя	
Сульфат аммония	0,5...1	2,2	0,71	0,77	11,6
	0,5...1	2,0	0,83	0,95	11,2
Хлорид аммония	0,3...0,6	2,2	0,72	0,77	11,6
	0,5...3,5	2,7	0,89	0,98	11,4
Аммиачная селитра	0,3...1	2,1	0,87	1,10	10,7
	0,1...0,4	1,5	1,25	1,30	11,8
Натриевая селитра	1...2	2,0	1,48	2,09	10,2
Кальциевая селитра	0,3...0,4	5,7	0,72	0,86	11,0
	0,3...0,6	2,0	0,85	0,91	11,6
Мочевина (карбамид)	1...3	4,6	0,86	0,97	7,3
	порошок	15,5	1,19	1,26	11,7
Суперфосфат двойной	То же	14,9	1,10	1,21	11,4
	»	12,3	0,88	0,90	11,9
Хлорид калия	0,05...0,2	1,5	0,87	0,99	11,6
	0,05...0,2	2,0	1,03	1,17	11,3
Сульфат калия	1,5...5,0	1,7	1,10	1,17	11,6
	0,05...5,0	1,6	1,01	1,11	11,4
Калийная соль (40%-ная)	0,05...4,0	2,0	1,06	1,23	11,2
	0,5...5,0	1,5	0,87	0,92	11,6
Аммофос гранулированный	0,5...0,7	1,6	0,89	0,93	11,2
Диаммофос	0,5...0,7	2,0	0,99	1,04	11,2

2.1.9 Насыпная плотность и объем единицы массы свободно насыпанного поверхностного слоя удобрений

[Пестов Н.Е., 1947; Соколовский А. А., Унанянц Т. П., 1977]

Удобрение	Насыпная плотность, т/м ³		Объем единицы массы, м ³ /т	
	сухих	поглотивших влагу	сухих	поглотивших влагу
Сульфат аммония	0,75	0,94	1,33	1,06
Хлорид аммония	0,58	–	1,72	–
Аммиачная селитра	0,81	0,83	1,23	1,20
Натриевая селитра	1,00	1,33	1,00	0,72
Кальциевая селитра	0,91	1,13	1,10	0,88
Мочевина (карбамид)	0,63	0,71	1,59	1,41
Суперфосфат простой порошковидный	1,02	1,08	0,98	0,93
Суперфосфат двойной	0,86	0,88	1,16	1,14
Преципитат	0,86	0,87	1,16	1,15
Мартеновский фосфатшлак	1,90	2,05	0,53	0,49
Фосфоритная мука				
Егорьевского месторождения	1,62	1,67	0,62	0,60
Вятского месторождения	1,63	1,69	0,61	0,59
Хлорид калия	0,91	0,96	1,10	1,04
Сульфат калия	1,30	–	0,77	–
Аммофос	0,80...0,90	–	1,25...1,11	–
Диаммофос	0,84	0,86	1,19	1,16
Моноаммонийфосфат	0,87	0,89	1,15	1,12
Диаммонийфосфат	0,59	0,66	1,70	1,51
Суперфосфат аммонизированный	0,97	–	1,03	–
Нитрофос	0,85	–	1,18	–
Нитрофоска	1,16	–	0,86	–
Нитроаммофос	0,97	–	1,03	–
Карбоаммофос	0,63...0,82	–	1,59...1,22	–
Карбоаммофоска	0,69...0,89	–	1,45...1,12	–

2.1.10 Углы естественного откоса (покоя)* удобрений

[Пестов Н. Е., 1947; Зотов А. Т., 1963; Соколовский А. А. и др., 1977]

Удобрение	Размер частиц, мм	Влажность, %	Угол откоса
Сульфат аммония	0,1...1,0	0,5	43°
	0,1...1,0	0,8	50°
	0,1...1,0	1,0	52°15'
Хлористый аммоний	0,2...1,0	0,5	50°15'
	0,2...1,0	1,0	54°15'
	0,2...1,0	3,0	55°45'
Аммиачная селитра гранулированная	1,0...3,0	0,14	22°24'
	1,0...3,0	0,4	24°...30°
	1,0...3,0	1,0	39°
Кальциевая селитра	0,3...2,0	–	50°
Мочевина (карбамид)	–	–	37°
Суперфосфат простой гранулированный	1,0...3,0	3,5	34°
	0,2...3,0	10,0	45°15'
Суперфосфат двойной гранулированный	0,2...3,0	7,0	42°55'
	0,2...3,0	10,0	47°05'
	Порошок	7,0	46°47'
Преципитат	»	9,0	47°52'
	»	1,0	41°15'
Фосфоритная мука Егорьевское месторождение	»	3,0	44°22'
	»	1,0	44°
Актюбинского месторождения	»	3,0	46°45'
	»	1,0	42°18'
Вятского месторождения	»	3,0	46°30'
	»	0	47°
Хлористый калий кристаллический	0,1...0,5	0	47°
	0,1...0,5	0,2	52°17'
Сульфат калия	Порошок	0,2	41°
	То же	0,5	45°20'
Сильвинит (молотый)	1...5	1	44°30'
	1...5	3	51°30'
Суперфосфат аммонизированный	0,1...3	10	47°20'
	0...3	12	49°30'
Аммофос	1...1,5	1	39°07'
	1...1,5	2	41°07'
	1...1,5	3	42°07'
Нитрофоска	0,5...3	2	40°15'
	0,5...3	4	45°15'

Примечание. * Углом естественного откоса (покоя) называется угол, образованный горизонтальной плоскостью с плоскостью откоса кучи сыпучего материала. Этот показатель используют при проектировании складов (при хранении насыпью), бункеров, транспортных устройств и т. п.

2.1.11 Определение массы наиболее распространенных удобрений [ekonomstrojdom.ru]

Удобрение	Стакан (200 см ³)	Спичечный коробок (20 см ³)	Столовая ложка (15 см ³)	Чайная ложка (5 см ³)
Азотные				
Сульфат аммония	186	19	14	5
Аммиачная селитра	165	17	12	4
Мочевина	130	13	10	3
Фосфорные				
Суперфосфат простой	240	24	18	6
Суперфосфат простой гранулированный	220	22	17	5
Суперфосфат двойной гранулированный	200	20	15	5
Фосфоритная мука	350	35	26	9
Калийные				
Хлористый калий	190	19	14	5
Калийная соль	220	22	17	5
Сульфат калия	260	26	20	6
Известковые				
Известняковая мука	340	34	25	8
Доломитовая мука	300	30	22	8
Гашеная известь	120	12	9	3
Зола				
Древесная	100	10	8	2,5
Торфяная	80	8	6	2
Комплексные				
Азофоска	200	20	15	5

2.1.12 Содержание минеральных веществ в золе, применяемой как удобрение, в %

[Зола <https://ru.wikipedia.org/wiki/>]

Зола	Калий (K ₂ O)	Фосфор (P ₂ O ₅)	Кальций (CaO)
Стеблей подсолнечника	30...35	2...4	18...20
Гречишной соломы	25...35	2...4	16...19
Ржаной соломы	10...14	4...6	8...10
Пшеничной соломы	9...18	3...9	4...7
Березовых дров	10...12	4...6	35...40
Еловых дров	3...4	2...3	23...26
Сосновых дров	10...12	4...6	30...40
Кизячная	10...12	4...6	7...9
Торфяная	0,5...4,8	1,2...7,0	15...26
Сланцевая	0,5...1,2	1...1,5	36...48

2.2 Известковые удобрения и известкование

2.2.1 Характеристика известковых удобрений

[Приемы повышения плодородия почв, 2021]

Удобрение	Влажность, %	Содержание, % на су- хое вещество		Особенность применения
		CaO + MgO	примеси	
Известняковая мука класса А (стандартная, молотый известняк)	До 8	42...56	0...15, пе- сок, глина	Основное известковое удобрение под различные культуры
Известняковая мука класса А (молотый известняк)	До 1 и меньше	42...56	0...15, пе- сок, глина	То же для рассева пневматическим методом
Доломитовая мука (доломит молотый)	До 8	19...54	0...15, пе- сок, глина	На сильноподзоленных почвах под бобовые, картофель, лен, корнеплоды
Мергель	–	14...42	25...75, глина, пе- сок	Под все культуры, особенно на легких почвах
Негашеная известь	–	До 100	Глина, пе- сок	Быстродействующее удобрение, особенно для тяжелых почв
Гашеная известь (пушонка)	–	До 75	То же	То же
Известковый туф	До 50	42...54	5...25, гли- на, песок, 0,5...1 P ₂ O ₅	Под все культуры, перед внесением подсушивается в штабелях
Озерная известь	До 50	48...56	0...20, гли- на, песок	То же
Доломитовая мука	До 16	До 52	1,2...4, гли- на, песок	На сильноподзоленных почвах под бобовые, картофель, лен, корнеплоды
Торфяная зола	–	8...15	30 SiO ₂ , 1,2 K ₂ O, 1,1 P ₂ O ₅ и др.	Сравнительно малоэффективно, применяется как местное удобрение на близкорасположенных полях
Сланцевая зола	–	40...45	До 31 SiO ₂ , 1...2 K ₂ O, 0,5...1,5 P ₂ O ₅ и др.	Под все культуры
Цементная пыль	0...2	46...58	15,5 SiO ₂ и др.	То же
Белитовая мука	10...15	40...50	30 SiO ₂ , до 2 K ₂ O, 1,2 MnO ₂ и др.	»
Отход целлюлозно-бумажных комбинатов	До 40	До 56	Глина	»

2.2.4 Уровни кислотности (pH_{KCl}) почв в севооборотах, при которых необходимо первоочередное известкование (почвы нормального увлажнения)

[Сычев В. Г., 2019]

Гумус, %	Тип севооборота								
	со льном, картофелем, льном			с картофелем, бобово- злаковыми травами			с культурами, чувстви- тельными к кислотности		
	Содержание подвижного P_2O_5 (по Кирсанову), мг/кг								
	150...250	100...150	<100	150...250	100...150	<100	150...250	100...150	<100
Песчаные и супесчаные почвы									
<1	4,6	4,8	5,0	4,8	5,0	5,2	Не возделывают		
1...2	4,2	4,4	4,6	4,4	4,6	5,0	4,8	5,0	5,2
2...3	4,1	4,3	4,5	4,3	4,5	4,7	4,6	4,8	5,0
>3	4,0	4,2	4,4	4,2	4,4	4,6	4,4	4,6	4,8
Легко- и среднесуглинистые почвы									
1...2	4,9	5,1	5,2	5,0	5,2	5,4	5,4	5,6	5,8
2...3	4,5	4,7	4,9	4,8	5,0	5,2	5,2	5,4	5,6
3...4	4,3	4,5	4,7	4,6	4,8	5,0	5,0	5,2	5,4
>4	4,2	4,4	4,6	4,4	4,6	4,8	4,6	4,8	5,0
Тяжелосуглинистые и глинистые почвы									
2...3	4,9	5,1	5,3	5,4	5,6	5,8	5,8	6,0	6,2
3...4	4,7	4,9	5,1	5,2	5,4	5,6	5,6	5,8	6,0
4...5	4,5	4,7	4,9	5,0	5,2	5,4	5,4	5,6	5,8
>5	4,3	4,5	4,7	4,8	5,0	5,2	5,2	5,4	5,6

Примечание. Если реакция почв на 0,2...0,4 единицы pH выше, то известкование выполняют во вторую очередь. То же в табл. 2.2.5.

2.2.5 Уровни кислотности (pH_{KCl}) почв в севооборотах, при которых необходимо первоочередное известкование (почвы избыточного увлажнения)

[Сычев В. Г., 2019]

Гумус, %	Тип севооборота								
	со льном, картофелем, льном			с картофелем, бобово- злаковыми травами			с культурами, чувстви- тельными к кислотности		
	Содержание подвижного P_2O_5 (по Кирсанову), мг/кг								
	150...250	100...150	<100	150...250	100...150	<100	150...250	100...150	<100
Песчаные и супесчаные почвы									
1...2	4,8	4,9	5,0	5,2	5,2	5,4	5,6	Не возделывают	
2...3	4,6	4,8	5,0	5,0	5,2	5,4	5,2	5,4	5,6
3...4	4,4	4,6	4,8	4,8	5,0	5,2	5,0	5,2	5,4
>4	4,2	4,4	4,6	4,6	4,8	5,0	4,8	5,0	5,2

Окончание табл. 2.2.5

Гумус, %	Тип севооборота								
	со льном, картофелем, льном			с картофелем, бобово- злаковыми травами			с культурами, чувстви- тельными к кислотности		
	Содержание подвижного P ₂ O ₅ (по Кирсанову), мг/кг								
	150...250	100...150	<100	150...250	100...150	<100	150...250	100...150	<100
Легко- и среднесуглинистые почвы									
2...3	5,0	5,2	5,4	5,4	5,6	5,8	5,6	5,8	6,0
3...4	4,8	5,0	5,2	5,2	5,4	5,6	5,4	5,6	5,8
4...5	4,6	4,8	5,0	5,0	5,2	5,4	5,2	5,4	5,6
>5	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,0	5,2	5,4	
Тяжелосуглинистые и глинистые почвы									
2...3	5,2	5,4	5,6	5,6	5,8	6,0	6,0	6,2	6,2
3...4	5,0	5,2	5,4	5,4	5,6	5,8	5,8	6,0	6,2
4...5	4,8	5,0	5,2	5,2	5,4	5,6	5,6	5,8	6,0
5...6	4,6	4,8	5,0	5,0	5,2	5,4	5,4	5,6	5,8
>6	4,4	4,6	4,8	4,8	5,0	5,2	5,2	5,4	5,6

2.2.6 Дозы извести для дерново-подзолистых почв, т/га [Рекомендации..., 2010]

Гранулометрический состав почвы	pH _{KCl}						
	4,4...4,5	4,6...4,7	4,8...4,9	5,0...5,1	5,2...5,3	5,4...5,5	5,6...5,7
Супесчаный	4,5	4,0	3,5	3,0*	2,6*	–	–
Легкосуглинистый	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0*
Среднесуглинистый	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	3,5	3,0*
Тяжелосуглинистый	8,0	7,5	6,5	6,0	5,0	4,5	4,0

Примечание. * – известкование желательно, но не обязательно.

2.2.7 Дозы извести для почв с содержанием гумуса > 3 %, т/га [Рекомендации..., 2010]

Гранулометрический состав почвы	pH _{KCl}						
	4,0...4,1	4,2...4,3	4,4...4,5	4,6...4,7	4,8...4,9	5,0...5,1	5,2...5,3
Песчаный	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Супесчаный	5,5	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
Легкосуглинистый	6,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
Среднесуглинистый	8,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Тяжелосуглинистый	9,5	7,5	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5
Глинистый	10,5	9,0	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0

**2.2.8 Нормы расхода CaCO_3 для сдвига $\text{pH}_{\text{сол}}$ на 0,1 ед.
(Республика Татарстан)
[Лукманов А. А. и др., 2023]**

Почва	Гранулометрический состав	Исходная кислотность ($\text{pH}_{\text{исх}}$)	Норма расхода CaCO_3 , т/0,1 ед. pH
Дерново-подзолистая	Легкий суглинок	<4,5	0,315
		4,6...5,0	0,364
		5,1...5,5	0,431
	Средний суглинок	<4,5	0,385
		4,6...5,0	0,471
		5,1...5,5	0,526
	Тяжелый суглинок	<4,5	0,556
		4,6...5,0	0,645
		5,1...5,5	0,800
	Глина	<4,5	0,676
		4,6...5,0	0,787
		5,1...5,5	0,935
Серая лесная	Легкий суглинок	<4,5	0,410
		4,6...5,0	0,483
		5,1...5,5	0,585
	Средний суглинок	<4,5	0,500
		4,6...5,0	0,588
		5,1...5,5	0,714
	Тяжелый суглинок	<4,5	0,714
		4,6...5,0	0,870
		5,1...5,5	1,111
	Глина	<4,5	0,870
		4,6...5,0	1,064
		5,1...5,5	1,351
Чернозем выщелоченный и оподзоленный	Легкий суглинок	< 4,5	0,513
		4,6...5,0	0,606
		5,1...5,5	0,746
	Средний суглинок	<4,5	0,625
		4,6...5,0	0,741
		5,1...5,5	0,909
	Тяжелый суглинок	<4,5	0,769
		4,6...5,0	0,952
		5,1...5,5	1,250
	Глина	<4,5	0,935
		4,6...5,0	1,163
		5,1...5,5	1,515

2.2.9 Рекомендуемые дозы внесения извести в зависимости от гранулометрического состава, мощности пахотного слоя и кислотности почвы, т/га CaCO₃

[Лукманов А. А. и др., 2023]

Гранулометрический состав	Мощность пахотного слоя, см								
	0...20			0...25			0...30		
	Кислотность (pH _{сол})								
	<4,5	4,6...5,0	5,1...5,5	<4,5	4,6...5,0	5,1...5,5	<4,5	4,6...5,0	5,1...5,5
Песок	3,7	3,4	2,2	4,6	4,2	2,8	5,0	4,6	3,0
Супесь	4,4	3,7	2,6	5,5	4,6	3,3	5,9	5,0	3,6
Легкий суглинок	5,2	4,1	3,0	6,5	5,1	3,8	7,0	5,5	4,1
Средний суглинок	6,0	4,5	3,4	7,4	5,6	4,3	8,1	6,1	4,7
Тяжелый суглинок	6,8	4,9	3,9	8,4	6,1	4,8	9,2	6,6	5,2
Глина	8,0	5,4	4,3	9,9	6,7	5,3	10,8	7,3	5,8

2.2.10 Доза CaCO₃ для нейтрализации подкисляющего действия азотных удобрений при их внесении, т/т

[Приемы повышения плодородия почв, 2021]

Удобрение	Формула	Содержание N, %	Масса CaCO ₃ , т
Сульфат аммония	(NH ₄) ₂ SO ₄	21,1	1,20
Хлористый аммоний	NH ₄ Cl	26,1	1,40
Аммиачная селитра	NH ₄ NO ₃	34,5	1,00
Бикарбонат аммония	NH ₄ HCO ₃	17,5	0,44
Мочевина (карбамид)	CO(NH ₂) ₂	46,0	1,20
Аммиачная вода	NH ₄ OH	20,5	0,51

2.3 Дозы удобрений

2.3.1 Примерные средние дозы внесения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры

[Лукманов А. А. и др., 2024]

Культура	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га д.в.		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые и серые лесные почвы				
Озимые зерновые по чистому пару:				
– без органических удобрений	–	50	60	40
– с внесением органических удобрений	40	40	40	20
Озимые зерновые по занятым парам и непаровым предшественникам без органических удобрений				
	–	60	60	40
То же, с внесением органических удобрений	40	40	40	30
Озимые зерновые по пласту трав				
	–	30	40	40
Яровые зерновые				
	–	60	60	40
Зернобобовые				
	–	45	60	40
Кукуруза и другие силосные				
	60	60...90	60	60
Картофель:				
– без органических удобрений	–	80	80	80
– с внесением органических удобрений	40...60	60	60	60
Свекла сахарная и кормовые корнеплоды				
	60	60...90	60...90	90
Однолетние травы				
	–	60	40	40
Многолетние злаковые и злаково-бобовые травы				
	–	40	40	40
Многолетние бобовые травы				
	–	20	40	40
Капуста ранняя и цветная				
	40	90	60	90
Капуста средняя и поздняя				
	40	90	60	90
Столовые корнеплоды				
	–	60	60	90
Огурцы				
	100	60	40	30
Помидоры				
	40	40	70	60
Черноземы выщелоченные и оподзоленные				
Озимые зерновые по чистому пару:				
– без органических удобрений	–	40	60	40
– с внесением органических удобрений	40	30	40	20
Озимые зерновые по занятым парам и непаровым предшественникам без органических удобрений				
	–	50	40	40
То же, с внесением органических удобрений	40	40	40	40
Озимые зерновые по пласту трав				
	–	20	60	40

Окончание табл. 2.3.1

Культура	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га д.в.		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Яровые зерновые	–	40	40	30
Зернобобовые	–	20	60	40
Кукуруза и другие силосные	60	60...90	60	60...90
Конопля:				
– без органических удобрений	–	90...120	90	60...90
– с внесением органических удобрений	60...80	60...90	60	60...90
Картофель:				
– без органических удобрений	–	60	60	60
– с внесением органических удобрений	40	45	45	45
Сахарная свекла и кормовые корнеплоды	40	60...90	60	60...90
Однолетние травы	–	50	40	40
Многолетние злаковые и злаково-бобовые травы	–	40	40	40
Многолетние бобовые травы	–	30	40	40
Капуста ранняя и цветная	40	90	60	90
Капуста средняя и поздняя	40	90	60	120
Столовые корнеплоды	–	60	60	60
Огурцы	80	60	60	60
Помидоры	40	60	90	90

2.3.2 Поправочные коэффициенты к средним примерным дозам удобрений в зависимости от наличия в почве элементов минерального питания

[Лукманов А. А. и др., 2024]

Класс обеспеченности почв	Содержание в почве	Поправочный коэффициент к оптимальным дозам удобрений		
		азотным	фосфорным	калийным
1	высокое	1,2	1,5	1,6
2	низкое	1,1	1,25	1,4
3	среднее	1,0	1,0	1,2
4	повышенное	1,0	0,5	1,0
5	высокое	0,9	рядковое	0,7
6	очень высокое	0,8	не вносят	0,5

2.3.3 Поправочные коэффициенты к годовым дозам удобрений в зависимости от гранулометрического состава почвы (K_r) и степени ее эродированности ($K_э$)

[Муравин Э. А. и др., 2014]

Показатель	Удобрения		
	азотные	фосфорные	калийные
Гранулометрический состав почвы:			
глинистый	0,9	1,1	0,8
тяжелосуглинистый	0,9	1,1	0,8
среднесуглинистый	1,0	1,0	1,0
супесчаный	1,0	1,0	1,2
песчаный	1,0	1,0	1,2
Степень эродированности почвы:			
неэродированная	1,00	1,00	1,00
слабоэродированная	1,10	1,05	1,05
среднеэродированная	1,30	1,10	1,10
сильноэродированная	1,50	1,20	1,20

2.3.4 Примерные коэффициенты использования питательных элементов из удобрений сельскохозяйственными культурами

[Державин Л. М. и др., 2000]

Время действия	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Минеральные удобрения		
За ротацию	65...75	35...50	65...85
В том числе:			
в первый год	55...70	10...30	40...60
во второй год	3...5	10...15	10...15
в третий год	–	5...10	5...10
	Органические удобрения		
За ротацию	50...60	50...60	70...90
В том числе:			
в первый год	20...30	35...45	40...60
во второй год	15...20	10...15	15...20
в третий год	5...10	0...5	5...10

2.3.5 Размещение удобрений в пахотном слое почвы в зависимости от способа заделки почвообрабатывающими орудиями

[Минеев В. Г., 2006]

Глубина пахотного слоя, см	Способ заделки				
	легкой бороной	тяжелой бороной	тяжелым культиватором	плугом	плугом с предплужником
0...3	98	75	55	11	3
3...6	2	22	21	12	4
6...9	–	3	23	16	12
9...12	–	–	1	16	14
12...15	–	–	–	23	20
15...20	–	–	–	22	47

2.4 Эффективность применения удобрений

2.4.1 Действие азотных удобрений на прибавку урожая яровой пшеницы (обобщение ВИУА)

[Сычев В. Г., 2019]

Почвы	Урожай, т/га		Прибавка урожая, т/га				Число опытов
	0	РК	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	N ₁₂₀	
Дерново-подзолистые	1,90	2,10	0,52	0,76	0,80	0,82	69
Серые лесные	2,12	2,40	0,33	0,59	0,72	0,62	30
Черноземы выщелоченные	1,83	2,18	0,60	0,87	1,06	0,74	46
Черноземы предкавказские	2,63	2,89	0,02	0,31	0,40	0,27	76
Черноземы обыкновенные	1,87	2,02	0,22	0,44	0,71	0,73	6
Каштановые	1,05	1,37	0,10	0,26	–	–	13

2.4.2 Действие азотных удобрений на прибавку урожая ярового ячменя (обобщение ВИУА)

[Сычев В. Г., 2019]

Почвы	Урожай, т/га		Прибавка урожая, т/га				Число опытов
	0	РК	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	N ₁₂₀	
Дерново-подзолистые	1,30	1,72	0,64	0,81	0,95	1,06	38
Серые лесные	1,40	1,63	0,51	0,63	0,82	0,79	129
Черноземы выщелоченные	1,93	2,03	0,29	0,42	0,56	0,64	300
Черноземы обыкновенные	1,67	1,87	0,10	0,11	–	–	55
Черноземы южные	1,30	1,44	0,11	0,13	0,07	–	25
Каштановые	1,08	1,20	0,18	0,46	0,64	–	42

2.4.3 Эффективность азотных удобрений на озимой пшенице при основном внесении (обобщение ВИУА)

[Сычев В. Г., 2019]

Почвы	Урожай*, т/га	Прибавка урожая, т/га					Число опытов
		N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₅₀	
Дерново-подзолистые	1,89	–	0,81	1,12	1,41	1,55	24
Серые лесные	2,34	0,19	0,23	0,52	0,62	0,47	29
Черноземы выщелоченные и оподзоленные (без Северного Кавказа)	2,71	0,21	0,27	0,28	0,22	0,30	48
Черноземы типичные	3,47	–	0,23	0,25	0,32	0,28	19
Черноземы обыкновенные	2,89	0,23	0,25	0,19	0,28	0,31	22
Черноземы южные	3,40	0,07	0,16	0,31	–	–	6
Темно-каштановые	2,73					0,33	47
Черноземы мицеллярно-карбонатные и предкавказские	3,61	0,14	0,26	0,35	0,46	0,20	80
Черноземы выщелоченные Северного Кавказа	3,40	–0,02	0,41	0,20	0,72	–	60
Черноземы луговые	3,48	0,08	0,24	0,41	0,20	0,47	14
Горные лесные бурые	3,62	–	0,26	0,49	0,05	–	3

Примечание. * – без применения удобрений.

2.4.4 Эффективность фосфорных удобрений при внесении под озимую пшеницу на почвах с различным содержанием подвижных фосфатов (Волго-Вятский экономический район)

[Ломако Е. И., 1981]

Содержание P ₂ O ₅ в почве по Кирсанову, мг/кг	Число опытов	Урожай, т/га		Прибавка урожая, т/га			
		без удобрений	по фону НК	P ₃₀	P ₆₀	P ₉₀	P ₁₂₀
Дерново-подзолистые почвы							
15...48	4	1,38	2,07	0,25	0,37	0,46	0,53
53...96	3	1,66	2,23	0,21	0,32	0,41	0,43
102...149	3	1,79	2,36	0,19	0,26	0,28	0,32
153...249	4	2,08	2,32	0,16	0,22	0,19	0,26
Серые лесные							
20...49	6	1,56	2,19	0,31	0,49	0,55	0,66
51...97	10	1,75	2,36	0,25	0,36	0,49	0,51
101...148	6	1,93	2,57	0,21	0,29	0,43	0,47
152...217	5	2,26	2,64	0,18	0,23	0,15	0,14
253...296	3	2,32	2,69	0,10	0,22	0,18	0,13

Окончание табл. 2.4.4

Содержание P ₂ O ₅ в почве по Кир- санову, мг/кг	Число опытов	Урожай, т/га		Прибавка урожая, т/га			
		без удобрений	по фону НК	P ₃₀	P ₆₀	P ₉₀	P ₁₂₀
Черноземы выщелоченные и оподзоленные							
26...45	3	1,62	2,28	0,33	0,41	0,49	0,58
52...96	5	1,99	2,55	0,22	0,37	0,42	0,46
107...144	4	2,19	2,77	0,20	0,31	0,40	0,43
154...247	3	2,44	2,88	0,14	0,21	0,23	0,17
258...303	4	2,53	2,85	0,12	0,19	0,10	0,11

2.4.5 Влияние азотных удобрений на прибавку урожая озимой ржи (обобщение ВИУА)

[Сычев В. Г., 2019]

Почвы	Урожай по фону РК, т/га	Прибавка урожая, т/га					Число опытов
		N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₅₀	
Дерново-подзолистые	1,58	0,14	0,52	0,24	0,30	0,46	31
Серые лесные	1,59	0,05	0,31	0,19	0,28	0,92	32
Черноземы выщелоченные	1,68	0,15	0,60	0,39	0,38	–	7

2.5 Органические удобрения

2.5.1 Возможный выход подстилочного навоза

за стойловый период, т/гол

[данные ВНИИПТИОУ]

Вид животного	Стойловый период, дни			
	220...240	200...220	180...200	меньше 180
КРС	9...10	8...9	6...8	4...5
Лошади	7...8	5...6	4...4,5	2,5...3
Свиньи	2,25	1,75	1,5	1,0
Овцы, козы	1,0	0,9	0,6...0,8	0,4...0,5

2.5.2 Суточный выход экскрементов от 1 000 голов птицы в зависимости от возраста [по данным ВНИИТП]

Вид птицы	Влажность	Возраст птицы (недель) и выход помета, кг										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	22	23
Яичные куры и цыплята	75	4	14	24	39	61	82	97	114	128	175	189
Мясные куры и цыплята	75	11	46	92	130	140	170	200	230	250	280	300
Бройлеры	76	10	45	90	135	144	182	240	250	–	–	–
Индейки, легкий кросс	76	30	93	124	182	224	260	280	310	320	350	378
Индейки, средний и тяжелый кросс	75	28	82	135	175	200	225	280	310	364	390	420
Гуси и гусята	83	50	140	280	330	360	390	440	450	480	490	490
Утки и утята	83	30	60	90	120	170	200	210	220	230	250	250

2.5.3 Химический состав экскрементов птицы, % на сырое вещество [по данным ВНИПТИОУ]

Вид помета	Влажность	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Куриный	75	1,5±0,2	1,4±0,2	0,5±0,1	1,1±0,4
Утиный	83	0,6±0,1	0,8±0,3	0,3±0,1	1,0±0,2
Гусиный	83	0,5±0,2	0,5±0,1	0,8±0,1	0,6±0,1
Индюшинный	75	0,7±0,2	0,6±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1

2.5.4 Содержание питательных веществ в помете, % [по данным НИИСХ ЦРНЗ, Малофеев В. И., 1981]

Способ содержания	Помет	Влажность	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Выгульное содержание кур-несушек	сырой свежий	60,8	1,65	1,00	0,62
	сухой	12,0	4,36	3,67	1,80
Клеточное содержание кур-несушек	сырой свежий	65,7	1,50	0,87	0,58
	сухой	10,8	5,43	4,54	2,20
Клеточное содержание кур при откорме	сырой свежий	73,5	1,72	0,92	0,60
	сухой	12,7	5,50	4,86	2,50
Клеточное содержание бройлеров	сырой свежий	68,9	1,76	0,69	0,40
	сухой	10,1	5,25	4,43	1,90

2.5.5 Состав различных видов подстилочного помета, % на сырое вещество [данные БелНИИЗ]

Вид помета	Влажность	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
С подстилкой из торфа	46	2,00	1,80	0,70
С подстилкой из опилок	23	2,05	1,80	0,80
С подстилкой из торфа и 20 % опилок	31	1,81	2,32	0,93
С подстилкой из торфа и 20 % соломы	35	2,33	1,79	0,70
С подстилкой из соломы	32	2,38	1,81	0,97

2.5.6 Средний состав органических удобрений [Лапа В. В. и др., 2019]

Удобрение	Влаж-ность, %	Содержание, кг/т						
		органи-ческое вещество	N _{общ.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃
Соломистый навоз								
КРС	75	210	5,0	2,5	6,0	4,0	1,1	0,6
свиньи	70	240	5,0	2,0	6,0	1,8	0,9	0,8
овцы	65	300	8,0	2,5	6,5	3,3	1,8	1,5
лошади	70	220	6,0	3,0	6,5	2,1	1,4	0,7
смешанный	75	220	5,0	2,5	6,0	3,5	1,2	1,0
Торфяной навоз								
КРС	75	220	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
лошади	70	230	8,0	2,5	5,5	4,4	1,2	0,4
Полужидкий навоз								
КРС	90	125	3,5	1,5	4,0	1,3	0,9	0,3
свиньи	90	115	4,5	2,5	3,0	1,9	1,0	0,4
Жидкий навоз								
КРС	95	40	2,0	1,0	2,5	0,5	0,4	0,1
свиньи	95	40	2,5	0,9	1,8	0,6	0,2	0,1
Навозные стоки								
КРС	98	18	0,7	0,4	0,7	–	–	–
свиньи	98	18	0,8	0,5	0,4	–	–	–
Птичий помет								
куры	55	350	16,0	15,0	8,0	24,0	7,0	4,0
утки	70	250	7,0	9,0	6,0	11,0	2,0	3,0
гуси	75	230	5,0	5,0	9,0	8,0	2,0	9,0
индюки	75	230	7,0	6,0	5,0	5,0	2,0	3,0
Подстилочный помет	40	450	20,0	16,5	8,5	18,0	6,0	3,5
Птичий помет полужидкий	85	110	9,0	9,0	3,0	9,0	4,0	2,0
жидкий	95	40	3,0	2,5	1,0	4,0	1,2	0,7
Стоки птичьего помета	98	18	1,2	1,1	0,6	1,8	0,5	0,3
Сухой помет	14	800	41,0	39,0	20,0	45,0	14,0	10,0

Удобрение	Влаж-ность, %	Содержание, кг/т						
		органи-ческое вещество	N _{общ.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃
Компост торфонавозный (1 : 1)	70	220	5,0	1,6	4,0	3,5	0,6	0,3
торфонавозный (1 : 2)	70	220	5,5	1,8	4,5	4,0	0,8	0,4
торфонавозный (1 : 3)	70	220	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
торфожижевый	75	200	5,0	1,0	3,0	3,0	0,5	0,3
торфопометный (1 : 1)	70	250	10,0	8,0	3,0	9,0	3,0	1,5
торфопометный (1 : 2)	70	250	12,5	10,0	4,0	10,0	4,0	2,0
торфофекальный	70	240	3,5	3,0	4,0	3,5	0,6	0,3
Вермикомпост (биогумус)	50	425	20,0	15,0	10,0	–	–	–
Сапропель	60	–	8,0	1,0	0,5	–	–	–
Торф низинный	60	350	10,0	1,2	0,7	15,0	–	–
переходной	60	370	6,5	0,6	0,5	4,8	–	–
верховой	60	385	4,0	0,4	0,3	1,2	–	–
Сидерат (зеленое удобрение)								
бобовый	80	140	5,0	1,1	3,0	3,0	1,4	0,9
крестоцветный	80	140	4,0	1,3	3,8	2,0	1,0	0,7
злаковый	80	140	3,5	1,2	2,8	1,0	0,4	0,2
смесь	80	140	4,2	1,2	3,2	2,0	1,0	0,5
Солома зерновых	16	800	4,0	1,5	10,0	2,0	1,0	1,5
зернобобовых	16	780	10,0	2,0	11,0	9,0	2,0	5,0
крестоцветных	16	780	5,0	1,5	9,0	8,0	2,0	4,0
крупяных	16	800	7,0	3,0	12,5	5,0	2,0	1,0
кукурузы	16	850	4,5	2,0	12,0	3,0	2,0	2,0
Ботва свеклы сахарной	80	120	3,5	1,0	5,0	1,0	1,0	0,4
свеклы кормовой	80	120	4,0	1,0	6,0	2,0	1,0	0,4
картофеля	80	120	2,0	0,5	4,0	1,5	1,0	0,3

2.5.7 Содержание микроэлементов в органических удобрениях, г/т (влажность 75 %)

[Лапа В. В. и др., 2019]

Органическое удобрение	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Co
Подстилочный навоз						
крупного рогатого скота	112,5	38,3	8,4	3,8	0,2	0,3
свиной	102,6	68,7	12,7	3,1	0,2	0,3
конский	91,5	36,0	6,2	3,1	0,2	0,3

2.5.8 Потери органического вещества и азота из термически высушенного куриного помета за 6 месяцев хранения, %
[Ефремов И. Ф., Слизовская Н. А., 1976]

Условия хранения помета	Влажность помета, %		
	12,5...13,9	22...23	24...28,8
Потери органического вещества			
Полиэтиленовые мешки	5,0	8,8	4,0
Бумажные мешки	6,2	10,8	5,5
Открытый штабель	7,0	4,6	3,6
Потери азота			
Полиэтиленовые мешки	4,4	4,6	1,9
Бумажные мешки	1,5	7,9	2,4
Открытый штабель	5,2	3,3	6,2

2.5.9 Примерные нормы помета и компостов под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны, т/га
[по данным БелНИИЗ, НИИСХ ЦРНЗ, ВИУА, ВНИПТИОУ, НИИКХ]

Культура	Помет			Торфопометный компост
	сухой	естественной влажности	подстилочный	
Озимые зерновые	3...4	13...15	10...15	20...25
Яровые зерновые	3	8...10	10...15	20...25
Картофель	4...5	15...20	20...25	40...50
Кукуруза на силос	–	–	15...20	40...60
Кормовые корнеплоды	–	–	–	30...50
Кормовая капуста	–	–	–	40...60
Овощные культуры	6...8	20...25	20...25	40...60
Однолетние травы	–	–	12...15	20...30
Многолетние травы	5...8	10...15	–	–
Сенокосы и пастбища	–	15...20	–	–

2.5.10 Примерные нормы помета и компостов под сельскохозяйственные культуры на серых лесных и черноземных почвах лесостепной зоны, т/га [по данным УНИИП, УкрНИИЗ и Харьковского СХИ]

Культура	Помет			Торфопометный компост
	сухой	естественной влажности	подстилочный	
Зерновые	2...5	5...7	6...8	10...15
Картофель	2...4	7...12	10...15	20...25
Кукуруза на зерно и силос	6...10	7...12	10...15	20...25
Сахарная свекла	5...8	7...12	10...15	20...25
Кормовые корнеплоды	5...8	7...12	15...20	20...25
Технические	5...8	10...12	12...15	20...25
Овощные	5...8	10...12	10...15	30...40
Однолетние травы	–	5...8	8...10	10...15
Чистый пар	–	5...8	7...10	15...20

2.5.11 Примерные нормы внесения навоза под посевы кукурузы [Мухин А. А., 1984]

Регион	Почва	Норма, т/га
Нечерноземная зона	Дерново-подзолистая	30...40
	супесчаная	20...35
	суглинистая	20...30
	Пойменная и серая лесная	20...30
	Выщелоченный чернозем	15...20
Центрально-Черноземная зона	то же	20
Северный Кавказ	»	15...20
Юго-Восток	»	20...30
Сибирь	Подзолистая	30...40
	Чернозем	15...20
Дальний Восток	то же	20...30

2.5.12 Среднее содержание тяжелых металлов в удобрениях, г/т [Черных Н. А., Ладонин В. Ф., 1995]

Удобрения	Zn	As	Cd	Pb	Ni
Азотные	18	8	1,2	21	7
Фосфорные	164	150	3,7	39	92
Калийные	11	10	1,0	14	21
Известковые	22	8	0,2	28	12
Органические	112	10	0,2	4	7
Осадки сточных вод (ОСВ)	1 000	15	15,0	390	100

2.6 Фертигация

2.6.1 Растворимость минеральных удобрений в воде, г/л

[URL: https://fitofert.ru/rastvorimost_i_sovmestimost_prostih_udobreniy/]

Удобрение	Температура					
	5 °С	10 °С	20 °С	25 °С	30 °С	40 °С
Аммиачная (аммонийная) селитра	1 183	1 510	1 920	2 120	–	–
Сульфат аммония	710	730	750	–	–	–
Мочевина (карбамид)	780	850	1 060	1 200	–	–
Хлористый калий	229	238	255	264	275	–
Сульфат калия	80	90	111	120	–	–
Калийная селитра	133	170	209	316	370	458
Аммофос (моноаммонийфосфат)	250	295	374	410	464	567
Монокалийфосфат	110	180	230	250	300	340
Кальциевая селитра	1 020	1 130	1 290	–	–	–
Магниева селитра (нитрат магния)	680	690	710	720	–	–

2.6.2 Совместимость удобрений при совместном растворении для фертигации

	Мочевина	Аммиачная селитра	Сульфат аммония	Кальциевая селитра	Калийная селитра	Хлористый калий	Сульфат калия	Сульфат аммония	Сульфат Fe, Zn, Cu, Mo	Хелат Fe, Zn, Cu, Mo	Сульфат магния	Фосфорная кислота	Серная кислота	Азотная кислота
Мочевина	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Аммиачная селитра	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Сульфат аммония	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Кальциевая селитра	Совместимы	Совместимы	Несовместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Калийная селитра	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Хлористый калий	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Сульфат калия	Совместимы	Совместимы	Сниженная совместимость	Несовместимы	Совместимы	Сниженная совместимость	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Сульфат аммония	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Несовместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Сульфат Fe, Zn, Cu, Mo	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Несовместимы	Совместимы	Совместимы	Сниженная совместимость	Несовместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Хелат Fe, Zn, Cu, Mo	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Сниженная совместимость	Совместимы	Совместимы	Сниженная совместимость	Сниженная совместимость	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Сульфат магния	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Несовместимы	Совместимы	Совместимы	Сниженная совместимость	Несовместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Фосфорная кислота	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Сниженная совместимость	Совместимы	Сниженная совместимость	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Серная кислота	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Несовместимы	Совместимы	Совместимы	Сниженная совместимость	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы
Азотная кислота	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Несовместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы



Несовместимы



Сниженная совместимость



Совместимы

2.7 Запасы фосфоритного сырья

2.7.1 Мировые запасы фосфоритных руд, млрд т P_2O_5

[Ангелов А. И. и др., 2000]

Страна	Фосфатные руды	
	всего	в т. ч. апатитовые
Марокко	15 810,0	10,0
США	15 028,0	20,0
Китай	9 510,4	10,0
Россия	4 827,5	3 410,0
Казахстан	4 306,0	30,0
Мексика	1 683,0	5,0
Западная Сахара	1 020,0	–
Тунис	999,0	–
Иран	850,0	–
Эстония	826,0	–
Египет	742,0	–
Австралия	670,0	100,0
Бразилия	609,6	495,0
Другие страны	6 165,9	1 180,0
Всего	63 067,4	5 260,0

2.7.2 Запасы фосфатных руд по геологическим рудам, млн т

[Ангелов А. И. и др., 2000]

Тип руды	Запасы P_2O_5
Зернистые	30 576
Микрозернистые	23 496
Конкреционные (желваковые)	1 424
Ракушечные	1 079
Фосфатно-зернистые породы	1 037
Отстаточно-метасоматические	216
Карбонатиты, включая Хибины	3 811
Магматические	610
Коры выветривания	818
Всего	63 067

2.7.3 Сырьевой потенциал фосфоритов Республики Татарстан [Лукманов А. А. и др., 2023]

Месторождение	Площадь, га	Запасы категории			Запасы и ресурсы
		A + B	C ₁	C ₂	
		тыс. т			
Сюндюковское		746*	920**		171,4
Вожжинское	53,5		690,8	117	
Бастраковское	16			3000	
Бессоновское					5 000***
Ново-Шаймурзинское	580		800,4***		
Ембулатовское	170		592***		
Дрожжановское		150			
По остальным проявлениям					
Всего					

Примечание. * – запасы приводятся на время разведки (1949 г.) без учета их погашения при эксплуатации месторождения, которая ведется с 1973 г.; ** – забалансовые запасы (труднодоступные, так как мощность вскрыши по блоку превышает 12 м, что в 1,5 раза больше установленной требованиями к горнотехническим показателям); *** – приводятся запасы концентрата +4 мм, который в зависимости от % выхода составляет лишь часть от количества исходной руды.

Часть 3. Растения

3.1 Биологическая классификация элементов

3.1.1 Агробιοхимическая классификация химических элементов [Шеуджен А. Х., 2016]

Группа	Элементы
Макроэлементы: органогены зольные	H, O, C, N P, K, Si
Мезоэлементы	S, Ca, Mg, Fe, Na, Al, Cl
Микроэлементы	B, Mn, Co, Cu, Mo, Zn, V, J, Se
Ультрамикроэлементы	Ba, Be, Br, Bi, W, Gd, Ga, Hf, Ge, Ho, Dy, Eu, Au, In, Ir, Yb, Y, Cd, La, Li, Lu, As, Nd, Nb, Sn, Os, Pd, Pt, Pr, Ra, Re, Rh, Hg, Ru, Sm, Pb, Ag, Sc, Sr, Sb, Tl, Ta, Te, Tb, Th, Tm, U, F, Cr, Cs, Ce, Zr, Er
Инертные элементы	He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn
Техногенные элементы	Ac, Am, At, Bh, Bk, Cb, Cf, Cm, Db, Ds, Fm, Fr, Hs, Lr, Md, Mt, No, Np, Pa, Pm, Po, Pu, Rf, Rg, Sg, Tc, Th

3.1.2 Классификация элементов питания растений по биохимическим функциям [Mengel K., Kirkby E. A., 1987]

Элемент	Поглощение	Биохимические функции
Группа 1 C, H, O, N, S	В форме CO ₂ , HCO ₃ ⁻ , H ₂ O, O ₂ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , N ₂ , SO ₄ ⁻ , SO ₂ . Ионы из почвенного раствора, газы из атмосферы.	Главные структурные элементы органических веществ. Необходимые элементы для групп атомов, вовлеченных в ферментные процессы. Ассимиляция путем окислительно-восстановительных реакций.
Группа 2 P, B, Si	В форме фосфатов, борной кислоты или боратов, силиката из почвенного раствора.	Участвуют в образовании эфирных связей с природными спиртовыми группами. Фосфатные эфиры включены в реакции переноса энергии.
Группа 3 K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl	В форме ионов из почвенного раствора.	Неспецифические функции, связанные с регуляцией осмотического потенциала. Более специфичны реакции, в которых ион обеспечивает оптимальную конформацию белков-ферментов (активация ферментов). Образуют мостиковые связи. балансирующие анионы. Контролируют проницаемость мембран и электропотенциалы.
Группа 4 Fe, Cu, Zn, Mo	В форме ионов, хелатов из почвенного раствора.	Преимущественно содержатся в форме хелатов, включенных в простетические группы ферментов. Участвуют в транспорте электронов путем изменения валентности.

3.1.3 Взаимодействие макро- и микроэлементов в растениях [Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989; Битюцкий Н. П., 1999]

Макроэлемент	Микроэлементы и другие химические элементы	
	Антагонизм	Синергизм
Ca	Al, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, F, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn	Cu, Mn, Zn
Mg	Al, Be, Ba, Cr, Mn, F, Zn	Al, Zn
P	Al, As, B, Be, Cd, Cr, Cu, F, Fe, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Rb, Se, Si, Sr, Zn	Al, B, Cu, F, Fe, Mo, Mn, Zn
K	Al, B, Cd, Cr, F, Mo, Mn, Rb	—
S	As, Ba, Fe, Mo, Pb, Se	F, Fe
N	B, F, Cu	B, Cu, Fe, Mo

Примечание. Жирным шрифтом выделены необходимые микроэлементы и полезные для растений питательные элементы.

3.1.4 Подвижность элементов питания в процессе гипергенеза [Известкование как фактор..., 2008]

Подвижность	Элемент	Условия подвижности
Очень подвижные	S, Cl, B, Br	Растворы
Подвижные	Ca, Na, Mg, Sr, Ra, F	Растворы
Слабо подвижные	K, Ba, Rb, Li, Be, Cs, Te, Si, P, Sn, Ge	Особенно в форме растворов
Подвижные и слабо подвижные в окислительной среде	Zn, Ni, Cu, Pb, Cd, Hg, Ag	Энергичная миграция в кислых растворах и слабо подвижные в нейтральных и щелочных растворах, особенно в форме анионов
Подвижные и слабо подвижные в восстановительной среде	U, V, Mo, Se, Ra	Энергичная миграция в кислых и щелочных растворах, особенно в форме анионов
Подвижные и слабо подвижные в восстановительной среде и инертные в окислительной среде	Fe, Mn, Co	Умеренная миграция
Слабо подвижные в большинстве сред	Al, Ti, Zr, Cr, Nb, Ga, Ta, W, Bi, Pt, Au, Te	Миграция слабая с образованием химических комбинаций

3.1.5 Хронология открытия необходимости элементов для высших и низших растений

[Ronan E.. 2007]

Элемент	Год	Кто обнаружил
Железо	1860	Юлиус фон Сакс (J. Sachs)
Марганец	1922	Дж. С. Макхейг (J. S. McHague)
Бор	1923	К. Уорингтон (K. Warington)
Цинк	1926	А. Л. Зоммер (A. L. Sommer), К. Б. Липман (C. B. Lipman)
Медь	1931	К. Б. Липман (C. B. Lipman), Г. Маккинни (G. Mackinney)
Молибден	1938	Д. И. Арнон (D. I. Arnon), П. Р. Стаут (P. R. Stout)
Хлор	1954	Т. К. Брауэр и др. (T. C. Brouer et al.)
Никель	1987	П. Х. Браун и др. (P. H. Brown et al.)

3.1.6 Хронология открытия аминокислот в составе белков

[Шеуджен А. Х., 2016, с уточнениями]

Аминокислота	Год	Источник	Кто впервые выделил
Глицин	1820	Желатин	А. Браконно (Henri Braconnot)
Лейцин	1820	Мышечные волокна	А. Браконно (Henri Braconnot)
	1839	Фибрин шерсти	Г. Мульдер (Gerrit Jan Mulder)
Тирозин	1846	Казеин	Ю. Либих (Justus von Liebig)
Аланин	1888	Фиброин шелка	А. Штрекер (Adolph Strecker)
Серин	1865	Шелк	Э. Крамер (Emil Cramer)
Глутаминовая	1866	Растительные белки	Г. Риттхаузен (Heinrich Ritthausen)
Аспарагиновая	1868	Конглутин, легумин (спаржа)	Г. Риттхаузен (Heinrich Ritthausen)
Фенилаланин	1881	Ростки люпина	Э. Шульце (Ernst Schulze) И. Барбьери (I. Barbieri)
Аргинин	1886	Ростки люпина	Э. Шульце (Ernst Schulze) Э. Штайгер (Ernst Steiger)
Лизин	1889	Казеин	Э. Дрексель (Edmund Drechsel)
Гистидин	1896	Стурин, гистоны	А. Коссель (Albrecht Kossel) Г. Хедин (Gustaf Hedin)
Цистин	1899	Ткани рога	К. Мернер (Karl Mörner)
Валин	1901	Казеин	Э. Фишер (Emil Fischer)
Пролин	1901	Казеин	Э. Фишер (Emil Fischer)
Гидроксипролин	1901	Желатин	Э. Фишер (Emil Fischer)
Триптофан	1902	Казеин	Ф. Хопкинс (Frederick Hopkins)
Изолецин	1904	Фибрин	Ф. Эрлих (Felix Ehrlich)
Метионин	1921	Казеин	Д. Мюллер (John Mueller)
Гидроксилизин	1921	Белки рыб	Д. Слайк (Donald Van Slyke)
Треонин	1935	Белки овса	У. Камминг-Роуз (William Cumming Rose), К. Мейер (Curtis Meyer)

3.1.7 Перечень минеральных элементов, поглощаемых в ионной форме

[Ботаника / П. Зитте и др., 2008]

Анионы		Катионы	
Элемент	Форма поглощения	Элемент	Форма поглощения
N	Нитрат (NO_3^-)	K	K^+
S	Сульфат (SO_4^{2-})	Mg	Mg^{2+}
P	Фосфат (PO_4^{3-} , H_2PO_4^-)	Ca	Ca^{2+}
Cl	Хлорид (Cl^-)	Fe	Fe^{2+} (Fe^{3+})
B	Борат (BO_3^{3-})	Mn	Mn^{2+}
Mo	Молибдат (MoO_4^{2-})	Zn	Zn^{2+}
		Cu	Cu^{2+}

3.1.8 Подвижность минеральных веществ во флоэме

[Ботаника / П. Зитте и др., 2008]

Подвижны	Умеренно подвижны	Неподвижны
Калий Рубидий Цезий Натрий Магний Фосфор Сера Хлор	Железо Марганец Цинк Медь Молибден Кобальт Бор	Литий Кальций Стронций Барий Алюминий Свинец Полоний Серебро Фтор

3.1.9 Типичный атомарный состав сухого вещества типичного растения

[Агрохимикаты в окружающей среде, 1979]

Элемент	Количество атомов	Элемент	Количество атомов	Элемент	Количество атомов
H (водород)	$515 \cdot 10^6$	P (фосфор)	$1,06 \cdot 10^6$	B (бор)	3 000
C (углерод)	$276 \cdot 10^6$	Cl (хлор)	$0,73 \cdot 10^6$	Mn (марганец)	1 000
O (кислород)	$188 \cdot 10^6$	S (сера)	$0,58 \cdot 10^6$	Zn (цинк)	300
N (азот)	$10 \cdot 10^6$	Si (кремний)	$0,34 \cdot 10^6$	Cu (медь)	100
K (калий)	$3,76 \cdot 10^6$	Na (натрий)	$0,32 \cdot 10^6$	Mo (молибден)	5
Ca (кальций)	$1,84 \cdot 10^6$	Fe (железо)	$0,13 \cdot 10^6$	Co (кобальт)	1
Mg (магний)	$1,74 \cdot 10^6$				

3.1.10 Среднее содержание элементов в тканях растений [Медведев В. В., 2004]

Элемент	Содержание в расчете на сухую массу		Число атомов относительно молибдена (принят за 1)
	мкмоль/г	% или ppm	
Элементы, полученные из углекислоты и воды:			
водород	60 000	6	60 000 000
углерод	40 000	45	40 000 000
кислород	30 000	45	30 000 000
Макроэлементы:			
азот	1 000	1,5	1 000 000
калий	250	1,0	250 000
кальций	125	0,5	125 000
магний	80	0,2	80 000
фосфор	60	0,2	60 000
сера	30	0,1	30 000
кремний	30	0,1	30 000
Микроэлементы:			
хлор	3,0	100	3 000
железо	2,0	100	2 000
бор	2,0	20	2 000
марганец	1,0	50	1 000
натрий	0,4	10	400
цинк	0,3	20	300
медь	0,1	6	100
никель	0,002	0,1	2
молибден	0,001	0,1	1

3.2 Вода в растениях

3.2.1 Содержание воды в растительных организмах, % от сырой массы

[Ботника / П. Зитте и др., 2008]

Растение	Содержание воды	Растение	Содержание воды
Кочанный салат (внутренние-листья)	94,8	Древесина (сырая)	около 50
Томаты (спелые плоды)	94,1	Кукуруза (сухие зерновки)	11,0
Редис (корнеплод)	93,6	Бобы (сухие семена)	10,5
Арбуз (мякоть)	92,1	Арахис (неочищенные плоды с шелухой)	5,1
Яблоко (мякоть)	84,1	<i>Pleurococcus</i> (сухопутная водоросль) в сухом, но жизнеспособном состоянии	5,0
Картофель (клубни)	77,8		

3.2.2 Содержание воды в некоторых объектах Земли и продуктах питания

[Белянин В., Романова Е., 2004]

Объект	Содержание воды, % масс.	Фрукты, ягоды	Содержание воды, % масс.	Овощи	Содержание воды, % масс.	Разное	Содержание воды, % масс.
Водоросли	90...98	Малина	86	Помидоры	94	Грибы	88
Дождевые черви	84	Клубника	86	Огурцы	92	Горох	75
Листья растений	75...86	Груши	76	Шпинат	89	Каштаны	37
Насекомые:		Апельсины	63	Редис	87	Сыр	37
– личинки	58...90	Яблоки:		Салат	81	Хлеб:	
– взрослые	45...85	– свежие	63	Капуста	78	– ржаной	36
Рыбы	70	– сушеные	28	Сельдерей	76	– пшеничный	35
Человек:	63...68	Виноград	58	Морковь	75	Рис	12
– мозг	78	Бананы	48	Свекла	70	Фасоль	11
– печень	76	Дыня	45	Пастернак	66	Макароны	10
– мышцы	75	Тыква	44	Чеснок	65	Пшено	10
– легкие	71	Арбуз	38	Лук	63	Шоколад	4
– скелет	20...40	Курага	29	Картофель	63	Орехи:	
		Финики	14	Турнепс	63	– фундук	2
		Изюм	13	Ревень	57	– грецкие	1

3.2.3 Содержание воды в овощах, плодах и семенах различных растений, % на сырое вещество

[Методы биохимического исследования, 1987]

Культуры (плоды и корнеплоды)	Вода	Культуры (семена)	Вода
Огурцы, томаты, баклажаны, стручковый перец	92...97	Горох, фасоль, бобы, нут, вигна, чечевица	10...17
Брюква, морковь, свекла столовая	80...92	Пшеница, рожь, ячмень, овес, просо, гречиха, кукуруза	10...16
Картофель, батат, цикорий, пастернак	72...85	Соя, лен, горчица, рапс, арахис, кунжут, клещевина,	5...9
Яблоки, груши, сливы, абрикосы	70...90	Подсолнечник	4...6
Черешня, вишня, персик, крыжовник, смородина черная	76...90	Травы (листочек-белая масса)	70...88

3.2.4 Перевод сена в зеленую массу

[по разным источникам]

Кормовые угодья, вид сена	Коэффициент пересчета
Сухие, по суходолам и в долинах малых рек	2,5...3,0
Суходольные влажные и заливные на высоких местах	3,0...3,5
Низинные, влажные в долинах малых рек, лесные, сеянные, многолетние на суходолах	3,5...4,0
Заливные, более влажные, болотистые, сеянные, многолетние на низинных лугах и болотах	4,0...4,5
Сеянные однолетние	4,5...5,0

3.3 Содержание химических элементов в растениях

3.3.1 Зольность зерна различных культур и содержание в нем минеральных элементов, мг/100 г сухого вещества

[Шеуджен А. Х., 2016]

Элемент	Пшеница	Ячмень	Рожь	Овес		кукуруза	Рис		Сорго
				цельный	обрушенный		цельный	обрушенный	
Зольность, %	1,5	2,0	1,7	3,4	2,0	3,4	5,9	0,9	1,5
K	453	580	412	460	380	339	342	118	330
P	380	440	359	341	400	322	285	290	445
S	196	160	146	199	185	151	–	–	171
Mg	157	180	92	143	120	121	90	47	105
Cl	76	120	60	100	70	45	23	286	54
Ca	51	50	31	95	66	29	68	67	22
Na	24	77	26	87	50	36	78	54	7,5
Si	12	420	6	690	28	–	1 790	–	4
Fe	5	5	2,7	7	4,2	3,6	–	3,2	8
Zn	5	–	–	2,7	–	–	–	–	9
Mn	4	2	5	5	4	0,7	5,6	1,7	5
Cu	0,7	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,3	0,4	0,08

3.3.2 Среднее содержание основных элементов питания в различных сельскохозяйственных растениях, % [Практикум по агрохимии, 2008]

Культура		N	Зольные элементы				Всего золы
			P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	
Пшеница:	зерно	2,50	0,85	0,50	0,15	0,07	1,7
	солома	0,50	0,20	0,90	0,10	0,28	4,8
Рожь озимая:	зерно	2,00	0,85	0,60	0,12	0,10	1,8
	солома	0,45	0,26	1,00	0,09	0,29	3,9
Ячмень:	зерно	2,00	0,85	0,55	0,16	0,10	3,0
	солома	0,50	0,20	1,00	0,09	0,33	4,5
Овес:	зерно	2,10	0,85	0,50	0,17	0,16	2,9
	солома	0,65	0,35	1,60	0,12	0,38	6,4
Кукуруза:	зерно	1,80	0,57	0,37	0,20	0,12	1,5
	солома	0,75	0,30	1,64	0,14	0,40	5,8
Рис	зерно	1,20	0,81	0,31	0,18	0,07	5,2
Горох:	семена	4,50	1,00	1,25	0,13	0,09	2,6
	зеленая масса	0,65	0,20	0,45	0,14	0,35	1,4
Фасоль	семена	3,68	1,38	1,72	0,28	0,24	3,9
Люпин:	семена	4,80	1,42	1,14	0,45	0,28	3,7
	зеленая масса	0,55	0,15	0,35	0,06	0,16	0,9
Соя	семена	5,80	1,04	1,26	0,25	0,17	2,8
Лен:	семена	4,00	1,35	1,00	0,47	0,27	3,3
	соломка	0,60	0,40	0,95	0,20	0,69	3,0
Подсолнечник:	семена	2,61	1,39	0,96	0,51	0,20	3,3
	целое растение	1,56	0,76	5,25	0,18	1,53	10,0
Свекла сахарная (корнеплоды)		0,24	0,08	0,25	0,05	0,06	0,6
Свекла кормовая: корнеплоды		0,19	0,07	0,42	0,04	0,04	0,8
Картофель:	ботва	0,35	0,10	0,50	–	–	–
	клубни	0,32	0,14	0,60	0,06	0,03	1,0
	ботва	0,30	0,10	0,85	–	–	–
Брюква (корнеплоды)		0,21	0,11	0,35	0,03	0,04	0,70
Морковь кормовая		0,18	0,11	0,40	0,05	0,07	0,09
Капуста (кочаны)		0,33	0,10	0,35	0,03	0,07	0,70
Томат (плоды)		0,26	0,07	0,32	0,06	0,04	0,70
Травы (луговое сено)		0,70	0,70	1,80	0,41	0,95	7,48
Люцерна (цветение, сено)		2,60	0,65	1,50	0,31	2,52	6,29
Клевер луговой (цветение, сено)		1,97	0,56	1,50	0,76	2,35	5,38
Вика (цветение, сено)		2,27	0,62	1,00	0,46	1,63	4,54
Тимофеевка (сено)		1,55	0,70	2,04	0,20	0,49	5,91

3.3.3 Содержание основных элементов питания в основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур, % в сухом веществе [Лапа В. В., Босак В. Н., 2006]

Культура, продукция	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Озимая пшеница					
зерно	1,31...2,74	0,76...0,96	0,39...0,60	0,02...0,07	0,15...0,23
солома	0,27...0,93	0,12...0,34	1,05...3,19	0,14...0,25	0,06...0,13
зеленая масса	2,18...4,37	0,73...1,26	3,29...4,68	0,32...0,46	0,18...0,21
Озимая тритикале					
зерно	1,45...2,38	0,67...1,05	0,54...0,67	0,05...0,12	0,10...0,26
солома	0,25...0,67	0,11...0,36	1,44...3,82	0,12...0,30	0,09...0,18
зеленая масса	2,15...4,58	0,60...1,35	3,51...6,34	0,34...0,75	0,18...0,27
Озимая рожь					
зерно	1,28...2,12	0,43...1,01	0,30...0,43	0,05...0,10	0,08...0,20
солома	0,25...0,45	0,24...0,38	1,56...2,36	0,10...0,16	0,08...0,11
зеленая масса	2,34...4,32	0,81...1,27	3,42...5,11	0,41...0,66	0,19...0,23
Яровая пшеница					
зерно	1,40...3,41	0,42...1,02	0,55...0,97	0,02...0,08	0,17...0,25
солома	0,31...0,68	0,16...0,32	1,25...3,90	0,17...0,32	0,07...0,15
зеленая масса	2,24...4,51	0,74...1,21	3,31...5,04	0,38...0,67	0,19...0,26
Яровой ячмень					
зерно	1,14...2,51	0,55...1,03	0,58...0,83	0,06...0,16	0,20...0,46
солома	0,25...0,79	0,10...0,32	1,64...3,59	0,17...0,62	0,10...0,32
зеленая масса	2,92...4,69	0,76...1,15	3,32...6,27	0,45...1,08	0,22...0,33
Яровая тритикале					
зерно	1,41...2,28	0,91...1,29	0,42...0,58	0,03...0,05	0,17...0,23
солома	0,18...0,39	0,15...0,39	1,42...2,70	0,08...0,13	0,03...0,10
зеленая масса	2,57...4,26	0,51...0,67	3,18...5,07	0,20...0,29	0,30...0,38
Овес					
зерно	1,09...2,23	0,50...1,04	0,31...0,83	0,06...0,18	0,17...0,24
солома	0,21...0,92	0,26...0,72	1,94...3,45	0,24...0,48	0,09...0,19
зеленая масса	1,81...4,28	0,55...1,10	3,34...5,16	0,39...0,71	0,22...0,30
Кукуруза					
зерно	1,80	0,57	0,37	0,12	0,20
солома	0,75	0,30	1,64	0,40	0,14
Просо					
зерно	1,77	0,72	0,26	0,05	0,23
зеленая масса	2,05	0,65	3,66	0,27	0,54
Люпин					
зерно	4,09...5,31	1,12...1,34	0,83...1,50	0,33...0,41	0,27...0,32
солома	0,88...1,57	0,46...0,69	1,65...2,45	1,01...1,16	0,35...0,76
зеленая масса	3,25...4,52	0,92...1,22	2,24...3,12	1,57...2,14	0,43...0,84
Горох					
зерно	4,50	1,00	1,25	0,09	0,13
зеленая масса	0,65	0,20	0,45	0,35	0,14

Окончание табл. 3.3.3

Культура, продукция	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Соя (семена)	5,80	1,04	1,26	0,17	0,25
Картофель					
клубни	1,00...2,93	0,49...0,84	2,42...3,91	0,02...0,06	0,17...0,25
ботва	0,90...2,14	0,25...0,39	0,53...7,88	2,12...4,01	0,48...0,72
Лен-долгунец					
соломка	0,30...0,61	0,23...0,42	...1,44...2,19	0,39...0,49	0,12...0,20
семена	3,15...4,33	1,71...2,01	1,29...1,43	0,22...0,32	0,58...0,66
Подсолнечник					
семена	2,61	1,39	0,96	0,20	0,51
зеленая масса	1,56	0,76	5,29	1,53	0,18
Сахарная свекла					
корнеплоды	0,36...0,52	0,20...0,29	0,70...0,77	0,11...0,20	0,24...0,29
ботва	1,16...2,53	0,41...0,65	3,12...5,08	0,54...0,67	0,48...0,58
Кормовая свекла					
корнеплоды	0,84...1,70	0,26...0,72	2,71...3,75	0,15...0,24	0,20...0,38
ботва	1,88...3,26	0,50...0,92	5,29...8,63	2,37...3,23	1,10...3,10
Яровой рапс					
семена	2,89...3,54	2,12...2,38	0,87...0,91	0,07...0,12	0,56...0,58
солома	0,36...0,74	0,39...0,62	1,43...3,27	0,80...1,08	0,15...0,30
зеленая масса	1,51...2,81	0,35...0,57	3,34...5,71	0,74...1,22	0,33...0,72
Клевер луговой					
1-го года жизни	3,19...3,48	0,77...1,07	1,03...2,01	1,96...2,61	0,56...0,78
1-й укос	2,56...3,31	0,71...0,87	1,86...4,82	1,14...2,70	0,52...0,75
2-й укос	2,34...3,07	0,62...0,92	2,26...4,65	1,33...2,05	0,50...0,72
3-й укос	3,15...3,26	0,84...0,92	1,14...2,71	1,80...1,89	0,64...0,79
4-й укос	2,83...3,23	0,80...0,86	2,55...4,29	2,05...2,39	0,58...0,65
5-й укос	2,67...3,04	0,74...0,84	2,54...4,08	1,92...2,25	0,51...0,68
среднее	2,79...3,23	0,75...0,91	1,90...3,76	1,70...2,32	0,55...0,73
Горохо-овсяная смесь					
зеленая масса	1,59...3,53	0,36...0,93	2,14...4,87	0,91...1,39	0,25...0,42
Вико-овсяная смесь					
зеленая масса	2,03...3,20	0,38...1,07	2,08...4,92	0,64...0,95	0,26...0,40
Пелюшко-овсяная смесь					
зеленая масса	1,94...3,47	0,42...1,05	2,12...4,63	0,32...1,04	0,18...0,45
Морковь (корнеплоды)	0,18	0,11	0,40	0,07	0,05
Капуста (кочаны)	0,33	0,10	0,35	0,07	0,03
Томаты (плоды)	0,26	0,07	0,32	0,04	0,06

3.3.4 Содержание и состав золы в различных частях растительных организмов [Ботаника / П. Зитте и др., 2008]

Организм	Зола, %	В 100 частях золы обнаружено								
		K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl ₂
Туберкулезная палочка	9,56	8,2	11,5	8,6	9,8	?	47,0	10,8	?	1,2
Белый гриб	6,39	57,8	0,9	5,9	2,4	1,0	26,1	8,1	–	3,5
Рожь, зерновки	2,09	32,1	1,5	2,9	11,2	1,2	47,7	1,3	1,4	0,5
Яблоня, плоды	1,44	35,7	26,2	4,1	8,7	1,4	13,7	6,1	4,3	–
Морковь, корнеплоды	5,47	36,9	21,2	11,3	4,4	1,0	12,8	6,4	2,4	4,6
Картофель, клубни	3,79	60,1	2,9	2,6	4,9	1,1	16,9	6,5	2,0	3,5
Табак, стебли	7,89	43,6	10,3	19,1	0,8	1,9	14,2	3,5	2,4	3,6
Табак, листья	17,16	29,1	3,2	36,0	7,4	1,9	4,7	3,1	5,8	6,7
Капуста белокочанная (наружные листья)	20,82	23,1	8,9	28,5	4,1	1,2	3,7	17,4	1,9	12,6

3.3.5 Состав золы различных сельскохозяйственных растений, в % на золу [Максимов Н. А., 1958]

Растения	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SiO ₂	Cl
Семена:								
пшеница	30,2	0,6	3,5	13,2	0,6	47,9	0,7	–
кукуруза	29,8	1,1	2,2	15,5	0,8	45,6	2,1	0,9
клевер	35,3	0,9	6,4	12,9	1,7	37,9	1,3	1,2
лен	26,7	2,2	9,6	15,8	1,1	42,5	0,9	–
фасоль	41,5	1,1	5,0	7,1	0,5	38,9	0,6	1,8
Стебли и листья:								
пшеница	13,6	1,4	5,8	2,5	0,6	4,8	67,4	–
кукуруза	27,2	0,8	5,7	11,4	0,8	9,1	40,2	–
клевер	27,2	0,8	29,3	8,3	0,6	10,7	6,2	–
лен	34,1	4,4	24,8	15,0	3,7	6,2	6,7	–
гречиха	46,6	2,2	18,4	3,6	–	11,2	5,5	–
Клубни и корни:								
картофель	60,0	3,0	2,6	4,9	1,1	16,9	2,1	3,4
сахарная свекла	53,1	8,9	6,1	7,9	1,1	12,2	2,3	4,8
турнепс	45,4	9,8	10,6	3,7	0,8	12,7	1,8	5,0

3.3.6 Состав золы растений различных семейств, % [Смирнов П.М., Муравин Э. А., 1991]

Культура		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	SiO ₂
Пшеница	зерно	0,48	0,30	0,03	0,12	0,05	0,02	0,02
	солома	0,10	0,30	0,20	0,06	0,03	0,03	0,20
Горох	зерно	0,30	0,40	0,05	0,06	0,10	0,01	0,01
	солома	0,08	0,25	0,35	0,08	0,06	0,02	0,10
Картофель	клубни	0,16	0,60	0,03	0,05	0,06	0,02	0,02
	ботва	0,08	0,30	0,30	0,12	0,08	0,03	0,02
Сахарная свекла	корнеплоды	0,15	0,40	0,10	0,10	0,06	0,10	0,02
	ботва	0,08	0,60	0,15	0,12	0,05	0,25	0,02
Подсолнечник	семена	0,40	0,25	0,07	0,12	0,03	0,03	0,03
	стебли	0,03	0,50	0,15	0,07	0,03	0,02	0,06

3.3.7 Средний состав золы некоторых сельскохозяйственных растений. % на абсолютно сухую массу [Карпачевский Л. О., 1997]

Растение	N	Зола	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅
Озимая пшеница, зерно	2,80	1,73	0,50	0,06	0,07	0,15	0,85
Озимая рожь, зерно	2,20	1,83	0,60	0,06	0,09	0,12	0,85
Кукуруза, зерно	1,91	1,23	0,37	0,01	0,03	0,19	0,57
Гречиха, зерно	1,80	1,15	0,27	0,07	0,05	0,15	0,57
Горох, зерно	2,08	2,70	0,40	0,22	0,02	0,35	0,67
Люпин синий, зерно	4,80	3,68	1,14	0,03	0,28	0,45	1,42
Хлопчатник, семена	3,00	3,90	1,25	0,02	0,20	0,54	1,10
Лен, семена	4,00	3,27	1,00	0,07	0,26	0,47	1,35
Подсолнечник, семена	2,61	3,30	0,96	0,10	0,20	0,51	1,35
Горчица, семена	4,50	3,61	0,59	0,20	0,70	0,37	1,46
Чай, листья	4,70	5,70	1,90	0,14	0,46	0,50	0,36
Хмель, шишки	3,22	6,56	2,30	0,15	1,10	0,36	1,11
Сахарная свекла, корнеплоды	0,24	0,57	0,25	0,07	0,06	0,05	0,08
Картофель, клубни	0,32	0,97	0,60	0,02	0,03	0,06	0,14
Клевер луговой, сено	1,97	5,38	1,60	0,11	2,01	0,63	0,56
Виноград, лоза	0,17	0,85	0,50	0,01	0,07	0,04	0,14
Овес, зерно	2,30	2,88	0,50	0,05	0,16	0,17	0,85
Рис, зерно	1,20	5,26	0,32	0,12	0,07	0,18	0,81
Яровой ячмень, зерно	2,10	2,55	0,55	0,10	0,10	0,16	0,85
Фасоль, зерно	3,68	3,90	1,72	0,06	0,24	0,29	1,38
Соя, зерно	5,80	2,84	1,26	0,03	0,17	0,25	1,04

3.3.8 Содержание макроэлементов в плодовых и ягодных растениях

[Михайлова Л. А. и др., 2019]

Культура	Часть растения и фаза развития	В % (г/100 г сухого вещества)					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	FeO
Яблоня	Листья в конце июля	2,05	0,18	1,40	1,33	0,22	0,006
	Плоды во время уборки	0,40	0,20	1,20	0,19	0,05	–
	Листья во время уборки	2,30	0,45	1,60	1,36	0,27	0,004
Груша	Плоды во время уборки	0,41	0,25	1,10	0,35	0,16	–
	Листья во время уборки	2,25	0,32	1,50	0,22	0,11	0,002
Вишня	Плоды во время уборки	1,10	0,45	1,53	1,29	0,16	0,009
	Листья во время уборки	2,00	0,41	1,72	0,26	0,28	0,005
Слива	Плоды во время уборки	0,70	0,30	1,41	0,19	0,28	0,004
	Листья во время уборки	3,00	0,60	4,00	0,49	0,12	0,008
Черная смородина	Плоды во время уборки	1,64	0,55	4,73	0,11	0,10	–
	Листья во время уборки	2,80	1,10	0,80	0,14	0,32	–
Крыжовник	Плоды во время уборки	0,74	0,64	2,56	0,16	0,25	–
	Листья во время уборки	2,50	0,75	2,00	0,33	0,30	–
Земляника	Листья во время цветения	2,40	0,30	0,70	0,90	0,40	0,016
	Плоды во время уборки	1,40	0,69	2,72	0,34	0,59	0,007
	Листья во время уборки	2,63	0,63	2,68	0,96	0,51	0,018

3.3.9 Средний состав соломы и соотношение углерода к азоту в соломе сельскохозяйственных культур, % в сухом веществе

[коэффициенты пересчета..., 2016; Вильдфлуш И.Р. и др., 2019]

Культура	Органический углерод	Содержание, % в сухом веществе					C : N	Добавка азота, кг д.в./т
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		
Озимая рожь	47	0,48	0,28	1,98	0,19	0,09	97	11
Озимая пшеница	47	0,58	0,23	2,12	0,19	0,09	81	10
Озимая тритикале	48	0,56	0,27	2,07	0,17	0,07	86	10
Яровая пшеница	47	0,49	0,21	2,17	0,13	0,14	96	11
Яровая тритикале	47	0,47	0,27	2,06	0,11	0,07	100	11
Яровой ячмень	48	0,55	0,21	2,60	0,11	0,06	87	10
Овес	47	0,55	0,38	2,21	0,16	0,06	85	10
Горох	47	0,71	0,18	1,35	0,76	0,18	55	7
Люпин узколистный	47	1,11	0,35	1,94	0,93	0,56	42	5
Соя	46	1,10	0,51	1,89	1,02	0,41	42	5
Гречиха	47	0,85	0,52	3,20	0,60	0,46	55	7
Просо	47	0,64	0,43	2,57	0,24	0,44	73	9
Яровой рапс	47	0,70	0,43	2,06	0,84	0,24	67	9
Подсолнечник	45	0,57	0,24	2,80	1,03	0,32	64	8
Кукуруза	47	0,55	0,22	2,33	0,23	0,23	85	10

3.3.10 Содержание элементов питания в соломе

[Шкарда М., 1985]

Солома	Сухое вещество, %	Органическое вещество, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Соотношение C : N
			% к сырой массе					
Пшеничная	86	82	0,45	0,07	0,64	0,21	0,07	80–90
Ржаная	86	82	0,34	0,07	0,52	0,33	0,05	100–110
Ячменная	86	82	0,50	0,18	0,94	0,28	0,05	70–80
Овсяная	86	80	0,42	0,13	1,12	0,24	0,07	80–90
Кукурузная	86	82	0,46	0,16	1,26	0,32	0,14	60–80
Рапсовая	86	80	0,53	0,11	0,85	0,81	0,16	60–70
Зерновых бобовых культур	86	80	1,29	0,16	1,07	0,91	0,16	20–25

3.3.11 Содержание элементов питания в побочной продукции сельскохозяйственных культур, % в сухой массе

[Коэффициенты пересчета зерна и семян..., 2016]

Побочная продукция	Объем выборки (n)	Статистический показатель*	C _{орг}	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
ярового ячменя	170	min	45,1	0,28	0,17	0,90	0,17	0,07
		max	48,5	0,91	0,59	3,36	0,67	0,30
		среднее	47,1	0,60	0,34	1,83	0,37	0,16
		Sx	0,7	0,16	0,09	0,59	0,11	0,05
овса	160	min	44,5	0,25	0,14	1,32	0,11	0,07
		max	48,1	0,94	0,87	3,88	0,60	0,33
		среднее	46,7	0,51	0,45	2,59	0,25	0,17
		Sx	0,6	0,16	0,17	0,66	0,09	0,06
яровой пшеницы	130	min	45,0	0,28	0,11	0,98	0,14	0,07
		max	48,9	1,05	0,56	2,62	0,46	0,20
		среднее	47,5	0,53	0,29	1,55	0,21	0,13
		Sx	0,6	0,14	0,11	0,39	0,07	0,03
яровой тритикале	60	min	46,0	0,27	0,11	0,90	0,10	0,08
		max	48,8	0,84	0,40	2,34	0,18	0,12
		среднее	47,6	0,51	0,25	1,68	0,16	0,10
		Sx	0,6	0,12	0,04	0,42	0,02	0,01
озимой пшеницы	70	min	46,2	0,27	0,10	0,99	0,10	0,07
		max	48,9	0,91	0,59	2,40	0,43	0,20
		среднее	47,6	0,52	0,25	1,39	0,22	0,13
		Sx	0,6	0,17	0,10	0,33	0,08	0,04

Окончание табл. 3.3.11

Побочная продукция	Объем выборки (n)	Статистический показатель*	C _{орг}	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
озимой тритикале	190	min	46,1	0,23	0,10	0,90	0,10	0,07
		max	48,9	0,91	0,62	2,87	0,42	0,15
		среднее	47,5	0,46	0,29	1,66	0,21	0,09
		Sx	0,6	0,14	0,11	0,44	0,07	0,02
озимой ржи	50	min	46,3	0,27	0,12	1,00	0,11	0,07
		max	49,5	0,73	0,68	2,43	0,39	0,15
		среднее	47,7	0,45	0,35	1,59	0,24	0,10
		Sx	0,7	0,13	0,14	0,38	0,08	0,03
кукурузы	70	min	44,8	0,42	0,17	0,91	0,13	0,10
		max	48,1	1,47	0,82	3,25	0,76	0,40
		среднее	47,0	1,09	0,45	1,89	0,30	0,24
		Sx	1,1	0,29	0,15	0,53	0,14	0,06
гречихи	140	min	43,9	0,33	0,27	1,98	0,30	0,15
		max	46,3	1,26	1,17	4,08	1,13	0,83
		среднее	45,3	0,68	0,62	2,87	0,63	0,36
		Sx	0,4	0,25	0,27	0,36	0,23	0,13
проса	75	min	45,5	0,41	0,25	1,56	0,12	0,21
		max	45,9	1,11	0,71	3,95	0,45	0,82
		среднее	45,6	0,71	0,45	2,81	0,25	0,44
		Sx	0,6	0,33	0,13	0,43	0,04	0,09
озимого рапса	62	min	45,9	0,28	0,12	0,94	0,52	0,07
		max	48,6	0,84	0,57	3,30	1,37	0,39
		среднее	47,1	0,54	0,29	1,75	0,96	0,22
		Sx	0,7	0,16	0,12	0,48	0,24	0,10
ярового рапса	150	min	46,7	0,33	0,13	0,85	0,56	0,09
		max	47,8	1,11	0,55	3,31	1,27	0,28
		среднее	47,4	0,65	0,32	2,04	0,97	0,16
		Sx	0,6	0,17	0,11	0,54	0,19	0,04
гороха	55	min	43,0	0,65	0,12	0,80	0,75	0,14
		max	47,2	1,33	0,49	2,65	1,11	0,27
		среднее	46,3	0,84	0,22	1,60	0,91	0,22
		Sx	1,1	0,21	0,10	0,79	0,09	0,04
сои	52	min	43,6	0,40	0,19	1,13	0,70	0,32
		max	46,2	1,70	0,80	3,50	1,69	0,98
		среднее	45,5	0,84	0,47	2,14	1,08	0,73
		Sx	0,7	0,37	0,18	0,65	0,29	0,16
подсолнечника	56	min	41,2	0,39	0,17	1,92	0,86	0,22
		max	45,4	1,16	0,46	4,50	1,69	0,60
		среднее	43,7	0,68	0,28	3,34	1,23	0,39
		Sx	0,7	0,21	0,07	0,76	0,22	0,09

Примечание. * min – минимальное значение, max – максимальное значение, Sx – стандартное отклонение.

3.4 Содержание химических соединений в растениях

3.4.1 Средний химический состав зерна и семян, %

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Культура	Вода	Белки	Жиры	Моно- и дисахариды	Крахмал	Клетчатка	Зола	Энергетическая ценность, ккал/100г
Зерновые								
Пшеница								
мягкая озимая	14,0	11,2	2,1	1,2	54,0	2,4	1,7	290
мягкая яровая	14,0	12,5	2,3	0,9	53,0	2,5	1,7	291
твердая	14,0	13,0	2,5	0,8	54,5	2,3	1,7	301
Рожь	14,0	9,9	2,2	1,5	54,0	2,6	1,7	287
Тритикале	14,0	12,8	2,1	1,0	53,5	2,6	1,7	293
Овес	13,5	10,0	6,2	1,1	36,5	10,7	3,2	250
Ячмень	14,0	10,3	2,4	1,3	48,1	4,3	2,4	264
Просо	13,5	11,2	3,9	1,9	54,7	7,9	2,9	311
Гречиха	14,0	10,8	3,2	1,5	52,9	10,8	2,0	295
Рис	14,0	7,4	2,6	0,9	55,2	9,0	3,9	283
Сорго	13,5	10,6	4,1	1,6	58,0	3,5	2,2	323
Кукуруза								
зубовидная	14,0	8,3	4,0	1,6	59,8	2,1	1,2	320
кремнистая	14,0	9,2	4,2	1,6	57,3	2,2	1,2	316
крахмалистая	14,0	9,4	4,8	1,6	58,0	2,0	1,1	325
восковидная	14,0	10,1	5,0	1,5	54,3	2,0	1,5	314
сахарная	14,0	11,2	4,5	8,0	29,9	2,5	1,3	338
лопающаяся	14,0	10,7	4,3	3,0	55,0	2,0	1,1	318
(в среднем)	14,0	10,3	4,9	1,6	56,9	2,1	1,2	325
высоколизиновая	14,0	11,2	4,8	1,3	53,9	2,1	1,4	314
Зернобобовые								
Горох	14,0	20,5	2,0	4,6	44,0	5,7	2,8	298
Фасоль	14,0	21,0	2,0	3,2	43,4	3,9	3,6	292
Маш	14,0	23,5	2,0	3,8	42,4	3,8	3,5	300
Чина	14,0	24,4	2,2	3,1	38,2	4,9	3,0	286
Чечевица	14,0	24,0	1,5	2,9	39,8	3,7	2,7	284
Нут	14,0	20,1	4,3	3,2	43,2	3,7	3,0	309
Соя	12,0	34,9	17,3	3,7	3,5	4,3	5,0	332

3.4.2 Средний химический состав товарной части урожая сельскохозяйственных культур, % (Беларусь)

[Система применения удобрений, 2011]

Культура	Вода	Белок	Сырой протеин	Жир	Углеводы*	Клетчатка	Зола
Пшеница (зерно)	14	14	15	2,0	65	2,0	2,0
Рожь (зерно)	14	12	13	2,0	67	2,0	2,0
Овес (зерно)	14	11	12	4,5	55	10,0	3,5
Ячмень (зерно)	14	9	10	2,2	65	5,5	3,0
Кукуруза (зерно)	14	9	10	5,0	66	2,0	1,5
Гречиха (зерно)	14	9	11	2,8	60	9,0	2,0
Горох (зерно)	14	20	23	1,5	53	5,4	2,5
Соя (зерно)	12	30	35	20	23	5,0	5,0
Лен (семена)	12	23	26	35	16	8,0	4,0
Рапс (семена)**	–	–	25	45	18	8,0	4,0
Подсолнечник (семена)	12	22	25	50	7	5,0	3,5
Ежа сборная (зеленая масса)	70	2,1	3,0	1,2	10	10,5	2,9
Морковь (корнеплоды)	86	0,7	1,3	0,2	9	1,0	1,0
Лук	85	1,5	1,6	0,1	12	0,8	0,5
Картофель (клубни)	78	1,3	2,0	0,1	17	0,8	1,0
Сахарная свекла (корнеплоды)	75	1,0	1,6	0,1	20	1,0	0,8
Кормовая свекла (корнеплоды)	87	0,8	1,5	0,1	9	1,0	1,0
Клевер (зеленая масса)	75	3,0	3,6	0,8	10	6,0	3,0

3.4.3 Химический состав зерновых культур*, %

[Флиндрт Р., 1992]

Культура*	Вода	Белки	Жиры	Углеводы	Минеральные вещества
Пшеница	13,2	12,4	2,0	66,7	1,8
Рожь	13,7	9,2	1,8	70,2	1,8
Овес	13,0	13,0	7,0	61,3	2,3
Рис	13,1	7,4	0,4	75,6	0,8
Ячмень	11,7	7,5	1,2	73,6	1,3
Кукуруза	12,5	11,0	4,4	67,2	1,5
Просо	12,1	11,5	3,9	68,1	1,7

Примечание. * В каждом случае семена очищенные (шелушенные), либо без полумы

3.4.4 Химический состав семян бобовых культур, %

[Флиндр Р., 1992]

Культура	Вода	Белки	Жиры	Углеводы	Сырая клетчатка	Зола
Горох:						
зрелые семена	10,9	22,9	1,4	60,7	1,4	2,7
зеленые бобы	76,0	6,7	0,5	13,9	1,9	1,0
Фасоль:						
зрелые семена	11,6	21,3	1,6	57,6	4,0	3,9
зеленые бобы	90,4	2,24	0,26	5,0	1,36	0,74
Чечевица	12,4	25,1	0,7	59,0	0,7	2,1
Бобы конские	14,0	23,0	2,0	55,0	6,2	3,1
Соя, зрелые семена	8,3	40,0	18,8	24,0	4,0	4,6
Арахис, сушеный	2,8	26,5	46,6	19,0	2,4	2,7

3.4.5 Составные вещества корнеплодов в 100 г съедобной части, среднее содержание

[Флиндр Р., 1992]

Вещество	Картофель	Батат	Маниок	Ямс
Вода	77,80 г	69,20 г	65,00 г	72,00 г
Белок	2,00 г	1,63 г	0,90 г	1,79 г
Жиры	0,15 г	0,60 г	0,35 г	0,24
Углеводы	18,90 г	26,60 г	32,00 г	23,77 г
Сырая клетчатка	0,78 г	0,90 г	0,80 г	0,71 г
Минеральные вещества	1,10 г	1,13 г	0,40 г	1,00 г
Витамин В ₁	0,11 мг	0,064 мг	0,07 мг	–
Витамин В ₂	0,051 мг	0,05 мг	–	–
Витамин РР (никотинамид)	1,22 мг	0,60 мг	–	–
Витамин С	15,0 мг	17,0 мг	25,0 мг	–

3.4.6 Средний химический состав семян масличных культур, %

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Культура	Вода	Белки	Жиры	Углеводы общие	Клетчатка	Зола
Подсолнечник	11,0	14,8	40,8	16,0	14,5	2,9
Лен	8,0	24,1	48,6	11,1	2,4	3,8
Клещевина	7,0	18,3	51,3	2,0	18,6	2,8
Кориандр	10,0	14,8	22,1	28,0	18,6	5,6

3.4.7 Средний химический состав овощных и бахчевых культур, % [Практикум по агрохимии, 2008]

Культура	Вода	Белок	Жир	Моно- и дисахара	Крахмал	Клетчатка	Органические кислоты	Зола
Баклажан	91	1,2	0,1	4,2	0,9	1,3	0,2	0,5
Брюква	87	1,2	0,1	7,0	0,4	1,5	0,2	0,8
Горошек зеленый	80	5,0	0,2	6,0	6,8	1,0	0,1	0,9
Кабачок	93	0,6	0,3	4,9	–	0,3	0,1	0,4
Капуста белокочанная	90	1,8	0,1	4,6	0,1	1,0	0,3	0,7
брюссельская	86	4,8	–	5,4	0,5	1,0	0,3	1,3
кольраби	85	2,8	–	7,4	0,5	1,7	0,1	1,2
краснокочанная	91	0,8	–	4,7	0,5	1,3	0,2	0,8
цветная	90	2,5	0,3	4,0	0,5	0,9	0,1	0,8
Картофель	76	2,0	0,4	1,3	15,0	1,0	0,2	1,1
Лук зеленый (перо)	93	1,3	–	3,5	следы	0,9	0,2	1,0
Лук-порей	88	2,0	–	6,5	следы	1,5	0,1	1,2
Лук репчатый	86	1,4	–	9,0	0,1	0,7	0,2	1,0
Морковь	88	1,3	0,1	7,0	0,2	1,2	0,3	1,0
Огурец грунтовый	95	0,8	0,1	2,5	0,1	0,7	0,1	0,5
тепличный	96	0,7	0,1	1,8	0,1	0,5	0,1	0,5
Патиссон	92	0,6	0,1	4,1	следы	1,3	0,1	0,8
Перец сладкий зеленый	92	1,3	следы	5,2	0,1	1,4	0,1	0,6
красный	90	1,03	следы	5,2	0,1	1,4	0,1	0,6
Петрушка: зелень	85	3,7	0,4	0,8	1,2	1,5	0,1	1,1
корень	83	1,5	0,6	6,5	4,0	2,4	0,1	1,5
Пастернак (корень)	83	1,4	следы	6,5	4,0	2,4	0,1	1,3
Ревень (черешки)	91	0,7	0,1	2,5	следы	1,8	1,0	1,0
Редис (корнеплод)	93	1,2	0,1	3,5	0,3	0,8	0,1	0,6
Редька (корнеплод)	88	1,9	0,2	6,2	0,3	1,5	0,1	1,0
Репа (корнеплод)	89	1,5	следы	5,0	0,3	1,4	0,1	0,7
Салат (зелень)	94	1,5	0,2	1,7	0,6	0,8	0,1	1,0
Свекла столовая	86	1,5	0,1	9,0	0,1	0,9	0,1	1,0
Сельдерей: корень	83	1,3	0,3	5,5	0,6	1,0	0,1	1,0
зелень	85	–	–	2,0	–	1,0	–	1,0
Томат грунтовый	92	1,1	0,2	3,5	0,3	0,8	0,8	0,7
Укроп (зелень)	86	2,5	0,5	4,1	следы	3,5	0,1	2,3
Фасоль (боб)	90	3,0	0,3	2,0	1,0	1,0	0,1	0,7
Хрен (корень)	77	2,5	0,4	4,6	3,0	2,8	0,2	1,4
Черемша (зелень)	89	2,4	0,1	6,1	следы	1,0	0,1	1,1
Чеснок	80	6,5	–	3,2	2,0	0,8	0,1	1,5
Шпинат (зелень)	91	2,9	0,3	2,0	следы	0,5	0,1	1,8
Щавель (зелень)	92	1,5	следы	3,0	следы	1,0	1,8	1,4
Арбуз	89	0,7	0,2	8,7	0,1	0,5	0,1	0,6
Дыня	88	0,6	–	9,0	0,1	0,6	0,2	0,6
Тыква	90	1,0	0,1	4,0	0,2	1,2	0,1	0,6

3.4.8 Среднее содержание важных питательных веществ в 100 г съедобной массы клубней столового картофеля при уборке [Putz B., 1990]

Основные составные части,	г	Минеральные вещества	мг	Витамины	мг
Вода	77,8	Калий	445,0	Водорастворимые витамины:	
Углеводы,	14,8	Кальций	10,0	С (аскорбиновая кислота)	17,0
в том числе:		Фосфор	50,0	В ₁ (тиамин)	0,11
крахмал	14,1	Магний	25,0	В ₂ (рибофлавин)	0,045
глюкоза	0,24	Натрий	10,0	В _{3/5} (пантотеновая кислота)	0,4
фруктоза	0,17	Железо	0,8	В ₆ (пиридоксин)	0,21
сахароза	0,30	Марганец	0,15	В ₉ (фолиевая кислота)	0,007
Сырой протеин	2,1			РР (ниацин)	1,22
Сырой жир	0,1	Медь	0,15	Жирорастворимые витамины	
Балластные вещества	2,5	Цинк	0,27	Е (токоферол)	0,06
		Фтор	0,01	К ₁ (филлохинон)	0,05
		Йод	0,004	Провитамин А (каротин)	0,01
		Селен	0,004		

3.4.9 Химический состав картофеля и овощей, % на сырое вещество [Овощеводство, 2003; и другие источники]

Культура	Сухое вещество, %	Белок	Жиры	Углеводы			Зола	
				всего	в том числе			
					сахар	крахмал		
Картофель и корнеплоды								
Картофель	25,0	2,0	0,4	19,7	1,5	18,2	1,0	1,1
Свекла	17,1	1,7	–	10,8	10,6	–	0,9	1,0
Морковь	14,3	1,3	0,1	7,0	6,0	0,2	1,2	1,0
Петрушка:								
корнеплод	24,0	2,4	–	5,9	5,0	0,4	1,3	1,1
листья	19,0	3,7	–	5,8	1,9	1,2	1,5	1,1
Сельдерей								
корнеплод	15,0	1,9	–	6,7	3,1	0,6	1,0	1,0
листья	13,8	2,4	–	1,0	–	–	–	–
Пастернак	17,0	1,4	–	11,0	6,5	4,0	2,4	1,5
Брюква	13,6	1,2	0,1	8,5	7,0	0,4	1,5	1,2
Репка	9,5	1,5	–	5,9	5,0	0,3	1,4	0,7
Редька	11,4	1,9	–	7,0	6,2	0,3	1,5	1,0
Редис	7,0	1,2	–	4,1	3,5	0,3	0,8	0,6
Батат	38...40	3,0	–	–	6,0	10...32	–	1,5

Культура	Сухое вещество, %	Белок	Жиры	Углеводы			Зола	
				всего	в том числе			клетчатка
					сахар	крахмал		
Луковые растения								
Лук репчатый:								
луковица	11,6...20,4	1,7	0,5	6...15	5...14	–	До 1,1	0,1
листья	7,5	1,3	0,1	4,3	3,5	–	0,9	1,0
Батун (листья)	10	1,9	0,1	4,5	3,5	–	0,1	1,3
Порей (ложный стебель)	13	3,0	0,1	7,3	6,5	–	1,5	1,2
Чеснок (зубки)	30	6,5	0,6	26,2	17,9	–	0,8	1,5
Овощи семейства пасленовые								
Томат	6,5	0,6	–	4,2	3,5	–	0,8	0,7
Баклажан	9,0	0,6...1	–	5,5	3,2	–	1,3	0,6
Перец сладкий:								
зеленый	8,0	1,3	–	4,7	4,0	–	1,5	0,5
красный	9,0	1,3	–	5,7	5,2	–	1,4	0,6
Физалис	10,0	1,3	–	5,6	4,4	–	–	0,8
Бахчевые и другие растения								
Арбуз столовый	10,5	0,7	–	9,2	8,7	–	0,5	0,6
Дыня	11,5	0,5	–	9,5	9,0	–	0,6	0,6
Тыква	7...25	1,0	–	6,5	2...14	–	0,7	0,6
Кабачок	5...7	0,6	–	5,7	4,9	–	0,3	0,4
Патиссон	7	0,6	–	4,3	4,1	–	1,3	0,7
Огурцы	4...6	0,65	0,11	3,6	–	–	0,5...0,7	0,4
Капустные								
Капуста:								
белокочанная	6,1...11,0	1,1...2,3	0,18	5,2	4,0	–	1,65	0,6
краснокочанная	8,8...10,4	1,4...1,6	0,19	–	4,4	–	1,29	0,7
савойская	7,4...11,1	2,0...2,8	0,71	–	4,3	–	1,23	0,8
брюссельская	18,3...19,8	6,1...6,4	0,46	–	3,6	–	1,57	1,3
кольраби	8,7...11,0	1,4...2,1	0,21	–	4,6	–	1,68	1,1
листовая	13,4...20,7	1,1...4,0	–	–	3,4	–	–	1,5
китайская	5,2...9,9	1,6...2,5	–	–	1,6	–	–	1,0
цветная	8,0...11,7	1,7...3,3	0,34	4,7	3,0	–	0,91	0,8

3.4.10 Химический состав овощных культур, % на сырое вещество [Справочник по овощеводству, 1982]

Культура	Сухое вещество	Сахара	Крахмал	Клетчатка	Сырой белок
Арбуз	9...12	7,5...10	–	0,5...0,9	0,9...1,0
Артишок	21,6...27,7	6,6...15	–	–	2...2,5
Баклажан	6,8...9	2...3,8	0,9	1,0...1,2	0,6...1,1
Бамия	12,7...32,2	2,2...6,1	–	–	1,5...2
Бобы	14...18	2,4...2,6	6	1,5...2	4,5...6
Брюква	7,7...16,5	5,3...10,5	0,4	1,3...1,5	1...2,4
Горошек зеленый	18...22	4,8...7	6,8	0,8...1,7	4,8...5,2
Дыня	10,5...15,5	9...12	–	0,6...1,5	0,6...0,9
Кабачок	5,1...12	2...6,1	–	0,5...0,7	0,5...1,1
Капуста:					
белокочанная	6,1...11,2	3...5,3	0,5	0,5...0,9	1...1,8
брокколи	8,7...11,2	1,5...3,8	0,4	0,7...1,2	3,2...4,5
брюссельская	15,5...17,5	4,6...5,4	0,5	1,2...1,7	3,5...5,5
китайская (все растение)	6...7,5	0,8...1,3	0,1	0,8...1	1,3...2,5
краснокочанная	8,2...10,1	4,1...5,5	0,5	0,5...1	1,3...2
кольраби	8,7...10,3	2,9...7	0,5	1...1,6	1,2...2,8
листовая (листья)	12,2...15,7	2,1...4,2	0,1	1,3...2	2,1...4,1
пекинская (все растение)	1,3...6,7	0,8...1,6	0,1	0,8...1	1,3...1,5
савойская	7,4...11,1	3...5,6	0,3	0,5...1	1,5...2,2
цветная	8...11,7	1,7...4,2	0,5	0,6...1,1	1,6...2,5
Кориандр	8,8...15,1	2...2,8	–	1...1,2	1,2...3,4
Кресс-салат	5,9...11,1	0,5...0,7	–	0,9...1,3	2,6...3,7
Крукнек	7...14	2,5...3	–	0,8...0,9	1...1,2
Лук:					
батун (листья)	6,0	2,2...3	–	1,5...1,8	1,3...1,5
батун (луковицы)	6,2...13,2	4,8...9	–	1,3...1,7	1,2...1,6
душистый (листья)	8...10,5	2,3...2,9	–	1,3...1,9	2,5...3
душистый (луковицы)	8,5...14,1	6,6...10,2	–	1,2...1,4	2...2,2
многоярусный (листья)	7...10,1	2...3	–	1,8...2,2	2...2,2
многоярусный (луковицы)	7,5...19	5...13	–	1,4...1,5	2...2,2
порей (листья)	9,1...17	3...6,2	–	1...1,2	1,5...3,9
порей (луковицы)	11,1...22,3	6,8...12,3	–	1,3...1,5	1,7...3,1
репчатый (листья)	7...12,5	1...3	–	0,7...0,9	1,3...1,5
репчатый (луковицы)	11,6...20,4	4,9...14	–	0,7...1,1	1,3...1,9
слизун (листья)	8,7...10	2,5...3	–	2,3...2,5	2,5...3
слизун (луковицы)	9,8...14,1	6,3...9,8	–	2...2,1	2,2...2,5
шнитт (листья)	6,1...13,1	2...2,7	–	2,3...2,6	2...2,2
шнитт (луковицы)	10,2...17,3	5...12	–	2...2,1	1,9...2
Монгольд:					
листья	–	–	–	1...1,3	2...2,7
корни	18...23,4	10,4...15,4	–	1,7...2,2	1...2
Морковь:					
красная	11,5...17,3	5...9,5	0,2	1...1,2	0,9...1,2
желтая	10,8...16,7	6,1...7,6	0,2	0,8...1	0,9...1,2

Культура	Сухое вещество	Сахара	Крахмал	Клетчатка	Сырой белок
Овсяный корень	17...26,2	5,2...15,3	–	1,8...2,2	0,9...1,3
Огурец:					
грунтовый	3,6...6	1,7...2,6	0,1	0,5...0,7	0,9...1
тепличный	4...4,5	1,6...2,5	0,1	–	–
Патиссон	6...13	3,5...5	–	1,1...1,3	0,6...0,8
Пастернак (корнеплод)	18,1...22,5	10...14	4,0	2...3	1,6...2
Перец сладкий:					
зеленый	8,1...15,1	1,7...6,9	0,1	1,3...1,5	1,1...1,3
красный	8,9...15,0	2,5...7,2	–	1,2...1,7	1,1...1,3
Петрушка:					
листовая	11,4...20,6	5...7	1,2	1,5...2	1,7...4,5
корневая	16,4...27,5	8...11	6,0	1,3...1,7	1,2...3,2
Ревень (черешки)	5,2...11,5	0,6...3,6	–	0,8...1,3	0,7...1,0
Редис	5,3...7,3	1,3...3	0,3	0,8...1,3	1...1,2
Редька	5,7...16,9	4,1...8,3	0,3	0,9...1,5	1,1...2,1
Репа	6,6...16,9	3,9...8,4	0,3	1,2...1,4	1,2...3,7
Сахарная кукуруза	20...25,5	4,6...8	–	1,8...2,2	4,5...5,1
Салат:					
листовой	5,5...6,8	0,5...0,7	–	0,6...0,9	0,6...1,6
кочанный	4,7...7,6	1,5...2	–	0,5...0,9	0,8...1,8
эндивий	6...11	1,5...2	–	–	2...2,2
эскарпиол	5,9...11,1	1,3...2	–	–	2,1...2,5
Салатный цикорий	5,1...5,7	1,5...1,8	–	–	0,9...1,1
Свекла столовая	12,7...19,9	6,7...12,3	–	0,9...1,1	1...2,5
Сельдерей:					
листовой	11,4...13,6	4,5...6	–	1...1,1	1,5...2,7
корневой	11,7...17	5,5...7	0,6	1...1,8	1...2,2
Скорцонера	9,1...21	7,4...10	–	–	–
Спаржа	8...9,9	1,8...3,5	0,9	1...1,2	2...3,3
Томат:					
грунтовый	4,3...12	1,5...6	0,3	0,7...0,8	0,6...1,1
тепличный	4,3...6	2,9...3,5	–	–	–
Тыква	9,7...16	4,8...8	2,0	1...1,2	0,8...1
Укроп	7...13,5	0,7...1,8	–	2...2,5	1,7...3,3
Фасоль	11...13,5	1...2	2,0	1,2...1,5	2,2...4
Фенхель овощной (листья)	12,9...13,2	0,8...1,2	–	1...1,2	1,9...2,4
Физалис	9,6...12,1	5,3...5,9	–	–	0,9...1,6
Хрен	17...32,8	10...12	–	2,5...3	2,7...4,5
Чеснок: листья	10,5...17,2	8,4...14,1	0,1	1,2...1,3	2,5...3
луковицы	14,3...41,3	7,5...28	2	0,8...1,2	4,5...6,5
Шампиньон	10...12	0,7...0,8	–	0,9...1	4,4...4,6
Шпинат	7,7...9,2	0,5...1,4	–	0,7...1,2	2,1...3,7
Щавель:					
обыкновенный	5,1...11,2	0,7...2,2	–	1...1,8	1,5...3,4
шпинатный	8...12	1,3...1,7	–	1...1,5	2,9...3,6
Эстрагон	11...18,7	1...1,5	–	1...1,2	2...2,5

3.4.11 Химический состав пшеничного зерна и его частей, % сухого вещества [Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Часть зерна	Соотношение частей	Белок	Углеводы				Липиды	Зольность	
			всего	в том числе					
				крах-мал	сахар	клет-чатка			пен-тоза-ны
Целое зерно	100,0	16,06	78,25	63,07	4,32	2,76	8,10	2,24	2,18
Эндосперм*	81,6	12,91	85,23	78,82	3,54	0,15	2,72	0,68	0,45
Зародыш	3,2	41,30	37,32	–	25,12	2,49	9,74	15,04	6,32
Оболочка с алейроновым слоем	15,5	28,75	57,03	–	4,18	16,20	36,65	7,78	10,51

Примечание. * – без алейронового слоя.

3.4.12 Химический состав зерна ржи и его частей, % сухого вещества [Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Часть зерна	Соотношение частей	Белок	Углеводы		Липиды	Зольность	Прочие вещества	
			всего	в том числе				
				клетчатка				прочие
Целое зерно	100,0	14,03	68,06	2,36	65,70	1,74	2,02	14,13
Эндосперм*	74,8	12,61	75,14	1,88	63,37	1,14	0,42	10,69
Зародыш	3,1	40,70	42,01	4,41	37,60	10,70	6,43	0,16
Оболочка с алейроновым слоем	22,1	16,00	51,90	3,70	48,20	2,40	7,36	22,34

Примечание. * – без алейронового слоя.

3.5 Растительный белок и белковые вещества

3.5.1 Формула и название протеиногенных аминокислот

[Проскурина И. К., 2003]

Формула	Название	Сокращенное обозначение	
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Глицин	гли	gly
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Аланин	ала	ala
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \diagup \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Валин	вал	val
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \diagup \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Лейцин	лей	leu
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Изолейцин	иле	ile
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Аспарагиновая кислота	асп	asp
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Аспарагин	асн	asn
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Глутаминовая кислота	глу	glu
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Глутамин	глен	gln
$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Серин	сер	ser

Окончание табл. 3.5.1

Формула	Название	Сокращенное обозначение	
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Треонин	тре	thr
$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Цистеин	цис	cys
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Метионин	мет	met
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{NH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Аргинин	арг	arg
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Лизин	лиз	lys
$\begin{array}{c} \text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{HC} \quad \text{CH} \quad \text{NH}_2 \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Гистидин	гис	his
$\begin{array}{c} \text{HN}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$	Пролин	про	pro
$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Фенилаланин	фен	phe
$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Тирозин	тир	tyr
$\begin{array}{c} \text{CH} \\ // \quad \\ \text{HC} \quad \text{C} \quad \text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{HC} \quad \text{C} \quad \text{NH}_2 \\ \quad \\ \text{CH} \quad \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Триптофан	три	trp

3.5.2 Содержание незаменимых аминокислот в зерновых белках и потребность человека в аминокислотах, г/кг

[Рядчиков В. Г., 1978; Казанов Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Культура	Аминокислота									
	сырой белок, % на сух. ве-во	лизин	метионин	триптофан	валин	изолейцин	лейцин	тирозин	треонин	фенилаланин
Пшеница	13,5	2,6	1,7	1,3	4,6	3,4	6,9	2,7	2,6	4,3
Кукуруза	9,5	2,5	2,1	0,6	4,4	2,7	11,2	3,0	3,2	4,1
Сорго	11,2	2,5	1,6	0,9	5,2	5,6	12,7	2,5	2,7	4,3
Просо	11,0	2,2	2,4	1,4	4,8	3,9	9,6	3,1	3,3	4,8
Овес (без пленки)	17,1	4,2	2,5	1,9	5,3	3,9	7,4	3,1	3,3	5,3
Ячмень	12,5	3,2	1,7	1,2	5,4	3,5	7,2	2,7	2,9	5,1
Рис	7,8	3,5	2,9	1,3	6,5	4,6	8,0	4,9	3,5	5,2
Рожь	11,5	3,8	1,7	1,6	5,3	3,5	7,5	3,3	3,2	5,2
Горох	22,7	6,5	1,4	0,8	4,5	5,0	6,5	3,5	3,8	4,8
Соя	39,0	6,6	1,4	1,3	5,4	5,3	7,9	3,8	3,8	5,1
Молоко коровы	33,5	6,6	2,4	1,4	6,9	6,6	9,9	5,1	4,6	4,9
Потребность человека (по ФАО)	–	4,2	2,2	1,4	4,2	4,2	4,8	2,8	2,8	2,8

3.5.3 Массовая доля простых белков в растениях, % от суммы

[Биохимия, 2003]

Растение	Белок, % сухой массы	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины
Подсолнечник (семена)	13...19	12	65	0	19
Клещевина (семена)	17...30	10	90	Следы	Следы
Соя (семена)	26...45	1...3	95	Следы	Следы
Пшеница (зерно)	10...20	3...5	6...10	40...50	30...40
Рис (зерно)	8...10	5	15	10	70
Кукуруза (зерно)	7...13	Следы	5...6	50...55	30...45
Лук (луковица)	6...14	Следы	77	6	15
Огурец (плод)	0,6...0,9	11	85	0	4
Капуста (листья)	0,2	24	56	7	13
Сахарная свекла (корнеплод)	0,2...0,6	10	32	0	58

3.5.4 Содержание незаменимых аминокислот в семенах зернобобовых культур, г/кг сухого вещества [Посыпанов Г. С., 2007]

Аминокислота	Соя	Фасоль	Чечевица	Горох посевной	Люпин желтый	Бобы кормовые	Чина посевная	Нут
Лизин	24,0	23,3	23,3	22,7	16,2	14,5	18,4	20,7
Метионин	5,0	1,5	4,0	1,0	4,1	3,3	4,5	5,2
Цистин	4,6	6,2	6,3	2,8	4,4	4,2	3,0	4,8
Аргинин	25,6	16,5	21,6	19,7	28,3	17,0	23,1	24,4
Лейцин	41,6	44,0	38,8	31,8	37,5	24,8	33,5	39,6
Фенилаланин	16,0	14,6	13,0	11,6	15,5	6,2	10,0	11,3
Треонин	13,0	11,0	10,9	11,7	14,0	9,8	12,0	10,5
Валин	16,5	16,0	15,8	11,0	11,2	9,6	12,5	11,5
Триптофан	3,6	4,4	5,3	1,8	1,8	1,6	2,9	30,0
Гистидин	8,0	6,5	9,0	4,9	11,0	7,0	6,1	6,0
Сумма десяти незаменимых аминокислот	158	144	147	120	144	98	126	128

3.5.5 Содержание незаменимых аминокислот в зерновых белках, г/кг [Баканов В. Н., Менькин В. К., 1989]

	Кукуруза	Овес	Ячмень	Рожь	Пшеница	Сорго	Просо	Тритикале
Сырой протеин, %	10,0	10,9	11,6	12,3	14,0	11,2	11,0	15,1
Лизин	2,9	3,6	4,4	4,4	3,9	2,8	2,4	4,1
Метионин	1,9	1,6	1,8	1,7	2,1	1,1	2,6	1,3
Гистидин	2,1	1,9	2,4	2,7	2,9	2,4	1,9	3,2
Триптофан	0,8	1,4	1,6	1,1	1,8	1,0	1,5	1,4
Треонин	3,5	3,5	3,7	3,8	3,9	3,0	3,6	2,4
Валин	5,4	5,9	5,9	6,1	6,0	5,1	5,3	3,9
Аргинин*	4,1	6,6	5,2	5,8	7,0	3,7	3,2	5,4
Лейцин	12,2	7,8	7,7	7,4	9,4	14,2	10,6	5,9
Изолейцин	4,6	5,0	4,9	5,2	5,9	5,6	4,3	3,1
Фенилаланин	4,8	5,5	5,9	5,8	6,9	4,8	5,3	4,7

Примечание. * – незаменимая аминокислота для детей и молодых животных.

3.5.6 Содержание аминокислот в белке некоторых сортов ярового ячменя, г/100 г белка [Рядчиков В. Г., 1978]

Показатель	Сорт					
	<i>Винер</i>	<i>Московский 121</i>	<i>Донецкий 650</i>	<i>Южный</i>	<i>Донецкий 4</i>	<i>Нутанс 244</i>
Сырой белок, %	13,5	11,7	12,0	12,0	13,0	11,6
Лизин	2,6	3,1	3,6	3,0	2,9	3,7
Гистидин	1,6	1,7	1,3	1,7	1,6	1,3
Аргинин	5,2	6,0	5,1	4,4	4,3	5,1
Аспарагиновая кислота	4,7	5,3	5,0	5,8	5,3	5,5
Треонин	2,7	2,9	3,0	3,0	2,8	2,9
Серин	3,3	3,6	3,4	3,9	3,6	3,6
Глутаминовая кислота	30,0	28,0	29,2	32,1	32,9	32,7
Пролин	11,9	12,3	13,3	12,7	15,4	10,0
Глицин	3,4	3,4	3,5	3,9	3,3	3,9
Аланин	3,6	3,9	3,7	4,0	4,2	4,4
Цистин	2,2	1,8	2,0	2,6	2,5	2,2
Валин	5,0	5,5	5,3	5,5	5,9	5,3
Метионин	1,8	1,4	1,8	2,1	2,0	1,6
Изолейцин	3,3	3,7	3,4	3,5	3,6	3,7
Лейцин	6,8	7,5	6,8	7,3	7,2	7,3
Триозин	2,6	2,9	2,7	2,6	2,7	2,6
Фенилаланин	4,7	5,5	5,2	4,8	5,2	5,3
Триптофан	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

3.5.7 Содержание белка в тканях растений, % на сухое вещество [Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Культура	Содержание белка в семенах	Культура	Содержание белка в семенах
Семена			
Рис	6,2...12,0	Хлопчатник	15,4...19,3
Овес посевной	8,0...17,3	Горчица белая	15,5...38,5
Просо	8,0...17,6	Грецкий орех	16,1...28,9
Ячмень пленчатый	8,2...18,6	Клещевина	17,1
Рожь	8,3...17,4	Конопля	17,5...25,1
Пшеница мягкая	8,6...24,4	Лен	18,5...33,8
Кукуруза	9,0...13,2	Кунжут	19,0...27,0
Сорго	9,5...15,3	Арахис	19,3...37,2
Ячмень голозерный	10,6...20,4	Вика	21,4...35,6

Окончание табл. 3.5.7

Культура	Содержание белка в семенах	Культура	Содержание белка в семенах
Семена			
Гречиха	11,4	Горох	22,0...34,0
Нут	12,6...33,8	Горчица черная	22,0...44,0
Свекла сахарная	13,0	Чина	22,2...32,3
Подсолнечник	13,5...19,1	Чечевица	24,6...34,1
Овес византийский	14,3...20,6	Бобы	27,0...35,0
Пшеница твердая	14,4...24,1	Люпин	28,7...49,5
Фасоль	15,0...33,4	Соя	29,4...50,4
Листья			
Тимофеевка	6,3...9,1	Клевер	13,7...19,4
Люцерна	10,2...18,3	Сахарная свекла	13,8...17,0
Сорго	12,4...17,5	Вика	17,8...24,8
Стебли (в фазе полной спелости)			
Сорго	4,0...7,4	Пшеница	5,0
Люпин	4,5	Кукуруза	6,0
Ботва (% на сырое вещество)			
Брюква	1,6	Картофель	2,7
Свекла		Капуста	1,2...2,6
кормовая	1,7	Шпинат	2,3
полусахарная	2,2	Щавель	2,6
сахарная	2,7...3,5	Сельдерей, укроп, петрушка	1,3...3,6
Морковь	2,6	Лук репчатый	1,9...2,8
Турнепс	1,6	Чеснок	6,7
Листья (% на сырое вещество)			
Овсяница	2,3	Кострец	2,9
Тимофеевка	2,5	Клевер	3,0
Суданская трава	2,5	Вика	3,5
Кукуруза	2,7...4,0	Люцерна	3,8
Корне- и клубнеплоды (% на сырое вещество)			
Брюква	0,7...1,5	Репка	0,6...1,2
Свекла		Морковь	0,6...1,9
кормовая	0,7	Турнепс	0,7
полусахарная	0,7	Клубни картофеля	0,7...2,7
сахарная	0,7...1,4		
Свежие плоды (% на сырое вещество)			
Томаты	0,3...0,8	Перец	0,7...1,1
Тыква	0,4...1,0	Ягодные культуры	0,3...1,9
Огурцы	0,5...0,9	Плодовые культуры	0,2...0,8
Баклажаны	0,6...1,2		

3.5.8 Содержание белка в семенах и тканях различных культур, % на сухое вещество

[Методы биохимического исследования, 1987]

Культура	Содержание белка	Культура	Содержание белка
Пшеница	10,4...30,2	Клевер красный	
Рожь	8,1...18,3	(вегетативная масса)	13,7...19,4
Ячмень	10...19,4	Люцерна	10,2...18,3
Овес	8...20	Лядвенец	15,1...18,6
Рис (ядро)	7...14,5	Вика	17,8...24,8
Гречиха (ядро)	11...18,2	Эспарцет	14,6...20,9
Просо (ядро)	12...19,3	Тимофеевка луговая	6,3...9,1
Кукуруза	9...25,1	Житняк	9,7...12,9
Горох	18,5...35,7	Кострец безостый	4,3...10,7
Фасоль	15...32,1	Райграс пастбищный	17,5...18,3
Соя	28,4...50,4	Овсяница луговая	5,2...11,6
Чечевица	22,7...34,7	Мятлик луговой	10,2...14,2
Бобы	24...35	Ежа сборная	5,2...12,7
Вика	17,8...24,8	Лисохвост	12...19
Нут	14,6...30,8	Картофель (клубни)	
Чина	22,2...32,3	на сырое вещество	0,7...2,7
Люпин	28,7...49,5	Капуста белокочанная (кочаны)	1,2...2,5

3.5.9 Содержание белковых фракций в целом зерне злаковых и бобовых культур (азот фракций, % от общего азота зерна)

[Рядчиков В. Г., 1978]

Культура	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины	Небелковый азот	Склеротеины (неизвлекаемые)
Пшеница мягкая <i>Безостая 1</i>	16,1	12,4	28,3	23,5	8,3	10,4
Пшеница твердая	14,6	14,6	42,1	34,8	–	–
Рожь озимая	21,3	12,1	27,1	20,3	12,9	6,3
Ячмень	6,1	7,2	39,7	24,5	4,5	18,0
Кукуруза <i>W 64</i>	8,9	4,4	27,8	37,5	5,9	14,4
Сорго	4,9	6,1	47,1	29,0	–	–
Просо <i>Саратовское 853</i>	3,1	5,7	1,6	16,8	4,7	65,8
Овес <i>Диппе</i>	7,5	31,2	13,7	32,1	4,2	11,2
Рис нешлифованный	11,1	4,8	4,4	5,8	0,7	16,2
Соя (в среднем)	73,0	6,0	–	5,0	11,2	3,8
Горох (в среднем)	41,0	28,0	–	10,0	20,4	3,5

3.5.10 Коэффициенты перевода процентного содержания азота в процентное содержание белка [Рядчиков В.Г., 1978]

Вещество	По Ткачуку	По Джонесу	По Эварту
Пшеница:			
зерно	5,66	5,83	5,68
мука	5,59	5,70	–
отруби	5,26	6,31	–
Ячмень (зерно)	5,67	5,83	5,80
Овес с пленкой	5,50	5,83	5,71
Просо	5,60	–	–
Рожь	5,64	5,83	5,79
Горчица	5,40	–	–
Соя	5,69	5,79	–
Фасоль, бобы, маис	–	6,25	–
Гречиха	5,53	–	–
Кукуруза	–	6,25	–
Подсолнечник (семена)	5,63	5,30	–
Хлопчатник (семена)	–	5,30	–
Лен (семена)	5,53	5,30	–
Молоко	–	6,38	–
Мясо	–	6,25	–

Примечание. Содержание белка в растительных материалах определяют по количеству азота, умноженному на коэффициент 5,7 (для зерна пшеницы, ячменя, ржи) или 6,25 (для зерна кукурузы, бобовых и большинства растительных кормов). В целях упрощения и унификации расчетов в практике питания человека и животных для всех без исключения продуктов применяют коэффициент 6,25. принят он исходя из того, что большинство животных белков содержит 16 % азота ($16 = 100 : 6,25$). Коэффициент 5,7 получен на основе анализа белков пшеницы – глиадина и глютеина, которые содержат около 17,5 % азота ($17,5 = 100 : 5,7$). По Рядчикову В.Г. (1978), рекомендовано применять следующие коэффициенты расчета сырого белка: 5,7 – пшеница, ячмень, овес, рожь; 6,25 – кукуруза; 5,8 – соя; 5,5 – семена масличных. Для других видов, у которых азотбелковый фактор не установлен, – коэффициент 6,25.

3.5.11 Содержание сырого белка в некоторых семенах и плодах [Флиндрт Р., 1992]

Вид	Содержание белка, %	Вид	Содержание белка, %
Рис	6,9	Лен	22,5
Кукуруза	9,6	Горох	23,5
Ячмень	9,7	Бобы конские	25,3
Овес	10,7	Вика	25,9
Просо	12,7	Люпин желтый	38,3

3.5.12 Коэффициенты перевода процентного содержания азота в процентное содержание белка

[Рядчиков В. Г., 1978]

Вещество	По Ткачуку	По Джонесу	По Эварту
Пшеница:			
зерно	5,66	5,83	5,68
мука	5,59	5,70	–
отруби	5,26	6,31	–
Ячмень (зерно)	5,67	5,83	5,80
Овес с пленкой	5,50	5,83	5,71
Просо	5,60	–	–
Рожь	5,64	5,83	5,79
Горчица	5,40	–	–
Соя	5,69	5,79	–
Фасоль, бобы, маис	–	6,25	–
Гречиха	5,53	–	–
Кукуруза	–	6,25	–
Подсолнечник (семена)	5,63	5,30	–
Хлопчатник (семена)	–	5,30	–
Лен (семена)	5,53	5,30	–
Молоко	–	6,38	–
Мясо	–	6,25	–

3.5.13 Коэффициенты перевода процентного содержания азота в процентное содержание белка по В. Г. Радчикову

[Рядчиков В. Г., 1978]

Культура, продукт	Коэффициент пересчета
Пшеница, ячмень, овес, рожь	5,70
Кукуруза	6,25
Соя	5,80
Масличные культуры	5,50
Другие виды, у которых азот-белковый фактор не установлен	6,25

3.5.14 Категории содержания клейковины в зерне

[Казаков Е. Д., 1987]

Категория	Содержание сырой клейковины в зерне, %
Высокое содержание клейковины	Свыше 30 %
Среднее содержание клейковины	26...29,9
Содержание клейковины ниже среднего	20...25,9
Низкое содержание клейковины	Ниже 20

3.5.15 Группы качества клейковины

[Казаков Е. Д., 1987]

Показания прибора ИДК-1, ед. шкалы	Группа качества	Характеристика клейковины
От 0 до 15	III	Неудовлетворительно крепкая
От 20 до 40	II	Удовлетворительно крепкая
От 45 до 75	I	Хорошая
От 80 до 100	II	Удовлетворительно слабая
От 105 до 120	III	Неудовлетворительно слабая

3.5.16 Содержание белка в зерне озимой ржи, %

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Регион	Число анализов	Содержание белка	Среднее содержание
Северо-Западный	62	7,2... 13,4	11,0
Центральный	163	8,2... 14,2	11,5
Волго-Вятский	46	8,3... 15,1	11,7
Центрально-Черноземный	73	8,4... 14,7	11,2
Поволжский и Северо-Кавказский	83	9,3... 17,4	13,5
Уральский	43	9,8... 15,9	13,3

3.5.17 Средний аминокислотный состав зерна пшеницы, ржи, тритикале, % от общего содержания белка

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Наименование	Пшеница	Рожь	Тритикале	Наименование	Пшеница	Рожь	Тритикале
Лизин	3,00	4,09	3,50	Глицин	3,66	3,76	3,60
Гистидин	2,25	2,25	2,35	Аланин	3,62	4,56	3,98
Аргинин	4,36	4,79	5,22	Валин	4,11	4,55	4,22
Аспарагиновая кислота	4,98	6,92	5,80	Изолейцин	3,53	3,57	3,67
Треонин	2,68	3,06	2,80	Лейцин	6,38	6,36	6,88
Серин	3,90	3,81	3,74	Тирозин	2,46	1,99	2,29
Глютаминová кислота	31,18	24,95	29,93	Фенилаланин	4,48	4,62	4,79
Пролин	9,46	11,00	12,01	Триптофан	1,07	1,07	1,00
				Аммиак	3,24	3,12	3,26

3.5.18 Состав белкового комплекса зерна ржи, % азота от суммы извлеченных азотистых веществ

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Содержание	Небелковые вещества	Альбумины	Глобулины	Глиадины	Глютелины	Азот в зерне
Среднее	8,0	25,3	19,2	25,4	16,5	–
Минимальное	5,0	23,0	15,0	16,5	8,0	1,9
Максимальное	12,0	39,0	29,3	47,8	22,0	2,4

3.5.19 Фракционный состав азотистых веществ зерна ячменя, % азота фракции от общего извлеченного азота

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Содержание	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины	Небелковый азот
Среднее	12,5	12,7	34,4	29,6	10,8
Минимальное	7,5	7,0	15,6	18,2	7,5
Максимальное	28,8	21,9	46,4	47,5	16,9

3.5.20 Аминокислотный состав суммарного белка ячменя, г/100 г белка

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Наименование	Озимый ячмень		Яровой ячмень*	
	lim	среднее содержание	lim	среднее содержание
Аспарагиновая кислота	7,50...8,72	8,11	6,84...8,56	7,72
Глутаминовая кислота	28,78...29,97	28,28	27,51...29,84	28,48
Пролин	6,64...7,31	6,97	7,05...7,80	7,52
Глицин	3,90...4,81	4,23	4,17...6,06	5,03
Аланин	4,77...6,53	5,53	5,17...6,93	5,93
Валин	4,99...6,14	5,68	5,05...5,79	5,58
Лейцин	7,53...9,04	8,32	7,33...9,05	8,41
Изолейцин	3,38...4,18	3,86	3,29...4,12	3,51
Фенилаланин	4,46...5,38	4,93	4,72...6,97	5,78
Тирозин**	3,12...3,93	3,47	3,25...4,96	4,27
Триптофан	1,01...1,39	1,24	1,15...1,69	1,45
Серин	4,59...5,49	5,18	4,95...5,47	5,09
Треонин	3,43...4,25	3,95	3,12...3,95	3,67
Цистин***	0,35...0,56	0,48	0,28...0,59	0,48
Метионин***	0,23...0,35	0,31	0,50...1,08	0,89
Лизин	3,08...4,20	3,54	3,05...3,45	3,21
Гистидин	1,79...2,27	2,08	1,97...2,26	2,09
Аргинин	8,73...11,58	10,03	9,36...12,19	10,68
Амидный азот	2,24...2,73	2,54	1,09...3,20	2,68
Итого (без триптофана)	107,2...110,4	108,5	107,6...109,6	108,3

Примечание. * – пленчатый ячмень; ** – колориметрический метод определения; *** – остаток после кислотного гидролиза (данные занижены).

3.5.21 Фракционный состав белков зерна овса

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Наименование	Содержание азота в навеске, %		Соотношение между наименьшим и наибольшим содержанием	Среднее содержание к общему азоту, %
	lim	среднее содержание		
Общее содержание азота	1,51...2,34	2,08	1 : 1,55	100,0
Альбумины	0,18...0,34	0,26	1 : 1,88	12,5
Глобулины	0,17...0,55	0,36	1 : 3,23	17,3
Проламины	0,12...0,58	0,48	1 : 4,83	23,1
Глютелины	0,43...0,80	0,61	1 : 1,86	29,3
Белковый азот	–	1,71	–	82,2
Азот, нерастворимый осадок	0,27...0,53	0,37	1 : 2,00	17,8

3.5.22 Аминокислотный состав белков зерна овса, г/100 г белка

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Наименование	lim	Среднее содержание	Наименование	lim	Среднее содержание
Глютаминовая кислота	21,5...22,7	22,0	Серин	4,0...4,4	4,1
Аспарагиновая кислота	8,6...9,8	9,1	Изолейцин	3,9...4,2	4,0
Аргинин	7,5...7,9	7,7	Тирозин	3,2...3,7	3,4
Лейцин	7,5...7,9	7,7	Треонин	2,9...3,1	3,0
Фенилаланин	5,2...6,4	5,7	Гистидин	2,5...2,7	2,6
Валин	5,6...5,8	5,7	Метионин	1,6...2,6	2,3
Аланин	5,0...5,3	5,1	Цистин (1/2)	1,7...2,	2,0
Глицин	4,5...5,0	4,7	Амидный азот	2,7...2,9	2,8
Лизин	4,4...4,8	4,4	Общее содержание белка	13,3...15,0	14,1

3.5.23 Фракционный состав белков зерна проса, % азота фракций

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Фракция	lim	Среднее содержание	Фракция	lim	Среднее содержание
Альбумины	7,55...14,12	11,55	Проламины	50,71...61,46	55,12
Глобулины	5,65...9,33	7,41	Неизвлеченный остаток	9,54...13,17	11,52
Проламины	9,53...17,34	13,34			

3.5.24 Аминокислотный состав суммарных белков зерна проса, % от общего содержания белка

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Наименование	lim	Среднее содержание	Наименование	lim	Среднее содержание
Аланин	9,46...10,51	10,03	Лизин	1,62...2,86	2,17
Аргинин	3,77...5,83	4,78	Метионин	1,26...2,39	1,91
Аспарагиновая кислота	3,14...3,54	3,66	Пролин	3,87...6,89	5,25
Валин	5,64...6,49	6,04	Серин	5,28...7,20	6,31
Гистидин	2,32...3,70	2,85	Треонин	3,18...4,82	3,96
Глицин	1,26...3,15	2,42	Тирозин	2,33...3,76	3,23
Глютаминовая кислота	18,38...19,72	18,90	Триптофан	1,46...1,81	1,54
Лейцин + изолейцин	14,45...15,65	15,16	Фенилаланин	4,92...6,53	5,57
			Цистин + цистеин	1,06...2,09	1,50

3.5.25 Количество азота белковых фракций зерна гречихи, % от общего азота сухих семян

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Гречиха	Общий азот	Альбу-мины	Глобу-лины	Прола-мины	Глютели-ны	Всего извлечено
Диплоидная	2,2	21,7	42,6	1,1	12,3	79,0
Тетраплоидная	2,3	23,3	45,0	1,2	10,5	82,3

3.5.26 Аминокислотный состав белков зерна гречихи, % от общего содержания белка

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Наименование	lim	Среднее содержание	Наименование	lim	Среднее содержание
Лизин	3,79...8,00	6,31	Аланин	3,37...6,50	5,26
Гистидин	1,74...3,50	2,58	Цистин	2,00...2,70	2,23
Аргинин	9,15...28,40	12,17	Валин	3,37...6,25	4,77
Аспарагиновая кислота	6,00...11,80	8,67	Метионин	0,63...2,60	1,49
Треонин	2,10...3,85	3,21	Изолейцин	3,54...6,70	4,67
Серин	2,00...6,67	4,22	Лейцин	3,35...7,93	6,26
Глютаминовая кислота	7,00...20,97	14,42	Тирозин	1,76...3,48	2,66
Пролин	2,89...4,54	3,70	Фенилаланин	3,40...4,96	4,13
Глицин	4,65...8,76	6,74	Триптофан	1,42...2,70	2,16
			Сумма незаме-нимых амино-кислот	32,1...41,2	34,8

3.5.27 Содержание белков в семенах бобовых, %

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Наименование	lim	Среднее содержание	Наименование	lim	Среднее содержание
Горох	20,4...35,7	27,8	Кормовые бобы	26,4...31,2	29,2
Фасоль	17,0...32,1	24,3	Чина	23,1...34,7	28,7
Чечевица	21,3...36,0	30,4	Нут	18,5...29,7	24,5
Соя	27,0...50,0	39,0	Вика яровая	22,3...37,8	33,7

3.5.28 Содержание белков семенах бобовых разных размеров, % сухого вещества

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Культура	Масса 1 000 семян, г		Содержание белков, %	
	lim	среднее	lim	среднее
Крупные семена				
Горох	152...236	187	23,6...32,7	28,2
Чечевица	69...70	70	25,0...37,6	26,3
Фасоль	221...310	265	23,7...30,2	28,7
Средние семена				
Горох	119...149	138	21,7...30,3	26,0
Чечевица	52...56	54	27,0...31,2	29,1
Фасоль	160...221	190	20,0...27,3	23,6
Мелкие семена				
Горох	68...116	91	26,4...32,2	28,4
Чечевица	30...43	36	27,3...38,0	32,0
Фасоль	95...140	118	21,3...28,8	25,0

3.5.29 Среднее содержание белков в семенах масличных культур, % сухого вещества

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Культура	Содержание белка, %	Культура	Содержание белка, %
Подсолнечник:	15,7	Клещевина	19,4
семянка	23,7	Хлопчатник	20,5
ядро (без оболочки)		Конопля	21,8
Лен:		Рапс:	
семянка	24,9	озимый	25,0
зародыш (ядро)	21,6	яровой	28,5
эндосперм	30,8	Рыжик	27,9
		Кориандр	16,0

3.5.30 Средний аминокислотный состав суммарных белков семян бобовых, % от общего содержания белка [Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Аминокислота	Горох	Соя	Фасоль	Чина	Кормовые бобы
Аргинин	8,35	8,73	7,27	6,87	8,51
Гистидин	2,68	3,03	3,16	2,95	3,75
Лизин	5,58	5,22	5,65	5,94	8,26
Лейцин	13,54	8,45	8,10	15,60	14,68
Изолейцин	3,87	5,63	4,86	5,40	4,62
Валин	1,22	1,64	1,30	1,36	0,90
Метионин	4,70	4,26	4,10	4,80	4,59
Треонин	4,33	5,21	6,13	4,10	2,41
Фенилаланин	1,31	1,65	1,83	1,65	1,82
Триптофан	3,67	4,47	4,90	3,40	4,74
Аланин	5,38	4,36	4,14	4,40	8,32
Серин	4,57	4,98	6,20	4,80	7,94
Аспарагиновая кислота	10,76	9,54	12,80	12,80	8,29
Глютаминовая кислота	16,51	17,53	15,25	17,20	8,15
Пролин	3,70	4,81	4,71	2,80	1,49
Тирозин	3,15	3,08	3,40	3,17	3,00
Цистин	1,80	1,39	3,12	0,80	1,39

3.6 Жиры (липиды)

3.6.1 Масличность семян и содержание незаменимых кислот в масле у различных культур, %

[Методы биохимического исследования, 1987]

Культура	Масличность семян	Кислоты масла	
		линолевая	леноленовая
Лен прядильный, масличный	33...51	9...14	36...66
Конопля среднерусская	31...37	44...58	19...27
Горчица сизая	35...46	10...24	3...12
Рыжик	34...42	15...20	20...33
Озимый рапс	40...52	12...16	3...10
Соя	15...23	44...65	3...12
Подсолнечник (ядро-зародыш)	40...66	40...72	0...2
Хлопчатник мексиканский (ядро-зародыш)	36...43	45...58	0
Арахис (ядро-зародыш)	44...60	20...43	0
Кунжут	52...65	40...48	0
Мак	40...52	60...70	0
Кукуруза (зародыш)	20...40	30...60	0...4

3.6.2 Содержание жира в различных органах растений

[Флиндт Р., 1992]

Вид и орган растения	Содержание жира, % от сухой массы	Вид и орган растения	Содержание жира, % от сухой массы
<i>Семена</i>		Рис	2,2
Арахис (земляной орех)	24...56	Соя	17...22
Буковый орешек	40...46	Фасоль	8
Какао	50...58	Хлопчатник	16...24
Каштан конский	3...6	<i>Плоды (перикарпий)</i>	
Клещевина	35...57	Авакадо	70
Кокосовый орех (эндосперм)	65...72	Лавр	24...55
Конопля	30...35	Маслина	35...70
Кофе	5...10	Масличная лампа	71...81
Кукуруза	4,7	<i>Листья</i>	
Кунжут	44...54	Ежа сборная	2,2
Лен	24...43	Капуста	1,7
Лещина	60...68	Люцерна	2,3
Мак	40...51	Плевел	1,7
Миндаль	40...45	Шпинат	0,4
Орех грецкий	64	<i>Корни</i>	
Пекан	65	Ризофора	70
Петрушка	16...18	Свекла кормовая	7
Подсолнечник	40...65	<i>Побеги</i>	
Пшеница	2...2,4	Бобы китайские	2,6
Рапс	22...49	Липа (кора)	2,3
		Соя	2,5

3.6.3 Содержание жира в семенах и плодах некоторых растений, в % от массы сырой массы

[Флиндт Р., 1992]

Вид	Содержание жира, %	Вид	Содержание жира, %
Арахис (земляной орех)	45	Овес	5
Горох	2	Подсолнечник (шелушенный)	50
Кукуруза	4,8	Пшеница	1,7
Лен	40	Рапс	42
Мак	45	Соя	36
Маслина	20	Ячмень	2
Маслина (мякоть плода)	53		

3.6.4 Среднее содержание сырого жира (свободных липидов) в семенах важнейших культур, %

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Культура	Содержание жира, %	Культура	Содержание жира, %
Пшеница, рожь, ячмень	2	Подсолнечник	45
Просо	4	Клещевина	60
Гречиха	3	Соя	20
Рис	5	Горох	2
Кукуруза	5	Фасоль	2

3.6.5 Среднее содержание липидов в зерне основных зерновых культур, %

[Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., 2005]

Культура	Липиды			Сумма липидов
	свободные	связанные	прочносвязанные	
Пшеница	1,85	0,49	0,35	2,69
Рожь	1,68	0,57	0,31	2,56
Кукуруза	4,78	0,34	0,30	5,42
Рис	2,34	0,23	0,26	2,83
Овес	5,70	0,43	0,31	6,44
Просо	4,05	0,15	0,39	4,59
Гречиха	2,56	0,89	0,18	3,63
Сорго	4,20	0,43	–	–

3.6.6 Кислотный состав некоторых растительных масел, %

[Физер Л., Физер М., 1970; Кретович А.Л., 1986; Стопский В.С., 1992]

Кислота	Масло						
	льняное	кокосовое	пальмоядровое	пальмовое	подсолнечное	горчичное	рапсовое
Лигноцериновая	–	–	–	–	–	–	1,0
Эруковая	–	–	–	–	–	42,0	50,0
Пальмитиновая	5,0	8,2	7,5	42,5	–	3,0	1,0
Стеариновая	3,5	2,0	2,5	4,0	9,0	–	–
Олеиновая	5,0	6,0	16,0	43,0	39,0	–	–
Ленолевая	61,5	2,5	1,0	9,5	46,0	55,0	47,0
Леноленовая	25,0	–	–	–	–	–	–
Каприловая	–	8,0	1,0	–	–	–	–
Каприновая	–	7,0	3,0	–	–	–	–
Лауриновая	–	48,0	52,0	–	–	–	–
Миристиновая	–	17,5	15,0	–	–	–	1,0

3.6.7 Содержание масла в семенах и ядрах различных растений [Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Растение	Часть растения	Содержание масла, % на сухое вещество
Анис обыкновенный (<i>Anisum vulgare</i> Gaertn.)	Семена	10,0...28,0
Арахис подземный (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	Ядра	40,2...60,7
Вика посевная (<i>Vicia sativa</i> L.)	Семена	0,9...3,3
Горох посевной (<i>Pisum sativum</i> L.)	«	0,7...1,9
Горчица белая (<i>Sinapis alba</i> L.)	«	16,5...32,5
Горчица сарептская (<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.)	«	35,0...46,0
Каштан съедобный (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	Ядра	4,5
Клещевина обыкновенная (<i>Ricinus communis</i> L.)	Семена	45,1...58,5
Конопля обыкновенная (<i>Cannabis sativa</i> L.)	«	30,0...38,9
Кориандр посевной (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	«	14,0...28,0
Кукуруза обыкновенная (<i>Zea mays</i> L.)	Зерно	3,0...9,0
Кунжут восточный (<i>Sesamum orientale</i> L.)	Семена	46,2...61,0
Лен посевной (долгунец) (<i>Linum usitatissimum</i> L.)	«	32,9...39,7
Лен низкий (кудряш) (<i>Linum humile</i> Mill.)	«	36,8...49,5
Люпин белый (<i>Lupinus albus</i> L.)	«	8,6...14,0
Люпин синий, люпин желтый (<i>Lupinus</i> sp.)	«	4,7...6,0
Люпин разноцветный (<i>Lupinus varius</i> L.)	«	12,6...21,0
Мак снотворный (<i>Papaver somniferum</i> L.)	«	42,5...57,0
Маслина европейская (<i>Olea europaea</i> L.)	Мякоть плодов	40,0...74,0
Нут, бараний горох (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Семена	1,3...4,1
Облепиха крушиновидная (<i>Hippophaë rhamnoides</i> L.)	Мякоть плодов	8,0...10,0
Овес посевной (<i>Avena sativa</i> L.)	Зерно	3,5...8,0
Орех грецкий (<i>Juglans regia</i> L.)	Ядра	60,0...74,0
Перилла базиликовая (<i>Perilla ocimoides</i> L.)	Семена	43,4...48,7
Подсолнечник однолетний (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Семена	23,5...45,0
	Ядра	40,0...67,0
Просо посевное (<i>Panicum miliactum</i> L.)	Зерно	3,1...3,9
Пшеница (<i>Triticum</i> sp.)	«	1,6...2,6
Рапс (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i> Metzg.)	Семена	38,0...49,5
Рис посевной (<i>Oryza sativa</i> L.)	Зерно	3,1...3,9
Рожь посевная (<i>Secale cereale</i> L.)	«	1,6...2,8
Соя щетинистая (<i>Soja hispida</i> Moench.)	Семена	10,0...25,0
Табак (махорка) (<i>Nicotiana rustica</i> L.)	«	24,3...36,9
Фасоль обыкновенная (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Семена	0,7...3,7
Фундук, лещина крупная (<i>Corylus maxima</i> Mill.)	Ядра	60,0...74,0
Хлопчатник мохнатый (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	Семена	17,2...28,3
Чечевица посевная (<i>Lens culinaris</i> Medic.)	«	0,6...2,1
Ячмень (<i>Hordeum</i> sp.)	Зерно	1,7...4,6

3.6.8 Жирные кислоты семян и плодов

[Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Кислота	Формула
<i>Ненасыщенные жирные кислоты (C_nH_{2n}O₂)</i>	
Уксусная	C ₂ H ₄ O ₂
Масляная	C ₄ H ₈ O ₂
Капроновая	C ₆ H ₁₂ O ₂
Каприловая	C ₈ H ₁₆ O ₂
Каприновая	C ₁₀ H ₂₀ O ₂
Лауриновая	C ₁₂ H ₂₄ O ₂
Миристиновая	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
Пальмитиновая	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
Стеариновая	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
Арахидовая	C ₂₀ H ₄₀ O ₂
Бегеновая	C ₂₂ H ₄₄ O ₂
Лигноцериновая	C ₂₄ H ₄₈ O ₂
Карнаубовая	C ₂₄ H ₄₈ O ₂
Церотиновая	C ₂₆ H ₅₂ O ₂
<i>Ненасыщенные жирные кислоты</i>	
Ряд олеиновой кислоты (C _n H _{2n-2} O ₂)	
Тиглиновая	C ₅ H ₈ O ₂
Гипогеевая	C ₁₆ H ₃₀ O ₂
Олеиновая	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
Эруковая	C ₂₂ H ₄₂ O ₂
Ряд линолевой кислоты (C _n H _{2n-4} O ₂)	
Линолевая	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
Тарионовая	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
Эломаргаритовая	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
Ряд линоленовой кислоты (C _n H _{2n-6} O ₂)	
Линоленовая	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Ненасыщенные монооксикислоты (C _n H _{2n-2} O ₃)	
Рицинолевая	C ₁₈ H ₃₄ O ₃
Ненасыщенные диоксикислоты (C _n H _{2n} O ₄)	
Диоксистеариновая	C ₁₈ H ₃₆ O ₄
Насыщенные двухосновные кислоты (C _n H _{2n-2} O ₄)	
«Японская» (из японского воска)	C ₂₂ H ₄₂ O ₄
Ряд хаульмуговых кислот (циклические кислоты с одной двойной связью C _n H _{2n-4} O ₂)	
Гиднокарповая	C ₁₆ H ₂₈ O ₂
Хаульмуговая	C ₁₈ H ₃₂ O ₂

3.6.9 Содержание важнейших жирных кислот в растительных маслах, % к общему количеству [Кретович А. Л., 1980]

Кислота	Масло					
	хлопковое	соевое	подсол- нечное	оливковое	кукурузное	льняное
Пальмитиновая	20	6	–	9	15	12
Стеариновая	2	4	9	2		
Олеиновая	31	22	39	82	24	19
Линолевая	40	49	46	4	61	16
Линоленовая	–	10	–	–	–	52

3.7 Углеводы и сахара

3.7.1 Содержание сахаров в съедобной части главнейших культур, % на сырое вещество [Методы биохимического исследования, 1987]

Культура	Общая сахаристость		Сахароза		Преобладающий сахар
	lim	Чаще встречается	lim	Чаще встречается	
Сахарная свекла	16...23	16...19	16...23	16...19	Сахароза
Морковь	6...8	–	2...6	–	«
Репчатый лук	4,5...10,5	6...8	0,4...8,4	4...6	«
Капуста	1,6...4	2,5...3	0...0,3	0,3...0,4	Моносахара
Томаты	1,6...5,5	2,5...3,5	0,2...0,8	0,2...0,4	«
Огурцы	1,2...2,1	–	0...0,3	–	«
Арбуз	6...11	6...8	1,2...3,2	Около 2	Фруктоза
Дыня	6...18	8...11	1,3...11	3,7	Сахароза
Тыква	2,7...8,3	3...6	0,6...6	1...3	Моносахара
Яблоки	6...18	10...11	6...15	7...10	«
Груши	4...21	8...12	0...7,8	4...7	Фруктоза
Сливы	4,7...17	8...10	0,9...8,3	2...4	Сахароза или моносахара
Персики	5...22	10...11	6...15	7...10	Сахароза
Абрикосы	5...23	8...10	3,7...17,3	5...7	«
Апельсины	4,3...11,5	7...8	6...10	4	«
Виноград	12...25	12...23	0...5	0...0,3	Моносахара
Черешня	9,7...17,8	10...12	0,15...2,2	0,2...0,5	«
Земляника	4,6...10	5...7	0...4,6	0,6...1,4	«
Малина	3,9...10,8	6...8	0...2,7	–	«
Смородина:					
черная	5,1...11,6	8	0...2,7	–	«
красная	4,1...8,9	6...7	0...0,4	–	«
Крыжовник	5,3...12	9...10	0,3...0,9	–	«
Хурма	9...20	–	0...5	–	«
Инжир	5...23	8...12	0...8	2	«

3.7.2 Содержание сахаров в съедобной части главнейших культур, % на сырое вещество

[Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Растение	Общая сахаристость		Сахароза		Преобладающий тип сахара
	lim	Чаще встречается	lim	Чаще встречается	
Абрикос	5,9...22,9	–	3,7...15,8	–	Сахароза
Апельсин	4,3...11,5	7...8	1,0...6,0	4	«
Арбуз	6...11	6...11	1,2...3,2	2	Фруктоза
Виноград	14,0...35,0	15...23	0...5	0...0,3	Моносахара
Вишня	6,5...14,5	–	0...0,8	0,2...0,3	«
Груша	7,2...21,0	10...12	0...15,1	4...7	Фруктоза
Дыня	6...18	8...11	1,3...11,0	3...7	Сахароза
Земляника	4,6...10,0	6...8	0...4,6	0...0,4	Моносахара
Инжир	5...15	–	0...2	1	«
Капуста	1,6...4,0	2,5...3,0	0...0,8	0,3...0,4	«
Клюква	2,2...4,5	–	–	–	Моносахара
Крыжовник	6,3...12,0	9...10	0,3...0,9	–	«
Лимон	0,5...3,1	–	0...0,8	–	«
Малина	3,9...10,8	6...8	0...0,7	0	«
Мандарин	4,7...11,7	8	2,4...6,8	5...6	Сахароза
Морковь	6...8	–	2...6	–	«
Огурец	1,2...3,1	–	0...0,3	–	Моносахара
Персик	6...15,3	10...11	2,7...12,0	7...10	Сахароза
Перец сладкий	2,0...4,9	2,0...3,0	0...0,5	–	Моносахара
Репчатый лук	6,5...10,5	–	4...9	–	Сахароза
Свекла сахарная	16...26	16...19	16...23	16...20	«
Слива	4,7...13,3	8...10	0,9...8,3	–	Сахароза, чаще моносахара
Смородина					«
красная	4,1...8,9	6...7	0...0,4	0	Моносахара
черная	5,1...11,6	8	2...2,7	0	«
Томат	1,6...4,1	–	0,2...0,8	–	«
Тыква	2,7...8,3	3...6	0,6...6,0	1...3	«
Хурма	9...20	–	0...5	0	«
Черешня	7,4...16,8	–	0,15...2,15	0,5	«
Яблоня	6...14,8	10...11	0,3...6,6	2...3	«

3.7.3 Примерное содержание крахмала в некоторых частях растений и растительных продуктах [Рихтер М. и др., 1975]

Часть растения, растительный продукт	Влажность, %	Содержание крахмала, %	
		в сыром материале	в сухом материале
Ячменная мука	12	72	82
Пшеница	13	70	80
Водяной орех (чилима)	8	73	79
Пшеничная мука	13	69	79
Кукуруза	13	68	78
Ржаная мука	13	63	73
Картофель (клубни)	75	18	72
Пшеничный шрот	9	64	70
Конский каштан	42	36	62
Бобы	10	39	43
Картофельная мезга	–	–	35
Пшеничные отруби	12	25	28

3.7.4 Размер крахмальных зерен некоторых культурных растений [Рихтер М. и др., 1975]

Растение	Ботаническое название	Семейство	Размер зерна, мкм
<i>Семена</i>			
Кукуруза	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae	10...30
Пшеница мягкая	<i>Triticum aestivum</i> L.	то же	5...50
Рожь	<i>Secale cereale</i> L.	»	5...50
Ячмень	<i>Hordeum vulgare</i> L.	»	5...40
Овес	<i>Avena sativa</i> L.	»	5...12
Рис	<i>Oryza sativa</i> L.	»	2...10
Бобы	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae	30...50
Гречиха	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.	Polygjnaceae	5...15
<i>Плоды</i>			
Бананы	<i>Musa × paradisiaca</i> L.	Musaceae	5...60
Яблоки	<i>Malus</i> sp.	Rosaceae	2...13
<i>Корнеплоды</i>			
Картофель	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae	1...120
Батат	<i>Batatas edulis</i> Choisy.	Convolvulaceae	5...50
Тапиока (маниок)	<i>Manihot esculenta</i> Grantz.	Euphorbiaceae	5...35
Белый ямс	<i>Dioscorea alata</i> L.	Dioscoreaceae	14...50

3.7.5 Характерные свойства крахмала из разных растений [Картофель, 2004]

Вид крахмала	Влажность, %	Содержание в сухой массе, %					Диаметр зерна крахмала, мкм	Поверхность крахмальных зерен, м ² /г
		Углеводы		Липиды	Протеин	Зола		
		Амилоза	Амилопектин					
Картофель	19	21	79	0,05	0,60	0,4	5...100	100
Кукуруза	13	28	72	0,70	0,35	0,1	2...30	300
Кукуруза восковидная	13	0	100	0,15	0,25	0,1	2...30	300
Пшеница	13	28	72	0,80	0,40	0,2	1...45	500

3.8 Витамины

3.8.1 Содержание витаминов в овощах, мг/100 г сырой массы [Справочник по овощеводству, 1982]

Культура	С	А	В ₁	В ₂	В ₆	В _с	РР
Арбуз	4...12	0,8...1,0	0,04	0,03	0,09	–	0,24
Баклажан	4...10	0,1...0,2	0,04	0,054	0,15	18,5	0,60
Бобы	25...55	1,0...2,5	0,06	0,10	–	–	0,60
Брюква	16,5...48,2	0,1...2,0	0,04	0,03	0,20	5	0,50
Горох зеленый	25...38	1,0...1,7	0,25	0,19	0,17	20	2,00
Дыня	18...29	0,5...1,4	0,04	0,04	0,06	6	0,40
Кабачок	10...18	0,5...0,7	0,03	0,03	0,11	14	0,60
Капуста:							
белокочанная	11...52,7	0,02...0,04	0,05	0,05	0,12	15	0,40
брюссельская	104...208	0,1...0,5	0,13	0,15	0,28	31	0,70
краснокочанная	26,1...99,1	0,1...0,2	0,05	0,05	0,23	–	0,40
кольраби	34,7...67,0		0,08	0,10	–	–	0,90
листовая	38...110	1,5...4,5	0,18	0,01	–	–	–
савойская	21,5...60,7	0,2...0,4	–	0,14	–	–	–
цветная	47...93	0,1...0,2	0,10	0,10	0,16	23	0,60
Лук:							
репчатый (листья)			0,02	0,08	0,15	18	0,30
репчатый (луковицы)	27...57	1,8...2,1	0,07	0,02	0,12	9	0,20
порей	52...81	3,7...5,1	0,10	0,04	0,30	32	0,50
Морковь:							
красная	5...10	5...30	0,12	0,07	0,13	9	1,00
желтая	5...8,7	0,3...1,5	0,12	0,02	–	–	–
Огурец:							
грунтовый	8...15	0,1...0,2	0,04	0,04	0,04	4	0,20
тепличный			0,03	0,02	0,04	4	–

Окончание табл. 3.8.1

Культура	С	А	В ₁	В ₂	В ₆	В _с	РР
Патиссон	15...25	–	0,03	0,04	–	–	0,25
Перец сладкий:							
зеленый	80...200	1,5...3,5	0,06	0,01	0,35	17	0,60
сладкий	180...250	2...5	0,10	0,08	0,50	–	1,00
Петрушка:							
листовая	58...290	2,6...19,8	0,04	0,05	0,18	110	0,70
корневая	35...60	0,01	0,10	0,08	0,60	24	1,00
Пастернак	20...35	1,5...3,5	0,08	0,09	0,11	20	0,94
Ревень (черешки)	3,7...30,4	0,06...0,1	0,01	0,06	0,04	15	0,10
Редис	11,4...44	Следы	0,08	0,04	0,10	6	0,10
Редька	11,3...39	То же	0,08	0,03	0,06	–	0,25
Репя	14,8...51,7	0,02...0,05	0,06	0,05	–	–	0,80
Салат	10...40	1,2...3,7	0,03	0,08	0,18	48	0,65
Свекла	15...25	–	0,02	0,04	0,07	13	0,20
Сельдерей:							
листья	18...180	1,3...10	0,02	0,10	0,08	21	–
корнеплод	10...40	0,02...0,2	0,15	0,05	0,115	7	0,30
Спаржа	20...25	1,0...1,5	0,08	0,09	0,10	–	1,00
Томат:							
грунтовый	15...45	0,8...1,2	0,08	0,04	–	11	0,53
тепличный	10...20	0,7...1,1	0,06	0,03	–	–	0,50
Тыква	4...10	2...35	0,05	0,05	0,13	14	0,50
Укроп	31...128	2,4...10,4	0,10	0,08	0,15	27	0,60
Фасоль	20...30	0,4...1,0	0,10	0,20	0,16	36	0,50
Хрен	64,5...122	–	0,08	0,10	0,70	37	0,40
Чеснок	8...15	–	0,15	0,08	0,60	–	1,00
Шампиньон	8,6...15,2	–	0,01	6,40	–	–	4,03
Шпинат	37...78	1,9...7,7	0,09	0,24	0,10	80	0,60
Щавель	18...54	0,3...4	0,19	0,10	0,15	–	0,30

3.8.2 Среднее содержание в плодах и ягодах, мг%

[Грязев В. А., Тутберидзе Ц. В., 2004]

Культура	Витамин							
	С	А	В ₁	В ₂	Е	К	Р	РР
Шиповник	470							
Облепиха	100...300	8						150
Жимолость	88							
Боярышник	79							
Рябина	70	18			28			320
Кизил	60							
Калина	56							
Земляника	35	60	30	70		100	160	300

Культура	Витамин							
	С	А	В ₁	В ₂	Е	К	Р	РР
Голубика	25							
Клюква	25	40	30	20			500	100
Малина	24	130	20	20			60	100
Брусника	16	120	20	20				
Черника	16	280	20	20				300
Ежевика	10	260	40	40				400
Черемуха	8							
Груша	3	76	16	30				82

3.8.3 Содержание витамина С в плодах и ягодах различных садовых и овощных культур, мг%

[Грязев В. А., Тутберидзе Ц. В., 2004]

Культура	Содержание	Культура	Содержание
Актинидия коломикта	1 300...1 700	Мандарин	40...47
Унаби	500	Спаржа (молодые побеги)	40
Актинидия полигамная	220	Малина	37
Актинидия Джиральди	198	Земляника лесная	20...50
Актинидия острая (аргута)	155...195	Азими́на	25...50
Хрен (корни)	170	Ревень	30
Облепиха	100...300	Ежевика	28
Барбарис	50...172	Клюква	25
Кизил	90...130	Голубика	25
Апельсин	76...108	Брусника	23
Актинидия сладкая (киви)	80...100	Гумми	10...22
Папайя	90	Черника	16
Рябина	85...92	Вишня	15
Жимолость	88	Персик	10
Боярышник	79	Черемуха	8
Лимон	72...83	Яблоки	7
Фейхоа	65	Слива	5
Грейфрут	40...90	Груша	3...4
Калина	56	Виноград	3
Лимон Майера	48...50	Абрикос	2

3.8.4 содержание витаминов в плодах и ягодах, мг/100 г съедобной части [Биологическая ценность плодов..., 2020]

Культура	Витамин				
	С	В ₁	В ₂	Е	А
Абрикос	10,61±2,70	–	–	–	1,52±0,49
Боярышник	26,87±2,67	–	–	–	0,33±0,06
Вишня	18,13±1,46	0,043±0,002	0,030±0,003	0,17±0,05	–
Груша	9,00±1,01	–	–	–	–
Жимолость	30,21±1,46	0,054±0,010	–	0,02±0,02	–
Земляника	70,16±3,87	0,032±0,001	0,018±0,002	0,37±0,03	–
Калина	50,40±9,86	–	–	–	–
Кизил	23,14±2,58	–	–	–	–
Крыжовник	27,57±1,22	0,021±0,001	0,008±0,001	1,14±0,13	–
Малина	27,81±2,22	0,050±0,004	0,034±0,005	0,32±0,05	–
Облепиха	83,23±9,61	0,037±0,002	0,055±0,004	9,60±1,00	13,57±2,41
Слива	8,19±0,88	–	–	0,16±0,04	–
Смородина красная	34,89±3,71	–	–	1,90±0,20	–
Смородина черная	178,53±18,43	0,028±0,002	0,004±0,001	1,70±0,18	–
Шиповник	678,0±67,10	–	–	–	1,49±0,48
Яблоня	18,93±1,96	0,015±0,001	0,006±0,001	–	–

3.9 Микроэлементы

3.9.1 Главные реакции, связанные с токсичным действием избытка элементов

[Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989]

Главные реакции	Элементы
Изменение проницаемости клеточных мембран	Ag, Au, Br, Cd, Cu, F, Hg, I, Pb, UO ₂
Реакции тиольных групп с катионами	Ag, Hg, Pb
Конкуренция с жизненно важными метаболитами	As, Sb, Se, Te, W, F
Большое сродство к фосфатным группам и активным центрам в АДФ и АТФ	Al, Be, Sc, Y, Zr, лантаноиды и, вероятно, все тяжелые металлы
Замещение жизненно важных ионов (главным образом макрокатионов)	Cs, Li, Rb, Se, Sr
Захват в молекулах позиций, занимаемых жизненно важными функциональными группами, такими как фосфат и нитрат	арсенат, фторид, борат, бромат, селенат, теллулат, вольфрамат

3.9.2 Симптомы недостаточности микроэлементов питания у некоторых сельскохозяйственных культур

[Школьник М. Я., 1974; Bergmahh W. et al., 1975; Bussler W., 1979 и др.]

Элемент	Симптомы	Культуры, чувствительные к недостаточности элемента
B	Хлороз и покоричневение молодых листьев, погибшие верхушечные почки, нарушение развития цветов, поражение сердцевин растений и корней, мультипликация деления клеток	Бобовые, капуста и близкие виды, свекла, сельдерей, виноград, фруктовые деревья (яблони и груши)
Cu	Вилт, меланизм, белые скрученные верхушки, ослабление образования метелок, нарушение одревеснения	Злаки (овес), подсолнечник, шпинат, люцерна
Fe	Междужилковый хлороз молодых органов	Фруктовые деревья (цитрусы), виноград, некоторые кальцефобные виды
Mn	Пятна хлороза и некроз молодых листьев, ослабленный тургор	Злаки (овес), бобовые, фруктовые деревья (яблони, вишни, цитрусы)
Mo	Хлороз краев листьев, нарушение завязывания цветной капусты, «огненные» края и деформация листьев, вызванные избытком NO_3^- , разрушение зародышевых тканей	Капуста и близкие виды, бобовые
Zn	Междужилковый хлороз (в основном у однодольных), остановка роста, розеточность листьев у деревьев, фиолетово-красные точки у листьев	Зерновые (кукуруза), бобовые, травы, хмель, лен, виноград, фруктовые деревья (цитрусы)

3.9.3 Формы нахождения и главные функции микроэлементов, жизненно важных для растений

[Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989]

Элемент	В какие компоненты входит	В каких процессах участвует
Al	–	Контролирует коллоидные свойства в клетке, вероятно, активирует некоторые дегидрогеназы и оксидазы
B	Фосфоглюконаты	Метаболизм и перенос углеводов, синтез флавоноидов, синтез нуклеиновых кислот, утилизация фосфата, образование полифенолов
Co	Кофермент кобамид	Симбиотическая фиксация азота (возможно также у не клубеньковых растений), стимулирование окислительно-восстановительных реакций при синтезе хлорофилла и протеинов
Cu	Разнообразные оксидазы, пластоцианины и ценилоплазмин	Окисление, фотосинтез, метаболизм протеинов и углеводов, возможно участвует в симбиотической фиксации азота и окислительно-восстановительных реакциях

Окончание табл. 3.9.3

Элемент	В какие компоненты входит	В каких процессах участвует
Fe	Гемопротеины и другие Fe-протеины, дегидрогеназы, ферродоксины	Фотосинтез, фиксация азота, окислительно-восстановительные реакции
Mn	Многие энзиматические системы	Фотопродукция кислорода в хлоропластах и косвенно в восстановлении NO ₃ ⁻
Mo	Нитратредуктаза, нитрогеназа, оксидазы и молибдоферредоксин	Фиксация N ₂ , восстановление NO ₃ ⁻ , окислительно-восстановительные реакции
Si	Компоненты несущего скелета	–
Zn	Ангидразы, дегидрогеназы, протеиназы и пептидазы	Метаболизм углеводов и белков

3.9.4 Почвенные факторы, способствующие дефициту микрокомпонентов питания

[Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989]

Элемент	Тип почвы	Способствующие факторы				Поражаемые культуры
		Значение pH	Органическое вещество	Водный режим	Другие факторы	
B	Подзолы, гидроморфные почвы	Кислые и нейтральные	Очень мало или очень много	Заливные почвы	Рыхлая структура, свободный CaCO ₃	Свекла, бобовые, капустные, виноград
Co	Подзолы, торфянистые почвы, солонцы	Нейтральные, щелочные и очень кислые	Много	Сильное увлажнение	Свободный CaCO ₃ , много Fe и Mn	Бобовые
Cu	Подзолы, солончаки, солонцы	–	Мало или много	Сильное увлажнение	Легко промываемые почвы, много N, P, Zn, свободный CaCO ₃	Злаки, бобовые, цитрусы
Fe	Черноземы, почвы на известняках, солонцы	Щелочные	Много при свободном CaCO ₃ или мало на кислых почвах	Плохой дренаж, предельное увлажнение	Свободный CaCO ₃ , много P, Mn и HCO ₃ ⁻	Цитрусы, груши, томаты
Mn	Подзолы	Сильнокислые или щелочные	Много, например в щелочных торфах	Предельное увлажнение	Свободный CaCO ₃ и много Mn	Зерновые, бобовые, свекла, цитрусы
Mo	Подзолы	Кислые и сильнокислые	–	Хороший дренаж	Много оксидов Fe и Al и много SO ₄ ²⁻	Капустные, тыквы, бобовые
Se	Подзолы	Кислые	Много	Заболоченность	Много оксидов Fe и много SO ₄ ²⁻	–
Zn	Подзолы	Сильнокислые или щелочные	Мало	–	Свободный CaCO ₃ и много N и P	Злаки, бобовые, цитрусы

3.9.5 Главные проявления токсичности элементов у распространенных сельскохозяйственных культур [Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989]

Элемент	Симптомы	Чувствительные культуры
Al	Общая задержка роста, темно-зеленые листья, пурпурная окраска стеблей, отмирание кончиков листьев, коралловидные и уродливые корневые системы	Злаки
As	Красно-бурые некротические точки на старых листьях, пожелтение или покоричневение корней, угнетения образования побегов	—
B	Хлороз краев и концов листьев, бурые точки на листьях, загнивание ростовых точек, скручивание и отмирание старых листьев	Злаки, картофель, томаты, огурцы, подсолнечник, горчица
Cd	Бурые края листьев, хлороз, красноватые жилки и черешки, скрученные листья и бурые недоразвитые корни	Бобовые (бобы, фасоль), шпинат, редис, морковь, овес
Co	Межджилковый хлороз молодых листьев, как при Fe-индуцированном хлорозе, белые края и кончики листьев, уродливые кончики корней	—
Cr	Хлороз молодых листьев, затрудненный рост корней	—
Cu	Темно-зеленые листья, как при Fe-индуцированном хлорозе; толстые, короткие или похожие на колючую проволоку корни, угнетение образования побегов	Злаки и бобовые, шпинат, саженцы цитрусовых, гладиолусы
F	Некроз краев и концов листьев, хлорозные и красно-бурые точки на листьях	Гладиолусы, виноград, фруктовые деревья, ананасы
Fe	Темно-зеленая окраска листьев, замедленный рост надземных частей растений и корней, темно-коричневые до пурпурных листья на некоторых растениях (например, «бронзовая болезнь» риса)	Рис и табак
Hg	Некоторое торможение ростков и корней, хлороз листьев и бурые точки на них	Сахарная свекла, кукуруза, розы
Mn	Хлороз и некротические поражения старых листьев, буровато-черные или красные некротические пятна, накопление частиц MnO_2 в клетках эпидермиса, засохшие кончики листьев, чахлые корни	Злаки, бобовые, картофель, капуста
Mo	Пожелтение или покоричневение листьев, угнетение роста корней, угнетение кущения	Злаки
Ni	Межджилковый хлороз молодых листьев, серо-зеленые листья и бурые чахлые корни	Злаки
Pb	Темно-зеленые листья, скручивание старых листьев, чахлая листва, бурые короткие корни	—
Rb	Темно-зеленые листья, чахлая листва, увеличение количества побегов	—
Se	Межджилковый хлороз или черные пятна при содержании Se около 4 мг/кг, полное почернение или пожелтение молодых листьев при более высоких содержаниях, розоватые пятна на корнях	—
Zn	Хлороз и некроз концов листьев, межджилковый хлороз молодых листьев, задержка роста растения в целом, поврежденные корни, похожие на колючую проволоку	Злаки, шпинат

3.10 Растительные остатки

3.10.1 Коэффициенты пересчета зерна и семян в побочную продукцию

[Коэффициенты пересчета зерна и семян..., 2016]

Культура	Коэффициент пересчета зерна и семян в побочную продукцию					Средний коэффициент по культуре
Зерновые и крупяные культуры						
Урожайность зерна, т/га	<2,0	2,0...3,0	3,0...4,0	4,0...5,0	>5,0	
Озимая пшеница	1,4	1,2	1,1	1,0	0,8	1,1
Озимая тритикале	1,4	1,3	1,1	1,0	0,8	1,1
Озимая рожь	1,5	1,4	1,3	1,1	–	1,3
Урожайность зерна, т/га	<2,0	2,0...3,0	3,0...4,0	>4,0		
Яровая пшеница	1,3	1,1	1,0	0,9		1,1
Яровая тритикале	1,3	1,2		0,8		1,1
Яровой ячмень	1,0	0,9	0,8	0,7		0,9
Овес	1,2	1,1	1,0	–		1,1
Урожайность зерна, т/га	<1,0	1,0...2,0	>2,0			
Просо	1,8	1,6	1,1	–		1,5
Урожайность зерна, т/га	<1,0	>1,0				
Гречиха	1,9	1,1	–	–		1,5
Урожайность зерна, т/га	<3,0	3,0...6,0	6,0...9,0	>9,0		
Кукуруза	1,6	1,3	1,0	0,8		1,2
Зернобобовые культуры						
Урожайность зерна, т/га	<2,0	2,0...3,0	3,0...4,0	>4,0		
Горох	1,7	1,5	1,3	1,1		1,4
Люпин	1,7	1,3	0,9	0,7		1,2
Урожайность зерна, т/га	<1,0	1,0...2,0	>2,0			
Соя	2,5	2,1	2,0	–		2,2
Масличные культуры						
Урожайность семян, т/га	<1,0	1,0...2,0	2,0...3,0	>3,0		
Яровой рапс	2,7	1,8	1,6	–		2,0
Озимый рапс	3,0	1,9	1,7	1,2		2,0
Урожайность семян, т/га	<1,0	1,0...2,0	2,0...3,0	3,0...4,0	>4,0	
Подсолнечник	3,6	2,0	1,5	1,3	1,1	1,9

3.10.2 Химический состав растительных остатков, % к сухому веществу [Лыков А. М., 1985]

Группа веществ	Хвоя ели	Листья березы	Солома зерновых		Листья клевера	Корни	
			озимых	яровых		люцерны	пырея ползучего
Сырой протеин	7	6	–	–	22	13	8
Крахмал	–	–	–	–	3	18	–
Пентозаны	–	–	25	24	–	–	–
Гемицеллюлоза	22	26	–	–	8	12	23
Целлюлоза	14	14	38	40	15	21	25
Лигнин	39	39	24	23	4	9	18
Зола	8	5	5	5	–	–	–

3.10.3 Возможное поступление в почву органического вещества и элементов питания при запашке 1 т побочной продукции сельскохозяйственных культур, кг/т (в расчете на стандартную влажность)

[Коэффициенты пересчета зерна и семян..., 2016]

Побочная продукция	Органическое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Сумма NPK	C : N	N _{комп.} *, кг/т д. в.
Ярового ячменя	791	5,0	2,8	15,4	3,1	1,4	24	79	10
Овса	785	4,3	3,8	21,8	2,1	1,4	30	92	10
Яровой пшеницы	798	4,4	2,4	13,0	1,7	1,1	20	90	11
Яровой тритикале	800	4,3	2,1	14,1	1,4	0,8	21	93	11
Озимой пшеницы	800	4,4	2,1	11,7	1,8	1,1	18	92	11
Озимой тритикале	798	3,8	2,4	13,9	1,8	0,8	20	103	11
Озимой ржи	801	3,8	3,0	13,4	2,0	0,8	20	106	11
Кукурузы	789	9,1	3,8	15,9	2,5	2,0	29	43	5
Гречихи	761	5,7	5,2	24,1	5,3	3,0	35	67	8
Проса	766	5,9	3,8	23,6	2,1	3,7	33	64	8
Озимого рапса	792	4,6	2,4	14,7	8,1	1,8	22	87	10
Ярового рапса	796	5,5	2,7	17,1	8,1	1,3	25	73	9
Гороха	777	7,1	1,8	13,5	7,6	1,8	24	55	7
Сои	764	7,0	4,0	18,0	9,1	6,1	29	54	7
Люпина	789	9,9	3,9	19,3	8,5	3,6	33	40	4
Подсолнечника	735	5,7	2,4	28,0	10,3	3,2	36	64	8

Примечание. * N_{комп.} – компенсирующая доза азота на 1 т побочной продукции

3.10.4 Коэффициенты накопления пожнивно-корневых остатков относительно урожая основной продукции культуры [Органические удобрения, 1988]

Культура	Урожай, т/га	K_p	Культура	Урожай, т/га	K_p
Озимые зерновые	1,0	1,8	Свекла сахарная, кормовые корнеплоды	20	0,11
	2,0	1,5		30	0,09
	3,0	1,3		40	0,07
	4,0	1,1		50	0,06
Пшеница яровая, ячмень	1,0	1,6	Подсолнечник	1,0	2,4
	2,0	1,4		1,5	2,0
	3,0	1,2		2,0	1,7
	4,0	1,1	Картофель	10	0,17
Овес, просо	1,0	1,8		20	0,14
	2,0	1,5	30	0,10	
	3,0	1,3	Кукуруза на силос	10	0,27
	4,0	1,1		20	0,21
Гречиха	1,0	1,7	30	0,16	
	2,0	1,4	40	0,12	
Зернобобовые	1,0	1,4	Однолетние травы (сено)	1,0	2,2
	2,0	1,3		2,0	1,9
	3,0	1,2		3,0	1,6
	4,0	1,1		4,0	1,2
Кукуруза на зерно	3,0	1,4	Многолетние травы (сено)	2,0	2,4
	4,0	1,3		3,0	2,2
	5,0	1,2		4,0	1,9
	6,0	1,1		5,0	1,7

3.10.5 Коэффициенты гумификации растительных остатков и органических удобрений (K_r) [Органические удобрения, 1988]

Культура, группа культур	Зона	
	нечерноземная	черноземная
Зерновые, зернобобовые	0,18	0,25
Свекла сахарная	–	0,10
Подсолнечник	–	0,20
Картофель, овощи, кормовые корнеплоды	0,06	0,10
Кукуруза	0,12	0,15
Однолетние травы (сено)	0,18	0,25
Многолетние травы (сено)	0,25	0,30
Навоз подстилочный	0,06	0,09
Навоз в пересчете на сухое вещество	0,25	0,33

3.11 Оптимальный интервал рН

3.11.1 Интервалы рН, благоприятные для развития различных сельскохозяйственных культур

[Орлов Д. С., 1985]

Культура	Интервал рН	Культура	Интервал рН
Бобы кормовые	6,0...7,0	Огурцы	6,0...8,0 (6,4...7,5)
Брюква	4,8...5,5	Орех грецкий	6,8...8,0
Вика	6,0...7,0	Пастернак	6,0...8,0
Виноград	6,0...8,0	Персик	6,0...8,0
Вишня	6,0...8,0	Подсолнечник	6,0...6,8
Голубика	5,0...6,0	Полевица	6,0...7,0
Горох	6,0...8,0 (6,0...7,0)	Помидоры	6,0...7,0
Гречиха	4,7...7,5 (5,0...6,0)	Просо	5,5...7,5
Груша	6,0...8,0	Пшеница	6,0...7,0 (6,0...7,5)
Ежа сборная	6,0...8,0	Редис	5,0...7,3
Земляника	5,0...6,0	Репа	6,0...8,0
Капуста цветная	5,5...6,6	Рожь	5,0...7,7 (6,0...7,0)
Капуста кочанная	6,0...7,0 (7,0...7,4)	Салат	6,0...7,0
Капуста листовая	6,0...8,0	Салат-латук	6,0...7,0
Картофель	4,8...5,4 (4,5...6,3)	Свекла кормовая	5,8...7,0
Клевер	6,0...7,0	Свекла сахарная	7,0...7,5 (6,0...8,0)
Клюква	4,0...5,0	Сельдерей	6,0...6,5
Конопля	6,7...7,4	Слива	6,0...8,0
Кукуруза	6,0...7,0 (6,0...7,5)	Соя	6,5...7,5
Лен	6,0...7,0 (5,5...6,5)	Спаржа	6,0...7,0
Люпин	4,6...6,0 (4,0...5,0)	Тимофеевка	6,0...7,0 (4,5...7,6)
Люцерна	6,0...7,0 (7,2...8,0)	Фасоль	5,3...6,0 (6,4...7,1)
Лук	6,0...7,0 (6,4...7,5)	Хлопчатник	6,5...7,3
Малина	5,0...6,0	Чайный куст	4,0...5,0
Морковь	5,3...6,0 (5,6...7,0)	Шпинат	6,5...7,0
Овес	6,0...7,0 (5,0...6,0)	Яблоня	6,0...8,0
		Ячмень	6,0...7,5

3.11.2 Оптимальный показатель рН для древесных пород

[Сад и огород. 2006. № 8. С. 35.]

Древесная порода	рН	Древесная порода	рН
Береза	5,0...6,5	Клен	5,5...7,0
Вяз	5,5...8,0	Лиственница	6,0...8,0
Дуб	5,5...6,5	Сосна	5,5...6,5
Ель	4,5...6,0	Тополь	6,0...6,5
Каштан	6,0...6,5	Ясень	6,0...7,5
Кедр	6,0...8,0		

3.11.3 Оптимум pH для сельскохозяйственных культур при известковании подзолистых почв (по обобщению ВИУА)

[Сычев В. Г., 2019]

Культура	pH _{водн}	Культура	pH _{водн}
Озимая пшеница	6,5...7,3	Картофель	4,7...6,3 (4,6...6,9)
Яровая пшеница	6,5...7,3	Топинамбур	7,0...7,2 (4,7...7,2)
Озимая рожь	7,0...7,4	Томаты	6,3...6,7
Ячмень	6,0...7,3	Столовая свекла	6,3...6,9 (6,0...7,2)
Овес	7,0...7,7	Кормовая свекла	6,2...7,0
Кукуруза	6,5...7,0 (5,9...7,5)	Капуста	6,7...7,4
Гречиха	7,0...7,4	Тимофеевка	5,0...6,5
Просо	5,5...7,5	Райграс	7,0...7,5
Клевер луговой	6,0...6,7 (4,7...7,5)	Лисохвост	6,5...7,5 (4,5...7,8)
Вика	6,3...6,8	Ежа сборная	6,9...7,4
Соя	6,5...7,1	Лен	6,0...6,3 (6,0...7,5)
Горох	6,8...7,4	Конопля	7,1...7,4
Фасоль	7,4...7,6 (6,5...7,6)	Горчица	7,0...7,5 (6,0...7,5)
Люпин	5,3...6,7 (6,4...7,5)	Подсолнечник	6,0...6,8
Сераделла	5,0...6,3	Мак	6,8...7,2

3.11.4 Оптимальный интервал pH_{KCl} дерново-подзолистых почв и прибавки урожая от известкования, т/га

[Шильников и. А., Лебедева Л. А., 1987]

Культура	pH _{KCl}	Средние прибавки урожая при дозах CaCO ₃ , т/га				Оптимальный интервал pH _{KCl}
		2...4	4...6	6...8	> 8	
Озимая пшеница	4,5 и ниже	0,39	0,46	0,54	0,66	6...7
	4,6...5,0	0,27	0,40	0,46	0,50	
	5,1...5,5	0,10	0,15	0,20	0,25	
Озимая рожь	4,5 и ниже	0,20	0,30	0,34	0,38	5,5...6,5
	4,6...5,0	0,17	0,20	0,24	0,28	
	5,1...5,5	0,05	0,10	0,12	0,12	
Яровой ячмень	4,5 и ниже	0,36	0,40	0,45	0,51	6,3...7,0
	4,6...5,0	0,30	0,36	0,41	0,44	
	5,1...5,5	0,14	0,18	0,20	0,20	
Овес	4,5 и ниже	0,20	0,23	0,26	0,29	5,4...6,0
	4,6...5,0	0,17	0,20	0,22	0,25	
	5,1...5,5	0,05	0,10	0,12	0,12	
Яровая пшеница	4,5 и ниже	2,0	2,4	2,6	2,8	5,8...6,4
	4,6...5,0	1,0	1,5	2,0	2,0	
	5,1...5,5	0,5	0,8	0,8	1,0	
Картофель	4,5 и ниже	1,0	1,4	1,8	2,0	5,0...5,5
	4,6...5,0	1,3	0,7	1,7	1,0	
	5,1...5,5	0,5	0,5	0,5	–	

Культура	pH _{KCl}	Средние прибавки урожая при дозах CaCO ₃ , т/га				Оптимальный интервал pH _{KCl}
		2...4	4...6	6...8	> 8	
Кормовые корнеплоды	4,5 и ниже	8,0	9,0	12,0	14,0	6,2...7,0
	4,6...5,0	2,0	4,0	5,0	6,0	
	5,1...5,5	1,0	1,5	1,5	1,5	
Кукуруза (на силос)	4,5 и ниже	4,0	6,0	7,0	8,0	5,6...6,3
	4,6...5,0	2,0	3,0	4,0	4,0	
	5,1...5,5	1,0	1,5	2,0	2,0	
Однолетние травы (сено)	4,5 и ниже	1,2	1,4	0,6	1,6	5,4...6,0
	4,6...5,0	0,6	0,8	1,0	1,0	
	5,1...5,5	0,5	0,8	0,8	0,8	
Многолетние травы (сено)	4,5 и ниже	1,8	2,5	2,7	3,0	5,6...6,4
	4,6...5,0	1,2	1,5	1,8	2,0	
	5,1...5,5	0,9	1,2	1,3	1,5	
Сеянные луга (бобово-злаковые на сено)	4,5 и ниже	1,0	1,5	1,8	2,0	5,4...6,0
	4,6...5,0	0,6	0,8	1,2	–	
	5,1...5,5					
Естественные луга	4,5 и ниже	0,3	0,4	0,4	–	5,3...5,7
	4,6...5,0	0,2	0,2	–	–	
Свекла столовая	4,5 и ниже	3,0	2,9	3,2	3,5	6,2...7,5
	4,6...5,0	2,0	2,2	2,4	2,8	
	5,1...5,5	1,5	2,0	2,2	2,4	
Капуста белокочанная	4,5 и ниже	4,0	4,4	4,1	3,9	6,5...7,4
	4,6...5,0	3,5	4,1	3,9	3,7	
	5,1...5,5	2,0	2,5	3,0	3,0	
Морковь	4,5 и ниже	2,5	2,9	3,1	3,4	6,0...7,0
	4,6...5,0	1,9	2,1	2,3	2,7	
	5,1...5,5	1,0	1,2	1,4	1,7	

3.11.5 Оптимальная реакция почвенного раствора для овощных культур на минеральных почвах [Приемы повышения плодородия почв, 2021]

Культура	pH	Культура	pH
Свекла столовая	6,2...7,5	Салат	6,8...7,5
Капуста:		Морковь	6,0...7,0
белокочанная	6,5...7,4	Петрушка	6,0...7,0
цветная	6,6...7,2	Томат	6,3...6,7
Лук	6,4...7,9	Огурец	6,4...7,0
Чеснок	6,5...7,9	Редис	5,5...7,3

3.11.6 Оптимальные значения рН почвы для роста растений [Флиндт Р., 1992]

Вид	Оптимум рН	Вид	Оптимум рН
Бук европейский	6,0...7,5	Морковь	5,5...7,0
Гинкго	5,5...7,0	Овес	5,0...6,8
Горох	6,0...8,0	Осина	4,5...5,5
Грецкий орех	6,0...7,5	Петрушка	5,0...7,0
Девичий виноград	6,0...8,0	Подсолнечник	6,0...7,5
Дуб	6,0...7,5	Пшеница	5,5...7,5
Дыня	6,0...8,0	Рододендрон	4,5...6,0
Ежевник	5,5...6,5	Рожь	5,0...7,0
Ель	4,5...6,5	Роза	5,5...7,0
Земляника	5,0...6,5	Сосна	4,5...6,5
Картофель	5,4...6,7	Спаржа	6,0...8,0
Каштан конский	5,5...7,0	Табак	5,5...7,5
Кукуруза	5,5...7,5	Тыква	5,5...7,0
Липа	6,0...7,5	Фиалка	6,0...7,5
Лиственница	4,5...7,5	Черника	4,5...6,0
Лук	6,0...7,5	Щавель кислый	4,0...7,5

3.11.7 Оптимальный показатель рН для культурных растений [Траннуа П., 2006]

Культура	рН	Культура	рН
Виноград	6,0...8,0	Огурцы	6,0...8,0
Вишня	6,0...8,0	Персик	6,0...8,0
Горох	6,0...7,0	Подсолнечник	6,0...7,0
Груша	6,0...8,0	Помидоры	6,0...7,0
Земляника	5,0...6,0	Редис	5,0...7,0
Капуста цветная	5,5...6,5	Репка	6,0...8,0
белокочанная	6,0...7,0	Салат	6,0...7,0
Картофель	4,5...6,0	Свекла	6,0...7,0
Крыжовник	4,5...6,0	Сельдерей	6,0...6,5
Кукуруза	6,0...7,0	Слива	6,0...8,0
Лук	6,0...7,0	Смородина	5,5...7,0
Малина	5,0...6,0	Фасоль	5,5...6,0
Морковь	5,5...6,0	Яблоня	6,0...8,0

3.11.8 Классификация овощных культур по реакции на кислотность почвы [Овощеводство, 2003]

Слаботолерантные культуры (рН 6,8...6,0)	Умеренно толерантные культуры (рН 6,8...5,5)	Высокотолерантные культуры (рН 6,8...5,0)
Спаржа, свекла, брокколи, капуста кочанная и цветная, сельдерей, мангольд, капуста пекинская, кресс-салат, лук-порей, салат, дыня, новозеландский салат, бамия, лук, лебеда столовая, пастернак, овсяной корень, соя, шпинат, водяной кресс	Фасоль обыкновенная и лимская, капуста брюссельская, морковь, капуста листовая, кукуруза, огурец, баклажан, чеснок, хрен, кольраби, горчица, петрушка, перец, тыква, редис, брюква, кабачок, томат, репа	Цикорий, эндивий, фенхель, картофель, ревень, щавель, батат, арбуз

3.11.9 Оптимальное значение рН_{Н2О} для выращивания на минеральных и органоминеральных грунтах [Приемы повышения плодородия почв, 2021]

Овощные культуры	рН _{Н2О}	Декоративные культуры	рН _{Н2О}
Огурец	6,0...7,0	Роза	6,2...6,5
Томат	5,5...6,5	Гвоздика	6,5...7,0
Лук	6,5...7,5	Хризантема	6,5...7,0
Салат	6,0...7,0	Гербера	5,7...6,5
Сельдерей	6,5...7,0	Гортензия	6,0...6,5
Лук-порей	6,0...7,0	Фрезия	6,0...7,0
Цветная капуста	6,4...7,0	Цикламен	5,7...6,5
Редис	6,0...7,0	Примула	6,0...7,0
Перец	6,0...7,0	Азалия	4,5...5,0

3.11.10 Рекомендуемые оптимальные уровни кислотности пахотного слоя почв, рН_{КСl} [Приемы повышения плодородия почв, 2021]

Гранулометрический состав почв	Севообороты		Культурные пастбища и сенокосы	
	полевые	кормовые	злаковые	бобово-злаковые
Песчаный и супесчаный	5,3...5,5	5,5...5,7	5,2...5,4	5,4...5,6
Легко- и среднесуглинистый	5,6...5,8	5,6...6,0	5,4...5,6	5,6...5,8
Тяжелосуглинистый и глинистый	5,8...6,0	6,0...6,2	5,6...5,8	6,0...6,2
Торфяно-болотные почвы	4,8...5,2	5,2...5,4	4,6...4,8	5,0...5,2

3.11.11 Оптимальные значения $pH_{\text{сол}}$ для полевых севооборотов северной лесостепи

[Лукманов А. А. и др., 2023]

Севооборот				
полевой с сахарной свеклой, люцерной; конопляный	полевой с пшеницей, кукурузой, зернобобовыми культурами, клевером	полевой с картофелем, озимой рожью, овсом, крупяными культурами	кормовой (прифермский) с кукурузой, кормовыми корнеплодами	полевой травно-зерновой (с многолетними бобовыми травами)
5,8...6,2	5,3...5,5	5,0...5,2	5,4...5,6	5,5...5,7

3.12 Алкалоиды

3.12.1 Содержание алкалоидов у различных культур, % на сухое вещество [Методы биохимического исследования, 1987]

Растение	Орган	Главнейший алкалоид	Содержание алкалоида
Чай	Листья	Кофеин	0,65...4,1
Табак	То же	Никотин	0,0...9,0
Махорка	«	То же	1,59...11
Белладонна	«	Атропин	0,14...1,3
Люпин	Семена	Люпинин и люпанин	0...3,5
Анабазис	Трава	Анабазин	1...7,7
Картофель	Клубни	Соланин	0,02...0,1
	Ягоды	«	0,05...1,08*
Томаты	Плоды	Томатин	0,03...0,07
	Семена	«	0,016...0,036
	Листья	«	0,4...1,0
Баклажаны	То же	«	0,01...0,12
Мак	Коробочки	Морфин	0,2...1,1
Миндаль горький	Ядра	Цианогенные глюкозиды	1,6...4,3
Персик, слива, вишня, черешня	То же	То же	0,9...3,6
Сорго	Листья	«	0,01...0,07**
Вика посевная	Семена	«	0,0...0,03**
Лен	То же	«	0,02...0,05**
Рапс	«	Глюкозинаты	0,16...3,34
	Листья	«	0,01...0,05
Капуста кормовая	«	«	0,04...0,16
Люцерна	Зеленая масса	Сапонины	0,2...2,0
Соя	Семена	Лектины	20...83***
Перец стручковый	Плоды	Капсаицин	0,01...1,7
Хлопчатник (культурные виды)	Семена	Гассипол	0,2...2,2

Примечание. * – на сырую массу; ** – выражено в HCN; *** – в геагглютинирующие единицах (ГАЕ) на 1 мг обеззараженной муки.

3.13 Водный режим растений

3.13.1 Количество воды, необходимое для прорастания семян, и коэффициент транспирации культурных растений

[Муха В. Д. и др., 2003]

Культура	Количество воды, % массы семян	Коэффициент транспирации
Озимая пшеница	46,6...47,7	450...600
Яровая пшеница	–	338...513
Озимая рожь	57,7...64,7	500...800
Ячмень	48,2...57,4	310...534
Овес	59,8...76,3	376...800
Просо	25,0...38,2	200...300
Кукуруза	37,3...44,0	250...400
Сахарная свекла	120...168	340...450
Кормовая свекла	62,8	734
Картофель	–	300...636
Подсолнечник	56,5	500...600
Горох	106...114	270...800
Конопля	43,9	600...800
Лен	106,6	400...905
Рис	–	500...800
Люцерна	56,3	844
Клевер луговой	117...143	310...900

3.13.2 Коэффициент транспирации растений

[Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Культура	Коэффициент транс- пирации	Культура	Коэффициент транспирации
Бобы конские	595	Просо	200...300
Горох	270...800	Пшеница озимая	450...600
Гречиха	500...600	яровая	338...513
Картофель	300...636	Рис	500...800
Клевер луговой	310...900	Рожь озимая	500...800
Конопля	600...800	Свекла кормовая	734
Кукуруза	250...400	сахарная	340...450
Лен	400...905	Сорго	280...370
Люцерна	844	Томат	570
Могар	302	Тыква	700
Нут	490	Хлопчатник	300...600
Овес	376...800	Чечевица	595
Подсолнечник	500...600	Ячмень яровой	310...534

3.13.3 Коэффициент транспирации растений [Шеуджен А. Х., 2016]

Культура	Коэффициент транспирации	Культура	Коэффициент транспирации
Горох	600...800	Просо	350...450
Гречиха	400...600	Пшеница	350...650
Капуста кочанная	450...550	Рапс	600...800
Картофель	330...640	Рис	300...550
Клевер луговой	500...760	Сахарная свекла	300...420
Конские бобы	600...800	Сорго	300...400
Кукуруза	180...400	Соя	550...900
Овес	440...880	Фасоль	600...850
Огурец	655...750	Ячмень	370...520

3.13.4 Коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур для европейской части Нечерноземной зоны Российской Федерации (в расчете на сухое вещество основной продукции) [Каюмов М. К., 1989, с дополнениями]

Культура	Характер года		
	влажный	средний	засушливый
Озимая и яровая пшеница	375...450	450...500	500...525
Озимая рожь	400...425	425...450	450...550
Ячмень	375...425	435...500	470...530
Овес	435...480	500...550	530...590
Кукуруза, зеленая масса	174...250	250...350	350...406
зерно	400	550	700
Картофель	167...300	450...500	560...660
Кормовая свекла	240...300	310...350	350...400
Лен-долгунец	240...250	300...310	370...380
Многолетние травы (сено)	500...550	600...650	700...750
Подсолнечник		400	
Капуста кочанная		250...600	
Томаты		500...650	
Огурец		более 700	

3.13.5 Приспособленность растений к затоплению

[Муха В. Д. и др., 2003]

Степень приспособленности растений к затоплению	Культура
Неприспособленны	Люцерна, клевер ползучий, фасоль, донник белый, салат-латук, ячмень, овес, картофель, томат, абрикос, перец
Слабая	Кострец безостый, овсяница луговая, ежа сборная, райграс многолетний, тимофеевка луговая, лядвенец рогатый и узколистый, сорго, пшеница, рожь, хлопчатник, яблоня, слива
Хорошая	Канареечник тростниковидный, клевер гибридный и ползучий, овсяница высокая, лядвенец большой, рис, груша

3.14 Кислотность соков плодов и овощей

3.14.1 Активная кислотность клеточного сока листьев и плодов

[Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Растение	pH	Растение	pH
Листья		Плоды	
Гречиха	4,4...6,0	Томаты зрелые	4,1...4,6
Кукуруза	5,0...5,7	незрелые	4,8
Пшеница	5,3...6,0	Огурцы	5,8...6,9
Подсолнечник	5,8...7,2	Тыква	5,9
Горох	5,7...6,4	Арбуз столовый	4,6...5,4 (6,3)
Соя	5,6...6,8	цукатный	4,4...4,8
Фасоль	5,6...6,2	Дыни	6,0...6,9
Свекла	5,4...6,6	Яблоки северных районов	2,5...3,7
Картофель	5,5...6,6	южных районов	3,6...4,6
Томат	5,4...6,7	Груша	4,0...4,7
Капуста	5,5...5,9	Слива Мирабель	3,3...4,1
Тыква	6,4...6,7	Слива Венгерка и др.	3,2...4,1
Люцерна	5,6...6,4	Алыча	2,8...3,4 (3,8)
Клевер луговой (красный)	5,7...6,2	Вишня	3,0...3,9
Донник	6,2...7,3	Черешня	3,7...3,8
Корнеклубнеплоды		Смородина черная	3,0...3,6
Свекла столовая	5,9...6,3	красная	3,0
Морковь	5,8...6,3 (6,8)	Малина	3,1...3,5
Брюква, репа	6,0...6,2	Земляника	3,4...3,8
Редис	6,5...6,7	Виноград	3,0...3,5
Редька	5,3	Лимоны	2,1...3,2
Лук (репка)	5,4...5,9	Лесные ягоды (черника, морошка, земляника, голубика, малина)	3,0...3,4
Картофель	5,8...6,2	Клюква	2,4
Свекла сахарная	6,3...6,6		
Капуста кочанная	6,0...6,3		

3.14.2 Активная кислотность (рН) соков плодов и овощей [Методы биохимического исследования, 1987]

Плоды и ягоды	рН	Овощи	рН
Слива, алыча, яблоки северных районов	3,2...4,1	Корнеплоды, свекла столовая, брюква, морковь, редис	5,8...6,4
Груши, яблоки южные	3,6...4,6	Картофель, кочанная капуста	5,8...6,3
Черная и красная смородина, вишня, малина, лесные ягоды	3,0...3,6	Огурцы, дыня, тыква, сахарная свекла	5,9...6,9
Лимон, клюква	2,1...3,2	Томаты	4,1...4,6

3.15 Биологическая азотфиксация

3. Азотфиксация основных видов бобовых культур

[Кожемяков А. П., Тихонович И. А., 1998; Завалин А. А. и др., 2019]

Культура	Потенциальная продуктивность азотфиксации, кг/га	Коэффициент азотфиксации, % фиксированного азота в растении	Средняя величина азотфиксации, кг/га
Горох	140	66	40...60
Вика посевная	160	70	40...70
Нут	210	75	40...80
Соя	390	88	60...90
Люпин	220	81	80...120
Клевер луговой	310	87	120...180
Эспарцет	270	80	110...160
Люцерна	550	88	140...210
Козлятник восточный	510	91	140...240

3.15.1 Виды *Rhizobium* и предпочитаемые ими растения-хозяева [Фотосинтез и биопродуктивность..., 1989]

Вид	Предпочитаемый род (вид) растений-хозяев
1. <i>Rhizobium leguminosarum</i>	<i>Pisum, Vicia, Lathyrus, Lens</i>
2. <i>R. trifolii</i>	<i>Trifolium</i>
3. <i>R. phaseoli</i>	<i>Phaseolus</i>
4. <i>R. meliloti</i>	<i>Medicago, Melilotus, Trigonella</i>
5. <i>R. lupini</i>	<i>Lupinus, Ornithopus</i>
6. <i>R. japonicum</i>	<i>Glycine max</i>
7. Тип вигны китайской	<i>Vigna, Macroptilium</i> и др.

Примечание. Виды 1–4 – быстрорастущие, 5 и 6, как правило, растут медленно. *Rhizobia* вигны китайской представляют собой группу, содержащую весьма разнообразные виды, которые нельзя отнести к группам 1–6. Группа 7 включает как медленно, так и быстрорастущие штаммы, часть которых может инфицировать даже небобовые виды покрытосеменных растений.

3.15.2 Накопление азота в пожнивно-корневых остатках бобовых растений

[Завалин А. А. и др., 2019]

Растение	Пожнивно-корневые остатки, т/га	Количество азота, кг/га
Бобы	1,0...1,5	19...63
Вика	1,0...3,4	26...35
Горох	1,4...3,2	17...34
Люпин	2,5...4,3	27...50
Люцерна 1 г. п. без полива	3,2...9,1	64...207
Люцерна 1 г. п. орошение	7,5...11,3	150...280
Люцерна 2 г. п. орошение	12,2...15,0	248...584
Люцерна 3 г. п. орошение	18,4...30,0	285...786
Люцерна 4 г. п. орошение	16,7...25,0	251...658
Нут	0,8...1,2	24...28
Клевер луговой 1 г. п.	2,9...9,1	49...178
Клевер луговой 2 г. п.	6,4...11,2	96...285
Соя	1,0...1,4	19...63
Чина	0,8...1,2	10...15

3.16 Вынос основных элементов питания

3.16.1 Вынос основных элементов минерального питания на единицу основной продукции и соответствующее количество побочной продукции некоторых культур

[данные ЦИНАО, 1989 и др.]

Культура	Основная продукция	Экономический район, природная зона	Вынос, кг д.в./т		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая рожь	Зерно	Нечерноземная зона	29,1	10,3	23,0
		Поволжский район	27,6	11,0	26,6
		Уральский район	30,6	11,2	28,7
Озимая пшеница	То же	Нечерноземная зона	27,7	8,2	17,2
		Поволжский район	27,3	7,9	23,2
		Северо-Кавказский район	28,9	9,0	20,8
Яровая пшеница	» »	Нечерноземная зона	31,5	10,6	21,0
		Поволжский район	30,2	11,2	19,9
		Уральский район	29,9	10,7	22,0
Яровой ячмень	» »	Нечерноземная зона	29,3	10,2	24,6
		Поволжский район	29,2	10,2	25,9
		Уральский район	31,0	10,7	26,9
Овес	» »	Нечерноземная зона	27,5	11,0	27,9
		Поволжский район	30,9	8,3	21,4
		Уральский район	31,0	9,9	28,2

Окончание табл. 3.16.1

Культура	Основная продукция	Экономический район, природная зона	Вынос, кг д.в./т		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Просо	» »	ЦЧЗ	27,1	8,2	30,4
		Поволжский район	24,0	7,4	30,0
Кукуруза	» »	ЦЧЗ	26,5	9,1	25,2
		Северо-Кавказский район	28,5	9,4	22,4
Гречиха	» »	ЦЧЗ	44,4	17,6	66,6
		Уральский район	26,8	11,7	47,0
Горох	» »	Нечерноземная зона	56,7	14,3	34,5
		Поволжский район	56,4	13,2	39,0
Вика	» »	Россия	50...60	12...16	16...20
Сахарная свекла	Корнеплоды	ЦЧЗ	4,43	1,29	5,89
		Поволжский район	4,10	1,23	6,56
Подсолнечник	Семена	ЦЧЗ	41,3	18,7	99,2
		Северо-Кавказский район	46,5	16,8	102,7
Соя	Зерно	Дальневосточный район	61,1	14,3	34,8
Картофель	Клубни	Нечерноземная зона	5,8	1,8	8,3
		Поволжский район	6,5	1,9	8,3
		Уральский район	7,0	2,2	9,9
Кукуруза	Зеленая масса	Нечерноземная зона	3,3	1,3	3,7
		Поволжский район	3,6	1,1	4,5
		Уральский район	2,9	0,9	3,7
Яровой рапс	Семена	Россия	32...34	18...24	24...36
Масличный лен	Маслосемена	Россия	27...36	11...13	23...26
Однолетние травы бобово-злаковые	Сено	Нечерноземная зона	16,9	6,3	23,5
		Поволжский район	17,5	6,0	25,6
		Уральский район	19,2	6,0	20,7
Многолетние травы злаковые	То же	Нечерноземная зона	14,5	5,0	19,6
		Уральский район	15,6	4,8	17,9
Многолетние травы бобово-злаковые	» »	Нечерноземная зона	14,5	4,3	18,2
		ЦЧЗ	19,6	4,6	19,4
		Дальневосточный	15,6	4,9	19,1
Клевер луговой	» »	Россия	20...30	5...8	10...20
Люцерна	» »	То же	25...35	5...8	10...20
Капуста кочанная	Вилки	» »	3,3...4,1	1,0...1,4	4,0...4,6
	Соцветие	» »	8,4	2,9	8,3
Столовая свекла	Корнеплоды	» »	2,7	1,5	4,3
Морковь	То же	» »	2,3...4,3	1,0...1,4	3,8...4,9
Лук репчатый	Лук-репка	» »	1,6...3,0	1,2...1,3	2,4...4,0
Томаты	Плоды	» »	1,6...3,5	0,5...1,2	2,8...4,5
Огурцы	Зеленцы	» »	1,3...3,0	0,5...1,2	2,3...3,2

3.16.2 Вынос основных элементов минерального питания на единицу основной продукции и соответствующее количество побочной продукции некоторых культур, кг/т
[Система применения удобрений, 2011]

Культура	Основная продукция	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Озимая пшеница	зерно	28,2	10,8	19,2	4,7	3,1	5,0
Озимая рожь	то же	28,0	12,1	23,3	4,1	3,1	6,0
Озимая тритикале	»	26,0	11,5	21,0	4,2	3,0	5,5
Озимый ячмень	»	25,0	11,1	25,0	4,5	2,8	8,0
Яровая пшеница	»	30,4	11,6	24,7	3,2	2,4	6,0
Яровая тритикале	»	23,3	12,0	21,9	2,9	3,2	6,0
Яровой ячмень	»	29,1	11,9	27,4	4,8	3,0	9,0
Овес	»	25,9	12,4	28,6	4,2	3,3	10,0
Кукуруза	»	30,2	13,3	27,6	5,0	3,1	6,1
Просо	»	30,0	12,0	30,0	3,6	1,8	1,2
Гречиха	»	37,5	19,8	48,2	8,1	3,4	8,0
Зерновые в среднем	»	28,5	12,5	26,5	4,8	3,0	6,6
Горох	»	58,9	14,0	29,0	24,0	4,8	10,5
Пелюшка	»	63,6	24,9	35,6	21,8	8,0	16,4
Кормовые бобы	»	60,0	18,0	38,0	25,0	7,4	11,9
Фасоль	»	45,0	10,7	37,9	–	–	–
Вика яровая	»	60,0	18,0	38,0	–	–	–
Сераделла	»	60,0	18,0	38,0	–	–	–
Люпин	»	84,3	19,9	44,0	21,0	8,7	12,0
Зернобобовые в среднем	»	81,7	17,6	37,2	18,8	8,5	14,2
Озимые зерновые в среднем	зеленая масса	4,8	1,2	3,9	1,2	0,6	0,3
Яровые зерновые в среднем	то же	4,2	1,2	3,6	1,2	0,6	0,3
Кукуруза	»	3,3	1,2	4,2	0,6	0,5	0,9
Горох	»	6,5	1,5	5,0	21,4	6,6	12,1
Пелюшка	»	4,5	1,1	3,5	–	–	–
Кормовые бобы	»	3,2	1,0	3,5	–	–	–
Вика	»	4,5	1,1	3,5	–	–	–
Сераделла	»	4,7	1,2	4,0	–	–	–
Люпин	»	5,4	1,7	3,9	–	–	–
Однолетние бобовые травы	»	4,8	1,3	3,9	2,0	0,9	0,6
Амарант	»	2,8	2,0	7,0	–	–	–
Райграсс однолетний	семена	195,0	75,0	185,0	–	–	–
	сено	16,6	7,0	38,5	–	–	–
	семена	195,0	75,0	185,0	–	–	–
Однолетние злаковые травы	сено	13,9	5,5	25,4	6,9	2,8	2,5
	зеленая масса	2,8	1,1	5,1	1,4	0,6	0,5

Продолжение табл. 3.16.2

Культура	Основная продукция	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Райграс однолетний + многолетние травы	то же	3,9	1,7	9,2	–	–	–
Райграс пастбищный	сено	16,3	6,2	20,2	–	–	–
Тимофеевка луговая	то же	17,6	7,0	24,0	–	–	–
Ежа сборная	»	23,3	8,0	25,6	–	–	–
Овсяница луговая	»	21,1	7,5	24,9	–	–	–
	»	14,9	4,5	24,1	4,9	2,0	2,0
Многолетние злаковые травы	зеленая масса	3,0	0,9	4,8	1,0	0,4	0,4
	семена	195,0	75,0	185,0	4,1	3,5	6,0
Однолетние бобово-злаковые + многолетние травы	зеленая масса	4,5	1,3	4,3	–	–	–
	сено	17,3	5,4	25,7	13,0	4,8	2,5
Многолетние бобово-злаковые травы	зеленая масса	3,5	1,1	5,1	2,4	0,9	0,5
	сено	23,4	5,1	27,2	15,3	7,6	3,1
Многолетние бобовые травы	зеленая масса	4,3	1,0	4,4	3,0	1,5	0,6
	семена	260,0	65,0	200,0	19,1	9,0	5,2
Люцерна	сено	27,3	5,8	23,7	–	–	–
Клевер луговой	то же	21,4	4,8	25,2	–	–	–
Козлятник восточный	»	29,7	3,8	13,1	–	–	–
Сенокосы естественные	»	16,8	2,6	20,7	–	–	–
	»	16,1	4,9	22,0	9,5	4,1	2,0
Сенокосы культурные	зеленая масса	3,2	1,0	4,4	2,0	0,8	0,4
Пастбища естественные	то же	4,3	0,6	6,2	–	–	–
	»	5,3	0,8	4,9	2,0	1,0	0,5
Пастбища культурные	сено	19,4	5,9	24,3	10,0	5,0	2,3
Плодовые деревья	фрукты	5,0	1,6	5,5	–	–	–
Ягодники	ягоды	9,1	2,9	9,5	–	–	–
Однолетние бобовые травы	сено	22,8	5,6	18,0	17,2	4,6	2,7
Горохо-овсяная смесь	зерно	45,5	13,4	24,4	–	–	–
Пелюшко-овсяная смесь	то же	42,5	17,8	28,2	–	–	–
Вико-овсяная смесь	»	43,1	15,4	30,9	–	–	–
Смесь бобово-злаковых трав	»	43,7	15,5	27,8	14,8	4,5	9,5
Однолетние бобово-злаковые травы	зеленая масса	4,5	1,3	4,3	1,5	0,7	0,5
	сено	17,4	5,4	25,9	7,6	2,9	2,5
Лен-долгунец	волокно	58,1	22,9	73,0	15,0	7,8	16,0

Культура	Основная продукция	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Конопля	то же	60,2	32,8	50,4	–	–	–
Картофель	клубни	5,4	1,9	10,0	2,2	1,1	0,8
Сахарная свекла	корнеплоды	4,0	1,6	6,5	1,6	1,2	1,6
Кормовая свекла	то же	3,5	1,1	7,8	0,9	0,8	1,0
Кормовая брюква	»	3,0	1,0	4,3	0,9	0,7	1,2
Турнепс	»	2,7	1,0	3,7	0,8	0,7	2,0
Кормовая морковь	»	2,6	1,0	5,0	0,9	0,8	1,0
Куузику	»	3,4	1,3	4,5	1,0	0,9	1,2
Кормовые корнеплоды	»	3,0	1,1	5,1	1,0	0,8	1,2
Капуста кормовая	зеленая масса	3,9	1,6	5,3	–	–	–
Капуста кочанная	вилок	4,0	1,0	4,3	5,8	2,0	2,0
Огурцы	плоды	1,3	0,5	2,3	1,5	1,0	0,7
Томаты	то же	1,6	0,5	2,8	3,0	1,7	1,0
Столовая свекла	корнеплоды	5,0	1,6	7,4	–	–	–
Морковь	то же	3,4	1,1	4,5	–	–	–
Лук-репка	луковицы	3,0	1,2	4,0	2,0	1,1	2,0
Овощи в среднем		3,0	1,0	4,3	4,2	1,5	1,5
Зеленные овощи	овощи	3,0	1,0	4,5	–	–	–
Семенники капусты	семена	70,0	35,0	36,0	–	–	–
свеклы	то же	80,0	40,0	41,0	–	–	–
моркови	»	70,0	35,0	42,0	–	–	–
Озимый рапс	»	58,0	29,0	26,0	5,2	1,9	3,3
Яровой рапс	»	55,0	30,0	30,0	5,1	2,0	3,5
Сурепица	»	53,0	20,0	21,0	–	–	–
Горчица	»	57,0	20,0	23,0	–	–	–
Редька масличная	»	50,0	20,0	32,0	–	–	–
Капустные в среднем	»	54,6	23,8	26,4	5,2	2,0	3,4
Сурепица	зеленая масса	3,4	0,7	4,6	–	–	–
Горчица	то же	4,2	1,0	5,1	–	–	–
Яровой рапс	»	5,0	1,0	4,9	3,0	1,2	0,8
Озимый рапс	»	5,0	0,7	4,7	2,8	1,1	0,7
Редька масличная	»	4,3	1,3	5,5	1,6	1,0	0,6
Капустные в среднем	»	4,4	0,9	5,0	2,5	1,1	0,7

3.16.3 Средний вынос карбонатов урожаем, кг/т [Приемы повышения плодородия почв, 2021]

Культура	CaCO ₃	MgCO ₃	Сумма карбонатов
Озимая рожь (зерно + солома)	8,8	6,0	14,8
Озимая пшеница (зерно + солома)	6,3	6,5	12,8
Яровая пшеница (зерно + солома)	5,6	7,8	13,4
Яровой ячмень (зерно + солома)	7,7	6,3	14,0
Овес (зерно + солома)	9,7	7,2	16,5
Гречиха (зерно + солома)	8,0	8,5	16,5
Горох (зерно + солома)	31,5	10,0	41,5
Лен-долгунец (семена + соломка)	17,1	16,4	33,5
Картофель (клубни)	0,5	1,5	2,0
Кормовые корнеплоды (корни)	0,5	1,0	1,5
Кормовой люпин (зеленая масса)	2,9	1,5	4,4
Клевер луговой (сено)	42,2	19,0	61,2
Люцерна (сено)	45,5	7,8	53,3
Сено многолетних трав	27,0	12,5	39,5
Сено однолетних трав	30,0	10,6	40,6
Капуста	1,3	0,8	2,1
Луговые бобово-злаковые травы (сено)	17,1	10,2	27,3
Луговые злаковые травы (сено)	7,2	5,0	12,2

3.16.4 Поглощение питательных веществ плодовыми и ягодными культурами, кг/т урожая [Минеев В. Г., 2006]

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Яблоня	1,09	0,29	1,16	1,19	0,49
Груша	1,53	0,37	1,72	1,45	0,56
Слива	3,53	1,04	4,42	1,57	1,42
Смородина:					
черная	8,63	3,42	4,66	12,87	–
красная	6,61	2,54	4,08	8,66	–
Крыжовник	4,39	2,22	6,83	5,33	–
Земляника	14,44	3,20	17,07	–	–

3.16.5 Вынос калия с урожаем плодовых и ягодных культур [Прокошев В. В. и др., 2000]

Культура	Урожайность, т/га	Вынос K ₂ O, кг/га	Культура	Урожайность, т/га	Вынос K ₂ O, кг/га
Яблоня	61,5	72	Смородина:		
Груша	22,0	38	красная	20,1	82
Слива	9,9	34	черная	7,3	34
Персик	23,4	85	Крыжовник	18,0	123
			Земляника	10,8	184

3.16.6 Нормативы затрат элементов питания на 1 т основной продукции с учетом побочной для условий Поволжья, кг д. в. [Лукманов А. А. и др., 2024]

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Рожь озимая	23	21	19
Пшеница озимая	28	27	22
яровая	21	24	19
Ячмень	21	20	19
Овес	26	22	17
Гречиха	30	29	26
Просо	28	27	25
Горох	11	25	16
Соя	17	30	16
Вика	11	23	16
Свекла сахарная	4,2	4,6	4,4
Подсолнечник (семена)	25	40	18
Картофель	3,9	4,0	4,3
Кукуруза на зерно	20	16	14
на силос	1,6	1,9	1,4
Кормовые корнеплоды	2,2	2,2	2,0
Однолетние травы (сено)	11	17	9
Многолетние травы (сено)	11	11	14
Овощные культуры	2,5	2,3	2,2

3.16.7 Относительный вынос элементов питания основными овощными культурами, кг/т

[Овощеводство, 2003]

Культура	Почва	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Арбуз	Светло-каштановая	2...3	0,25...0,5	2,5...3,0
Капуста белокочанная:	ранняя	3,4...4,5	0,3...1,2	3...4,2
	поздняя	4,0...5,7	0,3...1,6	3...4,2
	среднепоздняя	3,4...5,0	0,3...1,1	3...4,4
Капуста цветная	Дерново-луговая	3,5...9,4	0,9...3,1	3,0...7,0
	Дерново-подзолистая	4...10,0	1,1...3,2	3,0...7,0
Картофель	»	2,0...3,2	0,5...1,2	5,0...7,2
Лук репчатый	»	2,0...3,0	0,25...0,9	2,5...4,9
	Лугово-черноземная	1,7...3,0	0,25...0,9	2,5...3,9
Морковь столовая	Дерново-подзолистая	2,0...3,5	0,3...0,8	2,7...4,0
	Дерново-луговая	2,0...3,5	0,3...0,8	2,7...4,0
Огурец	Лугово-черноземная	2,8...5,0	0,15...0,6	2,5...5,4
	Чернозем выщелоченный	2,8...5,0	0,2...0,6	2,6...5,4
Салат кочанный	Дерново-подзолистая	4,0...5,5	0,45...0,7	4,2...6,0
Свела столовая	Лугово-болотная	2,7...5,0	0,25...1,5	2,8...6,9
	Дерново-подзолистая	3,5...5,0	0,25...1,4	2,8...7,7
Томат	»	2,4...5,5	0,4...0,7	3,0...6,0
	Лугово-черноземная	2,4...5,5	0,4...0,8	3,0...6,0

3.16.8 Усвоение азота минеральных удобрений различными сельскохозяйственными культурами

[Удобрения, их свойства и способы использования, 1982]

Культура	Число опытов	Коэффициент использования азота, % от внесенной дозы	
		средний	колебания
Озимая пшеница	17	31	12...44
Яровая пшеница	10	37	26...44
Ячмень	50	45	24...60
Овес	33	44	13...61
Кукуруза	7	40	35...63
Просо	2	44	41...46
Рис	6	19	16...22
Зернобобовые	9	53	16...61
Лен	2	34	33...36
Картофель	7	40	25...45
Чай	3	32	26...39
Травы	11	43	27...70
Итого	157	43	12...70

3.17 ПДК нитратов в овощах, фруктах и кормах

3.17.1 ПДК нитратов в овощах, фруктах и кормах, мг/кг сырого вещества

[СанПиН N 4722-88]

Продукт	Содержание нитратов	Продукт	Содержание нитратов
Картофель	250	Арбузы	60
Капуста кочанная		Перец сладкий	200/400
ранняя (до 1 сентября)	900	Кабачки	400/400
поздняя	500	Тыква (для приготовления консервов детям)	200
Томаты	150/300	Виноград столовый	60
Огурцы	150/400	Яблоки, груши	60
Свекла столовая	1 400	Силос, сенаж	500
Лук репчатый	80	Сено	1 000
Лук-перо	600/800	Зеленый корм	300
Зеленые культуры (салаты, шпинат, петрушка, укроп и т. п.)	2 000/ 3 000	Свекла кормовая	1 500
Дыни	90	Картофель кормовой	300

Часть 4. Дополнительные сведения

4.1 Единицы физических и математических величин

4.1.1 Степени числа 10 и названия больших и малых чисел

$10^0 = 1$	$10^{21} =$ (секстиллион)
$10^1 = 10$	$10^{24} =$ (септиллион)
$10^2 = 100$	$10^{27} =$ (октиллион)
$10^3 = 1\ 000$	$10^{-1} = 0,1$ (одна десятая)
$10^6 = 1\ 000\ 000$ (миллион)	$10^{-4} = 0,000\ 1$ (одна десятитысячная)
$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$ (миллиард)	$10^{-6} = 0,000\ 001$ (одна миллионная)
$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$ (триллион)	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$ (одна миллиардная)
$10^{15} =$ (квадриллион)	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$ (одна триллионная) и т.д.
$10^{18} =$ (квинтиллион)	

4.1.2 Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименование

Приставка				Пример		
Кратность и дольность	Наименование	Обозначение		Произношение	Обозначение	
		русское	международное		русское	международное
10^{12}	тера	Т	T	тераджоуль	ТДж	TJ
10^9	гига	Г	G	гигаджоуль	ГДж	GJ
10^6	мега	М	M	мегаджоуль	МДж	MJ
10^3	кило	к	k	килограмм	кг	kg
10^2	гекто	г	h	гектолитр	гл	hl
10^1	дека	да	da	декалитр	дал	dal
10^{-1}	деци	д	d	дециметр	дм	dm
10^{-2}	санти	с	c	сантиметр	см	cm
10^{-3}	милли	м	m	миллиметр	мм	mm
10^{-6}	микро	мк	μ	микрометр	мкм	μm
10^{-9}	нано	н	n	нанометр	нм	nm
10^{-12}	пико	п	p	пикофарада	пФ	pF
10^{-15}	фемто	ф	f	фемтосекунда	фс	fs
10^{-18}	атто	а	a	аттограмм	аг	ag

4.1.3 Соотношение некоторых единиц физических величин

1 м = 10 дм = 100 см = 1 000 мм; **1 км** = 1 000 м; **1 вершок** = 4,445 см;
1 аршин = 16 вершкам = 0,7112 м; **1 сажень** = 3 аршина = 2,1336 м;
1 верста = 500 сажений = 1,0668 км; **1 дюйм** = 2,54 см; **1 фут** = 0,3048 м;
1 ярд = 0,9144 м; **1 миля уставная** = 1,6093 м; **1 миля морская** = 1,852 м.

1 ар (1 сотка) = 100 м²; **1 га** = 100 ар (100 соток) = 10 000 м²; **1 км²** = 100 га;
1 десятина = 10 925,4 м² ~ 1,09 га; **1 квадратная миля** = 2,59 км²; **1 акр** = 0,405 га;
1 квадратный ярд = 0,836 м²; **1 квадратный фут** = 0,093 м².

1 л = 1 000 мл = 1 дм³ = 0,001 м³; **1 м³** = 1 000 л; **1 баррель нефтяной** = 158,987 дм³ (л);
1 пинта = 0,568 л; **1 кварта** = 1,136 л; **1 галлон** = 4,546 л.

1 г = 1 000 мг; **1 кг** = 1 000 г = 1 000 000 мг; **1 т** = 10 ц = 1 000 кг; **1 ц** = 100 кг;
1 золотник = 4,2655 г; **1 фунт** = 96 золотников = 409,5 г; **1 пуд** = 40 фунтов = 16,3805 кг;
1 берковец = 10 пудам = 163,805 кг; **1 унция** = 28,3495 г; **1 фунт (английский)** = 453,59 г;
1 т метрическая = 1 000 кг; **1 т короткая (sh ton)** = 907,1847 кг;
1 т длинная (ton) = 1 016,047 кг; **1 гран** = 64,799 мг; **1 карат** = 200 мг; **1 скрупул** = 1,296 г;
1 унция = 31,104 г; **1 фунт (тройский)** = 373,24 г.

4.1.4 Атомные массы элементов

Знание атомной массы основных элементов необходимо для выполнения стехиометрических расчетов для осуществления химических реакций, для оценки содержания действующего вещества в минеральных удобрениях.

Элемент	Символ	Атомная масса, г/моль	Элемент	Символ	Атомная масса, г/моль
Азот	N	14,01	Молибден	Mo	95,94
Алюминий	Al	26,91	Натрий	Na	22,99
Бор	B	10,81	Никель	Ni	58,71
Бром	Br	79,91	Олово	Sn	118,69
Водород	H	1,01	Ртуть	Hg	200,59
Железо	Fe	55,85	Свинец	Pb	207,19
Иод	I	126,90	Селен	Se	78,96
Кадмий	Cd	112,41	Сера	S	32,06
Калий	K	39,10	Стронций	Sr	87,62
Кальций	Ca	40,08	Углерод	C	12,01
Кислород	O	16,00	Фосфор	P	30,97
Кобальт	Co	58,93	Фтор	F	19,00
Кремний	Si	28,09	Хлор	Cl	35,45
Магний	Mg	24,31	Хром	Cr	52,00
Марганец	Mn	54,94	Цезий	Cs	132,91
Медь	Cu	63,55	Цинк	Zn	65,38

4.2 Основные реактивы, используемые в агрохимическом анализе

4.2.1 Основные реактивы, используемые в агрохимическом анализе

Название реактива	Формула	Масса, г	
		молекулярная	эквивалентная
Азотная кислота	HNO_3	63,016	63,016
Аммиак	NH_3	17,032	17,032
Аммоний	NH_4	18,040	18,040
аммония ацетат	$\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$	77,084	77,084
аммония гидроортофосфат	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	132,068	44,023
аммония дигидроортофосфат	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	115,036	38,345
аммония карбонат	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	114,106	56,053
аммония молибдат	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1 235,954	–
аммония нитрат	NH_4NO_3	80,048	80,048
аммония оксалат	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	142,116	71,058
аммония ортофосфат	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	149,100	49,700
аммония роданид	NH_4CNS	76,124	76,124
аммония сульфат	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132,146	66,073
аммония хлорид	NH_4Cl	53,497	53,497
аммония цитрат	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7(\text{NH}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	261,236	–
Бария хлорид	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	244,306	122,153
Бета-динитрофенол	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2\text{OH}$	184,108	–
Бромтимол синий	$\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{O}_5\text{SBr}_2$	624,392	–
Глицерин	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$	92,094	–
Глюкоза	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	198,172	–
Дисульфософеноловая кислота	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{HSO}_3)_2\text{OH}$	254,240	–
Дихлорэтан	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	98,966	–
Железоаммонийные квасцы	$\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	482,214	–
железа(II) сульфат	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	278,028	139,014
железа(III) сульфат	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	399,898	66,640
железа(III) хлорид	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	270,317	90,106
Калий			
калия гексацианферрат(II)	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	422,390	105,597
калия гексацианферрат(III)	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	329,246	109,748
калия гидроксид	KOH	56,104	56,104
калия гидроортофосфат	K_2HPO_4	174,180	58,060
калия гидротартрат	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{HK}$	188,176	188,176
калия дегидроортофосфат	KH_2PO_4	136,092	45,364
калий-динатрийкобальтнитрит	$\text{KNa}_2\text{Co}(\text{NO}_2)_6$	420,078	70,013
калия дихромат	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	294,212	49,035
калия йодид	KI	166,016	166,016
калия карбонат	$\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	174,214	87,117
калия манганат	KMnO_4	158,028	31,605

Название реактива	Формула	Масса, г	
		молекулярная	эквивалентная
Калий			
калий-натрийкобальтнитрит	$K_2NaCo(NO_2)_6$	436,177	72,696
калия нитрат	KNO_3	101,104	101,104
калия оксид	K_2O	94,192	47,096
калия ортофосфат	K_3PO_4	212,268	70,756
калия перхлорат	$KClO_4$	138,553	138,553
калия сульфат	K_2SO_4	174,258	87,129
калия тартрат	$C_4H_4O_6K_2$	226,264	113,132
калия хлорид	KCl	74,553	74,553
калия хромат	K_2CrO_4	194,202	97,101
Кальций			
кальция гидроксид	$Ca(OH)_2$	74,096	37,048
кальция гидроортофосфат	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	172,100	57,366
кальция дигидроортофосфат	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	252,088	42,014
кальция карбонат	$CaCO_3$	100,090	50,045
кальция нитрат	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	236,160	118,080
кальция оксалат	CaC_2O_4	128,100	64,050
кальция оксид	CaO	56,080	28,040
кальция ортофосфат	$Ca_3(PO_4)_2$	310,200	51,700
кальция сульфат	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	172,178	86,089
кальция хлорид	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	219,090	109,545
Карбамид	$CO(NH_2)_2$	60,050	–
Кобальта хлорид	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	237,95	118,975
Конго красное	$C_{32}H_{23}O_6N_6Na_2$	697,678	–
Крахмал	$(C_6H_{10}O_5)_n$	162,140	–
Лимонная кислота	$C_3H_4(OH)(COOH)_3$	210,140	70,046
Магний			
магния дифосфат	$Mg_2P_2O_7$	222,60	–
магния оксид	MgO	40,320	20,160
магния сульфат	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	246,498	123,249
магния хлорид	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	203,330	101,665
Марганца сульфат	$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	277,108	138,554
Медь			
меди дигидрооксид	$Cu(OH)_2$	97,556	48,778
меди дихлорид	$CuCl_2 \cdot 2H_2O$	170,486	85,243
меди(I)оксид	Cu_2O	143,080	71,540
меди(II)оксид	CuO	79,540	39,770
меди сульфат	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	249,686	124,843
Метиленовый красный	$C_{15}H_{15}O_2N_3$	269,294	–
Метиленовый оранжевый	$C_{14}H_{14}O_3N_3SNa$	327,339	–
Метиловый спирт	CH_3OH	32,042	–
Натрий			
натрия ацетат	$NaC_2H_3O_2 \cdot 3H_2O$	136,089	136,089
натрия гидрокарбонат	$NaHCO_3$	84,015	84,015

Продолжение табл. 4.2.1

Название реактива	Формула	Масса, г	
		молекулярная	эквивалентная
Натрий			
натрия гидроксил	NaOH	40,005	40,005
натрия гидроортофосфат	Na ₂ HPO ₄	358,174	119,391
натрия гидротартрат	NaHC ₄ H ₄ O ₆ ·H ₂ O	190,093	190,093
натрия дигидроортофосфат	NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	138,009	46,003
натрия карбонат	Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	286,164	143,820
натрия нитрат	NaNO ₃	85,005	85,005
натрия нитрит	NaNO ₂	69,005	69,005
натрия оксалат	Na ₂ C ₂ O ₄	134,014	67,007
натрия ортофосфат	Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	380,163	126,721
натрия перхлорат	NaClO ₄ ·4H ₂ O	122,454	122,454
натрия сульфат	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	322,220	161,110
натрия тиосульфат	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O	248,206	248,206
натрия фторид	NaF	41,997	41,997
натрия хлорид	NaCl	58,454	58,454
Неслера реактив	K ₂ HgI	786,482	–
Олова хлорид	SnCl ₂ ·H ₂ O	225,646	112,823
Парафин	C _n H _{2n+2}	–	–
Пикриновая кислота	C ₆ H ₆ OH(NO ₂) ₃	229,050	–
Ртутноамидная соль серной кислоты	(NH ₂ Hg) ₂ SO ₄	529,334	–
Каломель (ртути хлорид)	Hg ₂ Cl ₂	472,120	–
Сегнетовая соль (виннокислый калий, натрий)	C ₄ H ₄ O ₆ KNa·4H ₂ O	282,229	–
Серебро			
серебра нитрат	AgNO ₃	169,888	169,888
серебра сульфат	Ag ₂ SO ₄	311,826	155,913
серебра хлорид	AgCl	143,337	143,337
Свинец			
свинца гидроксид	Pb(OH) ₂	241,226	120,613
свинца оксид	PbO	223,210	111,605
свинца ацетат	Pb(CH ₃ COO) ₂ ·2H ₂ O	379,346	189,673
Серная кислота	H ₂ SO ₄	98,082	49,041
Соляная кислота	HCl	36,465	36,465
Спирт этиловый	C ₂ H ₅ OH	46,068	–
Тимол синий	C ₂₇ H ₃₀ O ₅ S	466,576	–
Тимолфталеин	C ₂₇ H ₃₀ O ₂₄	741,230	–
Толуол	C ₆ H ₅ CH ₃	92,134	–
Уксусная кислота	CH ₃ COOH	60,052	60,052
Феллинга раствор	CuSO ₄ + NaOH + C ₄ H ₄ O ₆ KNa	–	–
Фенол	C ₆ H ₅ OH	94,108	–
Фенолфталеин	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	318,312	–
Формальдегид	HCHO	30,026	–
Фосфорный ангидрид	P ₂ O ₅	141,060	23,660

Название реактива	Формула	Масса, г	
		молекулярная	эквивалентная
Ортофосфорная кислота	H ₃ PO ₄	98,004	32,668
Фукусин кислый	C ₂₀ H ₁₈ N ₃ S ₃ O ₆ Na ₃	561,557	–
Фталевая кислота	C ₈ H ₆ O ₄	166,050	–
Фтороводородная кислота	HF	20,010	–
Хингидрон	C ₁₂ H ₁₀ O ₄	218,200	–
Хлорная кислота	HClO ₄	100,465	100,465
Цинка сульфат	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	287,558	143,779
Щавелевая кислота	H ₂ C ₂ O ₄ ·2H ₂ O	126,068	63,034
Эфир серный (диэтиловый)	(C ₂ H ₅) ₂ O	74,120	–
Яблочная кислота	(COOH) ₂ CHONCH ₂	134,088	67,044
Янтарная кислота	(COOH) ₂ CH ₂ CH ₂	118,088	59,044

4.3 Биологически значимые для растений элементы

4.3.1 Биологически значимые элементы

[Биологическая неорганическая химия, 2021]

Биологически значимые элементы

		Биологически значимые элементы																															
		1											13	14	15	16	17	18															
Период	1	1 H 1,0079																2 He 4,003															
	2	3 Li 6,941	4 Be 9,012											5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,01	8 O 16,00	9 F 19,00	10 Ne 20,18														
	3	11 Na 22,99	12 Mg 24,30	Переходные металлы										13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,07	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95														
	4	19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,55	30 Zn 65,39	31 Ga 69,72	32 Ge 72,61	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,80														
	5	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,94	43 Tc 98,91	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4	47 Ag 107,9	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 121,8	52 Te 127,6	53 I 126,9	54 Xe 131,3														
	6	55 Cs 132,9	56 Ba 137,3	57 La 138,9	58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm 146,9	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,2	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,3	69 Tm 168,9	70 Yb 173,0	71 Lu 175,0	72 Hf 178,5	73 Ta 180,9	74 W 183,8	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1	79 Au 197,0	80 Hg 200,6	81 Tl 204,4	82 Pb 207,2	83 Bi 209,0	84 Po 210,0	85 At 210,0	86 Rn 222,0
	7	87 Fr 223,0	88 Ra 226,0	89 Ac 227,0	90 Th 232,0	91 Pa 231,0	92 U 238,0	93 Np 237,0	94 Pu 239,1	95 Am 241,1	96 Cm 244,1	97 Bk 249,1	98 Cf 252,1	99 Es 252,1	100 Fm 257,1	101 Md 256,1	102 No 259,0	103 Lr 260,1	104 Rf 261,1	105 Db 268,1	106 Sg 271,1	107 Bh 274,1	108 Hs 277,1	109 Mt 288,1	110 Uun 289,1	111 Uuu 293,1	112 Uub 293,1	113 Nh 290,1	114 Fl 289,1	115 Mc 288,1	116 Lv 293,1	117 Ts 294,1	118 Og 294,1
Лантаниды		57 La 138,9	58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm 146,9	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,2	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,3	69 Tm 168,9	70 Yb 173,0	71 Lu 175,0																	
Актиниды		89 Ac 227,0	90 Th 232,0	91 Pa 231,0	92 U 238,0	93 Np 237,0	94 Pu 239,1	95 Am 241,1	96 Cm 244,1	97 Bk 249,1	98 Cf 252,1	99 Es 252,1	100 Fm 257,1	101 Md 256,1	102 No 259,0	103 Lr 260,1																	

Основные биологически значимые элементы
 Элементы, значимые для широкого ряда бактерий, растений и/или животных

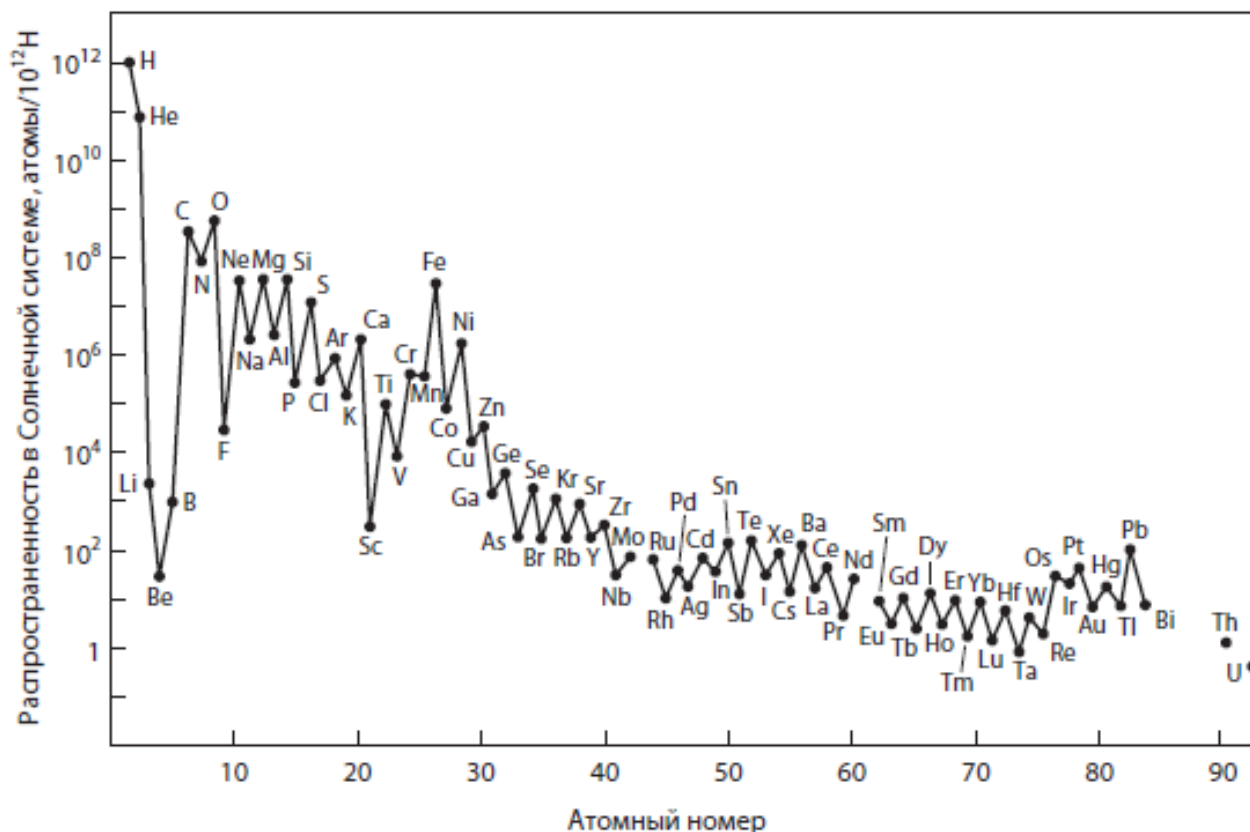
Элементы, значимые (возможно) для отдельных видов

4.3.2 Функциональная роль биологически значимых элементов [Биологическая неорганическая химия, 2021]

- Обеспечение электронейтральности и электролитической электропроводимости: **Na, K, Cl**;
- Структурная организация и темплатный эффект (многократное увеличение выхода в реакции синтеза надмолекулярного комплекса): **Ca, Zn, Si, S**;
- Передача сигнала: **Ca, B, NO**;
- Буферное действие брэнстедновских кислот и оснований (соединений, способных отдавать либо присоединять протон): **P, Si, C**;
- Катализ льюисовыми кислотами и основаниями: **Zn, Fe, Ni, Mn**;
- Транспорт электронов: **Fe, Co, Mo**;
- Перенос групп (например, CH_3 , O, S): **V, Fe, Co, Ni, Cu, Mo, W**;
- Окислительно-восстановительный катализ: **V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, W, S, Se**;
- Накопление энергии: **H, P, S, Na, K, Fe**;
- Биоминерализация: **Ca, Mg, Fe, Si, Sr, Cu, P**.

4.4 Распространение элементов в Природе

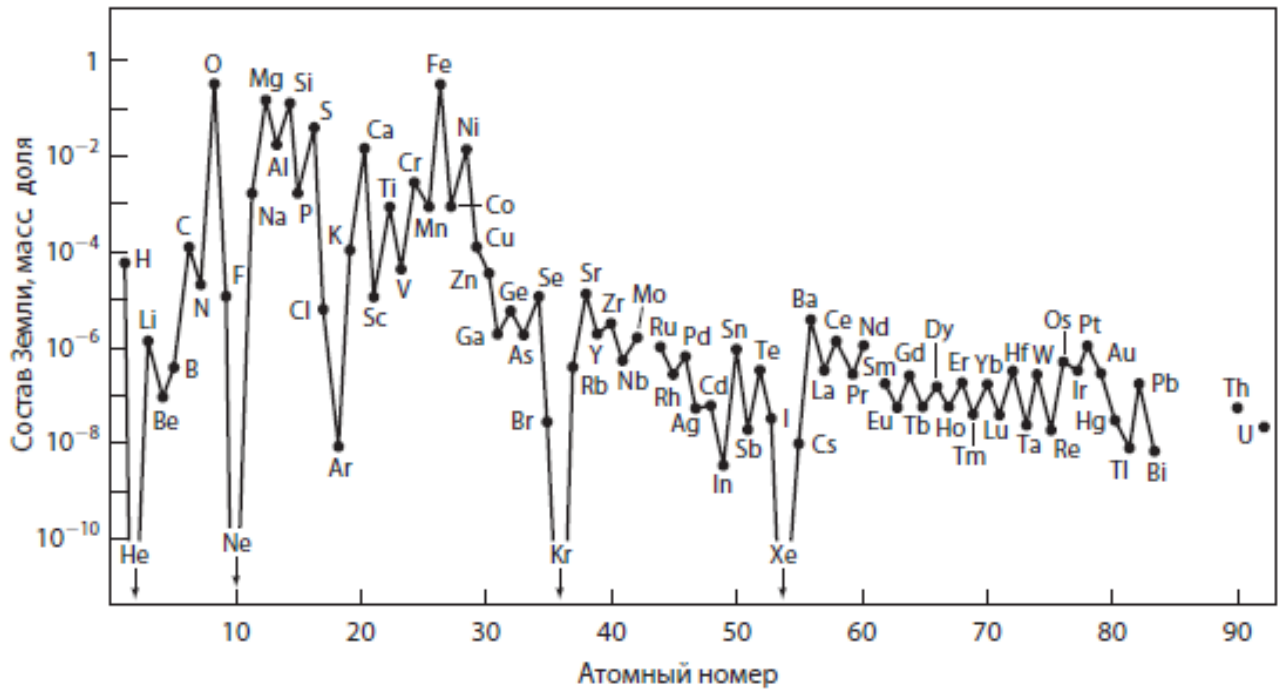
4.4.1 Распространение элементов в Солнечной системе [Сох Р. А., 1989]



Примечание. Распространённость элементов (здесь и далее) представлена в логарифмическом виде (в долях 10⁻¹²) в зависимости от его порядкового номера (водород и гелий являются наиболее распространёнными по сравнению с другими элементами).

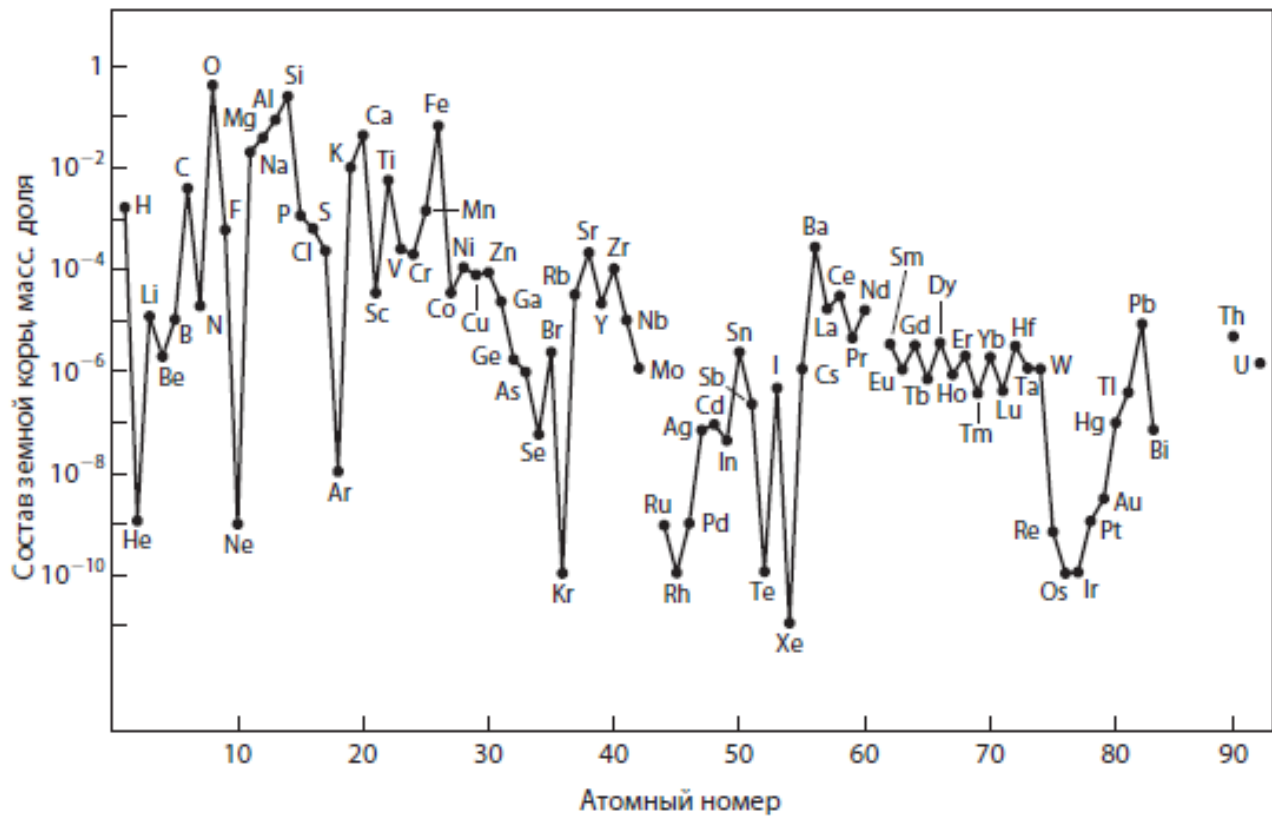
4.4.2 Распространенность элементов на планете Земля

[Cox P. A., 1989]

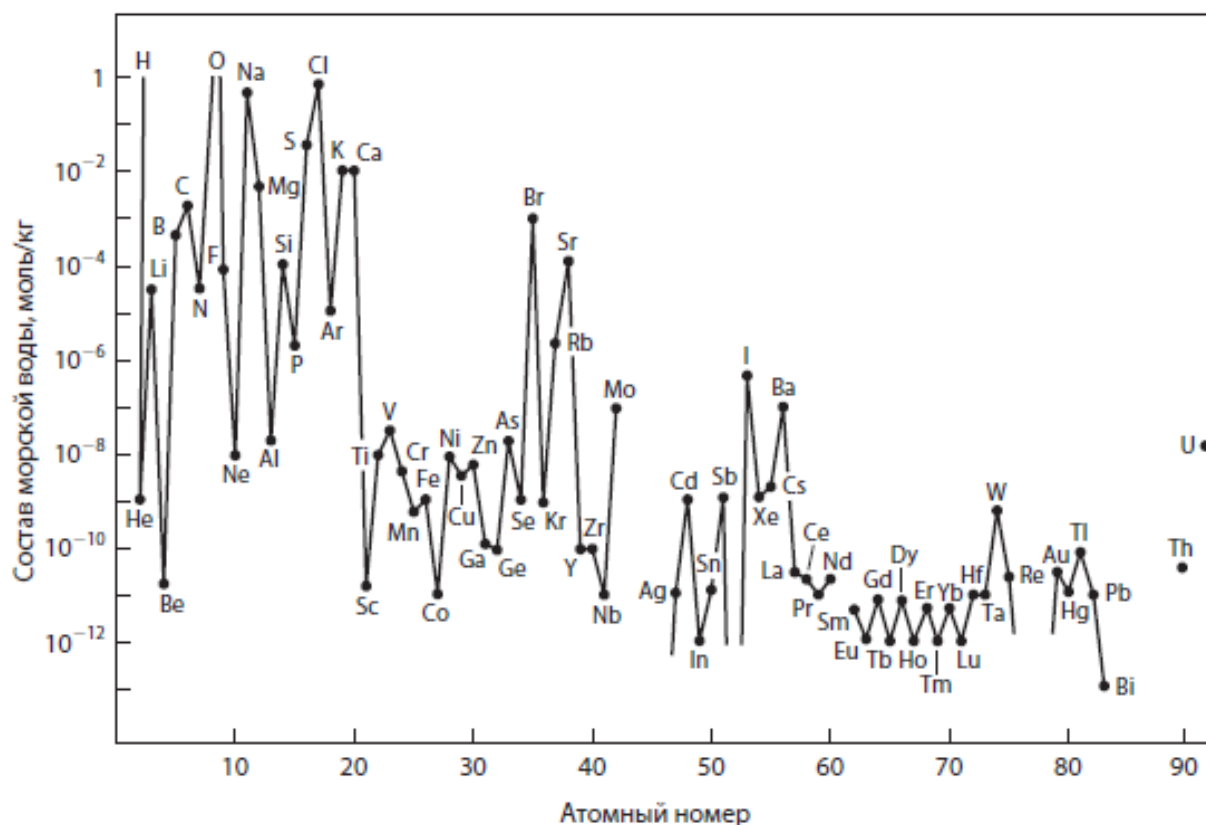


4.4.3 Распространенность элементов в земной коре

[Cox P. A., 1989]



4.4.4 Распространенность элементов в Мировом океане [Сох Р. А., 1989]



4.4.5 Средняя относительная распространенность некоторых элементов в земной коре, морской воде, плазме крови млекопитающих, их клетках и тканях [Биологическая неорганическая химия, 2021]

Элемент	Земная кора, ppm*	Морская вода, мкМ	Плазма крови, мкМ	Клетка/ткань** мкМ
Ca	$4 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$
Cd	0,2	$1 \cdot 10^{-3}$		
Co	25	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	
Cu	55	$4 \cdot 10^{-5}$	8...24	68
Fe	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{-3}$	22	0,001...10
K	$3 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^5$
Mg	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	500	$9 \cdot 10^3$
Mn	950	$5 \cdot 10^{-4}$	0,1	180
Mo	1,5	0,1		$5 \cdot 10^{-3}$
Na	$3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
Ni	75	$8 \cdot 10^{-3}$	0,04	2
V	135	0,03	0,07	0,5...30
W	1,5	$5 \cdot 10^{-3}$		
Zn	70	0,01	17	180

Примечание. * ppm – миллионная доля ($1\% = 10\,000\text{ ppm}$, $1\text{‰} = 1\,000\text{ ppm}$); ** приближительные значения, обоснованные на общем содержании элементов, а не на их лабильной концентрации.

4.4.6 Строение земли

[Рожкова В. А., 2006]

Оболочки, или сферы	Подразделение сфер	Мощность сферы, км	Расстояние границы сферы от поверхности Земли, км
Атмосфера	Экзосфера	1 200	2 000
	Ионосфера	720	...800
	Мезосфера	2080
	Стратосфера	45...5560
	Тропосфера	8...18	8...18
Биосфера	Проникает в атмосферу до высоты 15...20 км, в гидросферу до нижней ее границы, в литосферу на глубину до 2...3 км		
Гидросфера		0...11	0...11
Земная кора (литосфера)	Осадочная	5...80	5...80
	Гранитная		
Мантия	Базальтовая		
	Верхняя – В	320...400	400
	Переходная – С	500	900
Ядро	Нижняя – D	2 000	2 900
	Внешнее ядро	2 200	5 100
	Внутреннее ядро	1 270	6 370

4.5 Факторы, лимитирующие плодородие почвы

4.5.1 Факторы, лимитирующие плодородие почвы, и основные мелиоративные приемы их ликвидации или минимализации

[Почвоведение, 1988]

При проведении работ по повышению плодородия тех или иных почв, необходимо знание факторов, лимитирующих их плодородие и мелиоративные приемы их ликвидации или минимализации.

Фактор	Мелиоративные приемы
Избыточная кислотность	Известкование
Избыточная щелочность	Гипсование, кислование, внесение физиологически кислых удобрений
Избыток солей	Промывка на фоне дренажа сбросных и почвенно-грунтовых вод
Высокая глинистость	Пескование, оструктуривание, глубокое рыхление
Высокая плотность	Оструктуривание, рыхление, травосеяние
Недостаток тепла	Тепловые мелиорации: мульчирование поверхности, снегонакопление, лесополосы, пленочные укрытия
Недостаток воды	Орошение, агротехнологические приемы накопления воды в почве и защиты от испарения
Недостаток минерального питания	Минеральные и органические удобрения
Избыток воды – заболоченность	Дренаж осушительный

Фактор	Мелиоративные приемы
Недостаток аэрации Пестрота микрорельефа Большой уклон поверхности	Дренаж, оструктуривание, щелевание Планировка поверхности Террасирование, полосно-контурная обработка, перемежение культур
Малый корнеобитаемый слой, ограниченный внутрипочвенными прослоями	Постепенное углубление с применением плантажа, глубокого рыхления, взрывных мелиораций
Резко дифференцированный на горизонты профиль	Постепенное углубление корнеобитаемого слоя, ликвидация дифференциации глубокой обработкой
Токсикоз химический	Химические и агротехнологические мелиорации
Токсикоз биологический	Агротехнологические и биологические мелиорации, севооборот, парование

4.6 Жесткость воды

4.6.1 Жесткость воды

[Технология солода, 1980]

О жесткости воды судят по количеству и виду химически активных ионов кальция и магния в ней.

В разных странах жесткость воды выражается по-разному:

1 немецкий градус жесткости ($^{\circ}\text{DH}$) = 10 мг CaO/л;

1 французский градус жесткости ($^{\circ}\text{e}$ или $^{\circ}\text{Clark}$) = 10 мг CaCO₃/л;

1 английский градус жесткости ($^{\circ}\text{TH}$ или $^{\circ}\text{F}$) = 1 гран CaCO₃/галлон = 0,065 г/4,544 л = 14,3 мг CaCO₃/л;

1 американский градус жесткости (ppm) = 1 часть CaCO₃/1 млн частей воды = 1 мг CaCO₃/л.

4.6.2 Коэффициенты пересчета жесткости воды

Показатель жесткости	Градус ($^{\circ}$)			
	немецкий	французский	английский	американский
Один градус				
немецкий	1,00	0,79	1,25	17,9
французский	0,56	1,00	0,70	10,0
английский	0,80	1,43	1,00	14,3
американский	0,056	0,10	0,07	1,0

4.6.3 Градусы жесткости воды в разных странах

Градус	Обозначение	Определение	Величина	
			°Ж	ммоль/л
Немецкий	°DH	1 часть CaO или 0,719 частей MgO на 100 000 частей воды	0,3566	0,1783
Английский	°е или °Clark	1 гран CaCO ₃ на 1 английский галлон воды	0,2848	0,1424
Французский	°TH или °F	1 часть CaCO ₃ на 100 000 частей воды	0,1998	0,0999
Американский	ppm	1 часть CaCO ₃ на 1 000 000 частей воды	0,0200	0,0100
	grg	1 гран CaCO ₃ на 1 американский галлон воды	0,3420	0,1710
Российский	°Ж	20,04 мг Ca ²⁺ или 12,15 мг Mg ²⁺ в 1 дм ³ воды	1,0000	

4.6.4 Показатели жесткости различных вод

[Главачек Ф., Лхотский А., 1977]

Вода	Жесткость	
	ммоль/л	°H
Очень мягкая	0...1,4	0...4
Мягкая	1,8...2,9	5...8
Умеренно жесткая	3,2...4,3	9...12
Средней жесткости	4,6...6,4	13...18
Жесткая	6,8...10,7	19...30
Очень жесткая	Свыше 10,7	Свыше 30

Примечание. 1 °H – немецкий градус жесткости (10 мг CaO/л); 1 ммоль = 28 мг CaO/л = 2,8 °DH; 1 °H = 0,357 ммоль/л.

4.7 Значения pH растворов

4.7.1 Приближенные значения pH некоторых растворов при комнатной температуре

[Бейтс Р., 1968]

Вещество	Формула	Молярность	pH
Аммиачная вода (гидрат аммония)	NH ₄ OH	0,1	11,3
Аммония оксалат	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	0,1	6,4
Аммония сульфат	(NH ₄) ₂ SO ₄	0,1	5,5
Аммония фосфат однозамещенный	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,1	4,2

Окончание табл. 4.7.1

Вещество	Формула	Молярность	pH
Аммония фосфат двузамещенный	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	0,1	7,9
Бура (натрия тетроборат)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	0,1	9,2
Кальций гидроксид	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	насыщенный	12,4
Калий ацетат	CH_3COOK	0,1	9,7
Калий бикарбонат	KHCO_3	0,1	8,2
Калий оксалат кислый	$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$	0,1	2,7
Калий карбонат	K_2CO_3	0,1	11,5
Кислота борная	H_3BO_3	0,1	5,3
Кислота винная	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6^*$	0,1	2,0
Кислота лимонная	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7^{**}$	0,1	2,1
Кислота соляная	HCl	0,1	1,1
Кислота щавелевая	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4^{***}$	0,1	1,3
Квасцы алюмокалиевые	$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$	0,1	4,2
Натрий ацетат	CH_3COONa	0,1	8,9
Натрий бикарбонат	NaHCO_3	0,1	8,3
Натрий гидроксид	NaOH	0,1	12,9
Натрий карбонат	Na_2CO_3	0,1	11,5
Натрий сульфат кислый	NaHSO_4	0,1	1,4
Натрий фосфат первичный кислый	NaH_2PO_4	0,1	4,5
Натрий фосфат вторичный кислый	Na_2HPO_4	0,1	9,2

Примечание. * – $\text{HOOC}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$; ** – $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})-\text{CH}_2\text{COOH}$; *** – $\text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$.

4.8 Некоторые сведения по биологии растений

4.8.1 Способность различных культурных растений извлекать питательные вещества почвы

[Минеев В. Г., 2006]

Культура	Способность извлечения
Ячмень	очень низкая
Пшеница, овес	низкая
Рожь, кукуруза	относительно высокая
Картофель, сахарная свекла, клевер луговой, горчица	высокая
Люцерна, горох, люпин, гречиха	очень высокая

4.8.2 Влияние отдельных областей спектра на температурный режим, фотосинтез, рост и развитие растений

[Формирование урожая..., 1884]

Часть спектра	Длина волны, нм	Доля в солнечном спектре, %	Значение при воздействии		
			на температурный режим	на фотосинтез	на рост и развитие
Ультрафиолетовая	290...380	0...4	несущественное	несущественное	существенное
Фотосинтетически активная радиация (ФАР)	380...710	21...46	существенное	существенное	то же
Близкая к инфракрасному	710...4 000	50...79	то же	несущественное	»
Инфракрасная	> 4 000	–	»	то же	несущественное

4.8.3 Характерные признаки растений типа C₃ и C₄

[Формирование урожая..., 1984]

Показатель	Растения C ₃	Растения C ₄
Максимальная скорость фотосинтеза	2,5...3,0 г/м ² в ч	6,0 г/м ² в ч
Интенсивность фотосинтеза, мг/л CO ₂	50...60	0...5
Ингибирование скорости синтеза кислородом	Значительное	Не поддается измерению
Анатомия листа	Типично дорсовентральная (палисадная паренхима расположена с одной стороны листа, а губчатая с другой)	Ассимилирующие ткани расположены радиально вокруг проводящих пучков
Первичная фиксация CO ₂	Цикл Кальвина	Цикл Хетч – Слэка
Типичные представители	Пшеница, сахарная свекла, соя, картофель	Кукуруза, суданская трава, сорго сахарное

4.8.4 Наиболее благоприятная густота всходов

[Формирование урожая..., 1984]

Культура	Растений на 1 га, тыс.	Культура	Растений на 1 га, тыс.
Озимая пшеница	3 000...5 000	Сахарная свекла	80 100
Яровая пшеница	4 000...5 000	Кормовая свекла	90...120
Озимая рожь	2 000...4 000	Картофель семенной	53...55
Яровой ячмень	3 000...4 000	Картофель столовый	48...53
Овес	3 000...4 000	Картофель технический	48...50
Кормовые бобы	350...450	Кукуруза на силос	80...100
Горох посевной	800...1 200	Озимый рапс	500...800

4.8.5 Снижение числа растений озимых зерновых в отдельные периоды жизни

[Формирование урожая..., 1984]

Период и причина	Снижение, %	
	в оптимальных условиях	в экстремально неблагоприятных условиях
Посев – всходы	15...20	До 40 и более
Перезимовка	10...20	До 50 и более
Вредители и болезни	5...10	До 70
Механические повреждения	5...10	15
Повреждение пестицидами	1...3	До 10
Конкуренция (сорняки)	–	10...15
Погодные условия	–	20...50 и более

4.8.6 Средняя продолжительность вегетационного периода ряда культур для европейской части России

[Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Культура	Вегетационный период, дни	Культура	Вегетационный период, дни
Рожь		Фасоль	80...120
озимая	270...370	Рис	90...130
яровая	100...140	Кукуруза	85...140
Пшеница		Свекла сахарная	150...170
озимая	275...350	Картофель	
яровая	85...120	скороспелый	60...70
Овес	93...103	среднеспелый	100...120
Ячмень яровой	80...100	позднеспелый	140...160
Гречиха	60...90	Подсолнечник	75...160
Просо	80...120	Конопля	80...150
Горох	85...120	Лен	
Чечевица	90...110	долгунец	80...90
Вика	100...120	кудряш	90...100
Соя	90...150	Хлопчатник	115...150

4.8.7 Число хромосом у некоторых главнейших культурных растений

Название вида		Число хромосом	
русское	латинское	диплоидное (2n)	гаплоидное (n)
Рожь посевная	<i>Secale cereale</i> L.	14	7
Овес посевной	<i>Avena sativa</i> L.	42	21
Ячмень многорядный	<i>Hordeum vulgare</i> L.	14	7

Название вида		Число хромосом	
русское	латинское	диплоидное (2n)	гаплоидное (n)
Ячмень двурядный	<i>Hordeum distichon</i> L.	14	7
Кукуруза	<i>Zea mays</i> L.	20	10
Пшеница мягкая	<i>Triticum aestivum</i> L.	42	21
Пшеница твердая	<i>Triticum durum</i> Desf.	28	14
Просо посевное	<i>Panicum miliaceum</i> L.	36	18
Гречиха посевная	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	16	8
Подсолнечник	<i>Helianthus annuus</i> L.	34	17
Свекла сахарная	<i>Beta vulgaris</i> L.	18	9
Лен-долгунец	<i>Linum usitatissimum</i> L.	30	15
Конопля посевная	<i>Cannabis sativa</i> L.	20	10
Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L.	14	7
Люцерна посевная	<i>Medicago sativa</i> L.	32	16
Фасоль обыкновенная	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	22	11
Горох посевной	<i>Pisum sativum</i> L.	14	7
Соя	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	38, 40	19, 20
Бобы русские	<i>Faba bona</i> Medik.	14	7
Чечевица	<i>Lens culinaris</i> Medik.	14	7
Капуста кочанная	<i>Brassica oleracea</i> L.	18	9
Картофель	<i>Solanum tuberosum</i> L.	48	24
Томат	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	24	12
Вишня садовая	<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	32	16
Терн	<i>Prunus spinosa</i> L.	16	8
Слива домашняя	<i>Prunus domestica</i> L.	48	24
Груша	<i>Pyrus communis</i> L.	34	17
Яблоня	<i>Malus domestica</i> Borkh.	34	17
Виноград	<i>Vitis vinifera</i> L.	38	19
Смородина черная	<i>Ribes nigrum</i> L.	16	8
Крыжовник	<i>Grossularia reclinata</i> (L.) Mill.	16	8
Малина	<i>Rubus idaeus</i> L.	14	7

4.8.8 Частичный список самоопыляющихся культур

Полевые культуры

Арахис
Бобы
Вика
Горох
Нут
Овес
Рис
Сорго
Соя
Табак
Фасоль
Хлопчатник
Ячмень

Фруктовые и овощные культуры

Абрикос
Баклажан
Персик
Картофель
Перец
Персик
Салат-латук
Томат

4.8.9 Частичный список перекрестноопыляющихся культур

Полевые культуры

Люпин белый	Кукуруза
Ежа сборная	Люцерна
Клевер гибридный	Лядвенец рогатый
Клевер луговой	Овсяница луговая
Клевер ползучий	Рожь
Конопля*	Тимофеевка луговая
Кострец безостый	Хмель*

Фруктовые и овощные культуры

Брюква	Репка
Виноград	Свекла обыкновенная
Вишня и черешня	Сельдерей
Груша	Слива
Земляника	Спаржа*
Капуста кочанная	Терн
Капуста цветная	Цитрусы
Малина	Шпинат*
Морковь	Яблоня

Примечание. * – двудомные растения

4.8.10 Скорость прорастания семян некоторых культурных растений*

[Флиндр Р., 1992]

Растение	Температура		
	10 °C	15 °C	25 °C
Горох	72	42	–
Клевер луговой	72	42	24
Кукуруза	272	78	56
Люцерна	90	66	48
Мак	114	60	48
Морковь	162	102	56
Овес	90	66	48
Огурцы	–	–	96
Подсолнечник	600	72	32
Пшеница	84	48	33
Рапс	48	24	24
Рожь	54	30	32
Тыква	–	258	52
Ячмень	72	48	32

Примечание. * – указано время (в часах) появления заметного зародышевого корешка, которое сильно зависит от температуры.

4.8.11 Длительность прорастания семян некоторых растений и оптимальные для прорастания температуры [Флиндрт Р., 1992]

Растение	Длительность прорастания, сут	Температура прорастания*, °С
Бобы конские	4...14	20
Василек синий	4...8	15
Гвоздика турецкая	8	20
Горох посевной	5...8	20
Капуста цветная	3...10	20–30
Конопля	3...7	20–30
Кукуруза	4...7	25
Лук репчатый	6...10	20
Люпин	4...10	20
Морковь	6...21	20–30
Настурция	14	18
Незабудка	5...12	20
Овес	5...10	15
Одуванчик	7...21	20–30
Петрушка	11...28	20–30
Подсолнечник	3...7	20–30
Пшеница	4...7	15
Рожь	4...7	15
Салат	7	20
Свекла столовая	3...10	20–30
Спаржа	7...21	20–30
Табак	7...14	20–30
Томат	5...14	20–30
Тыква	4...7	20–30
Фиалка	12	20–30
Хрен	4...6	20
Чечевица	7...12	20
Шалфей дуговой	4...12	20–30
Ячмень	4...7	15

Примечание. * – в тех случаях, когда указаны две температуры, разделенные тире, это означает, что для растений предпочтительна смена температур в течение суток (в течение 16 ч более высокую и в течение 8 ч более низкую).

4.8.12 Минимальные и оптимальные температуры почвы, необходимые для прорастания семян и появления всходов [Муха В. Д. и др., 2003]

Культуры	Температура, °С			
	прорастания семян		появления всходов	
	минимальная	оптимальная	минимальная	оптимальная
Клевер, люцерна, конопля	0...1	–	2...3	–
Рожь, пшеница, ячмень, овес, горох, вика, чина, тимофеевка	1...2	25...30	4...5	6...12
Свекла, гречиха, бобы, лен, люпин, нут	3...4	25...30	6...7	–
Картофель, подсолнечник	5...6	31...37	8...9	–
Кукуруза, просо, суданская трава, соя, кориандр	8...10	37...45	10...11	15...18
Фасоль, сорго, клещевина	10...12	–	12...13	–
Хлопчатник, рис, кунжут, арахис	12...14	37...45	14...15	18...22

4.8.13 Объем одной зерновки (семени) [Казаков Е. Д., 1987]

Культура	Объем, мм ³	Культура	Объем, мм ³
Пшеница	11...56	Кукуруза	140...260
Рожь	10...30	Просо	5...6
Ячмень	20...40	Гречиха	9...20
Овес (без пленок)	9...16	Горох	114...320
		Подсолнечник	22...60

4.8.14 Средняя плотность семян отдельных культур, г/см³ [Казаков Е. Д., 1987]

Культура	Плотность	Культура	Плотность
Пшеница	1,49	Вика	1,40
Рожь	1,44	Лен	1,12
Овес (без пленок)	1,51	Подсолнечник	0,73
Ячмень	1,27	Клещевина	0,90
Гречиха	1,28	Конопля	0,87
Чечевица	1,45		

4.8.15 Масса 1 000 семян различных культур

[Казаков Е. Д., 1987]

Культура	Масса 1 000 зерен, г	Культура	Масса 1 000 зерен, г
Пшеница	15...88	Фасоль	100...150
Рожь	12...50	Бобы	180...260
Овес	15...50	Соя	30...520
Ячмень	20...55	Арахис	300...1 300
Кукуруза	50...1 100	Подсолнечник	40...200
Рис	15...43	Сафлор	40...50
Просо	3...8	Льняное семя	3,6...15,3
Сорго	19...40	Клещевина	60...300
Гречиха	15...40	Горчица	1,6...6,0
Горох	40...450	Рапс	1,9...5,6
Чина	50...600	Рыжик	0,7...1,6
Нут	60...600	Мак	0,25...0,7
Чечевица	15...80	Кунжут	2...5

4.8.16 Масса 1 000 семян и натурная масса некоторых культурных растений

[Флиндт Р., 1992]

Культура	Масса 1 000 семян, г	Натурная масса, г/л
Пшеница озимая	35...45	740...760
Рожь озимая	25...35	700...730
Ячмень яровой	35...45	620...630
Овес	32...40	500...600
Кукуруза зерновая	200...450	—
Кукуруза	115...300	—
Кукуруза сахарная	240...310	—
Кукуруза мелкосеменная	80...130	—
Горох посевной (сорт Виктория)	200...300	780...820
Горох полевой	150...250	750...820
Горошек нарбоннский	250...350	750...850
Вика посевная	40...55	760...800
Люпин	100...120	760...800
Рапс	4...6	650...720
Клевер луговой	2...3	700...800
Люцерна посевная	2...3	700...800

4.8.17 Натурная масса зерна, г/л

[Казаков Е. Д., 1987]

Культура	Натурная масса			
	высокая	выше средней	средняя	низкая
Пшеница	От 785 и выше	765...784	726...764	Ниже 725
Рожь	От 730 и выше	715...729	685...714	Ниже 685
Ячмень	Свыше 605	–	546...605	545 и ниже
Овес	Свыше 480	–	421...480	420 и ниже

4.8.18 Средняя продолжительность вегетационного периода ряда культур для европейской части России

[Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Культура	Вегетационный период, дни	Культура	Вегетационный период, дни
Рожь		Фасоль	80...120
озимая	270...370	Рис	90...130
яровая	100...140	Кукуруза	85...140
Пшеница		Свекла сахарная	150...170
озимая	275...350	Картофель	
яровая	85...120	скороспелый	60...70
Овес	93...103	среднеспелый	100...120
Ячмень яровой	80...100	позднеспелый	140...160
Гречиха	60...90	Подсолнечник	75...160
Просо	80...120	Конопля	80...150
Горох	85...120	Лен	
Чечевица	90...110	долгунец	80...90
Вика	100...120	кудряш	90...100
Соя	90...150	Хлопчатник	115...150

4.8.19 Глубина проникновения корней растений в почву

[По данным разных авторов]

Вид	Глубина проникновения корней, м	Вид	Глубина проникновения корней, м
Одуванчик	0,30	Соя	2,00
Рис	0,30	Нут	2,00
Молочай	0,50	Кострец безостый	2,00
Анис	0,65	Тимофеевка	2,00
Садовая земляника	0,70	Табак	2,00
Лен-долгунец	0,70	Махорка	2,00
Мята перечная	0,80	Конопля	2,00
Козлятник	0,80	Хлопчатник	2,00
Вьюнок полевой	1,00	Шалфей мускатный	2,00

Вид	Глубина проникновения корней, м	Вид	Глубина проникновения корней, м
Дрок красильный	1,00	Донник	2,00
Ежа сборная	1,00	Горох	2,10
Чечевица	1,00	Люпин белый	2,10
Гречиха	1,10	Клевер луговой	2,10
Фасоль	1,10	Кукуруза	2,50
Малина	1,35	Тритикале	2,50
Смородина	1,40	Морковь	2,50
Крыжовник	1,40	Ячмень	2,60
Кориандр	1,50	Овес	2,60
Тыква	1,50	Пшеница озимая	2,80
Арахис	1,50	Рапс озимый	2,90
Лядвенец	1,50	Суданская трава	3,00
Овсяница луговая	1,60	Сахарная свекла	3,00
Картофель	1,60	Топинамбур	3,00
Горчица	1,60	Сорго	3,00
Бобы конские	1,70	Подсолнечник	4,00
Пшеница яровая	1,90	Люцерна	5,00
Вика яровая	2,00	Эспарцет	5,00
Просо	2,00	Арбуз	5,00
Рожь посевная	2,00	Хмель	6,00

4.8.20 Фракции сырого протеина картофеля и их биологическая ценность

[Nutsch A., 1992]

Фракция	Доля фракций, %	Биологическая ценность фракций, % (белок яйца = 100 %)
Белок (чистый протеин), в том числе:	50	80...83
альбумин	28	82
глобулин	10	83
проламин	2	53
глютелин	3	83
прочие	7	82
Непротеиновые соединения, в том числе:	50	35...38
пептиды и свободные аминокислоты	25	
амиды, амины, нитраты	25	
Сырой протеин	100	72

4.8.21 Содержание в картофеле наиболее важных питательных веществ

[Симаков Е. А., Анисимов Б. В., 2009]

Компонент	Содержание в сырой массе клубней, %	
	среднее	диапазон колебаний
Сухое вещество	23,7	13,1...36,8
Крахмал	17,5	8,0...29,4
Протеин	2,0	0,69...4,63
Жир	0,12	0,02...0,20
Клетчатка диетическая	1,7	1,0...2,0
грубая	0,71	0,17...3,18
Минеральные вещества	1,1	0,44...1,87
Сахара	0,5	0,05...8,0
Аскорбиновая кислота, мг/кг	100...250	10...540

4.8.22 Коэффициент переваримости картофеля животными, %

[Nehring R. 1961]

Животные	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	N-свободные экстрактивные вещества
Жвачные	80	45	0	0	85
Свины	94	75	70	0	96
Лошади	86	70	45	0	92
Куры	78	47	0	0	85

4.8.23 Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для кукурузы

[Почвенно-экологические аспекты растениеводства, 2007]

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1..3	3...8	не установлен
pH водной суспензии	6,0...6,5	6,5...8,0	8,2...8,7
Плотность почвы, г/см ³	1,10...1,35	1,35...1,50	1,50...1,70
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30...45	45...70	70...80
Обменный Na, % от ЕКО	не установлен	2...3	не установлен
Содержание CaCO ₃ , %	не установлен	0...5	5...10

4.8.24 Динамика накопления сухого вещества и потребления элементов питания растениями кукурузы, % от максимального [Лисовал А. П. и др., 1989]

Фаза вегетации	Сухое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
4...5 листьев	0,1	0,3	0,2	0,2
9...10 листьев	1,2	4,2	2,5	4,4
Выбрасывание метелки	24,2	43,5	33,3	69,0
Цветение	35,0	61,4	61,0	78,6
Спелость: молочная	80,0	89,1	87,8	95,0
восковая	100,0	100,0	94,4	100,0
полная	94,0	93,3	100,0	81,8

4.8.25 Оптимальное валовое содержание азота, фосфора и калия в растениях, % на абсолютно сухую массу [Ягодин Б. А. и др., 2002]

Культура	Фаза развития	Часть растения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	Кущение	Надземная	4,0...5,9	0,44...0,65	3,3...4,2
		Листья			
Ячмень	Трубкавание	Надземная	3,8...5,0	0,52	2,5...3,3
	Кущение	Надземная	4,7...5,0	0,52...0,78	4,2
Клевер луговой	Трубкавание	»			
		Бутонизация	Надземная	3,5...4,0	0,26...0,39
	Цветение	»	2,5...3,5	0,17...0,26	2,2
		Листья	3,8	0,22	2,9
Кукуруза	Всходы	Надземная	4,3	0,52	5,2
	3...5 листьев	»	3,0...3,6	0,30...0,65	2,8...3,3
		Листья	3,8...4,0	0,35...0,57	3,2...4,2
Свекла сахарная	6...10 листьев	»	3,5...4,0	0,30...0,52	3,5...4,2
	4...6 листьев	Листья	5,2...5,5	0,44...0,52	4,1...6,0
	10...18 листьев	»	3,7	0,35	–
Картофель	Смыкание рядков	Средние листья	3,6...4,0	0,33...0,40	4,0
	До бутонизации	Надземная	5,2...6,0	0,39...0,61	4,2
		Листья	4,5...5,0	0,26...0,57	

4.9 Обрабатываемая площадь земель и применение удобрений

4.9.1 Обрабатываемая площадь в расчете на одного работника в сельском хозяйстве, га/чел.

[Дерюгина И. В., 2015]

Регионы	1980	1990	2000	2007	2010	2012	Прогноз			
							2020	2030	2040	2050
Мир в целом	1,5	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3
Африка	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3
Северная Африка	2,2	2,3	2,3	2,3	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4
Америка	8,1	8,3	8,3	8,6	8,8	9,1	9,8	10,3	10,8	11,2
Северная Америка	50,9	50,8	65,8	70,8	73,9	77,1	80,0	85,0	90,0	95,0
Южная Америка	3,8	4,1	4,4	5,2	5,5	5,7	6,0	6,5	7,0	7,5
Азия	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
Центральная Азия		7,3	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Восточная Азия	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Южная Азия	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Юго-Восточная Азия	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
Западная Азия	3,6	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0
Европа	6,4	7,0	10,4	12,4	13,4	14,4	16,0	17,5	19,5	21,0
Западная Европа	6,5	9,2	13,5	17,5	19,6	21,2	23,0	25,5	28,0	30,0
Австралия	100,7	102,1	107,2	98,5	93,4	104,3	105,0	106,0	107,0	108,0
Страны										
Китай	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Индия	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Россия		13,9	16,5	18,5	19,4	20,7	21,0	22,0	23,0	24,0

4.9.2 Обрабатываемая площадь в сельском хозяйстве, млн га

[Дерюгина И. В., 2015]

Регионы	1980	1990	2000	2007	2010	2012	Прогноз			
							2020	2030	2040	2050
Мир в целом	1453,0	1520,8	1514,3	1525,2	1541,1	1553,0	1571,8	1597,5	1623,3	1649,1
Африка	190,5	203,6	221,9	247,0	256,4	258,3	272,1	293,7	315,3	336,9
Северная Африка	37,2	39,6	44,6	47,3	47,4	45,7	51,1	54,7	58,2	61,8
Америка	383,5	389,8	391,9	394,6	395,4	398,7	399,6	403,4	407,2	410,9
Северная Америка	241,1	239,6	230,3	214,5	210,9	210,7	205,5	195,5	185,5	175,5
Южная Америка	104,6	109,8	119,4	137,4	141,2	144,6	186,6	160,5	172,5	184,4
Азия	458,5	507,6	545,6	543,7	553,4	553,6	583,9	605,4	627,0	648,6
Центральная Азия		43,8	30,5	31,7	32,6	33,1	34,7	36,8	38,9	41,0
Восточная Азия	111,5	142,6	142,6	132,3	132,4	132,7	138,0	148,1	155,3	160,5
Южная Азия	224,1	229,1	231,2	230,9	231,5	231,8	235,1	237,5	239,9	242,3
Юго-Восточная Азия	78,3	90,7	94,5	103,2	110,2	110,3	118,3	128,3	138,2	148,2
Западная Азия	44,5	45,2	46,8	45,7	43,7	42,7	44,9	44,8	44,7	44,6

Регионы	1980	1990	2000	2007	2010	2012	Прогноз			
							2020	2030	2040	2050
Европа	372,4	367,6	304,4	293,3	290,7	292,1	256,7	225,9	195,0	164,2
Западная Европа	35,0	35,2	35,4	35,5	35,3	35,3	35,5	35,6	35,7	35,8
Австралия	44,2	48,1	47,6	44,5	43,0	48,1	44,7	44,3	43,9	43,5
Страны										
Китай	100,2	131,4	132,2	122,6	122,0	122,3	129,0	139,8	145,6	149,5
Индия	168,3	169,4	171,9	169,3	169,6	169,7	171,4	172,0	172,7	173,3
Россия		133,7	126,2	123,4	121,8	123,3	120,4	118,0	115,6	113,2

4.9.3 Потребление минеральных удобрений на гектар обрабатываемой площади, кг д. в./га [Дерюгина И. В., 2015]

Регионы	2000	2007	2010	2011	Прогноз			
					2020	2030	2040	2050
Мир в целом	95	113	118	118	132	143	155	166
Африка	18	18	19	20	21	22	23	24
Северная Африка	48	46	54	61	65	71	78	84
Америка	89	107	100	111	124	133	142	150
Северная Америка	96	107	105	111	118	122	126	128
Южная Америка	89	120	107	123	145	162	179	196
Азия	146	183	205	198	228	254	280	306
Центральная Азия	1	27	31	29	31	33	35	37
Восточная Азия	326	414	463	431	485	523	550	591
Южная Азия	88	114	136	137	162	187	211	236
Юго-Восточная Азия	86	106	107	108	122	133	144	155
Западная Азия	62	76	66	78	88	96	104	112
Европа	73	78	72	73	75	75	75	75
Западная Европа	206	198	165	152	145	135	125	115
Австралия	48	46	46	45	46	48	50	52
Страны								
Китай	336	428	485	450	519	546	573	605
Индия	94	133	166	164	200	235	270	305
Россия	13	14	16	16	19	23	28	30

4.10 Некоторые свойства и показатели почв

4.10.1 Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических элементов в почве

[Предельно допустимые концентрации..., 2006]

Химический элемент, вещество	Регистрационный номер CAS*	Формула	Величина ПДК/ОДК (мг/кг) с учетом фона (кларка)	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности**
Валовое содержание					
Ванадий	7440-62-2	V	150,0/	Общесанитарный	3
Ванадий + марганец	7440-62-2 + +7439-96-5	V + Mn	100/+1000/	То же	3
Кадмий	7440-43-9	Cd			1
а) песчаные и супесчаные			/0,5		
б) кислые (суглинистые и глинистые), рН _{KCl} < 5.5			/1,0		
в) близкие к нейтральным и нейтральные, рН _{KCl} >5.5			/2,0		
Марганец	7439-96-5	Mn	1500/	Общесанитарный	3
Медь	7440-50-8	Cu			2
а) песчаные и супесчаные			/33,0		
б) кислые (суглинистые и глинистые), рН _{KCl} < 5.5			/66,0		
в) близкие к нейтральным и нейтральные, рН _{KCl} >5.5			/132,0		
Мышьяк	7440-32-2				1
а) песчаные и супесчаные			/2,0		
б) кислые (суглинистые и глинистые), рН _{KCl} < 5.5			/5,0		
в) близкие к нейтральным и нейтральные, рН _{KCl} >5.5			/10,0		

Продолжение табл. 4.10.1

Химический элемент, вещество	Регистрационный номер CAS*	Формула	Величина ПДК/ОДК (мг/кг) с учетом фона (кларка)	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности**
Никель	7440-02-0	Ni			2
а) песчаные и супесчаные			/20,0		
б) кислые (суглинистые и глинистые), рН _{KCl} < 5.5			/40,0		
в) близкие к нейтральным и нейтральные, рН _{KCl} >5.5			/80,0		
Нитраты (NO ₃ ⁻)	14797-55-8	NO ₃ ⁻	130,0/	Водно-миграционный	
Ртуть	7439-97-6	Hg	2,1/	Транслокационный	1
Свинец	7439-92-1	Pb			1
а) песчаные и супесчаные			/32,0		
б) кислые (суглинистые и глинистые), рН _{KCl} < 5.5			/65,0		
в) близкие к нейтральным и нейтральные, рН _{KCl} >5.5			/130,0		
Свинец + ртуть	7439-92-1 + + 7439-97-6	Pb + Hg	20,0/+1,0/	Транслокационный	1
Сера	7704-34-9	S	160,0/		
Сурьма	7440-36-0	Sb	4,5/	Водно-миграционный	2
Хром шестивалентный	18540-29-9	Cr (6 ⁺)	0,05/	Общесанитарный	2
Цинк	7440-66-6	Zn			1
а) песчаные и супесчаные			/55,0		
б) кислые (суглинистые и глинистые), рН _{KCl} < 5.5			/110,0		
в) близкие к нейтральным и нейтральные, рН _{KCl} >5.5			/220,0		

Окончание табл. 4.10.1

Химический элемент, вещество	Регистрационный номер CAS*	Формула	Величина ПДК/ОДК (мг/кг) с учетом фона (кларка)	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности**
Подвижная форма					
Кобальт	7440-48-4	Co	5,0/	Общесанитарный	2
Марганец, извлекаемый 1 н H ₂ SO ₄	7439-96-5	Mn		То же	
Чернозем			700,0/		
Дерново-подзолистая					
pH 4,0			300,0/		
pH 5,1...6,0			400,0/		
pH > 6,0			500,0/		
извлекаемый ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8					
Чернозем			140,0/		
Дерново-подзолистая					
pH 4,0			60,0/		
pH 5,1...6,0			80,0/		
pH > 6,0			100,0/		
Медь	7440*50-8	Cu	3,0/	Общесанитарный	2
Никель	7440-02-0	Ni	4,0/	То же	2
Свинец	7439-92-1	Pb	6,0/	»	1
Фтор	16984-48-8	F	2,8	»	1
Хром трехвалентный	46065-83-1	Cr (3+)	6,0/	Транслокационный	2
Цинк	7440-66-6	Zn	23,0/	То же	1
Водорастворимая форма					
Фтор	16984-48-8	F	10,0/	Транслокационный	1

Примечание. * – уникальный численный идентификатор химических соединений, полимеров, биологических последовательностей нуклеотидов или аминокислот, смесей и сплавов, внесенных в реестр Chemical Abstracts Service (CAS); ** – условная величина вредного воздействия, которая устанавливается в соответствии с нормативными отраслевыми документами. По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности: 1-й – вещества чрезвычайно опасные; 2-й – вещества высокоопасные; 3-й – вещества умеренно опасные; 4-й – вещества малоопасные.

4.10.2 Поведение элементов в различных средах при выветривании

[Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989]

Степень подвижности	Условия среды	Элементы
Высокая	Окислительные и кислые	B, Br, I
	Нейтральные или щелочные	B, Br, I, Mo, Re, Se, U, V, W
	Восстановительные	Br, I
Средняя	Окислительные и кислые	Cs, Mo, Ra, Rb, Se, Sr, Zn
	Главным образом кислые	Ag, Au, Cd, Co, Cu, Hg, Ni
	Восстановительные с переменным потенциалом	As, Cd, Co, Cr, F, Fe, Ge, Mn, Nb, Sb, Sn, Tl, U, V
Низкая	Окислительные и кислые	Ba, Be, Bi, Cs, Fe, Ga, Ge, La, Li, Th, Ti, Y
	Нейтральные или щелочные	Ba, Be, Bi, Ge, Hf, Ta, Te, Zr
Очень низкая	Окислительные и кислые	Cr, Os, Pt, Rh, Ru, Ta, Te, Zr
	Нейтральные или щелочные	Ag, Au, Cu, Co, Ni, Th, Ti, Zr
	Восстановительные	Ag, B, Ba, Be, Bi, Co, Cu, Cs, Ge, Hg, Li, Mo, Ni, Re, Se, Zn, Zr

4.10.3 Водоудерживающие свойства разных почв, %

[Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М., 1973]

Почва	Полная влагоемкость	Вода, недоступная растениям	Недоступная вода от полной влагоемкости
	%		
Песчаная	14,3...19,0	0,3	2,1
Супесчаная	22,0	1...2	4...8
Суглинок	28,0	3...10	6...20
Легкая глина	47,4	9,3	19,6
Лесс	59,3	10,1	17,0
Глинистая	64,1...81,0	10,9	17,0
Гумусно-песчаная	53,0...65,3	11,9	18,2
Засоленная	68,5	16,2	23,6
Торфяная	126,0	20,0	20,0

4.10.4 Потери азота от эрозии, кг/га

[Минеев В. Г., 2006]

Культура	Крутизна склона, град		
	<1	1...2	2...4
Пропашные	5...10	10...15	15...30
Зерновые яровые и зернобобовые	3...5	5...8	8...15
Озимые зерновые	2...3	3...5	5...10
Многолетние травы	0	2...3	3...5

4.10.5 Ориентировочный смыв почвы со склонов различной степени крутизны, т/га [Сурмач Г. П., 1992]

Агрофон	Уклон, град	Без применения		С применением	
		агротехнических противоэрозионных мероприятий			
		Черноземы	Серые лесные почвы	Черноземы	Серые лесные почвы
Зябрь	< 1	0,30	0,40	0,20	0,20
	1–3	2,30	3,00	1,20	1,60
	> 3	8,00	10,00	2,90	3,60
Озимые	< 1	0,10	0,20	0,05	0,10
	1–3	1,30	1,50	0,07	0,80
	> 3	3,40	4,50	1,80	2,40
Многолетние травы	< 1	0,08	0,10	0,06	0,08
	1–3	0,09	0,20	0,07	0,10
	> 3	1,20	0,50	0,20	0,30

4.10.6 Оценка скорости формирования некоторых морфологических свойств почв [Карпачевский Л. О., 1997]

Морфологическое свойство	Период		Время возникновения
	заметного изменения	сохранения остаточных следов	
Важность	минуты, часы	сутки	минуты
Цвет	минуты, сезон	тысячелетия	минуты (насыщения), тысячелетия
Структура	минуты, сезон	столетия	годы – тысячелетия
Мощность горизонта А ₁	сезон	десятилетия	сезон – годы
Мощность других горизонтов	годы, десятилетия	столетия	годы – столетия
Новообразования (ортштейны)	сезон	десятилетия	годы, столетия
Распространение корней	сезон	десятилетия	сезон, годы
Магистральные трещины	сутки	столетия, тысячелетия	сезон – столетия
Рыхлость сложения	сезон	сезон	сутки

4.11 Сокращения, принятые в агрохимии

4.11.1 Сокращения, принятые в агрохимии для обозначения удобрений

N_{aa} – аммиачная селитра
N_m – мочевины (карбамид)
N_c – натриевая селитра
N_{ск} – калийная селитра
N_{скц} – кальциевая селитра
N_ц – цианамид кальция
N_{ва} – водный аммиак
N_{ба} – безводный аммиак
P_c – суперфосфат простой
P_{ср} – суперфосфат простой гранулированный
P_{сд} – суперфосфат двойной
P_n – преципитат
P_{оф} – обесфторенный фосфат
P_ф – фосфоритная мука
P_{фш} – фосфатшлак
K_x – калий хлористый

K_c – калий сернокислый
K_{мг} – калимагнезия
АФ – аммофос
ДАФ – диаммофос
ДАФК – диаммофоска
АЗФК – азофоска
КАФ – карбоаммофос
КАФК – карбоаммофоска
МФК – метафосфат калия
НАФ – нитроаммофос
НФ – нитрофос
НФК – нитрофоска
НАФК – нитроаммофоска
ПФА – полифосфат аммония
ФМ – фосфат мочевины
ЖКУ – жидкое комплексное удобрение
ОМУ – органоминеральное удобрение

4. Условные сокращения препаративных форм пестицидов [Государственный каталог..., 2024]

Б – брикеты
ВГ, ВРГ – водорастворимые гранулы
ВГР – водно-гликолиевый раствор
ВДГ – водно-диспергируемые гранулы
ВК, ВРК – водорастворимый концентрат
ВСК – водный концентрат суспензии
ВР – водный раствор
ВРКАП – водорастворимые гранулы
ВРП – водорастворимый порошок
ВС – водная суспензия
ВСК – водно-суспензионный концентрат
ВСП – водно-спиртовой раствор
ВЭ – водная эмульсия
Г – гранулы
ГР – гликолевый раствор
д. в. – действующее вещество
Ж – жидкость
ККР – концентрат коллоидного раствора
КМЭ – концентрат микроэмульсии
КНЭ – концентрат наноэмульсии
КОЛР – коллоидный раствор
КРП – кристаллический порошок
КС – концентрат суспензии
КЭ – концентрат эмульсии
МБ – мягкие брикеты
МГ – микрогранулы
МД – масляная дисперсия

МКС – микрокапсулированная дисперсия
МКЭ – масляный концентрат эмульсии
ММС – минерально-масляная суспензия
ММЭ – минерально-масляная эмульсия
МС – масляная суспензия
МСК – масляно-суспензионный концентрат
МЭ – микроэмульсия
П – порошок
ПР – приманка
ПС – паста
ПТП – пленкообразующая текучая паста
Р – раствор
РП – растворимый порошок
СК – суспензионный концентрат
СК-М – суспензионный концентрат масляный
СП – смачивающийся порошок
СТС – сухая текучая суспензия
СХП – сухой порошок
СЭ – суспензионная эмульсия
ТАБ – таблетки
ТБ – твердые брикеты
ТКС – текучий концентрат суспензии
ТПС – текучая паста
ТС – текучая суспензия
УМО – ультрамалообъемное опрыскивание
ФЛО – суспензионный концентрат
ЭМВ – эмульсия масляно-водная

ЛИТЕРАТУРА

- Агрохимикаты в окружающей среде / Э. Хайниш, Х. Паукке, Г.-Д. Нагель, Д. Ханзен ; пер. с нем. и предисл. Д. Г. Ракипова. – М. : Колос, 1979. – 357 с.
- Адрианов, С. Н.** Формирование фосфатного режима дерново-подзолистых почв в разных системах удобрений / С. Н. Адрианов. – М. : ВНИИА, 2004. – 296 с.
- Земельный потенциал России: состояние, проблемы и меры по его рациональному использованию и охране : аналитическая записка / Н. К. Долгушин, В. Н. Хлыстун, Н. Н. Дубенок, А. А. Завалин; Российская академия наук. – М. : [б. и.], 2023. – 70 с. – URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/0/>
- Ангелов, А. И.** Фосфатное сырье / А. И. Ангелов, Б. В. Левин, Ю. Д. Черненко. – М. : Недра, 2000. – 118 с.
- Бабкин, В. В.** Агрохимический бизнес России: справоч. пособие / В. В. Бабкин. – М. : [б. и.], 2003. – 444 с.
- Баканов, В. Н.** Кормление сельскохозяйственных животных / В. Н. Баканов, В. К. Менькин. – М. : Агропромиздат, 1989. – 510 с.
- Бакиров, Н. Б.** Почвенно-агрохимические параметры и урожайность яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Бакиров Назиб Багуманович / 06.01.03. – Киров, 2009. – 45 с.
- Бейтс, Р.** Определение рН. Теория и практика / Р. Бейтс. – М. : Химия, 1968. – 400 с.
- Белянин, В.** Жизнь, молекула воды и золотая пропорция / В. Белянин, Е. Романова // Наука и жизнь. – 2004. – № 10. – С. 2–9.
- Биологическая неорганическая химия: структура и реакционная способность : в 2 т. Т. 1 / И. Бертини, Г. Грей, Э. Стифель, Дж. Валентине ; пер. с англ. – 4-е изд., электрон. – М. : Лаборатория знаний, 2021. – 506 с.
- Биологическая ценность плодов и ягод российского производства / М. Ю. Акимов, В. В. Бессонов, В. М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 220–232.
- Биохимия / В. Г. Щербаков, В. Г. Лобанов, Т. Н. Прудникова [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 439 с.
- Битюцкий, Н. П.** Микроэлементы и растение : учеб. пособие / Н. П. Битюцкий. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1999. – 232 с.
- Ботаника. Учебник для вузов : в 4 т.: / П. Зитте, Э. В. Вайлер, Й. В. Кадерайт [и др.] ; на основе учебника Э. Страсбургера [и др.]

др.] ; пер. с нем. О. В. Артемьевой [и др.]. – М. : ИЦ «Академия», 2008. – 496 с. – Т. 2. Физиология растений / под ред. В. В. Чуба.

Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1986. – 415 с.

Вильдфлуш, И. Р. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии / И. Р. Вильдфлуш, В. В. Лапа, О. И. Мишура. – Горки : БГСХА, 2019. – 405 с.

Виноградов, А. П. Проблемы геохимии и космохимии. Избр. труды / А. П. Виноградов; отв. ред. В. Л. Барсуков. – М. : Наука, 1988. – 336 с.

Гарднер, Г. Известкование почв в Англии / Г. Гарднер, Г. Гарнер ; пер. с англ. С. В. Моро ; под общ. ред. О. К. Кедрова-Зихмана. – М. : Изд-во иностр. лит., 1954. – 226 с.

Гинзбург, К. Е. Фосфор основных типов почв СССР / К. Е. Гинзбург. – М. : Наука, 1981. – 244 с.

Главачек, Ф. Пивоварение / Ф. Главачек, А. Лхотский / пер. с чеш. И. В. Холодовой; под ред. А. П. Колпачки. – М. : Пишев. пром-ть, 1977. – 622 с.

Головатый, С. Е. Физика и химия почв / С. Е. Головатый, О. В. Чистик, С. В. Савченко ; под общ. ред. С. Е. Головатого. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2005. – 140 с.

Горбунов, Н. И. Минералогия и физическая химия почв / Н. И. Горбунов. – М. : Наука, 1978. – 294 с.

Горбунов, Н. И. Поглощительная способность почв и ее природа / Н. И. Горбунов. – М. : Сельхозгиз, 1948. – 216 с.

ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 18 с.

Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Издание официальное. – Ч. 1: Пестициды / Минсельхоз России. – М. : [б. и.], 2024. – 913 с.

Гришина, Л. А. Система показателей гумусного состояния почв / Л. А. Гришина, Д. С. Орлов // Проблемы почвоведения. – М. : Наука, 1978. – С. 42–47.

Гродзинский, А. М. Краткий справочник по физиологии растений / А. М. Гродзинский, Д. М. Гродзинский. – Киев : Наук. думка, 1973. – 591 с.

Грязев, В. А. Роль плодов и ягод в диетическом питании человека / В. А. Грязев, Ц. В. Тутберидзе // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2004. – № 1. – С. 6–12.

Гумус почв Волжско-Камской лесостепи и его роль в плодородии / М. А. Винокуров, А. В. Колоскова, Г. И. Сперанская, К. Ш. Шакиров. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1972. – 132 с.

Дерюгина, И. В. Сельское хозяйство мира: прошлое и будущее 1980 – 2010 – 2050 / И. В. Дерюгина. – М. : Перо, 2015. – 128 с.

Динамика содержания гумуса и его запасов в почвах Республики Татарстан / А. Б. Александрова, Д. В. Иванов, В. В. Маланин [и др.] // Российский журнал прикладной экологии. – 2015. – № 3. – С. 13–17.

Завалин, А. А. Экология азотфиксации / А. А. Завалин, О. А. Соколов, Н. Я. Шмырева. – М. : РАН, 2019. – 252 с.

Зборищук, Н. Г. Воздушный режим предкавказских черноземов неорошаемых и различных сроков орошения / Н. Г. Зборищук // Почвоведение. – 1976. – № 2. – С. 61–68.

Зотов, А. Т. Мочевина / А. Т. Зотов. – М. : Госхимиздат, 1963. – 174 с.

Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия / И. А. Шильников, В. Г. Сычёв, Н. А. Зеленов [и др.]. – М. : ВНИИА, 2008. – 340 с.

Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас; пер. с англ. Д. В. Гричука и Е. П. Янина; под ред. Ю. Е. Света. – М. : Мир, 1989. – 439 с.

Казаков, Е. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е. Д. Казаков, Г. П. Карпиленко. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 512 с.

Казаков, Е. Д. Методы оценки качества зерна / Е. Д. Казаков. – М. : Агропромиздат, 1987. – 215 с.

Карпачевский, Л. О. Динамика свойств почвы / Л. О. Карпачевский. – М. : ГЕОС, 1997. – 170 с.

Картофель / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер [и др.] / под ред. Д. Шпаара. – Тожок : ООО «Вариант», 2004. – 466 с.

Ковда, В. А. Основы учения о почвах. В 2 кн.: Общая теория почвообразовательного процесса / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1973. – Кн. 1. 448 с. Кн. 2. 468 с.

Кожемяков, А. П. Использование инокулянтов бобовых и биопрепаратов комплексного действия в сельском хозяйстве / А. П. Кожемяков, И. А. Тихонович // Докл. РАСХН. – 1998. – № 6. – С. 7–10.

Колоскова, А. В. Гумусное состояние почв Волжско-Камской лесостепи / А. В. Колоскова, С. М. Гилязова, А. Х. Сакаева. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1985. – 137 с.

Коэффициенты пересчета зерна и семян в побочную продукцию и содержание основных элементов питания в побочной продукции

сельскохозяйственных культур Республики Беларусь / Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, О. М. Бирюкова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 2 (57). – С. 78–89.

Кретович, А. Л. Биохимия растений / А. Л. Кретович. – М. : Высш. школа, 1986. – 502 с.

Кук, Д. У. Регулирование плодородия почвы / Д. У. Кук ; пер. с англ. и предисл. Э. И. Шкоде. – М. : Колос, 1970. – 520 с.

Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск : [б. и.], 2006. – 120 с.

Лисовал, А. П. Система применения удобрений / А. П. Лисовал, В. М. Макаренко, С. Н. Кравченко ; под ред. А. П. Лисовал. – Киев : Выща шк., 1989. – 319 с.

Ломако, Е. И. Влияние фосфорных удобрений на урожай озимой пшеницы на почвах Волго-Вятского экономического района / Е. И. Ломако // Агрохимия. – 1981. – № 9. – С. 35–40.

Лукманов, А. А. Аккумулятор знаний по агрохимии : учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Лукманов, А. В. Ивойлов. – Ч. 1: Питание растений. Свойства почвы. Удобрения: виды, состав, свойства. – Казань : Изд-во Казан. ГАУ, 2023. – 160 с.; Ч. 2: Система удобрений. – Казань : Изд-во Казан. ГАУ, 2024. – 168 с.

Лукманов, А. А. Эколого-агрохимические основы плодородия почв Республики Татарстан / А. А. Лукманов. – Казань : Логос-Пресс, 2024. – 272 с.

Лыков, А. М. Гумус и плодородие почвы / А. М. Лыков. – М. : Моск. рабчий, 1985. – 192 с.

Максимов, Н. А. Краткий курс физиологии растений / Н. А. Максимов. – 9-е изд., перераб. – М. : Сельхозгиз, 1958. – 559 с.

Малофеев, В. И. Технология термической переработки помета / В. И. Малофеев. – М. : Колос, 1981. – 117 с.

Медведев, С. С. Физиология растений / С. С. Медведев. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 336 с.

Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош [и др.] ; под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.

Минеев, В. Г. Агрохимия : учебник / В. Г. Минеев. – М. : Изд-во Моск. ун-та; Наука, 2006. – 720 с.

Михайлова, Л. А. Удобрение и диагностика минерального питания плодово-ягодных культур : учеб. пособие / Л. А. Михайлова,

М. Г. Субботина, М. А. Алёшин. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2019. – 247 с.

Муравин, Э. А. Агрохимия / Э. А. Муравин, Л. В. Ромодина, В. А. Литвинский. – М. : ИЦ «Академия», 2014. – 304 с.

Муха, В. Д. Агрочвоведение / В. Д. Муха, Н. И. Картамышев, Д. В. Муха. – М. : КолосС, 2003. – 528 с.

Мухин, А. А. Индустриальная технология возделывания кукурузы / А. А. Мухин. – М. : Колос, 1984. – 127 с.

Овощеводство / Г. И. Тараканов, В. Д. Мухин, К. А. Шуин [и др.]; по ред. Г. И. Тараканова и В. Д. Мухина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : КолосС, 2003. – 472 с.

Органические удобрения. Справочник / П. Д. Попов, В. И. Хохлов, А. А. Егоров [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1988. – 208 с.

Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.

Пестов, Н. Е. Физико-химические свойства зернистых и порошкообразных продуктов / Н. Е. Пестов. – М. : Л. : Изд-во АН СССР, 1947. – 239 с.

Пинский, Д. Л. Ионообменные процессы в почвах / Д. Л. Пинский. – Пушкино : Пушин. науч. центр РАН, 1997. – 165 с.

Полевой, В. В. Физиология растений : учеб. для биол. спец. вузов / В. В. полевой. – М. : Высш. шк., 1989. – 484 с.

Посыпанов, Г. С. Соя в Подмосковье. Сорты северного экотипа для Центрального Нечерноземья и технология их возделывания / Г. С. Посыпанов. – М. : МСХА им. К. А. Тимирязева, 2007. – 200 с.

Почвенно-экологические аспекты растениеводства / В. Ф. Вальков, Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев [и др.]. – Ростов н/Д. : Ростовиздат, 2007. – 391 с.

Почвоведение. В 2 ч. / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина [и др.]. – М. : Высш. шк., 1988. – 400 с.

Практикум по агрохимии / В. В. Кидин, И. П. Дерюгин, В. И. Кобзаренко [и др.]; под ред. В. В. Кидина. – М. : КолосС, 2008. – 599 с.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.

Приемы повышения плодородия почв (известкование, фосфоритование, гипсование) : науч.-метод. реком. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 116 с.

Прокошев, В. В. Калий и калийные удобрения : практическое руководство / В. В. Прокошев, И. П. Дерюгин. – М. : Ледум, 2000. – 185 с.

Проскурина, И. К. Биохимия / И. К. Проскурина. – М. : Владос-Пресс, 2003. – 240 с.

Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия : инструктивно-метод. изд. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 464 с.

Ремезов, Н. П. Почвенные коллоиды и поглощательная способность почв / Н. П. Ремезов. – М. : Сельхозгиз, 1957. – 224 с.

Рихтер, М. Избранные методы исследования крахмала / М. Рихтер, З. Аугустат, Ф. Ширбаум. – М. : Пищевая про-ть, 1975. – 184 с.

СанПиН 42-123-4619-88. Допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения.

Сафиоллин, Ф. Н. Система мелиоративного земледелия в республике Татарстан : учеб. пособие / Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин. – Казань : ООО «Центр инновационных технологий», 2015. – 318 с.

Симаков, Е. А. Совершенствование системы семеноводства – важнейший фактор повышения эффективности производства картофеля / Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов // Картофель и овощи. – 2009. – № 10. – С. 2–6.

Система применения удобрений : учеб. пособие / В. В. Лапа, В. Н. Емельянова, Ф. Н. Леонов [и др.] ; под ред. В. В. Лапы. – Гродно : ГГАУ, 2011. – 418 с.

Смагин, А. В. Газовая фаза почв / А. В. Смагин. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 200 с.

Смит, У. Лес и атмосфера / У. Смит. – М. : Прогресс, 1985. – 429 с.

Соколовский, А. А. Краткий справочник по минеральным удобрениям / А. А. Соколовский, Т. П. Унанянц. – М. : Химия, 1977. – 376 с.

Справочная книга по химизации сельского хозяйства / А. В. Соколов, Ф. В. Турчин, Б. Г. Блюм [и др.] ; под ред. В. М. Борисова. – М. : Колос, 1969. – 656 с.

Справочник агрохимика Республики Татарстан / П. А. Чекмарев, А. А. Лукманов, И. Д. Давлятшин [и др.] ; под ред. П. А. Чекмарева. – Казань : [б. и.], 2015. – 324 с.

Справочник по овощеводству / В. И. Алексашин, А. В. Алпатьев, Р. А. Андреева [и др.] ; сост. В. А. Брызгалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Колос. Ленингр. отд-ние, 1982. – 511 с.

- Стопский, В. С.** Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья / В. С. Стопский. – М. : Колос, 1992. – 286 с.
- Сурмач, Г. П.** Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия / Г. П. Сурмач. – Волгоград : [б. и.], 1992. – 174 с.
- Сычёв, В. Г.** Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования / В. Г. Сычёв. – М. : РАН, 2019. – 328 с.
- Траннуа, П.** Как «кормить» растения, или немного «химии почв» / П. Траннуа // Сад и огород. 2006. № 1. – С. 40–43.
- Тюрин, И. В.** Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И. В. Тюрин. – М. : Наука, 1965. – 320 с.
- Удобрения, их свойства и использование / Д. А. Кореньков, И. И. Синягин, А. В. Петербургский [и др.] ; под ред. Д. А. Коренькова. – М. : Колос, 1982. – 415 с.
- Физер, Л.** Органическая химия. Углубленный курс / Л. Физер, М. Физер. – М. : Химия, 1970. – 799 с.
- Флиндт, Р.** Биология в цифрах. Сборник таблиц, включающих более 10 000 данных / Р. Флиндт ; пер. с нем. – М. : Мир, 1992. – 304 с.
- Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур / Я. Байер, В. Черны, М. Ферик [и др.] ; пер. с чеш. З. К. Благовещенской. – М. : Колос, 1984. – 367 с.
- Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения / пер. с англ. Н. Л. Гудскова, Н. В. Обручевой, К. С. Спектрова и С. С. Чаяновой ; под ред. и с предисл. А. Т. Мокроносова. – М. : Агропромиздат, 1989. – 460 с.
- Хейфец, Д. М.** Запасы фосфора в различных почвах Советского Союза / Д. М. Хейфец // Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – Т. 33: Работы по агрохимии. – М. : Изд-во АН СССР, 1950. – С. 5–12.
- Хомяков, Д. М.** Изменение кислотности природной среды и известкование почв в регионах с гумидным климатом / Д. М. Хомяков // Агрохимия. – 2000. – № 3. – С. 81–91.
- Черных, Н. А.** Нормирование загрязнения почв ТМ / Н. А. Черных, В. Ф. Ладонин // Агрохимия. – 1995. – № 6. – С. 71–80.
- Шильников, И. А.** Известкование почв / И. А. Шильников, Л. А. Лебедева. – М. : Агропромиздат, 1987. – 171 с.
- Шкарда, М.** Производство и применение органических удобрений / М. Шкарда ; пер. с чеш. и пред. З. К. Благовещенской. – М. : Агропромиздат, 1985. – 364 с.
- Школьник, М. Я.** Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – М. : Наука, 1974. – 323 с.

- Щербакова, Д. А.** земельный фонд России: современное состояние и некоторые тенденции его развития / Д. А. Щербакова, И. А. Гиниятов // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2022. – Т. 3. – С. 189–197.
- Эндрюс, У. Б.** Применение органических и минеральных удобрений / У. Б. Эндрюс ; пер. с англ. Т. Л. Чебановой ; под ред. и с предисл. Н. С. Соколова. – М. : Изд-во инстр. лит., 1959. – 399 с.
- Ягодин, Б. А.** Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – М. : Колос, 2002. – 584 с.
- Amberger, A.** Wanderung der Pflanzennährstoffe im Boden und deren Bedeutung in einer umweltbewussten Landwirtschaft / A. Amberger, P. Schweiger // Die Bodenkultur. – 1973. – № 24 (3). – S. 221–236.
- Barszczak, T.** Zakwaszenie gleb a zadania dla praktyki rolniczej / T. Barszczak, Z. Barszczak // Nowe Rolnictwo. – 1976. – № 17. – P. 7–8.
- Bergmann, W.** Die Kalkung des Dauergrünlandes / W. Bergmann // Die deutsche Landwirtschaft. – 1963. – № 11. – S. 537.
- Bergmann, W.** Diagnosis of Nutrient Requirement by Plants / W. Bergmann, A. Čumakov. – G. Fischer Verlag, Jena, and Priroda, Bratislava. – 295 P.
- Bussler, W.** Microscopical possibilities for the diagnosis of trace element stress in plants, paper presented / W. Bussler // Symposium Trace Element Stress in Plant. – Los Angeles. November 6, 1979. – P. 36.
- Coppenet M.** Resultate de deuze annees d'observations Lysimetriques aquimper (1954–1965) / M. Coppenet. // Ann agronomy. – 1969. – Vol. 20, № 2. – P. 111–143.
- Cox, P. A.** The Elements: Their Origin, Abundance Distribution. – Oxford University Press, Oxford, 1989. pp 1–202.
- Gasser, J. K. R.** An assesment of the importance of some factors causing losses of lime from agricultural soils / J. K. R. Gasser // Experimental Husbandry. – 1974. – № 25. – P. 86–95.
- Henze, R.** Kalkverluste – Kalkbilanz / R. Henze // Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung. – 1982. – Bd 23, № 2. – S. 86–95.
- Hortenstine, C. C.** The effects of lime and phosphorus fertilization on oats and soil phosphorus in lakeland fine sand in small lysimeters / C. C. Hortenstine // The Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings. – 1964. –Vol. 24. – P. 35–42.
- Kohnlein, I.** Die Nährstoffauswaschung aus der Ackerkrume in der Unterboden und ihr Einfluss auf die Nährstoffbilanz / I. Kohnlein, H.

Weichbrodt // Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau. – 1971. – Vol. 134, № 1, – S. 50–82.

Kohnlein, J. Nährstoffauswaschung aus der Ackerkrume von sechs schleswig-holsteinischen Böden in den Unterboden / J. Kohnlein, M. Oehring, G. Spielhaus // Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau. – 1966. – Vol. 124, № 3. – S. 212–234.

Mengel, K. Principles of Plant Nutrition / K. Mengel, E. A. Kirkby. – 4th Edition. – International Potash Institute, P.O. Box, CH-3048 Worblaufen Bern, Switzerland, 1987. – 690 P.

Miller, R. B. Flows and cycles of macro- and microelements in a forest soil and its environment / R. B. Miller // 9th International Congress of Soil Science Transactions. – Adelaide, Australia, 1968. – № 4. – P. 323–331.

Nehring, R. Der Einsatz der Kartoffel in der Fütterung / R. Nehring // Schick R., Klinkowski M. (Hrsg.) Die Kartoffel. – VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1961. – S. 1739–1757.

Nutsch, A. Magnesiumdüngung zu Kartoffeln / A. Nutsch // Kartoffelbau. – 1992. – Bd. 43. – S. 234–236.

Ohlendorf, W. Untersuchungen über die Nährstoffkonzentration im Sickerwasser von Lysimetern bei Ackernutzung / W. Ohlendorf, A. Vomel // Forschung und Berichte. – 1976. – № 30. – S. 29–37.

Pfaff, C. Über die Auswaschung von Calcium, Magnesium, Chlorid und Sulfat aus dem Boden (Lysimeterversuche) / C. Pfaff // Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau. – 1963. – Vol. 117, № 2. – S. 117–128.

Putz, B. Kartoffeln. Züchtung, Anbau, Verwertung / B. Putz. – Behr's Verlag Hamburg, 1990. – 280 S.

Ririe, D. Movement and effect of lime and gypsum in soil / D. Ririe, S. Toth, E. Beer // Soil Science. – 1952. – Vol. 73, № 1. – P. 23–27.

Vetter, H. Ist eine stärkere Aufkalkung unserer Ackerböden zweckmäßig / H. Vetter // Sonderdruck aus dem Landwirtschaftsblatt. – Weser – Ems, № 52, 1968, № 1, 2, 3, 1969.

Учебное пособие

ИВОЙЛОВ Александр Васильевич
ЛУКМАНОВ Анас Ахтямович

АГРОХИМИЯ В ЦИФРАХ
Сборник таблиц, включающий более 10 000 данных

Учебно-справочное пособие

*Печатается в авторской редакции в соответствии
с представленным оригинал-макетом*

Дизайн обложки ??????????????????????

Подписано в печать ???.02.2025. Формат 60×84 1/16
Бумага мелованная. Печать офсетная.
Гарнитура «Arial». Усл. печ. л. 11,16
Тираж ??? экз. Заказ ????????