

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Е.И. Волошин, А.Т. Аветисян

**РУКОВОДСТВО
ПО УДОБРЕНИЮ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР
(ярового рапса, сурепицы, горчицы, редьки масличной)**

Методические рекомендации

Электронное издание

Красноярск 2017

Рецензенты:

*А.В. Бобровский, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
отдела агротехнологий Красноярского НИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН*

*Л.П. Байкалова, д-р с.-х. наук, профессор кафедры растениеводства
и плодовоовощеводства Красноярского ГАУ*

Волошин, Е.И.

Руководство по удобрению капустных культур (ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной): метод. рекомендации [Электронный ресурс] / Е.И. Волошин, А.Т. Аветисян; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 28 с.

В издании приведены биологические особенности и роль макро- и микро-элементов в питании растений, предложена система применения удобрений при выращивании капустных культур.

Предназначено для специалистов АПК, бакалавров и магистров сельскохозяйственных вузов.

© Волошин Е.И., Аветисян А.Т., 2017

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Биологические особенности капустных культур	5
2. Роль макро- и микроэлементов в питании растений.....	9
3. Почвенная диагностика минерального питания растений	13
4. Применение удобрений при выращивании капустных культур	17
4.1. Методы определения потребностей растений в удобрениях	17
4.2. Дозы и технология внесения удобрений	20
5. Влияние удобрений на качество урожая капустных культур	22
ЛИТЕРАТУРА	25
ПРИЛОЖЕНИЯ	27

ВВЕДЕНИЕ

Для повышения эффективности животноводства в Сибири необходимо увеличение производства кормов и улучшение их качества и энергонасыщенности. В настоящее время обеспеченность животноводства полноценными кормами составляет 60–70 % от годовой потребности. Дефицит белка в кормовых рационах является сдерживающим фактором в увеличении продуктивности животноводства.

В создании прочной кормовой базы первостепенное значение имеет увеличение производства белка растительного происхождения. Увеличение количества кормового белка растительного происхождения можно получить за счет расширения посевов сельскохозяйственных культур с высоким содержанием протеина. В решении этой проблемы для Сибири большое значение имеют растения семейства капустных – рапс, сурепица, горчица и редька масличная.

Короткий вегетационный период и значительная холодостойкость, способность переносить кратковременные засухи, высокая урожайность и повышенное содержание протеина в растительной продукции позволяют выращивать эти культуры во всех почвенно-климатических зонах региона. В животноводстве капустные культуры используют для производства зеленого корма, силоса, сенажа, травяной муки и шрота. В растениеводстве эти культуры используют для получения маслосемян, в качестве сидератов, для улучшения фитосанитарного состояния посевов.

В повышении продуктивности капустных культур большое значение принадлежит минеральным и органическим удобрениям. Оптимизация питания растений макро- и микроэлементами способствует повышению плодородия почв, увеличению урожайности культур и улучшению качества растительной продукции. Использование удобрений при выращивании капустных культур должно проводиться с учетом региональных климатических условий, биологических особенностей растений, свойств почв и удобрений. Внедрение научно обоснованных способов применения удобрений будет способствовать повышению продуктивности растений и обеспечит животноводческую отрасль сбалансированными по минеральному составу кормами.

1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР

Рапс яровой относится к семейству капустных. Это однолетнее растение, корень веретеновидный, ветвистый, сильно развитой, хорошо охватывает пахотный горизонт. Главный корень проникает в почву на глубину до 2 метров.

Эта культура предъявляет высокие требования к плодородию почв. Наилучшими для растений являются почвы с нейтральной или слабощелочной реакцией среды, хорошо обеспеченные подвижными соединениями азота, фосфора, калия и микроэлементов. Песчаные и супесчаные почвы непригодны для выращивания рапса из-за недостатка влаги. На почвах с близким уровнем грунтовых вод происходит вымокание растений. В региональных условиях яровой рапс хорошо растет и развивается на различных типах и подтипах черноземов, серых лесных и дерново-подзолистых почв.

Яровой рапс является холодостойкой культурой. Всходы рапса переносят заморозки до минус 3–5 °С, а взрослые растения – до минус 8–10 °С. В условиях Восточной Сибири рапс хорошо растет до наступления устойчивых холодов. При выращивании на корм потребность ярового рапса в сумме температур выше 5 °С на весь вегетационный период составляет 870–1000 °С. Для завершения цикла развития растения ярового рапса нуждаются в сумме эффективных температур 1100–1250 °С.

Рапс – светлюбивое растение длинного дня с коротким вегетационным периодом. Эта культура является влаголюбивым растением. В условиях Восточной Сибири проходит все фазы развития, включая плодообразование и созревание семян. Наибольшую потребность во влаге проявляет в период цветения и налива зерна. Орошение способствует повышению урожайности растений.

Семена рапса дают всходы при температуре 1–3 °С. С повышением температуры воздуха скорость прорастания семян увеличивается. При оптимальной влажности почвы и температуре воздуха 13–15 °С всходы рапса появляются на 3–4-й день, при недостатке влаги и тепла – на 8–12-й день и позже. В зависимости от обеспеченности влагой и теплом от начала всходов до бутонизации у ярового рапса проходит 35–45 дней. Яровой рапс цветет обильно в течение 25–45 дней. Созревание семян у ярового рапса наступает через 98–108 дней после полных

всходов. Наиболее облиственным яровой рапс бывает в фазу бутонизации. В дальнейшем, по мере роста стебля, масса листьев уменьшается, увеличивается количество цветоносных побегов и стручков. К концу цветения – плодообразования 40–60 % общего урожая зеленой массы приходится на долю цветоносных побегов и стручков. Яровой рапс продолжает рост до конца цветения – плодообразования. В эту фазу он дает наибольший урожай зеленой массы. Рациональное применение удобрений при выращивании рапса способствует повышению его урожайности и улучшению качества растительной продукции.

Сурепица – травянистое растение семейства капустных. Корень стержневой, разветвленный, глубоко проникающий в почву. Основная масса корней располагается в пахотном горизонте.

В Сибири возделывают сурепицу яровую, которая относится к растениям длинного дня. Для нее характерно преимущественно перекрестное опыление с помощью насекомых. Однако имеет место образование плодов от самоопыления. При созревании сурепица склонна к осыпанию, особенно при переставивании на корню.

Сурепица – холодостойкое растение. Семена начинают прорастать при температуре 1–2 °С. Всходы переносят заморозки до минус 4–6 °С, взрослые растения – до минус 8 °С. Осенью растения могут вегетировать при низких положительных температурах (до 2–3 °С). При температуре почвы 8–10 °С всходы появляются на 3–4-й день. В условиях Сибири сурепица проходит все стадии развития, включая плодообразование и созревание семян. У сурепицы семена созревают после появления полных всходов через 70–90 дней. До бутонизации растения растут медленно, от начала бутонизации до полного цветения наиболее интенсивно. Цветение у сурепицы в сравнении с яровым рапсом более дружное.

Сурепица очень требовательна к влажности почвы, особенно в фазе бутонизации и цветения, когда происходит интенсивное накопление вегетативной массы. Орошение способствует повышению продуктивности растений.

К предшественникам и плодородию почвы сурепица менее требовательна, чем рапс. В региональных условиях хорошо произрастает на всех типах, подтипах и разновидностях почв. Малопригодны для выращивания этой культуры песчаные и супесчаные почвы, а также почвы с близким залеганием грунтовых вод. Сурепица хорошо отзывается на внесение минеральных и органических удобрений. Оптимизи-

зация питания растений макро- и микроэлементами способствует повышению урожайности и улучшению качественных показателей растительной продукции. Высокие кормовые достоинства, малая требовательность к теплу, возможность организации собственного семеноводства позволяют выращивать эту культуру в подтаежной, лесостепной и степной зонах края.

Горчица белая – однолетние растения семейства капустных.

Корневая система горчицы стержневая, хорошо развитая. Главный корень тонкий, веретеновидный, проникает в почву на глубину более 1,5 м, основная масса корней располагается на глубине 20–50 см.

Горчица – культура длинного дня, высотой 1–1,2 м, является перекрестно опыляемым растением. Эта культура относится к холодоустойчивым растениям, прорастание семян начинается при температуре 1–2 °С. Растение вегетирует вплоть до поздней осени при температуре плюс 3–4 °С, выносит непродолжительное снижение температуры до минус 8–10 °С. Это делает горчицу белую особенно перспективной культурой для использования в пожнивных посевах как на корм, так и на зеленое удобрение. Как ранняя яровая культура горчица белая успевает вызреть на семена, ее семенная продуктивность находится в пределах от 10 до 15 ц/га, что при небольшой норме высева определяет ее высокий коэффициент размножения и возможность быстрого самообеспечения хозяйств семенами.

При возделывании горчицы необходимо учитывать ее высокую потребность во влагообеспечении на протяжении всего периода вегетации и засухоустойчивость. Максимальное потребление влаги горчицей приходится на период *формирования стебля – бутонизации – цветения*. Недостаток влаги в критические периоды роста и развития обуславливает слабую ветвистость растений, физиологическое увядание бутонов и существенное снижение урожая семян.

Горчица менее требовательна к плодородию почвы. Благодаря глубоко проникающему стержневому корню растениям не только удается потреблять воду и питательные вещества из более глубоких слоев почвы, но и в определенной степени компенсировать действие неблагоприятных погодных условий. Оптимальными для возделывания горчицы являются хорошо оструктуренные почвы со средним и повышенным содержанием гумуса, с высокой водоудерживающей способностью, имеющие близкую к нейтральной реакцию почвенного раствора (рН – 6,2–7,0). Мало пригодны почвы с повышенной ки-

слотностью ($pH < 5,5$), высоким уровнем залегания грунтовых вод, с застойной влагой и тяжелым гранулометрическим составом [Перспективная ресурсосберегающая технология..., 2010].

Редька масличная – однолетнее растение, отличается коротким вегетационным периодом. Она имеет стержневой корень, утолщенный в верхней и разветвленный в нижней части. Основная масса корней располагается в пахотном горизонте, отдельные корни проникают вглубь до 60–80 см.

Стебли у редьки прямостоящие, полные, разветвленные у основания, слегка опушенные, многогранные. В фазе массового цветения в благоприятные годы стебли достигают высоты 120–130 см.

Редька масличная – холодостойкое растение. В зависимости от влагообеспеченности почвы и ее температурного режима всходы появляются через 5–9 дней. Семена прорастают при температуре 2–3 °С. Всходы переносят заморозки до минус 3–4 °С, а взрослые растения – до минус 6–7 °С. При низких температурах (около 5–6 °С) растения продолжают успешно расти.

Продолжительность периода *всходы – цветение* в среднем составляет 30–42 дня. Каждый цветок цветет 2–3 дня, а все растение – до 30 дней. Наибольший прирост растений в высоту происходит в фазу цветения. Максимальный урожай биомассы формируется к концу цветения – началу образования плодов.

Редька масличная – растение длинного дня, при весенних посевах развивается быстрее, чем при летних, поэтому на семена ее высевают в ранние сроки. При летних посевах формирует более высокие урожаи зеленой массы.

Наибольшую потребность во влаге редька масличная испытывает в фазу бутонизации и цветения, когда происходит интенсивное нарастание урожая зеленой и сухой массы. Орошение способствует повышению урожайности редьки масличной.

Редька масличная – не требовательная культура к плодородию почв. Успешно произрастает на всех типах и подтипах региональных почв, не выносит затопления и высокого уровня стояния грунтовых вод. Рациональное использование минеральных и органических удобрений в значительной степени повышает продуктивность растений.

2. РОЛЬ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

Для полной реализации биологического потенциала растений необходимо оптимальное обеспечение их питательными элементами, недостаток которых приводит к снижению продуктивности, а избыток – к ухудшению минерального состава кормов и качества семян.

Растения потребляют питательные вещества с момента появления всходов. Недостаток их в это время в дальнейшем ослабляет развитие растений, приводит к снижению урожая как семян, так и зеленой массы. По мере роста и развития растений потребление питательных веществ увеличивается, достигая максимума перед цветением, в фазе созревания снижается, а затем постепенно прекращается. В это время растения используют азот, фосфор, калий и другие элементы питания, накопленные в стеблях, листьях и корнях для образования семян.

Азот. В растениях входит в состав белков, хлорофилла, нуклеиновых кислот, фосфатидов и многих других органических соединений. Без азота невозможно образование белков и витаминов, особенно группы В. Растения наиболее интенсивно поглощают и усваивают азот в период максимального роста и образования стеблей и листьев.

Рапс, сурепица, горчица и редька масличная требовательны к уровню азотного питания и срокам внесения азотных удобрений. При их недостатке растения приобретают светло-зеленую, а затем желтую окраску, листья высыхают и опадают, могут окрашиваться в желтый или оранжево-красный цвет с красными жилками, а стебель – в пурпурно-красный, ветви недоразвиты. Общая потребность по фазам роста и развития растений неодинаковая. Излишнее азотное питание растений способствует накоплению нитратов в продукции и задерживает созревание семян.

Фосфор играет важную роль в жизни растений, этот элемент регулирует дыхательные процессы и является переносчиком энергии. Фосфатиды и нуклеопотеиды входят в состав сложных фосфорорганических соединений и являются основной частью протоплазмы. Фосфор ускоряет развитие растений, стимулирует цветение и плодоношение, способствует интенсивному нарастанию корневой системы. Под влиянием фосфора улучшается качество урожая, повышаются зимостойкость и засухоустойчивость растений, ускоряются их развитие и созревание.

При его недостатке в начале вегетации подавляется рост, листья приобретают темно-зеленую окраску, позднее по краям они становятся розовато-лиловыми, а при значительном дефиците фосфора вся пластина листа краснеет. Растения группы капустных эффективно используют фосфор в течение всего вегетационного периода.

Калий. Этот элемент улучшает поступление воды в клетки, повышает осмотическое давление и тургор, уменьшает транспирацию, усиливает устойчивость биокolloидов клетки, улучшает обмен веществ и повышает жизнеспособность организма. При достаточном калийном питании повышается засухоустойчивость растений, стимулируется процесс фотосинтеза, усиливается образование сахаров и их продвижение в другие органы растений. Под влиянием калия в растения поступает много азота и образуется больше белков. При недостатке калия задерживается синтез белка, в растениях накапливается небелковый азот. Калий в агроценозах используется для повышения устойчивости растений к неблагоприятным погодным условиям и уменьшения поражения болезнями и вредителями. При недостатке калия старые листья растений сначала сморщиваются, становятся красно-коричневыми, края и кончики листовых пластинок желтеют, эта окраска распространяется к середине листа. Цветы вянут и опадают, при сильном дефиците калия растения могут погибнуть.

Молибден оказывает положительное влияние на морозоустойчивость и засухоустойчивость растений, участвует в окислительно-восстановительных процессах, углеводном, фосфорном обмене, синтезе витаминов и хлорофилла, фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями, повышает усвояемость железа и кальция растениями.

При недостатке молибдена в растениях меньше образуется белков, накапливаются нитраты, нарушается обмен азотистых веществ. При дефиците молибдена листья имеют желто-зеленые и бледно-оранжевые межжилковые пятна (хлороз).

Марганец принимает активное участие в окислительно-восстановительных процессах: фотосинтезе, дыхании, образовании хлорофилла, усвоении молекулярного и минерального азота. Этот элемент регулирует водный режим в растениях, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, влияет на плодоношение и способствует ускорению развития плодов.

При недостатке марганца в молодых растениях отмечается межжилковый хлороз, ослабляется их рост и наблюдается потеря тургора клетками, снижается устойчивость к низким температурам.

Цинк входит в состав ферментов, принимает участие в белковом, липоидном, углеводном, фосфорном обмене, биосинтезе витаминов и ростовых веществ. В агроценозах цинк оказывает положительное влияние на засухоустойчивость, зимостойкость растений, их подверженность к грибным и бактериальным заболеваниям.

Характерными симптомами цинкового голодания у растений являются возникновение хлоротических пятен между жилками, напоминающих ржавчину. Недостаток цинка отмечается на малогумусных почвах легкого гранулометрического состава.

Кобальт входит в состав ферментов и витаминов В₁₂, белков и нуклеиновых кислот, участвует в углеводном и минеральном обмене, синтезе хлорофилла в листьях, увеличивает интенсивность дыхания и содержания аскорбиновой кислоты в растениях.

Недостаток кобальта проявляется в хлорозе листьев, приводит к снижению интенсивности физико-биологических процессов, задержке роста и снижению урожайности кормовых трав.

Медь участвует в процессах окисления, входит в состав ферментов, усиливает интенсивность дыхательных процессов, придает хлорофиллу большую устойчивость, улучшает фотосинтетическую деятельность и водный баланс в растениях, повышает устойчивость растений к высоким и низким температурам, уменьшает их поражаемость грибными и бактериальными заболеваниями.

Недостаток меди вызывает у растений задержку роста, цветения, хлороз листьев, потерю тургора и увядание. Общий симптом дефицита меди – побеление самых молодых листьев и их скручивание с последующим увяданием и отмиранием.

Бор. Он необходим растениям в течение всего периода вегетации. Основные биохимические функции бора связаны с метаболизмом углеводов и переносом сахаров через мембраны, синтезом нуклеиновых кислот и фитогормонов. Бор играет важную роль в опылении и оплодотворении цветков, стимулирует образование клубеньков на корнях бобовых растений. Недостаток бора приводит к увеличению количества неоплодотворенных цветков, снижает семенную продуктивность растений.

При недостатке бора (содержание в почве менее 2,5 мг/кг) молодые листья растений становятся блестящими, заворачиваются наружу, а старые – жесткими и приобретают желто-оранжево-красную окраску по краям, стебель утолщается, цветение задерживается, в стручке образуется мало семян. При резком недостатке бора отмирает значительная часть листьев. В пазухах отмерших листьев образуется большое количество маленьких искривленных листочков, которые могут подвергаться заболеванию и отмиранию.

Сера – необходимый и незаменимый элемент в питании растений. Она входит в состав всех белков, содержится в аминокислотах, растительных маслах, витаминах и некоторых антибиотиках. Сера имеет большое значение в окислительно-восстановительных процессах, происходящих в растениях, активировании энзимов и белковом обмене. При недостатке серы задерживается синтез белков и аминокислот. Проявление признаков недостаточности серы сходно с признаками азотного голодания растений. Молодые листья растений развиваются слабо, желтеют; более старые становятся бледными с малиновой окраской центральной жилки и краев, заворачиваются вовнутрь. Цветки бледно-желтые, а затем белые, стручки пустые, семена шуплые. При недостатке серы в растениях могут накапливаться нитраты и нитриты, ухудшается качество растительной продукции.

3. ПОЧВЕННАЯ ДИАГНОСТИКА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Мониторинг содержания доступных для растений форм элементов питания является необходимым условием рационального применения удобрений. Для оценки плодородия почвы по степени обеспеченности подвижными (доступными) формами элементов питания и корректировке доз минеральных удобрений используют показатели (индексы) обеспеченности. В таблицах 1–4 приведена группировка почв по степени обеспеченности элементов питания, рекомендуемая при выращивании сельскохозяйственных культур в Красноярском крае.

Анализы почв на содержание питательных веществ проводятся в центре (станциях) агрохимической службы.

Таблица 1 – Содержание нитратного азота в почвах
(Рекомендации ... , 1987)

Группа	Содержание нитратного азота в почвах	N-NO ₃ , мг/кг	Оценка плодородия	Потребность в азотных удобрениях
1	Очень низкое	<4,0	Низкое	Высокая
2	Низкое	4,1–8,0		
3	Среднее	8,1–12,0	Среднее	Средняя
4	Повышенное	12,1–16,0		
5	Высокое	16,1–20,0	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	>20,1		

Таблица 2 – Группировка почв по содержанию подвижного фосфора (Рекомендации ... , 1987)

Группа	Содержание подвижного фосфора	P ₂ O ₅ , мг/кг			Оценка плодородия	Потребность в удобрениях
		метод Чирикова	метод Кирсанова	метод Мачигина		
Для почв степного типа Ачинско-Боготольской, Чулымо-Енисейской, Канской, Красноярской лесостепи						
1	Очень низкое	<25	–	–	Низкое	Высокая
2	Низкое	26–50	–	–		
3	Среднее	51–100	–	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	101–150	–	–		
5	Высокое	151–200	–	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	>200	–	–		
Для почв степного типа Минусинской лесостепи						
1	Очень низкое	<100	–	–	Низкое	Высокая
2	Низкое	101–150	–	–		
3	Среднее	151–200	–	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	201–250	–	–		
5	Высокое	251–300	–	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	>300	–	–		
Для почв подзолистого типа всех зон края						
1	Очень низкое	–	<50	–	Низкое	Высокая
2	Низкое	–	51–100	–		
3	Среднее	–	101–150	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	–	151–200	–		
5	Высокое	–	201–250	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	–	>250	–		
Для карбонатных почв всех зон края						
1	Очень низкое	–	–	<10	Низкое	Высокая
2	Низкое	–	–	11–20		
3	Среднее	–	–	21–30	Среднее	Средняя
4	Повышенное	–	–	31–45		
5	Высокое	–	–	46–60	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	–	–	>60		

Таблица 3 – Группировка почв по содержанию обменного калия в разных природных зонах Красноярского края (Рекомендации ... , 1987)

Группа	Содержание обменного калия	K ₂ O, мг/кг			Оценка плодородия	Потребность в удобрениях
		метод Чирикова	метод Кирсанова	метод Мачигина		
Для почв степного типа всех зон края						
1	Очень низкое	<50	–	–	Низкое	Высокая
2	Низкое	51–70	–	–		
3	Среднее	71–90	–	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	91–110	–	–		
5	Высокое	111–150	–	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	>150	–	–		
Для почв подзолистого типа всех зон края						
1	Очень низкое	–	<50	–	Низкое	Высокая
2	Низкое	–	51–100	–		
3	Среднее	–	101–150	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	–	151–200	–		
5	Высокое	–	201–300	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	–	>300	–		
Для карбонатных почв всех зон края						
1	Очень низкое	–	–	<100	Низкое	Высокая
2	Низкое	–	–	101–200		
3	Среднее	–	–	201–300	Среднее	Средняя
4	Повышенное	–	–	301–400		
5	Высокое	–	–	401–600	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	–	–	>600		

Таблица 4 – Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, определяемых по методу Пейве-Ринкиса (Методические указания ..., 2003)

Элемент	Экстрагирующий раствор	Градации почв по содержанию микроэлементов, мг/кг		
		низкое	среднее	высокое
Марганец	0,1 н. H ₂ SO ₄	< 30	31–70	> 70
Цинк	1 н. KCl	< 0,7	0,8–1,5	> 1,5
Медь	1 н. HCl	< 1,5	1,6–3,3	> 3,3
Кобальт	1 н. HNO ₃	< 1,0	1,1–2,2	> 2,2
Бор	H ₂ O	< 0,33	0,34–0,7	> 0,7
Молибден	Оксалатно-буферный раствор с pH 3,3	< 0,10	0,11-0,22	> 0,22

4. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР

4.1. Методы определения потребностей растений в удобрениях

Определение доз удобрений на основе использования результатов полевых опытов

Метод прямого использования результатов полевых опытов с удобрениями широко используется в производственных условиях для определения их эффективных доз. На основании полевых опытов научно-исследовательские институты устанавливают средние дозы удобрений при выращивании ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной (табл. 5). Эти дозы в конкретных почвенно-климатических условиях хозяйств дифференцируются в зависимости от уровня эффективного плодородия почв, агротехники и планируемого урожая капустных культур. При расчете доз учитывают поправочные коэффициенты на вид удобрений, предшественник, гранулометрический состав почв и их эродированность (табл. 6–9).

Таблица 5 – Примерные дозы минеральных удобрений при выращивании капустных культур на зеленый корм на почвах со средним содержанием питательных веществ, кг/га д.в.

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Яровой рапс	60–90	60–90	60–90
Сурепица	60–90	60–90	60–90
Горчица	60–90	60–90	60–90
Редька масличная	60–90	60–90	60–90

Таблица 6 – Поправочные коэффициенты к дозам удобрений в зависимости от содержания подвижных форм питательных веществ (Кидин В.В., Торшин С.П., 2016)

Группировка почв по содержанию нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия	Азотные	Фосфорные удобрения	Калийные удобрения
Очень низкое	1,3	1,6	1,6
Низкое	1,2	1,4	1,4
Среднее	1,1	1,2	1,1
Повышенное	1,0	1,0	1,0
Высокое	0,7	0,8	0,7
Очень высокое	0,5	0,5	0,3

Таблица 7 – Поправочные коэффициенты (K_2) к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от предшественников (Составление проекта ..., 2000)

Предшественник	K_2
Зернобобовые	0,8
Многолетние травы, бобовые	0,5
Пары чистые	0,8
По всем другим предшественникам	1,0

Таблица 8 – Поправочные коэффициенты (K_1) к годовым дозам минеральных удобрений в зависимости от механического (гранулометрического) состава почвы (Составление проекта ..., 2000)

Механический состав почвы	Поправочный коэффициент		
	N	P_2O_5	K_2O
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

Таблица 9 – Поправочные коэффициенты (K_3) к годовым дозам удобрений в зависимости от степени эродированности почвы (Составление проекта ..., 2000)

Степень эродированности почв	Вид удобрений		
	азотные	фосфорные	калийные
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

Определение доз удобрений на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений

В основу расчета доз удобрений берется вынос элементов минерального питания всем планируемым урожаем или его прибавкой, которую необходимо получить за счет удобрений.

Дозу минеральных удобрений (ц на 1 га) рассчитывают по формуле

$$D = 100 (B - PK_n) / K_y \times C,$$

где V – вынос элементов питания планируемым урожаем, кг/га;

P – содержание питательных веществ в корнеобитаемом слое, кг/га;

K_n – коэффициент использования подвижных форм элементов питания, %;

K_y – коэффициент использования питательных веществ из удобрений, %;

C – содержание элементов питания в данном удобрении.

Данные по примерному выносу питательных веществ капустных культур приведены в таблицах 10–11.

Таблица 10 – Примерный вынос питательных веществ урожаем капустных культур, кг/т (Майборода Н.М. и др., 2000)

Культура	Продукция	Вынос			Соотношение N:P:K в урожае
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Рапс яровой	Зеленая масса	4,4	0,9	5,0	1:0,6:1,2
Сурепица	Зеленая масса	3,4	0,7	4,6	1:0,6:1,2
Горчица	Зеленая масса	4,2	1,0	5,1	1:0,6:1,3
Редька масличная	Зеленая масса	4,3	1,3	5,5	1:0,6:1,3
Рапс яровой	Семена	55,0	24,0	26,0	1:0,6:1,2
Сурепица	Семена	53,0	20,0	21,0	1:0,6:1,1
Горчица	Семена	57,0	20,0	23,0	1:0,7:1,0
Редька масличная	Семена	50,0	20,0	32,0	1:0,6:1,3

Таблица 11 – Примерные коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений (Майборода Н.М. и др., 1982, 2000)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Коэффициенты использования из почвы, %	10–15	6–8	8–10
Коэффициенты использования из удобрений, %:			
минеральные	60–70	20–25	60–70
органические (навоз)	25	30–40	50–60

В региональных условиях вынос питательных веществ и коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений изменяются в зависимости от климатических условий, потенциального и эффективного плодородия почв, биологических и сортовых особенностей растений, технологии выращивания, применения минеральных и органических удобрений и химических мелиорантов. Для определения выноса питательных веществ в условиях хозяйства необходимо отобрать образцы растений и определить их состав в ближайшем центре (станции) агрохимической службы. Коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений устанавливаются на основании проведения полевых опытов.

4.2. Дозы и технология внесения удобрений

В повышении плодородия почв и урожайности капустных культур большое значение принадлежит рациональному применению минеральных и органических удобрений. Эффективность минеральных и органических удобрений при выращивании ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной зависит от климатических условий, типа почв и обеспеченности их подвижными элементами питания, предшественника и сортовых особенностей растений [Брикман В.И., Гренда С.Г., Емельянов А.М., 1986; Интенсивная технология..., 1987; Брикман В.И., Евтеев А.С., Юргин С.А., 1989; Милащенко Н.З., Абрамов В.Ф., 1989; Гончаров П.Л., 1992; Шпаар Д. и др., 2007; Интенсификация кормопроизводства..., 2010; Перспективная ресурсосберегающая технология..., 2010; Зональные ресурсосберегающие технологии..., 2011; Медведев Г.А. и др., 2012; Агротехнологии производства кормов..., 2013; Возделывание ярового рапса..., 2016].

Органические удобрения применяют на всех типах почв и особенно с низким плодородием. Их вносят под предшествующую культуру из расчета 30–40 т/га. Прямое внесение навоза под рапс, сурепицу, горчицу и редьку масличную увеличивает количество сорняков в посевах и затягивает созревание этих культур.

Минеральные удобрения являются основным фактором в формировании продуктивности растений. Оптимальное обеспечение капустных культур питательными веществами не только повышает их

урожайность, но и улучшает биохимический состав растительной продукции и качество семян. На почвах со средним содержанием питательных веществ при выращивании капустных культур на зеленый корм минеральные удобрения вносят в зависимости от предшественника в дозах N_{60-90} P_{60-90} K_{60-90} . Лучшими предшественниками для капустных культур в полевых севооборотах являются пропашные культуры, оборот пласта многолетних трав, зернобобовые и зерновые культуры после пара. Избыточное содержание азота в почве приводит к преждевременному полеганию посевов, снижению урожая, увеличению нитратов в растительной продукции и ухудшению условий уборки урожая этих культур.

При выращивании капустных культур на зеленую массу минеральные удобрения вносят весной под предпосевную культивацию или при посеве локально-ленточным способом. Если фосфорно-калийные удобрения внесены с осени под зяблевую вспашку, то весной вносят только азотные удобрения.

При возделывании капустных культур на семена и маслосемена их размещают по чистым парам. Органические и азотные удобрения по этому предшественнику в большинстве случаев не рекомендуется вносить в почву, так как это приводит к затягиванию сроков созревания семян. Внесение фосфорных и калийных удобрений является обязательным агротехническим приемом, способствующим увеличению урожая семян. На паровых полях эти удобрения вносят в дозах P_{60-90} K_{60-90} . Учитывая высокую потребность капустных культур в сере, следует отдавать предпочтение серосодержащим минеральным удобрениям. Ее вносят в составе суперфосфата, сульфата аммония, сульфата калия, с навозом и пометными компостами. Для получения высокого урожая семян необходимо вносить 20–40 кг/га серы. Борные удобрения вносят путем обработки семян или посевов борной кислотой в дозе 2–3 кг/га, другие микроэлементы – с микроудобрениями.

Рекомендуемые оптимальные дозы минеральных и органических удобрений могут быть изменены в каждом сельскохозяйственном предприятии с учетом агрохимического обследования земельных угодий и планируемой урожайности капустных культур.

5. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО УРОЖАЯ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР

Создание прочной кормовой базы для животноводства является важнейшей задачей регионального земледелия. В технологиях выращивания капустных культур большое влияние на качество урожая оказывают минеральные и органические удобрения. Оптимизация питания растений макро- и микроэлементами способствует повышению плодородия почв, увеличению урожайности этих культур и улучшению качества продукции. Использование удобрений при выращивании рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной должно проводиться с учетом агрохимических и агрофизических свойств региональных почв, видов и форм удобрений, биологических особенностей растений.

При оценке питательных кормов основными показателями их качества являются содержание сухого вещества, обменной энергии, переваримого протеина, сахаров и клетчатки. Высокое содержание протеина, незаменимых аминокислот, жира и минеральных веществ является отличительной особенностью капустных культур от традиционных однолетних трав. Использование зеленой массы и жмыха восполняет значительную долю дефицита белка в животноводстве и решает задачу обеспеченности отрасли сбалансированными кормами.

Рациональное применение азотных удобрений улучшает качественный состав кормов. При внесении высоких доз азотных удобрений, неправильном применении жидкого навоза и животноводческих стоков в растениях накапливается повышенное содержание нитратов, превышающее установленные санитарные нормы (ПДК = 500 мг/кг). При поедании кормов с повышенным содержанием нитратов животные заболевают метгемоглобинемией, нарушаются воспроизводительные функции и снижается их продуктивность.

При систематическом внесении больших доз фосфорных удобрений в растениях могут накапливаться кадмий, свинец, никель, фтор и другие токсиканты, которые у животных вызывают различные заболевания. Оценка кормовых трав на безопасность проводится по максимально допустимому уровню содержания химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных (табл. 12).

Таблица 12 – Временный максимально допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов в кормах сельскохозяйственных животных, мг/корма

Химический элемент	Зерно и зернофураж	Грубый и сочный корм	Корнеклубнеплод
Цинк	50,0	50,0	100,0
Медь	30,0	30,0	30,0
Свинец	5,0	5,0	5,0
Кадмий	0,3	0,3	0,3
Никель	1,0	3,0	3,0
Кобальт	1,0	1,0	2,0
Железо	100,0	100,0	100,0
Йод	2,0	2,0	5,0
Молибден	2,0	2,0	2,0
Мышьяк	0,5	0,5	0,5
Ртуть	0,1	0,05	0,05

С калийными удобрениями, вносимыми в форме хлористого калия, в почве и растениях может накапливаться хлор. Избыточное внесение калийных удобрений нарушает баланс магния, кальция, натрия, бора в почве и растениях, что может привести к ухудшению качества кормов и заболеванию животных.

Правильное применение органических удобрений в технологиях выращивания капустных культур является необходимым средством охраны и улучшения состояния окружающей природной среды. Применяемые при выращивании трав органические удобрения должны отвечать ветеринарно-санитарным требованиям (в них не должны содержаться яйца гельминтов и патогенных микроорганизмов).

Технические требования безопасности и пищевой ценности семян масличных культур (рапса, горчицы и др.) оцениваются принятыми санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.3.2.1078-01 (табл. 13).

Таблица 13 – Показатели экологической безопасности
семян масличных культур (горчица, рапс)

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более
Токсичные элементы:	
свинец	1,0
мышьяк	0,3
кадмий	0,1
ртуть	0,05
Микотоксины:	
афлатоксин В ₁	0,005
Пестициды:	
гексахлорциклогексан	0,2
α-, β-, γ-изомеры	0,4
	0,5
ДДТ и его метаболиты	0,5
	0,1
	0,15
Радионуклиды:	
цезий-137	70
стронций-90	90

Научно обоснованное применение минеральных, органических удобрений и химических мелиорантов является одним из основных факторов повышения продуктивности и экологической безопасности кормовых культур. Несбалансированное минеральное питание растений макро- и микроэлементами, несоблюдение рекомендованных доз, форм, сроков и способов внесения удобрений ухудшают качественный состав растительной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агротехнологии производства кормов в Сибири: практ. пособие / Рос. акад. с.-х. наук; Сиб. регион. отд-ние СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2013. – 248 с.
2. Брикман, В.И. Интенсивное кормопроизводство в Восточной Сибири / В.И. Брикман, С.Г. Гренда, А.М. Емельянов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 176 с.
3. Брикман, В.И. Рапс, сурепица и редька масличная в Восточной Сибири / В.И. Брикман, А.С. Евтеев, С.А. Юргин. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 57 с.
4. Возделывание ярового рапса в Красноярском крае: науч.-практ. пособие / под ред. Н.И. Кашеварова. – Новосибирск: СибНСХБ, 2016. – 63 с.
5. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. – М., 1987. – 5 с.
6. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01. – М.: РИТ-ЭКСПРЕСС, 2002. – 216 с.
7. Гончаров, П.Л. Кормовые культуры Сибири: биолого-ботанические основы возделывания / П.Л. Гончаров. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 1992. – 264 с.
8. Зональные ресурсосберегающие технологии возделывания, переработки и хранения ярового и озимого рапса в Сибирском федеральном округе: производственно-практическое издание. – М.: Росинформагротех, 2011. – 52 с.
9. Интенсивная технология возделывания и использования рапса на семена и корм в Красноярском крае. – Красноярск, 1987. – 24 с.
10. Интенсификация кормопроизводства на основе адаптивности кормовых культур в Красноярском крае: рекомендации. – Красноярск: Енисей-Знак, 2010. – 152 с.
11. Кидин, В.В. Агрохимия: учебник / В.В. Кидин, С.П. Торшин. – М.: Проспект, 2016. – 608 с.
12. Майборода, Н.М. Почвы, удобрения и урожай / Н.М. Майборода; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 1982. – 216 с.

13. Медведев, Г.А. Горчица / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.Г. Екатериничева. – Волгоград: Изд-во Волгоградского ГАУ, 2012. – 152 с.
14. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: Изд-во МСХ РФ, 2003. – 287 с.
15. Милащенко, Н.З. Технология выращивания и использования рапса и сурепицы / Н.З. Милащенко, В.Ф. Абрамов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
16. Перспективная ресурсосберегающая технология производства горчицы: метод. рекомендации. – М.: Росинформагротех, 2010. – 56 с.
17. Программирование урожайности полевых культур: учеб. пособие / Н.М. Майборода [и др.]; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2000. – 69 с.
18. Рапс и сурепица / Д. Шпаар [и др.]. – М.: DLV Агродело, 2007. – 320 с.
19. Рекомендации по определению доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на планируемый урожай. – Красноярск, 1987. – 24 с.
20. Составление проекта на применение удобрений: рекомендации. – М., 2000. – 155 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Сорта капустных культур, допущенных к использованию по Красноярскому краю в 2015 году

Культура	Сорт
Рапс яровой	Аккорд, АНИИЗИС-2, Надежный-92, Сибирский, Флагман, Фиолина
Сурепица яровая	Искра, Валентина, Победа, Нота, Светлана, СК 3306, СК 3308, ЭОС, Янтарная
Редька масличная	Тамбовчанка, Снежана, Компас, Ивея, Брутус
Горчица белая	Белянка, Пассион, Луговская, Белоснежка, Семеновская, Радуга, Рапсодия, Танго, Фея

Приложение 2

Краткая биологическая характеристика капустных культур

Культура	Период от посева до максимальной продуктивности надземной массы, дней	Потребность в тепле – сумма активных температур, °С	Показатель засухоустойчивости культур
Горчица белая	50–60	700–800	Слабо засухоустойчивая
Сурепица яровая	40–50	600–750	Слабо засухоустойчивая
Рапс яровой	50–60	750–850	Слабо засухоустойчивая
Редька масличная	45–55	650–800	Средне засухоустойчивая

Приложение 3

Примерные нормы высева и глубина заделки семян капустных культур

Культура	Норма высева		Глубина заделки семян, см
	кг/га	млн шт./га	
Горчица белая	15–18	3,0–3,5	2–3
Сурепица яровая	8–15	3,0–3,5	2–3
Рапс яровой	10–15	2,5–3,0	2–4
Редька масличная	20–25	2,5–3,0	3–4

**РУКОВОДСТВО
ПО УДОБРЕНИЮ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР
(ярового рапса, сурепицы, горчицы,
редьки масличной)**

Методические рекомендации

Волошин Евгений Иванович

Аветисян Андраник Телемакович

Электронное издание

Редактор И.В. Пантелеева

Подписано в свет 31.10.2017. Регистрационный номер 178
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru