**1. Обзор литературы**

* 1. **Народно-хозяйственное значение льна-долгунца**

Лён-долгунец - древнейшее растение, которое оказало значительное влияние на развитие духовной и материальной культуры наших предков. При условии комплексного использования он является одной из перспективных сельскохозяйственных культур. Еще в древности его применяли для производства текстильных изделий и пищевых продуктов, а также как лекарственное растение. Окупаемость этой культуры реализуется не один год, поскольку ежегодно возобновляемое сырье может длительно использоваться как в текстильной, так и в других областях промышленности, обеспечивая занятость многих слоев населения[19].Лён-долгунец также называют “северным шёлком”. Главное его использование- на волокно, которое идет на изготовление различных тканей, обладающих, как известно, многими ценными свойствами. Изделия из льна красивы, добротны и прочны, легки и эластичны; они хорошо пропускают воздух и впитывают влагу (в несколько раз быстрее по сравнению с шелком, вискозой и даже хлопком). Прочность льняной пряжи на разрыв при одинаковой толщине в 2-3 раза выше хлопчатобумажной и шерстяной. В составе льняного волокна есть элементы кремнезема, предохраняющие его от гниения, что особенно важно для производства тканей технического назначения.

Из льна наша текстильная промышленность вырабатывает очень широкий ассортимент товаров бытового назначения: полотенца, белье, одежду, одеяла и другие изделия, и технического-брезент, приводные ремни, парусину, мешочный, упаковочный материалы, шпагат нитки, веревки и др.

Для нужд народного хозяйства можно использовать почти все растение льна-долгунца. Из семян, содержащих 35-37% жира, получают льняное масло, которое применяют для приготовления высококачественной олифы, а также лаков, красок, клеенок, линолеума, термоизоляционных проводов; среди технических масел оно по объему производства занимает первое место в мире.

В небольшом количестве рафинированное льняное масло применяют в промышленном консервировании продуктов, кулинарии и кондитерском производстве.

Жмых льняной содержит сырого жира до 7%, сырого протеина-34%, выход которого составляет около 58%. При экстракции масла из семян получают шрот, который по нормам содержит до 2,5% сырого жира и 36% сырого протеина влажностью-8-9%. По своей питательности жмых и шрот принадлежат к высококонцентрированным кормом, их охотно поедают все сельскохозяйственные животные. В 1 кг льняного жмыха содержится 1,15 корм. ед. и 260 г переваримого протеина. Для кормления животных используют и полову, которая составляет в среднем 15% общего урожая льна; 1 кг ее содержит 0,27 корм. ед. и 20 г переваримого протеина.

Льняная костра содержит до 64% целлюлозы и служит сырьем для производства бумаги, упаковочного и технического картона, фурфурола, вискозы, целлулоида. На некоторых льнозаводах имеются цехи по изготовлению из костры прессованных строительных плит. Отходы льноволокна- паклю используют в качестве упаковочного и конопаточного материала.

Лен-долгунец не только одевает и кормит, но и лечит. Он входит в число 200 растений, из которых изготовляют лекарственные препараты. Семена содержат белок, углеводы, органические кислоты, витамин А, ферменты. Их используют также для приготовления компрессов и припарок, а льняное масло широко практикуют в питании людей с нарушением обмена веществ, при атеросклерозе[22].

Посевы прядильного льна в мире составляют 1,5 млн. га, в странах СНГ - около 1 млн., в т. ч. на долю России приходится 51%, а Республики Беларусь- 20%.

В последние годы в целом по нашей республике достигнут уровень урожайности 6,2 ц/га. В Бобруйском, Гомельском, Слуцком районах урожайность составила соответственно 10,0; 10,5; 11,6 ц. волокна с гектара. Во Франции, например, стабильно получают 13-15 ц волокна с гектара, в Голландии - до 25.

Лён-долгунец даёт волокно, семена и другую продукцию переработки. В среднем в урожае льна-долгунца льносолома составляет 70-75%, семена- 10-15%, полова- 10-15%. Выход тресты из урожая соломы- 70%. Содержание волокна в соломе 20-25, в тресте- 28-32% [9].

Несмотря на всю ценность данной культуры, посевные площади льна-долгунца значительно уменьшить по сравнению с 1990 годам. Размещены посевы на территории республики неравномерно. Они в основном сосредоточены в Витебской, Гродненской и Минской области. На эти регионы приходится более 75% площади льна страны, на остальные области – менее 25%.

В настоящее время имеются все возможности для подъёма отрасли. В республике создано и районировано значительное количество сортов, которые обладают высокой продуктивностью и хорошими качествами льносырья. Наиболее слабым звеном при возделывании льна является широкая техническая оснащённость отрасли. В последние годы льноуборочные машины практически не приобретались, очень мало их для рулонирования льносырья, раздельной уборки этой культуры. Имеющаяся в льносеющих хозяйствах техника морально и физически устарела[17].

Резервом повышения урожайности и качества льнопродукции является более полное использование природных факторов и максимальная реализация биологического потенциала новых, высокопродуктивных сортов, совершенствование и разработка энергосберегающих агрохимических приемов, позволяющих создать оптимальные условия для роста и развития льна. Особое значение при этом приобретает оптимизация минерального питания растений с учетом биологических особенностей сортов и выявления их отзывчивости на условия питания[18].

1**.2. Биологическая характеристика льна- долгунца**

Лен принадлежит к семейству льновых- Linaceae. В это семейство входит 22 рода, из которых для практических целей используется преимущественно один род-лен- Linum. Этот род включает свыше 200 видов распространённых в умеренных и субтропических областях всех частей света.

Большая часть видов льна- дикорастущие растения, а некоторые дикие однолетние и многолетние виды культивируются как декоративные. Хозяйственное значение имеет культурный лён - Linum usitatissimum,широко используемый как прядильное и масличное растение[20].

Лён-долгунец- высокорослые(от 60 до 120 см и более) одностебельные растения, ветвятся только в верхней части[25]. Корневая система состоит из главного стержневого корня, имеющего длину до 100-120 см, с расположением по всей длине короткими боковыми корнями первого порядка, которые имеют последовательные ветвления, редко выше четвертого порядка.

Лен-долгунец, который выращивают в условиях длинного дня на почвах с небольшим гумусовым горизонтом при небольшой площади питания, имеет слаборазвитую корневую систему-8-10% массы растения. Поэтому 80% их массы располагается в пахотном слое почвы. Это однолетнее растение, продуктивной частью его служит высокий, тонкий и прямой, высотой 60—125 см и больше светло-зеленый гладкий стебель, покрытый восковым налетом.

Лён-долгунец по толщине стебля делится на тонкостебельный—диаметр 0,8-1,2 мм., среднестебельный—диаметр 1,2-2 мм. и толстостебельный—2,1 мм и более. Диаметр стебля измеряют на уровне 1/3 части его высоты от места прикрепления семядольных листочков. Характеризуют стебель льна также сбежистосить, мыклость, тяжеловесность.

Сбежистость—форма стебля. При конусообразной форме стебля она выражена более сильно, при цилиндрической—менее. Стебли льна имеющие форму близкую к цилиндрической, обеспечивают больший выход и лучшее качество волокна.

Мыклость - отношение технической длины к его толщине. С увеличением этого показателя повышаются выход и качество волокна[28].

Стебель льняного растения состоит из нескольких тканей. Наружная ткань называется кожицей (эпидермис). Под кожицей расположена паренхима (соединительная ткань), состоящая из тонкостенных клеток, соединяющих остальные ткани стебля. В соединительной ткани залегает волокно в виде волокнистых или лубяных пучков. Это также и механическая часть стебля. Лубяные пучки расположены отдельными островками, сливаясь иногда в сложное кольцо. Кожица и паренхима с волокнистыми пучками и ситовидными трубками составляют поровую часть стебля. Затем кольцеобразно расположен камбий.

Камбий играет важную роль в формировании стебля. Он постоянно образует вторичную кору (наружу) и древесную (внутрь стебля). Волокнистые пучки залегают в наружной первичной коре, волокнистые клетки их дифференцируются из внутреннего слоя паренхимных клеток коры перицикла в конус нарастания.

Деятельность паренхимных клеток и камбия находится в постоянном антагонизме. При снижении деятельности камбия усиливается деятельность перицикла, в результате образуется большое количество клеток луба, что проявляется в загущенных посевах льна. Поэтому содержание волокна в стеблях в загущенных посевах больше, чем в разреженных.

Древесина состоит из клеток с утолщёнными стенками. Она содержит большое количество сосудов, проводящих от корня влагу и питательные вещества по всем подземным органам растения.

Сердцевина - это центральная часть стебля, состоящая из непрочных тонкослойных клеток. У созревшего растения клетки сердцевины разрушаются и внутри стебля образуется полость[9].

Самая ценная часть стебля - волокнистые пучки, которые состоят из сильно удлинённых веретенообразных клеток, элементарных волокон длиной в среднем 20-30 мм. Между собой и окружающими их тканями элементарные волокна соединены пектином. В зависимости от условий выращивания, а также сорта льна число элементарных волокон в волокнистом пучке колеблется от 19 до 50.

Волокно хорошего качества отличается достаточной длиной, высокой прочностью, блеском, эластичностью[28].

В густых посевах лен-долгунец представляет собой высокое одностебельное растение, примерно в верхней пятой его части с коротким соцветием - зонтиковидной кистью и двумя-тремя плодами - коробочками, в редких посевах до 10 коробочек и более. Содержание волокна в стебле от 20 до 35%. Стебель в виде вытянутого конуса расширен у основания и сужен в верхней части. Листья длиной 36-40 мм, шириной 2-4,4 мм пооче­редно расположены по винтовой линии, зеленые, со слабым восковым налетам, отмирают во время созревания льна. Цветки у льна-долгунца правильные, пятерного типа. Окраска лепестков обычно голубая, редко встречаются растения с белыми или розовыми лепестками в цветке. Тычинок с пыльниками - пять.

Лен-долгунец - растение самоопыляющееся, но не исключено и перекрестное опыление насекомыми, главным образом пчелами. В ясные жаркие дни цветок распускается в 5 - 6 ч утра, к 9-11 ч лепестки опадают. В пасмурные дни начало и конец цветения наступают на 1-2 ч позднее. На всей плантации цветение продолжается в среднем шесть - десять дней.

Плод у льна представляет собой шаровидную мелкую коробочку длиной 6,1-8,3 мм, шириной 5,7-6,8 мм. Она пятигнездная, каждое гнездо разделено неполной, обычно неопушенной перегородкой на два полугнезда, содержащих по одному семени. В производственных посевах число нормально развитых семян может быть меньше десяти (в зависимости от условий вегетации льна). Спелые коробочки остаются закрытыми и лишь при перестое на корню происходит их растрескивание и осыпание семян. При продолжительной влажной погоде они могут прорастать в коробочках.

Семя льна яйцевидной формы, плоское, со слегка загнутым и суженным носиком (зародышевый конец). Здоровые семена обычно имеют коричневую окраску разных оттенков - от светло, до темно-коричневых; поверхность их гладкая, глянцевая, обладают большой сыпучестью. Размеры семян льна-долгунца: длина от 3,2 до 4,8 мм, ширина от 1,5 до 2,2 мм, толщина от 0,5 до 1,2 мм, масса 1000 семян колеблется от 2,8 до 6 г. Хотя окраска и размер семян - наследственные признаки, однако на них влияют условия произрастания.

Семя состоит из трех основных анатомических частей: оболочки, эндосперма и зародыша. Оболочка защищает семена от вредных внешних воздействий -механических повреждений и попадания ядовитых веществ, особенно опасных для зародыша. Оболочка пропускает при определенных условиях кислород и воду.

Под оболочкой расположен эндосперм, богатый белком и жиром, используемый зародышем во время его роста. В спелом семени эндосперм и зародыш развиты относительно равномерно. Зародыш состоит из небольшого ко­решка, двух семядольных листочков и расположенной между ними почечки.

Лен-долгунец дает в урожае 70-75% стеблей, около 10-15% семян и 10-15% мякины. При высоких урожаях на долю стеблей приходится до 80%.

По сочетанию хозяйственно-ценных признаков стеблей льна: длине, толщине, цвету, анатомическому строению — можно примерно определить не только содержание волокна, его качество, но и технологию, а также условия выращивания льна. У стебля различают общую длину (расстояние от места прикрепления семядольных листочков до места прикрепления самой верхней коробочки соцветия растения) и техническую (расстояние от места прикрепления семядольных листочков до начала разветвления соцветия) , наиболее ценную, она дает длинное волокно — основное льняное сырье[22].

**1.3. Ботаническая характеристика льна-долгунца**

Семена льна, заделанные в почву, при благоприятных условиях уже на 4-5-й день прорастают. Питание в этот период идет за счет эндоспермы семени. Корешок углубляется в почву, и на поверхность выходят семядольные листочки. Корешки льна начинают усваивать из почвы питательные вещества, а листочки, зеле­нея под влиянием света, поглощают из воздуха углекислый газ, необходимый для образования органического вещества. С этого момента начинается самостоятельный рост и развитие растений льна[28].

Этапы роста растения, которые следуют один за другим, называют фазами. У льна-долгунца принято различать 5 основных фаз роста, которые  
характеризуются морфологическими изменениями в онтогенезе или образованием новых органов: всходы, «елочка», бутонизация, цветение, созревание. Продолжительность каждой фенологической фазы, как и всего жизненного цикла льна-долгунца, зависит от сортовых особенностей и условий выращивания. В среднем его вегетационный период составляет 80-90 дней.

От появления семядольных листочков до фазы «елочки» проходит около 15 дней. К этому времени растения достигают высоты 5-10 см и имеют 6 пар близко расположенных друг к другу листочков. Рост льна в фазе «елочки» характеризуется очень медленными темпами, что некоторые исследователи связывают с прохождением растениями двух основных стадий развития - яровизации и световой.

Считают, что стадия яровизации у льна-долгунца длится 5-8 дней и у одних сортов проходит до появления всходов, а у других - после. В этот период растения не чувствительны к интенсивности света и лучше развиваются при низких температурах (+ 5-8сС).

К световой стадии лен обычно переходит в состояние развернутых се­мядольных листочков. Ее продолжительность колеблется в значительном диапазоне и даже у одного сорта в зависимости от температуры может варьировать от 35 до 28 суток.

В это время у растений интенсивно развивается корневая система, вытягивается точка роста и закладываются потенциальные возможности формирования стебля. Чем продолжительнее световая стадия, тем больше образуется междоузлий и тем больше создается предпосылок для последующего интенсивного линейного роста стебля. Пониженная температура воздуха (+ 8-12°С) способствует удлинению световой стадии и приводит к повышению конечной продуктивности растений.

После прохождения световой стадии растения льна вступают в период быстрого роста, который длится до цветения. Среднесуточный прирост стебля в это время может достигать 4 см и более. За 15-22 дня до цветения растение образует до 75% сухих веществ и 60% волокна. В это время происходит реализация потенциальных возможностей роста льна.

Увеличение длительности активного роста, вызывается ли оно пони­женными температурами или является генетической спецификой, приводит к увеличению периода вегетации и повышению урожая волокна.

Во время цветения рост стебля в высоту сильно замедляется и к концу его прекращается. Важным условием прохождения этой фазы и формирования полноценных семя является повышенная температура воздуха и умеренная влажность почвы[19].

Фаза созревания характеризуется быстрым одревеснением стебля и формированием семян. В этой фазе различают зеленую, раннюю желтую, желтую и полную спелость льна. Между фазами резких границ нет, переход происходит постепенно.

Товарные посевы льна-долгунца следует убирать в ранней желтой спелости и уборку заканчивать не позднее начала желтой спелости. Растения в этот период имеют обычно 65—75% коробочек желто-зеленого цвета, остальные коробочки желтые и бурые. Семена в коробочках льна в основном желтые и светло-коричневые. Только отдельные коробочки зеленые с зелеными семенами. Стебли льна становятся светло-желтыми с зеленоватым оттенком и желтыми. Листья в нижней части растений осыпаются, остальные желтеют и лишь самые верхние остаются зелеными.

В фазе ранней желтой спелости волокно в стеблях хорошо сформированное, что обеспечивает его высокий выход и качество. Семена при уборке в это время при правильной и своевременной сушке оказываются жизнеспособными, пригодными для посева и обеспечивают высокий выход масла при переработке.

Убирать лен на волокно рекомендуют не более чем за 10 дней. Не рекомендуется убирать лен в зеленой спелости, так как в этот период солому оценивают по качеству на 0,25-0,5 номера ниже, чем в ранней желтой и желтой спелости. Треста, полученная из стеблей зеленой спелости, дает низкий выход волокна, и оно слабое по прочности на разрыв. Урожай длинного волокна при уборке льна в зеленой спелости на 7-13%, а семян — на 2/з ниже, чем в ранней желтой спелости. Семена имеют низкую жизнеспособность, и их не рекомендуют использовать для посева.

Нельзя оставлять лен неубранным и до полной спелости, так как стебли в этот период буреют, сильно поражаются болезнями, из-за чего их качество снижается на 0,5-1 номер. Волокно льна, убранного в фазе полной спелости, сильно грубеет, выход его снижается. Урожай длинного волокна уменьшается на 12- 13% по сравнению с урожаем при уборке в ранней желтой спелости. При тереблении льна в полной спелости значительная часть семян осыпается от воздействия теребильного аппарата на стебли.

Убирать семеноводческие посевы рекомендуют в фазе желтой спелости, когда на растениях льна 50% желтых и 50% бурых и желто-зеленых коробочек. У первых семена коричневые, у вторых — зеленые с желтым носиком. В этой фазе уборки бывает некоторый недобор волокна и снижение его качества, но обеспечивается больший урожай семян с более высокой, чем при уборке в ранней желтой спелости, массой 1000 шт.

От всходов до созревания растений льна-долгунца проходит 75-90 дней в зависимости от сорта, вносимых удобрений и погодных условий[28]. Знание особенностей роста и развития растений льна, потребностей их в тепле, влаге, пище позволяет успешно применять различные приемы агротехники для получения высоких урожаев волокна и семян этой культуры.

Тепло. Семена льна прорастают при температуре 3-5°С. Молодые всходы могут переносить пониженные температуры до —3,5-4°С. Оптимальная температура для роста и развития 15-18°С при пасмурной погоде. При жаркой погоде рост стебля в высоту задерживается. Сумма температур за вегетационный период льна-долгунца должна быть в пределах 1400-2200°С. Резкое колебание температуры днем и ночью отрицательно сказывается на урожае.

Влага. Лен-долгунец — культура, очень требовательная к влаге. Особенно отрицательно сказывается недостаток ее в почве, начиная от посева и до ранней желтой спелости. Это необходимо учитывать при разработке агротехнических мероприятий, которые должны быть направлены на сохранение влаги в почве, обратив внимание и на выравненность полей.

Наиболее высокие урожаи льна и лучшего качества обеспечиваются при влажности почвы от посева до периода быстрого роста в пределах 60%, с начала быстрого роста до цветения — 80, во время созревания — 40-60% полной влагоемкости. В то же время лен не выносит избытка влаги и отрицательно реаги­рует на близкое залегание грунтовых вод. На образование волокна и его анатомическую структуру в большой степени влияет и резкое количественное изменение влаги в почве в период вегетации растений. Избыточное увлажнение посевов (особенно после цветения, когда растения потребляют мало влаги) ведет к полеганию льна и поражению его грибными болезнями.

Свет. На получение высоких урожаев льна-долгунца огром­ное влияние оказывает продолжительность освещения. Это культура длинного дня. Лен развивается лучше, когда в период вегетации больше теплых облачных дней. В таких условиях хорошо идет процесс фотосинтеза, и при полной норме высева растения имеют высокие тонкие стебли, содержащие наиболь­шее количество волокна. Нежелательное ветвление стебля мо­жет быть вызвано сильным солнечным освещением, что в значи­тельной степени снижает урожай и качество льноволокна.

Почва. Наиболее благоприятны для возделывания льна-долгунца структурные и хорошо проницаемые почвы. Среди распространенных в льноводной зоне дерново-подзолистых почв лучшими являются средне и легкие слабооподзоленные суглинки и суглинистые супеси с невысокой степенью оподзоленности. Супеси и пески малопригодны, так как они бедны питательными веществами и плохо удерживают влагу. Лен не дает высоких урожаев и на тяжелых связных глинистых почвах, которые образуют после дождя плотную корку, препятствующую выходу на поверхность нежных проросткам[28].

При возделывании льна также необходимо учитывать своеобразное отношение этой культуры к кислотности почвы. Особенность состоит в том, что лен отрицательно реагирует как на повышенную кислотность, так и на избыток кальция в почве. Более благоприятной для льна является слабокислая реакция почвенного раствора. Оптимальное значе­ние pH(KCL) для льна находится в пределах 5,0-5.5. Известкование снижает подвижность и доступность бора и цинка, поэтому под лен необходимо вносить вместе с минеральными удобрениями по 0.5-1.0 кг га д.в. бора и 2.0-3.0 кг/ га д.в. цинка. В случае посева льна на почве, имеющей рН свыше 6.0 доза бора должна быть не менее 1 к г/га, а цинка 3 кг/ га действующего вещества.

Можно проводить дополнительно некорневую подкормку льна бором и цинком (0,2-0.3 кг/га д.в.) при высоте растении 2-4 см, что повышает устойчи­вость растений льна к кальциевому хлорозу. Внесение извести должно быть удалено по времени с таким расчётом, чтобы лён на одно и то же поле попадал не ранее чем через 4-5 лет[13].

Элементы питания. Важная роль в получении высокого урожая и качества льнопродукции принадлежит питательным элементом. В связи с тем, что корневая система льна развита слабо, он требователен к наличию питательных элементов в почве в легкоусвояемой форме. Основное количество азота растения льна поглощают в фазу быстрого роста - бутонизации. По требовательности к азоту критическим для льна является период от фазы «елочки» до бутонизации. Недостаток азота в этот период сильно снижает урожайность волокна и семян. Избыток азотного питания утолщает стебли льна, вызывая полегание, снижает выход волокна, его качество и урожайность семян. При этом удлиняется период вегетации и усиливается поражение льна болезнями. Поэтому определение доз азотного удобрения под лен важная и сложная задача. Доза азота зависит от предшествующей культуры и ее удобренности, содержания в почве гумуса. Поскольку основными предшественниками льна являются зерновые культуры, то необходимо учитывать и предшественники зерновых. Если зерновые культуры размещались после клевера и хорошо унавоженных пропашных культур, то доза азотного удобрения под лен может быть в пределах N0-5.При размещении зерновых культур по зерновым, доза азотного удобрения под лен увеличивается до N20-40 Существует и различная реакция сортов льна на азотное удобрение. Так, в одинаковых условиях выращивания оптимальная доза азота для сорта Дашковский – N15-20. Для сорта Могилевский - N20-30, для сорта Белинка – N35-45 на оптимальном фоне РК.

Несмотря на то, что максимальное количество фосфора лен потребляет в фазу бутонизации, особенно велика роль фосфорного питания в момент появления всходов и в фазе «елочка». Особенно страдает лен от недостатка фосфора в холодную и влажную весну, когда в почве практически отсутствует воднорастворимый фосфор и этим фактором объясняется высокая эффективность внесения суперфосфата в рядки при посеве льна. С урожаем лен выносит из почвы небольшое количество фосфора. На одну тонну льноволокна с соответствующим количеством семян потребляется 4-5 кг Р2О5.В связи с этим под лен не рекомендуется внесение больших доз фосфорного удобрения. На средне обеспеченной подвижными фосфатами почве внесение фосфорного удобрения в дозе Р30-60 обеспечит урожайность до 15 ц/га волокна с 1 га посева[13].

Лен интенсивно потребляет калий от всходов до цветения. Калий регулирует накопление волокна в стебле, определяет устойчивость к полеганию, повышает устойчивость льна к болезням и увеличивает семенную продуктивность растений. Лен сравнительно много потребляет калия на единицу продукции. На 1 тонну льноволокна с соответствующим количеством семян он выносит из почвы 60-65 кг/га К20. Потребление калия льном возрастает при внесении высоких доз калийного удобрения и высокой обеспеченности почвы обменным калием, но без увеличения урожайности. Поэтому нет необходимости внесения больших доз калия под лен. Доза калийного удобрения К90-120 обеспечит полученное урожайности более 20 ц/га волокна и 8-10 ц/га семян льна[13].

Применение под лен оптимальных доз фосфорного и калийного удобрений позволит на 20% сэкономить денежные средства на приобретение минеральных удобрений, что в денежном выражении составит более 8-10 долларов США на 1 га посева льна.

Из микроэлементов наибольшее значение имеют цинк и бор. На произвесткованных почвах они переходят в малодоступное состояние. Так, углекислый кальций осаждает цинк в виде малоподвижных цинконатов, а бор, кобальт становятся труднодоступными, что вызывает несбалансированность питания и глубокие изменения обмена веществ у растений льна. Вследствие этого лён поражается кальциевым хлорозом. Урожай и качество продукции при этом резко падает. Дефицит микроэлементов в почве можно восполнить путём опудриванием ими семян с прилипателями, а также внекорневой подкормкой в фазе “ёлочки”, совмещая эту операцию с проведением химической прополки посевов. С успехом эту задачу способны разрешить и специализированные севообороты, оптимальная кислотность почв для большинства культур в которых близка к оптимальной кислотности для льна-долгунца[2].

На бедных магнием супесчаных почвах желательно применять магнийсодержащие известковые материалы – доломитовую муку [9].

В Республике Беларусь применяются азотные удобрения (аммиачная се­литра, мочевина, сульфат аммония), фосфорные удобрения (суперфосфат, ам­мофос), калийные (хлористый и сернокислый калий). Для льна можно исполь­зовать все виды и формы этих минеральных удобрений. Калийные и фосфорные удобрения можно вносить осенью и весной. Аммофос и азотные удобрения следует вносить весной. Аммофос следует вносить весной, во избежание потерь азота при осеннем внесении.

В последние годы Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси со­вместно с ОАО «Гомельский химический завод» разработали новые формы комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений с микроэлементами и ре­гуляторами роста растений, сбалансированные по содержанию и соотношению элементов питания для почв различного уровня плодородия (NPK 5:16:35 и 6:21:32).

Основные преимущества применения комплексных удобрений заключается в том, что все компоненты (макро-, микроэлементы и регуляторы роста растений) включены в одну гранулу и наиболее приемлемым соотношениям элементов питания и вносятся за одни проход техники, что сокращает затраты на их внесение. Наличие в удобрениях микроэлементов снижает отрицательное действие кальция при возделывании льна на почвах с pH около 6,0 и повышает устойчивость растений к кальциевому хлорозу.

Внесение минеральных удобрений под лен должно быть проведено качественно и удобрения равномерно распределены на поверхности почвы, что обеспечит выровненный неполегающий и равномерно созревающий стеблестой. Для внесения удобрений под лен необходимо применять агрегат РШУ-12, СУ-12 и др.[13].

**1.4.Влияние почвенных диазотрофов на интенсивносгь ассоциативной азотфиксации под небобовыми культурами и их урожайность**

Фиксация атмосферного азота микроорганизмами при тесном контакте с корнями небобовых растений, называемая ассоциативной азотфиксацией, - новое актуальное и перспективное направление в общей проблеме биологического азота. Большая экологическая значимость ассоциативной азотфиксации обусловлена широким распространением небобовых культур и ассоциативных микроорганизмов во всех климатических зонах. На долю ассоциативной азотфиксации, по данным М.М. Умарова, приходится до 70% азота, поступающего за счет биологической азотфиксации в целом. Оптимизируя свойства почвы и внося органические удобрения, продуктивность природной популяции ассоциативных азотфиксаторов можно повысить в 2 – 4 раза[29].

Сама возможность активизации азотфиксации в прикорневой зоне небобовых растений была предсказана ещё в 1926 г. С. П. Костычевым, а экспериментально подтверждалась различными исследователями при использовании балансового метода. В частности, это было показано в длительных(80-140 лет) опытах по возделыванию небобовых растений без применения азотных удобрений (Брэндбокский опыт в Англии, поля Прянишникова в СССР, опыт "вечная рожь" в ФРГ и др.). Бессменное возделывание небобовых культур (озимой ржи, ячменя, ржи, риса и др.) не приводило к заметному снижению содержания азота в почве, несмотря на ежегодное отчуждение его с урожаем, тогда как в вариантах без растений ("вечный пар") происходило непрерывное уменьшение количества гумуса и азота в почве.

К настоящему времени изучение ассоциативной азотфиксации превратилось в самостоятельный раздел учения о биологическом азоте. Показано широкое распространение ассоциативной азотфиксации, выяснены многие физиологические и биохимические особенности этого процесса, активно изучаются микроорганизмы, осуществляющие его в ассоциации с растениями, продолжается поиск активных форм ризосферных диазотрофов и создание на их основе эффективных бактериальных препаратов, приспособленных к возделываемым культурам и почвенно-климатическим условиям.

В настоящее время активными ассоциативными азотфиксаторами считаются более 60 видов бактерий, принадлежащих к 12 семействам. Но наибольшее внимание исследователей привлекают бактерии рода Azospirillum. Это связано с их высокой нитрогеназной активностью в ассоциациях с растениями, хорошей приживаемостью в корневой зоне, конкурентоспособностью при заселении зоны корня[2].

Экологической нишей, в которой протекает ассоциативное связывание атмосферного азота, является фитоплан (ризоплан и филлоплан ) – зона обитания микроорганизмов на поверхности подземных и надземных органов растений, где имеется необходимое энергетическое обеспечение в виде продуктов экзосмоса и корневого опада, существует многими другими метаболитами, а также создаются условия, способствующие активизации нитрогеназы – пониженное парциальное давление О2 , постоянный дефицит легкодоступных соединений азота, повышенная влажность, температура и др. Хотя систематическое изучение экологических особенностей ассоциативной азотфиксации началось сравнительно недавно, но уже до этого было замечено, что добавление в почву глюкозы, сахара, крахмала зелёного удобрения стимулирует азотфиксацию, причём этот эффект проявляется во всех почвах вне зависимости от их свойств. Из этих наблюдений можно сделать вывод – азотфиксирующий генофонд всех почв достаточно богат, а деятельность гетеротрофных азотфиксирующих бактерий в них лимитирована недостатком легкодоступного энергетического субстрата, например, углеводов.

Выполненные к настоящему времени многочисленные работы свидетельствуют о том, что именно фотосинтетическая деятельность растений существенно влияет на динамику и интенсивность азотфиксации в фитоплане и, в конечном счёте, повышает продуктивность её в экосистеме. Однако пока мало данных о масштабах ассоциативной азотфиксации в конкретных фитоценозах, поскольку они могут быть только на основе многократных измерений реальной скорости процесса в природной среде, являющихся пока трудоёмкими и длительными. Значительно больше реперных оценок, полученных при однократных и обычно в периоды активного развития растений. Тем не менее эти данные представляют определённый интерес как для общей характеристики ассоциативной азотфиксации, так и для накопления сведений о возможных величинах её в конкретных экосистемах.

Ассоциативная азотфиксация протекает с той или иной скоростью практически во всех почвах в прикорневом пространстве или на корнях растений самых разных мест обитания. Высокий её уровень (до 200 кг/га) обнаружен в ризосфере большого количества тропических растений (сорго, маис, сахарный тростник, рис и др.). В почвах зоны умеренного климата в ризосфере зерновых культур, корнеплодов, клубнеплодов, многолетних и однолетних трав её уровень достигал лишь 30-55 кг/га. Активность ассоциативной азотфиксации в почве зависит от наличия легкодоступного энергетического материала. Высокий уровень азотфиксации в прикорневой зоне обусловлен притоком сюда больших количеств органических веществ – корневых выделений и корневого опада, объем которых, по последним данным, составляет приблизительно от 25 до 50% продукции фотосинтеза[30].

Процесс азотфиксации подвержен влиянию сложного динамического комплекса различных факторов, вследствие чего азотфиксирующая способность почв может сильно колебаться в течение периода вегетации растений. Поэтому для оценки продуктивности ассоциативной азотфиксации в агроценозах необходимо изучение динамики процесса в течении вегетационного периода непосредственно в полевых условиях.

Результаты исследований М. М. Умарова показали, что активность азотфиксации в посевах злаковых трав (тимофеевка, овсяница луговая) на дерново-подзолистых суглинистых почвах изменялась в течении вегетации и имела два максимума: в начале колошения, а во втором укосе – в фазу цветения злаков. В почве незасеянного участка азотфиксирующая активность была в 1,5 – 2 раза ниже, чем под посевами злаков в течение вегетационного периода изменялась мало. Аналогичные закономерности получены и при изучении динамики активности азотфиксации в дерново-подзолистой супесчаной почве на полях ячменя и картофеля. Под ячменём более высокий уровень азотфиксации также соответствовал фазе начало колошения, под картофелем – фазам бутонизации и цветения. Она была значительно ниже на участках без растений, а также ночью по сравнению с днём[29].

Таким образом, стимулирующее влияние растений на деятельность диазотрофных бактерий наиболее вероятно объясняется поступлением в прикорневую зону легкодоступного энергетического материала из корневых выделений и корневого опада. Известно, то интенсивность корневых выделений возрастает в фазы активного развития растений и при высокой скорости фотосинтеза[32]. У злаков в этот период ассимиляционная поверхность растений достигает максимального размера и возрастает продуктивность фотосинтетического аппарата. Имеется ряд данных о тесной зависимости азотфиксации в ризосфере растений от фотосинтетической деятельности. В частности, только этой зависимостью можно объяснить суточную динамику азофиксации в ризосфере[14].

Более высокий уровень процесса азотфиксации в полевых условиях в ризосфере по сравнению с почвой без растений можно объяснить только массированными поступлениями в прикорневую зону легкодоступного энергетического субстратов в виде прижизненных растительных выделений и опада.

Зависимость интенсивности фиксации атмосферного азота ассоциативными азотфисаторами от выделительной деятельности корневых систем растений, а в конечном счёте от фотосинтетической активности , свидетельствует о тесной сопряжённости двух уникальных биологических процессов – азотфиксации и фотосинтеза. Подтверждением этого является низкий уровень несимбиотической и ассоциативной азотфиксации в районах с низкой продуктивностью фотосинтеза и высокий их уровень в районах с высокой его продуктивностью.

Следовательно, растения в значительной степени влияют не только на азотфиксирующую активность почвы, но и являются главным фактором, определяющим динамику ассоциативной азотфиксации.

Определение количества азота, которое поступает в почву под различными сельскохозяйственными культурами за счет деятельности диазотрофных почвенных бактерий, является одной из главных задач экологии ассоциативной азотфиксации. Для оценки масштабов вклада дизотрофных почвенных бактерий в азотный баланс почв требуется накопление большого фактического материала. Особое значение имеют исследования, проводимые в поле, позволяющие определить уровень азотфиксации в конкретных почвенно-климатических условиях и учесть влияние на процесс различных возделываемых культур.

Опыты, проведенные М.М. Умаровым на дерново-подзолистых почвах показали, что при наличии активно вегетирующей растительности (ячмень, луговые злаки, злаковое разнотравье) суммарная продуктивность азотфиксации за вегетационный период достигла 40 – 55 кг/га. В то же время в парующей почве и в междурядьях растений ее уровень не превышал 10 – 13 кг в пересчете на 1 га. Размеры ассоциативной азотфиксации на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве под тимофеевкой и овсяницей луговой составили соответственно 40,1 и 39,2 кг/га за сезон, а на парующем участке и в междурядьях растений – 13,1 кг/га[29].

Для дерново-подзолистой супесчаной почвы размеры азотфиксации за сезон составили 40,4 кг/га под ячменём и 30 кг/га под картофелем. В то же время на незанятых растениями участках фиксируется лишь 10-13 кг/га биологического азота. Очевидно, что именно это количество молекулярного азота связывается бактериями и за счёт использования пожнивных растительных остатков, т. е. в ходе несимбиотической азотфиксации. Остальные 20-25 кг азота на гектар усваивается диазотрофами при потреблении ими в качестве углеродной пищи легкодоступных органических соединений, выделяемых растениями в прикорневую зону в виде корневых выделений и корневого опада, т. е. за счёт ассоциативной азотфиксации.

Кроме растений среди других экологических факторов, определяющих уровень ассоциативной азотфиксации, существенное значение могут иметь влажность и температура почвы, концентрация углекислоты, азотные, фосфорные удобрения и др.

Результаты лабораторных, вегетационных и полевых опытов проведённых М. М. Умаровым на дерново-подзолистых почвах, свидетельствуют о высокой степени влияния влажности почвы на её азотфиксирующую способность. При влажности ниже 20% азотфиксация оставалась на относительно низком уровне, незначительно изменялась в от 8 до 20%. При увеличении влажности выше этого уровня активность азотфиксации быстро росла, достигая максимума при влажности около 40%[30].

При сопоставлении значений ассоциативной с изменением температуры почвы в верхнем горизонте (0-10) в течение вегетационного периода корреляций между этими величинами не установлено. Это можно объяснить тем, что, во-первых, летом температура верхних горизонтов почвы колеблется не столь значительно, чем влажность. Во-вторых, лимитирующим фактором для азотфиксации температура становится лишь при относительно низких значениях – ниже 7оС, летом же температура почвы в верхних горизонтах в средней полосе редко опускается ниже 40оС[31].

Помимо уже рассмотренных факторов, существенное влияние на ассоциативную азотфиксацию может оказать концетрация СО2 в атмосфере. Известно, что среднее содержание углекислоты в земной атмосфере в 0,03% является субоптимальной для растений, и при повышении концентрации СО2 до 0,1-0,2% в условиях отсутствия лимитирования другими факторами фотосинтез усиливается. В целом продуктивность фитоценозов и в особенности агрофитоценозов не в последнюю очередь определяется содержанием СО2 в воздухе[14].

Считается, что нехватка углекислоты для нормального протекания фотосинтеза – одна из причин снижения продуктивности агроэкосистем при одностороннем применении минеральных удобрений. В период интенсивного развития культурные растения синтезируют около 360-380 кг/га сухой массы за сутки, затрачивая до 720 кг СО2 [32]. В тоже время в слое воздуха над гектарным участком содержится только около 5 кг СО2; необходим постоянный приток углекислоты для поддержания высокой продуктивности фотосинтеза[14].

В настоящее время почти нет сведений о действии повышенной концентрации углекислоты в атмосфере на азотфиксирующую деятельность микроорганизмов. Однако опыты, проведённые М. М. Умаровым свидетельствуют, что в условиях гнотобиотических систем от 25 до 35% углерода ассимилированной растениями углекислоты использовалось для ассоциативной азотфиксации. Поэтому оптимизация содержания СО2 в атмосфере может служить одним из способов повышения не только продуктивности фотосинтеза, но и масштабов ассоциативной азотфиксации. Активное регулирование концентрации углекислоты в приземном слое атмосферы путём внесения навоза, компостов, запашки соломы и других растительных остатков может способствовать повышению доли "биологического" азота в урожае[29].

В последние годы, после открытия явления ассоциативного связывания азота небобовыми растениями, появились многочисленные предложения проводить инокуляцию растений активными штаммами азотфиксирующих бактерий. Накоплен обширный экспериментальный материал, показывающий высокую эффективность этого приёма.

Исследования кафедры агрохимии БГСХА показали, что при обработке семян ячменя бактериальными удобрениями на основе азоспириллы – азобактерином, полученным в БелНИИПА, урожайность зерна по сравнению с фосфорно-калийным фоном в среднем за 9,1 ц/га. Действие бактериального удобрения было эквивалентно 30 кг/га азота. Весьма эффективным , по данным БелНИИПА, оказалось применение этого удобрения и под многолетние злаковые травы. Действие было эквивалентно внесению 40-60 кг/га минерального азота, а прибавки урожайности многолетних трав (ежа сборная, овсяница луговая, кострец безостый) составили 7,9-24%[10].

Кроме того, применение бактериального удобрения на основе азоспириллы снижало поступление цезия-137 в растения трав в 1,4-1,7 раза[16].

Довольно высокие прибавки урожая льна-долгунца от применения препаратов ассоциативных азотфиксаторов, получены во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии г. Санкт-Петербург. Данные исследования Воробейкого Г.А., Хмелевской И.А. и др. обосновывают возможность успешного использования бактериальных препаратов для улучшения минерального питания растений льна за счет повышения уровня ассоциативной азотфиксации в ризосфере и мобилизующей активности бактериальных штаммов по отношению к минеральным элементам, находящимся в труднодоступном для поглощения состоянии. Улучшение минерального питания может происходить также в результате увеличения мощности корневой системы.

Обработка семян льна-долгунца бактериальными препаратами является перспективной в отношении улучшения минерального питания, стимуляции роста, увеличения выхода волокна и повышения продуктивности этой культуры. Действие различных штаммов бактерий на исследованные показатели не однозначно: оно меняется по годам исследований в зависимости от почвенно- климатических условий и реакции самих сортов на обработку. Из испытанных препаратов более эффективными оказались агрофил, экстрасол и ризоэнтерин[11]. В опытах Н. В. Путырского и Е. М. Путырской, проведённых в Гродненском СХИ, при обработке семян озимой ржи бактериальными диазатрофами в среднем за 5 лет прибавки зерна составили: от азоспириллы 0,8; артробактерина – 2,5; агроспирила 3,1 ц/ га при урожайности на фоне N60 P60K90 39,1 ц/га[24].

Преимущество ассоциативных бактерий в их разностороннем воздействии на растения. В процессе жизнедеятельности корневые диазотрофы выделяют специфические биологически активные соединения, фитогармоны и антибиотики, способные оказывать значительный ростостимулирующий и антифунгальный эффект. За счёт бактеризации семян увеличивается длина стеблей и корней растений (в среднем в 1,5 раза), возрастает количество продуктивных стеблей и корней растений (на 15-30%). Защитное действие ассоциативных бактерий проявляется в подавлении развития фитопатогенных почвенных грибов[21].

Наряду с другими, одним из факторов, оказывающим сильное регулирующее действие на азотфиксацию вообще и на ассоциативную азотфиксацию в частности, являются минеральные азотные удобрения. Если в опытах in vitro уже давно установлено влияние торможения азотфиксации при наличии связанного азота в среде, то вопрос о его влиянии на азотфиксацию в почве в присутствии растений остаётся пока сложным и мало изученным.

В литературе имеются противоречивые сведения о влиянии минеральных соединений азота на активность азотфиксациив почве. Широко распространено мнение, что минеральный азот сильно тормозит этот процесс. В то же время имеются данные, что дозы азотных удобрений в пределах 100-150кг/га лишь кратковременное подавление азотфиксации, а существенное торможение наблюдается при более высоких дозах связанного азота. Характерно также, что азотные удобрения действуют в первую очередь на фотосинтезирующие бактерии-азотфиксаторы и только с увеличением дозы начинают синтезировать азотфиксирующую активность гетеротрофных бактерий. Азотные удобрения, внесённые в небольших дозах, стимулируя развитие растений на первых этапах и повышая продуктивность фотосинтетического аппарата, способствует, после удаления азота в почве в результате потребления их растениями и микроорганизмами, возрастанию ассоциативной азотфиксации на последующих стадиях развития растений[6].

Усиление ассоциативной азотфиксации в ризосфере способствует снижению коэффициента использования азотных удобрений. Именно этим можно объяснить хорошо известное в агрохимии явление снижения коэффициента использования азота из минеральных удобрений с увеличением их доз. Следовательно, оптимизация доз азотных удобрений с учётом свойств почвы, биологических особенностей растения и экологии ассоциативной азотфиксации может позволять увеличить дозу «биологического» азота в урожае и более экономно расходовать минеральные азотные удобрения[6].

Как видно из приведенного обзора литературы эффективность ассоциативных азотфиксаторов изучена на многих небобовых растениях в различных зонах, в том числе и в зоне распространения дерново-подзолистых почв. Однако сведения об их влиянии на минеральное питание, продуктивность и качество льна-долгунца весьма ограничены, а в условиях Республики Беларусь отсутствуют, что и послужило основной задачей наших исследований.

**2. Экспериментальная часть**

**2.1. Цели и задачи исследований**

Целью наших исследований являлось выявление эффективности бактериаль-

ного диазатрофа азобактерина на льне-долгунце.

Программой исследований предусматривалось решение следующих задач:

1)Изучить на фоне PK и NPK удобрений влияние биологически активного препарата азобактерина на динамику накопления растениями льна надземной массы, рост их в высоту, урожайность и качество льнопродукции.

2)Дать экономическую оценку применения азобактерина под лён-долгунец.

**2.2. Условия и методика проведения исследований**

**2.2.1. Агроклиматические условия**

Умеренно-континентальный климат республики с мягкой и влажной зимой и относительно прохладным солнечным летом можно характеризовать как благоприятный для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, в том числе и льна-долгунца. Для нормального роста и развития льна в зависимости от возделываемого сорта (от сева до созревания), требуется сумма активных температур в пределах 1100-1500оС. По этому показателю вся территория республики является пригодной для возделывания льна-долгунца. Оптимальной среднесуточной температурой для появления всходов льна является 9-12оС, для формирования вегетативных органов -14-16оС, для генеративных органов -16-19оС и в период плодоношения -16-18оС. Оптимальные сроки сева льна, когда почва на глубине 5-10 см прогреется до 8-10оС, наступают в Могилёвской области с 25 апреля до конца первой декады мая[1].

Лён-долгунец – влаголюбивое растение. Опытами установлено, что на образование единицы сухого вещества лён в течение вегетационного периода расходует 400-430 единиц воды (транспирационный коэффициент). Самая высокая урожайность волокна льна-долгунца наилучшего качества формируется в тех случаях, когда после появления всходов запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы составляют 40-50, в метровом – 200-250 мм, а в конце бутонизации - начала цветения эти запасы соответственно не ниже 20-25 и 150-170 мм[15].

Оптимальные для льна-долгунца условия создаются при выпадении до фазы ёлочки около 64 мм осадков, в фазу быстрого роста – 69, бутонизации – 12-14, цветения 40, в фазу созревания 34 мм.

Избыточное выпадение атмосферных осадков, преимущественно в конце вегетации, сопровождающееся сильными ветрами, приводит к полеганию посевов, особенно на более плодородных при внесении повышенных доз азотных удобрений. При этом затягивается созревание льна, ухудшается его качество, затрудняются условия механизированной уборки.

Погодные условия 2004 г. складывались своеобразно (табл. 2.1, 2.3).

Таблица 2.1

Метеорологические условия вегетационного периода 2004 г.

(данные Горецкой метеостанции)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяцы | Декады | | | Среднее за месяц | Среднее многолетнее значение | | | |
| 1 | 2 | 3 | Декады | | | Среднее за месяц |
| 1 | 2 | 3 |
| Температура, оС | | | | | | | | |
| Апрель | 4,1 | 10,3 | 16,1 | 10,2 | 1,8 | 4,8 | 7,7 | 4,8 |
| Май | 8,2 | 10,0 | 15,4 | 11,2 | 10,4 | 12,6 | 14,2 | 12,4 |
| Июнь | 15,0 | 14,3 | 15,8 | 15,0 | 15,1 | 15,9 | 16,6 | 15,9 |
| Июль | 16,2 | 17,5 | 17,5 | 17,1 | 17,3 | 17,7 | 17,8 | 17,6 |
| Август | 16,2 | 17,0 | 15,0 | 16,1 | 17,3 | 16,3 | 14,8 | 16,1 |
| Сентябрь | 13,0 | 7,9 | 7,8 | 9,6 | 13,0 | 11,0 | 9,1 | 11,0 |
| Осадки, мм | | | | | | | | |
| Апрель | 46,7 | 33,2 | 0,1 | 80,0 | 15,0 | 15,0 | 16,0 | 46,0 |
| Май | 2,1 | 1,5 | 17,5 | 21,1 | 16,0 | 17,0 | 22,0 | 55,0 |
| Июнь | 23,6 | 13,5 | 31,9 | 69,0 | 23,0 | 26,0 | 28,0 | 77,0 |
| Июль | 61,9 | 51,5 | 50,7 | 164,1 | 28,0 | 28,0 | 32,0 | 88,0 |
| Август | 19,1 | 25,5 | 15,3 | 59,9 | 28,0 | 26,0 | 27,0 | 81,0 |
| Сентябрь | 16,3 | 8,9 | 1,8 | 27,0 | 23 | 20 | 19 | 62 |

Температура воздуха в течение вегетационного периода роста и развития льна-долгунца была близка к среднемноголетним показателям, в то же время осадков в мае и июне выпало меньше нормы (в мае на 33,9 мм, июне – на 8 мм), что снизило запасы продуктивной влаги в пахотном и метровом почвы, однако не оказало большого отрицательного влияния на рост и развитие растений льна и формирование урожайности. В дальнейшем избыточное выпадение осадков в июле, сопровождающееся сильными ветрами, особенно на тех делянках полевого опыта, где вносились повышенные дозы азотных удобрений, привело к полеганию посевов и снижению урожайности семян и соломы льна-долгунца.

В 2005 г. в основные фазы роста и развития растений температура воздуха была близкой, а в июле на 4,9оС выше среднемноголетних показателей (табл.2.2, 2.3).

# Таблица 2.2

Метеорологические условия вегетационного периода 2005 года

(данные Горецкой метеостанции)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяцы | Декады | | | Среднее за месяц | Среднее многолетнее значение | | | |
| 1 | 2 | 3 | Декады | | | Среднее за месяц |
| 1 | 2 | 3 |
| Температура, о С | | | | | | | | |
| Апрель | 8,2 | 7,3 | 12,6 | 9,4 | 1,8 | 4,8 | 7,7 | 4,8 |
| Май | 13,3 | 12,2 | 8,8 | 11,3 | 10,4 | 12,6 | 14,2 | 12,4 |
| Июнь | 21,0 | 15,6 | 17,5 | 15,3 | 15,1 | 15,9 | 16,6 | 15,9 |
| Июль | 21,0 | 23,5 | 23,1 | 22,5 | 17,3 | 17,7 | 17,8 | 17,6 |
| Август | 17,3 | 19,1 | 15,3 | 17,2 | 17,3 | 16,3 | 14,8 | 16,1 |
| Сентябрь | 13,1 | 13,7 | 8,0 | 11,6 | 13,0 | 11,0 | 9,1 | 11,0 |
| Осадки, мм | | | | | | | | |
| Апрель | 0,4 | 10,8 | 19,4 | 30,6 | 15,0 | 15,0 | 16,0 | 46,0 |
| Май | 15,5 | 12,1 | 35,0 | 62,6 | 16,0 | 17,0 | 22,0 | 55,0 |
| Июнь | 16,2 | 7,6 | 40,3 | 64,1 | 23,0 | 26,0 | 28,0 | 77,0 |
| Июль | 26,2 | 6,5 | 12,3 | 45,0 | 28,0 | 28,0 | 32,0 | 88,0 |
| Август | 38,5 | 19,3 | 30,9 | 88,7 | 28,0 | 26,0 | 27,0 | 81,0 |
| Сентябрь | 15,4 | 3,7 | 1,6 | 20,7 | 23,0 | 20,0 | 19,0 | 62,0 |

В то же время, осадков выпало меньше нормы (в июне на 12,9, июле – 43 мм за счёт малого их количества во второй и третьей декадах).

## Это несколько снизило запасы продуктивной влаги в пахотном и метровом слоях почвы, однако позволило получить высокорослый стеблестой льна.

## Таблица 2.3

Содержание продуктивной влаги в почве

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Слой почвы, мм | Декады | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | |
| 2004 | 2005 | 2004 | 2005 | 2004 | 2005 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Апрель | | | | | | |
| 0-10 | - | 30 | - | 30 | 26 | 27 |
| 0-20 | - | 60 | - | 60 | 59 | 58 |
| 0-50 | - | 139 | - | 140 | 152 | 130 |
| 0-100 | - | 265 | - | 271 | 304 | 255 |
| Май | | | | | | |
| 0-10 | 11 | 20 | 11 | 17 | 15 | 17 |
| 0-20 | 33 | 43 | 30 | 36 | 39 | 35 |
| 0-50 | 115 | 118 | 110 | 90 | 114 | 96 |
| 0-100 | 230 | 237 | 224 | 202 | 270 | 208 |
| Продолжение таблицы 2.3 | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Июнь | | | | | | |
| 0-10 | 18 | 22 | 8 | 12 | 9 | 28 |
| 0-20 | 37 | 44 | 17 | 29 | 19 | 50 |
| 0-50 | 108 | 99 | 72 | 81 | 74 | 106 |
| 0-100 | 220 | 206 | 164 | 178 | 197 | 216 |
| Июль | | | | | | |
| 0-10 | 16 | 10 | 25 | 12 | 19 | 10 |
| 0-20 | 29 | 24 | 47 | 27 | 39 | 23 |
| 0-50 | 86 | 65 | 120 | 76 | 118 | 69 |
| 0-100 | 186 | 153 | 239 | 170 | 255 | 180 |
| Август | | | | | | |
| 0-10 | 24 | - | 13 | - | 21 | - |
| 0-20 | 47 | - | 27 | - | 41 | - |
| 0-50 | 113 | - | 79 | - | 111 | - |
| 0-100 | - | - | - | - | 267 | - |

**2.2.2. Почвенные условия**

Наиболее пригодными почвами для возделывания льна-долгунца дерново-подзолистые средние и лёгкие суглинки, развивающихся на моренных, лёссовидных суглинках, подстилаемых суглинками и глиной. Эти почвы обеспечивают получение самой высокой урожайности льна и занимают 25 % пашни республики[23].

Хорошую урожайность льна получают и при выращивании его на окультуренных супесчаных почвах, подстилаемых легким и средним суглинком. Эти почвы занимают около 14 % пашни и распространены в основном в северных и центральных районах республики.

Наши исследования проводились на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины более 1 м.

Агрохимические показатели пахотного горизонта до закладки опытов показывают, что почва опытного участка характеризовалась слабокислой реакцией среды, средней обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия, недостаточным содержанием гумуса (табл. 2.4).

# Таблица 2.4

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы

(до закладки опыта, 2004-2005 гг.)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| рН в кcl | мг/кг почвы | | Гумус, % |
| Р2О5 | К2О |
| по Кирсанову | |
| 5,5-5,8 | 164-184 | 175-191 | 1,55-1,72 |

**2.2.3. Методика проведения исследований**

Изучение вопросов, поставленных программой исследований, осуществлялось в 2004-2005 гг. путем постановки на опытном поле кафедры агрохимии УО "Белорусская государственная сельскохозяйственная академия" полевого опыта, а также лабораторных исследований и анализов.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без удобрений)
2. Р60К90
3. N15P60K90
4. N30P60K90
5. N45P60K90
6. P60K90 + азобактерин с семенами
7. N15P60K90 +азобактерин с семенами

Общая площадь делянки составляла 28,8 м2 , учётная – 24,5 м2. Повторность опыта четырехкратная. Предшественник – яровые зерновые. Удобрения (аммонийная селитра, суперфосфат двойной гранулированный и хлористый калий) вносились вручную поделяночно с заделкой их под культивацию весной на глубину 10 – 12 см.

В опытах использовали торфяной препарат азобактерин, полученный на основе азоспириллы и изготовленный в лаборатории НИГПИПА. Титр используемого препарата 6 – 10 млрд. клеток на 1 га препарата. Обработку проводили суспензией торфяного препарата при разбавлении водой 1 : 100 путем инкрустации семян с NАКМЦ в день посева из расчета 0,2 кг на гектарную норму семян.

Объектом исследований в полевом опыте является среднеспелый сорт Нива. Сев осуществляли комбинированной сеялкой СЗЛ – 3,6 с нормой высева 22 млн/га всхожих семян. В опыте изучалось влияние удобрений и азобактерина на рост растений льна в высоту, накопление ими надземной массы по основным фазам роста и развития льна, урожайность и качество льнопродукции.

Агротехника в опыте соответствовала основным требованиям, предъявляемым к научно обоснованным технологиям возделывания льна в условиях Могилевской области. В период вегетации льна проводились фенологические наблюдения и учеты в соответствии с программой исследований. Учет урожайности семян и соломы – сплошной поделяночный. Определение технологических качеств соломы проводилось в лаборатории Горецкого льнозавода. Результаты исследований обработаны методом дисперсионного анализа на ПЭВМ.

**2.3. Результаты исследований**

2.3.1. Влияние минеральных удобрений и азобактерина на динамику роста растений льна в высоту, накопление ими надземной массы, урожайность и качество льна-долгунца

Лен-долгунец требователен к наличию в почве доступных питательных веществ и отзывчив на внесение минеральных удобрений. Вместе с тем, высокие дозы удобрений, повышая концентрацию почвенного раствора, отрицательно влияют на всхожесть семян и молодые проростки. Особенно опасен избыток азота, который усиливает полегание растений и поражение их болезнями, уменьшает выход волокна и снижает его качество. Все это обосновывает необходимость эффективного воздействия на растения льна с целью коррекции его анатомо-морфологических процессов, позволяющих в итоге полнее проявить биологические возможности генотипа. В этом отношении перспективно применение препаратов почвенных диазотрофов, способных оказать положительное влияние на рост надземных органов и корневой системы, повысить устойчивость к инфекции и неблагоприятным экологическим воздействиям. Почвенные диазотрофы способны повысить также уровень биологической фиксации молекулярного азота в ризосфере небобовых растений, улучшить тем самым их азотное питание. Сведения о высокой эффективности этих препаратов, как указывалось выше, получены на многих небобовых растениях. Однако сведения об эффективности действия препаратов почвенных диазотрофов на минеральное питание и продуктивность растений льна весьма ограничены. Для выяснения этого вопроса нами проведен полевой опыт. В опыте ставилась задача изучить влияние удобрений и азобактерина на динамику роста растений льна в высоту, накопление им надземной массы, а также урожайность и качество продукции.

Использование азобактерина путем инокуляции семян в наших исследованиях способствовало усилению роста растений льна-долгунца в высоту, что приводило не только к увеличению общей высоты растений, но и технической длины стеблей. Высота инокулированных растений на фоне Р60К90  увеличивалась на 5,6 см, а на фоне N15P60K90 – на 3 см по сравнению с вариантами без инокуляции. С увеличением доз азотных удобрений с N30 до N45 высота растений увеличивалась за счет удлинения метелки, техническая длина стеблей льна при этом уменьшалась (табл.2.5).

Таблица 2.5

Динамика роста растений льна-долгунца в высоту (см) в зависимости от

условий питания (среднее за 2004 – 2005 гг.)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варианты опыта | Фазы развития | | |
| быстрый рост | цветения | ранняя желтая спелость |
| 1. Контроль | 42,4 | 80,0 | 82,5 |
| 2. P60K90 | 48,3 | 84,7 | 86,5 |
| 3.N15P60K90 | 54,1 | 87,3 | 90,0 |
| 4.N30P60K90 | 58,2 | 90,6 | 92,8 |
| 5.N45P60K90 | 59,4 | 91,2 | 93,5 |
| 6.P60K90 + азобактерин | 57,2 | 89,6 | 92,1 |
| 7.N15P60K90 + азобактерин | 58,1 | 91,2 | 93,0 |
| НСР05 | 0,229 | 0,351 | 0,346 |

Инокуляция семян льна-долгунца азобактерином оказывала также влияние на увеличение накопления растениями надземной массы (табл. 2.6), что в свою очередь способствовало формированию более высокой урожайности льнопродукции по сравнению с аналогичными вариантами, где азобактерин не применялся (табл.2.7).

Как видно из приведенной таблицы 2.6 с увеличением доз азота до N30 на фоне P60K90 накопление надземной массы по всем фазам роста и развития увеличивалось. Увеличение дозы азота до N45 снижало накопление надземной массы. Применение азобактерина на фоне P60K90 способствовало значительному увеличению накопления надземной массы растений льна - долгунца и были выше варианта с внесением азота N15. Ещё большее увеличение надземной массы отмечено в варианте где азобактерин применялся на фоне N15P60K90. Всё это в конечном итоге отразилось на урожайности и качестве льнопродукции.

# Таблица 2.6

# Динамика накопления надземной массы растениями льна-долгунца по фазам развития в зависимости от условий питания, г/100 сухих растений

# (среднее за 2004-2005 гг.)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варианты опыта | Фазы развития | | |
| Быстрый рост | Цветения | Ранняя желтая спелость |
| 1. Контроль | 13,2 | 26,1 | 32,9 |
| 2. Р60К90 | 13,4 | 34,7 | 40,8 |
| 3.N15P60K90 | 14,5 | 38,6 | 44,8 |
| 4.N30P60K90 | 16,6 | 43,2 | 50,0 |
| 5.N45P60K90 | 16,8 | 42,4 | 48,2 |
| 6. P60K90 + азобактерин | 15,6 | 39,9 | 46,1 |
| 7. N15P60K90 + азобактерин | 17,1 | 46,0 | 53,2 |
| НСР05 | 0,248 | 0,325 | 0,314 |

Согласно данным таблицы 2.7, применение азобактерина на фоне Р60K90 было равноценно внесению минерального азота в дозе N15. Положительное влияние на формирование продуктивного ассоциативного симбиоза микроорганизмов и растений оказала также невысокая стартовая доза минерального азота(N15). Урожайность семян и льноволокна была при применении азобактерина достоверно выше на фоне N15P60K90, чем при использовании его на фоне фосфорных и калийных удобрений (P60K90).

Увеличение дозы азота на фоне фосфорных и калийных удобрений (P60K90) до N30 значительно повышало урожайность льнопродукции. Дальнейшее её увеличение до N45 приводило к снижению урожайности. Применение азобактерина на фоне фосфорных и калийных удобрений (P60K90) по влиянию на урожайность семян и волокна было эквивалентно внесению 15 кг/га минерального азота и увеличивало их урожайность в среднем за годы исследований в 1,3 раза по сравнению с аналогичным вариантом, где азобактерин не применялся.

# Таблица 2.7

Влияние минеральных удобрений и азобактерина на урожайность семян и волокна льна-долгунца, ц/га

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты опыта | Семена | | | Волокно | | | | | |
| всего | | | в том числе длинное | | |
| 2004 | 2005 | среднее | 2004 | 2005 | среднее | 2004 | 2005 | среднее |
| 1.Контроль | 5,4 | 5,0 | 5,2 | 10,1 | 9,6 | 9,8 | 5,4 | 4,4 | 3,8 |
| 2.P60K90 | 6,3 | 5,8 | 6,0 | 14,2 | 11,7 | 12,9 | 8,2 | 6,2 | 7,2 |
| 3.N15P60K90 | 7,4 | 6,9 | 7,1 | 16,0 | 14,1 | 15,0 | 11,0 | 8,2 | 9,6 |
| 4.N30P60K90 | 9,0 | 8,2 | 8,6 | 19,3 | 16,9 | 18,1 | 12,0 | 10,5 | 11,2 |
| 5.N45P60K90 | 8,6 | 7,5 | 8,1 | 18,0 | 15,0 | 15,6 | 10,4 | 8,7 | 9,5 |
| 6.P60K90+азо-  бактерин | 8,1 | 7,9 | 8,0 | 18,3 | 14,9 | 15,5 | 12,3 | 9,2 | 10,7 |
| 7.N15P60K90+  азобактерин | 9,4 | 8,6 | 9,0 | 22,0 | 17,5 | 19,7 | 14,8 | 10,9 | 12,8 |
| HCP05 | 0,284 | 0,351 | - | 0,684 | 0,811 | - | 0,523 | 0,597 | - |

В таблице 2.8 приведены данные инструментального анализа льносоломы, полученной в полевом опыте.

Таблица 2.8

Влияние минеральных удобрений и азобактерина на качество льносоломы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант опыта | Техническая длина, см | | Пригодность | | Выход луба, % | | Крепость, кГс | | Средний номер соломы | |
| 2004 | 2005 | 2004 | 2005 | 2004 | 2005 | 2004 | 2005 | 2004 | 2005 |
| 1.Контроль | 78,5 | 70,0 | 0,83 | 0,80 | 26 | 28 | 25 | 29 | 1,50 | 1,25 |
| 2.P60K90 | 80,8 | 74,0 | 0,84 | 0,82 | 29 | 30 | 26 | 32 | 1,75 | 1,50 |
| 3.N15P60K90 | 86,8 | 78,0 | 0,86 | 0,84 | 31 | 32 | 29 | 32 | 2,50 | 1,75 |
| 4.N30P60K90 | 86,2 | 77,0 | 0,85 | 0,85 | 30 | 33 | 28 | 35 | 2,00 | 2,00 |
| 5.N45P60K90 | 86,0 | 80,0 | 0,84 | 0,85 | 29 | 32 | 26 | 32 | 1,75 | 1,75 |
| 6.P60K90+  азобактерин | 86,8 | 78,0 | 0,86 | 0,85 | 32 | 33 | 30 | 35 | 2,50 | 2,00 |
| 7.N15P60K90+  азобактерин | 87,0 | 79,0 | 0,86 | 0,86 | 32 | 33 | 30 | 35 | 2,50 | 2,00 |

Как видно из приведенной таблицы 2.8, применение азобактерина на фоне фосфорных и калийных удобрений способствовало повышению качества льносоломы. При этом увеличивалась её техническая длина, выход луба, крепость, пригодность. Средний номер возрастал от внесения азобактерина на 0,5-0,7 номера и не снижался при обработке семян азобактерином на фоне полного минерального удобрения (N15P60K90), что указывает на лучшее использование растениями льна азота при сочетании его в минеральной и биологической формах. С увеличением доз азотных удобрений в составе полного минерального удобрения на вариантах без применения азобактерина средний номер соломы заметно снижался.

Таким образом, инокуляция семян льна азобактерином является высокоэффективным приемом. Это позволяет за счет фиксации азота из воздуха диазотрофными микроорганизмами значительно снизить затраты минерального азота, уменьшить загрязнение окружающей среды продуктами его деградации, повысить урожайность и качество льнопродукции.

**2.3.2. Экономическое обоснование применения азотфиксирующего бактериального препарата азобактерина под лён-долгунец**

Расчёт экономической эффективности позволяет обосновать целесообразность включения в технологию возделывания сельскохозяйственных культур того или иного агроприёма. Применение удобрений, в том числе бактериальных, как правило, сопровождается увеличением труда и средств. Однако, за счёт реализации дополнительного урожая эти затраты могут компенсироваться. Следовательно, необходимы дополнительные экономические расчёты, позволяющие разработать предложения производству по рациональному применению изучаемых приёмов.

Основными показателями экономической эффективности являются величина условного чистого дохода с 1 га и рентабельность производства продукции, %.

Как видно из таблицы 2.9 применение под лён-долгунец препарата ассоциативных микроорганизмов азобактерина-экономически эффективно.

### Таблица 2.9

Экономическая эффективность применения минеральных удобрений и азобактерина под лён-долгунец (среднее за 2004-2005гг), у. е. с 1 га

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Всего затрат на получение прибавки урожая | Стоимость прибавки урожая | Условный чистый доход | Рентабель-ность, % |
| 1.Контроль | - | - | - | - |
| 2.P60K90 | 85,5 | 183,7 | 98,2 | 114,8 |
| 3.N15P60K90 | 130,9 | 331,7 | 200,8 | 153,3 |
| 4.N30P60K90 | 167,1 | 512,6 | 345,5 | 206,7 |
| 5.N45P60K90 | 146,3 | 396,2 | 249,9 | 170,8 |
| 6.P60K90+  азобактерин | 139,2 | 396,4 | 257,2 | 184,7 |
| 7.N15P60K90+  азобактерин | 181,7 | 590,4 | 408,7 | 224,9 |

Повышение доз азотных удобрений до N30 на фоне P60K90 под лён-долгунец сопровождалось увеличением условного чистого дохода с одного гектара и рентабельности их применения. Дальнейшее повышение дозы азота снижало экономические показатели. Более высокий чистый доход и рентабельность получены в вариантах с инокуляцией семян азобактерином P60K90 и N15P60K90. При этом чистый доход с одного гектара составил соответственно 257,2 и 408,7 у. е., а рентабельность 184,7 и 224,9 %.

Таким образом, инокуляция семян льна азобактерином является экономически выгодным приёмом повышения урожайности и качества льна –долгунца в прогрессивных технологиях его возделывания.

**3.Охрана окружающей среды и получение экологически чистой продукции в связи с применением удобрений**

Загрязнение биосферы, исчерпание природных ресурсов, разрушение экосистем, потеря природной способности их самовосстановления – все это опасные и сложные процессы, развитие которых вызвано хозяйственной деятельностью человека. Многие виды загрязняющих веществ, например, радиоактивные вещества, пыль, металлы, пестициды, в связи с атмосферными и гидросферными циркуляционными процессами представляют региональную и глобальную опасность, превращая планету в единую технологическую систему.

Это приводит к ухудшению здоровья и демографической ситуации во многом связана с неполноценным питанием отдельных категорий населения, особенно в зонах радионуклидного загрязнения почв токсическими веществами.

Под экологически чистой следует понимать такую продукцию, которая соответствует всем санитарно-гигиеническим требованиям и не содержит ксенобиотиков, чужеродных химических веществ, в том числе радионуклидов и пестицидов. Она должна быть и биологически полноценной т.е. содержать основные соединения необходимые для нормальной жизнедеятельности людей[3].

Получение в настоящее время экологически чистой, доброкачественной продукции зависит не только от работников агропромышленного комплекса, но и в целом от работников всех отраслей сельского хозяйства[2].

Грамотное применение удобрений повышает урожай сельскохозяйственных культур, улучшает баланс питательных элементов, способствует расширенному воспроизводству плодородия почвы. Однако эти достоинства минеральных удобрений проявляются только при условии их правильного изготовления, транспортировки, хранения, внесения в почву в нужных для растений сочетаниях и строго заданных количествах. Неравномерное внесение удобрений, неоправданно высокие их дозы снижают урожайность сельскохозяйственных культур, ухудшают качество продукции, загрязняют окружающую среду [2].Неблагоприятное влияние на окружающую среду может быть самое различное (загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод, усиленное эвтрофирование водоемов, уплотнение почв, нарушение круговорота и баланса питательных веществ, ухудшение агрохимических свойств и плодородия почвы; ухудшение фитосанитарного состояния посевов и развитие болезней растений, снижение продуктивности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции) [3]. К самым острым экологическим проблемам в сельском хозяйстве относятся последствия увеличения производства и применения минеральных удобрений и функционирование крупных животноводческих комплексов. Загрязнение удобрениями водных источников вызывает эвтрофикацию природных вод – усиленное развитие водорослей и образование планктона [2].

Большинство минеральных удобрений характеризуется физиологической кислотностью, поэтому их применение в избыточных количествах обуславливают развитие процессов подкисления почвы [2]. Избыток минеральных удобрений вызывает нарушение в биологическом компоненте почвы, в следствие чего нарушается процессы трансформации органического вещества. Кроме того, увеличивается доля микроскопических грибов (среди которых много патогенов) в структуре микробного ценоза. Это грозит опасностью образования микотоксинов в почве, продуктах питания.

Азот, как правило, - основной элемент питания растений, поэтому вполне закономерно, что азотные удобрения относятся к базисным компонентам химизации земледелия. Однако при несбалансированности элементов питания, нарушении водного режима, недостаточной освещенности и других неблагоприятных условиях высокие дозы азотных удобрений могут привести к снижению почвенного плодородия и загрязнению продуктов питания [3]. Токсичность нитратов относительно низкая, но при участии микрофлоры пищеварительного тракта и тканевых ферментов они восстанавливаются до нитритов, степень токсичности которых в 10-20 раз выше, чем нитратов. Высокое содержание нитратов и нитритов в воде, пище, кормах вызывает острые желудочно-кишечные заболевания [2].

Избыточное поступление нитратов в человеческий организм вызывает метгемоглобинемию (синюшность). Она является следствием окисления в крови человека двухвалентного железа в трёхвалентное. Образующийся под действием нитратов метгемоглобин и нитрогемоглобин не способны к переносу кислорода к тканям организма.

Замещение на 20 % гемоглобина метгемоглобином вызывает отравление, сопровождающееся сильной кислородной недостаточностью. При 80 % -ном замещении гемоглобина наступает смерть от удушья. Еще до недавнего времени считалось, что этому заболеванию подвержены исключительно дети малолетнего возраста (до 1 года). Однако было доказано, что и дети более старшего возраста, и даже взрослые могут поражаться ассимптоматической формой метгемоглобинемии. При этом нарушается работа сердца и поражается центральная нервная система [27].

Важным источником накопления нитратов в почве является нитрификация. Под воздействием микроорганизмов - нитрификаторов, присутствующих в любой почве, происходит минерализация органического вещества (гумуса) и внесенных органических удобрений (навоза, торфа, перегноя), в результате образуются нитраты. Еще один источник – азотные удобрения. Под воздействием тех же нитрифицирующих микроорганизмов аммонийный и амидный азот в почве постепенно переходит в нитраты. При условиях, благоприятствующих нитрификации, весь внесенный в почву азот может в течение двух-трех дней превратится в нитратный. Он в почве очень подвижен и при обильных поливах или в дождливую погоду легко вымывается за пределы корнеобитаемого слоя, особенно на легких почвах.

В последние годы отчетливо прослеживается тенденция увеличения производства сельскохозяйственной продукции с повышенным содержанием нитратов. Накопление нитратов в растениях происходит в результате того, что поглощенный азот не полностью расходуется на синтез аминокислот и белков. В нарушении физиологичности этого процесса важную роль играют ферменты азотного обмена – нитрат - и нитритредуктазы, а также углеводное питание растений.

Причиной нарушения процессов ассимиляции нитратов в растении могут служить до 20 факторов, среди них такие, как сроки, формы и дозы внесения удобрений, метеорологические условия, сортовые различия, сроки посадки и густота стояния растений, качество известкования, наличие и соотношение различных питательных элементов.

Азотные удобрения загрязняют природные воды. Вынос азота в водные объекты определяется как природными факторами (климат и погода, гидрология и рельеф), так и антропогенными (степень сельскохозяйственного использования территории, применяемые системы земледелия, дозы удобрений). Например, из-за технологических нарушений в процессе хранения, подготовки и применения азотных удобрений от 3 до 20 % вносимых количеств попадает в водные объекты, что приводит к тем или иным негативным последствиям.

Процесс вымывания нитратов из почвы ускоряют распашка лугов, увеличение процента зерновых и пропашных культур в севообороте, полный или частичный отказ от выращивания промежуточных культур.

Для сведения к минимуму непроизводственных потерь азота, предотвращение и снижение загрязнения нитратами растениеводческой продукции, водоемов необходимо четко соблюдать существующие регламенты по транспортировке, хранению и применению минеральных и органических удобрений. Внесению удобрений должно предшествовать известкование почв, которое снижает почвенную кислотность и активизирует процесс восстановления нитратов. Сроки проведения подкормок также играют важную роль в накоплении нитратов. Не рекомендуется применять подкормки в период массового созревания корнеплодов и кочанов.

Исключительно важным приемом в снижении нитратного загрязнения сельскохозяйственной продукции является внесение достаточного количества полноценного органического удобрения (навоз, компосты, сидераты). Навоз следует предварительно прокомпостировать с соломой или торфом и внести в почву с осени.

Перспективной альтернативой минеральному азоту в питании растений является биологический азот. В настоящее время широко изучаются бактерии рода Rhizobium, их специфичность по отношению к отдельным бобовым культурам. Используется также возможность использования ассоциативных азотфиксирующих бактерий, микоризы, а также различных комбинаций этих микроорганизмов, что зачастую оказывается намного более эффективным, чем применение любого из них в отдельности. Для каждой сельскохозяйственной культуры и каждого сорта, а также различных почвенных условий реально подобрать специфическую комбинацию азотфиксирующих микроорганизмов, при которой процесс снабжения азотом будет протекать наиболее продуктивно. Посредством инокуляции эффективными азотфиксирующими микробиологическими препаратами можно повысить урожайность сельскохозяйственных культур без дополнительного внесения азотных минеральных удобрений. Например, в наших исследованиях мы добились значительной прибавки урожайности льна-долгунца за счет применения диазотрофного инокулянта азобактерина. Азотные удобрения при этом в одном варианте не применялись, а в другом использовались в небольшой дозе (N15).

Эффективность применения удобрений определяется сложным комплексом биотических и антропогенных факторов, среди которых существенное значение принадлежит климатическим и погодным условиям. Учет агрометеорологических условий является важной предпосылкой оптимизации использования минеральных удобрений, а следовательно, способствует уменьшению вероятности загрязнения окружающей среды избыточными химическими веществами [3].

Фосфор относится к важнейшим биогенным элементам. Для создания условий, благоприятствующих получению полноценного урожая, необходимо наличие в почве достаточного количества доступного фосфора. Однако примерно 30 % посевной площади РБ характеризуются низким и очень низким содержанием этого элемента. Недостаток фосфора можно устранить только внесением минеральных удобрений. Обеспечение высокой потребности является объективной необходимостью. При этом, однако, нельзя выпускать из виду ряд природоохранных аспектов фосфорного питания.

С фосфорными удобрениями в почву попадают многочисленные токсичные элементы, малоподвижные в почвенной среде. Довольно высоким содержанием загрязняющих веществ отличаются, например, суперфосфаты. В фосфорных удобрениях содержатся токсичные соединения фтора. Большая часть фосфора, остается в почве, так как связывается с содержащимися в ней Са, Аl, Fe. Результаты проводившихся исследований свидетельствуют о наличии в природных фосфатах радиоактивных элементов – урана, радия.

При существующем кислотном способе переработки природного фосфатного сырья основная часть фтора остается в удобрениях и попадает вместе с ними в почву. Длительное внесение суперфосфата, который обычно содержит 1,5 % фтора, приводит к накоплению в почве доступных для растений форм этого элемента. Физиологическая роль фтора в растениях изучена недостаточно. Он ингибирует активность ряда ферментов, что отрицательно сказывается на процессах фотосинтеза и биосинтеза белков.

Довольно большая часть фосфора, используемого в земледелии накапливается в водоемах, в которые он поступает:

1. в результате потерь при транспортировке и хранении удобрений;
2. из-за поверхностного стока и вымывания из почв в растворенном виде и с продуктами эрозии;
3. вследствие "выпадения" фосфора из аграрного круговорота, обусловленного почти полным отсутствием утилизации органических веществ в коммунальном хозяйстве и снижением до 50 %- ного уровня утилизации органических веществ.

Это привело к эвтрофикации водоемов. Кроме фосфора этому процессу способствует обогащение вод азотом [3]. Наиболее нежелательные последствия эвтрофикации – чрезмерное развитие водорослей в водоемах – "цветение" и заболачивание из-за разрастания прибрежной флоры, что постепенно сокращает площадь водоемов [2]. "Цветение" воды приводит не только к ухудшению условий непосредственного водопотребления, но и к увеличению содержания в ней органического вещества в растворимой форме, что объясняется увеличением рН воды при массовом развитии водорослей. С этим связывают, в частности, вспышки заболевания холерой Эль-Тор в 1970-1971 гг. охватившего 35 стран.

Человек, как правило, избегает пользования водой в цветущих водоемов, поскольку она существенно отличается по вкусу и запаху. Тем не менее использование в пищу рыбы, накапливающей в своих тканях токсины, приводит к серьезным заболеваниям. Животные же часто вынуждены пользоваться такой водой. Этим объясняются случаи массовой гибели крупного рогатого скота и других сельскохозяйственных животных в различных регионах мира [3].

Для предупреждения загрязнения водоемов и других природных объектов должны строго регламентироваться и соблюдаться правила использования средств химизации [2].

При внесении фосфорных удобрений следует учитывать следующие экологические ограничения:

1. запрещены все способы внесения фосфорных удобрений в почву на территории первого пояса зоны санитарной охраны источников хозяйственного водоснабжения;
2. не допускается внесение фосфорных удобрений на территории второго пояса зоны санитарной охраны источников хояйственно-питьевого водоснабжения в период непосредственной угрозы паводка;
3. соблюдение предельно допустимых концентраций химических веществ в почве после проведения фосфоритования.

Калийные удобрения также могут отрицательно воздействовать на окружающую среду. Они содержат так называемые балластные элементы (хлор, натрий), которые могут накапливаться в почве при систематическом применении повышенных доз удобрений, снижая ее плодородие. Эти элементы попадают в грунтовые воды, повышая в них концентрацию солей.

Увеличение содержания хлора в удобрениях вносимых в дерново-подзолистую почву, в 4-5 раз повышают концентрацию в соломе зерновых и сене клевера на 50-70 %, в клубнях картофеля на 50-100 %. В пахотном слое почвы содержание хлора при этом возрастает на 60-290 % в зависимости от вида культуры, условий увлажнения и других факторов. Не малую опасность вызывают содержащиеся в калийных удобрениях металлы (Cd, Hg, Pb, Al), которые могут накапливаться в живых организмах, поникать в грунтовые воды.

Для предотвращения больших потерь калия и загрязнения поверхностных грунтовых вод калийные удобрения следует вносить под основную обработку почвы. Снижение потерь питательных элементов минеральных удобрений вследствие вымывания можно достичь как агротехническими, так и химическими способами. Среди последних представляет интерес медленнодействующие удобрения, питательные элементы которых усваивались бы растениями постепенно, в течение всего периода вегетации. Этого можно достичь с помощью капсулирования, покрытия синтетической оболочкой или элементарной серой[3].

Таким образом, для получения максимального эффекта от применения комплекса мероприятий по охране окружающей среды и получения экологически чистой продукции необходимо широко использовать новейшие достижения агрономической науки и передовой опыт с учетом особенностей каждой области, района, хозяйства. Основные показатели эффективности принятой системы земледелия: достигнутый уровень урожайности, качество получаемой растениеводческой продукции, воспроизводство почвенного плодородия и состояние окружающей среды[4].

**4. Охрана труда**

**4.1. Оценка условий труда и анализ опасных и вредных производственных факторов**

В рамках реализации концепции государственного управления охраной труда в 2006 году предпринимались меры по реализации государственной политики в этой сфере, осуществлялись надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде и охраной труда, координация деятельности органов государственного управления по этим вопросам.

За 2006 год Департаментом проведено 26091 проверок законодательства о труде и охране труда, в том числе 15764 по соблюдению трудовой дисциплины.

В результате проверок выявлено и пресечено 304,1 тысячи нарушений законодательства о труде, в ходе которых приостанавливалась (запрещалась) работа 79 цехов, станков, машин и другого оборудования, эксплуатация которых создавала реальную угрозу жизни и здоровью работников. На основании материалов государственных инспекторов труда к дисциплинарной ответственности привлечены 3114 должностных лиц, допустивших нарушения законодательства о труде; от работы в соответствии со статьей 49 трудового кодекса Республики Беларусь отстранены 9586 работников; освобождены от занимаемай должности 545 должностных лиц, из них 482- за однократное грубое нарушение правил охраны труда, повлекшие увечье или смерть других работников; 50 работников привлечены к уголовной ответственности.

По сравнению с 2005 годом уровень производственного травматизма со смертельным и тяжелым исходом снизился соответственно на 1,2 и 5,5 процентов. Этому способствовали дополнительные меры по укреплению трудовой и исполнительной дисциплины, профилактике производственного травматизма, обеспечению безопасного труда, принимаемые руководителями всех уровней в возглавляемых ими отраслях, областях, городах, районах и организация.

Основными причинами травматизма с тяжелыми последствиями явились: неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест, эксплуатация неисправных, не соответствующих требованиям безопасности машин, механизмов и оборудования, недостатки в обучении и инструктировании потерпевших по охране труда, нарушение потерпевшими трудовой и производственной дисциплины, нормативных правовых актов по охране труда, невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда, отсутствие, несоответствие требованиям безопасности технологических процессов[5].

При проведении инокуляции семян возможны следующие опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные части машин и механизмов; повышенное содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; физические и нервно-психологические перегрузки, действующие на персонал при управлении машинами, механизмами[12].

Азобактерин в условиях кратковременного контакта с ним не представляет опасности. Тем не менее возможна повышенная чувствительность отдельных лиц к сухому препарату. Азобактерин малотоксичен для теплокровных и практически не опасен для пчёл.

**4.2. Организационно-технологические мероприятия по созданию здоровых и безопасных условий труда**

Минеральные и бактериальные удобрения, пестициды, обезвреживающие и др. химические вещества широко вошли в практику растениеводства. Они обеспечивают получение и сохранение высоких урожаев.

Однако все эти вещества опасны для человека и окружающей среды. Неправильное применение или неграмотное обращение наносит огромный, часто непоправимый, вред не только работающим с ними, но и другим людям, животному и растительному миру, почве, атмосфере[8].

Для создания здоровых и безопасных условий труда необходимо соблюдать требования Санитарных правил и норм” 223 12-17 2003г.

Для проведения работ с минеральными и бактериальными удобрениями используются только технологии, техника и оборудование, прошедшие в установленном порядке гигиеническую и технологическую оценку и имеющие соответствующие разрешения учреждений Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

Перед началом сезона работ все машины, аппаратура и оборудование должны быть проверены на их готовность и полностью отремонтированы. Руководители хозяйств (организаций) или работ ответственны за проведение необходимых подготовительных работ и исправность используемых машин и оборудования.

К работе с минеральными и бактериальными удобрениями допускаются лица достигшие 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний(заболеваний лёгких, кожи, органов дыхания, хронических заболеваний носоглотки), производственное обучение, сдавшие экзамен квалификационной комиссии и получившие соответствующее удостоверение, а также инструктажи по охране труда: вводный и на рабочем месте. К работе с минеральными и бактериальными удобрениями не допускаются беременные и кормящие женщины. К обслуживанию протравителей допускаются лица, знающие их устройство и сдавшие испытания по техминимуму и правилам техники безопасности[26].

Централизованное протравливание семян осуществляется на семенных заводах и пунктах, устройство и эксплуатация которых должны соответствовать действующим гигиеническим требованиям к проектированию и эксплуатации отделений централизованного протравливания и нормам технологического проектирования предприятий послеуборочной обработки и хранения продовольственного и фуражного зерна, масличных культур и трав, утверждённых в установленном порядке. Процесс протравливания должен быть полностью механизирован.

Помещения для предпосевной обработки семян, упаковки и хранения протравленных семян(центры протравливания, заводы) оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией и местными аспирационными устройствами на рабочих местах. Руководитель работ организует производственный контроль за соблюдением условий труда работающих на протравливании семян.

Децентрализованное протравливание осуществляется в хозяйствах на открытом воздухе или в специальных помещениях (пункты протравливания) в соответствии с требованиями Санитарных правил и действующих нормативных и технических документов. перед протравливанием необходимо строго рассчитать количество семян необходимых для высева. Протравливанию подлежат семена доведённые до посевных кондиций. Протравливание семян путём ручного перелопачивания и перемешивания категорически запрещается.

Производства по обработке и протравливанию семян должны располагаться на расстоянии не менее 500 м от селитебной зоны и источников питьевого водоснабжения. Пункты протравливания семян в хозяйствах, функционирующие ограниченный период времени (до одного месяца) Располагаются с учётом "розы ветров" и перспективного плана застройки населённых пунктов на расстоянии не менее 300м от жилой зоны, предприятий, помещений для содержания скота и птицы, источников водоснабжения. Площадку для протравливания семян следует располагать на участках с уровнем стояния грунтовых вод не менее 1,5 м. Площадка должна иметь уклон для отвода талых вод, навес, твёрдое покрытие (асфальт, бетон). Не допускается сброс ливневых стоков в водные объекты без предварительного обезвреживания. Территория изолированных пунктов протравливания должна быть озеленена и ограждена.

Выгрузка протравленных семян должна производиться в плотно пригнанные к выгрузным устройствам мешки из прочных, непроницаемых для пестицидов материалов. Мешки с семенами должны зашиваться механизированным способом.

В помещениях, где установлено оборудование для протравливания и производится расфасовка семян, не допускается производить другие работы. Для хранения протравленных семян должны предусматриваться специальные помещения. Помещение после хранения протравленных семян необходимо убирать с применением обезвреживающих средств.

Отпуск протравленных семян производится по письменному разрешению руководителя хозяйства или организации с точным указанием их количества. Неиспользованные для сева семена возвращаются на склад или передаются другим хозяйствам только для сева.

Не допускается хранение протравленных семян совместно с продовольственным и фуражным зерном. Учёт протравленных семян производится кладовщиком, отвечающим за его сохранность и обеспечение безопасности.

Не допускается смешивать протравленные семена с непротравленными, сдавать их на хлебопекарные пункты, использовать для пищевых целей, а также на корм скоту и птице. Все перемещения протравленных семян фиксируются в "Журнале учёта движения протравленных семян"[7],[26].

**5. Выводы**

1.Инокуляция семян льна-долгунца азобактерином является высокоэффективным приёмом, способствующим усилению роста растений в высоту, нарастание надземной массы, формирования более высокой урожайности льнопродукции.

2.Использование данного препарата способствовало повышению урожайности: семян на 2-3, льноволокна 2,6-6,8, в том числе длинного на 3,5-3,6 ц/га по сравнению с фоновыми вариантами по своему действию эквивалентно 15 кг/га д.в. минерального азота. Наибольшая эффективность от применения азобактерина получена на фоне N15P60K90.

3.Инокуляция семян льна-долгунца азобактерином оказала положительное влияние на улучшение качества льносоломы. При этом происходило увеличение общей и технической длины стебля, выхода луба и пригодности, а также среднего номера льносоломы на 0,5-0,75ед.

4.Применение для инокуляции семян льна-долгунца азобактерина экономически выгодно. Условный чистый доход с одного гектара составил 257,2-428,7 у. е., при рентабельности 184,7-224,9%.

5.Использование азобактерина для инокуляции семян льна-долгунца позволяет снизить степень загрязнения окружающей среды за счёт уменьшения доз вносимых азотных удобрений.

6.При возделывании льна-долгунца следует соблюдать требования техники безопасности при работе с удобрениями и механизмами.

**6. Список использованной литературы**

1.Агроклиматическией справочник по Могилёвской области с учётом особенностей каждого региона.- Мн.,1986.- С.86-88.

2.Антипенко В.И. Об итогах работы Департамента государственной инспекции труда и состоянии травматизма на производстве // Охрана труда и социальная защита. - Мн.,2006.-С 4-7.

3.Агрохимия: Учебник / Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П., Ионас и др.-2-е изд. - Мн.: Ураджай, 2001.-488с.

4.Агроэкология/ Черников В. А., Алексахин А. В., Голубев А. В.и др.; Под редакцией Черникова В.А., Чекереса А.И. – М.:Колос,2000.-536с.

5.Базилинская М.В. Использование биологического азота в земледелии. - М.: Агропромиздат, 1985.-53с.

6.Безопастность жизнедеятельности. Методические указания по выполнению дипломных работ. - Горки,1995.-12с.

7.Беляков Г.И. Охрана труда. - М.: Агропромиздат, 1990.-250 с.

8.Биологические основы и современная технология возделывания Льна-долгунца в условиях Республики Беларусь: Лекция/ Чепёлкин Н.А., Аникеев М.М.; БГСХА.- Горки, 1996.-36с.

9.Вильдфлуш И.Р., Кукреш С. П., Куруленко В.М. Эффективность использования под ячмень бактериального удобрения на основе азоспириллы и новых форм азотных удобрений.// Научные основы ведения растениеводства в современных условиях: Сб. науч. тр./БГСХА.- Горки, 1995.-С. 27-28.

10.Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П., Михайловская Н.А. и др. Действие новых форм азотных удобрений и азобактерина на урожай и качество ячменя.// Почвенные исследования и применение удобрений. Межвед. темат. сб. – Мн., 1997.- Вып. 24. – С. 170-175.

11.Воробейков Г.А., Хмелевская И.А., Павлова Т.К. и др. Минеральное питание и продуктивность льна-долгунца при обработке семян бактериальными препаратами// Агрохимия – 1996.- №8-9.-С 28-34.

12.Гарбар В.А., Королёв Н.В. Справочник по охране труда в колхозах и совхозах. – Мн.: Ураджай, 1990.- 115с.

13.Гракович Л.А. Об итогах работы Департамента государственной инспекции труда и состоянии травматизма на производстве // Охрана труда и социальная защита. - Мн.,2005.-С 4-8.

14.Интеграция в льноводстве: становление и развитие/ сб. статей. – Минск, 1996.- 63с.

15.Ковда В.А. Советское почвоведение на службе сельского хозяйства СССР.- Тбилиси: Мщниерба, 1981.- 107с.

16.Кошелева Л.Л. Физиология питания и продуктивность льна-долгунца. - Мн.: Науке и техника,1980.- 200 с.

17.Кукреш.С.П. Ходянкова С.Ф. Агрохимические приёмы формирования высоких урожаев льна-долгунца на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах/ Курсы по повышению квалификации и переподготовки кадров Могилёвского облсельхозпрода.- Горки, 1998.- 128 с.

18.Кукреш С.П. Агрохимическое обоснование энергосберегающих приёмов повышения урожайности и качества льна-долгунца в Беларуси: монография. – Горки: БГСХА, 2002.- 168с.

19.Лён Беларуси: монография/ РУП "БелНИИ льна"; под редакцией И.В. Голуба. - Минск: ЧУП "Орех",2003.- 245с.

20.Михайловская Н.А., Пикун П.Т. Снижение коэффициентов накопления цезия-137 в урожае многолетних трав за счёт бактеризации семян.// Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экологических условиях: Материалы 1-го съезда Белорусского общества почвоведов.- Мн.: Гомель: БелГУТ, 1995.-С. 277-278

21.Охрана труда. Учебное пособие./ Под редакцией Овчинниковой Н. В.- Мн.: 2005.- 210с.

22.Почвоведение с основами геологии./ Под редакцией А.И. Горбылёвой.-Мн.: Новое знание, 2002.- 480с.

23.Проблемы возделывания и переработки льна: Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию образования БССР.- Смоленск, 1999.- 160с.

24.Путырский Н.В., Путырская Е.М. Эффективность применения препаратов ассоциативных азотфиксаторов под зерновые культуры// Материалы Международной научно-практической конференции./ БГСХА.- Горки, 1996.- С. 168-170.

25.Растениеводство/ Вавилов П.П., Гриценко В.С., Кузнецов В.С. и др./ Под редакцией Вавилова П.П.- 5-е изд., перераб. и доп.- М.: Агропромиздат, 1986.-512с.

26.Санитарные правила и нормы 223 12 17 2003 и гигиенические требования к хранению, транспортировке и применению пестицидов и агрохимикатов.

27.Семененко Н.Н., Найденко Г.И. Зависимость зерновых культур и эффективности азотных удобрений от обеспеченности дерново-подзолистых почв гумусом и азотом// Регулирование азотного питания почв. - Вильнюс : МСХ ЛитССР.-1982.- С.4-9.

28.Система удобрения сельскохозяйственных культур/ Ионас ,Вильдфлуш И.Р., Куреш С. П.- Мн.: Ураджай,1998.-325 с.

29.Соловьёв. А.Я. Льноводство. – 2-е изд., перераб. и доп., - М.: Агропромиздат, 1989.-320с.

30.Умаров. М.М. Ассоциативная азотфиксация. – М.: Наука, 1986.- 131с.

31.Умаров М.М. Значение несимбиотической азотфиксации в балансе азота в почве// Изв. АН СССР. Сер. биол. наук – 1982 .- № 4 –С. 95-105.

32.Чундарева А.И., Зубко И.К., Князева В.Л. Влияние окультуренности дерново-подзолистых почв на их азотфиксирующую активность// Бюл. ВНИИ с. - х. микробиологии. - Л.,1975.-№ 7,вып.2 –С. 56-61.

33.Шатилов Н.С., Вербицкая Н.М. Фотосинтетическая деятельность злаковых многолетних трав при сенокосном использовании// Изв. ТСХА.- 1973.-№3.- С.49-54.