

На правах рукописи



Барышникова Оксана Сергеевна

**ОЦЕНКА БИОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ И ГИБРИДОВ ПОД-
СОЛНЕЧНИКА В АГРОЦЕНОЗАХ С ПОВЫШЕННОЙ
АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

Специальность 03.02.14 – Биологические ресурсы

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Воронеж – 2021

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Интенсификация сельского хозяйства, а также дефицит сельскохозяйственных угодий, которые не подвергаются техногенному воздействию, обуславливают необходимость поиска и уточнения научно обоснованных и экспериментально проверенных приемов возделывания сельскохозяйственных культур, которые позволят, с одной стороны, учитывать экономические интересы сельскохозяйственных производителей, а с другой – получать на выходе экологически безопасную продукцию.

Развитие транспортной инфраструктуры оказывает значительную антропогенную нагрузку на придорожные агроэкосистемы, при этом выбросами автотранспорта загрязняются как почвы, так и получаемая продукция. Однако придорожные агроценозы нельзя исключить из сельскохозяйственного оборота по экономическим соображениям. В связи с этим, необходим поиск новых агротехнических приемов, которые позволят при минимальных экономических затратах не только реализовать биологический ресурс культуры, но и выращивать экологически безопасную продукцию.

Исходя из вышеизложенного, становится очевидной актуальность оценки биологического ресурса районированных сортов и гибридов подсолнечника в условиях неблагоприятной экологической обстановки, и обоснования целесообразности его возделывания в придорожной зоне.

Цель исследований: оценить биоресурсный потенциал придорожных агроценозов подсолнечника и выявить сорта и гибриды, наиболее толерантные к загрязнению почвы, позволяющие получать высокий урожай хорошего качества.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи:**

1. Определить содержание валовых форм и изучить динамику подвижных форм тяжелых металлов в почве с учетом расстояния от дороги, периода вегетации и уровня минерального питания подсолнечника.

2. Установить влияние удобрений и средств защиты растений на полевую всхожесть семян подсолнечника в условиях загрязнения почв придорожных полос тяжелыми металлами.

3. Изучить показатели фотосинтетической деятельности и структуры урожая подсолнечника, их динамику в зависимости от доз и сочетаний применяемых агрохимических средств, а также биологических особенностей сортов и гибридов.

4. Оценить воздействие выбросов автотранспорта и уровня минерального питания на урожайность и качество маслосемян сортов и гибридов подсолнечника различного срока созревания.

5. Определить энергетическую эффективность применения минеральных удобрений в сочетании с гербицидом под подсолнечник.

Степень разработанности темы. Изучением проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами и их воздействия на развитие растений занимались В.А. Ковда, А.И. Перельман, М.А. Глазовская, А. Кабата-Пендиас, П.Г. Адрихин, М.М. Овчаренко, Ю.В. Алексеев, Н.А. Протасова, J.L.Hall, C. Poschenrieder и другие ученые.

Однако, проведенный нами анализ многочисленных публикаций, посвященных различным аспектам влияния тяжелых металлов на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, показал, что результаты исследований часто оказываются труднодоступными. Это обусловлено тем, что различаются сорта и гибриды растений, условия их произрастания, уровни техногенной нагрузки и пр.

Исходя из вышеизложенного, становится очевидной актуальность оценки биологического ресурса районированных сортов и гибридов подсолнечника в условиях неблагоприятной экологической обстановки, и обоснования целесообразности его возделывания в придорожной зоне.

В качестве объектов исследований были использованы агроценозы подсолнечника придорожной полосы автодорог IV категории Верхнехавского района Воронежской области. При этом изучались районированные в Воронежской области сорта и гибриды подсолнечника с различным сроком созревания и уровнем минерального питания.

Научная новизна. Проведены комплексные исследования по изучению влияния автотранспорта и средств химизации на загрязнение почв тяжелыми металлами и биоресурсный потенциал районированных сортов и гибридов подсолнечника, выращиваемых в зоне воздействия автодорог IV категории Верхнехавского района Воронежской области. Установлены перспективные сорта и гибриды подсолнечника, максимально реализующие свой биологический ресурс при интенсивной техногенной нагрузке на агроценозы.

Практическая значимость работы. Полученные результаты могут быть использованы как рекомендации при возделывании сортов и гибридов подсолнечника в зоне воздействия автодорог IV категории, при условии проведения агроэкологического мониторинга загрязнения почвы и основной продукции тяжелыми металлами.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Наиболее высокие концентрации валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве агроценозов подсолнечника наблюдались на вариантах с применением удобрений в комплексе с гербицидом, расположенных на расстоянии 0-40 м от дорог IV категории, при этом превышения ПДК, в основном, не отмечалось.

2. В условиях техногенной нагрузки на агроценозы, показатели фотосинтетической деятельности, элементы структуры урожая подсолнечника, продуктивность и качество маслосемян варьируют в зависимости от применяемых средств химизации, а также биологических особенностей сортов и гибридов.

3. Применение одинарной дозы минеральных удобрений в комплексе с гербицидом оказывает стимулирующее влияние на рост и развитие подсолнечника, повышая его продуктивность и качество. На вариантах с двойной дозой NPK на фоне повышенных концентраций тяжелых металлов в почве происходит угнетение растений и ухудшение качественных показателей основной продукции подсолнечника.

Апробация результатов исследований. Полученные результаты исследований докладывались: на национальной конференции «Теория и практика инновационных технологий в землеустройстве и кадастрах» (г. Воронеж, 2019 г.); на национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием «Теория и практика современной аграрной науки» (г. Воронеж, 2020 г.); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК» (Курган, 2020); Международной научно-практической конференции «Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (г. Пенза, 2020 г.); Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы сельскохозяйственного производства» (г. Воронеж, 2020 г.).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 12 научных работ, 3 из которых входят в перечень рецензируемых журналов ВАК Министерства

образования и науки Российской Федерации.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 163 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, предложений производству и списка литературы. Включает 18 таблиц, 17 рисунков, 19 приложений. Список литературы состоит из 141 источника, в том числе 8 на иностранных языках.

Личный вклад автора. В работе использовались материалы, полученные лично автором в ходе проведенных исследований. Автор принимал непосредственное участие в разработке программы исследований, в закладке полевых опытов, лично проводил экспериментальную работу, обобщение теоретических и практических данных, формулировку выводов.

Диссертационные исследования проводились в 2013-2017 гг. на кафедре безопасности жизнедеятельности, механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (кафедра технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности). Полевые опыты закладывались на полях землепользований ООО «Луч» и ИП Глава КФХ Веневцев А.В. Верхнехавского района Воронежской области.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В данном разделе проведен детальный анализ отечественных и зарубежных исследований по проблеме загрязнения почв тяжелыми металлами и их воздействия на развитие растений (В.А. Ковда, А.И. Перельман, М.А. Глазовская, А. Кабата-Пендиас, П.Г. Адерихин, М.М. Овчаренко, Ю.В. Алексеев, Н.А. Протасова, J.L.Hall, С. Poschenrieder и др.).

Тем не менее, несмотря на большое количество публикаций, сведения о накоплении тяжелых металлов в системе почва – растения в условиях повышенной техногенной нагрузки являются противоречивыми. Это обусловлено различиями сортов и гибридов растений, условий их произрастания, уровней техногенной нагрузки на компоненты агроценозов. Недостаточно изученными остаются вопросы относительно выращивания в придорожной зоне наиболее устойчивых к факторам антропогенного воздействия с ее стороны сортов и гибридов подсолнечника, позволяющих получить стабильные урожаи, с показателями не ниже, заложенных оригинаторами. Для решения данных проблем требуется проведение дальнейших исследований, что и предопределило выбор темы диссертационной работы.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2013-2017 гг. на полях землепользований ООО «Луч» и ИП Глава КФХ Веневцев А.В. Верхнехавского района Воронежской области. Территория Верхнехавского района относится к первому агроклиматическому району, климат характеризуется умеренной континентальностью.

Годы исследований различались по показателям влагообеспеченности и температурному режиму. Неблагоприятные погодные условия для возделывания подсолнечника складывались в 2014 и 2017 годах. Весной и летом 2014 г. наблюдался дефицит осадков при повышенных температурах воздуха, что неблагоприятно повлияло на рост

и развитие подсолнечника. Несмотря на то, что весна 2017 г. была очень ранней, в мае и июне температурный режим и условия увлажнения были ниже среднемноголетних значений, что отрицательно отразилось на формировании урожая подсолнечника. Наиболее благоприятными по метеоусловиям оказались 2015 и 2016 годы, которые характеризовались достаточным количеством осадков и тепла в вегетационный период, что положительно повлияло на развитие подсолнечника и получение урожая.

В качестве объектов исследований были использованы районированные в Воронежской области сорта и гибриды подсолнечника с различным сроком созревания, возделываемые в агроценозах придорожной полосы участков автодорог IV категории Верхнехавского района Воронежской области: «Большая Приваловка – Никольские Выселки», «Большая Приваловка – Малая Приваловка», «Парижская Коммуна – Малая Приваловка», «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой», «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой».

Почва опытных участков – чернозем типичный среднемошный среднегумусный глинистого гранулометрического состава. Перед закладкой мелкоделяночного опыта (осень 2013 г.) содержание гумуса составляло 6,1-6,4%; pH_{KCl} – 5,5-5,9; N_g – 2,3-3,8 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощенных оснований 29,5-30,4 мг-экв/100 г почвы; обеспеченность почвы подвижным фосфором средняя и повышенная (98-116 мг/кг почвы), а обменным калием – повышенная (111-120 мг/кг почвы).

Исследования проводились в условиях полевого мелкоделяночного опыта в севообороте с короткой ротацией: чистый пар – озимая пшеница – ячмень – подсолнечник.

Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. Гербицид; 3. $N_{60}P_{60}K_{60}$ + гербицид; 4. $N_{120}P_{120}K_{120}$ + гербицид.

Повторность опыта трехкратная, общая площадь делянки 15 м² (3x5 м), учетная площадь 8 м² (2x4 м). Минеральные удобрения в виде азофоски вносились под основную обработку согласно схеме опыта вручную. Гербицид Граминион, КЭ применялся весной в фазу всходов подсолнечника в дозе 0,6 л/га ранцевым опрыскивателем.

В опыте использовались следующие сорта и гибриды подсолнечника: Енисей, Бузулук, Альтаир, Айтана, Алисон РМ. Возделывание изучаемых сортов и гибридов подсолнечника осуществлялось по общепринятым для Воронежской области технологиям.

Образцы смешанных проб почвы отбирали в пахотном и подпахотном слое на глубину 0-30 и 30-60 см на расстоянии 0-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60 м от изучаемых участков автодорог. Образцы почв отбирались в следующие сроки: перед началом сельскохозяйственных работ сразу после весеннего снеготаяния; в фазу всходов подсолнечника; после уборки урожая. В них определялось содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu).

На изучаемых участках пробы растений подсолнечника отбирались в 3 срока: в фазу всходов, в середине вегетации и во время уборки урожая. Уборка подсолнечника осуществлялась вручную. В растительных образцах определялось количество всходов, масса листьев и плодов, содержание тяжелых металлов в маслосеменах подсолнечника.

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа многофакторного полевого эксперимента, где фактор А – расстояние от дороги, фактор В – сорт, фактор С – средства химизации.

Химические анализы почвы и растений проводили в лаборатории биотехнологии ФГБОУ ВО ВГАУ имени императора Петра I и в ФГБУ ГЦАС «Воронежский».

Химические анализы почвенных и растительных образцов проводились по стандартным методикам и ГОСТ.

3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА ПОЧВУ ПРИДОРОЖНЫХ АГРОЦЕНОЗОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

3.1 Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника

При проведении исследований изучалось влияние выхлопных газов автотранспорта и применения различных доз удобрений на накопление тяжелых металлов в почве. Ниже представлены средние значения содержания валовых форм свинца, кадмия, цинка и меди в почве опытных участков (Рисунок 1).

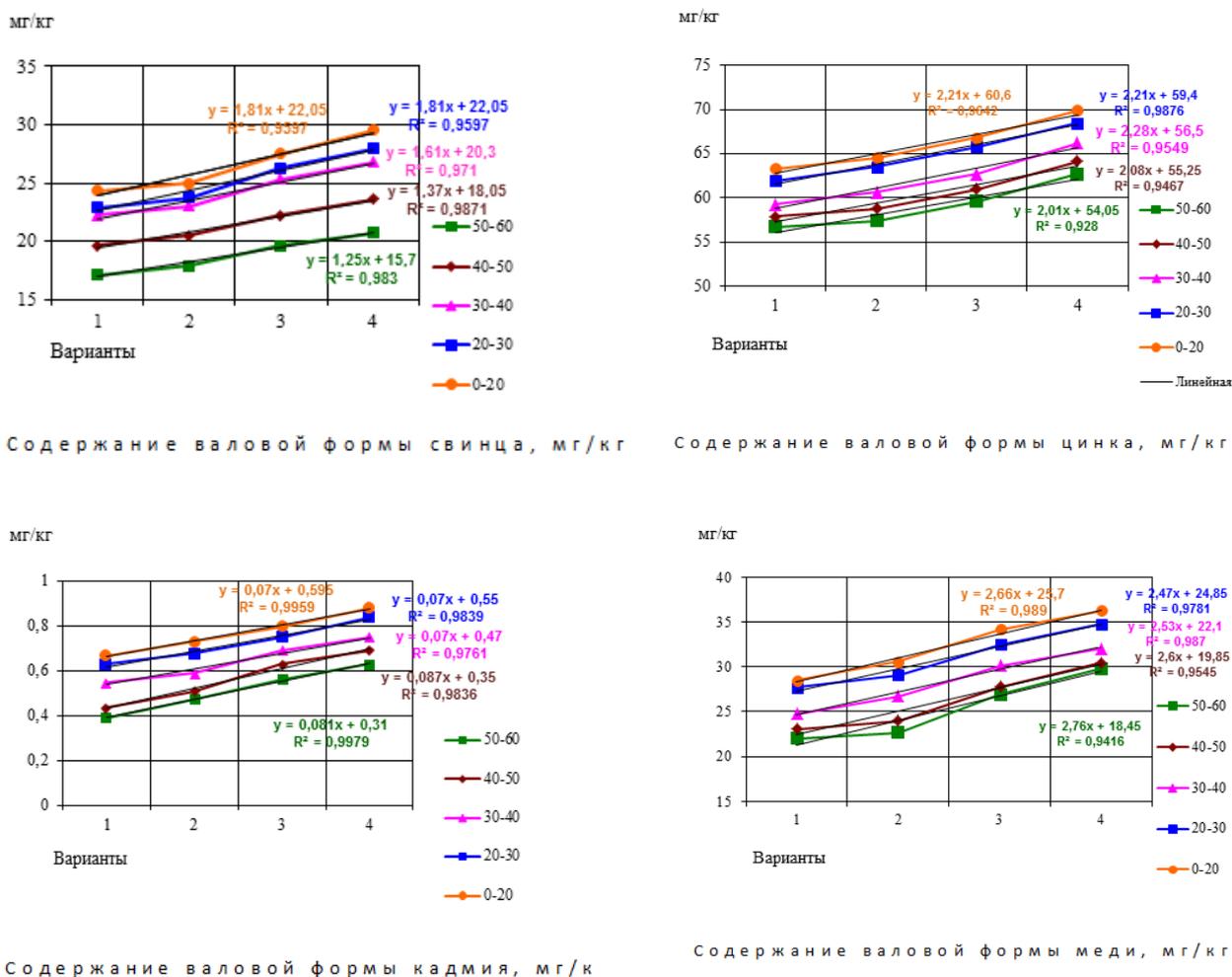


Рисунок 1 – Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве изучаемых участков (среднее за 2014-2017 гг.)

В почве придорожной полосы на изучаемых участках валовое содержание тяжелых металлов находится в пределах ПДК, но превышает фоновые значения (Pb – 10,1-13,8; Cd – 0,18-0,2; Zn – 42,8-43,2; Cu – 16,9-17,3), что является следствием остаточного воздействия выхлопных газов автотранспорта.

Систематическое применение минеральных удобрений и средств защиты растений может приводить к небольшому накоплению Pb, Cd, Zn и Cu в почве, в концентрациях не превышающих ПДК. На контрольных вариантах опыта наблюдается наиболее низ-

кое содержание валовых форм тяжелых металлов, которое закономерно возрастает по мере увеличения доз вносимых удобрений. Однако агрохимические средства, применяемые в научно-обоснованных дозах, не являются источником загрязнения почв.

3.2 Динамика подвижных форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника

В работе изучалась динамика содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве придорожных агроценозов подсолнечника.

В ходе исследований, на всех изучаемых участках выявлена четкая закономерность увеличения концентрации тяжелых металлов в почве на расстоянии менее 40 м от дороги. Кроме того, содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве зависит от периода вегетации подсолнечника и применения средств химизации. В целом, на изучаемых участках наиболее высокие концентрации тяжелых металлов наблюдаются в фазу всходов после внесения гербицида на фоне загрязнения почв выбросами автотранспорта, а после уборки урожая их содержание снижается, что обусловлено поглощением данных элементов надземной фитомассой подсолнечника. Эту закономерность можно проследить по всем элементам на контрольных вариантах в различные сроки отбора проб почвы (Рисунок 2).

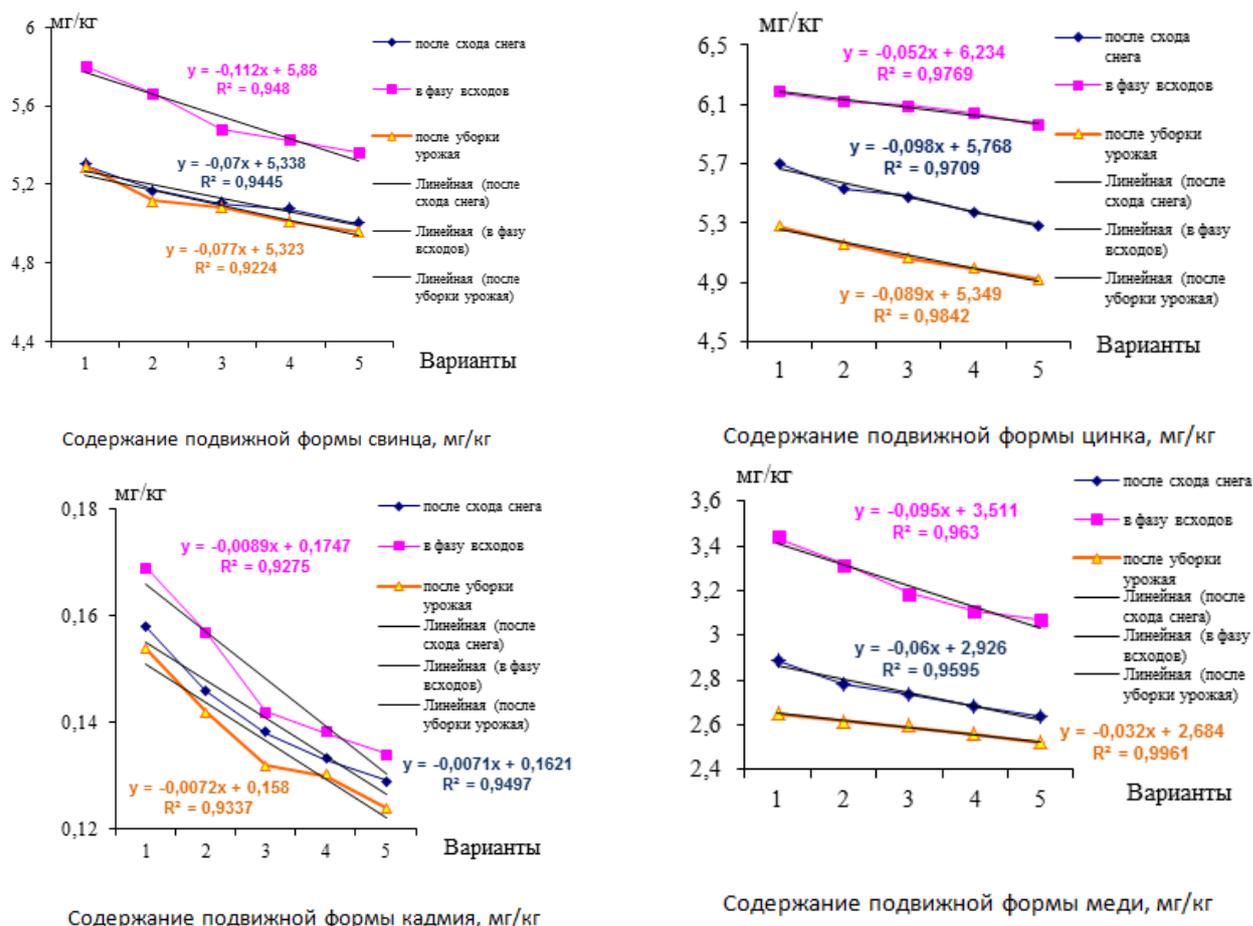


Рисунок 2 – Распределение подвижных форм тяжелых металлов на расстоянии 0-20 м от дороги на контрольном варианте (среднее за 2014-2017 гг.)

В результате проведенных исследований было установлено, что в почве придорожной зоны содержание подвижных форм тяжелых металлов значительно превышает

фоновые показатели. Так, концентрация подвижных форм свинца в почве изменяется от 3,72 до 6,84 мг/кг. В зависимости от расстояния до дороги содержание подвижного Pb на контроле увеличивается в 2,9-4,5 раза, а на вариантах с удобрениями в 3,0-5,3 раза от фонового значения (1,3 мг/кг).

Содержание кадмия в почве изучаемых вариантов находится в пределах от 0,086 до 0,192 мг/кг. Концентрация подвижных форм Cd выше фоновых показателей (0,06 мг/кг) в 1,4-2,8 раза на контроле и в 1,5-3,2 раза на вариантах с удобрениями и гербицидами. Черноземные почвы в районе исследования характеризуются низким фоновым содержанием подвижных форм Zn и Cu (0,3 мг/кг и 0,13 мг/кг соответственно), но в придорожной зоне их концентрации увеличиваются в 7-12 раз и более. В почве вариантов опыта количество цинка изменяется от 3,46 до 7,12 мг/кг, а меди – от 1,91 до 3,91 мг/кг. Следовательно, поступление тяжелых металлов с выхлопными газами автотранспорта повышает обеспеченность почв подвижными формами данных элементов.

4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

4.1 Особенности формирования всходов подсолнечника в придорожных агроценозах

Для оценки экологической устойчивости подсолнечника к выбросам автотранспорта, в работе проводился анализ влияния средств химизации и различных уровней техногенной нагрузки на полевую всхожесть семян изучаемых сортов и гибридов (Рисунок 3, 4).

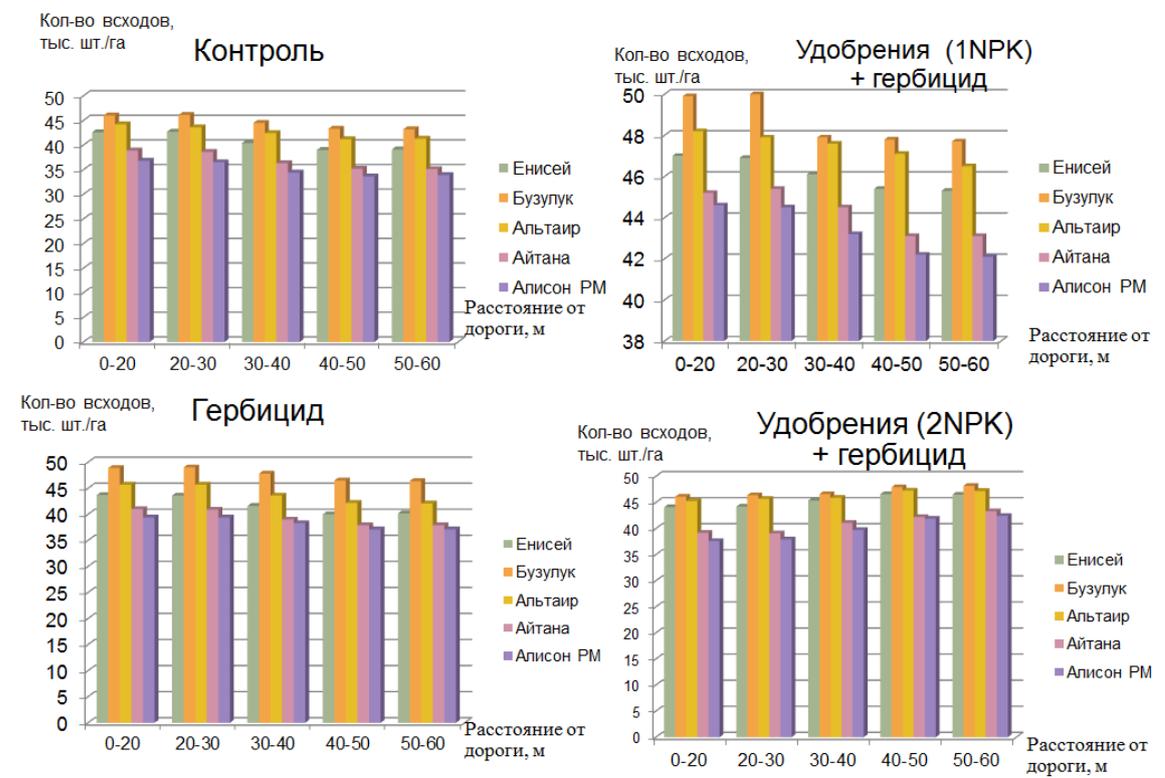


Рисунок 3 – Особенности формирования всходов подсолнечника на изучаемых участках, количество всходов, тыс. шт./га (среднее за 2014-2017 гг.)

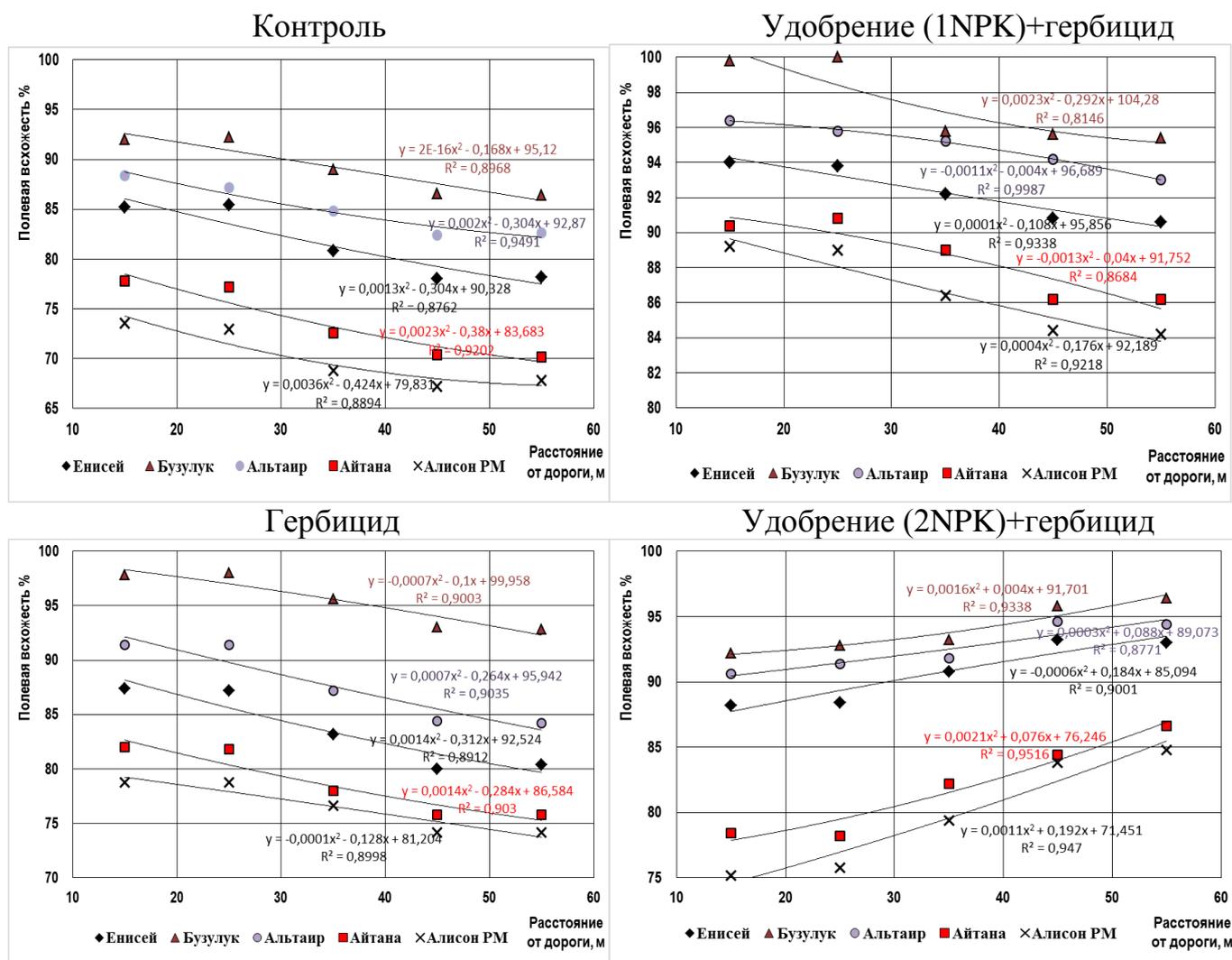


Рисунок 4 – Особенности формирования всходов подсолнечника на изучаемых участках, полевая всхожесть, % (среднее за 2014-2017 гг.)

Согласно полученным данным, на контроле, вариантах с гербицидами и одинарной дозой удобрений полевая всхожесть семян подсолнечника снижалась по мере удаления от дороги. Так, на расстоянии до 20 м от дороги на контроле она была 73,6-92,0%, на варианте с гербицидом – 78,8-97,8%, а при внесении одинарной дозы удобрений составляла 89,2-99,8%. В тоже время, на расстоянии 50-60 м от дороги эти показатели были соответственно 67,8-86,4, 74,2-92,8 и 84,2-95,4%. Такая особенность, вероятно, связана со стимулирующим действием микроэлементов (Cu, Zn) на вариантах, примыкающих к автодороге.

На вариантах с двойной дозой NPK, наоборот, полевая всхожесть по мере удаления от дороги возрастала. Это можно объяснить синергетическим действием повышенной концентрации тяжелых металлов и двойных доз удобрений на примыкающих к дороге участках, проявляющимся в угнетении растений.

Наиболее низкая полевая всхожесть семян подсолнечника отмечалась на контроле, а самыми высокими показателями характеризовался вариант с одинарной дозой NPK в комплексе с гербицидом. Отмеченные закономерности в полной мере относятся и к количеству всходов подсолнечника на 1 га.

Следует отметить, что полевая всхожесть семян подсолнечника была заметно выше на вариантах с ранними сортами и гибридом. Так, если на контроле для сортов Ени-

сей, Бузулук и гибрида Альтаир полевая всхожесть находилась в пределах 78,2-92,2%, на варианте с гербицидом – 80,0-98,0%, на варианте с одинарной дозой удобрений – 90,6-100,0%, с двойной дозой NPK – 93,0-96,4%, то для более поздних гибридов (Айтана, Алисон РМ) эти показатели были соответственно 67,8-77,8; 74,2-82,0; 84,2-90,8 и 75,2-86,6%.

Следовательно, полевая всхожесть семян подсолнечника определялась сортовыми особенностями, расстоянием от автодороги и дозами вносимых удобрений.

4.2 Влияние загрязнения почвы на показатели фотосинтетической деятельности подсолнечника

Загрязнение почвы выхлопными газами автотранспорта и применение минеральных удобрений в комплексе с гербицидами в агроценозах оказывают существенное воздействие на процессы фотосинтетической деятельности и физиологическое состояние растений.

Для оценки урожайности возделываемых сортов и гибридов подсолнечника, изучалась динамика формирования площади листьев в посевах (Рисунок 5, 6, 7).

В результате исследований было установлено, что в начале вегетации у изучаемых сортов и гибридов подсолнечника идет постепенное увеличение площади листовой поверхности и в фазе полного цветения она достигает максимальных значений (37,0-46,1 тыс. м²/га). В конце вегетации площадь листьев снижается до 6,0-8,8 тыс. м²/га за счет отмирания листьев в нижней части стебля.

Наиболее интенсивно ассимилирующая поверхность листьев развивалась на вариантах с применением одинарной и двойной доз NPK в комплексе с гербицидом. На контроле и варианте с гербицидом, напротив, площадь листовой поверхности подсолнечника уменьшалась, что связано с недостаточным уровнем минерального питания растений.

На всех вариантах опыта, за исключением варианта с двойной дозой NPK, наибольшая площадь листьев подсолнечника отмечалась на расстоянии 0-40 м от дороги, а по мере удаления от нее – снижалась. Это обусловлено низким содержанием микроэлементов (Zn, Cu) в почве, поэтому их поступление с выбросами автотранспорта способствует росту листовой поверхности растений на территории, примыкающей к дороге.

Изучение динамики образования листовой поверхности подсолнечника показало, что у раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) данный показатель был выше, чем у среднеранних гибридов (Айтана, Алисон РМ).

Для оценки продуктивности подсолнечника определяли фотосинтетический потенциал посевов. Результаты исследований показали, что в посевах подсолнечника фотосинтетический потенциал достигал наиболее высоких значений в конце вегетации в фазу цветение – созревание.

Наиболее высокие значения фотосинтетического потенциала отмечались на вариантах с применением удобрений в совокупности с гербицидом. Так, на варианте с одинарной дозой NPK в начале вегетации данный показатель находился в пределах 649,3-656,3 тыс. м² · сутки/га, в середине вегетации – 1017,4-1023,7 тыс. м² · сутки/га, в конце вегетации – 1253,3-1258,8 тыс. м² · сутки/га.

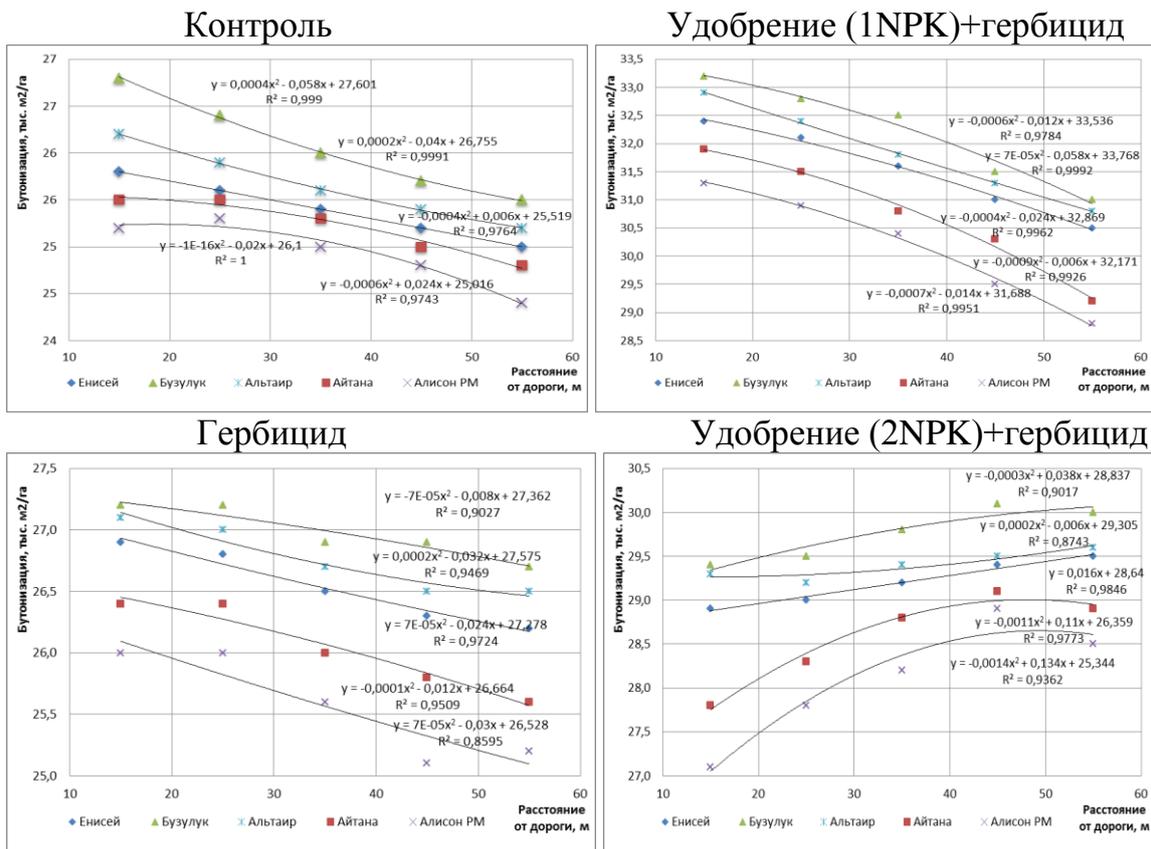


Рисунок 5 – Динамика формирования площади листьев подсолнечника (Бутонизация), тыс. м²/га (среднее за 2014-2017 гг.)

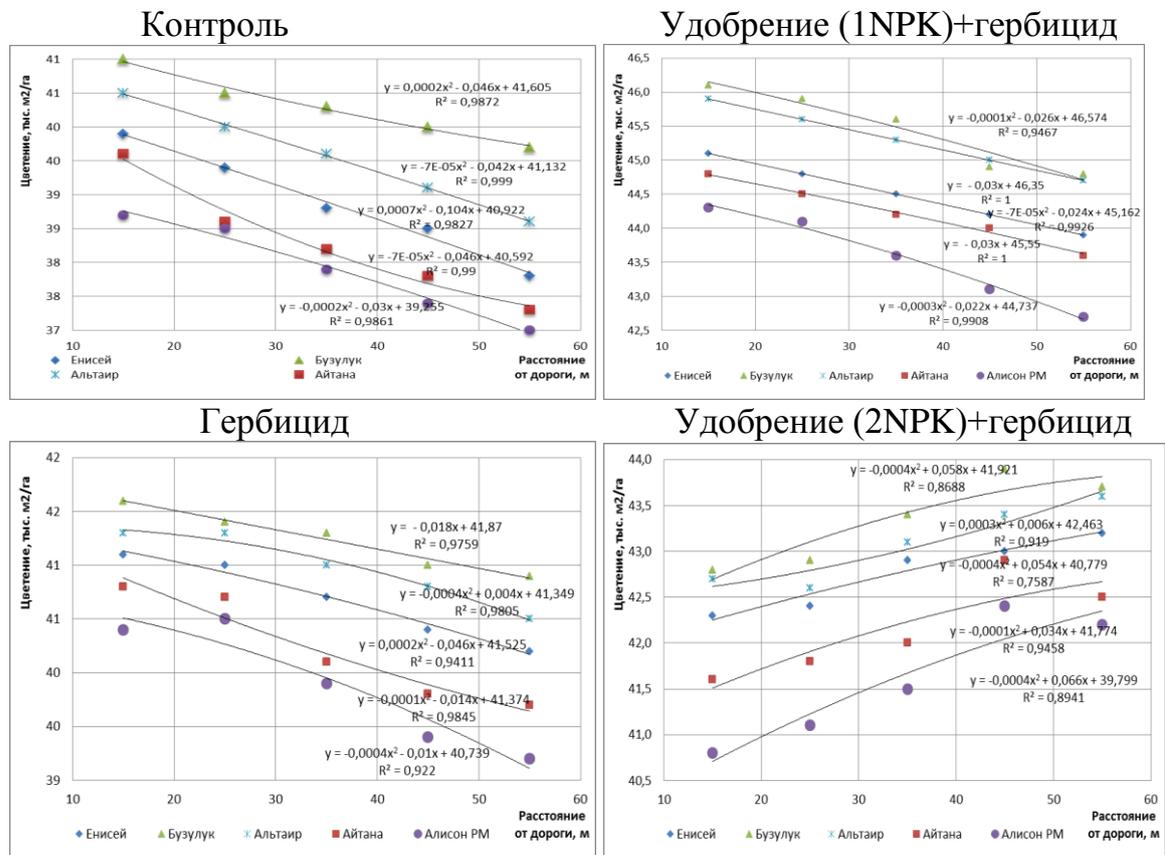


Рисунок 6 – Динамика формирования площади листьев подсолнечника (Цветение), тыс. м²/га (среднее за 2014-2017 гг.)

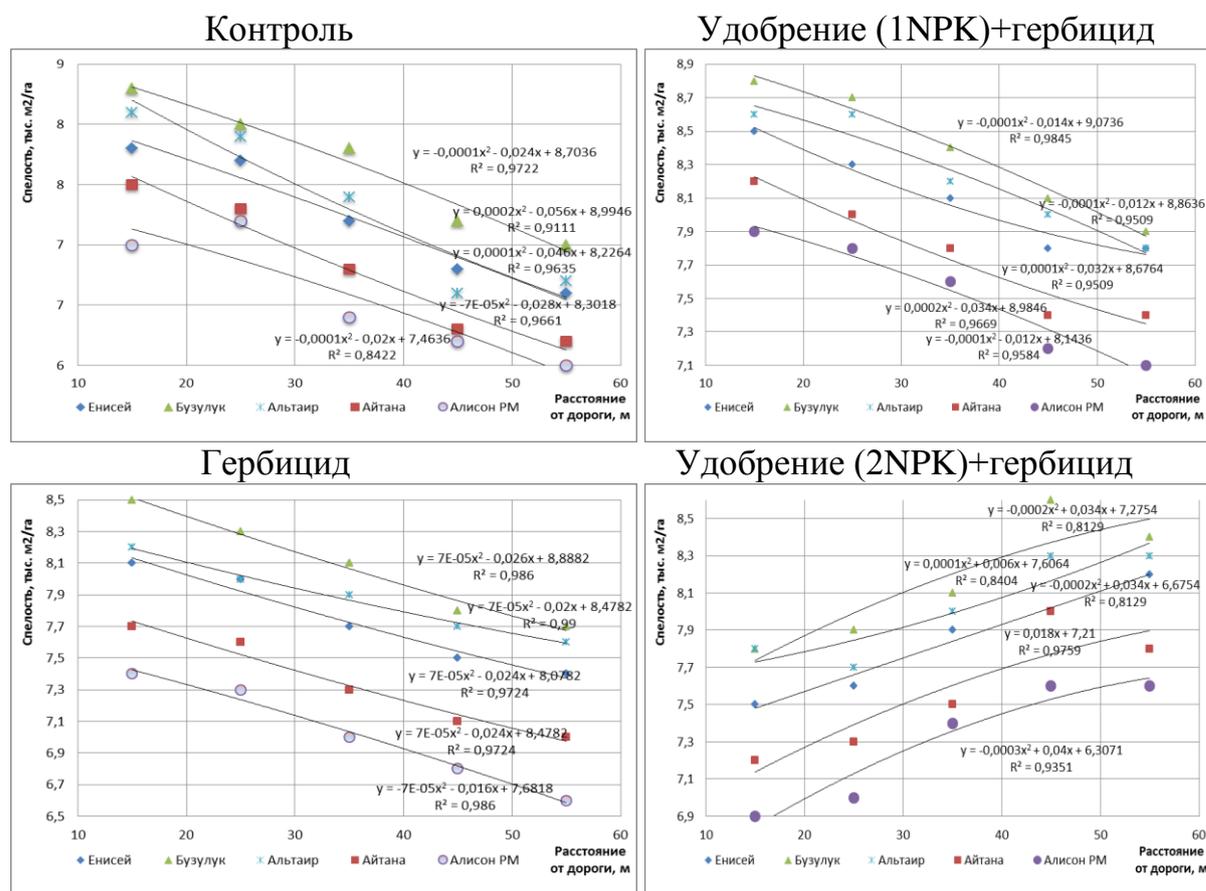


Рисунок 7 – Динамика формирования площади листьев подсолнечника (Спелость), тыс. м²/га (среднее за 2014-2017 гг.)

Внесение двойной дозы удобрений приводило к некоторому снижению величины фотосинтетического потенциала, которая соответственно составляла 629,3-646,1 тыс. м² · сутки/га; 944,9-955,2 тыс. м² · сутки/га; 1196,4-1206,4 тыс. м² · сутки/га.

На контроле и варианте с гербицидом у всех изучаемых сортов и гибридов подсолнечника величина фотосинтетического потенциала уменьшалась. Так, в начале вегетации фотосинтетический потенциал находился в пределах 547,4-552,4 тыс. м² · сутки/га, в середине вегетации – 866,7-904,4 тыс. м² · сутки/га, в конце вегетации – 1081,6-1123,7 тыс. м² · сутки/га.

Биологическая продуктивность сухой биомассы посевов подсолнечника в среднем в фазу спелости достигала 5,21-8,91 т/га. Накопление сухой биомассы было несколько выше у ранних сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир), по сравнению с более поздними гибридами (Айтана, Алисон РМ).

Результаты исследований показали, что у всех сортов подсолнечника наиболее эффективное накопление сухой биомассы отмечалось на вариантах с удобрениями в сочетании с гербицидом. Так, в фазу полной спелости продуктивность сухой биомассы достигала 7,75-8,91 т/га при внесении одинарной дозы NPK, и 7,52-8,61 т/га на варианте с двойной дозой удобрений. На контроле и при применении только гербицида этот показатель снижался соответственно до 5,21-5,84 т/га и 5,79-6,30 т/га.

Таким образом, фотосинтетическая деятельность растений зависела от уровня минерального питания, техногенной нагрузки и биологических особенностей сортов и гибридов подсолнечника.

4.3 Анализ биометрических показателей и элементов структуры урожая подсолнечника

В процессе экспериментальной работы изучалось влияние автотранспорта и средств химизации на диаметр корзинки подсолнечника, рассчитывалась ее продуктивная площадь. Согласно полученным данным, наиболее крупный диаметр корзинки был у раннеспелых сортов Енисей и Бузулук, и гибрида Альтаир. На контрольном варианте диаметр корзинки у этих сортов и гибрида находился в пределах 14,6-16,4 см, а общая площадь соответственно 167,3-211,1 см². Среднеранние гибриды (Айтана, Алисон РМ) характеризовались более низкими биометрическими показателями. Так, на контроле диаметр корзинки у них варьировал от 13,9 до 15,5 см, а общая площадь соответственно от 151,7 до 188,6 см².

При применении минеральных удобрений с гербицидом биометрические показатели корзинки увеличиваются, по сравнению с контролем, что обусловлено более высоким уровнем минерального питания растений. Наиболее благоприятные условия для выращивания подсолнечника складывались на варианте с одинарной дозой NPK в сочетании с гербицидом, где диаметр корзинки находился в пределах 17,3-18,4 см, а продуктивная площадь – 234,9-265,8 см² у ранних сортов и гибрида, а у среднеранних гибридов эти показатели составляли 16,6-17,8 см и 216,3-248,7 см². На контроле диаметр и площадь корзинки были 14,6-16,4 см и 167,3-211,1 см²; 13,9-15,4 см и 151,7-186,2 см² соответственно.

Следует отметить, что при внесении двойной дозы минеральных удобрений у изучаемых сортов и гибридов диаметр и площадь корзинки увеличиваются по мере удаления от дороги. При этом на остальных вариантах, напротив, значения биометрических показателей более высокие на участках, примыкающих к дороге (0-40 м). В первом случае, тяжелые металлы имеют повышенные концентрации в почве и относятся к токсикантам, а во втором – они являются микроэлементами и положительно влияют на растения подсолнечника.

К важнейшим элементам структуры урожая подсолнечника относятся количество и масса маслосемян в одной корзинке, а также масса 1000 маслосемян (Таблица 1).

Проведенные исследования показали, что на контроле и варианте с гербицидом показатели структуры урожая подсолнечника меньше, чем на вариантах с применением удобрений. Так, на контроле количество маслосемян в корзинке варьировало от 754 до 876 шт., их масса была в пределах 37,6-45,2 г, а масса 1000 маслосемян – 48,5-57,4 г. На варианте с применением только гербицида эти показатели соответственно составляли 782-915 шт.; 39,0-46,5 г; 49,4-58,3 г. Наиболее высокие значения количества и массы маслосемян подсолнечника отмечались на варианте с применением одинарной дозы минеральных удобрений в сочетании с гербицидом. Здесь значения элементов структуры урожая находились в пределах 865-969 шт.; 40,5-47,2 г; 50,9-59,6 г.

Следует отметить, что у раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) эти показатели были выше, чем у среднеранних гибридов (Айтана, Алисон РМ), что обусловлено более коротким периодом вегетации, в течение которого тяжелые металлы в меньшей степени накапливались в растениях.

По мере приближения к дороге, значения элементов структуры урожая подсолнечника увеличивались, что связано с лучшей обеспеченностью почвы микроэлементами (Zn, Cu), находящихся в дефиците. Только на варианте с двойной дозой NPK и герби-

цидом наблюдалась обратная тенденция, и данные показатели повышались при удалении от дороги на расстояние 40-60 м.

Таблица 1 – Элементы структуры урожая сортов и гибридов подсолнечника (среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	Контроль			Гербицид			Удобрения (1NPK) + гербицид			Удобрения (2NPK) + гербицид		
	Количество маслосемян в корзинке, шт.	Масса маслосемян с 1 корзинки, г	Масса 1000 маслосемян, г	Количество маслосемян в корзинке, шт.	Масса маслосемян с 1 корзинки, г	Масса 1000 маслосемян, г	Количество маслосемян в корзинке, шт.	Масса маслосемян с 1 корзинки, г	Масса 1000 маслосемян, г	Количество маслосемян в корзинке, шт.	Масса маслосемян с 1 корзинки, г	Масса 1000 маслосемян, г
Енисей												
50-60	799	40,1	50,6	824	41,0	51,7	903	42,8	53,3	927	43,1	53,8
40-50	802	40,2	50,6	826	41,1	51,8	915	43,0	53,4	923	42,9	53,7
30-40	816	40,8	51,9	843	41,7	52,5	922	43,5	54,0	909	42,2	52,9
20-30	824	41,4	52,5	858	42,3	53,1	938	44,2	54,6	897	41,6	52,2
0-20	831	41,6	52,6	869	42,4	53,3	941	44,3	54,7	884	41,4	52,0
Бузулук												
50-60	832	43,4	55,4	869	44,6	56,6	932	45,6	57,1	951	46,5	58,4
40-50	836	43,4	55,3	872	44,7	56,5	936	45,6	57,2	950	46,6	58,5
30-40	853	44,5	56,6	894	45,6	57,2	949	46,4	58,7	937	45,9	57,8
20-30	868	45,0	57,3	908	46,3	58,1	960	47,0	59,5	926	45,1	57,2
0-20	876	45,2	57,4	915	46,5	58,3	969	47,2	59,6	924	45,0	57,1
Альтаир												
50-60	810	40,6	51,9	848	42,3	53,1	918	43,5	55,0	938	43,7	56,3
40-50	813	40,7	52,2	852	42,4	53,2	921	43,4	55,1	936	43,3	56,2
30-40	834	41,6	53,5	874	43,2	54,3	930	44,3	55,9	921	43,4	55,8
20-30	849	42,4	54,2	889	43,7	55,5	949	45,2	56,5	908	42,6	54,4
0-20	852	42,5	54,3	894	43,8	55,8	950	45,3	56,6	902	42,5	54,2
Айтана												
50-60	772	38,6	49,7	799	40,2	50,4	882	41,7	52,0	904	42,4	53,0
40-50	774	38,7	49,6	801	40,4	50,6	886	41,8	52,2	906	42,4	52,9
30-40	795	39,5	50,5	826	40,9	51,4	897	42,6	52,9	885	41,8	51,8
20-30	812	40,1	51,4	842	41,6	52,6	919	43,4	53,3	873	40,9	51,3
0-20	816	40,3	51,5	844	41,7	52,6	922	43,5	53,3	870	40,8	51,2
Алисон РМ												
50-60	754	37,6	48,5	782	39,0	49,4	865	40,5	51,1	890	41,6	51,8
40-50	756	37,7	48,4	788	39,2	49,6	867	40,5	50,9	893	41,8	51,9
30-40	773	38,4	50,6	805	39,9	50,3	874	41,7	51,7	861	40,7	51,0
20-30	795	39,5	51,7	817	40,8	51,5	902	42,3	52,5	856	39,8	50,6
0-20	794	39,7	51,8	821	40,9	51,4	906	42,4	52,4	854	39,6	50,6

Таким образом, на биометрические показатели и элементы структуры урожая подсолнечника оказывают влияние биологические особенности сортов и гибридов, уровень

корневого питания и загрязнения почвы тяжелыми металлами под воздействием автотранспорта.

4.4 Урожайность и качество маслосемян подсолнечника

Применение средств химизации в условиях повышенной техногенной нагрузки оказало существенное влияние на формирование урожая подсолнечника и его качество. Так, на контроле урожайность маслосемян подсолнечника в среднем за 4 года находилась в пределах от 1,73 до 2,08 т/га. На варианте с внесением гербицида она увеличивалась до 1,94-2,31 т/га. При применении одинарной дозы удобрений в сочетании с гербицидом складывались наиболее благоприятные условия минерального питания растений, и урожайность маслосемян подсолнечника составляла 2,31-2,68 т/га, что на 16-19% выше, чем на контроле. Внесение повышенных доз минеральных удобрений (2NPK) на фоне гербицида было менее эффективно, и урожайность находилась в пределах 2,30-2,60 т/га.

Возделывание подсолнечника в придорожной полосе не оказало негативного влияния на его урожайность, напротив, на контроле и вариантах с применением только гербицида, а также одинарной дозы удобрений этот показатель несколько увеличивался на расстоянии 0-40 м от дороги. Исключением являлся вариант с двойной дозой NPK в комплексе с гербицидом, где урожайность снижалась на участках, примыкающих к дороге, и возрастала по мере удаления от нее.

Согласно полученным результатам, у раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) подсолнечника урожайность несколько выше, чем у среднеранних (Айтана, Алисон РМ). Это обусловлено их биологическими особенностями, а также тем, что ранние сорта имеют более короткий период вегетации и меньше накапливают тяжелых металлов.

К основным показателям, определяющим качество маслосемян подсолнечника, относятся масличность и сбор масла с единицы площади (Рисунок 8, 9).

Наиболее высокой масличностью маслосемян характеризовался сорт Бузулук, у которого на отдельных вариантах она достигала 50,6%. Наименьшая масличность маслосемян была у сорта Енисей, значения этого показателя не превышали 46%. Остальные изучаемые гибриды по масличности занимали промежуточное положение.

На масличность маслосемян подсолнечника оказывает влияние уровень минерального питания. На вариантах с применением удобрений отмечается некоторое снижение масличности (44,0-49,9%), по сравнению с контролем (45,6-50,5%). На вариантах с внесением только гербицида этот показатель был на уровне контроля.

В то же время, на вариантах с удобрениями отмечался наибольший выход масла с единицы площади, за счет более высокой урожайности подсолнечника. Наиболее продуктивным был сорт Бузулук, у которого выход масла в среднем составил 1,01-1,34 т/га. Также, высокими значениями маслопродуктивности характеризовался гибрид Альтаир (0,93-1,23 т/га). У сорта Енисей и остальных гибридов сбор масла варьировал от 0,82 до 1,13 т/га.

На контроле выход масла с единицы площади был наиболее низким (0,82-1,05 т/га). Максимальная маслопродуктивность у всех изучаемых сортов и гибридов подсолнечника была на варианте с одинарной дозой NPK (1,06-1,34 т/га).

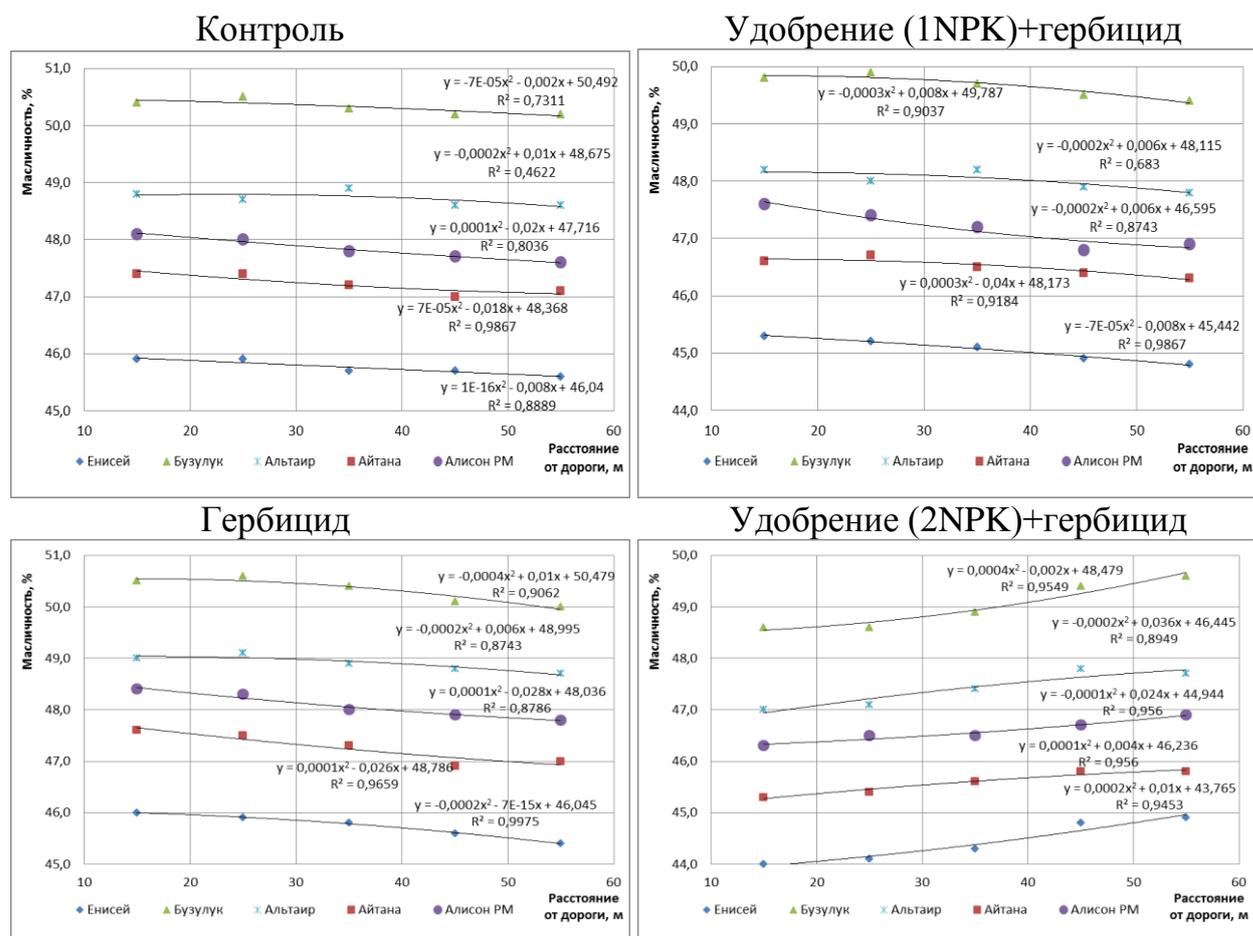


Рисунок 8 – Основные показатели качества маслосемян сортов и гибридов подсолнечника (Масличность, %) (среднее за 2014-2017 гг.)

Масличность и продуктивность маслосемян подсолнечника несколько увеличивались по мере приближения к дороге, что можно объяснить положительным влиянием подвижных форм меди и цинка, за счет повышения их концентрации в почве придорожной зоны. Только на варианте с двойной дозой NPK наблюдается обратная тенденция и на расстоянии 0-40 м от дороги качественные показатели маслосемян подсолнечника ухудшались.

Для подтверждения отмеченных закономерностей проводилось определение содержания тяжелых металлов в маслосеменах подсолнечника. Установлено, что маслосемена изучаемых сортов и гибридов содержали только следы кадмия преимущественно на участках, примыкающих к дороге. Остальные тяжелые металлы (Pb, Zn, Cu) в основной продукции подсолнечника не обнаружены.

Раннеспелые сорта (Енисей, Бузулук) и гибрид (Альтаир) подсолнечника имели преимущество, по сравнению с более поздними гибридами (Айтана, Алисон РМ), поскольку в их маслосеменах следы кадмия обнаружены только на вариантах с применением удобрений на расстоянии 0-30 м от дороги. У среднеранних гибридов (Айтана, Алисон РМ) остаточные количества Cd были в маслосеменах на всех вариантах опыта, примыкающих к дороге.

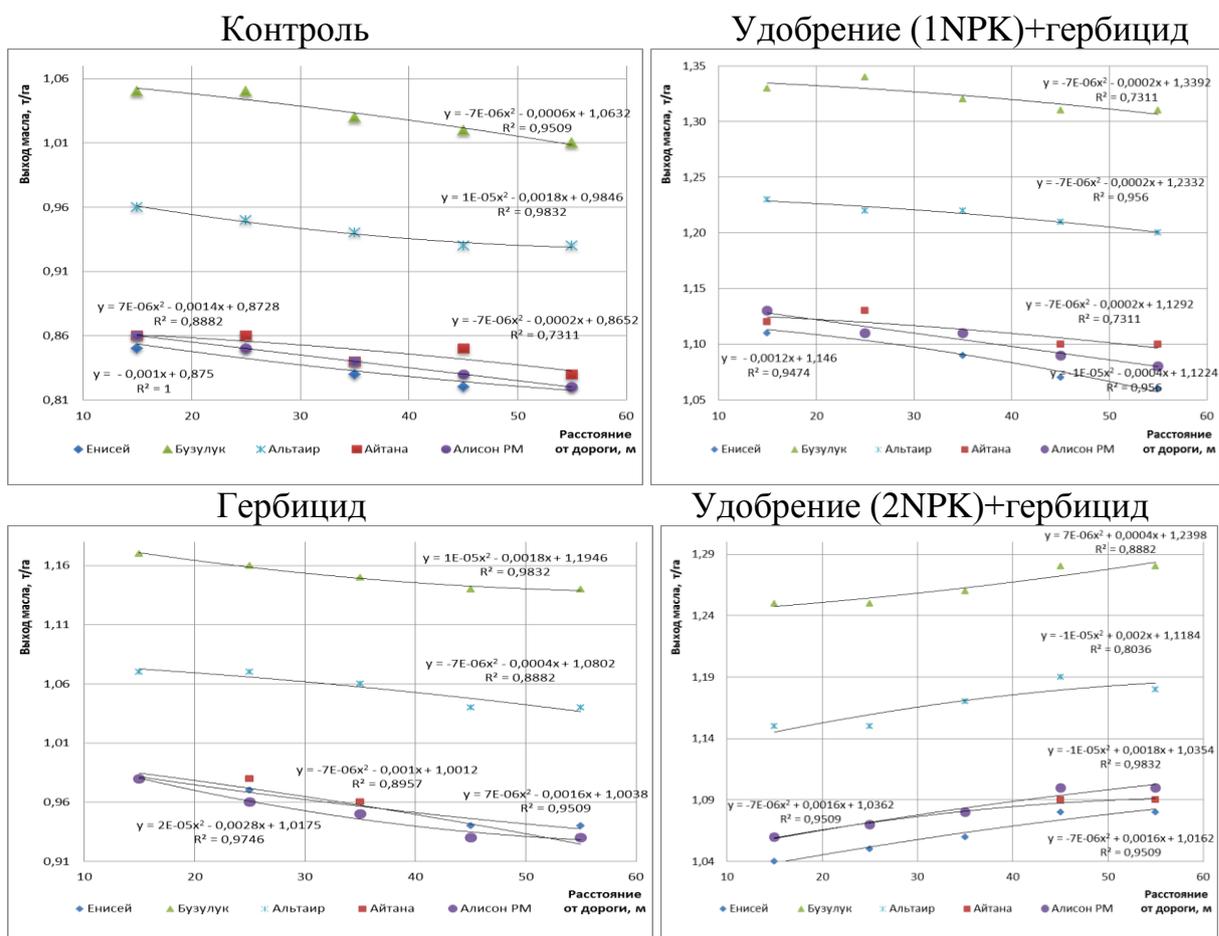


Рисунок 9 – Основные показатели качества маслосемян сортов и гибридов подсолнечника (Выход масла) (среднее за 2014-2017 гг.)

Таким образом, урожайность и качество маслосемян подсолнечника определяются уровнем техногенного загрязнения почвы, применением средств химизации и продолжительностью периода вегетации сортов и гибридов.

5 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ПОДСОЛНЕЧНИК

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства целесообразно провести расчет энергетической эффективности применения удобрений под подсолнечник.

Расчет проводили по вариантам с минеральными удобрениями в комплексе с гербицидом. В соответствии с нормативами, энергозатраты на варианте, где применялись $N_{60}P_{60}K_{60}$ и гербицид составили 9480 МДж, а на варианте с $N_{120}P_{120}K_{120}$ и гербицидом – 18750 МДж.

Согласно полученным данным, энергетический КПД в зависимости от расстояния от дороги и сортов изменялся незначительно и составил в среднем за четыре года для варианта $N_{60}P_{60}K_{60}$ + гербицид 1,44-1,59, а для варианта $N_{120}P_{120}K_{120}$ + гербицид – 0,61-0,81.

Таким образом, увеличение доз минеральных удобрений под подсолнечник до 120 кг/га д.в. как агрономически, так и энергетически нецелесообразно. Применение же $N_{60}P_{60}K_{60}$ под подсолнечник вполне энергетически оправдано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате воздействия выбросов автотранспорта, в почве придорожных полос содержание валовых форм тяжелых металлов превышает фоновые показатели, но, в тоже время, находится в пределах допустимой концентрации. На контрольных вариантах опыта наблюдается относительно низкая концентрация тяжелых металлов, которая закономерно возрастает по мере увеличения доз вносимых удобрений. Наиболее высокое содержание Pb, Cd, Zn и Cu в почве отмечается в непосредственной близости от дороги (0-40 м) на вариантах с применением двойной дозы минеральных удобрений в сочетании с гербицидом, где их количество в 1,1-1,8 раза выше, в сравнении с контролем.

2. Изучение динамики содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве придорожных полос показало, что их концентрация возрастает по мере приближения к дороге и увеличения доз минеральных удобрений. Так, в почве опытных участков на расстоянии 0-20 м от дороги содержание данных элементов на различных вариантах варьирует в следующих пределах: свинца – 4,96-6,84; кадмия – 0,124-0,192; цинка – 4,92-7,12 и меди – 2,52-3,91 мг/кг. При удалении от дороги на 50-60 м их концентрации снижаются соответственно до 3,72-5,52; 0,086-0,159; 3,46-5,58; 1,91-3,08 мг/кг.

3. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве зависит от периода вегетации подсолнечника. Наиболее высокие их концентрации наблюдаются в фазу всходов после применения гербицида. После уборки подсолнечника количество подвижных форм тяжелых металлов в почве снижается в 1,1-1,3 раза, что обусловлено их выносом с урожаем, и соответствует допустимым нормам. При этом наиболее существенно уменьшается содержание цинка и меди, которые активно поглощаются во время формирования биомассы подсолнечника.

4. Полевая всхожесть семян подсолнечника определяется биологическими особенностями сортов и гибридов, а также уровнем минерального питания на фоне загрязнения почв выбросами автотранспорта. Ранние сорта (Енисей, Бузулук) и гибрид (Альтаир) подсолнечника отличались более высокой полевой всхожестью семян (78,2-100%), по сравнению с гибридами (Айтана, Алисон РМ) более позднего срока созревания (67,8-90,8%). Кроме того, наилучшие показатели всхожести отмечались на варианте с одинарной дозой NPK на расстоянии 0-30 м от дороги, что связано с повышенным содержанием дефицитных микроэлементов (Cu, Zn) в почве.

5. Показатели фотосинтетической деятельности подсолнечника находились в тесной зависимости от применяемых средств химизации. При внесении минеральных удобрений с гербицидом повышалась величина фотосинтетического потенциала сортов и гибридов, а также отмечалось наиболее интенсивное формирование листовой поверхности и сухой биомассы подсолнечника. Раннеспелые сорта и гибрид подсолнечника имели некоторые преимущества по показателям площади листовой поверхности (6,6-46,1 тыс. м²/га) и продуктивности сухой биомассы (3,34-8,91 т/га), по сравнению со среднеранними гибридами (6,0-44,8 тыс. м²/га; 3,22-8,78 т/га).

6. Анализ биометрических показателей и элементов структуры урожая показал, что на варианте с применением одинарной дозы минеральных удобрений в сочетании с гербицидом складывались оптимальные условия для роста и развития растений, и отмечались наиболее высокие значения диаметра и площади корзинки (17,3-18,4 см и 234,9-265,8 см²), количества и массы маслосемян в одной корзинке (865-969 шт. и 40,5-47,2 г), а также массы 1000 маслосемян (50,9-59,6 г). При внесении 2NPK наблюдалось уменьшение данных показателей, что, на наш взгляд, связано с более высокими кон-

центрациями тяжелых металлов в почве. Наиболее низкие значения биометрических показателей были на контроле и варианте с применением только гербицида, что обусловлено недостаточным уровнем минерального питания растений.

7. Накопление тяжелых металлов в почве придорожных полос не оказало существенного отрицательного влияния на развитие ассимиляционного аппарата посевов подсолнечника, а также на биометрические показатели и элементы структуры урожая, поскольку их содержание не превышает ПДК. Напротив, у изучаемых сортов и гибридов эти показатели, в основном, увеличивались, на примыкающих к дороге участках, что обусловлено лучшей обеспеченностью почвы дефицитными микроэлементами (Zn, Cu). Исключением являлся вариант с двойной дозой минеральных удобрений, на котором наблюдается обратная закономерность, что связано с более высокими концентрациями тяжелых металлов в почве данных участков.

8. Наиболее благоприятные условия минерального питания растений складывались на варианте с применением одинарной дозы удобрений в сочетании с гербицидом, где урожайность маслосемян у сортов и гибридов подсолнечника составляла 2,31-2,68 т/га, что на 16-19% выше, чем на контроле. Внесение повышенных доз минеральных удобрений (2NPK) на фоне гербицида было менее эффективно и не приводило к значительному увеличению урожайности.

9. Применение удобрений способствовало снижению масличности маслосемян (44,0-49,9%), по сравнению с контролем (45,6-50,5%). Однако на данных вариантах отмечался наибольший выход масла с единицы площади, особенно при внесении одинарной дозы NPK с гербицидом (1,06-1,34 т/га), за счет увеличения урожайности маслосемян подсолнечника.

10. На вариантах опыта урожайность и масличность маслосемян подсолнечника несколько увеличивались по мере приближения к дороге. Исключением являлся вариант с двойной дозой минеральных удобрений в комплексе с гербицидом, где эти показатели снижались на участках, примыкающих к дороге. В первом случае, тяжелые металлы являются микроэлементами и положительно влияют на растения подсолнечника, а во втором – относятся к токсикантам, вследствие повышенных концентраций в почве.

11. Биологические особенности сортов и гибридов подсолнечника определяют продуктивность маслосемян. У раннеспелых сортов и гибрида урожайность маслосемян была выше (1,79-2,69 т/га), по сравнению со среднеранними гибридами (1,73-2,42 т/га). Кроме того, маслосемена раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) подсолнечника в меньшей степени накапливают тяжелые металлы, в частности кадмий, чем более поздние гибриды (Айтана, Алисон РМ), что обусловлено менее продолжительным периодом вегетации.

12. Увеличение доз минеральных удобрений под подсолнечник до 120 кг/га д.в. как агрономически, так и энергетически нецелесообразно. Применение $N_{60}P_{60}K_{60}$ под подсолнечник вполне энергетически оправдано.

Перспективы дальнейшей разработки темы диссертации имеют важное научно-практическое значение с целью использования придорожных полос автодорог IV категории для выращивания высокопродуктивных сортов и гибридов подсолнечника. Необходимы дальнейшие исследования для поиска эффективных агротехнических приемов, позволяющих выращивать сорта и гибриды подсолнечника в условиях повышенной техногенной нагрузки и получать экологически безопасную сельскохозяйственную продукцию.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В условиях техногенного загрязнения целесообразно использовать раннеспелые сорта (Енисей, Бузулук) и гибрид (Альтаир) подсолнечника, которые, благодаря своим биологическим особенностям, более устойчивы к загрязнению почв тяжелыми металлами и способны обеспечить высокий урожай хорошего качества.

2. Для обеспечения высокой урожайности подсолнечника и получения качественной продукции необходимо вносить одинарную дозу минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$) под основную обработку.

3. Для получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции целесообразно проводить агроэкологический мониторинг состояния придорожных агроценозов подсолнечника.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. Высоцкая Е.А. Влияние техногенных загрязнителей на полевую всхожесть подсолнечника при возделывании в придорожных агроценозах / Е.А. Высоцкая, **О.С. Барышникова** // Естественные и технические науки. – 2020. – № 6 (144). – С. 78-81.

2. Высоцкая Е.А. Динамика развития площади листовой пластинки сортов подсолнечника при загрязнении тяжелыми металлами территорий возделывания / Е.А. Высоцкая, **О.С. Барышникова** // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». – 2020. – №4 (42). – С. 22. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/4/st_413.pdf

3. Высоцкая Е.А. Анализ подвижных форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника / Е.А. Высоцкая, **О.С. Барышникова** // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». – 2021. – №3. Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/3/st_316.pdf

Публикации в других изданиях

4. Высоцкая Е.А. Загрязнение окружающей среды автотранспортом и его влияние на сельскохозяйственные культуры / Е.А. Высоцкая, **О.С. Барышникова** // Теория и практика инновационных технологий в землеустройстве и кадастрах: материалы национальной конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 11-16.

5. Высоцкая Е.А. Мониторинг почвенного компонента придорожного агроценоза и оценка его загрязнения тяжелыми металлами / Е.А. Высоцкая, **О.С. Барышникова** // Теория и практика инновационных технологий в землеустройстве и кадастрах: материалы национальной конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 17-22.

6. Высоцкая Е.А. Мониторинг придорожных агроценозов с применением современных технологий / Е.А. Высоцкая, **О.С. Барышникова** // Теория и практика инновационных технологий в землеустройстве и кадастрах: материалы национальной конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 23-27.

7. Высоцкая Е.А. Практические приемы улучшения биологического ресурса базовых компонентов придорожных агроценозов за счет снижения воздействия некоторых тяжелых металлов / Е.А. Высоцкая, **О.С. Барышникова** // Теория и практика современной аграрной науки: сборник III национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием. – Новосибирск, 2020. – С. 406-410.

8. Высоцкая Е.А. Влияние тяжелых металлов на показатели фитотоксичности почвы агроценозов / Е.А. Высоцкая, **О.С. Барышникова** // Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева. – Курган, 2020. – С. 189-192.
9. **Барышникова О.С.** Государственный мониторинг земельных ресурсов при загрязнении почвы / **О.С. Барышникова**, Е.А. Казьмина // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2020. – № 1 (10). – С. 63-66.
10. Высоцкая Е.А. Оптимизация аграрного землепользования при анализе загрязнения агроценозов Воронежской области тяжелыми металлами / Е.А. Высоцкая, **О.С. Барышникова** // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2020. – С. 269-270.
11. **Барышникова О.С.** Анализ содержания тяжелых металлов в системе почва-растение / **О.С. Барышникова**, Е.А. Казьмина, К.Д. Голикова // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2020. – № 2 (11). – С. 22-26.
12. **Барышникова О. С.** Экологический мониторинг состояния почвенных ресурсов Воронежской области / **О. С. Барышникова**, А. Д. Бухарина, Е. А. Высоцкая // Агро-экологический Вестник : Материалы международной научно-практической конференции «Экологические проблемы сельскохозяйственного производства», Воронеж, 22 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2020. – С. 69-74.