

Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения
Российской академии наук

На правах рукописи



Дахно Тимофей Григорьевич

**ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ *FRAGARIA ANANASSA* DUCH. И СПОСОБЫ
ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ АДАПТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ КАМЧАТКИ**

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры
(биологические науки)

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
профессор, доктор сельскохозяйственных наук
Сорокопудов Владимир Николаевич,

Петропавловск–Камчатский, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ <i>FRAGARIA</i> <i>ANANASSA</i> DUCH. (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР).....	10
1.1 История, систематика, география и распространение <i>Fragaria ananassa</i> Duch.....	10
1.2 Адаптация растений к неблагоприятным факторам среды.....	14
1.3 Биологические особенности продуктивности земляники крупноплодной.....	20
1.4 Природные органические биостимуляторы и их роль в повышении устойчивости растений к действию стрессовых факторов.....	24
1.5 Перспективы возделывания земляники крупноплодной в условиях юго-восточной части Камчатки.....	30
ГЛАВА 2 ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ.....	35
2.1 Агроклиматические условия юго-восточной части Камчатки.....	35
2.2 Характеристика почв в районе исследований.....	36
2.3 Метеорологические условия в период проведения исследований.....	38
ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	47
3.1 Объекты исследований.....	47
3.2 Методы проведения наблюдений и учетов.....	49
ГЛАВА 4 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ <i>FRAGARIA</i> <i>ANANASSA</i> DUCH. В УСЛОВИЯХ КАМЧАТКИ	59
4.1 Эколого-биологические особенности <i>Fragaria ananassa</i> Duch.....	59
4.2 Оценка устойчивости сортов земляники крупноплодной к абиотическим факторам среды.....	69
4.3 Оценка устойчивости сортов земляники крупноплодной к биотическим факторам среды.....	84
ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ <i>FRAGARIA ANANASSA</i> DUCH. И КАЧЕСТВА ПЛОДОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КАМЧАТКИ.....	90
5.1 Особенности развития морфоструктурных компонентов куста у культиваров <i>Fragaria ananassa</i> Duch. и их влияние на продуктивность растений.....	90
5.2 Оценка экологической пластичности и адаптивности	

	культиваров земляники крупноплодной по продуктивности и качеству плодов.....	102
ГЛАВА 6	ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ <i>FRAGARIA ANANASSA</i> DUCH. ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БИОСТИМУЛЯТОРОВ ИЗ МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ.....	111
6.1	Влияние органических удобрений на развитие репродуктивных органов <i>Fragaria ananassa</i> Duch.....	111
6.2	Воздействие экстрактов камчатских бурых водорослей на рост и развитие земляники крупноплодной	118
6.3	Экономическая эффективность возделывания сортов земляники крупноплодной в условиях юго-востока Камчатки.....	127
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	129
	ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	132
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	133
	Приложение А.....	166

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Изучение воздействия внешних факторов среды приобретает в настоящее время особую значимость в связи с глобальными климатическими изменениями, а также необходимостью повышения продуктивности и устойчивости агроэкосистем в регионах с рискованным земледелием.

Fragaria ananassa Duch. (земляника крупноплодная) благодаря экологической пластичности, высокой продуктивности и ценным пищевым качествам является одной из наиболее распространенных ягодных культур в мире. На ее долю приходится около 70% общемирового производства ягод (Mezzetti et al., 2018; Акимов и др., 2020; Nishizawa, 2021; Брюхина и др., 2024; Макарова и др., 2025). Биологически активные вещества, содержащиеся в ее плодах, способствуют не только профилактике разных заболеваний, но и дают определенный психоэмоциональный стимул жителям гипокомфортных для проживания северных территорий при получении ее урожая. Устойчивость выделенных в ходе селекции сортов к неблагоприятным воздействиям обусловлена широким спектром приспособительных реакций к абиотическим и биотическим факторам (Жученко, 2004; Марченко, 2021; Заика и др., 2024; Dhanyasree et al., 2025).

Климат Камчатки, характеризующийся дефицитом тепла и коротким вегетационным периодом, создаёт экстремальные условия для роста растений. Между тем вопрос о том насколько эффективно реализуется адаптивный потенциал *F. ananassa* в природно-климатических условиях Камчатского края до сих пор никем не изучался. Актуальность работы усиливается необходимостью решения агроэкологических проблем, связанных с низким плодородием вулканических почв и поиском стимуляторов роста растений,

получение которых было бы возможно на основе использования местных биоресурсов. Все вышесказанное определяет цель и задачи исследований.

Степень разработанности темы. Проблема адаптации *F. ananassa* к стрессовым факторам изучена достаточно широко. Общие механизмы адаптации растений рассмотрены в трудах Г. Селье (1979), И.А. Тарчевского (2000), А.А. Жученко (2004). Биологические основы формирования продуктивности земляники исследованы в работах П.Г. Шитта (1952), А.Д. Бурмистрова (1972, 1985), А.А. Зубова (2004), Г.Ф. и Д.Н. Говоровых (2003, 2015, 2016). Установлена причинно-следственная связь между воздействием абиотических стрессоров и уровнем продуктивности культуры. Данный аспект изучен в контексте влияния низких температур (Ступина, 2019; Кулакова, Раченко, 2018), дефицита влаги (Генкель, 1982; Кушниренко, 1991; Гончарова, 1995, 2011), режимов теплообеспеченности (Тараканов, 2007; Стольникова, 2009), биотических факторов, в частности грибных патогенов (Айтжанова, 1995, 1996; Витковский, 1992; Холод, 2013; Hebert et al., 2000). В современный период перспективным признано применение экстрактов морских водорослей, опыт использования которых обобщен в работах J.S. Craigie (2011), W.A. Stirk и J. van Staden (1997), W. Khan et al. (2009). Положительное влияние подобных препаратов на продукционный процесс и устойчивость земляники продемонстрировано в исследованиях Al-Shatri et al. (2020), Rana et al. (2022), Mattner et al. (2023).

Цель исследования. Определить влияние природно-климатических факторов юго-восточной Камчатки на развитие, продуктивность и адаптивность культиваров *Fragaria ananassa* и отобрать ценные генотипы для возделывания.

Задачи исследования:

1. Выявить требования сортов *F. ananassa*, к режиму температур, обеспечивающих успешное прохождение основных фенологических фаз (цветение и созревание ягод).

2. Оценить устойчивость культиваров к абиотическим факторам среды: низким отрицательным температурам в зимний период, высоким положительным температурам во время цветения и недостатку влаги в почве.

3. Определить воздействие биотических факторов на развитие культиваров и их устойчивость к грибным инвазиям.

4. Оценить развитие основных морфоструктурных компонентов сортообразцов земляники, определяющих потенциальный и фактический урожай в условиях Камчатки.

5. На основе изучения морфометрических и биохимических характеристик плодов, а также параметров экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) выделить культивары с высокой адаптивностью и пластичностью.

6. Определить эффективность использования биостимуляторов из морских гидробионтов: препаратов марки Био-Маре и водных экстрактов камчатских бурых водорослей при культивировании *F. ananassa* в открытом грунте.

Научная новизна. Впервые на основании многолетних исследований определены суммы эффективных температур, необходимых для успешного протекания основных фаз развития *F. ananassa* (цветение и созревание ягод) в климатических и эдафических условиях юго-восточной Камчатки. Показано, что сортообразцы могут отличаться более, чем на 100 °С, при этом разброс температурного диапазона для прохождения фазы цветения составляет от 89,0 до 435,2 °С, созревания ягод – от 430,5 до 845,7 °С. Проведенные исследования позволили из 24 культиваров выделить перспективные для юго-востока Камчатки: один высокостойкий (Японка) и 15 со средней степенью засухоустойчивости. Установлен уровень реализации потенциальной продуктивности для каждого культивара, варьирующий от 25% до 56%. Выделены продуктивные сорта интенсивного (7) и экстенсивного (3) типа. Идентифицированы наиболее ценные по биохимическому составу

плодов сорта, характеризующиеся повышенным содержанием аскорбиновой кислоты и сахаров. Показана высокая эффективность воздействия природных органических биостимуляторов, полученных из местных морских гидробионтов: препаратов марки «Био-Маре» (Био-Альго, Био-Микс, Био-Фиш) и водных экстрактов бурых водорослей (*Hedophyllum bongardianum*, *Alaria esculenta*).

Практическая значимость работы. Проведенные исследования дают основания рекомендовать для возделывания на юго-востоке Камчатки 7 (29,2%) из 24 изученных культиваров и разработать методы повышения адаптивности к грибным инвазиям и неблагоприятному воздействию погодных и других эдафических факторов. Выделены сорта Фруктовая и Японка, наиболее пригодные для выращивания в северных регионах с суровыми условиями произрастания. Показана высокая эффективность биостимуляторов на основе морских гидробионтов: препаратов марки «Био-Маре» (Био-Альго, Био-Микс, Био-Фиш) и водных экстрактов бурых водорослей (*Hedophyllum bongardianum*, *Alaria esculenta*), применение которых способствует повышению продуктивности ягод на 28,9-34,1% и увеличению количества розеток на 55,2-66,2%. С учетом их низкой себестоимости они могут частично или полностью заменить ввозимые в регион минеральные удобрения и стать эффективными и недорогими биостимуляторами и адаптогенами.

Методология и методы исследования. В основе методологии проведенных исследований лежит системный подход. Система при этом рассматривается как множество взаимосвязанных элементов, образующих определенную целостность. В работе были использованы стандартные методы эколого-биологических, биометрических и биохимических исследований, применяемых при изучении ягодных культур, методы наблюдений за воздействием на них неблагоприятных абиотических и биотических факторов.

Основные результаты получены на основе полевых и лабораторных наблюдений и экспериментов.

Положения, выносимые на защиту:

– Отобранные интродуцированные сорта *F. ananassa* перспективны для возделывания в условиях юго-восточной Камчатки и других ее районов.

– Абиотические факторы (дефицит эффективных температур, низкие зимние температуры, недостаток или избыток влаги) и биотические факторы – поражение серой гнилью (*Botrytis cinerea* Pers.) и белой пятнистостью (*Ramularia tulasnei* Sacc.), лимитируют продуктивность сортов земляники крупноплодной в условиях Камчатки.

– Водные экстракты ламинариевых водорослей – эффективные адаптогены *F. ananassa* к патогенным организмам и неблагоприятным экологическим факторам в зоне рискованного земледелия юго-восточной Камчатки.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность полученных данных подтверждена многолетними экспериментальными исследованиями, проведенными лично автором, большим объемом количественных исследований, обработанных методами математической статистики. Представленные в работе данные автор диссертации в разные годы докладывал на всероссийских и международных конференциях г. Петропавловск-Камчатский: «Актуальные вопросы социально-экономического реформирования государства и общества» (2013); «Современные тенденции развития экономики, управления и права в XXI в.» (2014); «Состояние и приоритеты научного обеспечения агропромышленного комплекса Камчатского края» (2015); «Гражданское общество и государственные институты России в условиях западных санкций: продовольственная безопасность, проблемы экономики, права и образования» (2016); «Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами» (2021), а также г. Южноуральск – «Роль сортов и

технологий в интенсификации садоводства и картофелеводства» (2016), г. Ростов-на-Дону – «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса» (2021), г. Белгород – «Innovations in life sciences» (2025) и г. Ялта – «Инновационные методы исследований в области генетики, биотехнологии, селекции, семеноводства, лесоагромелиорации и защиты растений» (2025).

Личный вклад автора. Диссертация является результатом исследований, выполненных автором лично, который обосновал тему, определил цели и задачи исследований, выполнил экспериментальные исследования, провел статистическую обработку полученных данных, их анализ, сделал обоснованные выводы и дал практические рекомендации.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 27 работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ по специальности 4.1.4. «Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (биологические науки)», 12 – в иных журналах из Перечня ВАК РФ, 1 – в рецензируемом научном журнале, 11 – в материалах международных, всероссийских и межрегиональных конференций.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 167 страницах, состоит из введения, 6 глав, выводов и списка литературы, включает 28 рисунков, 24 таблицы, 1 приложение. Список литературы содержит 295 источников, из них 84 иностранных.

ГЛАВА 1 ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ *FRAGARIA ANANASSA* DUCH. (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

1.1 История, систематика, география и распространение *Fragaria ananassa* Duch.

Судя по данным А.С. Лозина – Лозинской (1926) род *Fragaria* впервые был описан Трагусом (Tragus, 1553). Для его названия он использовал латинское слово *fragaris*, что означает благоухающий (Говорова, Говоров, 2015). После использования этого названия в работе Камерариуса (Camerarius, 1586) оно стало общепринятым. Основоположник бинарной номенклатуры К. Линней использовал именно его при описании земляники. Он отнес род *Fragaria* L. к семейству *Rosacea* B. Juss., подсемейству *Rosoideae*. В его состав он включил окультуренный вид *F. ananassa* Duch. (*F. grandiflora* Ehrh.) и несколько дикорастущих видов (Шарина, Бологовская, 1931; Варгина и др., 1983; Зубов, 1990б; Мажоров, 1990; Витковский, 1992; Батурин, 2016а, 2016б).

Некоторые из них – *F. virginiana* и *F. chiloensis* были описаны самим К. Линнеем. В долиннеевской литературе обстоятельный обзор европейских видов земляники сделан Баухином (Bauhin) в 1671 г. (цит. по Nummer et al., 2011). В дальнейшем внутривидовую систематику земляники дополнили ботаник Дюшен (Duchesne, 1766), Эрхарт (1792), Де Кондоль (1855). В XX и XXI вв. сведения о систематике рода *Fragaria* были представлены в работах российских ученых (Фадеева, 1975; Киртбая, Щеглов, 2003; Говоров, Говорова, 2015). Таксономический анализ американских видов земляники был проведен Г. Штаудтом (Staudt, 1988, 2008).

Род *Fragaria*, по мнению известного российского ботаника П.М. Жуковского (1964), возник в третичном периоде на северной границе лесной

формации Северного полушария и ныне имеет циркумполярное распространение. Считается, что центром его происхождения является восточная Азия. В настоящее время его принято делить на четыре фитогеографические группы: европейские земляники (4 вида, распространенных в Европе, Западной Сибири, Туркмении и на Кавказе), азиатские земляники (17 видов, встречающихся в Восточной Сибири, Азии, Японии), восточно- и западноамериканские земляники (26 видов, распространенных в Канаде, США и Южной Америке) (Говорова, Говоров, 2015). Дикорастущие виды земляники широко распространены в Евразии и Америке. Их ареалы охватывают чрезвычайно разнообразные, иногда резко контрастные по климату районы Земного шара. В Америке некоторые виды проникли даже в зону тундры (Аляска, Канада), в Азии – в тропики и горные области, расположенные на Гималаях, в Индии, Японии, на острова – Сахалин и Курилы (Жуковский, 1964; Сухарева, 1987).

По оценкам разных авторов число представителей этого рода колеблется от дюжины (Staudt, 1988, 2008; Darrow, 1966) до нескольких десятков (Лозина-Лозинская, 1926; Жуковский, 1964; Bauer, 1960; Folta, Davis, 2006.). Расхождение представлений о внутривидовой систематике у разных авторов объясняется большим размахом морфологической изменчивости, обусловленной широтой родового и видовых ареалов, разнообразием экологических условий и хорошо выраженной способностью адаптироваться к разным климатическим и эдафическим факторам.

Наиболее ранний обзор видового состава рода был дан А.С. Лозина-Лозинской (1926). Она обосновала самостоятельность рода *Fragaria* L. и выделила в нем 45 видов. Разработанная ею внутриродовая систематика, базируется на данных детального изучения филогенетических связей, фитогеографии и экологических особенностей представителей рода. Позднее видовой состав рода был дополнен еще двумя представителями – *F. yezoensis* и *F. mandshurica* (Staudt, 2003). Критический анализ взглядов на видовой

состав рода *Fragaria*, предложенный А.С. Лозина-Лозинской (1926), Г. Штаудтом (Staudt, 1988, 2008), Г. Дарроу (Darrow, 1966) позволил А.А. Зубову (1990а, 1990б) пересмотреть объем этого рода и включить в него 35 видов и подвидов, среди которых в Европе обитает 4 вида, 1 подвид: *F. vesca* L. (ssp. *vesca*), *F. viridis* Duch., *F. moschata* Duch., *F. ananassa* Duch.; в Америке – 4 вида, 11 подвидов: *F. vesca* L. (ssp. *americana*, ssp. *bracteata*, ssp. *californica*), *F. virginiana* Duch. (ssp. *virginiana*, ssp. *glauca*, ssp. *platypetala*, ssp. *grayana*), *F. chiloensis* Duch. (ssp. *chiloensis*, ssp. *lusida*, ssp. *pasifica*, ssp. *sandwicensis*), *F. ovalis* Rydb.; в Азии – 16 видов: *F. nipponica* Mak., *F. nubicola* Lind., *F. haytal* Mak., *F. iinumae* Mak., *F. chinensis* Los., *F. uniflora* Los., *F. daltoniana* Gay., *F. pentaphylla* Los., *F. gracilis* Los., *F. bucharica* Los., *F. rubiginosa* Lac., *F. nielgerrensis* Sohl., *F. yezoensis* Hara., *F. moupinensis* Card., *F. orintalis* Los., *F. corymbosa* Los. В России, по мнению современных исследователей, произрастает 7 видов земляники: *F. vesca* L., *F. collina* Ehrh., *F. orientalis* Los., *F. bucharica* Los., *F. campestris* Stev., *F. iinumae* Mak., *F. yezoensis* Hara (Зубов, Попова, 1995; Говорова, Говоров, 2015).

В ходе кариоцитологических исследований среди природных форм *Fragaria* исследователями рода были выделены следующие генетические группы видов: диплоидная ($n=7$), тетраплоидная ($n=14$), гексаплоидная ($n=21$) и октоплоидная ($n=28$) (Ichijima, 1926; Bringham, 1966; Senanayake, 1966; Hancock et al., 2008; Staudt, 2003, 2005, 2008; Hancock, 2020). Т.С. Фадеева (1975) считает, что возникновение октоплоидных видов земляники обязано автополиплоидии и аллополиплоидии. Основываясь на результатах геномного анализа она предположила, что диплоидные виды включают три типа геномов – А, В, С и что предковая форма диплоидной земляники имела геном А. Наличие у нее полиплоидных рядов подтверждает тот факт, что род *Fragaria* активно эволюционировал в течение голоцена и в природе до сих пор продолжается процесс естественной гибридизации между дикими видами (Жуковский, 1964; Rousseau-Gueutin et al., 2009; Song et al., 2023). Предполагается, что в ответ на

изменение окружающей среды полиплоиды могут проявлять более высокую пластичность признаков, чем диплоиды (Wei et al., 2019).

Отметим, что полиплоидия дает растениям селективные преимущества, особенно в условиях стрессов и нестабильности окружающей среды (Denoyes et al., 2016; Wei et al., 2019; Tossi et al., 2022). Зарубежные ученые считают, что межвидовая гомоплоидная гибридизация и гибридные события, индуцирующие полиплоидию, являются основными событиями ведущими к преобразованию генома растений и видообразованию (Yakimowski, Rieseberg, 2014; Soltis et al., 2014; Van de Peer et al., 2017).

Fragaria ananassa Duch. известная под тривиальным названием земляника ананасная или крупноплодная *F. grandiflora* Ehrh. относится к типу покрытосеменных *Angiospermae*, классу двудомных *Dicotyledonae*, семейству розовые *Rosaceae*, роду *Fragaria* L. Среди множества ягодных культур она является уникальным видом, поскольку возникла в результате обоих – автополиплоидного и аллополиплоидного процессов (Rousseau-Gueutin et al., 2009). Известный американский ученый Г.М. Дарроу считает, что хромосомы октоплоидной садовой земляники ($2n=8x=56$) эволюционировали в течение последних трех столетий в результате сочетания древней полиплоидии и повторной гомоплоидной гибридизации (Darrow, 1966), что современная линия *F. ananassa* ведет свое происхождение от потерянных сортов, выведенных в 18 веке в Западной Европе. До этого они были межвидовыми гибридами дикорастущих октоплоидов *F. chiloensis* subsp. *chiloensis* (Южная Америка) и *F. virginiana* subsp. *virginiana* (Северная Америка), вывезенных из Нового Света.

Современные сорта *F. ananassa* появились в результате их двухсот пятидесятилетней глобальной миграции и выделения отдельных генетических линий из гетерозиготных естественных популяций (Дука, 1959; Помология ... 2014; Hardigan et al., 2018; Hardigan M.A. et al., 2021; Государственный реестр селекционных достижений ... 2023). Следует отметить, что ее происхождение

путем межвидового скрещивания с последующей гибридизацией в ходе окультуривания является необычным, поскольку у абсолютного большинства видов такое вызывает бесплодие полученных таким образом гибридов (Bringhurst, 1990; Hughes et al., 2007; Miller and Gross, 2011; Meyer, Purugganan, 2013; Allaby et al., 2019).

Сохранение стабильности генома у октоплоидных видов и подвидов *Fragaria*, способствовало уникальной эволюции *F. ananassa*, в ходе которой имели место повторные циклы гомоплоидной гибридизации без образования репродуктивных барьеров или потери фертильности. Именно это способствовало широкому распространению вида в различных эколого-географических условиях произрастания.

1.2 Адаптация растений к неблагоприятным факторам среды

На развитие растений огромное влияние оказывают многочисленные факторы окружающей среды. В связи с этим в ходе исторического развития видов у них выработались специфические механизмы, позволяющие адаптироваться и выживать в условиях негативного воздействия окружающей среды (Батыгин, 1986; Жученко, 1988, 2004; Neil, Bostock, 2002; Опекунова, 2021). Считается, что способность живых организмов приспосабливаться к условиям среды является одним из важнейших механизмов, повышающих устойчивость биологических систем в изменяющихся условиях существования, что она приводит к фенотипическим изменениям анатомо-морфологического строения и физиологических функций организма и что они целесообразны для него и способствуют более полному проявлению адаптивных возможностей к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Адаптация – двусмысленное понятие. С одной стороны, она отражает устойчивость организма к неблагоприятному воздействию, а с другой –

процесс его приспособления к постоянно изменяющимся условиям среды, которое у живых организмов достигается за счет определенных физиолого-биохимических механизмов (физиологическая адаптация), а у популяции – за счет механизма генетической изменчивости и наследования вновь приобретенных признаков (генетическая адаптация) (Жученко, 1980, 1990; Чернер, Каримов, 1992). Ее следует рассматривать как сложный комплекс динамических процессов, развивающихся в определенных временных границах и имеющих определенную последовательность. Возрастающее напряжение любого неблагоприятного фактора приводит к сбою обмена веществ и летальному исходу. Специальные исследования показали, что начальный этап процесса адаптации выражается в сдвиге химических реакций в сторону диссимиляции. На определенном этапе она еще может стать обратимой, тогда синтетические процессы вновь начнут преобладать над катаболическими (Удовенко, 1975, 1979; Петровская-Баранова, 1983; Гончарова, 1995), но пролонгированное действие неблагоприятного фактора или его усиление неизбежно приводит к летальному исходу.

Растение, адаптированное к окружающей среде, сохраняет способность к росту и воспроизводству в результате мобилизации внутренних возможностей, не выходя при этом за пределы нормы реакции (Жученко, 1980, 1990; Чернер, Каримов, 1992; Чудинова, 2006; Bell, 1981). Она, в свою очередь, наследственно обусловлена амплитудой возможных изменений генотипа, определяющих его фенотипические различия в разных условиях среды (Чернер, Каримов, 1992). Под влиянием кратковременного или длительного внешнего воздействия физиологические функции и биохимические реакции растений отклоняются от их оптимума, поэтому необходимой предпосылкой их успешной адаптации является наличие генотипа с повторяющейся в потомстве широкой нормой реакции, т.е. широким изменением пластичности, как степени проявления адаптационных процессов, (Жученко, 1980).

В физиологии растений широко используется термин «стресс», он вызывается шоковым воздействием неблагоприятного или экстремального для растений фактора. При его действии развитию адаптации предшествует стрессовая реакция (Забродина, 2000). Термин «стресс» впервые предложил использовать Г. Селье (Селье, 1979). Он понимал его как совокупность всех неспецифических изменений, возникающих в организме под влиянием любых сильных воздействий (стрессоров), включающих перестройку защитных сил организма.

Г. Селье полагал, что адаптивная реакция организма на различные стрессоры развивается по единому сценарию. Ответные реакции организма на их воздействие он назвал «генерализованным адаптационным синдромом» и выделил в нем разные стадии: 1) тревога и торможение большинства процессов, 2) адаптация, в течение которой организм приспосабливается к стрессору, в случае, если, адаптивный потенциал организма недостаточен для преодоления влияния стрессора наступает стадия резистентности 3) – истощение.

Следует отметить, что ботаники (Тарчевский, 2001; Пятыгин, 2008) выделяют для растений те же стадии развития стресса. Он вызывает у них широкий спектр ответных физиолого-биохимических реакций: экспрессию генов, активизацию клеточного метаболизма, увеличивает разнообразие биофизических и химических процессов на клеточном и органно-тканевом уровнях. Длительный стресс практически всегда отрицательно влияет на рост, фенологическое развитие, продуктивность растений (Zhu, 2002; Verma et al., 2013). Вызывающие его факторы принято делить на три группы: физические, химические и биологические (Полевой, 1989). К физическим относятся аномальные уровни влажности, освещенности, аэродинамические нагрузки, температуры воздуха и почвы и т.д. Химические стрессы вызывает избыточное влияние солей, ксенобиотиков, газов и других компонентов химической природы, биологические – негативное влияние патогенных

организмов: вирусов, бактерий, микомицетов, грибов, простейших и продуктов их жизнедеятельности. В отдельных случаях неблагоприятным для растений может быть воздействие макроорганизмов, главным образом, представителей фауны беспозвоночных.

Биотический стресс, имеет разные проявления и ответные реакции. Его агенты вызывают определенные заболевания, приводящие к повреждению органов и тканей и снижению вегетативной и генеративной продуктивности, фотосинтетических процессов. Так, например, листогрызущие насекомые, уменьшают площадь листа, вирусные и грибные инфекции, снижают скорость фотосинтеза, вызывают его частичную или полную ингибицию (Suzuki et al., 2014). Благодаря так называемому иммунитету растений они могут эффективно противодействовать биотическим стрессам. Их защитные механизмы запрограммированы генетическим кодом и гены устойчивости к биотическим воздействиям исчисляются сотнями (Шамрай, 2003).

Стрессоустойчивость растения зависит от многих факторов, но следует признать, что первоочередным среди них является скорость ответных реакций организма на воздействие стрессора. Известно, что чем больший интервал времени у него занимает ответная реакция на стресс, тем разнообразнее его способность к адаптации (Веселовский, 1993; Sah et al., 2016).

В настоящее время принято различать три способа адаптации. Первый – филогенетическая адаптация, которая возникла в ходе эволюции. Она подразумевает передающиеся по наследству генетические мутации. Ко второму способу относят фенотипическую адаптацию или акклиматизацию, представляющую собой изменения, обусловленные возможностями генотипа, но не передающиеся по наследству, к третьему – краткосрочную адаптацию, обеспечивающую появление защитных реакций на конкретное воздействие неблагоприятных факторов (Ермаков, 2005; Кузнецов, Дмитриева, 2006; Foyer, Noctor, 2005; Minocha et al., 2014; Miura, 2014).

Существует и другая классификация адаптаций, в которой они

разделены на два типа: активная и пассивная. Активная вызывает инициацию синтеза новых белков, способных обеспечить защиту клетки и нормальный метаболизм в стрессовых условиях. Она приводит к формированию механизмов, способствующих расширению границ жизни растений. Пассивная адаптация проявляется в способности растений «уходить» от действия стрессов (Кузнецов, Дмитриева, 2006). Растения используют оба эти пути нередко одновременно.

Предполагается, что устойчивость высших растений к неблагоприятным условиям среды обеспечивается механизмами избежания негативных последствий и проявления толерантности. Первый предотвращает действие фактора на растение с помощью химических, физических или метаболических приспособлений, созданием защитных структур или сокращением периода онтогенеза. Второй позволяет растениям предотвращать или уменьшать воздействие неблагоприятной среды и восстанавливать повреждения на внутриклеточном, клеточном и органном уровне (Тооминг, 1977; Жолкевич и др., 1989; Чиркова, 2002; Кузнецов, Дмитриева, 2006).

Все механизмы адаптации у растений направлены на поддержание гомеостаза клетки, что в свою очередь подразумевает обеспечение энергией, предшественниками необходимых молекул и восстановителями на поддержку систем регуляции, а точнее саморегуляции при действии того или иного стрессового фактора (Курганова и др., 1997; Якушкина, 1980; Радюкина, 2015).

Одной из главных составляющих саморегуляции у растений являются генная и гормональная регуляции. Именно они являются основой адаптационных механизмов клетки, как целостной системы. В настоящее время накоплен обширный материал, позволяющий сделать вывод, что запуск ответных реакций растительных организмов в ответ на стрессовое воздействие связан с активацией генов, ответственных за общую устойчивость организма (Шевелуха, 1992). Самые разнообразные неблагоприятные факторы могут

действовать длительное время или оказывать сравнительно кратковременное, но сильное влияние. В первом случае, как правило, в большей степени проявляются специфические механизмы устойчивости, во втором – неспецифические (Тарчевский, 2000; Чудинова, 2006; Шевякова и др., 2009).

Сила стресса, степень его влияния на организм зависят и от того, в какой период жизни растений он действует (Корниевская, 2018). Наиболее чувствительны растения к экстремальным воздействиям в молодом возрасте, так как в это время у них идут интенсивные ростовые процессы. После ювенильного периода устойчивость растений к стрессовым воздействиям заметно повышается и постепенно продолжает нарастать вплоть до созревания. Однако если в этот период они подвергаются даже кратковременному действию стресса, то генеративная продуктивность (урожай плодов) резко понижается. В связи с этим данный период онтогенеза получил название критического (Гончарова, 2011). Он длится с момента образования генеративных органов до созревания плодов.

При разделении стресса на биотический и абиотический к последнему относят засуху (воднодефицитный стресс), чрезмерный полив (заболачивание), экстремальные температуры (холод, заморозки, жара), засоление почв, наличие в них токсичных элементов (Путина, Беседин, 2019). В настоящее время отмечается, что в связи с глобальным потеплением климата прогнозируется увеличение дефицита пресной воды и, в конечном счете, увеличение интенсивности абиотических стрессов.

В настоящее время во всем мире из-за абиотических стрессов происходит сокращение продуктивности сельскохозяйственных растений более чем на 50%, и это является основной причиной ее потери (Mahajan et al., 2005; Alcazar et al., 2006; Чумикина и др. 2021). В связи с этим существует настоятельная необходимость в поиске генотипов культивируемых растений, устойчивых к недостатку увлажнения и другим абиотическим стрессам (Глаз, 2018; Da Silva et al., 2024). При этом следует иметь в виду, что огромную роль

в определении фактора, оказывающего основное негативное влияние на жизнедеятельность и жизнеустойчивость растений, оказывает климат (Дмитриев, 2003; Chaudhry et al., 2022).

Глава 1.3 Биологические особенности продуктивности земляники крупноплодной

Fragaria ananassa Duch. (земляника крупноплодная) – многолетнее, травянистое растение, занимающее промежуточное положение между травянистыми и кустарниковыми формами, которое состоит из многолетнего корневища, однолетних укороченных побегов (рожков) с верхушечными пазушными почками, из листьев, цветоносов, столонов с дочерними растениями (усы с розетками) (Шитт, 1952; Бурмистров, 1985; Николенко, Жалдак, 2009; Говорова, Говоров, 2016; Ежов и др., 2017). Жизненную форму земляники можно охарактеризовать как короткокорневищное кистекорневое растение с розеточными побегами и надземными столонами (Глебова и др., 1990; Дубровная, 2007, 2009; Орлова, 2018). Согласно мнению процитированных выше авторов биологические особенности земляники крупноплодной определяют ее высокую пластичность и приспособленность к различным почвенно-климатическим условиям.

Наряду с жизненной формой к значимым биологическим свойствам земляники крупноплодной, определяющим продуктивность вида, относятся особенности ее роста и плодоношения, а также требования к условиям произрастания (Айтжанова, 2009). Важное значение для нормального роста и развития растений земляники имеет общее количество тепла (Попова, Марченко, 1998). Температурный оптимум составляет 24-25 °С днем и 16-17 °С ночью, сумма активных температур за вегетационный период – 1700-2000 °С (Тараканов, 2007; Стольникова, 2009). При этом, сумма активных

температур для ранних генотипов находится в пределах 180-235 °С, средних – 223-276 °С и поздних – 255 - 353 °С. У растений земляники отмечается два критических периода в отношении к теплу. Первый период определяется оплодотворением и развитием зародыша, второй связан с закладкой цветковых почек. В фазу цветения оптимальная дневная температура составляет 20-23 °С, а среднесуточная - 15-16 °С. При прохладной погоде цветение растягивается, а при жаркой сухой погоде сокращается. В фазу плодоношения оптимальная дневная температура составляет 23-28 °С (Козловская и др., 2009).

Несмотря на высокую пластичность, растения земляники являются малозимостойкими и теплолюбивыми (Ступина, 2019). На перезимовку земляники крупноплодной существенное воздействие оказывают световой, водный и температурный факторы, почвенный режим весенне-летнего и осенне-зимнего периодов, высота и устойчивость снежного покрова, рельеф. Вследствие специфичности каждого генотипа виды земляники по-разному реагируют на изменение вышеперечисленных факторов (Айтжанова, Андронов, 1996; Березина, Савин, 2015; Харченко, Новикова, 2025). Растения снижают продуктивность при неблагоприятных условиях перезимовки как за счет подмерзания под действием низких отрицательных температур, так и за счет выпревания (Косолапова и др., 2015; Хапова, 2016). Отсутствие формирования мощного снегового покрова в зимние месяцы и его выпадение на не промерзшую почву является критическим фактором в перезимовке растений земляники (Симонова, 1951; Мартынова, 2011). Научные данные свидетельствуют, что продуктивность определяется генотипом и лимитируется неблагоприятными условиями вегетации и перезимовки (Жученко, 1988; Айтжанова, Андронов, 1996; Винокурова, 2002; Зубкова и др., 2022).

Влагообеспеченность также является критическим фактором для земляники крупноплодной лимитирующим ее развитие (Говоров, Говорова, 2003; Бондаренко и др., 2018). Следует отметить, что водный режим также

влияет на зимостойкость. Из-за недостатка воды при обмене веществ у растений наблюдается преобладание гидролитических процессов над синтетическими, что негативно отражается на подготовке к зимнему периоду, снижает зимостойкость и переизбыток влаги, который приводит к увеличению сроков вегетации (Генкель, 1982; Кушниренко, 1991; Апажев, Шекихачев, 2021). В период вегетации наибольшую потребность во влаге растения земляники испытывают в период цветения. При ее недостатке нарушается опыление и завязывание ягод. При нехватке воды происходит повреждение тканей, питающих репродуктивные органы растения (Гончарова, Мажоров, 1976; Власенко, Трубакова, 2019). Для нормального формирования плодов необходимо достаточное их обеспечение водой. Недостаток влаги в фазу плодоношения нарушает нормальный рост, налив и продуктивность ягод. Известно, что содержание витамина С (аскорбиновой кислоты) одного из важнейших качественных признаков ягод земляники при высоких температурах и недостатке влаги бывает меньше, чем в условиях более низких температур и при оптимальном режиме влажности (Джураева, 2013; Джураева и др., 2017).

В период после плодоношения недостаток влаги приводит к уменьшению образования новых листьев, придаточных корней, рожков, плохому закладыванию цветоносов и урожая следующего года (Гончарова, 1995). В маточных насаждениях при недостатке влаги усы у земляники не могут хорошо развиваться, а розетки – укореняться, в жаркую сухую погоду появление усов тормозится, розетки не окореняются (Павлова, Джура, 2009; Линник, 2014). Однако, остро реагируя на недостаток влаги, растения земляники совершенно не переносят и переувлажнения. Избыточная влажность снижает энергию роста, сопротивляемость морозам и ухудшаются условия дифференциации почек (Глебова и др., 1990). Земляника имеет относительно высокую засухоустойчивость, но различные генотипы отличаются реакцией на дефицит влаги в почве. Критерием

засухоустойчивости генотипов является высокая продуктивность растения в условиях недостаточного водоснабжения и повышенной температуры (Мажоров, 1990; Кушниренко, 1991; Шокаева, 2017).

Отрицательное влияние эколого-климатических условий в виде резких перепадов температур в вегетационный период нарушают не только естественные биологические ритмы растений, но и ведут к снижению защитных реакций поражаемости грибными болезнями и вредителями (Веселовский и др., 1993; Холод, 2013). Наибольший вред растениям земляники приносят болезни увядания, серая гниль, белая пятнистость, мучнистая роса (Витковский, 1992; Стольникова, 2012; Говорова, Говоров, 2016; Стольникова, Колесникова, 2017). Серая гниль является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний земляники (Айтжанова, 1996; Hebert et al., 2000). Воздействие грибных болезней может значительно снижать продуктивность земляники и качество ягод (Яковенко, Щеглов, 2001; Стольникова, 2009).

Продуктивность растений земляники определяют множество морфоструктурных компонентов куста, наиболее значимые из них – число цветоносов, цветков и средняя масса ягоды, которые являются слагаемыми потенциальной продуктивности, определяющими фактическую продуктивность (Костин, 2005; Орлова, 2018).

Многочисленные исследования подтверждают, что генотипы с высокой потенциальной продуктивностью весьма чувствительны к экологическим стрессам. Им свойственна высокая требовательность к водообеспеченности и сумме температур, а также и большая амплитуда вариабельности продуктивности в неблагоприятных условиях среды. В экстремальных условиях внешней среды экологическая устойчивость сортов является важным условием для реализации их потенциальной продуктивности (Гончарова, 2011; Клакоцкая и др., 2018; Андрушкевич и др., 2019; Павлова и др., 2021).

1.4 Природные органические биостимуляторы и их роль в повышении устойчивости растений к действию стрессовых факторов

В настоящее время в качестве биостимуляторов все шире используются продукты переработки морских гидробионтов, в состав которых входят разнообразные биологически активные вещества, микро- и макроэлементы в органической форме (Dorais, Alsanius, 2015; Яхин, 2016; Rabhi et al., 2025). Они используются с целью ускорения роста растений, улучшения усвоения ими питательных веществ, а также для уменьшения последствий стрессов, вызванных состоянием почв или такими факторами, как засуха, низкая доступность питательных веществ (Dmytryk et al., 2014; Ahuja et al., 2020).

Морские водоросли, в частности ламинариевые, синтезируют большое количество различных соединений, принадлежащих практически ко всем известным химическим веществам: белкам, липидам, простым сахарам, полисахаридам и др. (Клочкова, Березовская, 1997). Многие из них не встречаются у наземных растений. Ламинариевые богаты аминокислотами, фитогормонами, осмопротекторами, минеральными питательными веществами и антимикробными соединениями (Arioli et al., 2015). С древних времен их используют в качестве продуктов питания, кормов и лекарств (Dillehay et al., 2008). Недавней традицией в области органического земледелия стало их применение в качестве органических биоудобрений и биостимуляторов.

Многие проведенные в этом направлении исследования продемонстрировали преимущества морских водорослей перед обычными минеральными удобрениями. Вдобавок к этому они известны как многообещающие кондиционеры почвы, защищающие растения от абиотического и биотического стресса и повышающие устойчивость растений к вредителям и болезням (Newton, 1951; Aitken, Senn, 1965; McNHugh, 2003; Henderson, 2004). Так, например, известно, что водоросли добавляли в почву в

качестве удобрений в Британии, еще задолго до ее завоевания римлянами, произошедшего в 43–84 гг. нашей эры. Для этого их компостировали на полях небольшими кучами и периодически ворошили для ускорения процессов разложения водорослевой массы (Craigie, 2011). В Англии также издавна существовала практика смешивать морские водоросли с песком, давая им перегнить, после чего полученную массу вносили в почву. Известно, что в Соловецком монастыре и других приморских районах водоросли использовали в качестве удобрений культурных растений (Щербак, Тишков, 2015).

За последнее десятилетие было опубликовано достаточно много работ, обобщающих мировой опыт использования водных вытяжек из морских водорослей (Khan et al., 2009; Craigie, 2011; Du Jardin, 2015). В основном их получают путем щелочного гидролиза, ферментации и экстрагирования водорастворимых соединений. По подсчетам специалистов, ежегодно в мире производится более 550 000 т водорослей для дальнейшего использования в качестве удобрений и биостимуляторов наземных растений (Nayar, Bott, 2014). Однако в России эта практика все еще не получила широкого распространения в сельскохозяйственном производстве.

Активно действующими в физиологическом отношении соединениями водорослей являются фитогармоны, такие как ауксины, цитокинины, этилен, гиббереллины, абсцизовая кислота и др. (Tay et al., 1987; Crouch et al., 1992; Stirk, Staden, 1997; Khan et al., 2009). Известно, что в бурой фукусовой водоросли *Ascophyllum nodosum* присутствуют три основных бетаина. Лабораторные опыты показали, что при их комплексном воздействии в количествах, эквивалентных таковым в экстракте, происходило значительное снижение инвазии корней растений нематодами (Wu, 1997). Автор процитированной выше работы считает, что полученный им эффект применения водорослевого экстракта был вызван содержащимися в нем бетаинами.

Проведенные за рубежом эксперименты показали способность жидких водорослевых экстрактов индуцировать развитие целых растений из каллуса, то есть недифференцированных тотипотентных клеток, что сопоставимо с воздействием регуляторов роста – специфических растительных гормонов (Craigie, 2011).

Разнообразные водорослевые полисахариды, включая сульфатированные фукоиданы, альгинаты бурых и каррагинаны красных водорослей, характеризуются способностью стимулировать рост корней растений, как опосредованно, так и косвенно, в связи с воздействием на симбиотические микробные сообщества. К примеру, коммерческий экстракт из *A. nodosum* улучшает колонизацию корней сельскохозяйственной люцерны граммотрицательными азотфиксирующими симбиотическими бактериями *Sinorhizobium meliloti* (Xu et al., 2003; Khan et al., 2009).

В научной литературе имеются сообщения о том, что каррагинаны красных водорослей стимулируют эмбриогенез микроспор, усиливают рост корней и побегов, вызывают увеличение высоты растений и биомассы листьев, поскольку в растениях усиливается фотосинтез, активность глутаматдегидрогеназы, участвующей в ассимиляции азота, метаболизме и делении клеток (Castro et al., 2012). Обработанные каррагинанами растения табака, например, показали увеличение уровня транскриптов, кодирующих циклины А и D и циклинзависимые протеинкиназы А и В, за счет накопления веществ с антимикробной активностью, таких как салициловая, дигидробензойная, ванилиновая, галловая, кофейная, феруловая и хлорогеновая кислоты, скополетин, эскулетин, кемпферол и кверцетин (Vera et al., 2012). Олигокаррагинаны, кроме того, вызывали частичное подавление вирусных, грибных и бактериальных инфекций. Это, вероятно, связано с накоплением в обработанных ими растениях веществ с антимикробной активностью.

В научной литературе имеются сообщения о минералах и микроэлементах из водорослей, которые улучшают питание растений или играют критическую роль в их развитии в синергии с молекулами стеролов (Mancuso et al., 2006; Rayirath et al., 2009). Так, у винограда культурного (*Vitis vinifera*) водорослевые экстракты улучшают поглощение листьями ионов железа и устойчивость к водному стрессу (Mancuso et al., 2006). При обработке растений *Arabidopsis thaliana* экстрактом *A. nodosum* или его липофильной фракцией у нее наблюдали повышенную морозостойкость.

В России использование водорослей в сельском хозяйстве является новым направлением исследований и практически еще только зарождается (Имбс и др., 2010, Клочкова и др., 2019а, 2019б; Дахно и др., 2021б, 2021в). В наших статьях анализируется эффект воздействия водорослевых препаратов на развитие *F. ananassa* и показано, что разные концентрации водных экстрактов камчатских ламинариевых водорослей, вызывают стимуляцию или ингибирование ее роста, изменяют морфогенетическое развитие кустов, в частности, увеличивают площадь листовой поверхности, количество усов и развивающихся на них розеток, цветоносов и образующихся на них цветков. Данные проведенных исследований свидетельствуют о перспективности данного направления и являются основой для последующей разработки удобрений и биостимуляторов из камчатского водорослевого сырья.

Говоря о перспективах его вовлечения в местное сельскохозяйственное производство, следует отметить, что камчатский шельф богат морскими растительными ресурсами, как в смысле значительного объема их запасов, так и биологического разнообразия. Здесь встречается более 300 видов зеленых, бурых и красных водорослей (Клочкова и др., 2009а, 2009б). Не менее 60 из них, в основном ламинариевые, формируют основу растительного покрова и дают основную первичную продукцию. Видовой состав ламинариевых у западного и восточного побережий полуострова включает 16 видов, входящих в 11 родов. Это составляет 50% от их общего родового состава на российском

Дальнем Востоке. Сравнение видового состава камчатских ламинариевых водорослей с таковым из других дальневосточных регионов показывает, что и по числу родов, и по числу видов они разнообразнее, чем в любом из районов традиционного промысла: Южных и Малых Курильских островов, Сахалина, Приморья, материкового побережья Охотского моря и Белого морей.

Видовое и родовое разнообразие камчатских водорослей шельфа является обнадеживающей предпосылкой для их широкого вовлечения в практическое использование в региональном растениеводстве. Этому, безусловно, способствует разнообразие химического состава камчатских ламинариевых. При его общем сходстве с химическим составом ламинариевых других районов, каждый вид имеет свою неповторимую в количественном отношении композицию разных химических соединений (Алфимов, Петров, 1972; Аминина, Гурулева, 2012; Конева, Ключкова, 2014). К этому добавим, что даже у одного и того же вида в разные фенологические периоды и разные годы жизни химический состав различен. Например, содержание кальция (мг/100 г сухого вещества) у разных одновременно собранных видов камчатских ламинариевых может изменяться от 3756,59 у *Thalassiophyllum clathrus* до 976,75 у *Hedophyllum dentigera*, калия – от 9989,33 у *Alaria esculenta* до 1062,54 у *H. bongardianum*, фосфора – от 333,3 у *Thalassiophyllum clathrus* до 446,60 у *A. esculenta* (Алфимов, Петров, 1972; Климова и др., 2018).

Разные ламинариевые накапливают и разное количество витаминов. Содержание тимиона (B1) у *A. esculenta* и *Laminaria longipes* достигает 0,25 мг/100 г сухой массы, тогда как у *H. bongardiana* и *H. dentigera* оно достигает только 0,015 и 0,03 соответственно (Алфимов, Петров, 1972). Содержание рибофлавина (B2) у сравниваемых видов изменяется от 0,004 до 0,0002 мг/100 г сухой массы, а никотиновой кислоты от 75,0 до 5,0 мг/100 г сухой массы.

В научной литературе имеются данные о том, как меняется химический состав у собранных у берегов Камчатки разновозрастных растений *H.*

bongardiana и *Saccharina latissima*. Так, разница в содержании минеральных веществ у однолетних и двухлетних растений одного и того же вида, может составлять 3–4%, а содержание фукоидана в течение второго года жизни, например у *S. latissima*, может возрасти вдвое (Кальченко и др., 2008; Аминина, Гурулева, 2012; Конева, Ключкова, 2013).

Обычной широко распространенной в мире практикой является использование береговых и дрейфующих выбросов морских водорослей. Попадая на берег, они еще долго сохраняют целостность своих слоевищ и даже полежавшие на берегу пересыпанные песком водоросли могут с успехом использоваться как сырье для получения водорослевого компоста, водорослевых экстрактов. Лежкость береговых выбросов зависит от времени года, состава видов, формирующих выбросы, погодных условий. Осенние выбросы более устойчивы к разложению и детритификации, чем весенние, поскольку весной обводненность растений более высокая, а полисахариды имеют меньшую молекулярную массу и быстрее подвергаются разрушению.

Характеризуя биологию развития камчатских ламинариевых, важно отметить, что у разных видов она достаточно разная, и это оказывает влияние на процессы формирования водорослевых береговых выбросов. Их образуют растения нескольких категорий: завершившие вегетацию, отделившиеся от грунта в результате естественного прореживания зарослей, оторвавшиеся от грунта под воздействием волнения, особенно частого и сильного в весеннее и осеннее время, в период активной циклонической деятельности.

Камчатские ламинариевые имеют разные сроки вегетации и могут жить два или три года, как *S. bongardiana*, *S. latissima* и *L. longipes*, четыре и более лет, как *E. fistulosa*, *A. esculenta*, *S. dentigera* и *L. yezoensis*. Среди них имеются виды с очень длительными сроками вегетации. При завершении вегетации сила сцепления растений с грунтом ослабевает, в результате специально направленных на это физиолого-биохимических изменений, и после завершения этих процессов под воздействием даже незначительной

гидродинамической нагрузки они отрываются от грунта. У всех видов это происходит после завершения спороношения на последнем году жизни, как правило, в осеннее или позднеосеннее время. В этот период береговые выбросы включают большое количество самых зрелых представителей популяции. В весенне-летнее время в береговых выбросах встречается большое количество растений первого и второго годов жизни.

Структура выбросов, то есть перечень слагающих их видов и их количественное соотношение, зависят также от вертикального распределения водорослей и их ценотической роли. В разных районах камчатского побережья эти характеристики разные. Самыми массовыми видами камчатского фитобентоса являются *H. bongardiana* и *A. esculenta*. Они имеют разнообразный аминокислотный состав, накапливают большое количество необходимых для роста растений минеральных элементов, таких как кальций, натрий, калий, магний, бор, йод и др. (Огородников, 2007; Ключкова и др., 2009а, 2009б).

Использование водорослей может содействовать структурированию почвенного покрова, увеличению его влагоемкости, обогащению необходимыми для развития микро- и макроэлементами, а также повышению морозостойкости и продуктивных качеств растений, их устойчивости к патогенам

1.5 Перспективы возделывания земляники крупноплодной в условиях юго-восточной части Камчатки

Исследователи, еще со времен освоения Камчатки, отмечали в своих записках и отчетах необходимость интродукции ягодных культур (Садовникова, 2008; Ряховская и др., 2016). Наиболее благоприятной для выращивания малотребовательных к теплу ягодных культур считается юго-

восточная часть Камчатского полуострова, характеризующаяся коротким и прохладным летом, многоснежной и относительно теплой зимой (Кондратюк, 1974; Казьмин, 1987).

По решению Камчатского облисполкома в 1937 году было организовано первое опытное учреждение – Камчатский плодово-ягодный питомник. За период с 1938 по 1940 годы для проведения сортоизучения в природно-климатических условиях Камчатки была завезена большая коллекция плодовых и ягодных растений (Ряховская, 2015). Но, несмотря на это ягодное садоводство в области было развито крайне слабо. Одной из главных причин такого состояния ягодного садоводства являлось выращивание сортов европейского и американского происхождения, завезенных на полуостров в 30-х годах прошлого столетия, которые оказались низкоурожайными и недостаточно устойчивыми к местным почвенно-климатическим условиям (Бобрякова, 1969; Ряховская, 2015).

В начале 50-х годов на Камчатской сельскохозяйственной опытной станции, находящейся на тот момент в селе Мильково, начинают развертываться исследования по введению в культуру и подбору сортимента плодовых и ягодных культур. Среди ягодных культур землянику крупноплодную представляли два сорта – Рошинская и Луиза (Дахно, 2010).

В 1956 году, из Мильковского района, опытную станцию переводят в Елизовский район, на базу Николаевского отделения подсобного хозяйства Петропавловского рыбного порта. С этого времени начинается достаточно активная работа по интродукции сортового материала ягодных культур. В содержание работ по ягодному садоводству входила интродукция и изучение в местных почвенно-климатических условиях, различных сортов ягодных культур, в том числе и земляники, созданных научно-опытными учреждениями Дальнего Востока, Сибири, Урала, Центрального и Северо-Западного районов европейской части. Исследовательские работы включали подбор зимостойких высокоурожайных сортов, устойчивых к вредителям и

болезням, с плодами, обладающими высокими вкусовыми и товарными качествами, различных сроков созревания с тем, чтобы максимально расширить сроки потребления ягод в свежем виде (Бобрякова, 1969; Петруша, 2007).

В 1965 году в области организован совхоз «Ягодный», в котором в промышленных масштабах велось производство ягодной продукции. Рассадку перспективных сортов ягодных культур для закладки производственных посадок совхозу передавала Камчатская сельскохозяйственная опытная станция (Винокурова, 2002).

В результате изучения, преимущественно новых сортов, как отечественной, так и зарубежной селекции, к концу 80-х годов прошлого века коллекция земляники крупноплодной на экспериментальных полях опытной станции насчитывала около 50 сортов (Дахно, 2010).

В период с 1980 по 1990 годы основное производство ягодной продукции на Камчатке было сосредоточено в специализированном совхозе «Ягодный» Елизовского района. В 1980 году для закладки участков производственного испытания Камчатская сельскохозяйственная опытная станция передала совхозу «Ягодный» около 40 тыс. шт. саженцев рассады земляники. В 1981 году в совхозе «Ягодный» был заложен производственный опыт по испытанию перспективных сортов земляники: Заря, Фестивальная, Талисман. В том же году совхоз «Ягодный» вырастил и реализовал садоводам-любителям 30 тыс. шт. рассады. В последующие годы объёмы реализации составили: 52,8 тыс. шт. в 1982 году и 21,5 тыс. шт. в 1983 году. К 1989 году площадь насаждений ягодников в совхозе «Ягодный» составляла 248 га, из них плодоносящих – 152 га, в том числе под земляникой было занято около 16 га. Урожайность производственных насаждений находилась на уровне 3,3 т/га. Вклад личных подсобных хозяйств в выращивание ягодной продукции на полуострове в 1980-1990 годы был небольшим. В настоящее время садоводство Камчатского края сосредоточено в личных подсобных

хозяйствах и на участках садоводов любителей (Винокурова, 2002; Дахно и др., 2023).

В результате многолетних исследований, начиная с 1953 года, учеными-садоводами Камчатской сельскохозяйственной опытной станции, позднее Камчатского научно-исследовательского сельскохозяйственного института, было изучено более 100 сортов земляники садовой. Наиболее зимостойкими, урожайными, с высокими показателями качества плодов, устойчивости к болезням и вредителям с различными сроками созревания и рекомендованными к выращиванию в разные годы исследований были сорта: Сахалинская местная 3, Остовская, Комсомолка, Поздняя ремонтантная, Союзная, Пионерка, Красавица Загорья, Редгонтлит, Зенга-Зенгана, Фестивальная, Талисман, Пурпуровая, Заря. Урожайность сортов Торос, Коррадо, Эльвира, Богота, Боровицкая, испытанных в последние годы и рекомендованных к выращиванию в почвенно-климатических условиях Камчатки, достигала 7,5-9,6 т/га (Бобрякова, 1969; Винокурова и др., 2005; Дахно, 2010, 2018).

Несмотря на то, что юго-восточная часть Камчатского полуострова считается достаточно благоприятной для выращивания ягодных культур, в данном районе наблюдаются значительные суточные перепады температур, обильные осадки, затяжное снеготаяние, которые определяют экстремальные условия обитания растений (Кондратюк, 1974; Шкаберда, Василевская, 2014). В последнее время для повышения продуктивности и устойчивости растений к погодным стрессам все чаще используют в качестве биостимуляторов продукты переработки морских гидробионтов, в состав которых входят разнообразные биологически активные вещества, микро- и макроэлементы в органической форме (Шибеева и др., 2021). Так, например, по данным некоторых исследователей при обработке растений земляники водорослевыми экстрактами продуктивность земляники увеличивалась на 8...10%, поражение ягод серой гнилью снижалась на 52...87%. Отмечалось увеличение количества

цветков и плодов, при этом наблюдалось повышение их качества. По результатам исследований водорослевые экстракты не влияли на плотность, содержание растворимых сухих веществ и титруемую кислотность ягод земляники. Действие водорослевых препаратов не только стимулировало рост и развитие растений земляники, но и усиливало защитные функции растений, повышая их устойчивость к абиотическим и биотическим факторам среды (Al-Shatri et al., 2020; Rana et al., 2022; Mattner et al., 2023).

Подбор и возделывание высокопродуктивных с высокой экологической пластичностью и адаптивностью сортов земляники крупноплодной при использовании биостимуляторов на основе морских гидробионтов будет способствовать успешному развитию местного промышленного производства ягодной продукции, что особенно важно для населения, проживающего в районах Крайнего Севера, к числу которых отнесен Камчатский край.

Проведенный нами обзор научной литературы по теме исследования показывает, что изучение влияния абиотических и биотических факторов среды на формирование продуктивности *F. ananassa*, а также роль биостимуляторов на основе морских гидробионтов в повышении адаптивности вида при возделывании в условиях юго-восточной части Камчатки представляет несомненный интерес и подтверждает актуальность темы настоящей диссертации.

ГЛАВА 2 ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ

2.1 Агроклиматические условия юго-восточной части Камчатки

Камчатский край занимает весь полуостров Камчатка, прилегающую к нему часть материка, а также Карагинский и Командорские острова.

Средняя температура самого теплого месяца для этого региона не превышает 15 °С, самого холодного колеблется от -27,7 до -10 °С, годовое количество осадков составляет 400-850 мм (Кондратюк, 1974). Следует отметить, что на большей части полуострова осадки преобладают над испарением. Коэффициент увлажнения превышает 1,3. Мощность снегового покрова достигает 50 см, а в некоторых районах – 100 см. Показатель теплообеспеченности вегетационного периода, как сумма активных температур за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С неодинаков, он колеблется от 778 до 1295 °С. Весной переход среднесуточной температуры воздуха через 5 °С, определяющий начало вегетации растений в центральных районах Камчатки совершается во второй декаде мая, в прибрежных районах юго-восточной и юго-западной части полуострова – через 6-15 дней. Почва на глубине 10 см прогревается до 5-7 °С в третьей декаде мая – первой декаде июня. Среднесуточная температура воздуха в это время колеблется всего от 2 до 5 °С. В этих условиях вегетация травянистых растений, в том числе земляники садовой, идет медленно. Среднесуточная температура 10 °С и выше в юго-восточной части Камчатки устанавливается во второй-третьей декаде июня. С этим периодом совпадает ее активное цветение. В июле-августе температура десятисантиметрового слоя почвы составляет 15-17 °С, и к концу сентября понижается до 8-10 °С.

Критическая температура на глубине расположения корневой шейки для разных культиваров составляет $-2(-10)$ °С, у особо зимостойких достигает -14 °С. Мощный снеговой покров (50-160 см), который характерен для юго-восточного района, надежно защищает растения земляники от вымерзания. Он удерживается, как правило, 160–210 дней поскольку на поверхности почвы создаются относительно высокие температуры (от -2 до 0 °С).

В юго-восточных районах Камчатки за вегетационный период выпадает до 550 мм осадков. Их количество вполне достаточно для развития и плодоношения земляники. Избыток осадков, обычно наблюдающийся во второй половине июля и в августе осложняет созревание ее ягод. При этом, наряду с высокой влажностью (80-90%) создаются благоприятные условия для развития разных грибных заболеваний растений.

К особо отрицательным факторам камчатского климата следует отнести недостаток тепла и длительное снеготаяние весной при положительных температурах воздуха в целом. Именно это способствует выпреванию земляники.

2.2 Характеристика почв в районе исследований

На процессы почвообразования на Камчатке большое влияние наряду с климатом, растительностью и рельефом, оказывает активный вулканизм, в результате которого на поверхность почвы периодически выбрасывается вулканический песок и пепел. Их слой иногда достаточен для погребения сформировавшейся почвы (Ливеровский, 1959).

Наш эксперимент проводился на охристых вулканических почвах, почвообразующие породы в которых представлены пирокластическими осадками вулканов, по механическому составу супесчаных и песчаных. Они

состоят из трех наложенных один на другой элементарных профилей: одного современного и двух погребенных.

Отличительными особенностями охристых вулканических почв являются: 1) высокое содержание полуторных окислов; 2) низкая емкость поглощения катионов; 3) слабая насыщенность основаниями; 4) низкое содержание подвижного фосфора и среднее – калия; 5) слабокислая реакция внутренней среды; 6) высокая гумусность (6 – 10%); 7) легкий механический состав и интенсивный промывной режим. Благодаря многогумусности охристых вулканических почв и периодическому поступлению не выветренного пеплового материала валовое содержание азота, фосфора и калия в них высокое, однако содержание подвижных элементов питания, необходимых растениям, низкое, из-за малого содержания поглощенных соединений. Этим объясняется активный вынос подвижных форм азота и калия за пределы почвенного профиля и связывание подвижного фосфора полуторными окислами и переходом его в труднорастворимые формы. Все это делает низким, естественное плодородие охристых вулканических почв.

Камчатские почвы имеют чрезвычайно малый объемный вес (0,47-0,60), высокие показатели порозности (30-50%), влагоемкости и фильтрационной способности и в тоже время высокие показатели максимальной гигроскопичности (5-7%), влажности (30%) и наименьшей влагоемкости (60-70%). Своеобразные водно-физические свойства почвы обеспечивают в ней благоприятный режим влажности. На глубине более 10 см она никогда не снижается до влажности завядания, а при обильных осадках не переувлажняется. Только в период снеготаяния наблюдается кратковременное увлажнение верхних горизонтов до полной влагоемкости почвы.

Слоисто-охристые, светло-охристые и перегнойно-охристые вулканические почвы более плодородны, чем охристые почвы. Они содержат больше подвижных форм фосфора и калия и более насыщены основаниями. Эти почвы, особенно слоисто-охристые и светло-охристые, широко

распространены в юго-восточных, центральных районах Камчатского края и являются более благоприятными для произрастания многолетних травянистых растений, чем охристые почвы.

Почва экспериментального участка, по изучению адаптивности исследуемых сортов и гибридных форм земляники крупноплодной, охристая, вулканическая. Перед закладкой опыта она имела следующие агрохимические показатели: pH 5,4, гидролитическая кислотность 4,75 мг экв./100 г почвы, содержание подвижного фосфора 7,5 мг/100 г почвы, обменного калия 30 мг/100 г почвы, аммиачного азота 4,56, нитратного азота 2,64 мг/100 г почвы.

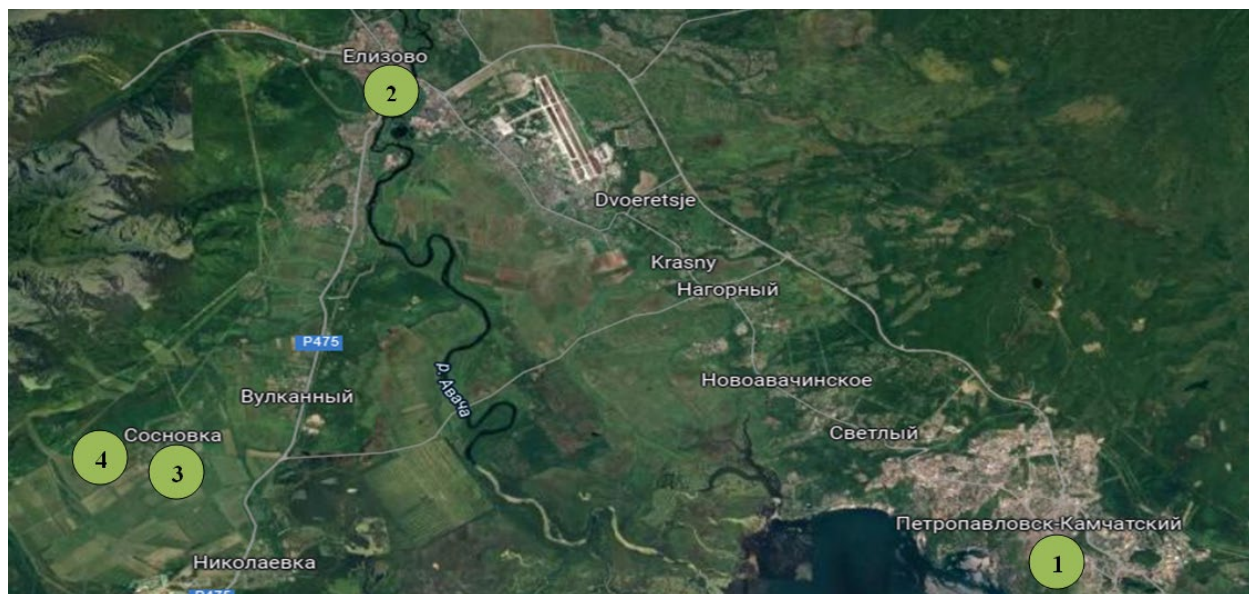
Почва участка, на котором были проведены опыты по изучению влияния органических биостимуляторов из морских гидробионтов и стимулирующего воздействия водорослевых экстрактов на сорта земляники крупноплодной, характеризовалась как охристая, вулканическая и имела следующие агрохимические показатели: pH 5,7, гидролитическая кислотность 5,08 мг экв./100 г почвы, содержание подвижного фосфора 6,2 мг/100 г почвы, обменного калия 25,70, аммиачного азота 4,31, нитратного азота 2,54 мг/100 г почвы.

2.3 Метеорологические условия в период проведения исследований

Основные метеорологические показатели для вегетационных периодов земляники за годы проведения полевых экспериментов (2011-2021 гг.) составлены по данным агрометеостанции п. Сосновка (Камчатский край, Елизовский район) (Приложение А). Ее местоположение показано на рисунке 2.1.

Зима 2011-2012 гг. была умеренно холодной. Среднемесячная температура воздуха зимних месяцев находилась на уровне -12,0-(-11,5) °С, т.е. ниже среднемноголетних значений. Самым холодным месяцем был декабрь, когда

температура воздуха понизилась до $-12,4^{\circ}\text{C}$. Самая низкая температура $-26,4^{\circ}\text{C}$ была зафиксирована в декабре и январе, у большинства культиваров земляники это вызвало слабое и среднее подмерзание растений. В тот год отмечались короткие оттепели.



1 – г. Петропавловск-Камчатский, 2 – г. Елизово, 3 – п. Сосновка,
4 – экспериментальный участок

Рисунок 2.1 – Карта - схема расположения места проведения исследований
(Камчатский край, Елизовский район, п. Сосновка).

Общий ход изменений среднемесячных температур в годы проведения полевых наблюдений и экспериментов показан на рисунке 2.2. Зима 2012-2013 гг. была достаточно благоприятна для перезимовки растений земляники. Среднесуточные температуры в январе и феврале оказались на несколько градусов выше по сравнению с предыдущей зимой и составила $-8,0^{\circ}\text{C}$ (в январе) и $-8,3^{\circ}\text{C}$ (в феврале). Минимальная температура в самые холодные месяцы опускалась до $-21,6^{\circ}\text{C}$ в декабре, $-21,0^{\circ}\text{C}$ в январе и $-22,3^{\circ}\text{C}$ в феврале. В зимний период отмечались оттепели (20 дней).

В зимний период 2013-2014 гг. отрицательная температура отмечалась в середине ноября (минимальная температура опускалась до $-15,6^{\circ}\text{C}$) до появления снежного покрова, который установился лишь в начале декабря. Его высота составила 34 см. У некоторых культиваров земляники в тот год отмечалось слабое и среднее подмерзание растений. Самая низкая температура зимы $-28,4^{\circ}\text{C}$ была зафиксирована в феврале. Число дней с оттепелями в зимний период составило 24 дня.

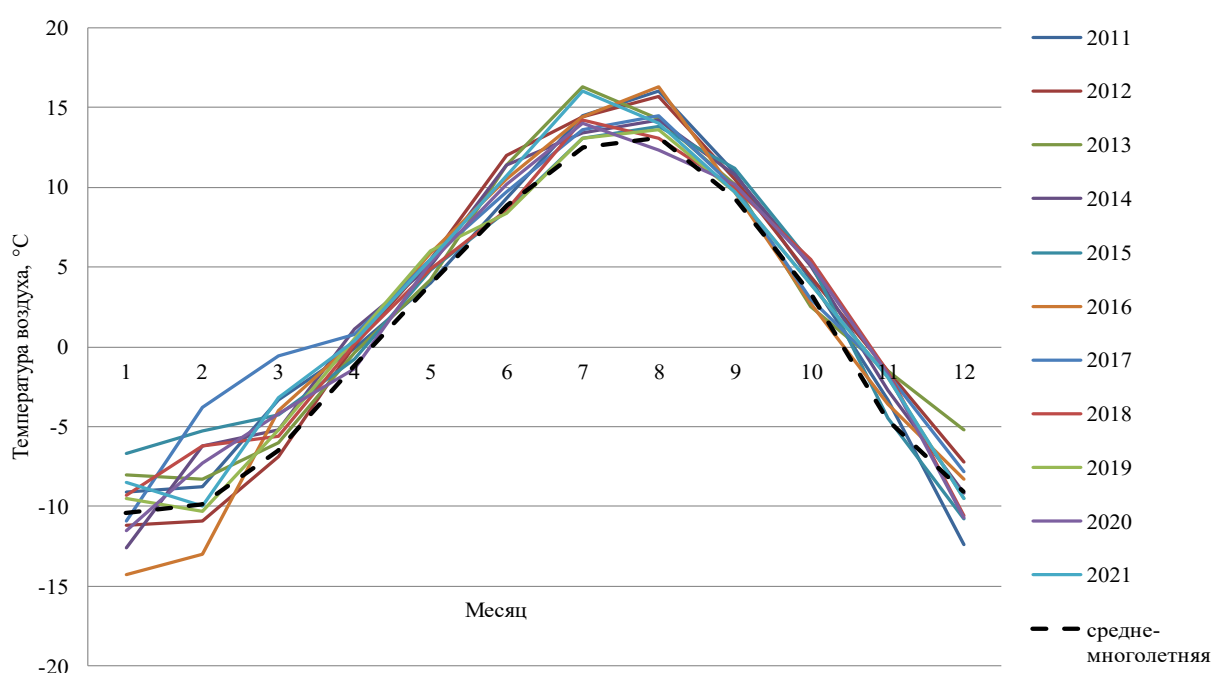


Рисунок 2.2 – Средне-многолетние и среднемесячные температуры воздуха в районе агрометеостанции п. Сосновка за период 2011-2021 гг.

В 2014-2015 гг. существенный снеговой покров сформировался в начале декабря. Температура воздуха до его установления опускалась ниже $-14,6^{\circ}\text{C}$, поэтому у большинства сортов отмечалось слабое подмерзание растений. Минимальная температура воздуха в эту зиму опускалась до $-22,4^{\circ}\text{C}$ в декабре, до $-24,0^{\circ}\text{C}$ в январе, до $-21,0^{\circ}\text{C}$ в феврале. Количество оттепелей за это время составило 29 дней.

В 2015-2016 гг. отмечены наиболее сильные повреждения растений земляники. Это связано с тем, что резкое похолодание до $-19,2^{\circ}\text{C}$, при небольшом снежном покрове (3 см), отмечалось уже в третьей декаде ноября. Существенный снеговой покров в ту зиму установился только во второй декаде декабря, когда его высота достигала 27 см. Минимальная температура воздуха до установления существенного снегового покрова опускалась до $-22,6^{\circ}\text{C}$. Позже, в самые холодные месяцы она снижалась до $-22,9^{\circ}\text{C}$ в декабре, до $-25,2^{\circ}\text{C}$ в январе, до $-26,0^{\circ}\text{C}$ в феврале. Отметим, что среднемесячная температура воздуха этих зимних месяцев была значительно ниже среднемноголетних значений.

В зимний период 2016-2017 гг. повреждения растений земляники были незначительными. Наиболее высокий за годы исследования снеговой покров высотой 63 см установился в первой декаде декабря. Минимальная температура воздуха в самые холодные месяцы опускалась до $-23,0^{\circ}\text{C}$ в декабре, до $-25,7^{\circ}\text{C}$ в январе, до $-19,9^{\circ}\text{C}$ в феврале, при достаточно частных в эти месяцы оттепелях (28 дней).

В 2017-2018 гг. минимальная температура воздуха до установления снегового покрова отмечалась на уровне $-9,3$ и $-15,1^{\circ}\text{C}$ в первой и третьей декадах ноября, соответственно. Высота снегового покрова была ниже среднемноголетних показателей. Минимальная температура воздуха в самые холодные месяцы опускалась до $-21,8^{\circ}\text{C}$ в декабре, до $-23,8^{\circ}\text{C}$ в январе, до $-22,6^{\circ}\text{C}$ в феврале. В марте она составила $-17,3^{\circ}\text{C}$ и в апреле – $(-12,9)^{\circ}\text{C}$. Число дней с оттепелями в зимний период составило 34 дня. Подмерзание земляники было незначительным, в целом зима 2017–2018 для перезимовки земляники была благоприятной.

В зимний период 2018-2019 гг. стабильный снежный покров высотой 8 см образовался в первой декаде ноября, а в третьей декаде ноября он достигал уже 38 см, при этом большие отрицательные температуры отсутствовали. Минимальная температура воздуха до установления снегового покрова

отмечалась на уровне $-4,0^{\circ}\text{C}$ в третьей декаде октября. Условия осенне-зимнего периода сложились благоприятно для перезимовки экспериментальных растений.

Погодные условия осенне-зимнего периода 2019-2020 гг. складывались благоприятно для перезимовки земляники. Осенние показатели температуры воздуха 2019 г. превышали среднемноголетние значения в сентябре на $0,4^{\circ}\text{C}$, в октябре на $0,6^{\circ}\text{C}$ и в ноябре на $2,7^{\circ}\text{C}$. Первые заморозки до $-1,7^{\circ}\text{C}$ были зафиксированы во второй декаде сентября, тогда как отрицательная среднедекадная температура $-3,2^{\circ}\text{C}$ была отмечена во второй декаде ноября, при уже установившемся снеговом покрове. Это стечение обстоятельств погодных факторов предотвратило вымерзание представителей всех культиваров земляники.

Зима 2020-2021 гг. была малоснежной и морозной. Установление снегового покрова наступило в третьей декаде ноября (9 см). Высота снегового покрова составила в декабре 29 см, в январе она увеличилась до 37 см, в феврале – до 47 см, а в марте – до 71 см. Следует отметить, что такого количества снега было достаточно для защиты растений от низких температур. Метеорологические условия в период вегетации растений (весна-осень) были также очень разными по температурному режиму и режиму увлажнения.

Весна в 2011 г. наступила в обычные сроки. Сумма температур в летние месяцы был выше среднемноголетней на 89°C . Среднемесячные температуры воздуха июня, июля, августа и сентября также были выше среднемноголетних значений на $0,4$; $2,0$; $2,9$ и $1,6^{\circ}\text{C}$, соответственно. Осадков за период июнь-сентябрь выпало на 254 мм меньше нормы при среднемноголетней 368,6 мм. Засушливые периоды наблюдались в третью декаду июля, первую и третью декаду августа. Осадков тогда выпало $0,9$; $0,9$ и $3,3$ мм, соответственно (рисунок 2.3). Температурный режим в летние месяцы 2012 г. был выше на 277°C по сравнению со среднемноголетними значениями. Среднемесячные

температуры воздуха в июне, июле, августе и сентябре были выше многолетних на 3,1; 1,9; 2,6 и 1,1 °С, соответственно. Осадков за период июнь-сентябрь выпало только 212,6 мм, что составило 57,7% от нормы. Засушливые периоды наблюдались в первую и вторую декады июля и весь август. Количество атмосферных осадков по декадам составляло 8,5; 3,8; 4,9; 6,8 и 0,8 мм, соответственно.

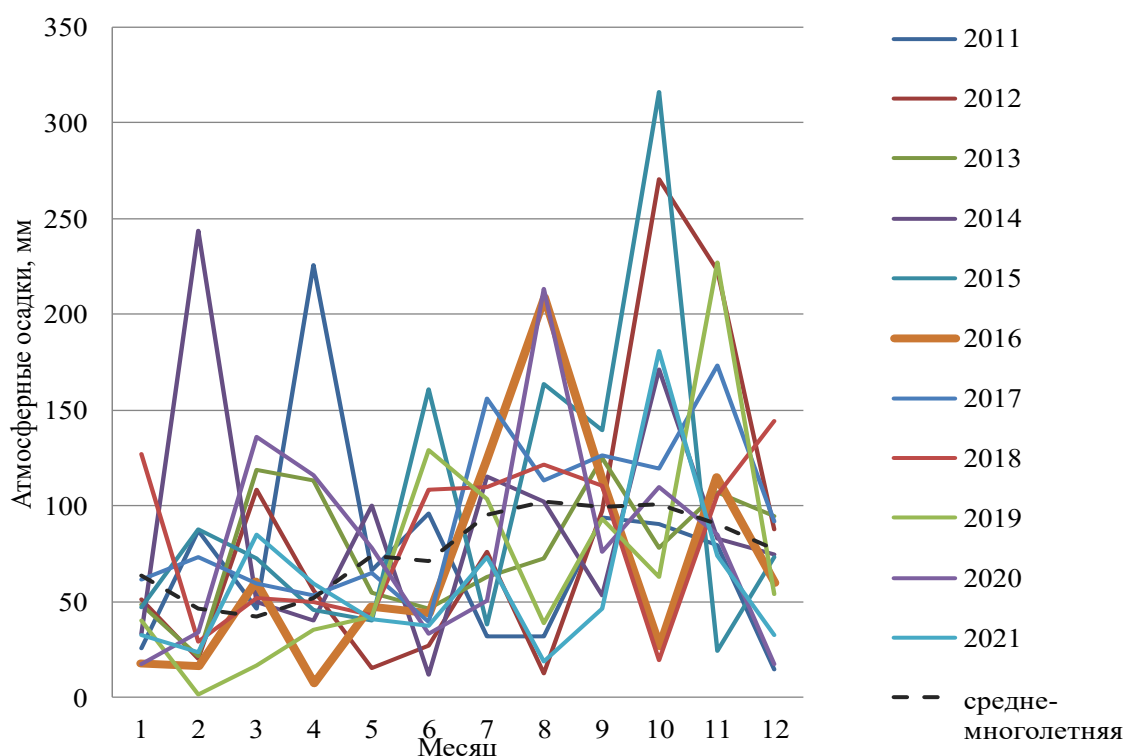


Рисунок 2.3 – Среднемноголетнее и среднемесечное количество атмосферных осадков в районе агрометеостанции п. Сосновка за период 2011-2021 гг.

Весна 2013 г. наступила позже обычного из-за позднего схода снега. Температурный режим по сумме эффективных температур в летние месяцы был выше на 390 °С по сравнению со среднемноголетними значениями. Среднемесечные температуры воздуха в июне, июле, августе и сентябре были выше их среднемноголетних значений на 2,5; 3,8; 1,2 и 0,9 °С, соответственно. Осадков за период июнь-сентябрь выпало 306,2 мм, т.е. меньше

среднемноголетней нормы. Засушливые периоды наблюдались в первую и вторую декады июня, в третью декаду июля и первую декады августа и сентября, когда осадки составили лишь 2,7; 2,1; 9,8; 9,2 и 6,8 мм, соответственно. Температурный режим в летние месяцы 2014 г. был выше на 328 °С по сравнению со среднемноголетними значениями. Среднемесячные температуры воздуха июня, июля, августа и сентября были выше многолетних на 2,5; 0,9; 1,1 и 1,5 °С, соответственно. Осадков за период июнь-сентябрь выпало 282,2 мм, что составило 76,6 % от нормы. Засушливым был и июнь, и первая декада июля, когда суммарное количество осадков едва достигло 11,8 мм. Обильные осадки в тот год были зарегистрированы в третьей декаде июля и первой декаде августа, превысив норму почти вдвое. Обильные осадки, в сочетании с теплой погодой способствовали эпифитотийному развитию грибных заболеваний. Сентябрь был теплым с небольшим количеством осадков.

Температурный режим в летние месяцы 2015 г. по сумме эффективных температур был выше на 84 °С по сравнению со среднемноголетними значениями. Среднемесячное значение температуры воздуха в июне было ниже среднемноголетних показателей на 0,4 °С, а в июле, августе и сентябре выше на 0,6; 0,7 и 1,9 °С, соответственно. За период июнь-сентябрь выпало 502,2 мм осадков, что составило 136,3% от нормы. Обильные осадки в августе способствовали развитию таких грибных заболеваний, как серая гниль и белая пятнистость. В 2016 г. вегетация растений началась раньше, чем обычно. Переход температур через 5 °С произошёл уже во второй декаде мая. Сумма эффективных температур в летние месяцы года был выше на 218 °С по сравнению с ее среднемноголетними значениями. Среднемесячные температуры воздуха в июне, июле, августе и сентябре превышали многолетние на 1,6; 1,9; 3,2 и 0,4 °С, соответственно. Осадков за период июнь-сентябрь выпало 491,6 мм, что составило 133,4% от нормы. В первой, второй и

третьей декадах августа их количество превысило норму на 274,0; 139,0 и 195,0% соответственно. Это способствовало развитию серой гнили.

В 2017 г. вегетация началась также раньше обычной, поскольку переход температур через 5 °С имел место в первой декаде мая. Среднемесячные температуры воздуха июня, июля, августа и сентября были выше их многолетних значений на 0,8; 1,1; 1,4 и 0,7 °С, соответственно. Осадков за период июнь-сентябрь выпало 438,6 мм, что составило 118,9% от нормы. Дождливая, теплая погода в июле и августе также способствовала развитию у ряда культиваров серой гнили. В летний период 2018 г. максимальная температура воздуха 28,5 °С наблюдалась в третьей декаде июля. Это время пришлось на фазу цветения у земляники и повлияло, как мы полагаем, на продуктивность пыльцы и снижение ее фертильности. В первой декаде июня, во второй декадах июля и августа выпало 43,6, 87,8 и 80,2 мм осадков, соответственно. Это составило 229, 214, 251% от их среднемноголетней нормы. Недостаток тепла и постоянные осадки в то лето негативно отразились на развитии растений. У них отмечалась задержка в наступлении фенологических фаз, поздние культивары земляники так и не смогли полностью вызреть.

В 2019 г. средняя температура в летние месяцы составила в июне 8,4 °С, в июле – 13,1 °С, в августе – 13,6 °С и незначительно превысила среднемноголетние показатели в июле на 0,6 °С и в августе на 0,5 °С. За период с июня по сентябрь выпало 364,4 мм осадков, что составило 99% от среднемноголетней нормы. Достаточно тёплая погода и выпавшее количество осадков не способствовали обильному распространению на растениях земляники грибных заболеваний. Переход температур через 5 °С весной 2020 г. произошёл во второй декаде мая. Средняя температура в летние месяцы составила 10,2 °С в июне, 14,0 °С в июле и 12,3 °С в августе. Превышение среднемноголетних показателей было незначительным на 1,3 °С и 1,5 °С в июне и июле, а в августе он был еще ниже – 0,8 °С. Максимальная

температура воздуха достигала наивысших значений 27,2 °С, в третьей декаде июня. В период с июня по сентябрь выпало 297,3 мм осадков, что составило 80,7 % от среднегодовой нормы. За весь август выпало 213,6 мм осадков, что составило 209% от среднегодовой нормы. Несмотря на вышеперечисленные метеорологические условия, развития грибных болезней земляники почти не наблюдалось. Избыток тепла в июне и июле оказал существенное влияние на раннее развитие культиваров и дружное созревание у них плодов.

Весна 2021 г. наступила в обычные сроки. Переход температур через 5 °С произошёл во второй декаде мая, а переход температур через 10 °С – во второй декаде июня. Лето было необычно сухим, осадков выпало в июне – 53% от нормы, в июле – 76%, в августе – 19%. Среднедекадная температура воздуха в летние месяцы составила в июне 10,7 °С, в июле 16,0 °С, что было больше среднегодовых значений на 1,8 и 3,5 °С, соответственно. Сложившиеся метеорологические условия не способствовали распространению грибных заболеваний на растениях земляники. Отметим, что в целом погодные условия в годы проведения исследований способствовали всесторонней оценке культиваров земляники на устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, поскольку с 2011 по 2021 гг. растения в разные фазы фенологического развития подвергались воздействию самых разных неблагоприятных факторов, таких как недостаток тепла, ранние и поздние заморозки, недостаточное и избыточное увлажнение и др. Когда сочетание экологических условий было особенно неблагоприятным они испытывали сильнейший стресс, который приводил к снижению продуктивности или даже гибели растений.

Длительность наблюдений позволила нам с уверенностью разделить изученные культивары *F. ananassa* на группы, устойчивые к тем или иным неблагоприятным воздействиям и их сочетаниям, и выделить сорта наиболее пригодные к выращиванию на Камчатке и более северных районах.

ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Объекты исследований

Работа выполнена на экспериментальном участке ФБГНУ «Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (Камчатский край, Елизовский район, п. Сосновка) в 2012-2021 гг. (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Общий вид опытного участка по изучению адаптивности интродуцированных культиваров *Fragaria ananassa*

При изучении адаптивности интродуцированных культиваров *Fragaria ananassa* объектом исследования являлись 24 сорта и гибридные формы различного эколого-географического происхождения: Анастасия, Первоклассница, Солнечная полянка (РФ, Барнаул – ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий»), Балерина (РФ, Новосибирск – ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» и АО Новосибирская зональная станция садоводства), Коррадо, Гренада (РФ, Москва – ФГБНУ ФНЦ Садоводства), Фея (РФ, Самара – ГБУ Самарской области НИИ

садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады»), Фейерверк (РФ, Мичуринск – ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»), Фестивальная, Динамовка (РФ, Санкт-Петербург – ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»), Гибрид 0-1 (РФ, Южно-Сахалинск – ФГБНУ СахНИИСХ), Фестивальная ромашка, Киевская распутиха, Галина, Русановка (Украина), Корона, Лидия Норвежская (Нидерланды), Марышка (Чехия), Японка (Япония), Белруби, Венгерка (Франция), Болгарский великан (Болгария), Атлас, Фруктовая (США). Выбор культиваров столь разной географической принадлежности гарантировал нам широту амплитуды колебаний ответных реакций растений на стресс факторы и позволял выявить адаптационный потенциал, заложенный в генотипе *F. ananassa*. Контроль – сорт Фестивальная.

При изучении воздействия на культивары *F. ananassa* органических биостимуляторов из морских гидробионтов объектами исследований являлись биопрепараты Био-Альго, Био-Микс, Био-Фиш, созданных из камчатского сырья (водорослей и рыбных отходов) (таблица 3.1) и разные по срокам созревания культивары *F. ananassa*: Сударушка (ранний), Японка (среднепоздний) и Боровицкая (поздний).

При изучении воздействия экстрактов камчатских бурых водорослей на рост и развитие *F. ananassa* объектами исследований являлись водные вытяжки из ламинариевых водорослей *Hedophyllum bongardianum*, *Alaria esculenta* и культивар *F. ananassa* Сюрприз Олимпиаде. Он был выбран как среднеспелый культивар, характеризующийся средними показателями урожайности и устойчивости к почвенно-климатическим условиям Камчатки.

**Таблица 3.1 – Характеристика изученных препаратов согласно данным
производителя**

Наименование показателя	Препараты марки Био-Маре		
	Био-Альго	Био-Фиш	Био-Микс
Азот общий (N) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, в т.ч	1,0-1,5	6,0-8,0	10,0-14,0
аммиачный (N-NH ₄),%	0,5	4,0	6,0
Фосфор (P ₂ O ₅) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	1,0	8,0	10,0
Калий (K ₂ O) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	1,5	6,0	8,0
Кальций (CaO) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	0,5	1,5	6,0
Натрий (Na ₂ O) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	1,0	1,0	1,0
Магний (MgO) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	1,0	1,5	1,5
Медь (Cu), %	0,005	0,008	0,011
Марганец (Mn), %	0,012	0,019	0,016
Молибден (Mo), %	-	0,002	0,004
Бор (B), %	0,022	0,008	0,01
Железо (Fe), %	0,008	0,035	0,030
Цинк (Zn), %	0,006	0,006	0,012
Гуминовые кислоты, г/л	-	0,99	0,79
Фульвокислоты, г/л	-	1,0	3,7
Альгиновая кислота, г/л	1,1	-	0,75
Арахидоновая кислота, г/л	0,76	2,1	1,4
Фукоидан, г/л	0,86	-	0,65
Манит, г/л	0,68	-	0,38
Массовая доля влаги, %	85±4	91±4	85±4
Водородный показатель (pH)	6,0-6,5	6,0-6,5	6,0-6,5
Плотность при 20 °С, кг/м ³	1100	1200	1200

3.2 Методы проведения наблюдений и учетов

Эксперименты по изучению адаптивности интродуцированных сортов и гибридных форм земляники садовой заложены вручную весной 2011 г. Каждый культивар представлен 30 растениями, высаженными по схеме посадки 0,9×0,3 м. Представители разных культиваров высаживались рендомизировано, в трехкратной повторности.

Опыты по изучению воздействия на культивары *F. ananassa* органических биостимуляторов из морских гидробионтов проводили в период 2017-2019 гг. согласно следующей схемы: 1 – обработка водой (контрольная группа); 2 – обработка препаратом Био-Альго; 3 – обработка препаратом Био-Микс; 4 – обработка препаратом Био-Фиш. Органические удобрения в концентрации 0,6% наносили на вегетативную часть растений ручным опрыскивателем до полного смачивания листьев. Опрыскивание осуществляли в начале цветения растений. Схема посадки растений – $1,3 \times 0,6$ м, система посадки индивидуальная, кустовая. Количество учетных растений в каждом варианте данного эксперимента 30 штук. С учетом использования 30 растений для каждого из 4 вариантов опыта, проведенного в трехкратной повторности, общее количество изучаемых растений в эксперименте по изучению влияния препаратов из гидробионтов составило 360 штук.

Изучение стимулирующего воздействия экстрактов на основе водорослей проводилось в период 2019-2021 гг. Закладка опыта была осуществлена в 2019 г. Схема посадки растений – $1,3 \times 0,6$ м, система ведения насаждений – кустовая. Количество учетных растений в каждом варианте – 30 штук. Растения опрыскивались ручным опрыскивателем одно- и двукратно в начальную фазу цветения с интервалом 7 дней. Контрольная группа опрыскивалась водой. Закладка опытов проводилась согласно схеме, включающей следующие варианты: 1 – вода (контроль); 2 – 10 %-ый экстракт *H. bongardianum*; 3 – 25 %-ый экстракт *H. bongardianum*; 4 – 10 %-ый экстракт *A. esculenta*; 5 – 25 %-ый экстракт *A. esculenta*. Постановке всех опытов предшествовал чистый пар, обработка почвы состояла из зяблевой вспашки, весенней обработки плоскорезом, культивации.

Для получения водорослевых экстрактов использовали сырье, собранное в Авачинском заливе. Масса экстрагируемого сырья для каждого тестируемого вида водорослей составляла 1 кг. Для извлечения из нее водорастворимых веществ использовали дистиллированную воду и

гидро модуль 1:5. Экстракцию проводили в сушильном сухожаровом шкафу СШ-80-02 СПУ при температуре 40 °С в течение 36 часов. Полученные экстракты хранили в холодильнике при температуре 4°С и при необходимости использовали их для получения растворов с концентрацией 10 и 25%.

Для оценки адаптивности к камчатскому климату, выбранных для изучения сортов и гибридных форм *F. ananassa*, воздействия на некоторые культивары органических удобрений и биостимуляторов из водорослей, сравнивали длительность фенологических периодов, зимостойкость, общее состояние растений; засухоустойчивость; устойчивость к биотическим факторам среды; фертильность пыльцы и всхожесть семян; продуктивность (Программа и методика..., 1973, 1999). Отзывчивость на воздействие биостимуляторов оценивали по комплексному проявлению указанных выше показателей.

Фенологические наблюдения проводили в каждой фазе развития: в период весеннего отрастания листьев, в начале выдвижения соцветий, в начале цветения, при массовом цветении, в конце цветения, в начале созревания плодов и в конце их созревания. Начало цветения отмечали по первым распускившимся цветкам. Дату определяли, когда на делянке распускалось 5-10% цветков. Конец цветения определяли датой, когда на делянке отцветало около 90% цветков, а у 75% цветков осыпались лепестки, у остальных завядали и бурели. Началом созревания считали день, когда появлялись первые зрелые плоды, концом – день сбора последних зрелых плодов.

Сумму активных температур ($\sum t_{>5^{\circ}\text{C}}$) рассчитывали в соответствии с методикой (Программа и методика ..., 1973). Сумму эффективных температур ($\sum t_{>10^{\circ}\text{C}}$) вычисляли согласно методическим указаниям (Методические указания..., 2010) по формуле:

$$\sum t_{>10^{\circ}\text{C}} = (t - t_1) \times n, \quad (1)$$

где $\sum t_{>10^{\circ}\text{C}}$ – сумма эффективных температур;

- t – температура окружающей среды (фактическая);
- t_1 – температура нижнего порога развития;
- n – продолжительность развития в днях.

Зимостойкость определяли по степени подмерзания растений, в период их усиленного роста, перед цветением, используя следующую шкалу (в баллах): 0 – подмерзаний нет, растения развиваются нормально; 1 – слабое подмерзание, растения запаздывают в росте, в дальнейшем развиваются и плодоносят нормально; 2 – среднее подмерзание, при котором отмечается недружное отрастание рожков, в дальнейшем растения восстанавливаются в росте и нормально плодоносят; 3 – значительное подмерзание, когда отмечается частичная гибель растений, а сохранившиеся ослаблены в росте, имеют мелковатые, не выровненные, нетипичные для сорта листья; 4 – сильное подмерзание, приводящее к гибели большей части маточных кустов, у оставшихся растений отмечается сильное угнетение в росте, их листья изреженные, мелкие с короткими черешками; 5 – полная гибель растений.

Оценку общего состояния растений проводили дважды, в начале лета (конец мая – начало июня) и осенью (сентябрь) по пятибалльной системе: 5 – отличное состояние: растения сильнорослые, густооблиственные, дают много усов и розеток, не поражены болезнями и вредителями, листья типичной для сорта величины; 4 – хорошее состояние: растения имеют хороший рост, листья типичны для сорта, почти не поражены болезнями и вредителями, следы зимних повреждений весной заметны слабо, вегетативное размножение нормальное; 3 – удовлетворительное состояние: растения с несколько ослабленным ростом, облиственность средняя, листья мельче обычного, могут быть в средней степени повреждены болезнями и вредителями, осенью имеют задержку в росте и развитии; 2 – слабое состояние: растения имеют ослабленный рост, неравномерно развиты, частично погибшие, листья не одинаковые по высоте и размерам, не типичные для сорта, часто поражены болезнями и вредителями, весной у кустов сильно заметны следы зимних

повреждений, осенний рост листьев и листообразование ослаблены; 1 – очень слабое состояние: растения сильно угнетены, имеют карликовые размеры, изреженные, мелкие, с короткими черешками листья, сильно поврежденные болезнями и вредителями, вегетативное размножение, в осенний период, в форме образования усов и розеток почти отсутствует.

Лабораторные исследования по определению засухоустойчивости культиваров проводили в 2012-2014 гг. Засухоустойчивость растений устанавливали методом завядания листьев. Он заключается в отборе живых листьев непосредственно на плантации, срочной их доставки в лабораторию для определения степени их оводненности, дефицита воды и водоудерживающей способности (Мажоров и др., 1990). Отбор листьев проводили в конце июля – начале августа, в период с наиболее жаркой и засушливой погодой. Одинаковые по размерам листья одного возраста отбирали в утренние часы, помещали в целлофановые пакеты и быстро доставляли в лабораторию.

Для определения оводненности тканей нарезают дольками 5-10 тройчатых листьев земляники, каждого сорта и гибридной формы, затем помещали в два металлических бюкса и высушивали материал в термостате при 105 °С до постоянной массы. Оводненность тканей или общее количество воды, находящейся в листьях на момент их сбора определяли по формуле:

$$OT = (b - v) / (b - a) \times 100\%, \quad (2)$$

где – OT – оводненность тканей листьев в %;

– a – масса пустого бюкса;

– b – масса бюкса с сырой навеской;

– v – масса бюкса с сухой навеской.

Определение водного дефицита проводили в двукратной повторности. Целые листья (по 3-5 штук) с обновленными срезами черешков взвешивали и помещали черешками в колбу с водой для насыщения. Колбы ставили в эксикатор с водой и накрывали крышкой для создания влажной камеры. По

истечении 24 часов листья взвешивали, предварительно обсушив их черешки фильтровальной бумагой. Определение общего количество воды после насыщения проводили по методике определения оводненности тканей листьев. Водный дефицит в листьях (процентное количество поступившей воды от общего содержания воды в состоянии полного насыщения) вычисляли по формуле:

$$\text{ВД} = (M_2 - M_1) / (M_2 - M_3) \times 100\%, \quad (3)$$

где – ВД – водный дефицит в %;

– M_1 – масса листьев до насыщения водой;

– M_2 – масса листьев после 24-часового насыщения;

– M_3 – масса сухой навески.

Определение водоудерживающей способности листьев проводили в двукратной повторности. Листья (4-6 штук) взвешивали, а затем помещали на решетки термостата с постоянной температурой (25 °C). Через 2 и 6 часов проводили повторные взвешивания для определения потери воды. Потеря воды за время увядания связана с водоудерживающей способностью, то есть со способностью тканей листьев удерживать определенное количество воды. Чем меньше потеря воды, тем выше водоудерживающая способность, которая определяется по формуле:

$$\text{ПВ} = (M_1 - M_2) / M_3 \times 100\%, \quad (4)$$

где – ПВ – потеря воды в %;

– M_1 – масса листьев до завядания;

– M_2 – масса листьев после определенного промежутка времени.

После этого рассчитывали среднюю потерю воды за 1 час увядания.

В соответствии со шкалой оценки каждый отдельно взятый параметр, указанный в таблице 3.2, для каждого сорта земляники оценивали в баллах, затем вычисляли средний балл относительной засухоустойчивости сорта. Сорта, получившие средний балл, равный 1,7-2,2, относили к группе с низкой засухоустойчивостью; равный 2,3-2,7 – к средней и 2,8-3,0 – к высокой.

Таблица 3.2 – Шкала оценки параметров водного режима листьев для определения относительной засухоустойчивости сортов земляники садовой

Оценка засухоустойчивости, балл	Параметры водного режима			
	Оводненность листьев, %	Водный дефицит, %	Потеря воды листьями после увядания, %	Средняя потеря воды за 1 ч увядания, %
Низкая	59,9 и менее	20,1 и более	50,1 и более	11,1 и более
Средняя	60,0-69,9	10,1-20,0	30,1-50,0	10,1-11,0
Высокая	70,0 и более	до 10,0	до 30,0	До 10,0

В ходе проведения специальных наблюдений оценивалась устойчивость земляники к следующим наиболее вредоносным болезням: белой пятнистости, вызываемой грибом – *Ramularia tulasnei* Sacc.; мучнистой росе – *Podosphaera macularis* (Wallr.) U. Braun & S. Takam. и серой гнили – *Botrytis cinerea* Pers.

Оценку поражаемости листьев белой пятнистостью проводили по пятибалльной шкале: 0 – отсутствие поражения; 1 – слабое поражение, не более 10 мелких или по 3 мелких и средних пятен на листе; 2 – среднее поражение, когда пятна занимают до 25% поверхности листьев, у белой и бурой пятнистостей хорошо заметно спороношение; 3 – сильное поражение, когда мицелий формирует крупные пятна, занимающие 26-50% площади верхней поверхности листьев, спороношение обильное; 4 – очень сильное поражение, при котором крупные пятна занимают свыше 50% площади листа, спороношение обильное, лист отмирает.

Степень поражения мучнистой росой определяли по пятибалльной шкале: 0 – отсутствие признаков болезни; 1 – слабое поражение: мицелиальный налет занимает до 10% общей поверхности листовой пластинки; 2 – значительное поражение: поражено 11-26% общей поверхности листьев; 3 – сильное поражение: поражено 26-50% общей поверхности листьев; 4 – очень сильное поражение: мицелиальный налет гриба занимает больше 50% общей поверхности листьев.

Степень поражения сортов земляники серой гнилью определяли во время сбора урожая, подсчитывали на каждом кусте число пораженных и их процент к общему числу образовавшихся плодов.

Устойчивость растений к болезням определяли 3 раза в течение вегетационного сезона: при появлении первых признаков болезни; через 2 недели; спустя 1 месяц.

Оценку поражаемости растений мучнистой росой проводили во время весеннего роста растений, перед цветением в первой половине июня, во время созревания в конце июля – начале августа и после летнего роста в конце сентября. Наличие серой гнили определяли во время съема плодов (в конце июля – второй половине августа); белой пятнистостью – в фазы цветения и плодоношения (июль – первая половина августа) и в сентябре, после плодоношения.

Лабораторные исследования по изучению фертильности пыльцы и всхожести семян проводили в 2013-2015 гг. Для этого готовили препараты из смеси пыльцы 2-5 цветков разных порядков, фиксированных в растворе Карнуа (3:1) и окрашивали их ацетокармином (Паушева, 1988). Фертильными считали пыльцевые зерна способные равномерно окрашиваться красителем в карминово-красный цвет, стерильными – пыльцевые зерна неравномерно окрашенные или не окрашенные. Пыльцу помещали на предметное стекло в каплю красителя, покрывали покровным стеклом, смазанным консервирующей и просветляющей жидкостью Смита (Абрамова, 1979). Для оценки фертильности просматривали не менее 500 пыльцевых зерен. Фертильность выражали в процентах и оценивали по шкале, разработанной G.M. Darrow (Darrow, 1966) для земляники, согласно которой растения с фертильностью пыльцы 0,0% относятся к мужскостерильным, от 0,1% до 6,0% – к полустерильным, от 6,1% до 20,0% – к полуфертильным, от 20,1% до 50,0% – к фертильным, а от 50,1% до 100,0% – к высокофертильным.

Оценку всхожести семян проводили после стратификации в течение 4 месяцев при температуре 2-3 °С путем проращивания в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге при температуре 20-23 °С (Методические указания ..., 1980). Всхожесть семян рассчитывали по следующей формуле:

$$N = N_2 \times 100\% / N_1, \quad (5)$$

где N – всхожесть семян в %;

N_1 – общее количество семян;

N_2 – количество проросших семян.

Для оценки продуктивности растений определяли величину потенциальной и фактической продуктивности. Фактическую продуктивность учитывали весовым методом. Из-за разного времени созревания плодов их сбор проводили через 1-2 дня. Для определения средней массы плода сумму общего веса урожая делили на число плодов. Для их распределения по степени крупноплодности использовали пятибалльную шкалу: 5 – очень крупные плоды со средней массой более 12 г; 4 – крупные плоды от 9 до 12 г; 3 – средние плоды от 6 до 9 г; 2 – мелкие плоды от 3 до 6 г; 1 – очень мелкие плоды с массой не более 3 г. В первых двух сборах определяли максимальную массу плода. Потенциальную продуктивность рассчитывали, как произведение количества цветоносов, количества цветков и средней массы плода у одного растения.

Содержание основных компонентов биохимического состава в плодах оценивали по следующим показателям: содержание сухих веществ (%) определяли весовым методом, сахаров (%) по Бертрону, аскорбиновой кислоты (витамина С) (мг/100 г) по Мурри, титруемая кислотность (в пересчете на лимонную кислоту, %) хроматографическим методом. Определение химического состава ягод земляники проводили в лаборатории ФГБНУ Камчатского НИИСХ в период массового созревания плодов (в первой – второй декаде августа) в соответствии с общепринятыми методиками

биохимического исследования растений (Методы биохимического ..., 1972, 1987).

При расчете коэффициента адаптивности использовали метод Л.А. Животкова (1994), сравнивая конкретную продуктивность каждого из испытуемых культиваров со средней продуктивностью для каждого года исследования. Параметры экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) по признакам: продуктивность, витамин С, сухое вещество, сахара и кислотность оценивали по методике S.A. Eberchart и W.A. Russel в интерпретации В.А. Зыкина (1984). Расчет средней арифметической признака (\bar{x}), ошибки средней арифметической признака ($\pm S_{\bar{x}}$) и коэффициента вариации (CV), определяющего особенности норм реакции растений и признаков в конкретных почвенно-климатических условиях, проводили по Г.Н. Зайцеву (1990).

Обработку полученных экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики с применением дисперсионного (Доспехов, 1985) и корреляционного анализов при использовании программного продукта MS Excel (Microsoft Office 2010).

ГЛАВА 4 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *FRAGARIA ANANASSA* DUCH. В УСЛОВИЯХ КАМЧАТКИ

4.1 Эколого-биологические особенности *Fragaria ananassa* Duch.

Описанию морфологических особенностей посвящено достаточно большое количество научных работ. В одних приводятся аргументы в пользу отнесения земляники к необычной форме кустов (Шитт, 1952; Бурмистров, 1985; Говорова, 2011), в других подробно рассматривается строение надземной части (Бурмистров, 1972; Копылов, Николенко, 2022); описывается последовательность формирования листьев (Яковенко, 2001; Говорова, Говоров 2004; Батурин, 2011), цветов (Белов, 1989; Говорова, Говоров, 2015; Ежов, 2017).

Надземная часть куста земляники состоит из листьев и трех типов побегов, которые резко различаются по своим морфологическим признакам и биологическим функциям. Листья очередные, длинночерешчатые, тройчатые. Продолжительность их жизни – около 30 дней.

К первому типу побегов относят укороченные однолетние побеги, так называемые рожки. Каждый из них имеет верхушечную почку (сердечко), розетку из 3-7 листьев, боковые пазушные почки, у основания укороченного центрального побега развиваются придаточные корни. Из его верхушечных и пазушных почек верхних листьев на следующий год формируются цветоносы.

Второй тип побегов – усы. Это однолетние столоны, выполняющие функцию вегетативного размножения. На их втором междоузлии развивается розетка, молодое дочернее растение. Столоны появляются у земляники сразу после окончания цветения, но активно продолжают развиваться после сбора урожая до наступления осенних холодов. В зависимости от биологических

особенностей каждый материнский куст способен формировать от 15 до 30 усов и от 20 до 100 розеток (Бенне, 1978).

Третий тип побегов – цветоносы, которые образуются из генеративных почек и живут до конца плодоношения. На цветоносном побеге появляются 1-2 стеблевых листа и соцветие. Количество цветоносов на одном кусте и цветков на одном цветоносе определяется генотипом, возрастом растений и условиями произрастания. Морфологическое строение куста земляники с описанными выше структурами показано на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Строение надземной части куста земляники крупноплодной:

1 – лист; 2 – укороченный однолетний побег (рожок); 3 – столоны (усы);

4 - цветонос

Рост цветоносов и образование бутонов наблюдается при достижении среднесуточных температур воздуха 8-10 °С (Мерзлякова, 2000), в этом числе и на Камчатке. На земляничном кусте формируется от 4 до 12 цветоносов, имеющих по 4-10 цветков. Основная часть растений образует обоеполые цветки, обладающие высокой самоопыляемостью (80-95%). Остальные 5-20% цветков опыляются перекрестно, цвет лепестков земляники белый, редко светло-розовый и различаются по развитию тычинок. У одних генетических

линий тычинки хорошо развиты и могут опыляться собственной пылью, а у других требуют подсадки сортов – опылителей, стимулирующих опыление. Наиболее благоприятная температура для цветения составляет 15-18 °С. При прохладной погоде оно растягивается, а при жаркой сухой погоде сокращается (Линник, 2014).

Плоды земляники относятся к сложным или сборным. Тип плода называется «многоорешек» или сложная семянка. Семена – орешки располагаются на поверхности выпуклого сочного цветоложа – гипантия, образуя, так называемую «ложную ягоду» или ложный плод (рисунок 4.2).

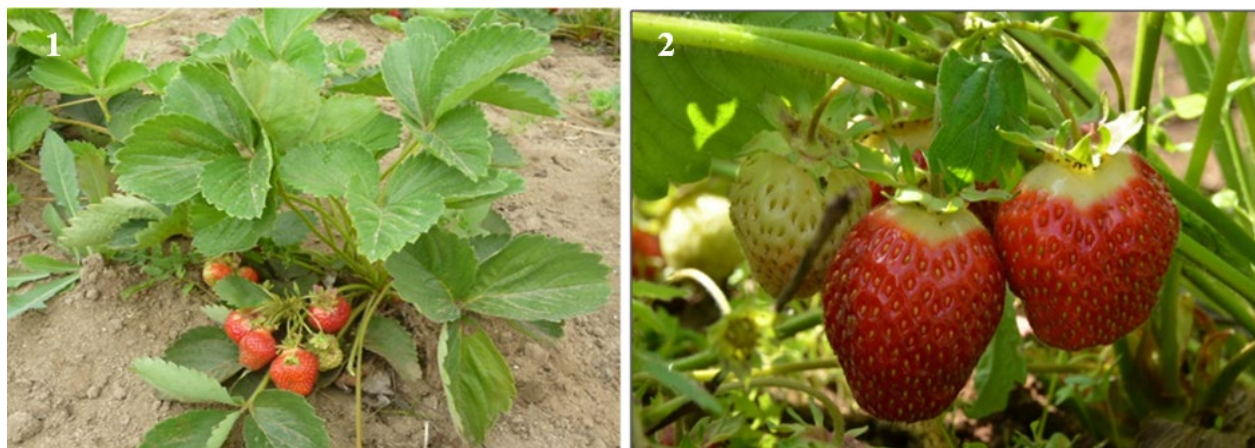


Рисунок. 4.2 – Плодоносящий куст земляники крупноплодной (1), плоды с сеянками (2)

Температурный оптимум для роста и развития земляники в средних широтах составляет 24-25 °С днем и 16-17 °С ночью. В фазу плодоношения оптимальная дневная температура для нее – 23-28°С (Катинская, 1961; Глебова и др., 1990; Говорова, Говоров, 2003; Матала, 2003). На Камчатке, как это будет показано ниже, температуры, оптимальные для роста и плодоношения, – иные.

Вышеперечисленные биологические особенности земляники крупноплодной позволяют сделать выводы, что она обладает высокой

пластичностью и приспособленностью к различным почвенно-климатическим условиям. Анализ сроков наступления отдельных фенологических фаз позволяет оценить ее приспособляемость (адаптивность) к изменению погодных условий года. Как уже говорили выше, в главе 3, у земляники в годичном цикле развития различают следующие фазы вегетации: весенний рост, цветение и завязывание ягод, рост и созревание ягод, последующий летний рост, закладка генеративных органов, подготовка к зиме, период относительного зимнего покоя.

В период наших исследований начало вегетации растений, в зависимости от погодных условий, значительно колебалось по годам (Дахно и др., 2017). В 2012 г. весенний рост начался 15 мая, в 2013 г. – 19 мая, в 2014 г. – 14 мая, в 2015 г. – 17 мая, в 2016 г. – 12 мая. В 2016 г. отмечалось самое раннее наступление весны. Переход температур через 5 °С произошёл во второй декаде мая. В июне превышение среднемноголетних показателей на 1,6 °С было наибольшим в сравнении с тем же периодом в другие годы наблюдений. Позднее всего эта фаза зафиксирована в 2013 г. в связи с затянувшимся снеготаянием.

Цветение является одной из важнейших фенологических фаз в жизни растения, сроки его наступления и продолжительность колеблются по годам и зависят от генетически обусловленной ритмики внутренних процессов и конкретных условий внешней среды (Дахно и др., 2017; Арифова, 2024; Зубкова, 2024). У изучаемых нами культиваров земляники сроки наступления цветения также значительно изменялись по годам в зависимости от погодных условий весеннего периода и температурного режима прошедшей зимы. Это видно из представленной ниже таблицы 4.1. В ней 24 изучаемых культивара разделены на три группы, различающиеся между собой началом цветения: ранним, средним и поздним. К первой группе относятся сорта Фея, Киевская распутиха, Первоклассница, Фруктовая, Лидия Норвежская; ко второй – Фестивальная, Белруби, Динамовка, Коррадо, Атлас, Японка, Анастасия,

Гренада, Галина, Русановка, Удивительная, Марышка, Солнечная полянка, Фестивальная ромашка и к третьей – Корона, Гибрид 0-1, Фейерверк, Болгарский великан, Венгерка. Начало цветения ранних сортов и гибридных форм варьировало с 18 по 28 июня, средних – с 21 июня по 1 июля, поздних – с 24 июня по 6 июля. В 2013 г. поздний сход снега в значительной мере отодвинул начало вегетации и срок начала цветения у раноцветущих растений на 28 июня.

Таблица 4.1 – Сроки цветения сортов земляники крупноплодной

Год	Период цветения		
	Ранний	Средний	Поздний
2012	24.06-25.06	26.06-28.06	29.06-30.06
2013	28.06-31.06	01.07-05.07	06.07-12.07
2014	19.06-23.06	24.06-27.06	28.06-30.06
2015	21.06-27.06	28.06-04.07	05.07-10.07
2016	18.06-20.06	21.06-23.06	24.06-25.06

В результате раннего наступления весны в 2016 г. было зафиксировано самое раннее начало цветения за все годы наблюдений – 18 июня. На представленном ниже рисунке 4.3 приведена продолжительность цветения изученных сортов и гибридных форм земляники. Из рисунка видно, что в 2015 г. из-за затяжных ливневых осадков у сортов Гренада, Киевская распутиха, Лидия Норвежская, Первоклассница и Фея наблюдалось самое затяжное цветение, которое составило около 50 дней. По мнению многих исследователей, наступление фазы цветения у земляники определяет сумма активных и эффективных температур (Попова, Марченко, 1998; Мартынова, 2011; Стольникова, 2009; Wang, Camp, 2000). Исследования влияния суммы активных ($\sum t_{>5}^{\circ\text{C}}$) и эффективных температур ($\sum t_{>10}^{\circ\text{C}}$) показали, что для каждого вида растений, как правило, она величина постоянная, притом, что другие условия среды оптимальны и воздействие неблагоприятных факторов отсутствует. Необходимая сумма этих температур за вегетационный период

для земляники крупноплодной составляет 1700-2000 °С. При этом сумма для ее ранних сортов она составляет 180-235 °С, для средних – 223-276 °С и для поздних – 255 – 353 °С (Тараканов, 2007; Стольникова, 2009).

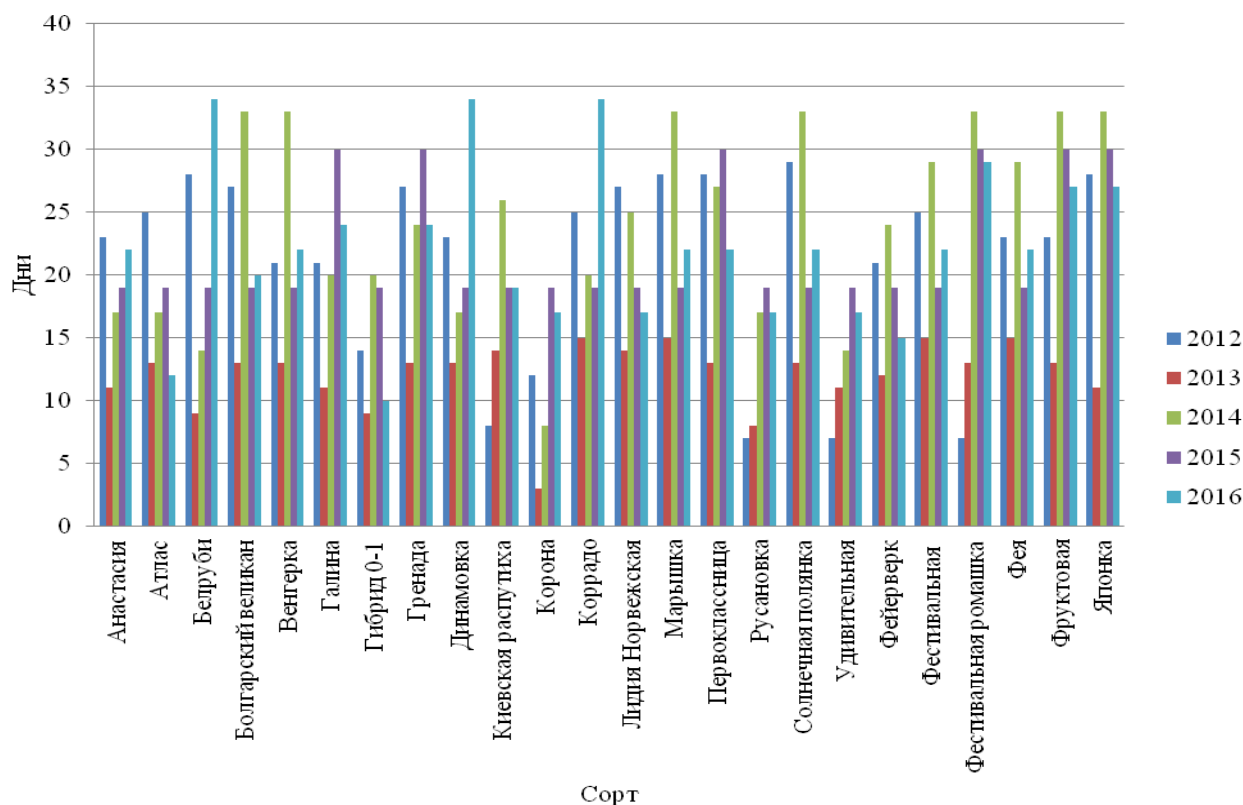


Рисунок 4.3 – Продолжительность периода цветения на Камчатке
сортобразцов земляники

За годы наших наблюдений отмечалось варьирование суммы среднесуточных температур с момента начала роста до начала цветения земляники. У разных сортов сумма активных температур колебалась от 283,3 до 509,5 °С, а сумма эффективных температур – от 89,6 до 435,2 °С (таблицы 4.2 и 4.3). Коэффициент вариации суммы среднесуточных температур, необходимых для зацветания земляники, в разные годы был ниже коэффициента вариации суммы эффективных температур. Коэффициент вариации суммы активных температур для разных групп культиваров составил от 11,0 до 15,2%, в то время как для суммы эффективных температур – от 49,0 до 61,2%.

Полученные нами данные показывают, что для раноцветущих сортов, зацветавших в разные годы – 18-31 июня, сумма эффективных температур изменялась от 89,6 до 321,8 °С; для среднецветущих (21 июня - 5 июля) – от 100,0 до 356,7 °С и поздноцветущих (24 июня - 12 июля) – 157,5-435,2°С.

Таблица 4.2 – Суммы активных и эффективных температур за период от начала вегетации до фазы «начало цветения» у культиваров земляники крупноплодной

Год	Раноцветущие		Среднецветущие		Поздноцветущие	
	$\sum t_{>5}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>10}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>5}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>10}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>5}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>10}^{\circ\text{C}}$
2012	374,1	267,0	405,1	298,0	451,6	344,5
2013	396,1	321,8	431,0	356,7	509,5	435,2
2014	303,1	104,9	362,6	170,2	411,8	219,4
2015	283,3	100,0	337,9	100,0	411,0	157,5
2016	299,4	89,6	335,1	125,3	375,0	165,2
Коэффициент вариации (CV), %	15,2	61,2	11,0	54,1	11,5	49,0

Сроки начала созревания ягод в разные годы проведения наших исследований изменялись в пределах 2-3 недель. Самое раннее начало созревания плодов, как это видно из таблицы 4.3, наблюдалось в 2016 г.

Таблица 4.3 – Сроки созревания ягод у сортов земляники крупноплодной

Год	Период созревания		
	Ранний	Средний	Поздний
2012	23.07-25.07	26.07-28.07	29.07-03.08
2013	25.07-27.07	28.07-30.07	31.07-02.08
2014	19.07-23.07	24.07-29.07	30.07-02.08
2015	05.08-06.08	07.08-08.08	09.08-10.08
2016	15.07-20.07	21.07-25.07	26.07-29.07

Плоды у ранних сортов начали созревать 15 июля, средних – 21 июля, поздних – 26 июля. Наиболее поздние сроки начала созревания плодов были отмечены в 2015 г. У ранних сортов они зафиксированы 5 августа, у средних –

7 августа и у поздних – 9 августа. Из-за более позднего цветения земляники в 2015 г., вследствие проливных дождей, различия между разными по срокам созревания группами сортов были не существенными. В целом, созревание земляники на юге Камчатки существенно запаздывает по сравнению с другими областями северо-западной и центральной части России. Этот факт объясняется влиянием более низкой температуры воздуха в период созревания (в среднем не более 15,0 °С), по сравнению с необходимым оптимумом (23-28 °С).

На представленном выше рисунке приведены продолжительность созревания изученных сортов и гибридных форм земляники (рисунок 4.4).

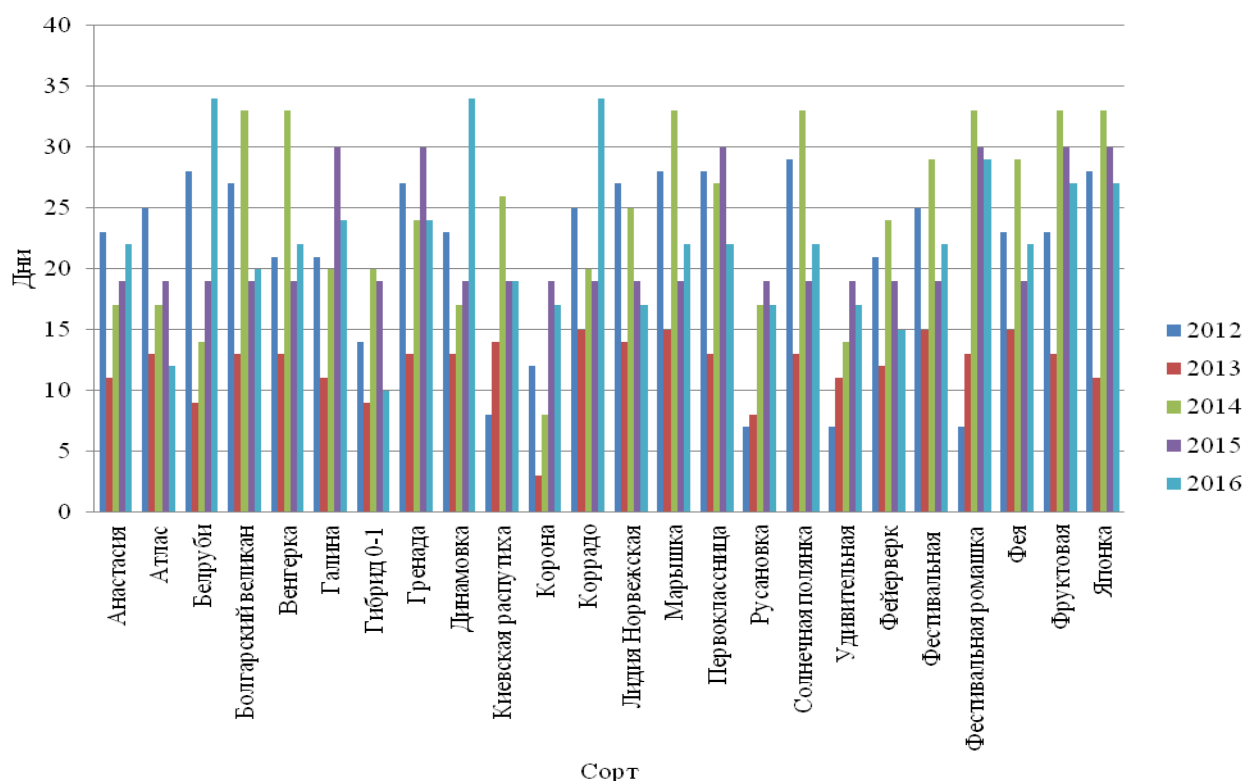


Рисунок 4.4 – Продолжительность периода созревания на Камчатке
сортобразцов земляники

Сроки созревания плодов у изучаемых сортов с учетом биологических особенностей и погодных условий варьировали по годам исследований от 3 до

34 дней. Самый короткий период созревания был отмечен для сорта Корона в 2013 г. Он составил только 3 дня, при этом ягоды были мелкими и деформированными. Самым продолжительным он был в 2016 г. у сортов Динамовка, Коррадо и Фея и продолжался 34 дня.

За годы наших наблюдений сумма среднесуточных температур от момента перехода их через +5 °С до начала созревания земляники колебалась у разных сортов от 640,3 до 920,0 °С, а сумма эффективных температур – от 430,5 до 845,7 °С (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Суммы активных и эффективных температур за период от начала вегетации до фазы «начало созревания ягод» у культиваров земляники крупноплодной

Год	Раннеспелые		Среднеспелые		Позднеспелые	
	$\sum t_{>5}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>10}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>5}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>10}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>5}^{\circ\text{C}}$	$\sum t_{>10}^{\circ\text{C}}$
2012	794,7	692,6	886,6	812,3	879,9	777,8
2013	819,8	762,2	903,3	829,0	920,0	845,7
2014	687,8	495,4	783,0	590,6	837,4	645,0
2015	860,4	606,9	860,4	606,9	888,8	635,3
2016	640,3	430,5	754,3	544,5	809,8	600,0
Коэффициент вариации (CV), %	12,4	23,7	8,1	19,7	5,4	15,3

По результатам наших наблюдений изучаемые сорта по срокам созревания были поделены на 3 группы: ранне-, средне- и позднеспелые. К группе раннеспелых сортов были отнесены: Динамовка, Лидия Норвежская, Киевская распутиха, Фестивальная ромашка (начало их созревания в зависимости от года исследования пришлось на период между 15 июля и 5 августа). Сумма эффективных температур, индуцировавшая их фазу плодоношения, составила 430,5-762,2 °С. К группе среднеспелых сортов мы отнесли Фестивальную, Белруби, Коррадо, Фею, Атлас, Японку, Анастасию, Первоклассницу, Гренаду, Галину, Гибрид 0-1, Фруктовую, Марышку, Болгарский великан, Венгерку, Солнечную полянку, у них созревание плодов

началось в период с 21 июля по 7 августа. При этом сумма эффективных температур изменялась в разные годы от 544,5 до 829,0 °С. К группе позднеспелых сортов были отнесены Корона, Русановка, Удивительная, Фейерверк. Они начали созревать в период с 26 июля по 9 августа. Сумма эффективных температур для них колебалась от 600,0 до 845,7 °С.

Расчет коэффициента вариации выявил, что сумма активных температур характеризуется значительно меньшей изменчивостью по сравнению с суммой эффективных температур для созревания земляники. Коэффициент вариации суммы активных температур для разных групп культиваров составил от 5,4 до 12,4%, в то время как для суммы эффективных температур – от 15,3 до 23,7%. Учитывая то, что лимитирующим является фактор с максимальным коэффициентом вариации, нашими исследованиями установлено: сроки цветения и созревания лимитируются накоплением эффективного тепла, демонстрирующим исключительную нестабильность по годам.

На основании проведенных нами многолетних исследований был сделан вывод о значительном влиянии суммы эффективных и активных температур на продолжительность прохождения основных фенологических фаз развития земляники на Камчатке и различной реакции растений на воздействие факторов окружающей среды. Полученные данные свидетельствуют о различиях в требованиях к температурному режиму у ранне-, средне- и позднеспелых сортов земляники, которые проявляются даже при межгодовых колебаниях суммы эффективных температур. В годы исследований ее изменения достигали 415,2 °С или почти 50% от максимума. Это означает, что сумма эффективных температур является лимитирующим фактором для наступления фаз цветения и созревания у земляники.

4.2 Оценка устойчивости сортов земляники крупноплодной к абиотическим факторам среды

Зимостойкость

Несмотря на биологическую пластичность виды рода *Fragaria* являются теплолюбивыми и плохо переносят низкие значения температур. У гибридного вида *Fragaria ananassa* это связано с присутствием в ее геноме генов субтропического вида *Fragaria chiloensis* и влиянием умеренного климата Западной Европы, где происходило формирование изучаемого нами вида. Приспособленность земляники к климату низких географических широт обеспечило ей удлинение периода вегетации, и поэтому в более суровых северных условиях она уходит в зиму с зеленой листвой. Это не способствует высокой морозостойкости ее представителей (Ступина, 2019). На прохождение фазы зимнего покоя земляники крупноплодной существенное воздействие оказывают световой, водный и температурный режимы. Также сильно влияет почвенный режим весенне-летнего и осенне-зимнего периодов, высота и устойчивость снежного покрова, рельеф, вымокание, выпревание, ледяная корка. Вследствие специфичности каждого генотипа виды земляники по-разному реагируют на изменение вышеперечисленных факторов (Айтжанова, Андронов, 1995).

Температурный режим в период зимнего покоя чрезвычайно важен для растений земляники. В особо морозные зимы у них снижается продуктивность как за счет подмерзания под действием низких отрицательных температур, так и за счет выпревания, обусловленного длительным снеготаянием, сопровождаемым периодическим формированием ледяных корок (наста), препятствующих дыханию и фотосинтезу листьев (Косолапова и др., 2015; Хапова, 2016; Ступина, 2019; Rayirath et al., 2009). Растения земляники крупноплодной погибают обычно в тех районах произрастания, где температура в бесснежные зимы снижается до -15, -18 °С. При условии

формирования мощного снегового покрова и его выпадении на не промерзшую почву, земляника может переносить морозы до -35 , -40 °C (Кузнецов, Дмитриева, 2006). Отсутствия снега в зимние месяцы земляника не выносит и сильно страдает, если по окончании снеготаяния вновь наступают даже небольшие морозы -5 , -7 °C (Симонова, 1951). В таких случаях растения приподнимаются и как бы «выпираются», их корневая система, образовавшаяся в стеблевой части, обнажается и погибает от вымерзания. Корневая система земляники, если она не укрыта, повреждается уже при температуре -8 °C (Мартынова, 2011).

Т.Н. Кулакова и М.А. Раченко (2018) в своих исследованиях отмечали, что критической температурой, при которой у нее повреждались почки и цветки, является температура $-6,5$ °C. Весной земляника начинает свой рост при температуре $3-5$ °C тепла. Этот период также опасен для нее: днем солнце прогревает, растения начинают вегетировать и их устойчивость к морозам ослабляется (Белых, Гончарова, 1992).

Способность растений переносить низкие температуры напрямую зависит от их физиологического состояния, успеха прохождения фенологических фаз, главным образом, фазы подготовки к зимнему покою, сопровождающейся активным накоплением запасных питательных веществ. Это отмечали в своих работах Бенне (1978), Белых (1992), Кашин (1995), Ермаков (2005), Тараканов (2007) Орлова (2018).

Свои наблюдения по зимостойкости сортов земляники мы проводили весной, в период усиленного линейного роста растений и оценивали ее до цветения, когда у кустов наиболее ярко выражены признаки зимних повреждений. Данные по зимостойкости всех изучаемых сортов земляники крупноплодной приведены в таблице 4.5. Слабое и среднее подмерзание растений отмечалось у большинства сортов земляники после зимы 2011-2012 гг., когда самая низкая температура ($-26,4$ °C) была зафиксирована в декабре и январе. Среднее подмерзание на уровне 2 баллов, наблюдалось у

представителей сортов Галина, Гибрид 0-1, Киевская распутиха, Корона, Солнечная полянка, Фейерверк, Фестивальная ромашка. Наибольшая степень подмерзания была отмечена для сорта Венгерка (3 балла).

Таблица 4.5 – Подмерзание растений сортов земляники на экспериментальном участке в период с 2011 по 2016 гг.

Сорт	Степень подмерзания по годам исследований, балл				
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016
Анастасия	0	0	1,0	0	1,0
Атлас	0	0	1,0	0,5	0
Белруби	0	1,0	2,0	1,5	2,0
Болгарский великан	1,0	1,0	1,0	0,5	4,0
Венгерка	3,0	0	1,0	0,5	4,0
Галина	2,0	0	0	0,5	1,0
Гибрид 0-1	2,0	0	2,0	2,0	4,5
Гренада	1,0	0	0	0,5	0
Динамовка	0	0	1,0	1,5	1,0
Киевская распутиха	2,0	0	1,0	2,0	2,0
Корона	2,0	0	1,0	1,5	1,0
Коррадо	0	0	1,0	1,5	1,0
Лидия Норвежская	0	0	0	1,5	2,0
Марышка	1,0	0	0	0,5	1,0
Первоклассница	0	0	0	0,5	0
Русановка	1,0	0	0	1,5	0
Солнечная полянка	2,0	0	0	0,5	1,0
Удивительная	1,0	0	0	0,5	0
Фейерверк	2,0	0	0	0,5	1,0
Фестивальная (к)	0	0	0	0,5	0
Фестивальная ромашка	2,0	0	0	0,5	0
Фея	1,0	0	0	0,5	0
Фруктовая	1,0	0	0	0	0
Японка	0	0	0	0	0

Зима 2012-2013 гг. была достаточно благоприятна для перезимовки растений земляники. Слабое подмерзание, не превышающее 1 балл, отмечено у сорта Белруби и Болгарский великан.

В 2013-2014 гг. первые отрицательные значения температуры были зарегистрированы в середине ноября, при этом минимальная температура опускалась до -15,6 °С еще до появления снегового покрова. Наибольшему подмерзанию (2 балла) подвергались сорта Белруби и Гибрид 0-1, слабому подмерзанию (1 балл) – сорта Атлас, Анастасия, Болгарский великан, Венгерка, Динамовка, Киевская распутиха, Корона и Коррадо.

В 2014-2015 гг. у большинства сортов отмечалось слабое подмерзание растений (1 балл). Исключение составили представители сортов Гибрид 0-1 и Киевская распутиха, у которых отмечалась средняя степень подмерзания (2 балла).

Наиболее сильные повреждения растений земляники в зимний период 2015-2016 гг. были свойственны сортам Болгарский великан и Венгерка (рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Повреждения растений земляники крупноплодной отрицательными температурами в зимний период 2015 -2016 гг.:1 – общий вид экспериментального участка; 2 – увеличенный фрагмент того же участка

В третьей декаде ноября отмечалось резкое похолодание до -19,2 °С, при небольшом снежном покрове, едва достигающем 3 см. При этом из 24 культиваров повреждения отсутствовали только у сорта Японка (0 баллов).

Анализ данных, приведенных в представленной выше таблице, позволяет распределить сорта на 4 группы: высокостойкие, зимостойкие, среднестойкие и малостойкие. К первой относится сорт Японка, ко второй – Анастасия, Атлас, Гренада, Марышка, Первоклассница, Удивительная, Фестивальная, Фея и Фруктовая, к третьей – Белруби, Галина, Гибрид 0-1, Динамовка, Киевская распутиха, Корона, Коррадо, Лидия Норвежская, Русановка, Солнечная полянка, Фейерверк и Фестивальная ромашка и к четвертой – Болгарский великан и Венгерка.

Засухоустойчивость

В настоящее время имеет место глобальное изменение климата за счет постоянного повышения температуры и выбросов в атмосферу углекислого газа. Изменение климата влияет и на распределение осадков. Они становятся неравномерными, что время от времени приводит к засухе, которая является дополнительным фактором стресса. Почвенная вода, доступная для растений, неуклонно уменьшается из-за сильных засушливых условий и вызывает преждевременную гибель растений (Дахно и др., 2016а; Бондаренко и др., 2018). На Камчатке в последние десятилетия так же отмечаются существенные изменения в климатической обстановке. Так, в частности, камчатское лето стало более засушливым на западном, восточном побережьях и в долине р. Камчатка. Избыточное увлажнение чаще отмечается на северо-востоке, а засухи – на юго-востоке в начале лета (Шкаберда, 2013).

Земляника крупноплодная достаточно влаголюбивое растение, реакция на недостаток влаги в почве является одним из факторов, лимитирующих ее развитие (Говорова, Говоров, 2003; Стольников, 2009). Водный режим значительно влияет и на зимостойкость. Из-за недостатка воды в ходе обмена

веществ у растений наблюдается преобладание диссимиляционных гидролитических процессов над ассимиляционными синтетическими. Это негативно отражается на подготовке растений к зимнему покою. Зимостойкость снижает и переизбыток влаги. Он приводит к удлинению вегетационного периода (Журбицкий, 1968; Генкель, 1982; Bartels, Sunkar, 2005; Parihar. 2015).

Во время цветения растения земляники испытывают наибольшую потребность во влаге. Её недостаток в это время приводит к плохому опылению и завязыванию ягод. Поскольку нехватка воды приводит к повреждению тканей, питающих репродуктивные органы растения (Гончарова, Мажоров, 1976; Зубов, 2004). Для их нормального формирования необходимо достаточное обеспечение их водой. Ее содержание в зрелой ягоде составляет 80-90% от их общей массы. Внешними признаками повреждения плодов в условиях нехватки воды являются их «запекание» на самом растении.

В период после плодоношения недостаток влаги приводит к уменьшению образования новых листьев, придаточных корней, рожков, уменьшает количество закладывающихся цветоносов и, как следствие этого, урожая следующего года (Гончарова, Мажоров, 1976). Остро реагируя на недостаток влаги, растения земляники совершенно не переносят и переувлажнения. Вымокание растений может вызвать даже кратковременный двух – трехдневный застой воды. Избыточная влажность снижает энергию их роста, сопротивляемость морозам и ухудшает условия дифференциации почек (Генкель, 1982). Земляника имеет относительно высокую засухоустойчивость, но ее различные генетические линии существенно отличаются реакцией на дефицит влаги в почве. Критерием их засухоустойчивости является высокая продуктивность в условиях недостаточного водоснабжения и повышенной температуры (Гончарова, Мажоров, 1976; Жученко, 1988; Кушниренко, 1991). Такие сорта земляники имеют несомненное преимущество в случае

возникновения экстремальной ситуации по водообеспеченности (Гончарова, Мажоров, 1976; Жученко, 1990).

Метеорологические условия, сложившиеся в годы исследований, способствовали проведению оценки засухоустойчивости сортов земляники, поскольку среди них были годы с избыточным, недостаточным и обычным для Камчатки количеством атмосферных осадков. Об устойчивости растений к недостатку влаги мы судили по оводненности листьев и их способности терять воду. С этой целью были проведены лабораторные эксперименты, описанные в главе 3. Результаты этих исследований представлены в таблице 4.6. Оводненность листьев у разных сортов, как это видно из таблицы, изменялась от 53,47 до 65,22%. Наиболее высокой оводненностью тканей, более 60,0%, обладали сорта Анастасия, Болгарский великан, Галина, Динамовка, Киевская распутиха, Коррадо, Лидия Норвежская, Русановка, Солнечная полянка, Фестивальная ромашка. Максимальный показатель был зафиксирован у сорта Японка.

Водный дефицит является характеристикой степени ненасыщенности водой растительных клеток. Он возникает в результате превышения ее расхода на транспирацию, особенно в жаркую и сухую погоду. Значительное повышение величины водного дефицита отмечалось у сорта Болгарский великан (29,21%). Низкими значениями водного дефицита (до 10,0 %) характеризовались сорта Атлас, Венгерка, Галина, Киевская распутиха, Коррадо, Русановка, Фестивальная и Фея.

Водоудерживающая способность растительных тканей является одним из факторов, определяющих стойкость к обезвоживанию, по ней судят о потере воды в листьях при завядании. Этот процесс зависит от их анатомического строения, химического состава и свойств компонентов протоплазмы, активности воды в клетке, физиологического состояния растения. Водоудерживающая способность используется в качестве основного показателя устойчивости растений к длительной засухе (Кушниренко, 1991).

Таблица 4.6 – Показатели относительной засухоустойчивости
сортов земляники (2012-2014 гг.)

Сорт	Оводненность листьев, %	Водный дефицит, %	Средняя потеря воды за 1 час увядания, %	Оценка засухоус- тойчивост и, балл	Степень засухоус- тойчивости
Анастасия	62,84±6,28	15,80±7,63	6,28±1,94	2,3	Средняя
Атлас	57,79±7,03	7,65±6,00	6,7±0,58	2,3	Средняя
Белруби	59,55±6,75	12,33±6,77	7,12±1,20	2,0	Низкая
Болгарский великан	61,71±6,43	29,21±9,47	7,46±1,40	2,0	Низкая
Венгерка	59,98±8,75	8,14±4,59	7,63±1,04	2,3	Средняя
Галина	61,21±2,45	8,13±10,68	6,18±0,59	2,7	Средняя
Гибрид 0-1	56,81±6,79	14,24±2,97	7,27±0,68	2,0	Низкая
Гренада	53,47±8,32	15,22±3,45	6,84±0,78	2,0	Низкая
Динамовка	60,95±4,14	11,83±2,84	7,67±1,24	2,3	Средняя
Киевская распутиха	61,99±0,97	9,73±4,03	7,17±1,01	2,7	Средняя
Корона	59,08±30,51	10,32±2,66	7,39±1,12	2,0	Низкая
Коррадо	61,15±5,43	8,61±3,70	6,53±0,26	2,7	Средняя
Лидия Норвежская	60,99±5,12	11,29±4,49	4,52±0,26	2,3	Средняя
Марышка	58,48±7,19	10,70±2,82	7,65±0,94	2,0	Низкая
Первоклассница	59,19±4,79	10,38±4,76	7,77±1,57	2,0	Низкая
Русановка	62,03±6,01	9,11±3,81	5,52±0,54	2,7	Средняя
Солнечная полянка	60,42±12,07	15,50±2,20	6,86±0,84	2,3	Средняя
Удивительная	58,23±3,69	11,56±3,31	5,94±0,21	2,0	Низкая
Фейерверк	57,26±6,69	13,79±4,39	3,77±1,31	2,0	Средняя
Фестивальная (к)	55,67±8,11	9,12±4,41	7,44±0,80	2,3	Средняя
Фестивальная ромашка	64,15±4,25	15,54±3,95	7,26±0,99	2,3	Средняя
Фея	58,51±6,90	7,59±6,24	7,75±1,94	2,3	Средняя
Фруктовая	56,24±7,98	11,34±4,68	6,66±1,11	2,0	Низкая
Японка	65,22±4,52	17,01±3,37	8,8±2,16	2,3	Средняя

Наименьшая скорость потери воды за 1 час увядания и высокая водоудерживающая способность отмечалась у листьев сорта Фейерверк (3,77%). Самая высокая скорость потери воды была установлена у сорта Японка (8,8%). В целом скорость потери воды за 1 час увядания листьев у других сортов находилась в пределах 3,77-8,80%, что свидетельствует о их высокой водоудерживающей способности.

На основании анализа данных, полученных в ходе изучения относительной засухоустойчивости, к группе сортов земляники с ее низкой степенью можно отнести Белруби, Болгарский великан, Гибрид 0-1, Гренаду, Корону, Марышку, Первоклассницу, Удивительную, Фруктовую; со средней степенью засухоустойчивости – Анастасию, Атлас, Венгерку, Галину, Динамовку, Киевскую распутиху, Коррадо, Лидию Норвежскую, Русановку, Солнечную полянку, Фейерверк, Фестивальную, Фестивальную ромашку, Фею и Японку. Комплексная оценка сортообразцов по шкале параметров водного режима листьев не выявила сортов с высокой степенью относительной засухоустойчивости.

Фертильность пыльцы и всхожесть семян

Повышение температуры во всем мире стало серьезной проблемой, которая влияет не только на рост растений, но и на развитие их репродуктивных органов. Когда растения сталкиваются с тепловым стрессом, процент прорастания семян, эффективность фотосинтеза и урожайность снижаются. При тепловом стрессе в период репродуктивного роста микроспорогенез и развитие тапетума – специализированного слоя питательных клеток, находящихся внутри пыльника, прекращается и пыльник диспластизируется (Свинцова и др., 2014).

О репродуктивной специфике растений судят по качеству пыльцевых зерен и их адаптации к условиям произрастания (Батыгина, 2010). Считается, что нарушение их нормального развития является ответной реакцией растительного организма на воздействие неблагоприятных внешних факторов, особенно в критические периоды развития пыльника. О созревании пыльников у наших растений мы судили по изменению их цвета от зеленовато-желтого до светло-коричневого (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 – Цветок земляники с пыльниками (отмечены стрелками) незрелыми (1) и зрелыми (2)

Отметим, что в практически зрелом пыльнике, даже у растений с высокой репродуктивной способностью, помимо нормальной пыльцы имеется определенное количество аномальных пыльцевых зерен (Куприянов, 1989). Одной из причин нарушения развития генеративных органов интродуцентов считают саму интродукцию, как смену природного ареала растения, отмечая, что более других органов растений восприимчивы к этому мужские гаметофиты (Левина, 1981).

Качество пыльцы связано с понятием «реальная семенная продуктивность» - важнейшим показателем оценки системы семенного размножения. Стабильное получение качественных семян у интродуцированных растений зависит от качества их зрелой пыльцы, которое в свою очередь во многом определяется морфогенезом пыльника. Поэтому знание особенностей его развития и биологии прорастания семян земляники крупноплодной для оценки адаптированности ее культивируемых сортов (Батурин, 2011). Она определялась в ходе микроскопического изучения постоянных препаратов и подсчета количества равномерно окрашенных округлых (фертильных) пыльцевых зерен, неравномерно окрашенных деформированных (стерильных) зерен (рисунок 4.7).

Сравнительный анализ фертильности пыльцы у разных генетических линий земляники выявил пределы варьирования ее среднего значения по сортам в разные годы исследований от 29,7 до 60,1 % (Дахно, 2018а). Максимальный уровень стерильности пыльцы у изучаемых сортов наблюдался в 2014 году, фертильность составила 29,7% (таблица 4.7). Наиболее высокие средние значения качества пыльцы по сортам отмечались в 2013 и 2015 гг. (60,0 и 60,1 %, соответственно). Такой показатель фертильности является достаточным для эффективного опыления и оплодотворения (Абрамова, 1979).

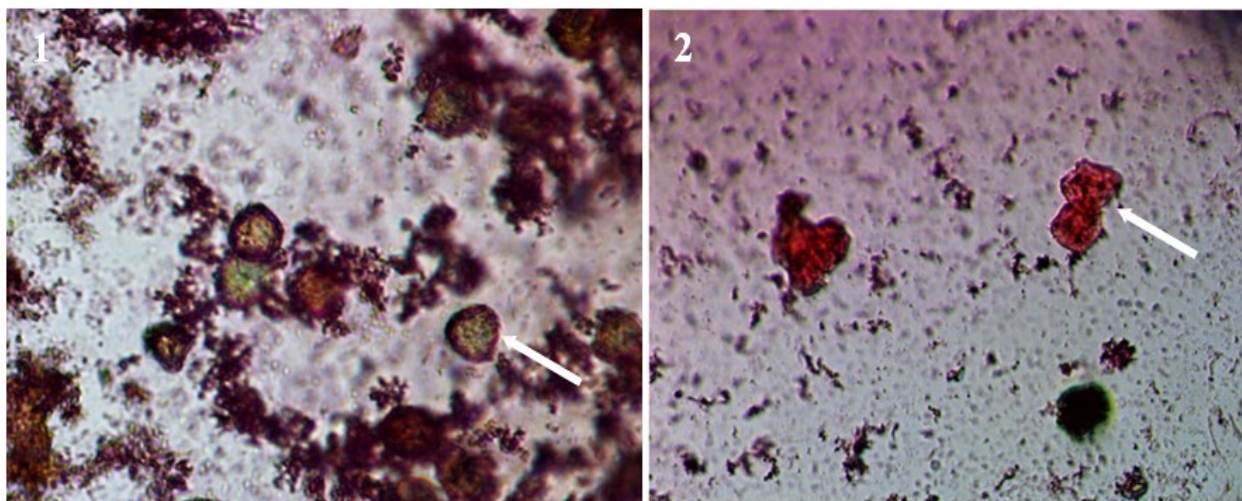


Рисунок 4.7 – Пыльцевые зерна земляники (отмечены стрелками) фертильные
(1)
и стерильные (2)

В процессе наших исследований высокие значения качества пыльцы были выявлены у сортов Атлас, Белруби, Галина, Динамовка, Корона, Первоклассница, Русановка, Солнечная полянка, Удивительная, Фестивальная, Фея, Японка. Это позволило отнести их к высокофертильным. Значения коэффициента вариации (CV) по фертильности пыльцы отражает влияние погодных условий на формирование фертильных пыльцевых зерен у сортов земляники. Данные таблицы 4.7 показывают, что в годы исследований наблюдалась большая изменчивость этого показателя у всех сортов.

Таблица 4.7 – Показатели фертильность пыльцы у сортов земляники крупноплодной (2013-2015 гг.)

Сорт	Фертильность в разные годы, %				Коэффициент вариации (CV), %	Качество пыльцы
	2013	2014	2015	Среднее		
Анастасия	36	58	37	43,7	23,2	Ф
Атлас	48	46	70	54,7	19,9	ВФ
Белруби	49	18	88	51,7	55,4	ВФ
Болгарский великан	36	12	85	44,3	68,7	Ф
Венгерка	54	16	29	33,0	47,8	Ф
Галина	65	25	72	54,0	38,3	ВФ
Гибрид 0-1	27	63	57	49,0	32,1	Ф
Гренада	64	42	41	49,0	21,7	Ф
Динамовка	62	36	78	58,7	29,5	ВФ
Киевская распутиха	71	18	44	44,3	50,6	Ф
Корона	87	9	77	57,7	60,1	ВФ
Коррадо	44	35	66	48,3	26,9	Ф
Лидия Норвежская	73	12	32	39,0	65,1	Ф
Марышка	57	13	56	42,0	48,8	Ф
Первоклассница	80	18	53	50,3	50,5	ВФ
Русановка	73	32	78	61,0	33,8	ВФ
Солнечная полянка	85	37	61	61,0	32,1	ВФ
Удивительная	78	28	69	58,3	37,3	ВФ
Фейерверк	70	18	57	48,3	45,8	Ф
Фестивальная (к)	59	24	77	53,3	41,3	ВФ
Фестивальная ромашка	58	38	49	48,3	16,9	Ф
Фея	71	31	57	53,0	31,3	ВФ
Фруктовая	20	19	75	38,0	68,9	Ф
Японка	74	64	35	57,7	28,7	ВФ
Среднее по сортам	60,0	29,7	60,1			

Примечание: ВФ – высокофертильная;
Ф – фертильная

Так из изученных 24 сортообразцов земляники крупноплодной у 2 выявлено среднее варьирование значений фертильности пыльцы (от 10 до 20%), а у остальных 22 – сильное (более 20%). Среднее варьирование значений фертильности пыльцы отмечалось только у сортов Атлас (от 19,9%)

и Фестивальная ромашка (16,9%). Это свидетельствует о значительном влиянии погодных условий на качество пыльцы в период ее формирования.

Воздействие климатических условий подтверждают не только выявленные различия по фертильности пыльцы у одних и тех же сортов в разные годы исследований, а также анализ качества пыльцы в 2014, наиболее неблагоприятном по погодным условиям году, с малым количеством осадков, когда были зафиксированы невысокие показатели фертильности, а в целом, высокой адаптивности вида к изменчивости погодных условий. Наименьшее варьирование признака фертильности пыльцы, в сравнении с другими изучаемыми генетическими линиями, отмечалось у сортов Атлас, Галина, Динамовка, Русановка, Солнечная полянка, Удивительная, Фестивальная, Фея, Японка (19,9-38,3%), при высоких значениях качества пыльцы (53,0-61,0%) (таблица 4.7).

Семена земляники крупноплодной отличаются медленным прорастанием. Оно отмечалось на 15-30 день после посева в чашку Петри с промоченной водой фильтровальной бумагой (рисунок 4.8).

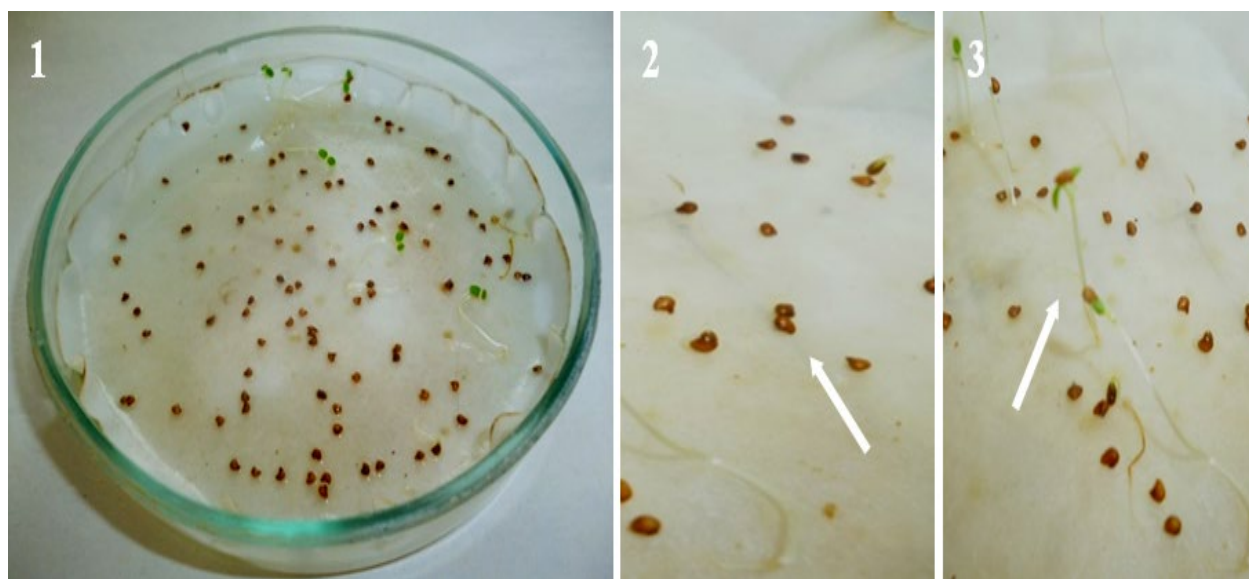


Рисунок 4.8 – Прорастание семян земляники крупноплодной: общий вид (1); непроросшие (2) и проросшие (3) семена (отмечены стрелками)

В таблице 4.8 по всхожести семян у изучаемых генетических линий анализ показывает, что их более раннее прорастание присуще для сортов: Атлас, Корона, Первоклассница, Русановка, Удивительная, Фестивальная, Фея, Фруктовая (15 дней). Остальные семена сортов земляники прорастали дольше, в течение 20-30 дней. Продолжительность прорастания до образования семядолей варьировало от 35 до 60 дней.

Таблица 4.8 – Показатели всхожести семян у сортов земляники крупноплодной (2013-2015 гг.)

Сорт	Начало прорастания, день	Продолжительность прорастания, день	Всхожесть, %	Коэффициент вариации (CV), %
Анастасия	30	60	3,5	14,3
Атлас	15	60	32,0	43,8
Белруби	25	60	33,5	79,5
Болгарский великан	30	50	11,0	42,1
Венгерка	20	50	27,5	9,1
Галина	30	45	3,5	14,3
Гибрид 0-1	30	60	24,5	22,5
Гренада	30	60	20,5	60,9
Динамовка	20	40	5,5	12,7
Киевская распутиха	30	35	5,0	40,0
Корона	15	60	17,5	14,2
Коррадо	20	40	6,5	9,1
Лидия Норвежская	20	50	35,0	60,0
Марышка	20	35	8,5	88,9
Первоклассница	15	60	13,5	70,4
Русановка	15	50	26,5	24,5
Солнечная полянка	20	60	15,5	3,2
Удивительная	15	60	21,5	39,5
Фейерверк	30	50	7,5	20,0
Фестивальная (к)	15	50	18,5	29,9
Фестивальная ромашка	25	50	20,5	2,4
Фея	15	60	4,5	11,1
Фруктовая	15	35	7,5	87,5
Японка	30	60	7,0	42,7
Среднее по сортам	-	-	15,7	-
НСР ₀₅	6,7	8,3	-	-

Метеорологические условия разных лет вегетации растений, под воздействием которых происходило формирование семян, достаточно различались по тепло- и влагообеспеченности. Всхожесть семян у разных сортов земляники колебалась от 3,5 до 35,0%.

Коэффициент вариации всхожести семян у разных сортов колебался от 2,4 до 88,9%, что связано с разными условиями их формирования в разные годы исследований. Значения всхожести семян (18,5-33,5%), превышающие среднее по сортам (15,7%), имели сортообразцы Атлас, Белруби, Венгерка, Гибрид 0-1, Гренада, Корона, Лидия Норвежская, Русановка, Удивительная, Фестивальная, Фестивальная ромашка. При этом, только сорта Венгерка и Фестивальная ромашка отличались слабым варьированием показателя.

В результате проведенных исследований были выделены как высокофертильные сорта Фестивальная, Динамовка, Фея, Атлас, Японка, Галина, Русановка, Удивительная, Солнечная полянка. Средней изменчивостью фертильности характеризовался только сорт Атлас, у остальных образцов отмечалось сильное варьирование показателя качества пыльцы.

Таким образом, изучение фертильности пыльцы и всхожести семян у разных сортов земляники показывает, что даже в неблагоприятных погодных условиях юго-восточной Камчатки, при недостатке и избытке почвенной влаги, перепадах температуры, земляника в целом сохраняет свой потенциал к половому размножению. Относительно низкая всхожесть семян и длительный период их прорастания до момента окончания формирования первых эмбриональных листочков из семядолей является функцией неблагоприятного абиотического воздействия, что характерно для интродуцируемых видов в связи со сменой природного ареала растения. Именно поэтому он демонстрирует высокую способность к вегетативному размножению, приводящему к формированию множественных клоновых растений.

4.3 Оценка устойчивости сортов земляники крупноплодной к биотическим факторам среды

Белая пятнистость

Отрицательное влияние эколого-климатических условий, выражающееся в резких перепадах температуры во время вегетации, вызывают «стрессы», ведущие к снижению защитных реакций и поражаемости растений грибными болезнями (Холод, 2013). Наибольший вред землянике крупноплодной приносят серая гниль, белая пятнистость, мучнистая роса (Стольникова, 2009; Говорова, Говоров, 2016). Поражение этими грибами один из главных факторов, снижающих продуктивность земляники, и ведущий к значительной потере урожая (Айтжанова, 1995; Кашин, 1995; Говорова, Говоров, 2016). На юго-востоке Камчатского края ведущую роль по степени ее повреждения занимают серая гниль и белая пятнистость листьев (Винокурова, 2002). При этом белая пятнистость листьев является одним из наиболее распространенных заболеваний. Ее возбудителем является гриб *Ramularia tulasnei* Sacc., который паразитирует исключительно на видах рода *Fragaria* (Стольникова, 2012; Лукьянчук, 2013; Невоструева, Андреева, 2021). Развивается он в широком диапазоне температуры от 5 до 35 °C, но наиболее благоприятной для него является температура 18-23 °C. *R. tulasnei* поражает листья, черешки, цветоносы, чашелистики и цветоножки земляничного растения. Массовое развитие заболевания наблюдается преимущественно во второй половине лета, после сбора урожая, особенно в сырую погоду. Тогда на листьях появляются красновато-бурые пятна, которые позже становятся беловатыми с темно-красным ободком (рисунок 4.9). Через некоторое время центральная белая часть пятна выпадает, что является характерным признаком данного заболевания (Стольникова, 2009, 2012; Говорова, Говоров, 2016). Зимует патоген в тканях сухих и зелёных зимующих листьев, а заражение этим грибом начинается с момента отрастания весенних молодых листьев и

продолжается до конца плодоношения (Винокурова, 2002; Невоструева, Андреева, 2021). При сильном поражении растений теряется 12-40% урожая, а иногда и весь товарный урожай (Говорова, 2003).

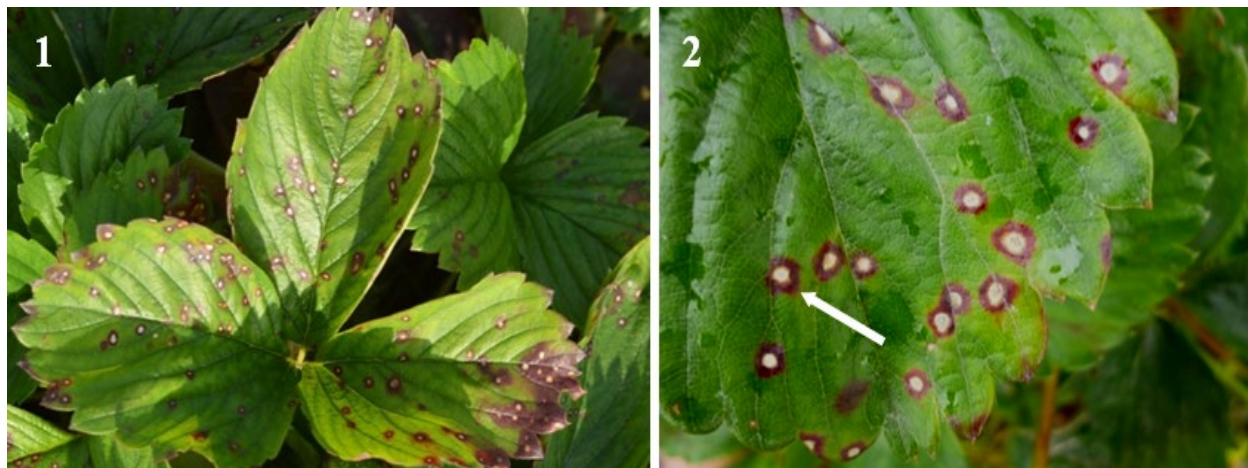


Рисунок 4.9 – Листья земляники, пораженные белой пятнистостью:

1 – пораженный лист в начале заболевания; 2 – пораженный лист после формирования у гриба органов размножения (отмечены стрелкой)

Оценка интродуцированных сортов по устойчивости к белой пятнистости приведена в таблице (таблица 4.9). Из представленных в ней данных видно, что в 2012 и 2013 гг. отмечалась слабая степень поражения у сортов Венгерка, Корона, Лидия Норвежская, Первоклассница, Русановка, Удивительная, Фестивальная, Фруктовая, средняя степень была зафиксирована у сортов Болгарский великан, Фейерверк и Японка. У остальных сортов признаки этого заболевания не были обнаружены.

В 2014 г. сильное поражение было выявлено у сортов Русановка и Удивительная. В 2015 г. отмечалось наибольшее из всех лет наблюдений поражение растений. Сильное поражение белой пятнистостью в тот год этим возбудителем выявлено у сортов Болгарский великан, Русановка, Удивительная; средняя у сортов Венгерка, Галина, Корона, Лидия Норвежская, Марышка, Фейерверк, Фея, Фруктовая. Отсутствовало оно у

сортов Первоклассница и Солнечная полянка; у остальных генетических линий наблюдалось слабое поражение.

В 2016 г. средняя степень поражения наблюдалась лишь у сорта Лидия Норвежская. Абсолютную устойчивость к заболеванию проявили сорта Белруби, Динамовка, Коррадо, Атлас, Анастасия, гибрид 0-1, Солнечная полянка и Фестивальная ромашка. У остальных сортов отмечалась слабая степень поражения.

Таблица 4.9 – Поражение листьев белой пятнистостью
у сортов земляники крупноплодной

Сорт	Степень поражения белой пятнистостью в разные годы, балл				
	2012	2013	2014	2015	2016
Анастасия	0	0	0	1,5	0
Атлас	0	0	0	1,5	0
Белруби	0	0	0	0,5	0
Болгарский великан	1,0	1,5	2,0	3,5	1,5
Венгерка	1,0	1,0	2,0	2,5	0,5
Галина	0	0	1,0	2,5	0,5
Гибрид 0-1	0	0	0	0	0
Гренада	0,5	0	1,0	0,5	0,5
Динамовка	0	0	0	0,5	0
Киевская распутиха	0	0	0	1,5	0,5
Корона	1,0	1,0	1,0	2,5	1,0
Коррадо	0	0	0	0,5	0
Лидия Норвежская	1,0	1,0	2,0	2,5	2,0
Марышка	0	0	1,0	2,5	1,0
Первоклассница	0	1,0	1,0	0	0,5
Русановка	0,5	1,0	3,0	3,5	1,5
Солнечная полянка	0	0	0	0	0
Удивительная	1,0	1,0	3,0	3,5	1,5
Фейерверк	1,0	1,5	1,5	2,5	1,0
Фестивальная (к)	0,5	1,0	1,0	0,5	1,0
Фестивальная ромашка	0	0	0	0,5	0
Фея	0	0	2,0	2,5	0,5
Фруктовая	0,5	1,0	1,0	2,5	0,5
Японка	0,5	1,5	1,5	1,5	1,0

Из таблицы 4.9 видно, что наиболее устойчивыми к поражению белой пятнистостью являются сорта: Белруби, Гибрид 0-1, Динамовка, Коррадо, Солнечная полянка, Фестивальная ромашка; самыми неустойчивыми – Болгарский великан, Русановка и Удивительная. Все остальные как показали наши исследования характеризуются средней устойчивостью к белой пятнистости листьев.

Серая гниль

Серая гниль также является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний земляники (Hebert et al., 2000; Горбунов и др., 2024; Невоструева, 2025). Возбудителем болезни является факультативный паразит – гриб *Botrytis cinerea* Pers. Он развивается в широких температурных пределах от 0 до 28 °С. Оптимальной температурой воздуха является диапазон 18-20 °С и относительная влажность 100% (рисунок 4.10). Поражает гриб листья, бутоны, цветки, завязи, и главным образом, ягоды (Говорова, Говоров, 2016).



Рисунок 4.10 – Плоды земляники в период созревания, пораженные серой гнилью: 1 – начальная стадия развития болезни (отмечено стрелкой);
2 – развитие конидиев на поверхности плода (отмечено стрелкой)

Для развития серой гнили необходима капельножидкая влага, поэтому болезнь усиливается при частом выпадении осадков, обильных росах, в загущенных или заросших сорняками посадках, а также при избыточном удобрении (Бенне, 1978; Стольникова, 2009; Хапова, 2016). Устойчивость земляники к серой гнили недостаточно изучена. Абсолютно устойчивых, иммунных генетических линий к этому заболеванию нет (Абызов, 2010; Мартынова, 2011, Камедько, Пугачёв, 2022). Известно, что серая гниль особенно широко распространена в регионах с муссонным климатом, большим количеством осадков и прохладным летом. Во влажные годы от серой гнили уничтожается 40-50% и даже 80% урожая. Особенно заметно эта болезнь проявляется на плодах в период их созревания. Вначале у них появляются размягченные бурые пятна, затем они быстро распространяются, сливаются и покрывают всю поверхность ягоды серым пушистым налетом из конидиеносцев гриба (Говорова, Говоров, 2015, 2016).

В таблице 4.10 приведены данные по распространению и развитию серой гнили у разных сортов земляники крупноплодной в разные годы. По результатам исследований устойчивости сортов к серой гнили плодов они были разделены на 2 группы: среднеустойчивые и неустойчивые. В группу устойчивых не вошел ни один из изучаемых сортов, к среднеустойчивым отнесены Белруби, Болгарский великан, Галина, Гренада, Корона, Лидия Норвежская, Марышка, Удивительная. Остальные сорта отнесены нами в группу неустойчивых к серой гнили.

Таким образом, только сорта Белруби, Галина, Гренада, Корона, Лидия Норвежская, Марышка были наиболее устойчивыми к обоим возбудителям – белой пятнистости и серой гнили, остальные генетические линии демонстрировали отсутствие устойчивости к этим грибным заболеваниям. Несмотря на погодно-климатические условия, благоприятно складывающиеся для развития *Podosphaera macularis* (Wallr.) U. Braun & S. Takam. в годы

исследования мучнистой росы на надземных органах культиваров земляники крупноплодной не наблюдалось.

Таблица 4.10 – Поражение ягод серой гнилью у сортов земляники

Сорт	Степень поражения серой гнилью в разные годы, %				
	2012	2013	2014	2015	2016
Анастасия	0	3,2	52,5	18,2	12,8
Атлас	0,4	4,8	31,0	15,9	41,2
Белруби	0,5	1,5	18,0	6,1	14,8
Болгарский великан	0,3	4,1	10,0	20,0	6,0
Венгерка	1,3	2,3	24,5	21,9	23,3
Галина	0,1	0,7	12,5	6,4	7,1
Гибрид 0-1	0,6	3,1	6,0	11,1	45,5
Гренада	0	1,9	18,0	10,2	12,8
Динамовка	0,5	0,5	28,0	11,3	12,6
Киевская распутиха	0,3	3,5	16,0	22,4	1,1
Корона	0	0,4	16,0	5,1	7,3
Коррадо	0,9	0,9	24,0	8,9	10,8
Лидия Норвежская	0	0,3	6,5	6,7	3,3
Марышка	0	0,9	14,0	4,5	10,6
Первоклассница	0,8	4,1	31,0	10,5	18,1
Русановка	0	0,8	7,0	2,3	37,2
Солнечная полянка	0,7	1,8	26,0	20,7	18,0
Удивительная	0	1,1	14,5	1,4	12,5
Фейерверк	0,6	4,1	23,0	20,4	10,3
Фестивальная (к)	1,1	2,1	21,0	20,1	24,5
Фестивальная ромашка	0,9	3,4	16,0	24,1	13,6
Фея	1,3	1,3	34,5	5,6	7,6
Фруктовая	0	4,2	26,5	19,7	22,8
Японка	1,3	3,3	20,0	27,5	14,5

В результате оценки влияния биотических факторов среды на землянику крупноплодную нами установлено, что наибольшие потери урожая в благоприятные для развития болезни годы были от поражения плодов серой гнилью, снижающие продуктивность растений у некоторых генетических линий от 30 до 50%.

ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ *FRAGARIA ANANASSA* DUCH. И КАЧЕСТВА ПЛОДОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КАМЧАТКИ

5.1 Особенности развития морфоструктурных компонентов куста у культиваров *Fragaria ananassa* Duch. и их влияние на продуктивность растений

Продуктивность растений зависит от генотипа и лимитируется неблагоприятными условиями вегетации и перезимовки (Айтжанова, Андронов, 1995, 1996; Жученко, 1988; Андропова, 2018). Потенциальная продуктивность определяется генотипом растения, фактическая – конкретными условиями выращивания. Она зачастую не отражает потенциальные возможности сортов, так как степень реализации потенциальной продуктивности обусловлена воздействием факторов внешней среды на физиологические процессы, происходящие в организме растения. Величина фактической продуктивности определяется соотношением потенциальной продуктивности и экологической устойчивости растений, в том числе, затратами ассимилированных веществ на защитно-компенсаторные реакции (Жученко, 2004).

Продуктивность куста земляники определяют множество компонентов, таких как: площадь листовой поверхности, число рожков, цветоносов, цветков на цветоносе, количество опыленных цветков, количество завязавшихся и вызревших ягод, их масса, но наиболее значимыми являются показатели генеративной сферы растения. Именно они – число цветоносов, цветков и средняя масса ягоды, являются слагаемыми потенциальной продуктивности. Научные данные свидетельствуют о высокой положительной корреляционной связи между количеством у растения цветоносов и его продуктивностью

(Костин, 2005; Орлова, 2018). Ее важнейшим показателем является количество ягод на куст. Однако с увеличением их числа, как правило, может снижаться их средняя масса.

Многими исследователями установлена довольно высокая положительная корреляционная связь между количеством ягод на растении и продуктивностью куста (Айтжанова, 2002; Костин, 2005; Мартынова, 2011). Третьим компонентом продуктивности является средняя для растения масса ягоды. Она в свою очередь определяется плодородием почвы и уровнем водообеспеченности. Таким образом, число цветоносов, цветков и средняя масса ягоды представляют слагаемые потенциальной продуктивности. В свою очередь, каждый из этих морфоструктурных компонентов по-разному влияет на фактическую продуктивность растений земляники (Белых и др., 1992; Костин, 2005; Никиточкина и др., 2007; Дахно, 2019; Салимова, 2022).

В таблице 5.1 представлены данные по ее основным компонентам. Одним из наиболее важных среди них является число цветоносов на куст. В наших исследованиях этот показатель варьировал от 4,0 до 9,6 штук (Дахно, 2019а). По числу цветоносов выделились сорта Гренада (9,2 шт.), Первоклассница (9,6 шт.), Солнечная полянка (7 шт.), Фейерверк (7 шт.), Фестивальная (6,8 шт.), Фея (7 шт.), Фруктовая (9,2 шт.) и Японка (9,0 шт.).

Наибольшее количество цветков на цветонос отмечалось у сортов Анастасия (6,1 шт.), Атлас (7,8 шт.), Галина (6,1 шт.), Коррадо (5,6 шт.), Лидия Норвежская (5,6 шт.), Марышка (5,5 шт.), Первоклассница (6,5 шт.), Солнечная полянка (6,2 шт.), Фестивальная (5,4 шт.), Фея (7,8 шт.) и Японка (7,0 шт.) (таблица 5.1).

Средняя масса ягоды у исследуемых сортов колебалась от 3,7 до 13,5 г. Очень крупными плодами со средней массой 12 г и более отличались сорта Венгерка (13,2 г) и Японка (13,5 г). Максимальная масса ягоды у них достигала - 20,2 и 14,5 г, соответственно. Крупные плоды, от 9,0 до 12,0 г, сформировал сорт Болгарский великан (10,3 г). Большинство других сортов

Анастасия, Атлас, Белруби, Галина, Динамовка, Коррадо, Первокласница, Фейерверк, Фестивальная ромашка, Фруктовая имели средние по размеру ягоды, от 6,0 до 9,0 г. К этой группе относятся сорта. Представители остальных генетических линий отличались более мелкими ягодами от 3,0 до 6,0 г.

Таблица 5.1 – Показатели основных компонентов продуктивности у сортов земляники крупноплодной (2012-2016 гг.)

Сорт	Число цветоносов на куст, шт.	Число цветков на цветонос, шт.	Средняя масса одной ягоды, г	Максимальная масса одной ягоды, г
Анастасия	6,2±2,07	6,1±1,25	7,9±3,12	8,3±1,01
Атлас	5,8±1,51	7,8±1,19	8,7±1,83	11,3±2,89
Белруби	4,0±0,93	4,9±0,71	6,3±0,92	11,2±2,18
Болгарский великан	5,2±1,14	4,6±0,91	10,3±1,60	13,4±1,38
Венгерка	4,2±0,96	4,9±0,87	13,2±3,21	14,5±1,79
Галина	5,6±1,15	6,1±0,67	7,8±0,69	10,2±0,69
Гибрид 0-1	3,2±0,82	4,1±1,12	5,2±1,41	7,0±0,90
Гренада	9,2±2,48	5,4±0,57	5,9±0,75	9,0±0,54
Динамовка	6,0±2,06	4,8±0,74	7,5±0,87	12,5±2,09
Киевская распутиха	4,2±1,08	3,6±0,97	5,7±0,52	8,0±0,94
Корона	4,0±1,17	3,8±0,55	3,9±0,69	5,5±0,36
Коррадо	4,2±0,65	5,6±0,27	7,7±1,05	12,8±2,20
Лидия Норвежская	5,6±1,64	5,6±0,90	4,2±0,79	7,4±1,42
Марышка	6,0±1,27	5,5±1,06	5,3±0,63	7,4±0,73
Первокласница	9,6 ±1,76	6,5±0,95	7,6±1,20	10,2±1,07
Русановка	4,6±1,64	4,2±0,74	4,3±0,23	5,3±0,49
Солнечная полянка	7,0±1,93	6,2±2,10	4,8±0,86	11,9±2,12
Удивительная	6,0±1,90	4,2±0,55	3,7±0,79	5,4±0,74
Фейерверк	7,0±2,69	4,7±0,49	7,3±1,05	10,28±2,05
Фестивальная (к)	6,8±1,78	5,4±0,97	5,7±0,65	8,8±1,49
Фестивальная ромашка	4,0±0,93	4,7±0,89	8,8±1,40	13,2±2,44
Фея	7,0±1,22	7,8±2,05	4,5±0,44	7,4±1,09
Фруктовая	9,2±2,55	5,2±1,29	7,9±1,63	11,9±1,38
Японка	9,0±2,09	7,0±2,15	13,5±2,60	20,2±2,65
НСР ₀₅	3,1	2,5	2,2	4,3

Коэффициент вариации числа цветоносов на куст в разные годы исследований находился в пределах 31,04-76,93%, что свидетельствует о значительной его изменчивости у изученных сортов (рисунок 5.1). Высокая вариабельность этого признака объясняется его сильной зависимостью от погодных условий конкретного года, особенно температурного режима в период закладки генеративных почек и зимовки (Костин, 2005). Наиболее стабильные его показатели при его высоких значениях имели сорта Фея (CV=34,99 %) и Первоклассница (CV=39,28 %).

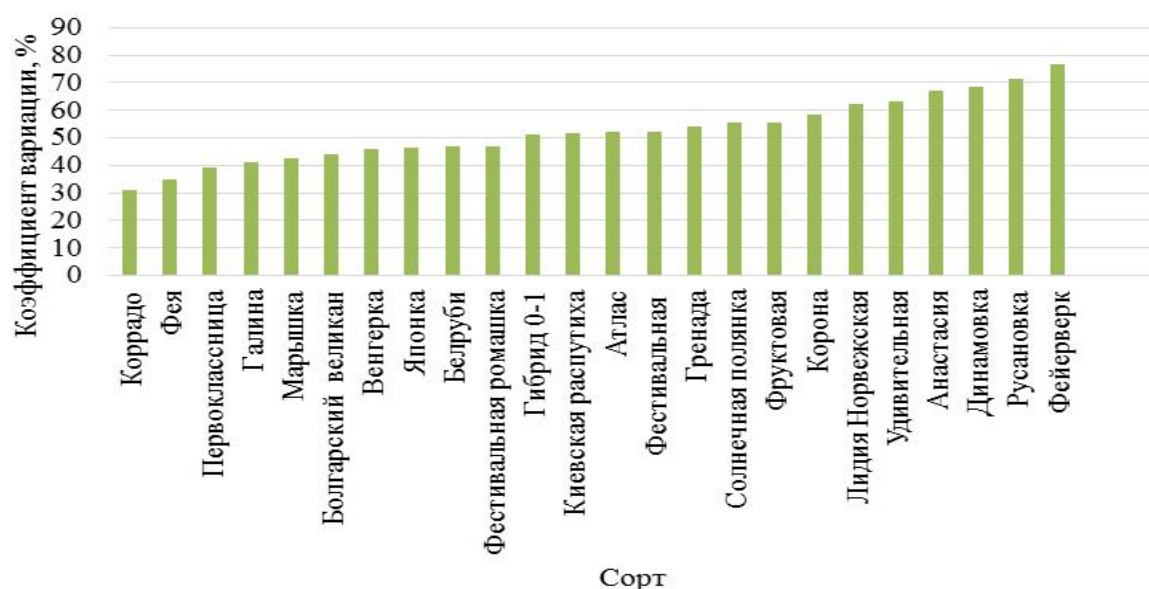


Рисунок 5.1 – Коэффициент вариации количества цветоносов на куст у сортов земляники крупноплодной (2012-2016 гг.)

Коэффициент вариации по количеству цветков на цветонос находился в пределах 9,78-67,86%, с наименьшим значением показателя у сорта Корrado (9,78%) (рисунок 5.2).

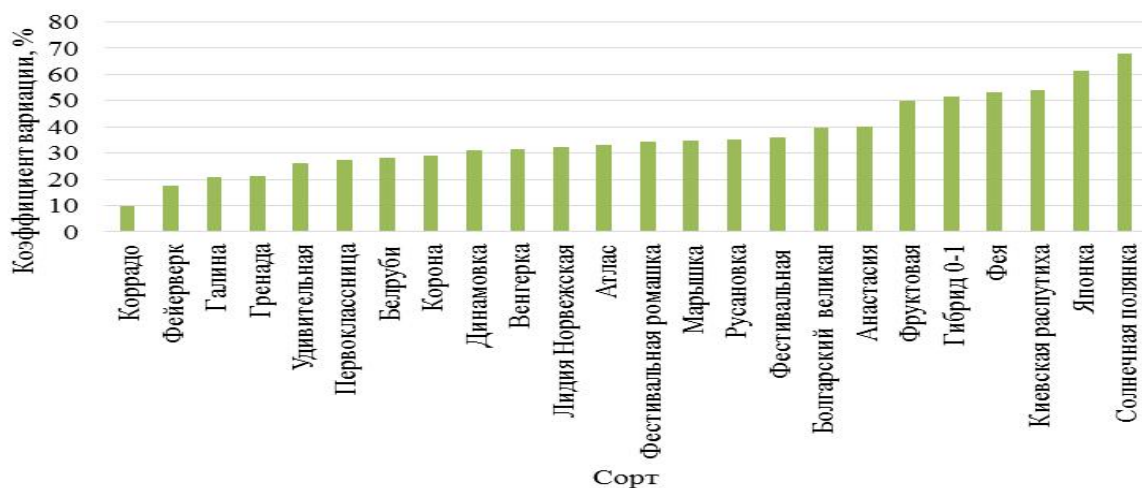


Рисунок 5.2 – Коэффициент вариации количества цветков на цветонос у сортов земляники крупноплодной (2012-2016 гг.)

Коэффициент вариации по средней массе плода отмечался в пределах 12,45-56,72% (рисунок 5.3). Среднюю степень его изменчивости имели сорта Русановка (12,45%), Киевская распутиха (14,43%) и Галина (16,72%).

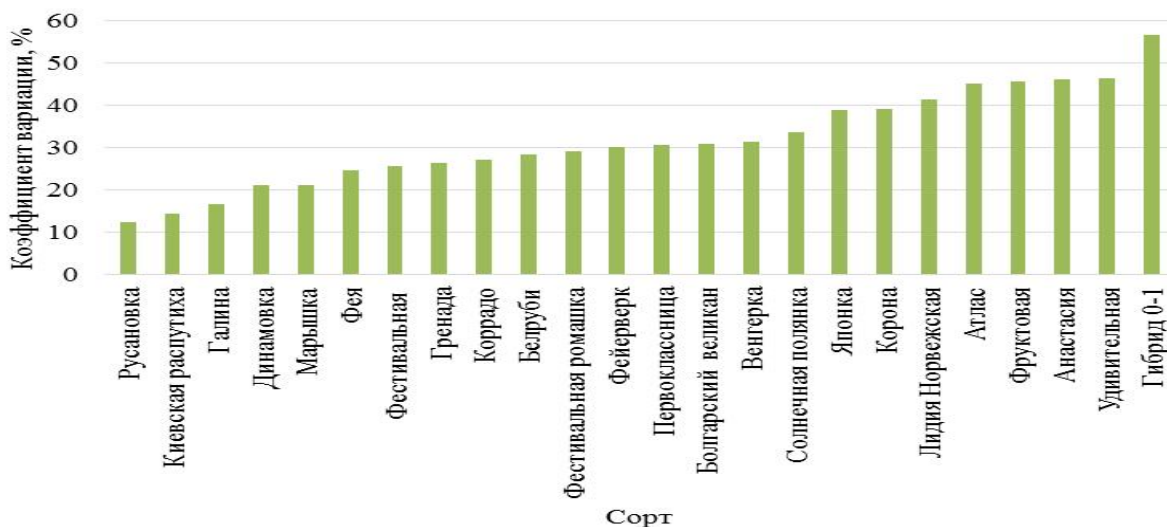


Рисунок 5.3 – Коэффициент вариации средней массы ягоды у сортов земляники крупноплодной (2012-2016 гг.)

Сравнительный анализ потенциальной продуктивности у различных образцов земляники позволил выявить сорта с высокими значениями данного показателя. Высокой потенциальной продуктивностью отличались сорта

Атлас – 387,9 г/куст (14,4 т/га), Гренада – 308,0 г/куст (11,4 т/га), Первокласница – 463,3 г/куст (17,2 т/га), Фруктовая – 373,2 г/куст (13,8 т/га) и Японка – 869,4 г/куст (32,2 т/га) (рисунок 5.4).

У сорта Японка высокую потенциальную продуктивность определили отличные показатели всех 3 компонентов продуктивности; у сорта Первокласница – это были число цветоносов на куст и цветков на цветонос; у сорта Атлас – число цветков на цветонос, а у сортов Фруктовая и Гренада – число цветоносов на куст.

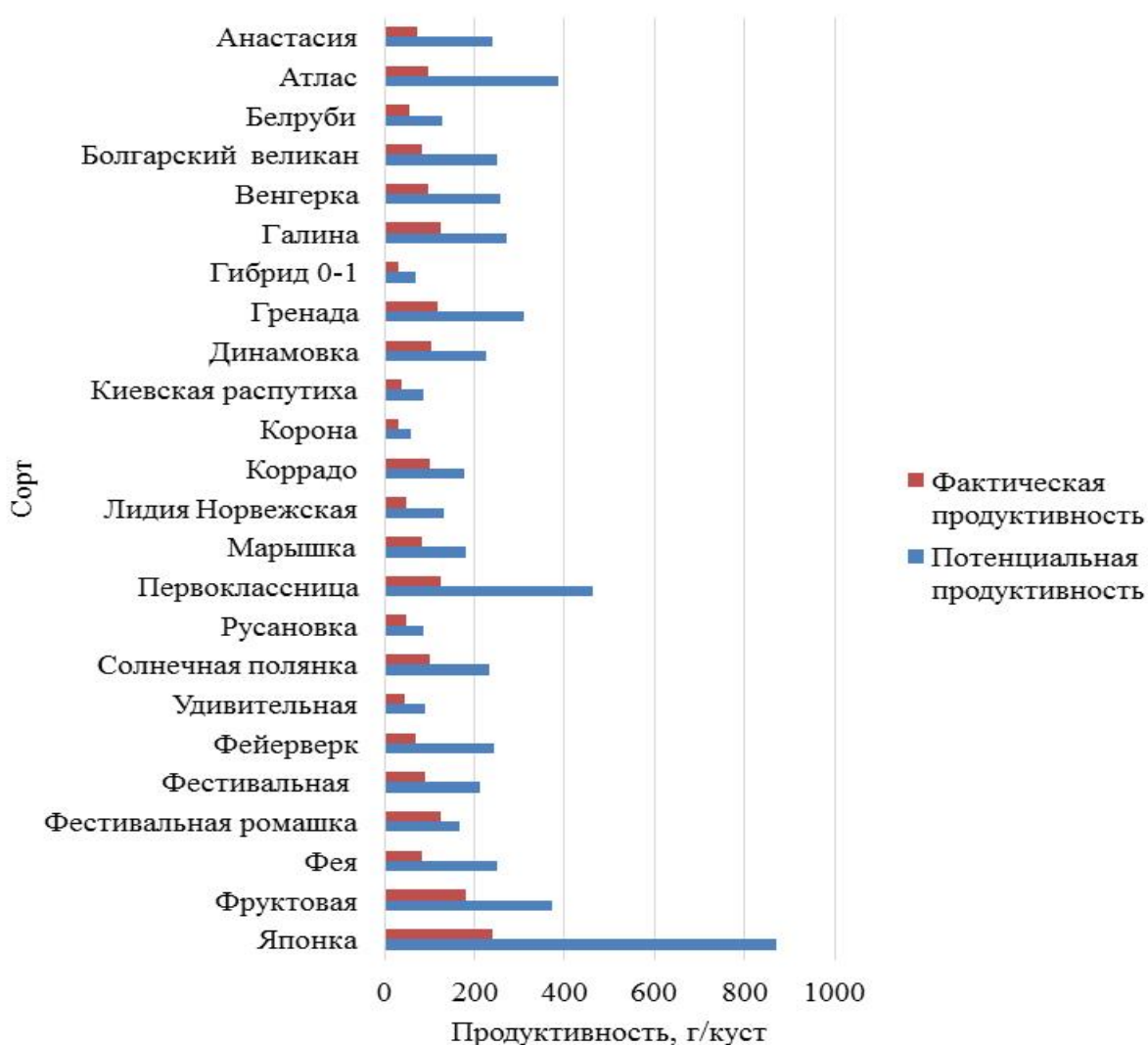


Рисунок 5.4 – Показатели потенциальной и фактической продуктивности сортов земляники (2012-2016 гг.)

Результаты проведенного нами корреляционного анализа показали, что высокую степень влияния на потенциальную продуктивность оказывают морфоструктурные компоненты куста, абиотические и биотические факторы. В группе морфоструктурных компонентов куста наблюдается положительная связь: наибольшее влияние оказывает средняя масса ягоды ($r=0,73$) и число цветоносов на куст ($r=0,71$) (рисунок 5.5). Среди абиотических факторов наибольшее отрицательное влияние выявлено для низких зимних температур ($r=-0,76$). В группе биотических факторов сильное негативное воздействие оказывает поражение серой гнилью ($r=-0,68$)

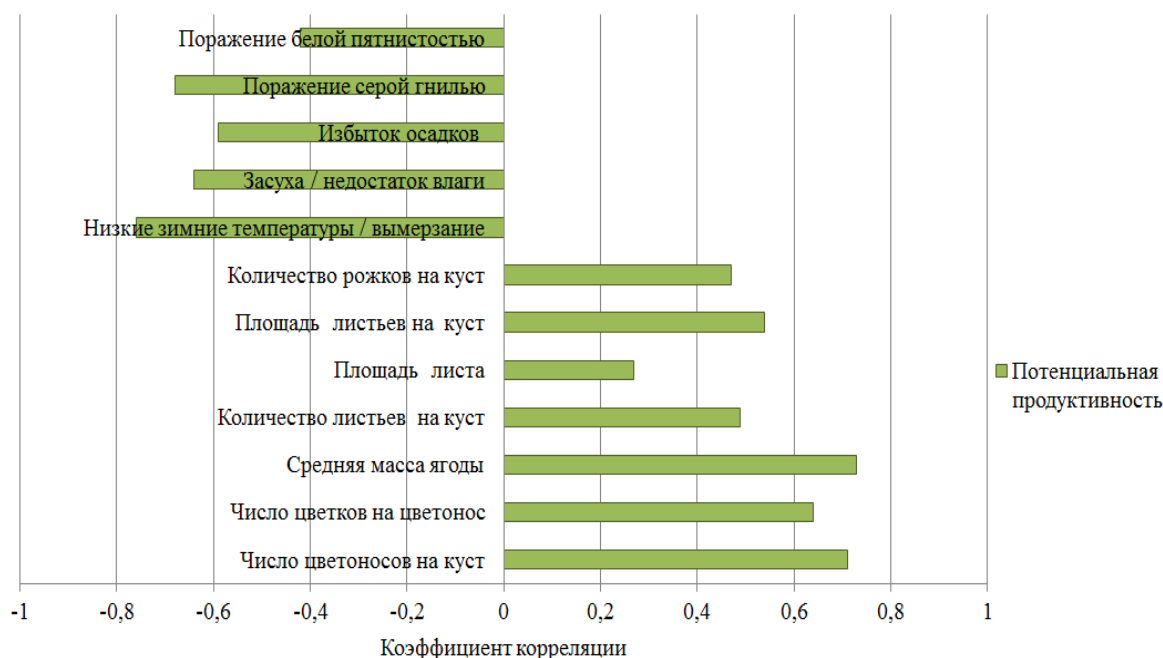


Рисунок 5.5 – Корреляция потенциальной продуктивности от морфоструктурных компонентов куста земляники и показателей абиотических и биотических факторов (n=240)

Анализ полученных данных выявил прямую зависимость средней силы между потенциальной продуктивностью и числом цветков на цветонос ($r=0,6$). Низкие ее значения (менее 100,0 г с куста) отмечались у сортообразцов Корона (57,8 г/куст), Гибрид 0-1 (69,9 г/куст), Русановка (85,0 г/куст),

Удивительная (90,7 г/куст) и Киевская распутиха (87,7 г/куст). Потенциальная продуктивность всех изученных сортов земляники варьировала в достаточно широких пределах. Минимальное ее значение составило 57,8 г/куст у сорта Корона; максимальное – 869,4 г/куст у сорта Японка. У ранее районированного сорта Фестивальная ее среднее значение за период 2012-2021 гг. составило 213,0 г/куст. Величина фактической продуктивности варьировала от 30,0 (сорт Корона) до 240,2 г/куст (сорт Японка).

В условиях Крайнего Севера реализация потенциальной продуктивности земляники зачастую не превышает 40,0%, что объясняется реакцией растений на воздействие неблагоприятных факторов среды (Мартынова, 2011). В наших исследованиях она не превышала 56,0% (сорт Коррадо), ее нижний предел находился на уровне 25,0% (сорт Атлас), исключение составил сорт Фестивальная ромашка (75,0%) (рисунок 5.6).

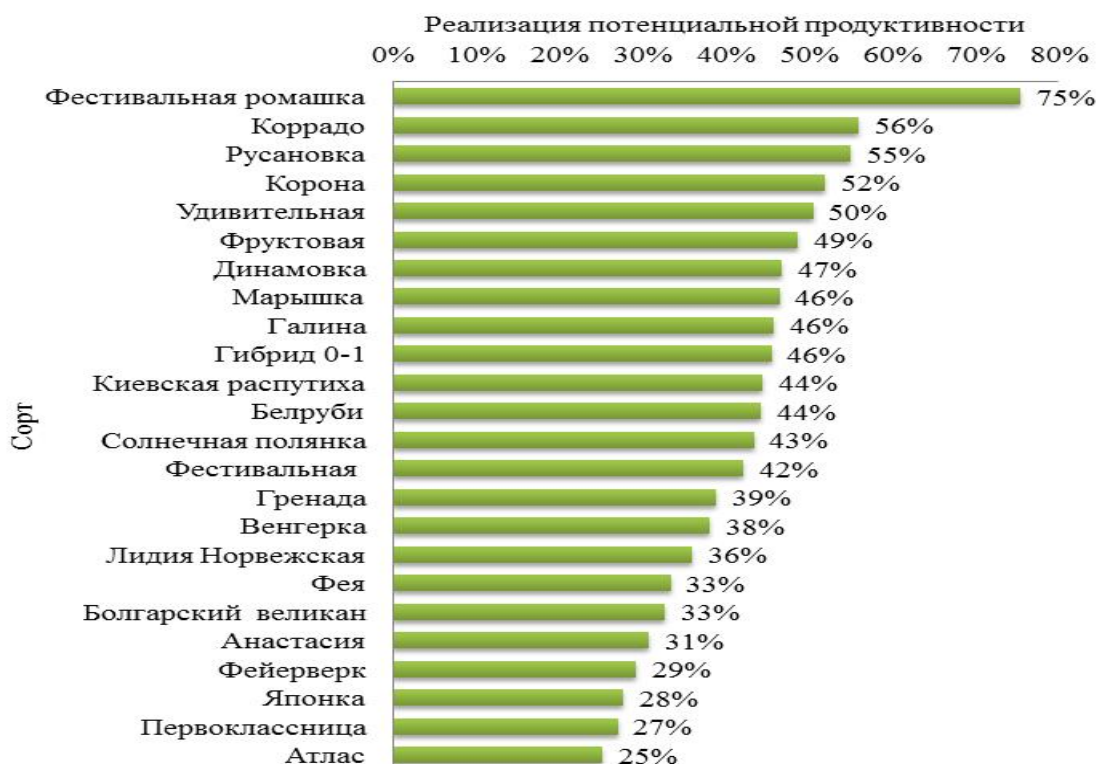


Рисунок 5.6 – Реализация потенциальной продуктивности сортов земляники крупноплодной (2012-2016 гг.)

Среднее значение данного показателя по всем сортам не превышало 42,0%. Сравнительный анализ значений потенциальной и фактической продуктивности свидетельствует о довольно низкой реализации первой у изученных сортов земляники в условиях Камчатки.

На продуктивность растений, как ранее уже отмечалось, влияет не только число цветоносов, цветков на цветонос и средняя масса ягоды, а также площадь листовой поверхности.

Очень крупные листья, с обширной ассимилирующей поверхностью, более 100 см², имели сорта Белруби, Динамовка, Японка, Галина, Фруктовая, Марышка, Болгарский великан, Венгерка, Киевская распутиха и Фестивальная ромашка (таблица 5.2). Наибольшая же общая площадь всех листьев на куст (более 7000 см²) отмечалась у сортов Японка, Фруктовая и Фестивальная ромашка.

Площадь листовой поверхности естественным образом напрямую зависит от количества листьев на куст. К наиболее облиственным можно отнести сорта: Японка (66 шт.), Фруктовая (63,3 шт.), Первоклассница (56,7 шт.), Корона (53,0 шт.), Фестивальная (52,3 шт.) и Лидия Норвежская (52,3 шт.). Образование укороченных однолетних побегов (рожков), как известно, происходит после сбора плодов. Их количество в нашем эксперименте, варьировало от 5,5 до 16,2 штук на куст.

Наибольшее среднее количество рожков за период наблюдений формировали сорта Фестивальная (12,5 шт./куст), Японка (16,2 шт./куст), Удивительная (14,2 шт./куст), Лидия Норвежская (13,7 шт./куст), Фруктовая (13,5 шт./куст).

Таблица 5.2 – Показатели площади листовой поверхности, количества листьев и рожков у сортов земляники крупноплодной (2012-2016 гг.)

Сорт	Площадь одного листа, см ²	Средняя площадь всех листьев на куст, см ²	Количество листьев на куст, шт.	Количество рожков на куст, шт.
Анастасия	99,19±9,33	4291,04±672,22	44,0±8,86	9,5±3,28
Атлас	78,32±8,92	2656,7±437,80	33,7±2,16	8,0±1,56
Белруби	112,3±10,58	3263,36±1279,25	28,3±10,49	6,2±1,19
Болгарский великан	119,42±18,37	4794,24±1411,9	39,0±6,28	9,0±2,94
Венгерка	129,36±12,35	5113,11±1367,08	40,0±8,49	8,5±2,60
Галина	110,34±22,14	5490,42±1341,20	49,6±6,09	10,5±2,42
Гибрид 0-1	88,61±4,88	2511,57±970,10	27,7±9,75	5,5±2,13
Гренада	90,28±1,50	3929,94±683,01	43,6±7,94	11,5±2,84
Динамовка	105,5±2,06	4031,31±1056,21	38,0±9,51	8,5±2,60
Киевская распутиха	113,84±12,79	4628,14±685,97	41,0±6,04	11,2±4,25
Корона	86,37±16,76	5024,22±2879,66	53,0±20,28	9,7±1,44
Коррадо	88,99±8,02	2981,92±627,24	34,0±7,77	8,5±2,23
Лидия Норвежская	85,45±9,80	4564,77±1182,89	52,3±7,22	13,7±3,57
Марышка	101,40±9,58	3086,58±1105,61	40,0±7,48	10,2±1,52
Первоклассница	95,77±5,09	5404,64±230,94	56,7±4,54	12,0±3,68
Русановка	86,04±12,55	4358,77±1002,63	50,3±6,86	11,0±3,43
Солнечная полянка	91,14±4,46	3480,11±1313,49	38,3±14,32	9,0±1,56
Удивительная	92,52±5,31	4433,94±645,33	48,0±6,81	14,2±3,87
Фейерверк	90,78±2,95	4232,93±83,79	46,7±1,08	10,2±2,37
Фестивальная (к)	91,09±11,21	4862,34±1160,17	52,3±6,37	12,5±4,12
Фестивальная ромашка	142,84±28,46	7135,0±3624,58	46,3±14,04	9,2±2,64
Фея	92,31±18,02	4180,52±507,69	46,3±4,70	11,0±0,81
Фруктовая	118,89±6,29	7500,2±1616,74	63,3±14,04	13,5±1,97
Японка	123,96±6,79	8108,21±2249,67	66,0±19,64	16,2±3,14
НСР ₀₅	32,8	642,9	31,3	3,5

На рисунке 5.7 представлена корреляционная зависимость фактической продуктивности от морфоструктурных компонентов куста земляники. Как это

видно из рисунка ее высокие показатели имели сорта, характеризующиеся высокими значениям коэффициента корреляции ($r=0,7-0,9$) между фактической продуктивностью и средней массой ягоды ($r=0,71$).

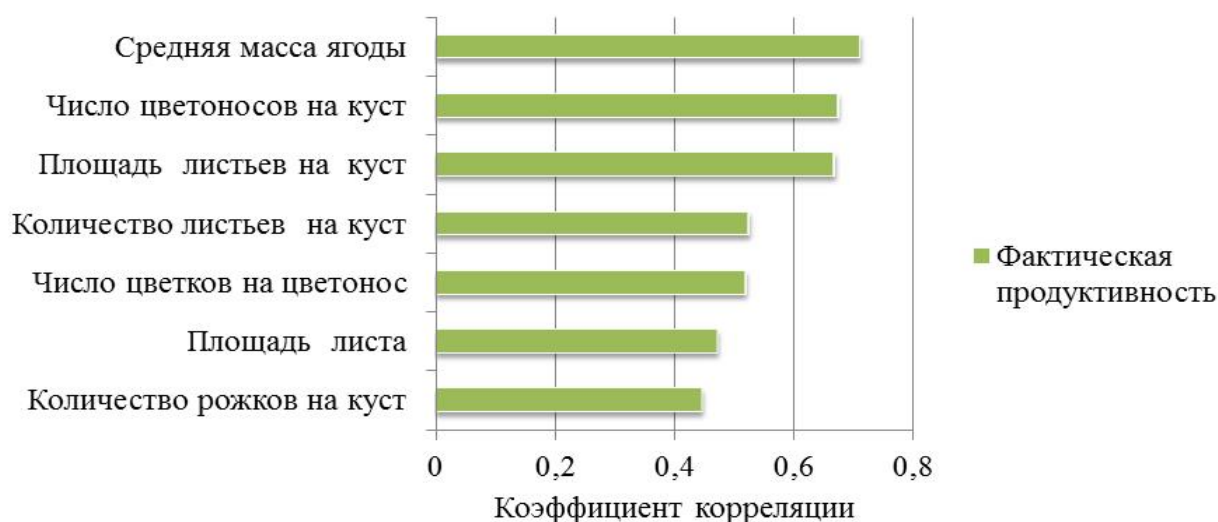


Рисунок 5.7 – Корреляция фактической продуктивности от морфоструктурных компонентов куста земляники ($n=240$)

Положительные корреляционные связи средней силы ($r=0,5-0,7$) были установлены между фактической продуктивностью и числом цветоносов на куст ($r=0,68$), площадью листьев на куст ($r=0,67$), количеством листьев на куст ($r=0,53$), числом цветков на цветонос ($r=0,52$). В ходе корреляционного анализа была также установлена положительная связь между фактической продуктивностью с одной стороны и площадью одного листа ($r=0,47$), количеством рожков у земляники ($r=0,45$) с другой, однако она была слабой. Достаточно высокая сопряженность уровня фактической продуктивности была обнаружена при выявлении ее корреляции с величиной потенциальной продуктивности ($r=0,89$).

Таким образом, в результате изучения морфоструктурных компонентов куста нам удалось выявить сорта, с максимальными показателями отдельных компонентов продуктивности, а также их комплексным сочетанием и

установить границы изменчивости этих признаков. Так, по числу цветоносов на куст резко выделялись сорта: Гренада, Первоклассница, Солнечная полянка, Фейерверк, Фея, Фруктовая, Японка. Количество цветоносов на куст у них изменялось от 7,0 до 9,6 шт., а коэффициент вариации (CV) составил 31,0-76,9%. Количество цветков на цветонос было максимальным у сортов Анастасия, Атлас, Галина, Коррадо, Лидия Норвежская, Марышка, Первоклассница, Солнечная полянка, Фея, Японка (5,5-7,8 шт., CV=9,8-67,8%). Средняя масса ягоды оказалась наибольшей у сортов Венгерка и Японка (13,2-13,5 г., CV=12,5-56,7%). По комплексному сочетанию всех указанных выше компонентов продуктивности был выделен сорт Японка; по сочетанию двух компонентов (число цветоносов на куст и цветков на цветонос) – Первоклассница.

В ходе проведения исследований были выявлены сорта с высоким потенциалом продуктивности, ими оказались Атлас, Гренада, Первоклассница, Фруктовая, Японка. Общая масса ягод с одного куста у них колебалась от 308,0 до 869,4 г. Реализация потенциальной продуктивности у изучаемых сортов в условиях Камчатки изменялась от 25,0% до 56,0%. При проведении корреляционного анализа было установлено наличие тесной связи между продуктивностью, числом репродуктивных (цветоносы, цветки, ягоды) и вегетативных (рожки, листья) органов земляники. Кроме того, нами была определена высокая степень влияния на потенциальную продуктивность средней массы ягод ($r=0,73$) и числа цветоносов на куст ($r=0,71$).

Корреляционная зависимость средней силы была выявлена в ходе проведения исследований между потенциальной продуктивностью и числом цветков на цветонос ($r=0,60$). Анализ данных корреляционной зависимости подтвердил высокую степень связи между фактической продуктивностью и средней массой ягоды ($r=0,71$). Положительные связи средней силы были установлены между фактической продуктивностью и такими компонентами морфологической структуры куста, как число цветоносов на куст ($r=0,68$),

площадь листьев на куст ($r=0,67$), количество листьев на куст ($r=0,53$), число цветков на цветонос ($r=0,52$). Помимо этого, выявилась достаточно высокая сопряженность уровня фактической продуктивности сортов с величиной потенциальной продуктивности ($r=0,89$).

5.2 Оценка экологической пластичности и адаптивности культиваров земляники крупноплодной по продуктивности и качеству плодов

Высокая пластичность вида *Fragaria ananassa*, как уже говорилось выше, обусловлена различной стратегией приспособления к воздействию абиотических и биотических факторов. Именно это позволило ему широко распространиться в разных климатогеографических зонах (Жученко, 2001; Мартынова, 2011; Hancock, 1990, 2020). Это вполне соответствует представлениям о том, что каждый биологический вид имеет определенные пределы амплитуды пластичности и чем она шире, тем совершеннее приспособляемость данного вида к различным сочетаниям факторов внешней среды. Пластичность, то есть способность к изменчивости морфолого-анатомических и продукционных признаков, а также стабильность их под действием экологических факторов считаются неотъемлемыми свойствами адаптивности (Жученко, 2004; Васильев, 2019; Антипенко, Заика, 2022).

Продуктивность сорта – наследуемый, генетически закрепленный признак. Несмотря на это, и то обстоятельство, что земляника отличается высокой экологической приспособляемостью, она в значительной степени определяется условиями произрастания (Трунов, 2001; Хапова, 2016; Дахно и др., 2016б, Дахно, 2018б, 2021а; Wei et al., 2019). Влияние погодноклиматических условий года на формирования продуктивности сортов земляники отражают индексы условий среды (I_i). Наиболее благоприятные условия складывались в 2015 ($I_i = 55,58$) и 2016 ($I_i = 26,78$), неблагоприятные -

в 2012, 2013 и 2014 годах, когда индекс среды был отрицательным ($I_i = -28,6$, $-34,97$ и $-19,3$ соответственно). Варьирование средней продуктивности ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$) у изучаемых сортов изменялось в пределах 30,0 - 240,2 г/куст (таблица 5.3). Наиболее высокие значения величины этого показателя были свойственны сортам Атлас, Венгерка, Галина, Гренада, Динамовка, Коррадо, Первоклассница, Солнечная полянка, Фестивальная ромашка, Фруктовая, Японка, которые имели продуктивность, превышающую ее среднее значение ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}} = 91,6$ г/куст) для всех изученных сортов. Максимальная продуктивности, достоверно превышающая контроль, была зарегистрирована у сортов Фруктовая (181,4 г/куст, или 6,7 т/га) и Японка (240,2 г/куст, или 8,9 т/га).

Расчет коэффициентов регрессии (b_i) и стабильности (S_i^2) позволил выявить реакцию сортов с высокими значениями продуктивности на изменение условий внешней среды. Высокой пластичностью ($b_i > 1$) и положительной реакцией на улучшение условий произрастания, характеризовались сорта, отнесенные нами к интенсивному типу: Атлас, Галина, Гренада, Первоклассница, Фестивальная ромашка, Фруктовая и Японка. Низкая пластичность ($b_i < 1$) и слабая реакция на улучшение условий произрастания оказалась у сортов Венгерка, Коррадо и Солнечная полянка. Они были отнесены нами к сортам экстенсивного типа. Полное соответствие продуктивности изменению условий произрастания наблюдалось у сорта Динамовка (при $b_i = 1,0$).

Известно, что чем выше коэффициент регрессии (b_i), тем значительнее отклик генотипа на улучшение условий произрастания и чем меньше показатель S_i^2 , тем более стабильным является сорт (Логинов, 2015). Наиболее стабильными сортами интенсивного типа, имеющими высокую продуктивность, оказались Галина ($b_i = 2,2$; $S_i^2 = 303,3$) и Фруктовая ($b_i = 3,2$; $S_i^2 = 326,4$). Наши исследования свидетельствуют о наличии положительной корреляции значительной силы между продуктивностью разных генетических

линий земляники и такими показателями адаптивности, как коэффициент стабильности ($r=0,7$) и пластичности ($r=0,6$).

Таблица 5.3 – Показатели экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) у сортов земляники крупноплодной по признакам продуктивности и средней массы ягоды (2012-2016 гг.)

Сорт	Продуктивность			Средняя масса одной ягоды		
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, г/куст	b_i	S_i^2	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, г	b_i	S_i^2
Анастасия	73,2±13,78	0,3	792,7	7,9±3,12	1,2	7,6
Атлас	97,6±31,84	1,3	2180,9	8,7±1,83	2,8	2,3
Белруби	56,6±24,90	0,7	2347,6	6,3±0,92	1,1	1,4
Болгарский великан	81,4±17,62	0,9	126,4	10,3±1,60	2,0	4,4
Венгерка	97,6±18,38	0,8	567,1	13,2±3,21	2,4	6,3
Галина	124,0±43,96	2,2	303,3	7,8±0,69	0,6	1,4
Гибрид 0-1	31,8±18,46	0,8	621,6	5,2±1,41	0,8	10,0
Гренада	119,6±37,25	1,5	2941,8	5,9±0,75	0,5	2,9
Динамовка	105,0±24,46	1,0	969,9	7,5±0,87	0,9	1,6
Киевская распутиха	39,0±17,46	0,5	1053,4	5,7±0,52	0,1	0,9
Корона	30,0±15,56	0,8	72,3	3,9±0,69	0,1	2,9
Коррадо	100,0±20,52	0,6	1408,6	7,7±1,05	1,4	1,3
Лидия Норвежская	47,8±11,75	0,4	423,8	4,2±0,79	0,9	2,5
Марышка	84,2±25,65	1,0	1379,1	5,3±0,63	0,5	1,2
Первоклассница	125,0±27,71	1,2	1374,5	7,6±1,20	1,6	1,7
Русановка	46,8±17,68	0,9	4,9	4,3±0,23	0,1	0,4
Солнечная полянка	101,6±19,82	-0,2	1993,8	4,8±0,86	0,1	4,4
Удивительная	45,8±22,68	1,1	106,6	3,7±0,79	-0,3	3,6
Фейерверк	70,6±20,45	0,4	1901,4	7,3±1,05	1,4	1,71
Фестивальная (к)	89,6±19,20	0,8	636,1	5,7±0,65	0,7	1,8
Фестивальная ромашка	124,6±42,54	1,9	2481,9	8,8±1,40	1,4	3,8
Фея	83,8±7,68	0,4	24,6	4,5±0,44	0,8	0,2
Фруктовая	181,4±63,90	3,2	326,4	7,9±1,63	1,5	11,5
Японка	240,2±49,92	1,7	7433,3	13,5±2,60	1,4	33,3
$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	91,6±10,01			7,0±0,55		
НСР ₀₅	53,8			1,5		

Примечание: \bar{x} – среднее арифметическое, $S_{\bar{x}}$ – ошибка средних.

Максимальной отзывчивостью на изменение условий произрастания ($b_i = 1,4-2,8$) по признаку средняя масса ягоды характеризовались сорта: Атлас, Болгарский великан, Венгерка, Коррадо, Первоклассница, Фестивальная ромашка, Фруктовая и Японка. Наиболее стабильной за период 2012-2016 гг.

она была у сортов Атлас ($S_i^2 = 2,3$), Коррадо ($S_i^2 = 1,3$), Первоклассница ($S_i^2 = 1,7$), Фестивальная ромашка ($S_i^2 = 3,8$). Сильной реакцией на факторы среды и высокой стабильностью отличались сорта с крупными плодами, такие как Болгарский великан ($b_i = 2,0$; $S_i^2 = 4,4$) и Венгерка ($b_i = 2,4$; $S_i^2 = 6,3$). Расчеты корреляционной зависимости выявили положительную связь высокой ($r = 0,8$) и средней силы ($r = 0,6$) между средней массой одной ягоды и коэффициентами регрессии (b_i) и стабильности (S_i^2).

Для анализа степени адаптивности сортов земляники были рассчитаны коэффициенты их адаптивности (рисунок 5.8). Он превышал 1,0 у сортов Атлас (1,05), Венгерка (1,11), Коррадо (1,17), Динамовка (1,19), Галина (1,23), Гренада (1,26), Фестивальная ромашка (1,30), Солнечная полянка (1,33), Первоклассница (1,39), Фруктовая (1,80), Японка (2,78) (Дахно, 2018б).

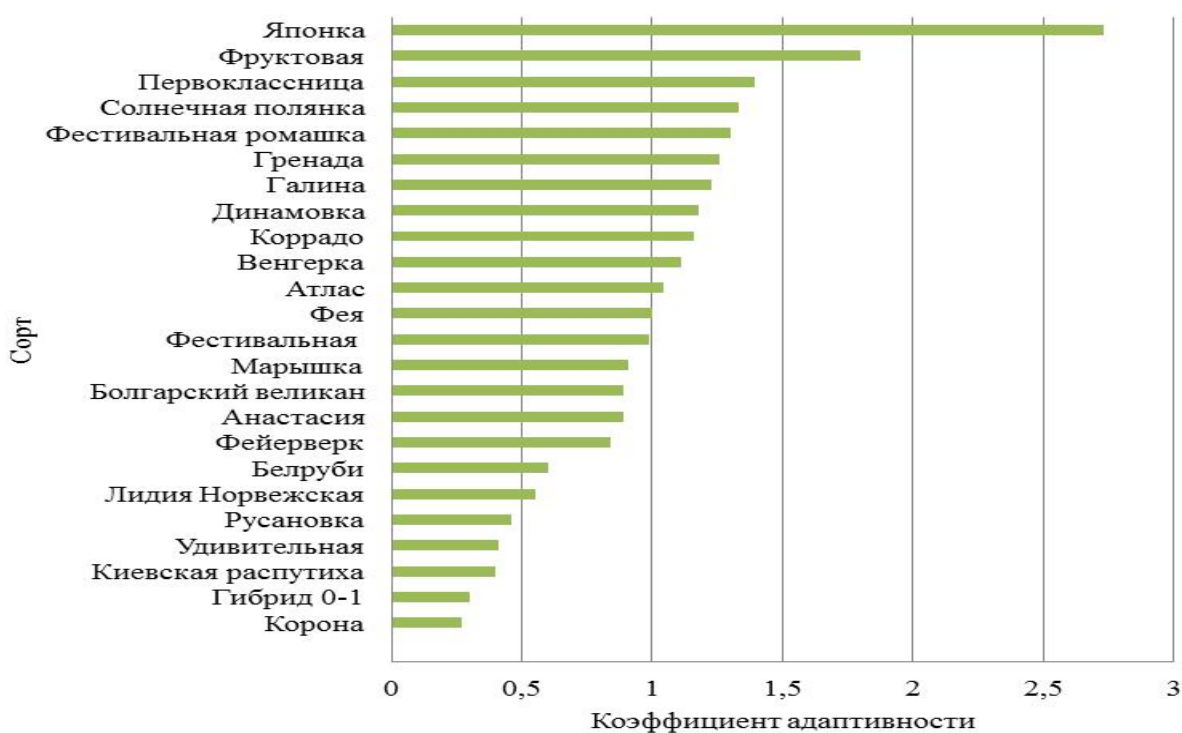


Рисунок 5.8 – Показатели коэффициента адаптивности у сортов земляники крупноплодной (2012-2016 гг.)

Одним из приоритетных показателей качества плодов является их вкус (Сазонова, 2018; Новикова и др., 2024; Марченко и др., 2025). Он определяется генетическими особенностями сорта и зависит от соотношения в них сахаров, кислот, солей, ароматических соединений (Айтжанова и др., 2001). На вкус ягод влияют также условия их произрастания (Косолапова, 2015; Hebert et al., 2000; Di Vittori et al., 2018; Брюхина и др., 2023). Отметим, что лучшими в Российской Федерации считаются сорта, содержащие витамина С (аскорбиновой кислоты) не менее 80,0 мг/100 г, растворимых сухих веществ не менее 12,0%, сахаров не менее 8,0%, кислот не более 3,0% (Айтжанова, 2002; Куликов и др., 2020).

Содержание витамина С – один из важнейших качественных признаков ягод земляники. В зависимости от условий произрастания и генотипа сорта его содержание в ягодах колеблется от 25 до 130 мг/100 г. Отмечено, что наибольшую ценность имеют генетические линии с высоким содержанием витамина С (Айтжанова, 2001; Сорокопудова, Сорокопудов, 2017; Жбанова, Лукьянчук, 2024). При высоких температурах и недостатке влаги, его в плодах бывает меньше, чем в условиях более низких температур и оптимального режима влажности (Айтжанова. Андронов. 1995; Cervantes, 2020). Анализ фактических данных содержания аскорбиновой кислоты в ягодах земляники подтвердил, что большинство сортов относятся к высоковитаминным (82,9-115,1 мг/100 г), исключение составили Галина, Фейерверк и Японка (78,5, 72,2 и 64,7 мг/100 г, соответственно) (таблица 5.4). Оценивая экологическое соответствие сортов условиям произрастания, следует отметить, что высокой отзывчивостью на их изменение по содержанию в плодах аскорбиновой кислоты характеризовались высоковитаминные сорта Анастасия, Атлас, Венгерка, Киевская распутиха. Корона, Лидия Норвежская, Первоклассница, Русановка и Фруктовая. Диапазон коэффициентов регрессии (1,1–2,7) этих сортов позволяет прогнозировать увеличение содержания витамина С при улучшении условий их выращивания.

Таблица 5.4 – Показатели экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) у сортов земляники крупноплодной по признакам содержание в плодах аскорбиновой кислоты и сухого вещества (2012-2016 гг.)

Сорт	Аскорбиновая кислота			Сухое вещество		
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, мг/100 г	b_i	S_i^2	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, %	b_i	S_i^2
Анастасия	88,9±19,59	2,5	913,1	9,5±1,04	1,2	1,2
Атлас	82,9±6,53	1,2	16,5	9,9±1,26	1,4	0,1
Белруби	91,1±7,89	0,6	226,1	11,9±1,34	1,5	1,2
Болгарский великан	100,2±9,62	0,3	417,3	10,8±1,60	1,4	4,9
Венгерка	91,9±15,32	2,7	111	9,7±1,57	1,7	1,4
Галина	78,5±7,08	-0,3	220,6	8,9±0,56	0,8	0,1
Гибрид 0-1	103,4±5,07	0,3	103,4	11,5±1,04	1,3	1,5
Гренада	98,6±4,39	0,6	39,6	10,2±0,46	0,4	0,6
Динамовка	98,1±7,71	-1,3	44,8	10,0±0,28	0,4	0,4
Киевская распутиха	98,3±14,61	2,7	43	10,9±1,48	1,8	0,5
Корона	104,3±14,45	1,1	24,9	10,5±1,85	0,8	0,4
Коррадо	95,0±5,25	1,0	7,1	9,1±0,89	0,7	2,5
Лидия Норвежская	94,2±14,12	2,4	141,1	10,7±0,75	0,7	0,8
Марышка	96,4±4,93	0,7	52,7	11,5±0,69	0,2	1,3
Первоклассница	88,2±7,62	1,5	3,4	10,2±1,12	1,2	0,3
Русановка	99,0±7,97	1,3	52	11,0±0,54	0,6	0,1
Солнечная полянка	110,1±6,28	0,9	82,5	10,3±0,91	0,6	2,2
Удивительная	104,2±12,45	1,0	1,3	10,6±2,47	1,3	0,5
Фейерверк	72,2±6,94	1,2	31,3	10,4±1,44	1,6	0,3
Фестивальная (к)	91,6±5,36	0,3	112,3	10,3±0,90	1,2	0,1
Фестивальная ромашка	102,3±7,31	0,8	147,5	9,3±0,84	0,9	0,6
Фея	96,4±6,50	0,9	84,2	10,3±0,42	0,2	0,3
Фруктовая	115,1±10,72	2,0	30,5	11,6±1,48	1,8	0,5
Японка	64,7±6,02	-0,1	157,4	8,7±0,52	0,5	0,4
$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	94,4±2,37			10,3±0,18		

Примечание: \bar{x} – среднее арифметическое, $S_{\bar{x}}$ – ошибка средней.

Полное соответствие содержания в плодах витамина С изменению условий произрастания ($b_i = 1,0$) проявляли сорта Коррадо и Удивительная, у остальных сортов экстенсивного типа, отличающихся низкой пластичностью, он был меньше единицы. Стабильностью данного признака отличались высоковитаминные экологически пластичные сорта Атлас ($S_i^2 = 16,5$), Первоклассница ($S_i^2 = 3,4$), Фейерверк ($S_i^2 = 31,3$) и Фруктовая ($S_i^2 = 30,5$).

Важным компонентом химического состава плодов земляники является сухое вещество (Мегердичев, 2003). Наиболее высокими значениями этого

показателя характеризовались такие сорта, как Белруби (11,9%), Гибрид 0-1 (11,5%), Марышка (11,5%) и Фруктовая (11,6%). Количество сухого вещества в ягодах земляники в значительной степени определяется уровнем накопления сахаров. Обычно оно составляет 50-60% от их общего содержания (Акимов, 2019).

Средний за период 2012-2016 гг. уровень накопления в плодах земляники сахаров и кислотность у изученных сортов показана в таблице 5.5.

Содержание сахаров варьировало в пределах от 6,70% (сорт Галина) до 9,38% (сорт Фруктовая) при их среднем значении для всех сортов 7,88%. Высокой экологической пластичностью ($b_i=1,2-2,0$) и значительным содержанием сахаров, не менее 8,0%, отличаются сорта Лидия Норвежская, Первоклассница, Фея, Фруктовая, Марышка, Солнечная полянка. Одним из важных показателей адаптивности сорта является стабильность химического состава плодов (Леонченко, 1996; Di Vittori, 2018). У всех изучаемых сортов кислотность варьировала в пределах от 1,09% до 1,61%, при крайне низкой стабильности данного показателя ($S_i^2 = 28,9-1742,7$). В связи с этим, следует отметить, что все исследуемые сорта отличает высокая стабильность по содержанию сухого вещества ($S_i^2 = 0,1-4,9$) и сахаров ($S_i^2 = 0,1-6,3$).

Наиболее высокую общую дегустационную оценку получили сортообразцы: Коррадо, Фея, Фруктовая, Фестивальная ромашка (4,65-4,77 балла). Общая оценка контрольного сорта Фестивальная – ниже 4,24 балла.

Таким образом, высокой экологической пластичностью и адаптивностью земляники садовой к условиям юго-востока Камчатки обладают продуктивные сорта интенсивного типа: Атлас, Галина, Гренада, Первоклассница, Фестивальная ромашка, Фруктовая и Японка ($b_i = 1,2-3,2$), а низкой пластичностью – сорта экстенсивного типа: Венгерка, Коррадо и Солнечная полянка ($b_i = -0,2-0,8$).

Таблица 5.5 – Показатели экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) у сортов земляники крупноплодной по признакам содержание сахаров, кислотности и качества плодов (2012-2016 гг.)

Сорт	Сахара			Кислотность			Дегустационная оценка, балл
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, %	b_i	S_i^2	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, %	b_i	S_i^2	
Анастасия	7,71±0,86	-0,1	2,5	1,15±0,11	0,1	538,6	4,22±0,23
Атлас	7,29±0,67	0,8	0,1	1,15±0,12	0,3	616,6	4,36±0,14
Белруби	9,20±0,76	0,7	1,5	1,15±0,11	0,7	168,4	4,51±0,18
Болгарский великан	7,53±0,39	0,6	0,8	1,29±0,10	0,8	62,6	4,52±0,22
Венгерка	7,61±1,58	1,4	4,9	1,36±0,18	1,2	582,6	4,57±0,16
Галина	6,70±0,33	0,2	0,5	1,36±0,19	1,2	570,6	4,34±0,11
Гибрид 0-1	7,57±0,99	1,3	0,5	1,61±0,31	2,0	1742,7	2,18±0,13
Гренада	8,25±1,09	0,8	3,9	1,34±0,20	1,4	494,5	4,35±0,08
Динамовка	7,37±0,60	0,6	0,6	1,09±0,13	1,1	90,2	4,33±0,14
Киевская распутиха	8,43±1,22	0,7	6,3	1,12±0,16	1,3	99,1	3,15±0,11
Корона	7,36±2,80	1,6	0,2	1,28±0,21	0,4	456,7	3,33±0,21
Коррадо	7,54±0,82	0,9	0,6	1,24±0,19	1,2	789,5	4,65±0,18
Лидия Норвежская	8,13±0,80	1,2	0,2	1,23±0,21	0,9	1476,6	3,56±0,11
Марышка	8,34±1,19	1,6	0,2	1,09±0,17	1,1	517,9	4,22±0,17
Первоклассница	8,41±1,08	1,3	0,4	1,30±0,16	0,9	534,1	4,58±0,25
Русановка	7,50±0,69	0,8	1,2	1,46±0,18	0,7	1041,6	3,26±0,07
Солнечная полянка	8,75±1,61	2	2,8	1,32±0,24	1,4	1314,5	4,31±0,11
Удивительная	7,68±1,53	0,9	0,6	1,34±0,28	0,4	1121,5	4,57±0,19
Фейерверк	7,52±1,51	1,9	1	1,36±0,14	0,8	451,9	4,01±0,12
Фестивальная (к)	8,21±0,70	0,9	0,7	1,36±0,23	1,7	520,7	4,24±0,15
Фестивальная ромашка	7,21±0,59	0,8	0,1	1,36±0,20	1,0	1021,2	4,77±0,16
Фея	8,23±1,12	1,5	1,3	1,09±0,13	1,0	28,9	4,65±0,19
Фруктовая	9,38±1,60	1,6	0,2	1,46±0,28	2,2	300,3	4,74±0,12
Японка	7,2±0,93	1,2	1,3	1,24±0,14	0,4	813,9	4,45±0,10
$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	7,88±0,14			1,28±0,03			4,16±0,63

Примечание: \bar{x} – среднее арифметическое, $S_{\bar{x}}$ – ошибка средней.

Внешний вид сортов земляники наиболее адаптивных к изменению климатических факторов показан на следующем рисунке 5.9.

Самым высоким уровнем адаптивности обладают – стабильные по продуктивности сорта интенсивного типа Галина ($b_i = 2,2$; $S_i^2 = 303,3$) и

Фруктовая ($b_i = 3,2$; $S_i^2 = 326,4$). Наши исследования также показали, что положительная корреляция значительной силы существует между продуктивностью сортов и коэффициентами ее стабильности ($r=0,7$) и пластичности ($r=0,6$). Повышенной экологической пластичностью и стабильностью по содержанию витамина С, при массе плода в среднем не ниже 7,0 г, характеризуются высоковитаминные сорта Атлас ($S_i^2 = 16,5$), Первоклассница ($S_i^2 = 3,4$), Фейерверк ($S_i^2 = 31,3$) и Фруктовая ($S_i^2 = 30,5$). Отметим также, что по комплексу показателей качества плодов, экологической пластичности и стабильности выделяются высоковитаминные сорта интенсивного типа Первоклассница и Фруктовая.



Рисунок 5.9 - Адаптивные сорта земляники крупноплодной с высокой экологической пластичностью: 1 – Атлас, 2 – Галина, 3 – Гренада, 4 – Первоклассница, 5 – Фруктовая, 6 – Фестивальная ромашка, 7 – Японка

ГЛАВА 6 ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ *FRAGARIA ANANASSA* DUCH. ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БИОСТИМУЛЯТОРОВ ИЗ МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ

6.1 Влияние органических удобрений на развитие репродуктивных органов *Fragaria ananassa* Duch.

Органические удобрения из морских гидробионтов представляют собой экологически чистые вещества (биостимуляторы). При использовании в небольших количествах они способствуют повышению устойчивости растений к абиотическим и биотическим стрессам, лучшему усвоению минеральных питательных веществ и ускоренному вегетативному росту (Хапова, 2016; Mancuso et al., 2006; Dmytryk et al., 2014; Rabhi et al., 2025). Большим преимуществом органических биостимуляторов является то, что они могут использоваться как в распространенном ныне традиционном, так и в органическом земледелии (Dorais, Alsanis, 2015; Яхин, 2016; Клочкова и др., 2019; Дахно, 2020). Традиционное выращивание земляники характеризуется интенсивным использованием синтетических химикатов, в том числе защитных, которые способствуют значительному снижению качества ягод и тому, что они содержат химические остатки (Camargo et al., 2011). Использование же органических биостимуляторов на основе природных веществ при полном отсутствии минеральных или с минимальными дозами удобрений и пестицидов, не только повышает продуктивность земляники, но и качество ее плодов (Галиулина, 2008; Ненько, 2011; Заушинцева, 2012; Chatzissavvidis, Therios, 2014; Причко, 2014; Chojnacka, 2015; Ahuja et al., 2020; Roupheal, Colla, 2020).

В настоящее время в Камчатском крае созданы органические удобрения (биостимуляторы) на основе рыбных отходов и морских водорослей, такие как

Био-Фиш, Био-Альго и Био-Микс. Они включают вещества, полученные в результате переработки пелагических рыб (камбала, палтус, треска), а также морских ежей, крабов, морских звезд и бурых водорослей. Био-Фиш – представляет собой удобрение на основе рыбных отходов (жидкую концентрированную фракцию). Основным компонентом биостимулятора растительного происхождения Био-Альго является водный экстракт ламинариевых водорослей. Препарат Био-Микс – представляет собой смесь экстрактов морских животных и водорослей. Большое количество содержащихся в них микроэлементов, аминокислот, гормоноподобных веществ и других соединений обуславливает их активное воздействие на растения при проведении некорневых и иных обработок.

Нами изучался эффект использования указанных препаратов на рост и развитие земляники, ее зимостойкость, общее физиологическое состояние, способность противостоять болезням. Результаты обработки данных, полученных в ходе проведенных нами экспериментов представлены в таблице 6.1. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при обработке препаратами Био-Микс и Био-Фиш снижаются значения показателя зимостойкости в сравнении с контрольной группой. Так же, у сортов Сударушка, Боровицкая и Японка при обработке этими препаратами отмечалась степень повреждения растений от 0,8 до 3,3 баллов.

Из представленной ниже таблицы видно, что зимние повреждения, достигающие значительных показателей (2,3-3,3 балла), наблюдались у всех сортов земляники, особенно при обработке растений удобрением Био-Микс. При его использовании были зарегистрированы показатели общего состояния растений, как весной, так и осенью – 3,3-3,7 балла. Напомним, что в контрольной группе они достигали 4,3-4,8 балла.

В целом, по зимостойкости и общему состоянию растений, можно сделать вывод, что применение препаратов Био-Микс и Био-Фиш в

соответствии с инструкциями производителя на развитие земляники оказывает угнетающее воздействие.

Таблица 6.1 – Воздействие органических удобрений из морских гидробионтов на зимостойкость, общее состояние и поражение болезнями сортов земляники (2017-2019 гг.)

Вариант опыта	Степень подмерзания растений, балл	Общее состояние растений, балл		Степень поражения, балл	
		весна	осень	белая пятнистость	мучнистая роса
Сорт Сударушка (раннего срока созревания)					
Контрольная группа	0	4,3	4,5	0,3	1,3
Био-Альго	0	5,0	5,0	0	0,3
Био-Микс	2,3	3,3	3,7	0,8	1,5
Био-Фиш	0,8	3,3	4,2	0,8	1,2
Сорт Боровицкая (среднего срока созревания)					
Контрольная группа	0	4,5	4,7	0	0
Био-Альго	0	4,8	5,0	0	0
Био-Микс	3,3	3,3	3,0	0,5	0
Био-Фиш	1,0	2,8	3,8	0,5	0
Сорт Японка (позднего срока созревания)					
Контрольная группа	0	4,5	4,8	1,0	0
Био-Альго	0	4,8	5,0	0	0
Био-Микс	2,8	3,3	3,3	0,8	0
Био-Фиш	1,5	3,0	4,2	1,0	0

Поражение растений белой пятнистостью от 0,5 до 1,0 балла отмечалось во всех вариантах опыта с применением указанных выше препаратов. Исключение составил вариант с обработкой Био-Альго. Мучнистая роса – достаточно вредоносная болезнь растений земляники, вызываемая грибом *Podosphaera macularis* (Wallr.) U. Braun & S. Takam. В наших исследованиях отмечалась у сорта Сударушка. Самая высокая степень повреждения им растений от 0,3 до 1,5 баллов. Наименьшее поражение этим грибом, 0,3 балла, было при обработке представителей этого сорта препаратом Био-Альго. Сорта Боровицкая и Японка проявили абсолютную устойчивость к поражению мучнистой росой.

Изучение влияния биостимуляторов на такие показатели, как зимостойкость, общее состояние и поражение патогенами выявило, что наиболее эффективным из трех изучаемых препаратов является Био-Альго. Положительное действие водорослевых препаратов на физиологическое состояние растений, устойчивость к возбудителям болезней и сопротивляемость к неблагоприятным климатическим условиям внешней среды подтверждают также результаты других научных работ (Calvo, 2014; Клочкова и др., 2019).

Продуктивность земляники зависит от генотипа и, в значительной степени, от действия всех экологических факторов, оказывающих влияние на растения во время их роста и развития. Она, как это было сказано выше, определяется количеством на кусте цветоносов, плодов, а также их средней массой (Костин, 2005). Данные, полученные при изучении генеративной продуктивности и ее основных компонентов при применении биостимуляторов приведены в таблице 6.2. Из представленной ниже таблицы видно, что эффект обработки разными препаратами был разным для всех выбранных для эксперимента сортов. Положительным он был только при воздействии на растения водорастворимым препаратом Био-Альго. Так, количество цветоносов при обработке растений этим препаратом отмечалось следующее: Сударушка - 3,0, Боровицкая – 2,8, Японка - 4,2 шт. с одного растения, что выше значений контрольной группы на 0,4, 0,2 и 0,4 шт., соответственно. В остальных вариантах опыта он был даже ниже, чем у растений контрольной группы.

Показатель количество ягод на куст в проведенном эксперименте был выше, чем в контрольной группе только у представителей сорта Сударушка, при обработке препаратом Био-Альго. При этом средняя масса ягод у них возросла на 1,5 г. Отметим, что при воздействии тем же препаратом на растения сорта Японка средняя масса ягод по сравнению с контрольной группой увеличилась еще больше, на 3,1 г.

Положительное влияние на фактическую продуктивность водорослевого препарата и отрицательного воздействия на нее препаратов, содержащих экстракты рыб и беспозвоночных объясняется, видимо, значительными различиями химического состава препаратов. Самую большую разницу они имеют по азоту. Он, как известно, влияет на зимостойкость растений и чем выше его содержание в почве, тем они менее устойчивы к низким температурам. Это связано с тем, что переизбыток азота повышает у растения содержание внутриклеточной влаги с последующим истончением клеточных стенок, что приводит к снижению его иммунитета и устойчивости к стрессам (Трунов и др., 2001; Чиркова, 2002).

Таблица 6.2 – Показатели продуктивности у сортов земляники при применении органических удобрений из морских гидробионтов (2017-2019 гг.)

Вариант опыта	Количество цветоносов на куст, шт.	Количество ягод на куст, шт.	Масса одной ягоды, г	Продуктивность	
				в граммах на куст	разница с контрольной группой, г/куст
Сорт Сударушка (раннего срока созревания)					
Контрольная группа	2,6±0,43	16,9±3,39	9,8±1,04	165,6±39,86	-
Био-Альго	3,0±0,46	18,9±3,40	11,3±1,85	213,6±37,06	+ 48,0
Био-Фиш	2,1±0,45	12,0±2,25	9,6±1,71	114,9±24,86	- 50,7
Био-Микс	2,4±0,53	13,9±2,41	9,7±1,30	135,0±24,54	- 30,6
Сорт Боровицкая (среднего срока созревания)					
Контрольная группа	2,6±0,32	16,1±2,37	9,3±1,14	149,9±34,49	-
Био-Альго	2,8±0,29	14,8±1,56	9,1±1,91	135,0±32,62	- 14,9
Био-Фиш	2,3±0,37	9,4±1,15	7,9±1,21	74,5±15,58	- 75,4
Био-Микс	2,3±0,39	11,7±3,18	7,8±1,27	91,5±32,01	- 58,4
Сорт Японка (позднего срока созревания)					
Контрольная группа	3,8±0,94	27,0±7,22	12,7±1,55	342,6±42,54	-
Био-Альго	4,2±0,95	23,5±4,50	15,8±0,32	371,6±65,39	+ 29,0
Био-Фиш	3,1±0,92	11,5±2,52	12,3±2,33	141,1±24,78	- 201,5
Био-Микс	3,5±1,02	14,0±3,48	12,5±2,18	175,0±23,38	- 167,6

Накопление сухого вещества и витамина С в плодах земляники при применении органических удобрений из морских гидробионтов представлено на рисунке 6.1. Из представленного рисунка видно, что во всех опытных вариантах с обработкой растений разных сортов органическими удобрениями наблюдалось превышение показателей в контрольной группе содержания сухого вещества и витамина С, но наиболее интенсивное их накопление отмечалось у растений, обработанных препаратом Био-Альго. Содержание этих веществ у изучаемых сортов превышало аналогичные показатели в контроле на 21,9-24,2% для сухого вещества и на 26,1-48,1% для витамина С.

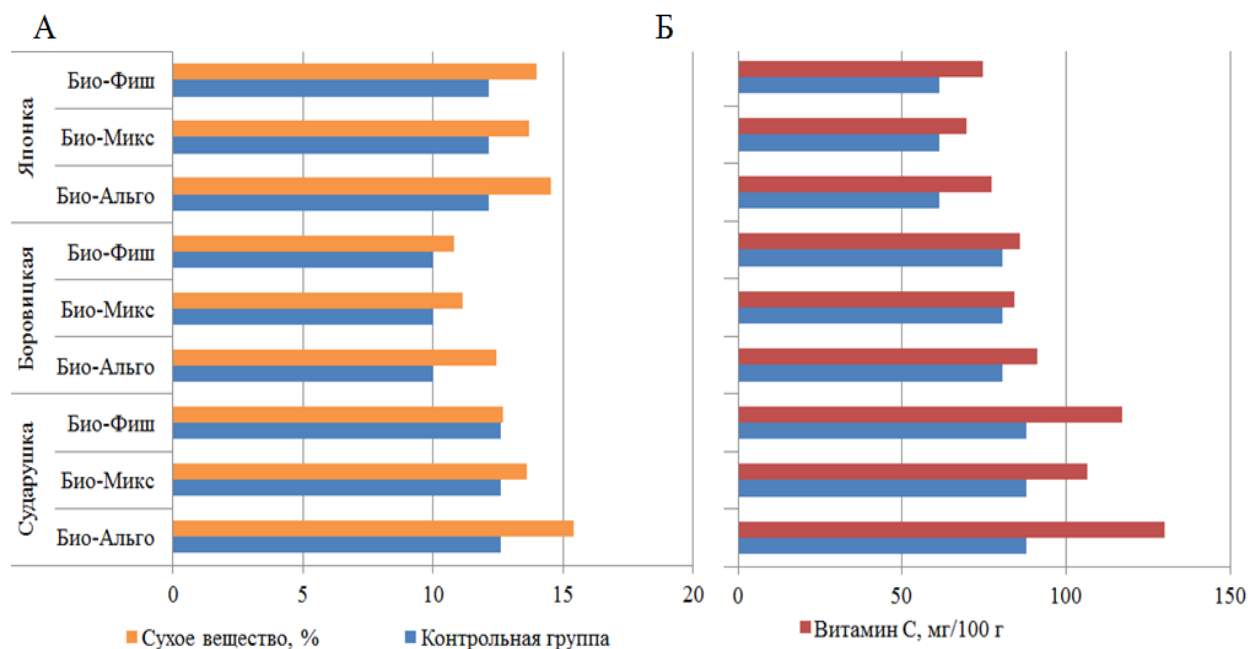


Рисунок 6.1 – Содержание сухого вещества (А) и витамина С (Б) в плодах земляники после воздействия органических удобрений (2017-2019 гг.)

Применение биостимуляторов из морских гидробионтов на наш взгляд усиливало обмен веществ, обеспечивало устойчивость растений к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам и повышало генеративную и, как будет показано ниже, вегетативную продуктивность

земляники. Данные, представленные в таблице 6.3, свидетельствуют о различном эффекте от применения биостимуляторов.

Наибольшее количество розеток (13 шт. с 1 растения) сформировалось в сравнении с контролем (8 шт. с 1 растения) в опытном варианте при применении препарата Био-Альго у сорта Сударушка. Та же тенденция его положительного воздействия отмечается и на величине показателя «количество усов с растения».

Таблица 6.3 – Показатели вегетативного размножения сортов земляники при применении органических удобрений из морских гидробионтов (2017-2019 гг.)

Вариант опыта	Количество усов с растения, шт.	Количество розеток	
		штук с растения	разница с контрольной группой, шт./раст.
Сорт Сударушка			
Контрольная группа	3,7±1,08	8,0±1,41	-
Био-Альго	6,0±1,87	13,0±3,24	+ 5,0
Био-Фиш	3,3±1,08	6,0±2,55	- 2,0
Био-Микс	3,3±0,82	6,0±1,41	- 2,0
Сорт Боровицкая			
Контрольная группа	4,3±1,47	8,0±2,55	-
Био-Альго	5,3±1,47	12,0±2,83	+ 4,0
Био-Фиш	3,0±0,71	5,7±1,47	- 2,3
Био-Микс	3,3±1,08	5,0±1,22	- 3,0
Сорт Японка			
Контрольная группа	4,3±1,47	8,7±2,94	-
Био-Альго	5,7±1,78	10,7±3,63	+ 2,0
Био-Фиш	2,7±0,41	6,0±1,22	- 2,7
Био-Микс	2,3±0,82	4,7±1,63	- 4,0

У сорта Сударушка он по сравнению с контрольной группой увеличился в среднем на 2,3 шт., у сорта Боровицкая – на 1,0 шт. и у сорта Японка – на 1,4 шт. Что касается обработки растений земляники препаратами Био-Микс и Био-Фиш, то она снижала показатели вегетативного размножения в сравнении с контрольными вариантами. Результаты изучения влияния биостимуляторов

на количество розеток, основного показателя вегетативного размножения земляники, еще раз подтвердили, что наибольший эффект на их формирование оказывает препарат Био-Альго. Он приводит к увеличению этого показателя по сортам на 22,9-62,5%.

Таким образом, изучение влияния органических биостимуляторов Био-Альго, Био-Микс, Био-Фиш на такие показатели, как зимостойкость, общее состояние и поражение патогенами выявило, что наиболее эффективным среди них является препарат Био-Альго. Его применение оказывает положительное влияние на развитие земляники и особенно восстановительные процессы после зимнего периода. Он заметно повышает показатели продуктивность ягод и вегетативного размножения растений. При использовании биостимуляторов отмечалась сортоспецифичность реакций у изучаемых сортов земляники. Это не противоречит экспериментальным данным зарубежных ученых, полученных при изучении влияния водорослевых препаратов на землянику крупноплодную (Khan, 2009; Alam et al., 2013). Результаты изучения влияния биостимуляторов на показатели вегетативного размножения растений выявили наибольшую эффективность их применения при использовании препарата Био-Альго. Это подтверждает увеличение количества розеток по сравнению с контрольными группами на 22,9-62,5%.

6.2 Воздействие экстрактов камчатских бурых водорослей на рост и развитие земляники крупноплодной

Изучение воздействия водорослевых экстрактов на землянику различной концентрации и кратности внесения были направлены на поиск способа повышения ее устойчивости к погодным стрессам, поражению болезнями и вредителями, усилению обмена веществ, улучшению физиологического

состояния растений, их потенциальной продуктивности и вегетативного размножения. Полученные экспериментальные данные представлены в наших предыдущих работах (Клочкова и др., 2019а, 2019б; Дахно и др., 2021б, 2021в), в которых установлена перспективность применения бурых водорослей Камчатки в качестве биостимуляторов роста земляники крупноплодной. В исследованиях оценивали влияние экстрактов *Fucus distichus* subsp. *evanescens*, *Hedophyllum bongardianum* и *Alaria esculenta* на приживаемость, рост и развитие растений при однократной обработке. Обработка включала замачивание корневой системы посадочного материала в растворах экстрактов либо опрыскивание надземной части. Установлено, что положительный эффект на развитие растений земляники крупноплодной наблюдался при использовании минимальных количеств сырья и низких концентраций экстрактов. Ниже представлены результаты, полученные при двукратной обработке водорослевыми экстрактами.

Так, по данным морфометрических измерений отмечалось стимулирующее воздействие водорослевых экстрактов на высоту растений при однократной обработке во всех вариантах опытов с сортом Сюрприз Олимпиады. Линейные размеры его представителей увеличились на 0,4-1,2 см при их высоте в контрольной группе 25,0 см (таблица 6.4). Данные таблицы свидетельствуют о том, что максимальное увеличение высоты растений на 1,2 см наблюдалось при однократной обработке 10% экстрактом *A. esculenta*. При двукратной обработке разноконцентрированными водными экстрактами *H. bongardianum* и *A. esculenta* отмечена тенденция к снижению показателей высоты растений на 0,4-1,6 см в сравнении с контрольной группой – 28,0 см.

Результаты общего состояния растений в весенний период показывают, что растения более благополучно, чем контрольные, переносят неблагоприятные условия зимы и затяжного снеготаяния. Сравнивая показатели общего состояния растений в осенний период после их обработки водорослевыми экстрактами, можно видеть их различия с контрольными. Так,

при одно- и двукратной обработке, практически во всех группах они были выше, чем в группе контрольных образцов на 0,2 балла. Исключение составили растения, обработанные двукратно 25% экстрактом *H. bongardianum* и 10% экстрактом *A. esculenta*. У них показатель общего состояния растений не превышал 4,5 балла или был почти на уровне такового у контрольной группы – 4,8 балла. Уровень поражения ягод земляники серой гнилью также зависел от кратности обработки водорослевыми экстрактами. При однократной обработке 10% экстрактом *H. bongardianum* поражение ягод этим грибом снижалось до 4,1%; в группе, обработанной 25% экстрактом *A. esculenta* – до 7,9% (контрольная группа – 10,7%).

При двукратной обработке степень поражения ягод так же уменьшалась, но в меньшей степени. Использование для повышения иммунитета растений 10% и 25% экстрактов *A. esculenta* оказало положительное воздействие, но в меньшей, чем у *H. bongardianum* степени.

Таблица 6.4 – Воздействие экстрактов водорослей на общее состояние и заболеваемость грибными болезнями земляники (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	Количество обработок	Высота растений, см	Общее состояние растений, балл		Поражение растений болезнями	
			весна	осень	серой гнилью, %	белой пятнистостью, балл
Контрольная группа	1	25,0	5,0	4,8	10,7	1,5
	2	28,0	5,0	4,8	10,3	1,0
10% экстракт <i>Hedophyllum bongardianum</i>	1	25,8	5,0	5,0	4,1	0
	2	27,5	5,0	5,0	11,8	0
25% экстракт <i>Hedophyllum bongardianum</i>	1	26,0	5,0	5,0	6,8	0
	2	27,4	5,0	4,5	15,2	1,5
10% экстракт <i>Alaria esculenta</i>	1	26,2	5,0	5,0	7,9	0
	2	26,4	5,0	4,8	7,3	1,0
25% экстракт <i>Alaria esculenta</i>	1	25,4	5,0	5,0	7,8	0
	2	27,6	5,0	5,0	4,9	0

Поражение листьев земляники белой пятнистостью было на уровне 1,0-1,5 баллов при двукратной обработке кустов 25% экстрактами *H. bongardianum* и 10% *A. esculenta* (рисунок 6.2).

В контрольных группах поражение листьев белой пятнистостью составило 1,5 баллов при однократной обработке и 1,0 балл при двукратной (таблица 6.4). Превышение контрольного показателя отмечалось только в группе, двукратно обработанной 25% экстрактом *H. bongardianum* (1,5 балла). В остальных опытных группах поражение листьев белой пятнистостью отсутствовало.



Рисунок 6.2 – Поражение листьев земляники белой пятнистостью при обработке растений в опытных вариантах: 1 – место взятия проб на определение уровня заболеваемости растений белой пятнистостью; 2 – здоровые листья после обработки 25% экстрактом *A. esculenta*; 3 – пораженный лист контрольной группы (отмечено стрелками)

При изучении влияния экстрактов на количество цветоносов на куст было выявлено, что они увеличиваются в среднем на 0,5-0,7 штук при однократной обработке экстрактами *H. bongardianum* и *A. esculenta* (таблица 6.5). При этом наибольшие значения этого показателя, 3,7 цветоноса на куст, были отмечены при однократной обработке их 10% экстрактами и при

двукратной обработке 10% экстрактом *H. bongardianum* и 25% экстрактом *A. esculenta*.

Таблица 6.5 – Воздействие экстрактов водорослей на продуктивность земляники (2019-2021 гг.)

Вариант опыта	Количество обработок	Среднее количество цветоносов на куст, шт.	Среднее количество цветков на цветонос, шт.	Среднее количество ягод на куст, шт.	Средняя масса одной ягоды, г	Фактическая продуктивность, г/куст
Контрольная группа	1	3,0±0,46	21,0±4,90	50,9±9,46	4,9±0,97	98,9±12,97
	2	3,5±0,38	21,5±5,70	52,4±8,39	5,9±0,84	119,4±15,01
10% экстракт <i>Hedophyllum bongardianum</i>	1	3,7±0,54	21,4±4,86	39,9±6,73	5,6±0,73	79,8±10,24
	2	3,7±0,49	23,2±5,43	45,5±5,98	5,5±0,92	92,1±14,56
25% экстракт <i>Hedophyllum bongardianum</i>	1	3,0±0,42	20,7±6,10	44,4±5,31	5,7±1,01	94,1±11,79
	2	3,0±0,37	22,8±3,76	41,7±5,47	5,3±0,59	109,3±13,90
10% экстракт <i>Alaria esculenta</i>	1	3,7±0,83	21,1±4,90	66,2±7,86	6,3±0,96	132,6±17,56
	2	3,0±0,76	21,8±3,79	66,3±7,34	5,5±0,64	119,2±12,97
25% экстракт <i>Alaria esculenta</i>	1	3,5±0,34	20,1±5,11	59,9±6,86	5,7±0,80	122,1±18,34
	2	3,7±0,63	21,2±3,47	62,1±6,69	5,6±0,65	118,7±14,35
НСР ₀₅	1	0,8	1,2	10,5	0,9	18,0
	2	0,7	1,1	9,8	0,8	16,5

Показатели количества цветков на цветоносе в восьми опытных группах увеличивались по сравнению с таковыми в контрольной группе, как при однократной, так и двукратной обработке. Меньшее, чем в контрольной группе, количество цветков появилось у растений однократно обработанных 25% экстрактами *H. bongardianum*, *A. esculenta* и двукратно - 25% экстрактом *A. esculenta*.

У экспериментальной группы растений земляники, обработанной разноконцентрированными экстрактами *A. esculenta* было зарегистрировано

максимальное количество ягод на куст – 59,9-66,2 при однократной обработке и 62,1-66,3 при двукратной обработке (таблица 6.5). При этом средняя масса ягод во всех опытных группах при однократной обработке превышала таковую в контрольной группе и варьировала в пределах 5,6-6,3 г (рисунок 6.3).

Положительное влияние водорослевых экстрактов было отмечено в группах образцов земляники однократно обработанных 10% и 25% экстрактами *A. esculenta*, фактическая продуктивность у них изменялась от 122,1 до 132,6 г/куст, по отношению к контрольной группе это составило 123,5-134,1%.



Рисунок 6.3 – Вид экспериментальных участков во время цветения растений (1) и их плодоношения (2)

Обработка земляники крупноплодной экстрактами бурых водорослей приводит к повышению содержания сухого вещества. Это хорошо видно из диаграммы, приведенной на рисунке 6.4 (А). Она показывает, что и одно- и двукратная внекорневые подкормки увеличивают этот показатель более чем

на четверть в первом случае и более чем на одну треть во втором. При этом наиболее эффективна двукратная обработка десятипроцентным экстрактом *A. esculenta*, но его синтез наиболее активен при двукратной обработке растений экстрактом *H. bongardianum*. Аналогичная тенденция сохраняется и по содержанию витамина С (рисунок 6.4, Б).

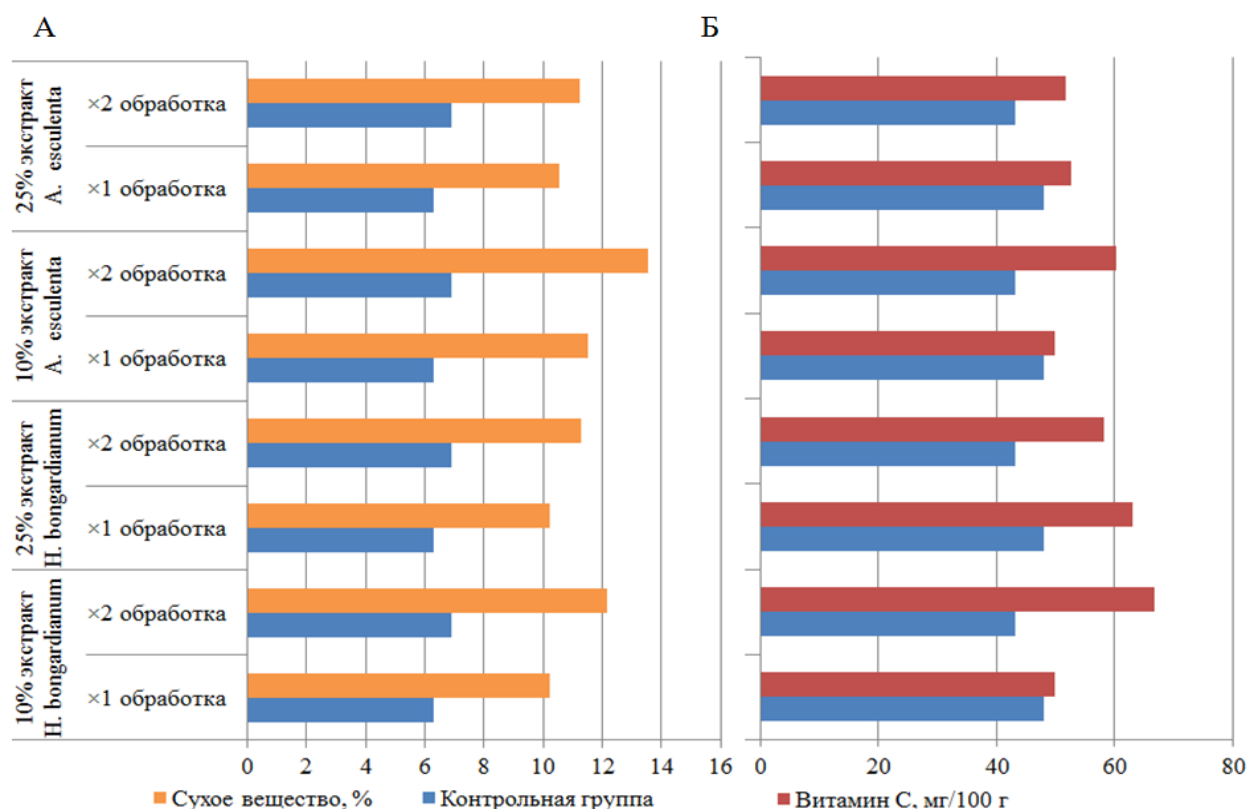


Рисунок 6.4 – Содержание сухого вещества (А) и витамина С (Б) у растений земляники после их обработки растворами водных экстрактов *Hedophyllum bongardianum* и *Alaria esculenta*

Данные изучения влияния экстрактов на количество усов, розеток, толщину корневой шейки и длину корней земляники крупноплодной, представленные в таблице 6.6 показывают, что среднее количество розеток при опрыскивании ими кустов во всех случаях увеличивается (Дахно и др., 2021в). При однократном опрыскивании их число возрастает в среднем на 1,5-3,2 шт., при двукратном на 1,0 и 2,2 шт.

Таблица 6.6 – Воздействие экстрактов водорослей на вегетативное размножение земляники (2019-2021 гг.)

Вариант	Количество обработок	Среднее количество усов на куст, шт.	Среднее количество розеток на куст, шт.	Толщина корневой шейки, см	Длина корней, см
Контрольная группа	1	5,9±3,12	5,8±2,87	1,7±0,28	10,7±4,38
	2	5,7±3,47	6,8±1,76	1,9±0,34	10,4±5,35
10% экстракт <i>Hedophyllum bongardianum</i>	1	5,0±4,07	8,0±1,94	1,2±0,25	11,7±4,79
	2	5,2±3,61	6,8±2,89	2,0±0,41	11,5±4,12
25% экстракт <i>Hedophyllum bongardianum</i>	1	6,0±3,58	7,7±2,47	2,4±0,30	10,7±4,31
	2	5,2±4,76	3,0±1,43	2,1±0,40	13,8±3,84
10% экстракт <i>Alaria esculenta</i>	1	7,5±4,81	9,0±3,67	2,4±0,47	12,1±4,48
	2	6,5±3,94	9,0±3,35	2,4±0,38	11,6±4,23
25% экстракт <i>Alaria esculenta</i>	1	5,5±3,65	7,3±2,96	2,7±0,40	9,8±3,95
	2	6,9±3,84	7,8±3,01	2,3±0,32	13,7±4,86
НСР ₀₅	1	1,34	1,83	0,11	1,63
	2	1,03	1,91	0,13	1,84

Интересно отметить, двукратная обработка растений 25% экстрактом *H. bongardianum* привела к заметному уменьшению количества розеток и одновременно к самому значительному удлинению корней. При использовании экстракта *A. esculenta* увеличились все изученные показатели вегетативного размножения: количество усов, розеток, толщина корневой шейки и длина корней. Различия в длине и массе корней у растений земляники контрольной группы и растений, двукратно обработанных 25% вытяжкой из *A. esculenta* показаны на рисунке 6.5. Таким образом, проведенный эксперимент, показал высокую эффективность использования для стимуляции роста и развития вегетативного размножения водных экстрактов этого вида бурых водорослей.



Рисунок 6.5 – Различия в длине и массе корней у растений земляники контрольной группы (1) и растений, двукратно обработанных 25% экстрактом *A. esculenta* (2)

В ходе исследований отмечалось стимулирующее воздействие водорослевых экстрактов, полученных из свежесобранных бурых водорослей Авачинского залива, на высоту и общее состояние растений земляники крупноплодной. После обработки экстрактами снижалось поражение растений земляники серой гнилью и белой пятнистостью, при этом наибольшее воздействие оказывали однократные обработки. Применение водорослевого экстракта *A. esculenta* повышало фактическую продуктивность земляники крупноплодной на 34,1%, а количество розеток – на 55,2% при однократной обработке и наименьшей концентрации раствора. Таким образом, анализ полученных нами данных показал, что наибольший эффект на рост, общее состояние, потенциальную продуктивность растений земляники крупноплодной и ее вегетативное размножение оказывает минимальное количество обработок водорослевыми экстрактами, подтверждая их высокое стимулирующее воздействие.

6.3 Экономическая эффективность возделывания сортов земляники крупноплодной в условиях юго-востока Камчатки

Важным критерием практической ценности проведенных многолетних исследований является экономическая эффективность возделывания отобранных сортов *Fragaria ananassa* Duch. в специфических условиях Камчатского края, что особенно актуально для региона с высокими издержками производства, рискованным земледелием и необходимостью обеспечения местного населения свежей витаминной продукцией. Расчёт экономической эффективности выполнен на основе данных полевых экспериментов с учётом сложившейся в регионе структуры затрат. В основу расчётов входят показатели фактической урожайности каждого сорта, затраты на производство, включающие подготовку почвы, приобретение посадочного материала, посадку, уход, уборку урожая и транспортные расходы (Дуброва, 1958), а также среднерыночная цена реализации свежих ягод земляники на Камчатке (400 тыс. руб./т).

Результаты расчёта, представленные в таблице 6.7, демонстрируют существенную дифференциацию экономических показателей в зависимости от сортовой принадлежности. Контрольный сорт Фестивальная, широко распространённый во многих регионах России, показал в экстремальных условиях Камчатки самые низкие показатели производства ягод (14,5% рентабельности) при урожайности 3,3 т/га. Сорта, отнесённые в ходе оценки к группе интенсивного типа с высокой экологической пластичностью – Атлас, Галина, Гренада, Первоклассница, Фестивальная ромашка, продемонстрировали более высокую экономическую эффективность. Так, рентабельность сорта Атлас составила 20,6%, в то время как сорта Галина, Первоклассница и Фестивальная ромашка обеспечили рентабельность на уровне 38,2% при урожайности 4,6 т/га и прибыли 508,6 тыс. руб./га. Наибольшая экономическая эффективность получена при возделывании

сортов Фруктовая и Японка. Благодаря максимальной реализованной в условиях Камчатки урожайности (6,7 и 8,9 т/га соответственно) эти сорта достигли наименьшей себестоимости продукции (241,7 и 215,9 тыс. руб./т) и высокого уровня рентабельности – 65,5% и 85,2% и могут быть рекомендованы для возделывания в промышленных масштабах, так как обеспечивают необходимый для расширенного воспроизводства уровень рентабельности, составляющий более 40%. Прибыль от выращивания сорта Японка (1638,4 тыс. руб./га) в 9,8 раза превышает экономический результат контрольного сорта.

Таблица 6.7 – Экономическая эффективность производства ягод земляники крупноплодной (2012-2016 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га	Затраты, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Прибыль, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Фестивальная (к)	3,3	1152,9	349,4	167,1	14,5
Атлас	3,6	1194,1	331,7	245,9	20,6
Галина	4,6	1331,4	289,4	508,6	38,2
Гренада	4,4	1303,9	296,3	456,1	35,0
Первоклассница	4,6	1331,4	289,4	508,6	38,2
Фестивальная ромашка	4,6	1331,4	289,4	508,6	38,2
Фруктовая	6,7	1619,6	241,7	1060,4	65,5
Японка	8,9	1921,6	215,9	1638,4	85,2

Важным резервом для дальнейшего повышения экономической эффективности является применение биостимуляторов на основе местных морских гидробионтов.

Таким образом, проведённая экономическая оценка подтверждает, что успешное и рентабельное возделывание земляники крупноплодной в условиях юго-восточной Камчатки возможно только на основе внедрения специально отобранных высокоадаптивных сортов, таких как Японка и Фруктовая, в сочетании с технологий повышения их продуктивности при использовании биостимуляторов, полученных из местных морских гидробионтов – отходов рыбной промышленности и бурых водорослей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании многолетних комплексных исследований влияния абиотических и биотических факторов на продуктивность *Fragaria ananassa* Duch. в условиях юго-восточной Камчатки, а также оценки эффективности применения биостимуляторов из местных морских гидробионтов, установлено, что успешное возделывание земляники крупноплодной в регионе возможно при использовании специально отобранных адаптивных сортов и применении органических стимуляторов роста, полученных из водорослей и рыбных отходов. Это позволяет повысить продуктивность, устойчивость к стрессовым факторам и качество ягод, что имеет важное значение для развития ягодоводства в условиях рискованного земледелия Камчатки.

1. Изучение требований сортов земляники крупноплодной к температурному режиму позволило разделить исследуемые генотипы на три группы, с оптимальной суммой эффективных температур, отличающихся в среднем на 100 °С. Установлено, что разброс температурного диапазона, обеспечивающего цветение у всех изученных культиваров составляет 89,6 – 435,2 °С, созревание ягод – 430,5 – 845,7 °С. Сумма эффективных температур является лимитирующим фактором для наступления фаз цветения и созревания у земляники.

2. Определено, что изученные сорта земляники крупноплодной характеризуются разной устойчивостью к комплексу неблагоприятных факторов Камчатки. По зимостойкости они разделены на группы: высокостойкие (1 сорт), зимостойкие (9 сортов), среднестойкие (12 сортообразцов) и малостойкие (2 сорта). Критическими лимитирующими факторами являются абиотические условия, в особенности низкие осенние температуры при отсутствии устойчивого снегового покрова и затяжное весеннее снеготаяние, вызывающее выпревание, а также биотические факторы – поражение грибными заболеваниями, среди которых наибольший вред

наносят серая гниль (*Botrytis cinerea* Pers.) и белая пятнистость (*Ramularia tulasnei* Sacc.).

3. Выявлено, что земляника сохраняет фертильность пыльцы (29,7-60,1%), однако репродуктивный потенциал сдерживается комплексом абиотических стрессоров, что проявляется в низкой всхожести семян (в среднем 15,7%) и длительном периоде прорастания. Данный факт подтверждает ведущую роль вегетативного размножения при интродукции сортов в экстремальных условиях региона.

4. Определено, что изучаемые сортообразцы земляники крупноплодной в погоднo-климатических условиях Камчатки в наибольшей степени поражаются грибами *Botrytis cinerea* Pers. (серая гниль), *Podosphaera macularis* (Wallr.) U. Braun & S. Takam. (мучнистая роса) и *Ramularia tulasnei* Sacc. (белая пятнистость). Установлено, что изучаемые сортообразцы были устойчивы к воздействию вредоносного патогена *Podosphaera macularis*. Комплексно устойчивы к грибным болезням шесть сортов земляники – Белруби, Галина, Гренада, Корона, Лидия Норвежская, Марышка.

5. Выявлена корреляция между потенциальной продуктивностью и развитием основных морфоструктурных компонентов куста земляники. Определена высокая корреляция между потенциальной продуктивностью и средней массой ягод ($r = 0,73$), числом цветоносов ($r = 0,71$) и числом цветков на цветоносе ($r = 0,60$), а также между фактической продуктивностью и средней массой ягоды ($r = 0,71$).

6. Определено, что реализация потенциальной продуктивности у изученных сортов земляники в погоднo-климатических условиях юго-восточной Камчатки составляет от 25 до 56%. Самым продуктивным среди изученных сортов является Японка, его потенциальная продуктивность достигает 869,4 г с куста (32,2 т/га).

7. На основе изучения фактической продуктивности и биохимических характеристик плодов выделены 7 сортов с высокой экологической

пластичностью и адаптивностью к экстремальным колебаниям абиотических факторов. По высокому содержанию витамина С выделяются сорта Фейерверк (72, 2 мг/100 г), Атлас (82,9 мг/100 г), Первоклассница (88,2 мг/100 г) и Фруктовая (115,1 мг/100 г). Последний сорт характеризуется самым высоким содержанием сахаров (9,38%).

8. На основании многолетних полевых экспериментов определена высокая эффективность препаратов, разработанных на основе морских бурых водорослей. Наиболее эффективным оказалось опрыскивание растений 10% раствором экстракта из *Alaria esculenta*, которое увеличивает количество розеток при однократном опрыскивании на 55,2%, фактическую продуктивность кустов на 34,1%.

9. Показано, что генетические особенности вида обеспечивают возможность получения в условиях Камчатского климата стабильные урожаи (6,7-8,9 т/га) с повышенной товарной ценностью ягод. Использование природных биостимуляторов на основе морских бурых водорослей является гарантией успешной интродукции изученного вида в северные регионы с суровыми условиями произрастания.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Рекомендуются для промышленного возделывания в условиях юго-востока Камчатки продуктивные сорта крупноплодной земляники, характеризующиеся высокой экологической пластичностью и адаптивностью: Фруктовая и Японка; для любительского садоводства – Атлас, Галина, Гренада, Первоклассница, Фестивальная ромашка.

2. В качестве источников зимостойкости перспективны сорта: Анастасия, Атлас, Гренада, Марышка, Первоклассница, Удивительная, Фестивальная, Фея, Фруктовая и Японка; комплексной устойчивости к белой пятнистости и серой гнили – Белруби, Галина, Гренада, Корона, Лидия Норвежская, Марышка.

3. Выделены перспективные сорта Атлас и Фейерверк с повышенной экологической пластичностью и стабильностью по содержанию в плодах витамина С. По комплексу биохимических показателей (аскорбиновая кислота, сахара, сухое вещество, кислотность), экологической пластичности и стабильности отобраны высоковитаминные культивары Первоклассница и Фруктовая.

4. Для повышения продуктивности земляники и снижения развития *Podosphaera macularis* (Wallr.) U. Braun & S. Takam. (мучнистая роса) и *Ramularia tulasnei* Sacc. (белая пятнистость) рекомендуется препарат на основе морских водорослей Био-Альго.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, З.В. Практикум по генетике / З.В. Абрамова, О.А. Карлинский. – Л.: Колос, 1979. – 192 с.
2. Абызов, В.В. Устойчивость сортов земляники к серой гнили плодов / В.В. Абызов // Защита и карантин растений. – 2010. – №. 11. – С. 44.
3. Айтжанова С.Д. Селекция земляники в юго-западной части Нечерноземной зоны России: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Айтжанова Светлана Дмитриевна. – Брянск, 2002. – 49 с.
4. Айтжанова, С.Д. Селекция земляники на высокий и стабильный уровень продуктивности / С.Д.Айтжанова, В.И. Андронов // Плодоводство и ягодоводство России. –1995. – Т. 2. – С. 85-89.
5. Айтжанова, С.Д. Адаптивный потенциал земляники в условиях Брянской области / С.Д. Айтжанова, В.И. Андронов // Генетико-селекционные проблемы устойчивости плодовых растений к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам: XVII Мичуринские чтения. Мичуринск, 1996. – С. 37-39.
6. Айтжанова, С.Д. Селекционная оценка земляники по вкусу ягод, содержанию растворимых сухих веществ и антоцианов / С.Д. Айтжанова, В.И. Андронов, Ф.Ф. Сазонов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2001. – № 8. – С. 85-89.
7. Акимов, М.Ю. Пищевая ценность плодов перспективных сортов земляники / М.Ю. Акимов, Е.В. Жбанова, В.Н. Макаров, И.Б. Перова, Л.В. Шевякова, О.А. Вржесинская, Н.А. Бекетова, О.В. Кошелева, М.Н. Богачук, Е.В. Рылина, И.В. Лукьянчук, А.М. Миронов // Вопросы питания. – 2019. – № 88 (2). – С. 64-72.
8. Акимов, М.Ю. Плоды земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ

(обзор) / М.Ю. Акимов, И.В. Лукьянчук, Е.В. Жбанова, А.С. Лыжин // Химия растительного сырья. – 2020. – № 1. – С. 5-18.

9. Алфимов, Н.Н. О биологических и биохимических особенностях некоторых ламинариевых и фукусовых водорослей (Phaeophyta) острова Беринга (Командорские острова) / Н.Н. Алфимов, Ю.Е. Петров // Ботанический журнал. – 1972. – Т. 57. – № 6. – С. 697-700.

10. Аминина, Н.М. Химический состав бурых водорослей Авачинского залива (побережье п-ова Камчатка) / Н.М. Аминина, О.Н. Гурулева // Экологическая физиология водных фототрофов. Вопросы современной альгологии: Материалы международной конференции. – 2012. <https://www.algology.ru> (дата обращения: 20.03.2021)

11. Андропова, Н.В. Оценка интродуцированных сортов земляники садовой по составляющим компонентам продуктивности / Н.В. Андропова, Е.Н. Новикова // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы XV международной научной конференции. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – С. 360-365.

12. Андрушкевич, Т.М. Изменение климатических условий и феноритмики ягодных культур в Беларуси / Т.М. Андрушкевич, Д.Б. Радкевич, О.В. Емельянова, М.С. Шалкевич, В. Ф.Л., Н.В. Клакоцкая, А.Г. Зазулин // Плодоводство. – 2019. – № 31 (1). – С.100-112.

13. Антипенко, М.И. Оценка адаптивности интродуцированных сортов земляники в условиях Самарской области / М.И. Антипенко, А.С. Заика // Плодоводство и ягодоводство России. – 2022. – Т. 68. – С.15-28.

14. Апажев, А.К. Инновационные технологии и техника орошения садов / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. ВМ Кокова. – 2021. – №. 1 (31). – С. 73-79.

15. Арифова, З.И. Фенологические особенности интродуцированных сортов земляники в условиях Предгорной зоны Крыма / З.И. Арифова //

Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2024. – №. 150. – С. 26-32.

16. Батури́н, С.О. Виды рода *Fragaria* l. Западной и Восточной Сибири / С.О. Батури́н // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока. – 2016 а. – С. 119-124.

17. Батури́н, С.О. Натурализация *Fragaria x ananassa* Duch. в Западной Сибири / С.О. Батури́н // Сибирский экологический журнал. – 2016 б. – Т. 23. – №. 3. – С. 449-458.

18. Батури́н, С.О. Репродуктивные особенности и перспективы использования розовоцветкового декоративного гибрида *Fragaria Potentilla* (сорт Frel) в селекции крупноплодной земляники / С.О. Батури́н, Л.Л. Кузнецова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2011. – Т. 15. – № 4. – С. 800-807.

19. Батыгин, Н.Ф. Онтогенез высших растений / Н.Ф. Батыгин. – М., 1986. – 100 с.

20. Батыгина, Т.Б. От микроспоры – к сорту / Т.Б. Батыгина, Н.Н. Круглова, В.Ю. Горбунова, Г.Е. Титова, О.А. Сельдими́рова. – М.: Наука, 2010. – 174 с.

21. Белов, В.Ф. Земляника / В.Ф. Белов, И.И. Чухляев. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 3-18.

22. Белых, А.М. Земляника в Сибири / А.М. Белых, Л.А. Гончарова.– Новосибирск: РОС, 1992. – 73 с.

23. Березина, Т.В. Особенности произрастания плодовых культур в долинах рек Урал и Сакмара на территории Оренбургского и Сакмарского районов / Т.В. Березина, Е.З. Савин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – №. 6 (181). – С. 4-10.

24. Бенне Р. Промышленное производство земляники / Р. Бенне. – М.: Колос, 1978. – 107 с.

25. Бобрякова, Т.Г. Состояние и пути развития ягодного садоводства в Камчатской области / Т.Г. Бобрякова // Состояние и перспективы развития плодового садоводства на Дальнем Востоке. – Хабаровск, 1969. – С. 49-56.
26. Бондаренко, Л.В. Глобальное изменение климата и его последствия / Л.В. Бондаренко, О.В. Маслова, А.В. Белкина, К.В. Сухарева // Вестник Российского экономического университета им. ГВ Плеханова. – 2018. – №. 2 (98). – С. 84-93.
27. Брюхина, С.А. Продуктивность и качество ягод земляники садовой в условиях Тульской области / С.А. Брюхина, Ю.В. Трунов, А.Ю. Медеяева, А.Ю. Коршунов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (73). – С. 24-28.
28. Брюхина, С.А. Анализ сортимента земляники садовой на российском рынке посадочного материала / С.А. Брюхина, Н.В. Муравьева, Ю.В. Трунов, А.Ю. Медеяева, В.А. Баженова // Наука и образование. – 2024. – Т. 7. – №. 3. – С. 51-57.
29. Бурмистров, А.Д. Ягодные культуры / А.Д. Бурмистров. – Л.: Колос, 1972. – 384 с.
30. Бурмистров А.Д. Ягодные культуры / А.Д. Бурмистров. – 2-е изд. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 242 с.
31. Варгина, Н.Е. Род *Fragaria* L. Земляника / Н.Е. Варгина, А.П. Исайкина, Г.И. Серых // Ареалы лекарственных и родственных им растений СССР (Атлас) / Под ред. В.М. Шмидта. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – С. 57-59.
32. Васильев, А.А. Экологическая пластичность сортов сливы в условиях Челябинской области / А.А. Васильев, Ф.М. Гасымов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180. – № 2. – С. 25-29.
33. Веселовский, В.А. Стресс растения. Биофизический подход / В.А. Веселовский, Т.В. Веселова, Д.С. Чернавский // Физиология растений. – 1993. – Т. 40. – №. 4. – С. 553-557.

34. Винокурова, Н.В. Изучение сортов земляники садовой в условиях юго-востока Камчатской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Винокурова Надежда Вячеславовна. – Уссурийск, 2002. – 24 с.
35. Винокурова, Н.В. Ягодное садоводство / Н.В. Винокурова, Е.Н. Петруша, Т.А. Соловьева // Система ведения агропромышленного производства Камчатской области. РАСХН ДВНМЦ, КНИИСХ. – Петропавловск–Камчатский, 2005. – С. 128-143.
36. Витковский, В.Л. Земляника. Устойчивость сортов и видов к белой, бурой и угловатой пятнистостям листьев / В.Л. Витковский // Каталог мировой коллекции ВИР. – 1992. – Вып. 620. – С. 22.
37. Власенко, М.В. Водный режим видов семейства Роасеае в условиях засухи / М.В. Власенко, К.Ю. Трубакова // Аграрный вестник Урала. – 2019. – №. 11 (190). – С. 2-8.
38. Галиулина, А.А. Влияние регуляторов роста на рост и развитие земляники / А.А. Галиулина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2008. – № 87. – С.11-13.
39. Генкель, П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений / П.А. Генкель. – М.: Наука, 1982. – 280 с.
40. Глаз, Н.В. Изменение климата / Н.В. Глаз, А.А. Васильев // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №. 4 (48). – С. 32-39.
41. Глебова, Е.И. Ягодный сад / Е.И. Глебова, В.В. Даньков, М.М. Скрипниченко. – Л.: Лениздат, 1990. – С. 33-90.
42. Говорова, Г.Ф. Засухоустойчивость и жаростойкость новых сортов и гибридов земляники ананасной / Г.Ф. Говорова, А.Е. Буланов // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2011. – № 9 (104). – Вып. 15/1. – С.176-181.
43. Говорова, Г.Ф. Земляника / Г.Ф. Говорова, Д.Н. Говоров. – М.: Издательский Дом МСП, 2003. – 160 с.

44. Говорова, Г.Ф. Земляника: прошлое, настоящее, будущее (таксономия, эволюция, биология, агротехника, болезни, генетика, селекция, биотехнология, сорта) / Г.Ф. Говорова, Д.Н. Говоров. – М.: Росинформагротех, 2004. – 348 с.
45. Говорова, Г.Ф. Земляника и клубника / Г.Ф. Говорова, Д.Н. Говоров. – М.: Проспект, 2015. – 281 с.
46. Говорова, Г.Ф. Грибные болезни земляники и клубники / Г.Ф. Говорова, Д.Н. Говоров. – Монография. М.: Проспект, 2016. – 142 с.
47. Гончарова, Э.А. Саморегуляция плодоношения сочноплодных растений в различных условиях среды / Э.А. Гончарова // Физиологические основы селекции растений. – СПб.: Изд-во ВИР, 1995. – Т. 2. Ч. 2. – С. 352-440.
48. Гончарова, Э.А. Стратегия диагностики и прогноза устойчивости сельскохозяйственных растений к погодно-климатическим аномалиям / Э.А. Гончарова // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – Т. 1. – С. 24-31.
49. Гончарова, Э.А. Реакция различных сортов земляники на водный дефицит / Э.А. Гончарова, Е.В. Мажоров // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1976. – Т. 57. – Вып. 2. – С. 77–82.
50. Горбунов, И.В. Сравнительная характеристика сортов земляники в условиях Краснодарского края / И.В. Горбунов, Р.В. Кравченко, И.И. Горбунов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – №. 40 (203). – С. 24-34.
51. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 631 с.
52. Дахно, О.А. История развития науки по проблеме интродукции ягодных культур в условиях Камчатки / О.А. Дахно, **Т.Г. Дахно** // Продовольственная безопасность Дальнего Востока, Забайкалья и роль в ее обеспечении: Материалы межрегиональной научно-практической

конференции, Петропавловск-Камчатский, 17-19 февраля, 2010 – г. Петропавловск-Камчатский, 2010. – С. 68-73.

53. Дахно, Т.Г. Изучение засухоустойчивости интродуцированных сортов земляники садовой в условиях юго-востока Камчатки / Т.Г. Дахно, О.А. Дахно // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: Сборник научных трудов. – Челябинск, 2016 а. – Т. XVIII. – С. 83-90.

54. Дахно, Т.Г. Параметры экологической пластичности интродуцированных сортов земляники садовой / Т.Г. Дахно, Н.И. Ряховская, О.А. Дахно // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016 б. – № 5. – С.60-63.

55. Дахно, Т.Г. Фенологические особенности земляники крупноплодной в условиях Камчатского края / Т.Г. Дахно, Н.И. Ряховская, О.А. Дахно // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – №. 3 (43). – С. 23-29.

56. Дахно, О.А. Результаты работы по интродукции культурных и дикорастущих ягодных растений / О.А. Дахно, **Т.Г. Дахно** // Потенциал Камчатского края на развитие интеграционных процессов Дальневосточных регионов России и стран АТР: Материалы международной научно-практической конференции. – Петропавловск-Камчатский, 2018. – С. 177-182.

57. Дахно, О.А. Репродуктивные особенности интродуцированных сортов земляники крупноплодной в условиях юго-восточной части Камчатки / О.А. Дахно, **Т.Г. Дахно** // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018 а. – №. 2 (46). – С. 7-13.

58. Дахно, Т.Г. Оценка адаптивности сортов земляники крупноплодной в условиях юго-восточной части Камчатки / Т.Г. Дахно, О.А. Дахно // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018 б. – №. 4 (48). – С. 39-45.

59. Дахно, Т.Г. Морфоструктурные компоненты куста и их связь с продуктивностью у сортообразцов земляники крупноплодной в условиях

Камчатского края / Т.Г. Дахно, О.А. Дахно // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – №. 2 (50). – С. 22-31.

60. Дахно, Т.Г. Генеративная и вегетативная продуктивность земляники крупноплодной *Fragaria ananassa* при применении биостимуляторов из морских гидробионтов Камчатского шельфа / Т.Г. Дахно, О.А. Дахно // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2020. – №. 53. – С. 81-92.

61. Дахно, Т.Г. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов земляники крупноплодной по продуктивности и качеству плодов / Т.Г. Дахно., О.А. Дахно // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021 а. – №. 3. – С. 40-43.

62. Дахно, О.А. Влияние экстрактов бурых водорослей Камчатки на генеративную продуктивность земляники садовой / О.А. Дахно, Т.Г. Дахно, А.В. Климова, Т.А. Ключкова // Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами: Материалы X международной научно-практической конференции. – Петропавловск-Камчатский, 2021 б. – С. 128-132.

63. Дахно, О.А. Влияние экстрактов бурых водорослей Камчатки на вегетативную продуктивность земляники садовой / О.А. Дахно, Т.Г. Дахно, А.В. Климова, Т.А. Ключкова // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: Материалы XXIV международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2021 в. – С. 532-535.

64. Дахно, О.А. Опыт и перспективы промышленного выращивания земляники садовой в условиях Камчатского края / О.А. Дахно, Т.Г. Дахно, О.Г. Мурзина // Аграрная наука: вчера, сегодня, завтра: Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 90-летию образования аграрной науки Камчатки. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 32-34.

65. Джураева, Ф.К. Динамика накопления аскорбиновой кислоты в ягодах земляники садовой и малины в условиях степной зоны Оренбуржья /

Ф.К. Джураева // Состояние, перспективы садоводства и виноградарства Урало-Волжского региона и сопредельных территорий. – 2013. – С. 62-67.

66. Джураева, Ф.К. Влияние абиотических факторов на накопление аскорбиновой кислоты в плодах *Fragaria ananassa* Duch. и *Rubus idaeus* L. в условиях Оренбургского Приуралья / Ф.К. Джураева, З.А. Авдеева, Е.В. Аминова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 49. – С. 91-94.

67. Дмитриев, А.П. Сигнальные молекулы растений для активации защитных реакций в ответ на биотический стресс / А.П. Дмитриев // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – №. 3. – С. 465-474.

68. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

69. Дуброва, П.Ф. Методика экономической оценки сортов плодовых и ягодных культур / П.Ф. Дуброва. – Саратов, 1958. – 34 с.

70. Дубровная, С.А. Морфологическая пластичность земляники лесной (*Fragaria vesca* L.) как механизм устойчивого существования популяции / С.А. Дубровная, Н.В. Глотов // Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага». – 2007. – №. 2. – С. 151-172.

71. Дубровная, С.А. Морфологическая изменчивость *Fragaria vesca* (Rosaceae) в республике Марий Эл / С.А. Дубровная // Растительные ресурсы. – 2009. – Т. 45. – №. 2. – С. 8-16.

72. Дука, С.Х. Биология селекции садовой крупноплодной земляники / С.Х. Дука. – Киев: Сельхозгиз УССР, 1959. – 130 с.

73. Ежов, Л.А. Ягодники Нечерноземья и Урала / Л.А. Ежов, Ю.В. Солина, А.М. Канунников. – Пермь: Прокрость, 2017. – 397 с.

74. Ермаков, И.П. Физиология растений / И.П. Ермаков. – М.: Академия, 2005. – 640 с.

75. Жбанова, Е.В. Плоды земляники садовой (*Fragaria*×*ananassa* Duch.) как ценный источник микронутриентов / Е.В. Жбанова, И.В. Лукьянчук // Современное садоводство – Contemporary horticulture. – 2024. – №. 2. – С. 6-17.

76. Животков, Л.А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности» / Л.А. Животков, З.Н. Морозова, Л.И. Секатуева // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 1: С. 3-6.
77. Жолкевич, В.Н. Водный обмен растений / В.Н. Жолкевич, Н.А. Гусев А.В. Капля. – М.: Наука, 1989. – 256 с.
78. Жуковский, П.М. Культурные растения и их сородичи / П.М. Жуковский. – Л.: Колос, 1964. – 750 с.
79. Журбицкий, З.И. Теория и практика вегетационного метода / З.И. Журбицкий. – М.: Наука, 1968. – 264 с.
80. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений / А.А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1980. – 465 с.
81. Жученко, А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 767 с.
82. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство / А.А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 432 с.
83. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические аспекты) / А.А. Жученко. – М.: Издательство РУДН, 2001. – Т. I. – 779 с.
84. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика) / А.А. Жученко. – М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. – Т. II. – 466 с.
85. Забродина, И.А. Биологические особенности формирования продуктивности земляники в экологических условиях Юга России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07 / Забродина Ирина Анатольевна. – Краснодар, 2000. – 21 с.

86. Заика, А.С. Особенности влияния поздневесенних заморозков на рост и развитие земляники садовой / А.С. Заика, М.И. Антипенко, О.В. Бледных // Плодоводство и ягодоводство России. – 2024. – Т. 76. – С. 39–51.
87. Зайцев, Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев Г.Н. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
88. Заушинцена, А.В. Влияние стимуляторов роста на развитие и продуктивность земляники садовой / А.В. Заушинцена, П.В. Медведева // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2012. – № 1. – С. 15–18.
89. Зубкова, М.И. Оценка сортов земляники садовой как источников высокой зимостойкости и продуктивности / М.И. Зубкова, С.Д. Князев, З.Е. Ожерельева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183. – №. 2. – С. 51–57.
90. Зубкова, М.И. Итоги изучения новых сортов земляники садовой в Центрально–Черноземном регионе / М.И. Зубкова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2024. – №. 3. – С. 38–42.
91. Зубов, А.А. О систематике рода *Fragaria* L. / А.А. Зубов // Бюллетень научной информации Центральной генетической лаборатории им. И.В. Мичурина. Мичуринск, 1990 а. – Вып. 48. – С. 30–34.
92. Зубов, А.А. Генетические особенности и селекция земляники / А.А. Зубов // Методические указания. Мичуринск, 1990 б. – 81 с.
93. Зубов, А.А. Селекция земляники / А.А. Зубов, И.В. Попова // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1995. – С. 387–417.
94. Зубов, А.А. Теоретические основы селекции земляники / А.А. Зубов. – Мичуринск: Издательство ВНИИГ и СПР им. И.В. Мичурина, 2004. – 196 с.
95. Зубов, А.А. Оценка в полевых условиях засухоустойчивости растений земляники по увяданию и подсыханию листьев / А.А. Зубов, И.В. Лукьянчук // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – № 1. – С. 116–118.

96. Зыкин, В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации / В.А. Зыкин, В.В. Мешкова, В.А. Сапега. – Новосибирск: Редакционно-полиграфическое объединение СО ВАСХНИЛ, 1984. – 23 с.

97. Имбс, Т.И. Сравнительное изучение химического состава этанольных экстрактов бурых водорослей и их влияние на рост проростков и урожайность сои *Glycine max* (L.) Merr. / Т.И. Имбс, Е.Л. Чайкина, Л.А. Дега, А.П. Ващенко, М.М. Анисимов // Химия растительного сырья. – 2010. – № 1. – С. 143-148.

98. Казьмин, Г.Т. Ягодные культуры / Г.Т. Казьмин // Дальневосточный сад и огород. – Хабаровск, 1987. – С. 68-78.

99. Кальченко, Е.И. Химический состав *Laminaria bongardiana* из Авачинского залива / Е.И. Кальченко, Н.М. Аминина, О.Н. Гурулева, Т.И. Вишневская, М.И. Юрьева // Известия Тихоокеанского НИИ рыбохозяйственного центра. – 2008. – Т. 155. – С. 347-354.

100. Камедько, Т.Н. Результаты оценки гибридного фонда земляники садовой по устойчивости к болезням / Т.Н. Камедько, Р.М. Пугачёв // Плодоводство. – 2022. – Т. 26. – №. 1. – С. 183-192.

101. Катинская, Ю.К. Земляника / Ю.К. Катинская. – Л.-М.: Сельхозиздат, 1961. – 166 с.

102. Кашин, В.И. Научные основы адаптивного садоводства / В.И. Кашин. – М.: Колос, 1995. – 335 с.

103. Киртбая, Е.К. Земляника / Е.К. Киртбая, С.Н. Щеглов. – Краснодар: Северо-Кавказский зональный НИИ садоводства и виноградарства. 2003. – 170 с.

104. Клакоцкая, Н.В. Оценка адаптационного потенциала сортов земляники садовой зарубежной селекции в условиях Беларуси / Н.В. Клакоцкая, Л.В. Фролова, Д.Б. Радкевич, Ю.Г. Кондратёнок // Плодоводство. – 2018. – С. 121-125.

105. Климова, А.В. Внутривидовые формы *Alaria esculenta* (Laminariales, Ochrophyta) во флоре морских водорослей восточной Камчатки: первая ревизия / А.В. Климова, Т.А. Ключкова, Н.Г. Ключкова // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2018. – Вып. 43. – С. 74-86.
106. Ключкова, Н.Г. Водоросли Камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав / Н.Г. Ключкова, В.А. Березовская. – Владивосток; Петропавловск-Камчатский: Дальнаука, 1997. – 155 с.
107. Ключкова, Н.Г. Атлас водорослей макрофитов прикамчатских вод / Н.Г. Ключкова, Т.Н. Королева, А.Э. Кусиди. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2009а. – Т. 1. – 217 с.
108. Ключкова, Н.Г. Атлас водорослей макрофитов прикамчатских вод / Н.Г. Ключкова, Т.Н. Королева, А.Э. Кусиди. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2009б. – Т. 2. – 302 с.
109. Ключкова, Т.А. Влияние экстрактов водорослей на раннее развитие земляники садовой в условиях Камчатки / Т.А. Ключкова, О.А. Дахно, Т.Г. Дахно // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2019 а. – №. 48. – С. 78-89.
110. Ключкова, Т.А. Перспективы использования камчатских ламинариевых водорослей в региональном растениеводстве / Т.А. Ключкова, А.В. Климова, Н.Г. Ключкова // Вестник Камчатского государственного университета. – 2019 б. – № 48. – С. 90-104.
111. Козловская, З.А. Прогноз сроков цветения и созревания земляники садовой в условиях Беларуси / З.А. Козловская, Н.В. Клакоцкая, Д.Б. Радкевич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – №. 4. – С. 103-108.
112. Кондратюк, В.И. Климат Камчатки / В.И. Кондратюк. – М.: Московское отделение гидрометеоздата, 1974. – 204 с.
113. Конева, А.А. Сезонная динамика общего химического состава у *Saccharina bongardiana* (Laminariales, Phaeophyta), произрастающей в

Авачинской губе (юго-восточная Камчатка) / А.А. Конева, Н.Г. Клочкова // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2013. – Вып. 30. – С. 82-88.

114. Конева, А.А. Сезонная динамика общего химического состава у *Laminaria* sp. (avb_1) (Laminariales, Phaeophyta), произрастающей в загрязненных районах Авачинской губы (юго-восточная Камчатка) / А.А. Конева, Н.Г. Клочкова // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2014. – Вып. 33. – С. 78-86.

115. Копылов, В.И. Земляника / В.И. Копылов, В.В. Николенко. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 387 с.

116. Корниевская, Т.В. Влияние водного стресса на рост и развитие астрагалов / Т.В. Корниевская // Перспективы развития и проблемы современной ботаники: Материалы IV (VI) всероссийской молодежной конференции. – Новосибирск: Издательство «Академиздат», 2018. – С. 115-120.

117. Косолапова, Г.Н. Земляника садовая в северных условиях возделывания / Г.Н. Косолапова, Н.Н. Сокерина, Н.И. Пономарь, О.А. Панькова, Н.П. Несмелова. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. – 104 с.

118. Костин, А.К. Хозяйственно-биологическая оценка сортов и гибридов земляники для производства и селекции; автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Костин Андрей Константинович. – Москва, 2005. – 25 с.

119. Кузнецов, В.В., Физиология растений / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – Изд. 2-е перераб. и дополн. – М.: Высшая школа, 2006. – 742 с.

120. Кузнецов, В.В. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм и регуляция / В.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, Н.И. Шевякова // Физиология растений. – 1999. – Т. 46. – Вып. 2. – С. 305-320.

121. Кулакова, Т.Н. Изучение морозоустойчивости земляники крупноплодной в условиях искусственного климата / Т.Н. Кулакова, М.А.

Раченко // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Материалы VII международной научно-практической конференции. – Иркутск, 2018. – С. 77-86.

122. Куликов, И.М. Модель промышленного сорта земляники садовой для условий средней полосы России / И.М. Куликов, С.Д. Айтжанова, Н.В. Андропова, А.А. Борисова, Т.А. Тумаева // Садоводство и виноградарство. – 2020. – №. 3. – С. 5-10.

123. Куприянов, П.Г. Диагностика систем семенного размножения в популяциях цветковых растений / П.Г. Куприянов. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1989. – 160 с.

124. Курганова, Л.Н. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная система защиты хлоропластов гороха при тепловом шоке / Л.Н. Курганова, Л.Н. Курганова, А.П. Веселов, Т.А. Гончарова // Физиология растений. – 1997. – № 44 (5). – С. 725-730.

125. Кушниренко, М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений / М.Д. Кушниренко. – Кишинев: Штиинца, 1991. – 306 с.

126. Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений. М.: Наука, 1981. 96 с.

127. Леонченко, В.Г. Задачи селекции по выведению сортов плодовых и ягодных культур с повышенным содержанием биологически активных веществ / В.Г. Леонченко // Состояние сортимента плодовых и ягодных культур и задачи селекции: Сборник научных трудов. – Орел, 1996: – С. 151-153.

128. Ливеровский, Ю.А. Почвы равнин Камчатского полуострова / Ю.А. Ливеровский. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 234 с.

129. Линник, Т.А. Повышение эффективности способов размножения сортов земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), характеризующихся низкой усообразующей способностью: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Линник Татьяна Александровна. – М., 2014. – 20 с.

130. Логинов, Ю.П. Экологическая пластичность сортов картофеля в условиях Тюменской области / Ю.П. Логинов, А.А. Казак // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – №. 1 (61). – С. 24-28.
131. Лозина–Лозинская, А.С. Обзор видов рода *Fragaria* L. / А.С. Лозина–Лозинская // Известия Главного Ботанического сада. Л., 1926. – Т. XXV. – Вып. 1. – С. 47–86.
132. Лукьянчук, И.В. Комплексная устойчивость земляники к белой и бурой пятнистостям / И.В. Лукьянчук // Плодоводство и ягодоводство России. – 2013. – Т. 36. – №. 1. – С. 366-369.
133. Мажоров, Е.В. Генофонд рода *Fragaria* L. для селекции: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Мажоров Евгений Владимирович. – Л., 1990. – 42 с.
134. Мажоров, Е.В. Методика определения засухоустойчивости земляники в условиях Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР / Е.В. Мажоров, Э.А. Гончарова, Л.Г. Добренкова // Бюллетень ВИР. Л., 1990. – Вып. 199. – С.75-77.
135. Макарова, К.С. Совершенствование технологии производства земляники садовой в условиях лесостепи Западной Сибири / К.С. Макарова, А.Ф. Петров, Ю.А. Семенюк // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1. – С. 40-46.
136. Мартынова, А.А. Эколого-биологические особенности *Fragaria × ananassa* Duch в условиях Севера (на примере Мурманской области): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.01; 03.02.08 / Мартынова Алла Александровна. – Петрозаводск, 2011. – 23 с.
137. Марченко, Л.А. Методы и способы исследований для решения задач селекции земляники садовой (аналитический обзор) / Л.А. Марченко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 9 (174). – С. 59-68.

138. Марченко, Л.А. Оценка интродуцированных сортов земляники по качеству плодов / Л.А. Марченко, С.В. Акимова, А.В. Зубков, А.Е. Буланов, Е.Д. Тимофеев // Вестник аграрной науки. – 2025. – №. 3 (114). – С. 51-56.
139. Матала, В. Выращивание земляники / В. Матала. – СПб.: Про Агрия, 2003. – 202 с.
140. Мегердичев, Е.Я. Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенным для различных видов консервирования / Е.Я. Мегердичев. – М., 2003. – 94 с.
141. Мерзлякова, В.И. Земляника / В.И. Мерзлякова. – Москва, 2000. – 32 с.
142. Методические указания по семеноведению интродуцентов. – М.: Наука, 1980. – 64 с.
143. Методические указания по составлению научно-прикладного справочника по агроклиматическим ресурсам России. – Часть 1. – Обнинск, 2010. – 75 с.
144. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1987. – 430 с.
145. Методы биохимического исследования растений. – Л: Колос, 1972. – 456 с.
146. Невоструева, Е.Ю. Оценка коллекции земляники по устойчивости к белой пятнистости листьев в условиях Среднего Урала / Е.Ю. Невоструева, Г.В. Андреева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 8 (173). – С. 63-67.
147. Невоструева, Е.Ю. Оценка исходных форм земляники на устойчивость к серой гнили в условиях Среднего Урала / Е.Ю. Невоструева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2025. – Т. 26. – №. 1. – С. 90-97.
148. Ненько, Н.И. Влияние регулятора роста «Универсальный» на продуктивность и качество ягод земляники в условиях Северо-Кавказского

региона / Н.И. Ненько, Л.А. Хилько, Т.Г. Причко, Л.Д. Чалая, Л.А. Бадовская, В.В. Посконин // Садоводство и виноградарство. – 2011. – № 3. – С. 36-40.

149. Никиточкина, Т.Д. Земляника. Клубника / Т.Д. Никиточкина, Д.Н. Никиточкин. – М.: Ниолапресс, ЮНИОН-паблик, 2007. – 160 с.

150. Николенко, В.В. Морфогенетические особенности декоративных сортов и гибридов рода *Fragaria* L. в условиях Крыма / В.В. Николенко, С.Н. Жалдак // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2009. – Т. 22. – №. 1 (61). – С. 64-70.

151. Новикова, И.М. Оценка качества ягод земляники садовой зарубежной селекции / И.М. Новикова, О.М. Блинникова, А.С. Ильинский // Новые технологии. – 2024. – Т. 20. – №. 1. – С. 98-109.

152. Огородников, В.С. Водоросли-макрофиты северных Курильских островов: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Огородников Вячеслав Сергеевич. – Петропавловск-Камчатский, 2007. – 175 с.

153. Опекунова, М.Г. Экология растений: учебн. пособие / М.Г. Опекунова. – СПб.: Медиапепир, 2021. – 180 с.

154. Орлова, М.В. Морфологические особенности земляники и влияние погодных условий Среднего Урала на урожайность / М.В. Орлова, М.Ю. Карпухин // Молодежь и наука. – 2018. – №. 7. – С. 50-54.

155. Павлова, А.Ю. Продуктивность молодых маточных насаждений земляники при поздневесенней посадке / А.Ю. Павлова, Н.Ю. Джура // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т. 22. – №. 2. – С. 162-167.

156. Павлова, Е.В. Формирование адаптивных агрофитоценозов земляники садовой в условиях Республики Коми / Е.В. Павлова, Е.В. Красильникова, В.А. Моторина, Т.В. Тарабукина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 2 (88). – С. 72-81.

157. Паушева, З.П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. – М.: Колос, 1988. – 272 с.

158. Петровская-Баранова, Т.П. Физиология адаптации и интродукции растений / Т.П. Петровская-Баранова. – М.: Наука, 1983. – 151 с.
159. Петруша, Е.Н. Создание новых сортов, особенности сортоизучения и разработка сортимента ягодных культур для Камчатки / Е.Н. Петруша // Роль инноваций в современном обществе: Материалы международной научно-практической конференции. – Петропавловск-Камчатский, 2007. – С. 153-160.
160. Полевой, В.В. Физиология растений: учебное пособие / В.В. Полевой. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
161. Помология.: Земляника. Малина. Орехоплодные и редкие культуры. – Орел: ВНИИСПК, 2014. – Т. V. – 592 с.
162. Попова, И.В. Потенциальная продуктивность элитных сеянцев земляники в однолетней культуре / И.В. Попова, Л.А. Марченко // Плодоводство и ягодоводство России. – 1998. – Т. 5. – С. 175-178.
163. Причко, Т.Г. Некорневые подкормки, повышающие урожайность и качество ягод земляники (*Fragaria ananassa*) при погодных стрессах / Т.Г. Причко, М.Г. Германова, Л.А. Хилько // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 5. – С. 120-126.
164. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Мичуринск, 1973. – 495 с.
165. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
166. Путина, О.В. Абиотические стресс-факторы и их влияние на накопление ассимилятов растениями и урожайность овощного гороха / О.В. Путина, А.Г. Беседин // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180. – №. 2. – С. 51-59.
167. Пятыгин, С.С. Стресс у растений: физиологический подход / С.С. Пятыгин // Журнал общей биологии. – 2008. – Т. 69. – №. 4. – С. 294-298.
168. Радюкина, Н.Л. Функционирование антиоксидантной системы дикорастущих видов растений при кратковременном действии стрессоров:

дис. ... д-ра биол. наук: 03.01.05 / Радюкина Наталья Львовна. – М., 2015. – 207 с.

169. Ряховская, Н.И. Аграрная наука Камчатки: этапы становления и приоритетные направления развития / Н.И. Ряховская // Состояние и приоритеты научного обеспечения агропромышленного комплекса Камчатского края: Сборник научных трудов. – Петропавловск-Камчатский: Дальневосточный филиал ФГБОУ ВО «ВАВТ Министерства экономического развития РФ», 2015. – С. 3-26.

170. Ряховская, Н.И. Интродукция ягодных культур на Камчатке / Н.И. Ряховская, О.А. Дахно, Е.Н. Петруша, **Т.Г. Дахно**, А.С. Крыкова // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2016. – № 2 (186). – С. 95-100.

171. Садовникова, Л.В. Агроном Иоганн Карл Эренфрид Кегель на Камчатке. 1841-1847 гг. / Л.В. Садовникова // Камчатка: события, люди: Материалы XXV Крашенинниковских чтений / Министерство культуры Камчатского края, Камчатская краевая научная библиотека им. С.П. Крашенинникова. – Петропавловск-Камчатский, 2008. – С. 211-219.

172. Сазонова И.Д. Сравнительная оценка биохимического состава свежих и замороженных ягод земляники садовой / И.Д. Сазонова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – № 48(2). – С. 248-252.

173. Салимова Р.Р. Оценка сортов *Fragaria×ananassa* Duch. в условиях Оренбургской области. / Р.Р Салимова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2022. – Т. 71. – С. 13-20.

174. Свинцова, В.С. Влияние засухи на генеративную сферу и жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной / В.С. Свинцова, Кузнецова Н.Ф., Е.Ю. Пардаева // Лесоведение. – 2014. – №. 3. – С. 49-57.

175. Селье, Г. Стресс без дистресса / Г. Селье. – М.: Прогресс, 1979. – 123 с.

176. Серебряков, И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений / И.Г. Серебряков. – М.: Наука, 1952. – С. 391.
177. Сорокопудова, О.А. Полевые коллекции ягодных культур как источники антиоксидантов / О.А. Сорокопудова, В.Н. Сорокопудов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2017. – №. 13. – С. 65-67.
178. Стольникова, Н.П. Интенсификация технологий размножения и возделывания земляники на юге Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.07 / Стольникова Нина Павловна. – Барнаул, 2009. – С. 35.
179. Стольникова, Н.П. Оценка устойчивости сортов земляники к белой пятнистости листьев в колочной степи Алтайского края / Н.П. Стольникова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 32. – №. 2. – С. 228-233.
180. Стольникова, Н.П. Сортосовая устойчивость земляники к мучнистой росе в условиях юга Западной Сибири / Н.П. Стольникова, А.В. Колесникова // Садоводство и виноградарство. – 2017. – №. 5. – С. 49-51.
181. Ступина, А.Ю. Биологические особенности морозостойкости земляники садовой (обзор) / А.Ю. Ступина // Селекция и сортоизведение садовых культур. – 2019. – Т. 6. – №. 2. – С. 84-86.
182. Сухарева, Н.Б. Роль отдаленной гибридизации в формировании *Fragaria* (в природе и опыте) / Н.Б. Сухарева // Проблемы апомиксиса и отдаленной гибридизации. Новосибирск, 1987. – С. 168-182.
183. Тараканов, И.Г. Фоторегуляция в адаптивных стратегиях овощных растений: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.12 / Тараканов Иван Германович. – М., 2007. – 152 с.
184. Тарчевский, И.А. Метаболизм растений при стрессе / И.А. Тарчевский. – Казань: Фэн, 2001. – 448 с.
185. Тарчевский, И.А. Элиситор-индуцируемые сигнальные системы и их взаимодействие / И.А. Тарчевский // Физиология растений. – 2000. – № 47. – С. 321-331.

186. Тооминг, Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х.Г. Тооминг. – М.: Гидрометеиздат, 1977. – 199 с.
187. Трунов, Ю.В. Продуктивность и зимостойкость интенсивного сада при разном уровне минерального питания / Ю.В. Трунов, В.Н. Петрушин, Ю.В. Хатунцева // Сельскохозяйственная биология. – 2001. – Т. 36. – №. 1. – С. 65-70.
188. Удовенко, Г.В. Исследование физиологии устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / Г.В. Удовенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1975. – Т.56. – Вып. 1. – С. 154-161.
189. Удовенко, Г.В. Механизмы адаптации растений к стрессам / Г.В. Удовенко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1979. – Т.11. – № 2. – С.99-107.
190. Удовенко, Г.В. Влияние экстремальных условий среды на структуру урожая сельскохозяйственных растений / Г.В. Удовенко, Э.А. Гончарова. – Л.: Колос, 1982. – 140 с.
191. Фадеева, Т.С. Генетика земляники / Т.С. Фадеева. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1975. – 184 с.
192. Хапова, С.А. Научное обоснование технологии культивирования земляники в Северо-Западном регионе РФ: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.07 / Хапова Светлана Александровна. – Москва, 2016. – 45 с.
193. Харченко, А.А. Сравнение компонентов зимостойкости образцов рода *Fragaria* L. с разным феноритмотипом в камере искусственного климата / А.А. Харченко, Л.Ю. Новикова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2025. – № 186 (1). – С. 121-130.
194. Холод, Н.А. Болезни земляники на юге России / Н.А. Холод // Защита и карантин растений. – 2013. – №. 10. – С. 28-30.
195. Чернер, Р.И. Физиология зимневегетирующих растений / Р.И. Чернер, Х.Х. Каримов // Тезисы докладов 2 съезда Всесоюзного общества физиологов растений. – М.: Наука, 1992. – С. 230-232.

196. Чиркова, Т.В. Физиологические основы устойчивости растений / Т.В. Чиркова. – СПб.: СПбГУ, 2002. – 244 с.
197. Чудинова, Л.А. Физиология устойчивости растений / Л.А. Чудинова, Н.В. Орлова. – Пермь: Пермский университет, 2006. – 124 с.
198. Чумикина, Л.В. Фитогормоны и абиотические стрессы (обзор) / Л.В. Чумикина, Л.И. Арабова, В.В. Колпакова, А.Ф. Топунов // Химия растительного сырья. – 2021. – №. 4. – С. 5-30.
199. Шамрай, С.Н. Гены устойчивости растений: молекулярная и генетическая организация, функция и эволюция / С.Н. Шамрай // Журнал общей биологии. – 2003. – Т. 64. – №. 3. – С. 195-214.
200. Шарина, Н.Е. Земляника. Клубника. Малина / Н.Е. Шарина, Р.П. Бологовская. – М.-Л.: Гос. с.-х. изд-во, 1931. – 96 с.
201. Шевелуха, В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В.С. Шевелуха. – М.: Колос, 1992. – 598 с.
202. Шевякова, Н.И. Антиоксидантная роль пролина у галофита *Mesembryanthemum crystallinum* в ответ на краткосрочный супероксидный стресс, генерируемый паракватом / Н.И. Шевякова, Е.А. Бакулина, Вл.В. Кузнецов // Физиология растений. – 2009. – Т. 56 (5). – С. 1-7.
203. Шибаета, Т.Г. Экстракты морских водорослей как биостимуляторы растений / Т.Г. Шибаета, Е.Г. Шерудилов, А.Ф. Титов // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2021. – №. 3. – С. 36-67.
204. Шитт, П.Г. Биологические основы агротехники плодоводства / П.Г. Шитт. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 362 с.
205. Шкаберда, О.А. Оценка изменений температуры воздуха на Камчатке за последние 60 лет / О.А. Шкаберда, Л.Н. Василевская // Вестник ДВО РАН. – 2013. – №3. – С. 69-77.
206. Шкаберда, О.А. Многолетняя изменчивость температурно-влажностного режима на полуострове Камчатка / О.А.

Шкаберда, Л.Н. Василевская // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2014. – Т. 178. – С. 217-233.

207. Шокаева, Д.Б. Устойчивость генотипов земляники к засухе и ее связь с содержанием и перераспределением воды в листьях / Д. Б. Шокаева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 8 (154). – С. 38-43.

208. Щербак, А.П. Водоросли Белого моря и перспективы их использования / А.П. Щербак, С.В. Тишков // Вестник РУДН, Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». – 2015. – № 4. – С. 60-67.

209. Яковенко, В.В. Изменчивость величины урожая земляники в коллекции ее сортов / В.В. Яковенко, С.Н. Щеглов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2001. – №. 4. – С. 52-54.

210. Якушкина, Н.И. Физиология растений / Н.И. Якушкина. – М.: Просвещение, 1980. – 303 с.

211. Яхин, О.И. Биостимуляторы в агротехнологиях: проблемы, решения, перспективы / О.И. Яхин, А.А. Лубянов, И.А. Яхин //Агрохимический вестник. – 2016. – № 3. – С. 15-21.

212. Ahuja, I. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review / I. Ahuja, E. Dauksas, J. Remme, R. Richardsen, A.K. Løes // Waste Management. – 2020. – № 115. – P. 95-112.

213. Aitken, J.B. Seaweed products as a fertilizer and soil conditioner for horticultural crops / J.B. Aitken, T.L. Senn // Botanica Marina. – 1965. – Vol. 8. – P. 144-148.

214. Alam, M.Z. Effect of Ascophyllum extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry / M.Z. Alam, G. Braun, J. Norrie, D.M. Hodges // Canadian Journal of Plant Science. – 2013. – № 93. – P. 23-36.

215. Alcazar, R. Involvement of polyamines in plant response to a biotic stress / R. Alcazar, F. Marco, J. Cuevas, M. Patron, A. Fernanado, P. Carrasco // Biotechnology Letters. – 2006. – Vol. 28. – P. 1867-1876.
216. Allaby, R.G. A reevaluation of the domestication bottleneck from archaeogenomic evidence / R.G. Allaby, R.L. Ware, L. Kistler // Evolutionary Applications. – 2019. – Vol. 12. – № 1. – P. 29-37.
217. Al-Shatri, A.H.N. Effect of seaweed application on the vegetative growth of strawberry cv. Albion grown under Iraq ecological conditions / A.H.N. Al-Shatri, M. Pakyürek, A.Yavic // Applied Ecology Environmental Research. – 2020. – Vol. 18. – №. 1. – P. 1211-1225.
218. Arioli, T. Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future / T. Arioli, S.W. Mattner, P.C. Winberg // Journal of Applied Phycology. – 2015. – Vol. 27. – P. 2007-2015.
219. Bartels, D. Drought and salt tolerance in plants / D. Bartels, R. Sunkar // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2005. – Vol. 24. – P. 23-58
220. Bauer, R. Aspects of polyploidy breeding in the genus *Fragaria* / R. Bauer // Aspects of polyploidy breeding in the genus *Fragaria*. – 1960. – Vol. 2. – P. 994-1006.
221. Bell, A.A. Biochemical mechanisms of disease resistance / A.A. Bell // Ann. Rev. Plant Physiology. – 1981. – Vol. 32. – P. 21-81.
222. Bringhurst, R.S. Cytogenetics and evolution in American *Fragaria* / R.S. Bringhurst // Hort Science. – 1990. – Vol. 25. – № 8. – P. 879-881.
223. Bringhurst, R.S. The evolutionary significance of natural *Fragaria chiloensis* × *F. vesca* hybrids resulting from unreduced gametes / R.S. Bringhurst, Y.D.A. Senanayake // American Journal of Botany. – 1966. – Vol. 53 (10). – P. 1000-1006.
224. Calvo, P. Agricultural uses of plant biostimulants / P. Calvo, L. Nelson, J.W. Kloepper // Plant Soil. – 2014. – Vol. 383. – P. 3-41.

225. Camargo, L.K. Postharvest quality of strawberry fruits produced in organic and conventional systems / L.K. Camargo, J.T.V. de Resende, T.T. Tominaga, S.M. Kurchaidt, C.K. Camargo, A.S.T. Figueiredo // *Horticultura Brasileira*, 2011. – Vol. 29. – P. 577-583.
226. Castro, J. Oligo-Carrageenans stimulate growth by enhancing photosynthesis, basal metabolism, and cell cycle in tobacco plants (var. *Burley*) / J. Castro, J. Vera, A. González, A. Moenne // *Journal of Plant Growth Regulators*. – 2012. – Vol. 31. – P. 173-185.
227. Cervantes, L. Stability of Fruit Quality Traits of Different Strawberry Varieties under Variable Environmental Conditions / L. Cervantes, M.T. Ariza, L. Miranda, D. Lozano, J.J. Medina, C. Soria, E. Martínez-Ferri // *Agronomy*. – 2020. – № 10. – № 9. – P. 1242-1257.
228. Chatzissavvidis, C. Role of algae in agriculture / C. Chatzissavvidis, I. Therios // *Seaweeds* (Ed. Pomin V.H.). NovaScience Publishers, Inc. – 2014. – P. 1-37.
229. Chaudhry, S. Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: a comprehensive review / S. Chaudhry, G.P.S. Sidhu // *Plant Cell Reports*. – 2022. – Vol. 41. – № 1. – P. 1-31.
230. Chojnacka, K. Innovative bio-products for agriculture / K. Chojnacka // *Open Chemistry*. – 2015. – № 13. – P. 932-937.
231. Craigie J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture / J.S. Craigie // *Journal of Applied Phycology*. – 2011. – Vol. 23. – P. 371-393.
232. Crouch, I.J. Identification of auxins in a commercial seaweed concentrate / I.J. Crouch, M.T. Smith, J. van Staden, M.J. Lewis, G.V. Hoad // *Journal of Plant Physiology*. – 1992. – Vol. 139. – P. 590-594.
233. Da Silva, L.R. Strawberries in a warming world: examining the ecological niche of *Fragaria* × *ananassa* Duch. – Across different climate scenarios / L.R. Da Silva, F.H.V. Araújo, S.R. Ferreira, J.C.B. dos Santos, C.M. de Abreu, R.

Siqueira da Silva, M. Regina da Costa // *Journal of Berry Research*. – 2024. – Vol. 14. – №. 3. – P. 193-208.

234. Darrow, G.M. The strawberry. History, breeding and physiology / G.M. Darrow // Holt, Rinehart and Winston. – 1966. – 447 p.

235. Denoyes, B. Genomics tools available for unravelling mechanisms underlying agronomical traits in strawberry with more to come / B. Denoyes, I. Amaya, A. Liston, J. Tennessen, T.-L. Ashman, V.M. Whitaker, T. Hytönen, E. van de Weg, S. Osorio, K.M. Folta, J. Slovin, R.J. Harrison, A. Monfort, N.V. Bassil // *VIII International Strawberry Symposium* 1156. – 2016. – P. 13-24.

236. Dhanyasree, K. Abiotic Stress Management in Fruit Crops: A Review / K. Dhanyasree, M. Rafeekher, Amal. Premachandran // *Agricultural Reviews*. – 2025. – Vol. 46 (3). – P. 451-456.

237. Di Vittori, L. Preharvest factors influencing the quality of berries / L. Di Vittori, L. Mazzoni, M.A. Battino, B. Mezzetti // *Sci Horti*. – 2018. – № 233. – P. 310-322.

238. Dillehay, T.D. Monte Verde: seaweed, food, medicine, and the peopling of South America / T.D. Dillehay, C. Ramirez, M. Pino, M.B. Collins, J. Rossen, J.D. Pino-Navarro // *Science*. – 2008. – Vol. 320. – P. 784-789.

239. Dmytryk, A. Effect of new biostimulators on the initial phase of plant growth / A. Dmytryk, E. Rój, R. Wilk, K. Chojnacka, H. Górecki // *Przem. Chem.* – 2014. – № 6. – P. 1020-1025.

240. Dorais, M. Advances and trends in organic fruit and vegetable farming research / M. Dorais, B. Alsanius // *Hortic Rev (Am Soc Hortic Sci)*. – 2015. – № 43. – P. 185-267.

241. Du Jardin, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation / P. Du Jardin // *Scientia horticultrae*. – 2015. – Vol. 196. – P. 3-14.

242. Duchesne, A.N. Histoire naturelle des fraisiers contenant les vues d'économie réunies à la botanique, et suivie de remarques particulières sur plusieurs

points qui ont rapport à l'histoire naturelle générale, par M. Duchesne fils. / A.N. Duchesne. – chez Didot le jeune, 1766.

243. Folta, K.M. Strawberry genes and genomics / K.M. Folta, T.M. Davis // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2006. – Vol. 25. – № 5. – P. 399-415.

244. Foyer, C.H. Oxidant and antioxidant signalling in plants: a reevaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context / C.H. Foyer, G. Noctor // Plant, Cell Environment. – 2005. – Vol. 28. – № 8. – P. 1056-1071.

245. Hancock, J.F. Ecological genetics of natural strawberry species / J.F. Hancock // Hort Science, 1990. – Vol. 25. – № 8. – P. 869-871.

246. Hancock, J.F. Strawberry / J.F. Hancock. – CABI, 2020. – Vol. 34. – 287 p.

247. Hancock, J.F. Strawberries / J.F. Hancock, T.M. Sjulín, G.A. Lobos // Temperate fruit crop breeding. Springer, Dordrecht, 2008. – P. 393-437.

248. Hardigan, M.A. Domestication of Temperate and Coastal Hybrids with Distinct Ancestral Gene Selection in Octoploid Strawberry / M.A. Hardigan, T.J. Poorten, C.B. Acharya, G.S. Cole, K.E. Hummer, N. Bassil, P.P. Edger, S.J. Knapp // Plant Genome. – 2018. – Vol. 11. – № 3. – P. 18-49.

249. Hardigan, M.A. Unraveling the complex hybrid ancestry and domestication history of cultivated strawberry / M.A. Hardigan, A. Lorant, D.D.A. Pincot, M.J. Feldmann, R.A. Famula, C.B. Acharya, S. Lee, S. Verma, V.M. Whitaker, N. Bassil, J. Zurn, G.S. Cole, K. Bird, P.P. Edger, S.J. Knapp // Molecular biology and evolution. – 2021. – Vol. 38. – № 6. – P. 2285-2305.

250. Hebert, C. Strawberry proanthocyanidins: biochemical markers for Botrytis cinerea resistance and shelf-life predictability / C. Hebert, M.T. Charles, L. Gauthier, C. Willemot, S. Khanizadeh, J. Cousineau // IV International Strawberry Symposium 567. – 2000. – P. 659-662.

251. Heil, M. Induced systemic resistance (ISR) against pathogens in the context of induced plant defences / M. Heil, R.M. Bostock // Annals of botany. – 2002. – Vol. 89 (5) – P. 503-512.

252. Henderson, J. The Roman book of gardening / J. Henderson. – Routledge, London, 2004. – 152 p.
253. Hughes, C.E. Serendipitous backyard hybridization and the origin of crops / C.E. Hughes, R. Govindarajulu, A. Robertson, C.D. Bailey // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2007. – Vol. 104. – № 36. – P. 14389-14394.
254. Hummer, K.E. *Fragaria* Wild crop relatives: Genomic and breeding resources / K.E. Hummer, N. Bassil, W. Njuguna // Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. – P. 17-44.
255. Ichijima, K. Cytological and genetic studies on *Fragaria* / K. Ichijima // Genetics. – 1926. – Vol. 11, № 6. – P. 590-603.
256. Khan, W. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development / W. Khan, U.P. Rayirath, S. Subramanian, M.N. Jithesh, P. Rayorath, D.M. Hodges, A.T. Critchley, J.S. Craigie, J. Norrie, B. Prithiviraj // Journal of Plant Growth Regulators. – 2009. – Vol. 28. – P. 386-399.
257. Lemonnier-Le Penhuizic, C. Carrageenan oligosaccharides enhance stress-induced microspore embryogenesis in *Brassica oleracea* var. *italic* / C. Lemonnier-Le Penhuizic, C. Chatelet, B. Kloareg, P. Potin // Plant Science. – 2001. – Vol. 160. – P. 1211-1220.
258. Mahajan, S. Cold, salinity, and drought stress: An overview / S. Mahajan, N. Tuteja // Archives of Biochemistry and Biophysics. – 2005. – Vol. 444. – P. 139-159.
259. Mancuso, S. Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants / S. Mancuso, E. Azzarello, S. Mugnai, X. Briand // Advances in Horticultural Science. – 2006. – Vol. 20. – P. 156-161.
260. Mattner, S.W. The biostimulant effect of an extract from *Durvillaea potatorum* and *Ascophyllum nodosum* is associated with the priming of reactive oxygen species in strawberry in south-eastern Australia / S.W. Mattner, O.N.

Villalta, D.J. McFarlane // *Journal of Applied Phycology*. – 2023. – Vol. 35. – №. 4. – P. 1789-1800.

261. McHugh, D.J. A guide to the seaweed industry / D.J. McHugh // *FAO fisheries technical paper 441*, Rome. 2003. – 105 p.

262. Meyer, R.S. Evolution of crop species: genetics of domestication and diversification / R.S. Meyer, M.D. Purugganan // *Nature reviews genetics*. – 2013. – Vol. 14. – № 12. – P. 840-852.

263. Mezzetti, B. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world / B. Mezzetti, F. Giampieri, Y. Zhang, C. Zhong // *Journal of Berry Research*. – 2018. – Vol.8 (3). – P. 205-221.

264. Miller, A.J. From forest to field: perennial fruit crop domestication / A.J. Miller, B.L. Gross // *American journal of botany*. – 2011. – Vol. 98. – № 9. – P. 1389-1414.

265. Minocha, R. Poliamines and abiotic stress in plants: a complex relationship / R. Minocha, R. Majumbar, S. C. Minocha // *Frontiers in plant science*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1-17.

266. Miura, K. Regulation of water, salinity and cold stress responses by salicylic acid / K. Miura, Ya. Tada // *Frontiers in plant science*. – 2014. – Vol. 5. – P. 1-12.

267. Nayar, S. Current status of global cultivated seaweed production and markets / S. Nayar, K. Bott // *World Aquaculture*. – 2014. – Vol. 45. – P. 32-37.

268. Newton, G.W. Seaweed manure for perfect soil and smiling fields / G.W. Newton. – London: Sampson Low, 1951. – 188 p.

269. Nishizawa, T. Current status and future prospect of strawberry production in East Asia and Southeast Asia / T. Nishizawa // *IX International Strawberry Symposium 1309*. – 2021. – P. 395-402.

270. Parihar, P. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review / P. Parihar, S. Singh, R. Singh, V.P. Singh, S.M. Prasad // *Environmental science and pollution research*. – 2015. – Vol. 22. – № 6. – P. 4056-4075.

271. Rabhi, M.L. Seaweed-Derived Biostimulants for Sustainable Crop Production: A Review / M.L. Rabhi, L. Derbak, H. Bendif, F. Boufahja, A.M. Abu-Elsaoud, S. Garzoli // Journal of Biotechnology. – 2025. – Vol. 408. – P. 201-216.

272. Rana, V.S. Biostimulatory effect of seaweed extract on the fruiting and runner production of Strawberry / V.S. Rana, K. Lingwal, S. Sharma, N. Rana, R. Pawar, V. Kumar, U. Sharma // Emergent Life Sciences Research. – 2022. – Vol. 8. – P. 132-141.

273. Rayirath, P. Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana* / P. Rayirath, B. Benkel, D.M. Hodges, P. Allan-Wojtas, S. MacKinnon, A.T. Critchley // Planta. 2009. – Vol. 230, № 1. – P. 135-147.

274. Rouphael, Y. Toward a Sustainable Agriculture Through Plant Biostimulants: From Experimental Data to Practical Applications / Y. Rouphael, G. Colla // Agronomy. – 2020. – № 10. – P. 1-10.

275. Rousseau-Gueutin, M. Tracking the evolutionary history of polyploidy in *Fragaria* L. (strawberry): new insights from phylogenetic analyses of low-copy nuclear genes / M. Rousseau-Gueutin, A. Gaston, A. Aïnouche, M.L. Aïnouche, K. Olbricht, G. Staudt, L. Richard, B. Denoyes-Rothan // Molecular phylogenetics and evolution. – 2009. – Vol. 51. – № 3. – P. 515-530.

276. Sah, S.K. Absciscic acid and abiotic stress tolerance in crop plants / S.K. Sah, K.R. Reddy, J. Li // Frontiers in plant science. – 2016. – Vol. 7. – P. 571-589.

277. Soltis, P.S. Polyploidy and novelty: Gottlieb's legacy / P.S. Soltis, X. Liu, D.B. Marchant, D.E. Soltis // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2014. – Vol. 369 (1648). – P. 3-51.

278. Song, Y. The population genomic analyses of chloroplast genomes shed new insights on the complicated ploidy and evolutionary history in *Fragaria* / Y. Song, C. Li, L. Liu, P. Hu, G. Li, X. Zhao, H. Zhou // Frontiers in Plant Science. – 2023. – Vol. 13. – P. 1065218.

279. Stauct, G. The species of *Fragaria*, their taxonomy and geographical distribution / G. Stauct // International Strawberry Symposium 265. – 1988. – P. 23-34.
280. Staudt, G. Notes on Asiatic *Fragaria* species: III. *Fragaria orientalis* Losinsk. and *Fragaria mandshurica* spec. nov / G. Staudt // Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. – 2003. – P. 397-419.
281. Staudt, G. Notes on Asiatic *Fragaria* species: IV. *Fragaria iinumae* / G. Staudt // Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. – 2005. – P. 163-175.
282. Staudt, G. Strawberry biogeography, genetics and systematic / G. Staudt // VI International Strawberry Symposium 842. – 2008. – P. 71-84.
283. Stirk, W.A. Comparison of cytokinin- and auxin – like activity in some commercially used seaweed extracts / W.A. Stirk, J. van Staden // Journal of Applied Phycology. – 1997. – Vol. 8. – P. 503-508.
284. Suzuki, N. Abiotic and biotic stress combinations / N. Suzuki, R.M. Rivero, V. Shulaev, E. Blumwald, R. Mittler // New Phytol. – 2014. – Vol. 203. – № 1. – P. 32-43.
285. Tay, S.A.B. Identification of cytokinin glucosides in a seaweed extract / S.A.B. Tay, L.M.S. Palni, J.K. MacLeod // Journal of Plant Growth Regulators. – 1987. – Vol. 5. – P. 133-138.
286. Tossi, V.E. Impact of polyploidy on plant tolerance to abiotic and biotic stresses / V.E. Tossi, L.J. Martínez Tosar, L.E. Laino, J. Iannicelli, J.J. Regalado, A.S. Escandón, S.I. Pitta-Álvarez // Frontiers in Plant Science. – 2022. – Vol. 13. – P. 869423.
287. Van de Peer, Y. The evolutionary significance of polyploidy / Y. Van de Peer, E. Mizrachi, K. Marchal // Nature Reviews Genetics. – 2017. – Vol. 18 (7). – P. 411-424.
288. Vera, J. Oligo-Carrageenans induced a long-term and broad-range protection against pathogens and the reversion of infections in tobacco plants (var.

Xanthi) / J. Vera, J. Castro, A. González, A. Moenne // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 2012. – Vol. 79. – P. 31-39.

289. Verma, S. Biotic and abiotic stress signalling in plants / S. Verma, S. Nizam, P.K. Verma // Stress Signaling in Plants: Genomics and Proteomics Perspective. – 2013. – Vol. 1. – P. 25-49.

290. Wang, S.Y. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry / S.Y. Wang, M.J. Camp // Scientia Horticulturae. – 2000. – Vol. 85. – №. 3. – P. 183-199.

291. Wei, N. Functional trait divergence and trait plasticity confer polyploid advantage in heterogeneous environments / N. Wei, R. Cronn, A. Liston, T.-L. Ashman // New Phytologist. – 2019. – Vol. 221. – №. 4. – P. 2286-2297.

292. Wu, Y. The role of betaines in alkaline extracts of *Ascophyllum nodosum* in the reduction of *Meloidogyne javanica* and *M. incognita* infestations of tomato plants / Y. Wu, T. Jenkins, G. Blunden, C. Whapham, S. Hankins // Fundamental and Applied Nematology. – 1997. – Vol. 20. – P. 99-102.

293. Xu, X. Root growth-promoting activity of unsaturated oligomeric uronates from alginate on carrot and rice plants / X. Xu, Y. Iwamoto, Y. Kitamura, T. Oda, T. Muramatsu // Biosciences, Biotechnology and Biochemistry. – 2003. – Vol. 67. – P. 2022-2025.

294. Yakimowski, S.B. The role of homoploid hybridization in evolution: a century of studies synthesizing genetics and ecology / S.B. Yakimowski, L.H. Rieseberg // American Journal of Botany. – 2014. – Vol. 101, №. 8. – P. 1247-1258.

295. Zhu, J.K. Salt and drought stress signal transduction in plants / J.K. Zhu // Annual Review of Plant Biology. – 2002. – Vol. 53. – P. 247-273.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Гидротермические показатели на экспериментальном участке в юго-восточной части Камчатки за годы исследований

Таблица А. 1 – Среднемесячная температура воздуха, °С (2011-2021 гг., по данным агрометеостанции п. Сосновка (Камчатский край, Елизовский район)).

Год		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Средне- многолетняя
Месяц	I	-9,1	-11,2	-8,0	-12,6	-6,7	-14,3	-10,9	-9,3	-9,5	-11,5	-8,5	-10,4
	II	-8,8	-10,9	-8,3	-6,2	-5,3	-13,0	-3,8	-6,2	-10,3	-7,3	-10,0	-9,9
	III	-3,3	-6,9	-6,0	-5,2	-4,3	-4,0	-0,6	-5,6	-5,2	-4,2	-3,2	-6,5
	IV	-0,1	0,1	-0,4	1,1	-0,8	0,3	0,8	0,2	0,5	-1,4	0,4	-1,2
	V	4,0	5,5	4,2	5,1	4,8	5,9	5,5	4,9	6,0	5,3	5,5	3,9
	VI	9,3	12,0	11,4	11,4	8,5	10,5	9,7	8,6	8,4	10,2	10,7	8,9
	VII	14,5	14,4	16,3	13,4	13,1	14,4	13,6	14,2	13,1	14,0	16,0	12,5
	VIII	16,0	15,7	14,3	14,2	13,8	16,3	14,5	13,1	13,6	12,3	14,0	13,1
	IX	10,9	10,5	10,2	10,8	11,2	9,7	10,0	10,0	9,7	10,2	9,7	9,3
	X	4,2	4,4	2,5	5,1	5,3	2,7	3,0	5,5	3,9	5,2	3,9	3,3
	XI	-3,3	-1,5	-1,5	-2,7	-4,5	-3,6	-1,7	-1,6	-1,9	-1,7	-1,9	-4,6
	XII	-12,4	-7,2	-5,2	-9,2	-10,8	-8,3	-7,8	-10,6	-9,5	-10,7	-9,5	-9,1
Средняя за год		1,8	2,1	2,5	2,1	2,0	1,4	2,7	1,9	1,6	1,7	2,2	0,8
Абсолютный	min	-25,4	-26,4	-22,3	-28,4	-24,0	-26,0	-27,7	-23,8	-26,4	-25,8	-22,8	-28,4
	max	30,5	31,6	32,0	27,0	27,4	31,4	27,1	28,5	27,5	28,4	27,2	32,0

Таблица А. 2 – Среднемесячное количество осадков, мм (2011-2021 гг., по данным агрометеостанции п. Сосновка (Камчатский край, Елизовский район)).

Год		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Средне- многолетняя
Месяц	I	25,8	51,3	48,4	32,9	47,3	18,0	61,8	127,4	40,2	17,2	32,4	63,3
	II	87,2	20,4	21,2	243,8	88,0	16,4	73,4	28,8	1,7	33,7	23,2	46,0
	III	46,4	108,3	118,8	49,7	72,8	60,4	59,4	51,5	16,8	135,8	85,2	42,1
	IV	226,0	56,1	113,5	40,1	45,9	7,3	53,5	49,9	35,1	116,2	59,2	52,1
	V	66,5	15,2	54,5	100,4	40,3	47,1	64,8	43,0	42,2	78,4	40,7	74,0
	VI	96,2	26,9	46,2	11,8	161,0	44,2	39,7	108,1	129,2	33,4	37,6	71,2
	VII	32,1	75,9	62,6	115,3	38,0	123,6	156,4	109,5	103,4	50,3	73,0	95,6
	VIII	31,8	12,5	72,3	102,1	163,8	208,7	113,3	121,5	38,6	213,6	18,9	102,1
	IX	93,9	97,3	125,1	53,0	139,4	115,1	126,2	110,4	93,2	76,1	46,3	99,7
	X	90,5	270,3	77,8	171,3	316,4	26,4	119,4	19,5	62,7	110,1	181,0	100,8
	XI	79,5	222,7	107,4	82,8	23,9	115,0	173,4	105,8	227,4	85,0	73,8	90,3
	XII	14,5	87,9	94,3	74,5	73,2	60,1	92,0	144,1	54,0	17,2	32,4	77,1
Сумма за год		890,4	1044,8	942,1	1077,7	1210,0	842,3	1133,3	1019,5	844,5	967,0	703,7	914,7
Отклонение от среднемноголетней		-24,3	+130,1	+27,4	+163,0	+295,3	-72,4	+218,6	+104,8	-70,2	-52,3	-211,0	-
июнь-сентябрь		254,0	212,6	306,2	282,2	502,2	491,6	438,6	449,5	364,4	373,4	175,8	368,6