

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОПОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА В КАМЕРАХ ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА

Коннов Н.А., Перетягина Т.М., Широких А.А.
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
genetic@vniimk.ru

В исследованиях рассматривается возможность выращивания подсолнечника на гидропонике в камерах искусственного климата. Представлены основы технологии выращивания, использования минеральной ваты в качестве субстрата, подходы к контролю концентрации питательных растворов и роли систем кондиционирования и вентиляции. Сформулированы особенности реакции растений на гидропонное питание.

Ключевые слова: гидропоника, фитотрон, подсолнечник, ускоренная селекция

Введение. Гидропонная технология выращивания подразумевает использование питательных растворов для обеспечения роста и развития растений, при этом в качестве субстрата выступают инертные материалы (минеральная вата, кокосовая стружка и др.) [1]. Предшественниками современных гидропонных систем можно считать висячие сады Семирамиды и сады Чампас [2]. Именно там впервые было отмечено постоянное использование воды, обогащенной питательными веществами, для полива и частичная замена почвы на субстрат при возделывании декоративных и сельскохозяйственных культур. Однако дальнейшая разработка гидропонии, как самостоятельного метода выращивания, требовала понимания физиологии растений, особенностей питания и роли химических элементов в развитии вегетативных и генеративных органов.

Только во второй половине XIX века был сформирован научнообоснованный подход, определены основные элементы, необходимые для роста и развития растений и разработаны составы питательных растворов, позволяющие выращивать различные культуры в культивационных сосудах без использования почвы. Значительный вклад в развитие данного направления принадлежит немецкому агрохимику Вильгельму Кнопу. Разработанный им состав питательного раствора (раствор Кнопа) обеспечил широкое распространение опытов в вегетационных сосудах в научных исследованиях и послужил основой для дальнейшей модификации метода [2].

В 1920–1930-х гг. сформировалось направление использования питательных растворов для промышленного выращивания растений. В трудах американского исследователя Уильяма Геррике появляется термин гидропоника и на практике подтверждается перспективность ее использования в массовом производстве. Изначально гидропонные системы создавались для выращивания овощных культур в неблагоприятных условиях. Полученный опыт позволил существенно расширить перечень культур, выращиваемых на питательных растворах [1]. Таким образом, уже в 1950–1960-х годах гидропоника стала важным элементов сельскохозяйственного производства.

В нашей стране развитие данного направления связано с работами Д.М. Прянишникова, разработавшего более универсальные составы питательных растворов [2]. Широкое внедрение в практику растениеводства СССР гидропонных методов пришлось на 1970–1980-е годы, но последующие экономические и политические события остановили развитие данного направления. В последние десятилетия интерес к промышленному выращиванию растений на гидропонике значительно увеличился. В России активно создаются новые крупные тепличные комбинаты и фермерские хозяйства, использующие



гидропонное питание на культурах томата, огурца, зелени, клубники, перца и цветочно-декоративных растений.

Накопленный опыт использования питательных растворов при промышленном выращивании можно адаптировать для научно-исследовательских работ. Одной из актуальных целей аграрной науки является ускорение селекционного процесса. Сокращение сроков, необходимых для создания новых линий, гибридов и сортов, может достигаться с помощью современных методов молекулярной биологии и генетики, а также благодаря возможности выращивания полевых культур в защищенном грунте.

Ускорение селекции масличных культур является одним из приоритетных направлений, что обусловлено их хозяйственной ценностью и распространением, высокими требованиями к новым гибридам, совершенствованием технологии возделывания, внедрением новых хозяйственно ценных признаков. Наибольший интерес представляет совершенствование технологии выращивания подсолнечника (*Helianthus annuus* L.), как основной масличной культуры в нашей стране.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе фитотронно-тепличного комплекса ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в период с начала 2023 по конец 2024 гг. (6 сезонов). Для работы использовалась гидропонная камера искусственного климата площадью 80 м², с системами кондиционирования, вентиляции, светодиодного освещения, автоматизированного растворного узла для дозирования удобрений и автоматического полива. В камере одновременно выращивалось до 360 растений подсолнечника. В работе мы основывались на рекомендациях, модифицированные под используемые технологии, и опыте выращивания подсолнечника в закрытом грунте [3].

Результаты и обсуждение. Выращивание подсолнечника на гидропонике относится к недостаточно изученным направлениям. Вопросы по данной тематике частично рассматриваются зарубежными исследователями при изучении экологических факторов и стресса, устойчивости к болезням и различным заболеваниям [4, 5]. Стоит отметить, что основы культивирования с прохождением всех фенологических фаз и формированием жизнеспособных семян освещены слабо.

Использование гидропоники для подсолнечника преследовало цели интенсификации технологии выращивания и расширение направлений исследовательской работы. Это достигается благодаря возможности непосредственного контроля и дозирования питательных веществ, а также многократного воспроизведения условий опыта по составу и объемам полива. Данный фактор дополняется применением климатических камер и культивационных комнат с контролируемыми условиями освещенности, влажности и температуры воздуха. Всё вышеперечисленное позволяет рассматривать возможность круглогодичного выращивания подсолнечника и получение 3-4 поколений за год, что позволит значительно ускорить селекционный процесс.

При проведении рекогносцировочных исследований мы опирались на классические подходы к культивированию *H. annuus* в теплицах и опыт промышленного выращивания различных сельскохозяйственных культур на гидропонике. Основной задачей являлось оценить возможность выращивания подсолнечника на гидропонике в камерах искусственного климата, выделить особенности и перспективы дальнейших исследований.

В основу технологии мы взяли использование инертного субстрата, который, насыщаясь питательными растворами, заменял для растений почву [6]. Нами применялась минеральная вата в виде матов (1000×150×100 мм) и кубиков (75×75×65 мм). Семена или проростки изначально помещали в кубики, которые выставлялись на маты из расчета 6 штук на 1 мат (рис. 1). Данная плотность посадки, по нашему мнению, оптимальная и способна обеспечить нормальное развитие растений и удобство работ. Минеральная вата хорошо себя зарекомендовала в качестве субстрата (рис. 2). При продолжительности выращивания

подсолнечника в 3–4 месяца, маты сохраняют структуру и способность к насыщению питательными веществами.



Рисунок 1 – Развитие проростков подсолнечника на гидропонике (ориг. 2024 г.)



Рисунок 2 – Развитие корневой системы подсолнечника на гидропонике (ориг. 2024 г.)

Основой гидропонной технологии являются питательные растворы, содержащие необходимые микро и макроэлементы. Мы использовали питательный раствор, применяющийся при выращивании огурцов, модифицированный для культуры подсолнечника. В его состав входило 12 основных элементов: азот, фосфор, калий, кальций, сера, магний, бор, медь, железо, молибден, марганец и цинк. Для смешивания маточных растворов этих элементов и подачи питания растениям используется растворный узел, обеспечивающий точную дозацию и периодичность заданных объемов полива на капельницу. Концентрация и соотношение элементов в поливе зависит от возрастного состояния растения, микроклиматических условий и насыщенности матов. При экспресс диагностике мы использовали портативные и лабораторные измерительные приборы, определяющие ЕС и pH растворов, для эффективного контроля питания мы установили ежедневную сравнительную оценку этих показателей в матах и подаваемых питательных растворах. Контроль динамики этих показателей в матах является индикатором, определяющим корректировки концентрации питательных веществ. Значительную роль играет качество воды, что связано с высокими концентрациями и многокомпонентным составом удобрений в маточных растворах. Наличие посторонних солей, кальция, натрия и других элементов может приводить к переходу части питательных элементов в недоступные для растений соединения. Решением данной проблемы является установка осмотических фильтров и контроль качества используемой воды.

В зависимости от возрастного состояния и используемых генотипов (линий или гибридов) оптимальные показатели ЕС могут колебаться от 1 до 4,5 мСм/см. На этапе проростков требуется минимальная концентрация питательных веществ, которая постепенно повышается и достигает максимума на стадии цветения и налива семян. Подсолнечник чувствителен к колебаниям содержания питательных веществ на ранних стадиях онтогенеза. При высокой концентрации солей отмечаются повреждения корней и листьев, проблемы с укоренением в матах, а в обратном случае можно наблюдать замедление роста, хлорозы различной природы и деформации вегетативных органов. Взрослые растения отличаются устойчивостью к засолению матов и способны переносить кратковременное повышение ЕС до 10 мСм/см и более без последствий для формируемых семян.

При гидропонном выращивании в камерах искусственного климата значительное влияние оказывает комплекс факторов, формирующих микроклиматические условия для растений. К ним относится температурный режим, освещение и вентиляция. По эксплуатационным качествам наибольший интерес представляют специализированные светодиодные лампы, которые позволяют подобрать необходимую мощность и спектральный состав. Нами использовались статично закрепленные источники света



мощностью 450 Вт с 3 линиями светодиодов, которые обеспечивали освещенность от 9000 люксов на стадии проростков, до 25 000 люксов на взрослых растениях.

Системы кондиционирования и вентиляции обеспечивают благоприятный режим температуры и относительной влажности воздуха. В своих исследованиях мы поддерживали ночные температуры в пределах 17–21 °С при дневных около 26–28 °С. Потенциально высокая влажность воздуха, обусловленная особенностями гидропонного выращивания (регулярные поливы, насыщенный влагой субстрат и большая площадь листьев), формирует неблагоприятные фитосанитарные условия, способствующие развитию грибных и бактериальных заболеваний. При колебании данного показателя в пределах 60–70 %, снижается вероятность развития патогенов, формируются благоприятные условия для роста и развития растений.

При соблюдении вышеперечисленных рекомендаций по выращиванию, *H. annuus* нормально проходит все фенологические фазы, формирует генеративные органы и жизнеспособные семена. Общие закономерности развития, сроки прохождения фенологических фаз и биометрические показатели сопоставимы с растениями открытого грунта. Корневая система активно развивается по всему профилю субстрата, выраженный стержневой корень не получает развития, а ее структура ближе к мочковатому типу. Высота растений значительно варьирует в зависимости от условий выращивания, однако возможно обеспечить отличия от открытого грунта в пределах 10–15 %, наблюдается активное ветвление. Нарушения питания и повышенная оводненность тканей на этапах активной вегетации приводит к высокой ломкости листьев и растрескиванию стеблей.

Мы добивались стабильного цветения, нормальной пылевой продуктивности и завязывания семян при выращивании подсолнечника в рассматриваемых условиях. Размеры корзинок обычно варьируют в пределах 11–15 см. Количество цветков сравнимо с полевыми наблюдениями, что приводит к уменьшению массы семян. Предварительные результаты оценки свидетельствуют о высокой лабораторной и полевой всхожести после прохождения периода покоя. Стоит отметить уязвимость к стрессу на стадии цветения. При нарушении температурного режима и других микроклиматических факторов отмечается сдвиг начала цветения, а в некоторых случаях снижение жизнеспособности пыльцы и способности к завязыванию.

Заключение. По результатам 6 вегетационных сезонов подтверждена возможность получения жизнеспособных семян при гидропонном выращивании подсолнечника в климатических камерах. Сформулированы основные рекомендации по технологии выращивания, отмечены особенности реакции растений на условия в гидропонных камерах, обозначены направления для дальнейших исследований. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности данного метода для ускорения селекции подсолнечника.

Литература

1. Бентли М. Промышленная гидропоника. – М.: «Колос», 1965. – 376 с.
2. Курылева Н.В. Юрина А.В. Гидропоника – как метод выращивания зеленых культур // Молодежь и наука, 2016. – № 5. – С. 69.
3. Воскобойник Л.К., Бочкарев Н.И., Литвиненко В.А. Использование теплиц и камер фитотрона для ускоренного создания гибридов подсолнечника и внедрения их в производство // Использование фитотрона в селекции масличных культур (сборник научных работ). Краснодар. – 1984. – С. 14–18.
4. Laport M.A., Denaix L., Dauguet S. Longitudinal variation in cadmium influx in sunflower (*Heliantes annuus* L.) roots as depending on the growth substrate Root age and root order // Plant Soil, 2016. – V. 381. – P. 235–247.

5. Hladni N. Sunflower and abiotic stress: genetics and breeding for resistance in the omics era sunflower abiotic stress breeding // Genomic Designing for abiotic stress resistant oilseed crops. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 101–147.

6. Ищенко Т.А. Технология выращивания овощных культур на торфяных и минеральных субстратах (малообъемная гидропоника) – М.: ВО «Агропромиздат», 1988. – 80 с.

FEATURES OF HYDROPONIC SUNFLOWER CULTIVATION IN ARTIFICIAL CLIMATE CHAMBERS

Konnov N.A., Peretyagina T.M., Shirokikh A.A.

In the research, the possibility of growing sunflower on hydroponics in artificial climate chambers is considered. The basics of cultivation technology, the use of mineral wool as a substrate, approaches to controlling the concentration of nutrient solutions and the role of conditioning and ventilation systems are presented. The features of plant reaction to hydroponic nutrition are formulated.

Key words: hydroponics, phytotron, sunflower, accelerated breeding.