

СИСТЕМА „АКВАПЛАНТ” ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЕКОЛОГИЧНО ЧИСТИ РАСТИТЕЛНИ И АКВАКУЛТУРИ В КОНТРОЛИРАНА СРЕДА

Иван Григоров¹, Таня Иванова², Йордан Найденов², Григор Зехиров³, Георги Атанасов⁴

¹„Ъбгрейд Технолоджис Груп” ООД
e-mail: ivan.grigorov@ubgrade.com

²Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: tivanova@space.bas.bg, yordan.naydenov@space.bas.bg

³Институт по физиология на растенията и генетика – Българска академия на науките

⁴Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания – Българска академия на науките

Ключови думи: Акваплант, аквапоник, био храна

Резюме: „Акваплант” е интегрирана автоматизирана система от полузатворен тип за производство на екологично чисти растителни и аквакултури в контролирана среда. Тя обезпечава апаратурно една изкуствената екосистема с нейните основни звена: продуценти (висши растения), консументи (риби) и редуценти (бактерии). Всяко звено се поддържа от отделен модул на системата, като между отделните модули се осъществява пренос на органични и минерални вещества в непрекъснат режим. Предвидена е за използване основно в домашни условия, както и в индустрията. Отглежданите аквакултури и растения ще осигуряват домакинствата с прясна, екологично чиста и здравословна храна целогодишно. Системата ще притежава и био-рециклиращи функции – избраните видове риби ще са всеядни, което ще позволи те да се хранят не само с неизползваната от човека биомаса на отглежданите растения, но и утилизирането на хранителни отпадъци от домакинството. Така „Акваплант” системата ще щади максимално околната среда, оползотворявайки органичните отпадъци. Системата ще управлява автоматично параметрите на култивационната среда, осигурявайки оптимален растеж и развитие на биокултурите и максимален добив на биомаса. Предвижда се провеждането на експерименти с около 15 сорта хранителни и 2 вида редки и ценни за медицината растения за установяване на стойностите на тези параметри.

“AQUAPLANT” SYSTEM FOR PRODUCTION OF ORGANIC FOOD IN CONTROLLED ENVIRONMENT

Ivan Grigorov¹, Tania Ivanova², Yordan Naydenov², Grigor Zehirov³, Georgy Atanassov⁴

¹Ubgrade Technologies Group Ltd.
e-mail: ivan.grigorov@ubgrade.com

²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: tivanova@space.bas.bg, yordan.naydenov@space.bas.bg

³Institute of Plant Physiology and Genetics – Bulgarian Academy of Sciences

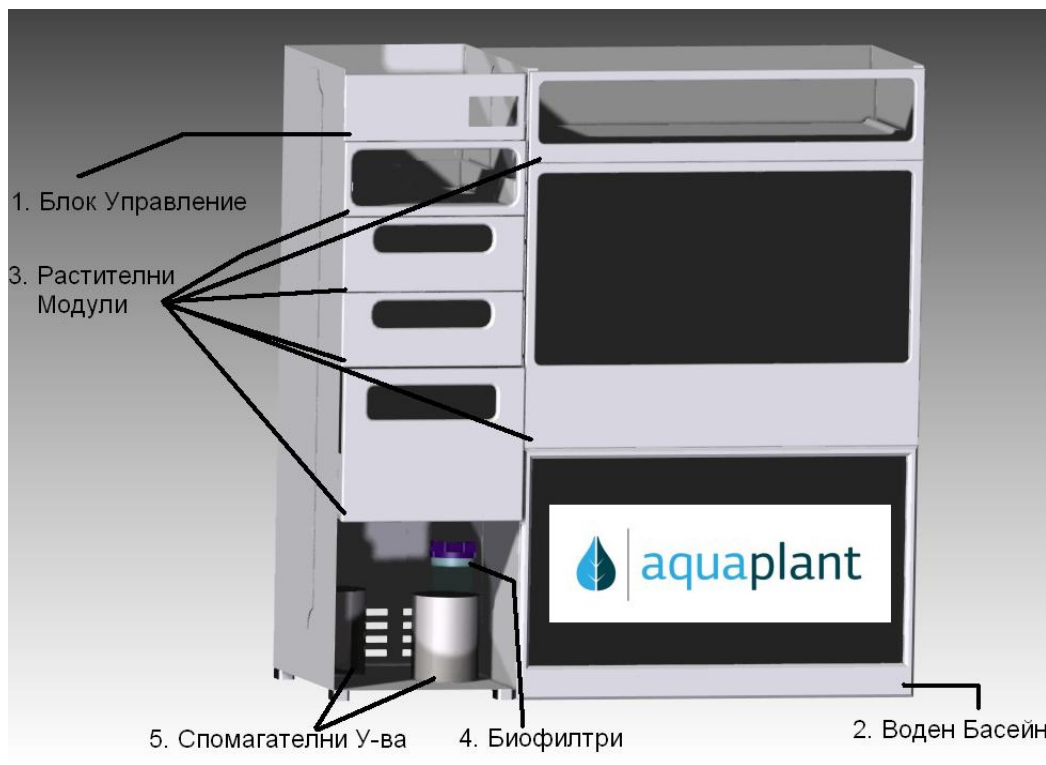
⁴Institute of Biodiversity and Ecosystem Research – Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: Aquaplant, Aquaponics, Organic Food

Abstract: „Aquaplant” is integrated automated semi-closed system for organic food production of plants and aquacultures in controlled environment. It ensures the appliances of an artificial ecosystem with its basic parts: producers (higher plants), consumers (fish) and decomposers (bacteria). Every part is supported by dedicated module of the system, and organic and mineral substances are transmitted between the separate modules. It is designed primarily for domestic use, yet it is applicable to industrial use as well. The production of aquacultures and cultivated plants will provide the household with fresh, organic and health food all of the year. The system will also have bio-recycling capabilities – the selected fish species will be omnivorous, which will allow them to feed on those parts of the plants, which are not used, as well as on the food scrapes from the household. Thus, the “Aquaplant” system will protect the environment by reduction of organic waste. A software control of the system using appropriate values of the cultivation environment parameters stored in a database will ensure optimal growth and development and a greater biomass production. A set of experiments will be carried out, employing about 15 sorts of edible and 2 species of rare and valuable medicinal plants.

Автоматизирана система „Акваплант“

Система „Акваплант“ е автоматизирана установка от полузатворен тип за отглеждане и производство на органична храна (растения и аквакултури) в домашни условия. Тя съдържа трите основни трофични звена на една екосистема – продуценти (в случая покритосеменни растения), консументи (сладководни видове риби) и редуценти (бактериални култури). По този начин се осъществява частичен кръговрат на веществата, като същевременно се поддържа статичен баланс между постъпилите в системата и отдадените (използвани от човека) хранителни вещества. Системата има вторична биорециклираща функция с ниски текущи разходи – подобрите видове риби ще са всеядни, което ще позволи те да се хранят не само с неизползваната от човека биомаса на отглежданите растения, но и утилизирани на хранителни отпадъци от домакинството. Основен енергиен източник за системата е електрическата енергия за битови нужди. Предвижда се използване и на слънчева светлина чрез система от колектори и оптични влакна.



Фиг.1. Принципна блокова схема на системата „Акваплант“

Система „Акваплант“ е проектирана на модулен принцип, който отразява наличието на съответните звена на полузатворената екосистема. Към това се добавят и изискванията на автоматизираното и механизирани управление на параметрите на средата и дейността на системата като цяло. Принципната блокова схема на системата „Акваплант“ е дадена на Фигура 1, но системата може да се конфигурира по желание:

- 1) Блок Управление – контролира параметрите на средата и управлява изпълнителните устройства, осъществявайки автоматизираната работа на отделните модули и системата като цяло;
- 2) Воден Басейн – Модул „Аквакултури“, в който се отглеждат рибите;
- 3) Растителни Модули – камерите в които се култивират растенията; състоят се от две зони – коренова и листна, в които се поддържа необходимата среда за развитие на кореновата система и надземната част на растителните организми, както и от Блокове за осветление за осъществяване на фотосинтезата; предвиждат се два типа модули – за нискостеблени и високостеблени растения;
- 4) Биофилтри – бактериални биофилми за редукция на органични вещества до минерални соли и микроелементи;
- 5) Спомагателни устройства – всички изпълнителни устройства (водни помпи, вентилатори, нагреватели, вентили и др.).

Растителни модули

Предвижда се базовата конфигурация на системата да съдържа няколко растителни модули (PM) с автономно управление на култивационната среда в тях. Това ще осигури възможност за едновременно отглеждане на няколко видове/сортове култури, според съответните им изисквания и съобразно със стадия на развитие и текущия физиологичен статус на растенията.

Подобна полузатворена система за следене и поддържане на оптимални условия в средата за отглеждане на растения в безтегловност бе разработена за Космическата оранжерия (КО) СВЕТ [1]. В нея бяха отгледани първите „космически“ зеленчуци и в продължение на 10 години бяха осъществени от редица международни екипажи уникални експерименти с различни видове култури на борда на Орбиталната станция МИР [2,3]. Беше доказано, че растенията (дори и зърнените, като пшеницата, с многомесечен вегетационен цикъл) могат да се развиват нормално при липса на гравитация и да бъдат използвани от екипажите за храна и пречистване на въздуха при бъдещите им дългосрочни мисии.

Средата във всеки отделен PM е разделена по функционален признак на коренова и листна зони. Това разделение се постига и на ниво механична конструкция, което е свързано с начина на управление на параметрите на средите в двете зони:

- 1) Коренова зона – служи за доставяне на хранителния разтвор до кореновата система на отглежданите растения, като се осигурява постоянен контрол на влажността, температурата и газовия състав (концентрация на кислород и въглероден диоксид).
- 2) Листна зона – въздушната среда, в която се развиват растенията в условия на поддържани: продължителност на деня и нощта, необходимите светлинни параметри, температурата, влажността и скоростта на въздуха, концентрация на въглеродния диоксид [4,5].

Технологията на отглеждане е аеропоник. Хранителният разтвор ще се доставя до корените посредством тръбна система и ще се впръсква под налягане във вид на аерозолна мъгла в Кореновата зона (КЗ). Източник на хранителния разтвор е водната среда на процесния модул аквакултури. Преди транспортирането на разтвора до КЗ, той преминава през бактериални биофилтри и се анализира за ниво на соленост, киселинност/алкалност (pH) и концентрация на микро- и макроелементи (нитрати, нитрити, амониеви катиони, сулфати и йони на макроелементи). При необходимост, балансът в химичния състав на хранителния разтвор се коригира до оптималните за нуждите на съответния PM стойности. По време на развойната фаза на проекта и системата ще се проведат редица експерименти при използване на хранителни разтвори с различен състав, за да се получат данни относно оптималните култивационни среди за съответните видове и сортове растения, както и за необходимото вариране в състава им през отделните етапи на тяхното вегетативно и репродуктивно развитие.

Листната зона (ЛЗ) ще се осветява с използване на светодиодни Блокове за осветление [6]. Спектралният състав и интензитетът на светлината ще се поддържат в оптимални за съответните растения граници, като в процеса на култивация те ще могат да се изменят динамично. Серия експерименти ще помогне за уточняване на стойностите на тези светлинни параметри. В ЛЗ ще се стремим към определянето на хлорофилно съдържание и растежа (листна площ, височина на надземната част на растенията).

Параметрите на средата в КЗ и ЛЗ ще се следят и управляват в непрекъснат режим, което ще позволи снабдяването на растенията с балансиран хранителен разтвор и постоянни условия на въздушната среда във всеки конкретен момент от процеса на растеж и развитие на култивираните в PM растения.

Воден басейн (модул аквакултури)

Процесът на отглеждане на рибните култури се предхожда от създаване на устойчива среда във Водния басейн (ВБ). Това включва достигане на определено ниво на микрофлора: микроводорасли, цилиати и бактерии, което се осъществява автоматично.

Отпадът от водната среда следва да преминава през биофилтър, където се обработва и обогатява с допълнителни елементи, необходими за пълноценното изхранване на растенията. Полученият разтвор ще минава през процесен модул за растителни култури, в който ще се проверяват и записват всички параметри на веществата, съставляващи обогатения хранителен разтвор за растенията. Едва тогава разтворът ще бъде пренасян към модулите КЗ, където изхранването на растенията ще се осъществява чрез впръскване под налягане.

В процесните модули ще бъдат регулиране параметри на разтворите необходими за рибните и растителните култури. Параметрите на средата, които се следят и поддържат в съответните граници са:

- ✓ Процесен модул аквакултури на ВБ – рН, соленост, разтворен кислород, амоняк, нитрити, нитрати, фосфати, йонен състав, температура, осветеност;
- ✓ Процесен модул растителни култури на РМ – рН, амоняк, нитрати/нитрити, фосфати, сулфати, калий, калций, натрий, амониеви и магнезиеви йони.

Ще бъдат подбрани всеядни видове риби, които са налични в България и са на достъпна цена, като рибите ще могат да се хранят с корените на растенията, както и с част от органичните хранителни отпадъци от домакинството.

Блок управление

Блокът за управление (БУ) ще контролира по зададени алгоритми параметрите на средата, като периодично ще записва и предава данните за анализ на състоянието към централизиран сървър за обработка и корекция. Благодарение на натрупания опит в разработката на БУ за КО СВЕТ, този блок се оптимизира в съответствие със съвременните технически средства и технологии [7].

Блокът за управление ще следи и поддържа в съответните граници нивата на параметрите в следните гореописани модули:

- ✓ Кореновата зона на РМ
- ✓ Листната зона на РМ
- ✓ Водният басейн
- ✓ Процесните модули

Интерфейсът човек-машина ще предоставя удобни средства за настройване работата на системата от страна на потребителя, както и за обратна връзка с него – сензорен екран ще показва състоянието на всеки един растителен модул и фазата на развитие на съответната култура, като ще има възможност за своевременни корекции. Корекциите ще бъдат изпълнявани съобразно специално зададени нива на достъп според експертната (напр. аквакултури, растителни култури). В продукта, който ще се разпространява на пазара, също се планира внедряването на нива на достъп, като тази функция ще бъде активирана единствено по желание на клиента. Уеб-базиран интерфейс ще позволява отдалечен достъп и управление на цялата система. Системата ще има и функция „Следене и известяване за инциденти“ по електронна поща (e-mail) и чрез кратки текстови съобщения (sms).

Блокът за управление ще осъществява автоматизиран контрол върху работата на изпълнителните устройства на акваплант системата. Той ще поддържа текущите стойности на параметрите на средите в отделните модули в предварително зададени граници – оптимални за растежа и развитието на съответните организми. В допълнение, ще бъде извършена интеграция на системата с Лабораторията по компютърно моделиране на структури за оптоелектрониката, което ще позволи анализ на състоянието на средата и виртуална симулация на растежа на растенията по зададени алгоритми. Очаква се по този начин да се предвиждат промените в средата и потвърждаването на алгоритмите за управление на база изследване на готовата продукция.

Експериментални тестове

След изработването на технологичен образец на система „Акваплант“ се предвижда провеждането на редица експерименти с подбраните около 15 сорта хранителни (главно зеленчукови – салати, зеле, лук, репички, грах и др.) и 2 вида редки и ценни за медицината растителни видове. По време на опитите ще бъдат следени и физиологичните параметри на растителните култури.

Диетолог, съвместно със специалист по физиология на растенията, ще определи 15 вида/сорта растения, представители на въглехидратни/нишестени, протеинови и неутрални храни. Предвижда се наличието на поне три вида за всяка отделна хранителна група. По този начин ще бъде осигурена възможност за пълноценно и разнообразно растително меню. Продуктите ще бъдат подбрани измежду най-използваните в потребителската кошница в България.

По време на експериментите по отработване на технологията за отглеждане на растенията ще се извършват и морфометрични измервания (дължина на стъбло, корен, междувъзлия), количество натрупана биомаса, биофизични и биохимични анализи – активност на фотосистемите, интензивност на транспирация, устична пропускливост, хлорофилно и белтъчни съдържание, както и оценка на органолептичните качества. Данните от тези измервания и анализи ще покажат кои са границите на параметрите на средата, в които се наблюдава оптимален растеж и интензивно развитие на подбраните видове растенията.

В резултат, ще бъде разработен софтуер с база данни, който ще позволява автоматизиране на отглеждането на всеки един от избраните по проекта видове. Използвайки данните от сензорната системата, софтуерът ще контролира параметрите на средата динамично, чрез изпълнителните механизми на акваплант системата, за да осигури най-подходящи условия за растеж и развитие на аква- и растителните култури. С цел постигане на максимална адаптивност спрямо непрекъснатото развитие на пазара, проектът предвижда системата за мониторинг да бъде отворена за добавяне на нови сензори, и с възможност за актуализиране на софтуера.

Приложение

С цел постигане на максимална гъвкавост спрямо нуждите и възможностите на клиента, освен базовия прототип с всички гореизброени модули, на клиентите ще се предоставя и възможността сами да избират броя и вида на Растителните модули, които предпочитат да бъдат включени към домашната им система. Предвижда се и възможност, по желание на клиента, модулите да се организират така, че да се осигури акцент върху аквакултурите.

Разработеният по проекта софтуер за интензивно отглеждане на аква- и растителни култури ще осигури възможност и за обхващане на допълнителни пазари. По заявка на клиента ще се произвеждат и сглобяват различни по размер и функционалност акваплант-системи – напр. за ресторанти, магазини, ферми и т.н, след съответно конфигуриране на системата съгласно зададените параметри.

Принципът на работа на „Акваплант“ системата ще е установен, но самата установка ще може да се мащабира спрямо нуждите на нейните потребители и конкретното ѝ приложение. Системата притежава огромен потенциал и възможности за да отговори на нарастващото търсене на здравословна и екологично чиста храна.

Гореизложеният проект бе оформен като проектно предложение и подаден за разглеждане по ОП „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика“ 2007-2013 в рамките на схема BG161PO003-1.1.05 „Разработване на иновации от стартиращи предприятия“. След провеждането на оценка и предварителен подбор за осигуряване на 90% безвъзмездна финансова помощ е класиран с Решение № ИСП-01-1/17.01.2012 на Изпълнителната агенция за насърчване на малките и средните предприятия (ИАНМСП) към Министерство на икономиката, транспорта и туризма.

„Ъбгрейд Технолоджис Груп“ ООД е компания, подкрепяща инициативите за опазване на околната среда. Тя предвижда да създаде и Програма за рециклиране на продукта с редица преференциални условия, след пускане на системата на пазара. В допълнение, компанията ще осигури гаранция от 15 години за експлоатация на системата.

Литература:

1. Иванова, Т. Система осигуряваща развитието на висши растения, функционираща на Орбитална станция "МИР". *Аерокосмически изследвания в България*, 10, 1993, 45-52.
2. Ivanova, T. N., Yu. A. Bercovich, A. L. Mashinskiy, G. I. Meleshko. The First "Space" Vegetables have been grown in the "SVET" Greenhouse Using Controlled Environmental Conditions. *Acta Astronautica*, Vol. 29, No. 8, 1993, pp. 639-644.
3. Ivanova, T. N., P. T. Kostov, S. M. Sapunova, I. W. Dandolov, F. B. Salisbury, G. E. Bingham, V. N. Sychev, M. A. Levinskikh, I. G. Podolski, D. B. Bubenheim, G. Jahns. Six-Month Space Greenhouse Experiments – a Step to Creation of Future Biological Life Support Systems. *Acta Astronautica*, Vol. 42, Nos. 1-8, 1998, pp. 11-23,
4. Naydenov, Y., S. Neychev, I. Ilieva. New Plant Shoot Environment Monitoring System for Third Generation SVET Space Greenhouse. *Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety" SENS'2007, 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria, 2008*, pp. 369-373.
5. Naydenov, Y., T. Ivanova, I. Dandolov, I. Ilieva. Plant Shoot Environment Monitoring and Control in the SVET Space Greenhouse. *Proceedings of the 60th International Astronautical Congress, 12-16 October, 2009, Daejeon, Republic of Korea, Curran Associates Inc., Vol. 1, 2010*, pp. 299-306.
6. Ilieva, I., T. Ivanova, Y. Naydenov, I. Dandolov, D. Stefanov. Plant Experiments with Light-Emitting Diode Module in SVET Space Greenhouse. *Advances in Space Research*, Vol. 46, No. 7, 2010, pp. 840-845.
7. Naydenov, Y., T. Ivanova. "SVET" Space Greenhouse Control Unit: Automation of Plant Cultivation in Microgravity. *Journal of the Technical University at Plovdiv "Fundamental Sciences and Applications"*, Vol. 16, Book 1, 2011, pp. 429-434.