

A kísérleti akvapónia rendszer tervezésének és működtetésének gyakorlati tapasztalatai

Csorvási Éva¹ – Juhász Péter¹ – Fehér Milán¹ – Nemes Ildikó¹ – Stündl László¹ – Takácsné Hájós Mária² – Bársony Péter¹

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,

¹Allattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Debrecen

²Kertészettudományi Intézet, Debrecen

csorvasi@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az akvapónia a haltenyésztés (akvakultúra) és a talaj nélküli, hidrokultúrás növénytermesztés (hidropónia) kombinációja. Rendszere egy mesterséges, recirkulációs ökoszisztéma, amelyben a bakteriális folyamatok alakítják át a halak nevelésére használt vízben lévő hulladék anyagokat növényi tápanyagokká, emiatt a rendszerben keletkező hulladék hővel együtt alkalmas gazdaságilag értékes növények termesztésére, ezáltal csökken az intenzív haltermelő rendszerek elfolyó vizének tápanyagterheltsége és mennyisége.

12 önálló egységből álló akvapónia rendszerünk üzemeltetésének elsődleges célja a tapasztalatszerzés volt. Megtalálni azon növényfajokat, melyek ilyen közegben jól nevelhetők, termésük értékesíthető. A növények mellett figyelmünk a halakra összpontosult, két halfajt vontunk be kísérletünkbe, a pontyot és a barramundit. Nem kis feladat volt megteremteni számukra az életteret, mindezt egy nyílt, állandóan változó hőmérsékletű és vízmennyiségű kádban, az optimális feltételek hiányában. Gondot okozott az előbb említetteken kívül a kádankénti egyszám, a halak testdeformitása és a túl magas pH (folyamatosan 8,4 felett értékeket regisztráltunk). A pontyok esetében 15 hét alatt 4,7 gramm súlygyarapodást értünk el, aminek oka az előbb felsorolt körülmények együttes jelenléte volt.

A növényeknél a fő gondot a levéltetvek és a napégés elleni védelem jelentette. Ennek ellenére egyes növényfajok esetében a szántóföldi termésátlag többszörösét is elértük. Saláta esetében majdnem kétszerese termett a szántóföldi átlagoknak, paradicsomnál másfélszerese, karalábénál 3,5-szerese. A többszörös termésátlagok oka, a növények folyamatos, kiegyenlített víz- és tápanyagfelvételében rejlik.

Kísérleti akvapóniánk működtetése és a mérések eredményeképpen kijelenthető, hogy az ültetett növényfajok mindegyike kiválóan alkalmas az akvapóniában történő nevelésre és termésük ízletes, vegyszermentes, tehát biztonságos és értékesíthető. Az ültetett növénykultúrák sűrítethetők, a víz tápanyagtartalma ezt megengedi, erre utal a túl magas pH érték is. A kísérletünk lefolytatása után megállapítható, hogy a ponty alkalmas az akvapóniába, de feltehetően nagyobb tömeggyarapodást lehetne elérni a nevelőegységek méretének optimális megválasztásával.

Kulcsszavak: akvapónia, hal, ponty, barramundi, növények, saláta, paradicsom, karalábé, paprika, nitrit, foszfor

SUMMARY

Aquaponics is the combination of fish farming (aquaculture) and the soilless cultivation of plants (hydroponics). The aquaponics system is an artificial, recirculating ecosystem, in which bacterial processes convert the waste materials in the water used for fish rearing into plant nutrients, and therefore with the generated heat it is suitable for culturing economically valuable plants, and thus it mitigates the nutrient laden and quantity of the intensive fish producing systems' effluent water.

The primary goal of our 12 separate unit's aquaponics system was to gain experience. We would like to find the right plant species, which are fit for that medium, and their crop can be sold. Besides the plants, our attention focused on the fish. Two fish species were included in the experiments, the common carp and barramundi. It was difficult to create them a perfect living space, besides a constantly changing conditions temperature. Apart the above mentioned we had a problem with the number of individuals per tank, the deformity of the fish body and the too high volume of pH (we registered continuous values above 8.4). We get by carps 4.7 grams of weight gain during 15 weeks, because of the bad conditions.

The main problems at the plants are caused by aphesis and protection against sunburn. Even so we have got the multiples of field yields for each plant species. At salad has grown twice of field yields, tomatoes one and half, kohlrabi than 3.5 times more. The causes of multiple yields are the continuous balanced water and the nutrient uptake of plants. Each plant species fit for cultivating in aquaponics and their crops are delicious, chemical-free, safe and marketable. The plants should be more concentrated. After the experiment, it has been determined that the carp is suitable for aquaponics, but greater weight gain could be achieved with optimal selection of size of rearing units.

Keywords: aquaponics, fish, carp, barramundi, plants, salad, tomato, kohlrabi, paprika, nitrate, phosphorus

BEVEZETÉS

A hal- és halászati termékek iránt napjainkban megnövekedett kereslet kielégítésre csak az akvakultúra képes. A környezetüktől izolált, intenzív recirkulációs rendszerek nagy mennyiségben képesek élelmiszerbiztonsági szempontból is megfelelő minőségű termékek előállítására, ám működésük során jelentős mennyiségben keletkezik hővel, illetve tápanyaggal terhelt víz, mely kezelésére egy lehetőség az akvapónia. Az akvapónia módszerének modern kori kifejlesztését vagy

újraélesztését az Észak-Karolinai Egyetem egyik végzős diákjának, Mark McMurtry nevéhez köthetjük. Az 1980-ban megépített, tilápiára alapozott zöldségtermelő rendszere úttörőnek számított.

A víztisztító berendezések és a víztisztítási eljárások fejlettsége ellenére a termelés mellékterméke a kiülelt, vagy szűrt lebegőanyag, illetve azon vízben oldott tápanyagok, melyek teljes eltávolítása a hagyományos módszerekkel nem lehetséges. Ugyanakkor a vízkultúrás növénytermesztésben a haltermelés szempontjából szennyezőanyagnak tekintett, folyamatosan

újratermelő anyagok kiválóan hasznosíthatóak. Egy zárt és megfelelően szabályozott környezetben a halak és növények egymás számára előnyös, szimbiotikus kapcsolatban élhetnek (Peyley et al., 2004; Lennard és Leonard, 2006).

Malcolm (2007) szerint bármely hidropónikus módszert az akvapóniás termesztéshez lehet igazítani. Ezt a megközelítést erősíti Bittsánszky et al. (2005) is, akik azt mondják, hogy az akvapónia új, feltörekvő, ökológiai alapú technológia, amelynek alapja a növények magas környezeti stressz-tűrőképességének kiaknázása.

Chalmers (2004) Nem a növény, hanem az állat felől közelíti meg az akvapóniás rendszert és lényegretörő megfogalmazásában azt mondja, hogy az akvapónia az akvakultúra finomított verziója. Szintén a halak felőli megközelítést támogatja Hegedűs (2012) aki azt mondja, hogy az akvapónia célja a halak növekedésének maximalizálása. Két rendszert egyesít az akvapónia úgy, hogy a negatívumok kiütik egymást. A növények növekedése a halak szerves hulladékának lebontásával történik, ami szinte minden szükséges tápanyagot tartalmaz. A vízcseré helyett az akvapónia a növényeket és a termesztő közeget használja a víz megsűrűsítésére, amely ezután visszatér a halak tartályába. A körfolyamat a végtelenségig ismétlődő és csak a párolgási veszteséget kell visszapótolni.

Mások nem tesznek különbséget a növény és az állat között. Rakoczy et al. (2006) szerint az akvapónia, más szóval az intenzív, recirkulációs rendszerekben a halak és növények kombinálása, egyre népszerűbb napjainkban.

Diver (2000) leírása alapján az akvapónia, más néven a hidrokultúra és az akvakultúra egyesülése, egyre fokozottabb figyelmet kap, mint bio-integrált élelmiszer-termelési rendszer. A termelő mezőgazdaságon belül az akvapónia a következő alapelvek segítségével éri el a fenntarthatóság céljait:

- az egyik rendszer által termelt hulladékok a másik rendszernek üzemanyag vagy tápanyagként szolgálnak;
- a halak és növények integrációja egy olyan típusú polikultúra, amely növeli a sokszínűséget és ezáltal növeli a rendszer stabilitását;
- a biológiai vízszűrő eltávolítja a tápanyagokat a vízből, mielőtt az elhagyja a rendszert és visszakerül újra a halakra.

Az akvapónia osztozik az akvakultúra előnyeiben, de további előnyt szerez azzal, hogy a terhelt vizet a növények nevelésére használják, így nincsen szükség szűrőberendezésekre, sem a víz kibocsátására így biológiai és műszaki stabilitás jellemzi. Egyszerűen működtethető rendszer ezért biztonságos a termelés. Az akvapónia rendszere egy mesterséges, recirkulációs ökoszisztéma, amelyben a bakteriális folyamatok alakítják át a halak által termelt hulladék anyagokat növényi tápanyagokká.

A növényi tápanyagokat a vizekben elsősorban a szerves formában található nitrogén és foszfor oldott formában levő sói jelentik. Dezsery (2010) szerint a halak takarmányozásából nyert növényi tápanyagok az akvapóniában 10-et tartalmaznak abból a 13 esszenciális tápanyagból, amely a növények növekedéséhez szükséges.

A rendszer nélkülözhetetlen nem látható elemei a baktériumok, melyek a halak hulladékát alakítják át a növények számára felvehető tápanyagokká. Az egyik legfontosabb alapelve az akvapóniának, a jótékony baktériumokhoz való kötődés. Meg kell különböztetnünk hasznos mikrobákat és kórokozókat, melyek árthatnak rendszerünknek (Hollyer et al., 2009).

Az akvapónia organikus rendszer, egy önálló ökoszisztéma. Két különböző baktériumfaj alakítja át a halak szerves hulladékát. Először *Nitrosomonas* baktériumok oxidálják az ammóniát nitritre, majd *Nitrobacter* fajok bontják a nitritet nitrátra, amit a növények tápanyagként felvesznek. A foszfort tekintve, a halak által legnagyobb mennyiségben kiválasztott forma az oldott reaktív foszfor, amely a növények számára átalakítás nélkül azonnal felvehető P-forma, ezáltal a termelőrendszer foszfor kibocsátása is csökkenthető. Az akvapónia egyik legérdekesebb tulajdonsága, hogy a folyamat nagymértékben önszabályozó. Amint a halaknak adott táp mennyiségét növeljük, a keletkező többlet tápanyagot a növények felveszik. Amennyiben ivadékokat tartunk a rendszerben, vagy csökkentjük a bevitt haltáp mennyiségét a növények növekedése is lelassul.

Az akvapóniás rendszerek tervezésének, megépítésének és gazdaságos működtetésének számos feltétele van: ezek közül a hal- és növénytermesztés szakmai ismeretei a legfontosabbak. A halsűrűség a halfajtól, halfajtától és a hal életkorától függően igen széles határok között változhat: legmagasabb értéke megközelítheti az 500 kg hal/m³ sűrűséget – azaz, a medence térfogatának közel felét hal töltheti ki. Az akvapóniás rendszerben folyamatosan követni kell a halak és növények növekedésének mértékét és egészségi állapotát. Nélkülözhetetlen a rendszerben keringő víz kritikus tulajdonságainak folyamatos követése, ugyanis az akvapóniás rendszer nagyon gyorsan és érzékenyen válaszol a körülmények kedvezőtlen változásaira – ellentétben a szabadföldi körülményekkel, ahol a talaj puffer-kapacitása miatt a változások lassabban érvényesülnek (Pilinszky et al., 2013).

Az akvapóniás kombinált rendszernek előnye, hogy intenzifikálható, a világon bárhol kialakítható egészen kis mérettől a legnagyobb gazdasági rendszerekig. A pontos illesztés meghatározásához számos paraméterek vizsgálatára van szükség, amelyek a növények számára kulcsfontosságúak, a halak viszont kevésbé igénylik, vagy akkumulálódhatnak a rendszerben, amely már negatívan hathat a haltermelésre. A megfelelő illesztés eredményeként elérhető, hogy mind a haltermelés, mind a növénytermesztés és a víz tápanyagterheltségének csökkentése a kívánt határfokon valósuljon meg.

Az akvapóniát olyan intenzív akvakultúrás rendszerek mellé javasolt telepíteni elsősorban, amelyekben meleg vízi halfajokat nevelnek, pl. tilápia (*Oreochromis spp.*), barramundi (*Lates calcarifer*). Ily módon a halak igényeinek kielégítése mellett a növények és a mineralizációban résztvevő mikroorganizmusok számára is optimális hőmérsékleti viszonyokat tudunk biztosítani. Az előbb említett okokból, illetve tartás-technológiájából adódóan előszeretettel termelnek tilápiát. A tápanyagok eltávolításának határfoka tovább növelhető a hidrokultúrás egység termesztő felületének növelésével (Nemes et al., 2013).

Az utóbbi néhány évben az akvapóniában egységnyi területen végzett növény kísérletek azt mutatták, hogy az ilyen típusú rendszerekben a természetlag kétszerese a hagyományos szántóföldi növényekhez képest (Gooley and Gavine, 2003).

A VIZSGÁLATOK CÉLJA

Első és legfontosabb célunk a tapasztalat szerzés volt az akvapónia üzemeltetésében. Kutatásunk során olyan tápanyagforgalmi alapkutatásokat akartunk elvégezni, amelyek biztosíthatják az akvapóniás rendszerek optimális kialakításának megtervezéséhez szükséges alapvető tápanyagforgalmi ismereteket a létesítendő és már létező intenzív haltermelő rendszerek számára. A természetből kiválasztása, a fajok tűrőképességének, igényeinek, korlátainak meghatározása illetve az akvapóniában tartható halfajok meghatározása, igényeik megállapítása, viselkedésük megfigyelése, tömeggyarapodásuk mérése is célkitűzéseink között szerepelt. Azon fajok, fajták meghatározása volt a célunk, amelyek az adott termesztési időszak fény- és hőmérsékleti viszonyait legjobban tolerálják, úgy, hogy mellette értékesítésre alkalmas termést adnak. Az akvapóniás rendszer előnyeinek számszerűsítése mellett az illesztési feltételek meghatározása (növény-hal) is vizsgálataink célja volt.

Mindezen méréseket, vizsgálatokat 12 önálló egységből álló kísérleti rendszerben végeztük. Vízminőségi vizsgálatok:

- N-formák (nitrit és nitrát) (mg/l);
- P-formák (ortofoszfát) (mg/l);
- kémiai oxigénigény (mg/l);
- oldott oxigéntartalom (mg/l);
- pH;
- hőmérséklet (°C);
- elektromos konduktivitás (mS/cm).

A nitrogén- és foszforformákat kolorimetriás gyors tesztekkel végeztük, a többi paramétert szondás mérőműszerrel mértük.

ANYAG ÉS MÓDSZER

2013 májusában indítottunk be tizenkét egymástól független, de azonos felépítésű akvapóniás modellrendszert. A rendszereinkben ponty ivadékokat tartottunk egy 220 l-es tartályban, amelyből a vizet egy pumpa segítségével egy 1 m²-es növényágyba vezettük. A növénytermesztő közeget expandált agyaggolyók alkották, amelyben paradicsomot, paprikát, bazsalikomot, karalábét és salátát neveltünk. A növényágyból a víz egy szifonrendszeren keresztül jutott vissza a hal-tartályba. A rendszerünkben folyamatosan mértük a nitrogénformák időbeli alakulását.

Az akvapónia rendszer alapvető elemei:

- Tartály: egy 220 l-es kád, ebben vannak elhelyezve a halak, amelyek anyagcsere-termékeiket a vízbe bocsájtják.
- Szivattyú és csőrendszer: a tartályból a vizet a szivattyú a csőrendszeren keresztül eljuttatja a növényekhez.
- Növény ágyások a nevelő közeggel megtöltve: 1 m² felületű expandált agyaggolyóval töltött hidrokultúrás egység. Ennek feladata kettős, egyrészt fe-

lületet biztosít a mikrobáknak, amelyek a szennyező anyagokat alakítják át tápanyagokká, így ez lesz a biofilter, másrészt a növények ebben a közegben gyökereznek. A víz keresztáramlik az ágyáson, melynek során a növények felveszik a benne található tápanyagokat, megsűrve ezzel a vizet a tápanyagterheléstől.

- Szinttartó cső és szifon: A víz áramlása során újra oxigénnel telítődik és a szifon segítségével visszajut a halakra.

Vizsgálatba bevont növényfajok

Bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.), rukkola (*Eruca sativa*), saláta (*Lactuca* sp.), paradicsom (*Lycopersicon esculentum* L.), paprika (*Capsicum annuum* L.), földcseresznye (*Physalis peruviana*), földieper (*Fragaria* sp.), vöröshagyma (*Allium cepa* L.), fehér és kék karalábé (*Brassica oleraceae* convar. acephala var. gongylodes)

A vetőmagokat kőzetgyapotos palántaneveléssel neveltük. Vetett fajok: paradicsom, paprika, rukkola, bazsalikom, jégsaláta. Vermikulit borítást alkalmaztunk az üvegházi növekedésnél, mely tárolja a vizet és a tápanyagokat, megakadályozza a talaj gombásodását. Az öntözés tápoldattal történt, elektromos vezetőképessége (EC) 1 majd 2 mS/cm volt.

A 2013. június 13-i palánta kihelyezéssel egy időben próba magvetést végeztünk a rendszerben (paradicsom, paprika, jégsaláta). Ezekkel párhuzamosan és időben megegyező napon talajkonténeres kontroll kihelyezése is megtörtént ugyanezekkel a növényekkel. A kiültetett palánták fejlettségi állapota közel azonos. Ki nem kelt magok helyett földi cseresznye, eper és paradicsom palánta ültetése.

A szántóföldi kontrollban Actra kezelést, az akvapóniában O.G.G. (Organic Green Gold) élő algás, 100%-ban bio növényi tápoldatos kezelést alkalmaztunk, illetve a tetvek mechanikailag is eltávolításra kerültek.

Kihelyezésre került fajok:

- paradicsom (24 db) (5. és 9. konténer);
- paprika (24 db) (6. és 10. konténer);
- jégsaláta (24 db) (7. és 11. konténer);
- bazsalikom (4 db) (9. konténer);
- fehér és kék karalábé (24 db) (8. és 12. konténer);
- az 1–4. konténerbe magról vetés történt, majd földi cseresznye, paradicsom és eper palánták beültetése a ki nem kelt magok helyére.

Kísérletbe bevont halfajok:

- Barramundi (*Lates calcarifer*),
- Ponty (*Cyprinus carpio*).

2013. 06. 14. Pontyok kihelyezése:

- átlag testtömeg: 1 g;
- kihelyezett darabszám: 3000 db;
- kádanként: 300 db.

2013. 06. 18: Barramundik kihelyezése

- átlag testtömeg: 65 g;
- kihelyezett darabszám: 42 db;
- kádanként: 7 db.

EREDMÉNYEK

Az elmúlt 4 év szántóföldi termésátlagait elemezve megállapítható, hogy az általunk üzemeltetett akvapóniában 1 m²-en termett és 1 ha-ra vetített terméshozam saláta esetében majdnem kétszerese a szántóföldi átlagoknak, paradicsomnál másfélszerese, karalábénál 3,5-szerese, míg a paprika terméshozama kevesebb, mint egyharmada a szántóföldihez viszonyítva (1. táblázat). Paprika esetében az őszi barack- és a molytetű okozta fertőzöttségre vezethető vissza a nagymértékű termés kiesés és a termés csökkent mérete. Az üvegházi molytetű és a zöld őszi baracktetű megjelent az akvapóniában és a szántóföldi kontroll növényeken egyaránt.

REsH (2013) összehasonlító táblázatából (2. táblázat) is az látszik, amit az 1. táblázat értékelésénél kifejtettem, miszerint a föld nélküli termesztés (hidropónia, akvapónia) esetén többszörös hozamok érhetőek el. Az akvapóniában teljes mértékben ellenőrizhető növényeink fejlődése. Mindez azért lehetséges, mivel pontosan meg lehet határozni, hogy a növény mit szív fel magába. Mivel nincs táptalaj, a tápoldat mérésekor világosan látszik, mi az a tápanyag, ami a növény számára rendelkezésre áll. Az agyaggolyónak, mint szubsztrátumnak tároló képessége is van, ami azt jelenti, hogy néha a tápanyagok csak egy későbbi időpontban válnak elérhetővé.

1. táblázat

Termésátlagok összehasonlítása szántóföldi és akvapóniában termesztett növények esetében

	Fejes saláta(4)	Paradicsom(5)	Paprika(6)	Karalábé(7)
Növények termésátlaga az akvapóniában (kg/m ²)(1)				
¹ Átlag (2013)(8)	2,7	7,2	0,9	3,5
Növények termésátlaga az akvapóniában (kg/ha)(2)				
² Átlag 1. (2013)(8)	27 350	89 200	10 100	52 020
² Átlag 2. (2013)(8)	26 970	72 000	8 960	34 770
Szántóföldi növények termésátlaga (kg/ha)(3)				
³ Átlag (2009-2012)(8)	14 320	58 753	34 443	15 188

Megjegyzés: ^{1,2}saját mérések és ³KSH

Table 1: Comparison of the yield of field crops and aquaponics plants

Plants yields in aquaponics (kg m⁻²)(1), Plants yields in aquaponics (kg ha⁻¹)(2), Yields of arable crops (kg ha⁻¹)(3), Lettuce(4), Tomato(5), Paprika(6), Cohlraabi(7), Average(8), Note: ^{1,2}own measurements and ³KSH

2. táblázat

Összehasonlító táblázat a földben és a föld nélküli termesztés között

Termés(1)	Bab(2)	Borsó(3)	Burgonya(4)	Káposzta(5)	Saláta(6)	Paradicsom(7)	Uborka(8)
Földben/kg(9)	12 500	2 500	20 000	71 500	49 500	7 500–25 000	38 500
Föld nélkül/kg(10)	52 500	22 500	175 000	99 000	115 500	150 000–700 000	154 000
Szorozószám(11)	4,20	9,00	8,75	1,38	2,33	20–25	4,00

Forrás: Resh (2013)

Table 2: Comparison Table between growing in soil and without soil

Yield(1), Beans(2), Peas(3), Potato(4), Cabbage(5), Lettuce(6), Tomato(7), Cucumber(8), In soil kg⁻¹(9), Without soil kg⁻¹(10), Multiplier(11), Source: Resh (2013)

A többszörös termésátlagok oka, tehát a növények folyamatos, kiegyenlített víz- és tápanyagfelvételében rejlik. Rendszeres tápanyagellátással nagyobb mennyiségű és jobb minőségű terméket állíthatunk elő. Míg a szántóföldi kultúrákban a csapadék mennyisége időben és térben nem egyenletesen oszlik el, sokszor vannak aszályos időszakok és extrém hőmérsékleti rekordok, illetve a tápanyag kijuttatás is szakaszosan történik.

A kísérlet során előfordult kártevők, kórokozók, betegségek:

1. Palántadőlés
2. Hangyák megjelenése a növénytermesztő konténerekben. A hangyák megjelenése a tetvek támadásának biztos jele.
3. Nap okozta égési foltok megjelenése a leveleken és terméseken. Ellene árnyékolással védekezünk, amit Raschel-hálóval oldottunk meg.
4. Üvegházi molytetű és zöld őszi baracktetű megjelenése.

5. Lisztecse és hernyók megjelenése a karalábé levelein. Hernyók, peték eltávolítása mechanikailag.

5. Vírusfertőzés jelei paradicsomnál.

6. Magas pH érték, folyamatosan 8,4 feletti értékeket regisztráltunk. Először 20%-os háztartási ecettel, majd sósavval történt a csökkentés. Az pH érték 6,2–6,4 között ideális, ám ez eltérhet a halfajtól függően.

Rossz kelési százalékot kaptunk, mivel a magok aprók voltak és a vízzel kimosódtak, vagy túl mélyre süllyedtek az agyagkavicsos nevelő közegben.

A halak szerepe hármas, a halhús termelés, anyagcsere végtermékek kibocsátása és nem utolsó sorban bioindikátorok. A halak számára biztosítani kell a környezeti feltételeket, a táplálékot és a megfelelő életteret.

A halak takarmánya legyen teljes értékű, illeszkedjen a halfajhoz, a hal méretéhez és táplálkozási szokásához.

A mi esetünkben sajnos nem voltak optimális feltételek egyik halfaj számára sem. A 220 l-es tartály kevés életteret biztosított, a gond főleg akkor mutatkozott, amikor a növények tartálya vízzel telítődött és a halas kádban kevés maradt. A feltöltődési idő kétszer hosszabb a leürülési időnél. Ha viszont a szivattyút átállítottuk, és a feltöltődési idő közelített a leürülési időhöz, abban az esetben a baktériumoknak és növényeknek nem volt elég ideje a tápanyagok lebontására, kiszűrésére. A pontyok esetében túltelepítés történt a kádkban, bár az *1. ábra* szerint folyamatosan növekedtek, ez a növekedés augusztus végétől nem számottevő. Összehasonlítva a tógazdasági adatokkal, ahol az egy nyaras ponty súlya 20–100 g között változik, elmondható, hogy a rendszerünkben tartott pontyok súlya egynegyede a legkisebb súlyú, tógazdasági körülmények között nevelt pontyokénak. Deformitás nagy számban jelentkezett a pontyoknál, mindegyik halas kádban. Ennek oka véleményünk szerint egyrészt az őket ért stressz, mely adódik a környezeti tényezők állandó változásából, másrészt a táppal történő etetés lehetett.

1. ábra: A ponty tömeggyarapodása (g)

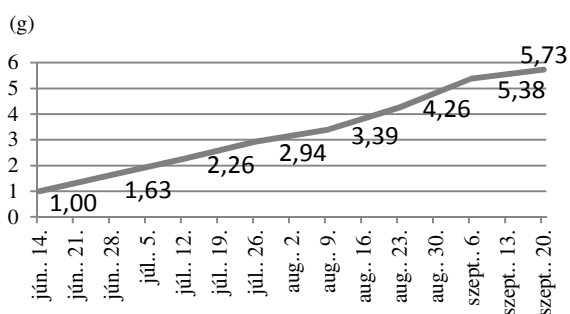


Figure 1: The weight gain of carp (g)

A pontyokkal etetett, kereskedelmi forgalomban kapható táp az ALLER PERFORMA volt, 1,3 mm-es méretben. Beltartalmi paraméterei a következők:

- fehérje 48%;
- zsír 21%;
- NFE 14,5%;
- rost 1%;
- hamu 7,5%;
- P 1,1%;
- Na 0,4%;
- Ca 1,1%.

A pontyok napi takarmány adagja testtömegük 1,5%-ának megfelelő mennyiség volt. Ezeket a mennyiségeket a testtömeg gyarapodás heti rendszeresség-

gel történő mérésekor korrigáltuk. A kísérlet teljes időtartamára vonatkozóan a relatív takarmány együttható 1,12. Sadowski et al. (1998) pontyokkal végzett kísérletében a takarmányértékesítés értéke 1,01–1,06–1,21 volt 6–12–18 órai etetés esetében és az általuk etetett táp Aller Aqua Safir (nyersfehérje 47,2%, nyerszsír 17,5%) volt, ami beltartalmilag hasonló az általunk etetett táphoz. Enache et al. (2012) szintén pontyokkal végzett kísérletében a kereskedelmi forgalomban kapható Aller Master táp (nyersfehérje 35%, nyerszsír 9,9%) hatását vizsgálta. A kísérlet eredményeképpen a takarmányértékesítésnél $1,5 \pm 0,7$ értéket kaptak.

Az általunk kapott RTE érték a fentebb említett kísérletekben kapott értékekkel összehasonlítva jónak mondható, ez a táp beltartalmi paramétereinek köszönhető.

A barramundi számára sem voltak optimális feltételek az akvapóniában, nem tolerálta az édes vizet, sejt szinten eléhezett és a víz napi hőingadozása is nehezen volt elviselhető számukra. A 42 darab kihelyezett barramundi zárt, recirkulációs rendszerünkben került ki, ahol a víz hőmérséklete folyamatosan 25–26 fok volt és a sótartalma 1,5 ppt. Így nem volt meglepő viselkedésük egy nyílt, állandóan változó hőmérsékletű és vízmennyiségű kádban. A barramundikból 6 nap elteltével 30 darabot visszatettünk intenzív, zárt rendszerünkbe és a maradék 12 darabot két kádban elosztva tartottuk az akvapóniában. Az optimális feltételek hiányában étvágyuk teljes mértékben lecsökkent, így nem beszélhetünk esetükben napi takarmány szükséglettel és takarmányhasznosításról sem. Kereskedelmi forgalomban kapható, granulált tápot kaptak 4,5 mm-es szemcseméretben, az általuk felvett takarmány mértéke elenyésző.

A barramundik növekedési görbéjét és takarmány felhasználását nem célszerű ezek alapján diagramon ábrázolni.

KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérleti akvapóniánk működtetése és a mérések eredményeképpen kijelenthető, hogy az ültetett növényfajok mindegyike kiválóan alkalmas az akvapóniában történő nevelésre és termésük értékesíthető.

Az ültetett növénykultúrák sűrítethetők, a víz tápanyagtartalma ezt megengedi, erre utal a túl magas pH érték is. A paradicsomtermesztéshez egy törpe változat célszerűbb, ezt a jövőben alkalmazzuk rendszerünkben. Kísérletünk lefolytatása után megállapítható, hogy a ponty alkalmas az akvapóniában történő tartáshoz, de feltehetően nagyobb tömeggyarapodást lehetne elérni a nevelőegységek méretének optimális megválasztásával.

IRODALOM

Bittsanszky, A.–Komives, T.–Guller, G.–Gyulai, G.–Kiss, J., Heszky, L.–Radimszky, L.–Rennenberg, H. (2005): Ability of transgenic poplars with elevated glutathione content to tolerate zinc(2+) stress. *Environment International*. 31. 2: 251–254.

Chalmers, G. A. (2004): *Aquaponics and Food Safety*. Lethbridge. Alberta.

Dezsery, A. S. (2010): *Commercial integrated farming of aquaculture and horticulture*. International Specialised Skills Institute Inc. Melbourne.

Diver, S. (2000): *Aquaponics – Integration of Hydroponics with Aquaculture*. ATTRA – National Sustainable Agriculture Information Service.

- Enache, I.–Cristea, V.–Ionescu, T.–Dediu, L.–Docan, A. (2012): The influence of light intensity on the growth performance of common carp in a recirculating aquaculture system condition. *Lucrări Științifice – Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară. Seria Zootehnie* 2012. 58: 234–240
- Gooley, G. J.–Gavine, F. M. (2003): *Integrated Agri-Aquaculture Systems. A Resource Handbook for Australian Industry Development. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation.*
- Hegedűs I. (2012): A minőségi élelmiszertermelés helyzete és lehetőségei: Az ökológiai gazdálkodás Magyarországon. *Diplomadolgozat. Károly Róbert Főiskola. Gyöngyös.*
- Hollyer, J.–Tamaru, C.–Riggs, A.–Klinger-Bowen, R. E.–Howerton, R.–Okimoto, D.–Castro, L.–‘Benny’ Ron, T.–‘Kai’ Fox, B. K.–Troegner, V.–Martinez, G. (2009): *On-Farm Food Safety: Aquaponics. Food Safety and Technology. FST-38.*
- Lennard, W. A.–Leonard, B. V. (2006): A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquaculture International*. 14. 6: 539–550.
- Malcolm, J. (2007): *What is Aquaponics? Backyard Aquaponics – The No.1 Aquaponics magazine for the backyard enthusiast. Issue 1.–Summer 2007.*
- Nemes I.–Juhász P.–Petes K.–Csorvási É.–Bársony P.–Stündl L. (2013): Intenzív halnevelő rendszerek környezetterhelésének csökkentési lehetősége akvapónia alkalmazásával. XXXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás 2013. május 22–23.
- Peley Á.–Rónyai A.–Tompos D. (2004): *Az akvapóniás termelő rendszerek alkalmazhatóságára irányuló előzetes vizsgálatok. Halászati és Öntözési Kutatóintézet (HAKI).*
- Pilinszky K.–Bittsánszky A.–Gyulai G.–Kömives T. (2013): Ammónia méregtelenítése növényekben – A folyamat jelentősége akvapóniás és fitoremediációs rendszerekben. *Journal of Central European Green Innovation*. 1. 1: 97–102.
- Rakoczy, J. E.–Masser, M. P.–Losordo, T. M. (2006): *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication. No.454.*
- Resh, H. M. (2013): *Hydroponic food production. A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. Seventh Edition. CRC Press. Taylor and Francis Group.*
- Sadowski, J.–Filipiak, J.–Trzebiatowski, R. (1998): Effects of different ruration of feeding on results of carp (*Cyprinus carpio* fry) cage culture in cooling water. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 1. 1: Topic: Fisheries.