



Article

Criteria for the selection of rabbits suitable for animal-assisted work with the visually impaired (preliminary study)

Réka IVÁNCSIK¹, Marcell MOLNÁR ^{1*}

¹ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE), Kaposvár Campus, Kaposvár, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ABSTRACT - Animal assisted interventions in everyday life can help reduce stress and make life of the visually impaired more complete. For this, not only dogs are available, but also other animal species. We chose the dwarf rabbit for this purpose. The dwarf rabbit is a popular pet, soft, confidential, hands-on; can be taught basic rules, and its care needs are easier to meet for a visually impaired than a dog's. The objective of our research was to develop and test a set of criteria for the selection of rabbits suitable for the visually impaired, furthermore, to determine whether a person with sight is able to select rabbits for the visually impaired, or whether there are large differences in their assessment? In the course of research, we developed a 14-point criteria that included confidential questions, pleasant experience questions and questions about the stress of rabbits. The scoring scale ranged from 1 to 5, with the highest point marking the most suitable rabbit. The rabbits in the study were of 6 to 12 months of age, tamed for four generations, of different sizes, hair lengths and colours. The study included 12 special education undergraduate students and one person with visual impairment. The participants worked in pairs, first blindfolded and then with sight of the rabbits. The rabbits were assigned in random order, so students didn't know what number of point the rabbits had previously received. The eye-binding of the students did not affect the scoring, but the visually impaired subject gave the rabbits an average of 0.1 points higher. Because the scores for each student were high, we did not get a significant result. We looked at who at what chance could have given each points. It turned out that the visually impaired gave 5 points - 10% of the time more often - and gave 3 points - 3% - than the undergrad students. We looked at which of the 14 aspects had greater differences in their perception: there were differences, but they were not significant. Comparing the rabbits, we received a significant difference, based on which this criteria system may be useable for the selection of rabbits suitable for visually impaired, as significant differences were discovered between rabbits. People with sight can also use the test, but they slightly more rigorously. It is recommended to conduct further studies involving several visually impaired people.

Keywords: animal assisted intervention, supporting animal, visually impaired, dwarf rabbit, selection

INTRODUCTION

Edward Wilson formulated the biophilia hypothesis in 1984 according to which humans are soothed by the proximity of animals. This is because animals (especially dogs) have warned them of the forthcoming danger with their better senses, which leads us to conclude that one of the most important features of so-called therapeutic animals is calmness (Bánszky et al., 2012).

*CORRESPONDING AUTHOR

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Kaposvári Campus

✉ 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40., ☎ 82/505-800; 82/505-900

E-mail: molnar.marcell@uni-mate.hu

For people with visual impairments, for example, a guide dog can be a great help. The first trace of the assistance dogs appears in a Roman mural, where a beggar can be seen with his dog. Even from the Middle Ages there are written traces of dogs helping blind people (Kovats and Zaharovich, 1986). In the 1819 "Textbook on the Education of the Blind", Johann Wilhelm Klein already describes the usefulness of guide dogs. Institutionally, the training of guide dogs was first conducted in Germany after World War I, when people lost sight en masse during the fights including chemical weapons such as mustard gas. The dogs supported soldiers not only in orientation, but also in helping soldiers through loneliness.

The first guide dog school began operating in Oldenburg, Germany, in 1916. Unfortunately, the institution was struggling financially, so it was not able to continue its activities for long, but its success achieved interest in guide dogs worldwide. After World War I, Uexkueel and Sarris' experiment lead to the best way to train guide dogs in the most efficient and shortest time. Special buggies were used for the training of the dogs; this method was later upgraded by Brüll. It is still used present days as a tool for training (Kováts and Zaharovich, 1986).

The development of the training of guide dog has been outstanding in the United States. One of the pioneering trainers was an American Dorothy Harrison Eustis, who, after visiting a German dog training clinic, wrote an article for The Saturday Evening post in which she referred to guide dogs as a preserver for the independence of blind people. He later founded a dog training organization in America called The Seeing Eye, which still operates. In 1942, it was officially registered as the "Guide Dogs for the Blind Inc." as an association providing assistance dogs for the blind. Training was first carried out in Los Gatos (Santa Cruz) then since 1946 it takes place in Santa Rafael. In addition, western European countries have also organised their own guide dog training institutions almost without exception (Kováts and Zaharovich, 1986).

In Hungary, under the direction of the Hungarian Federation of the Blind and Partially Sighted, the Guide Dog Training School in Csepel is working. The institution was founded in 1967 by Rithnovszky, who trained the first guide dog for himself on the basis of a method learned from Germany. In 1978, the school was closed down because the authorities at the time did not consider guide dogs to be necessarily important to a blind person.

In addition to guide dogs, other animal species can also provide support for the visually impaired. Animal-assisted interventions in everyday life can help reduce stress and make life more complete for a person with the disability. We chose the dwarf rabbit for this purpose.

Supporting animals – animal assisted interventions

Over the past few years, the increasing use of rabbits for recreational and therapeutic purposes has become more and more widespread.

In the context of rabbits, they have not yet studied how visually impaired people should interact with these animals, such as what size and breed they would be able to match. When presenting animal-assisted activities, the researchers tend to refer to the thesis that human-animal therapeutic and educative relationships can be of great help to humans.

Researches on animal-assisted activities have a number of ways to report on the protective nature of human-animal relationships. Presence of the animal, its spontaneous behaviour, its interaction aids the educative and therapeutic process (Fine, 2010; Csányi, 1999). Animal-assisted benefits began in the modern era of the 20th century. This is when the involvement of animals in certain health, educational and elderly care activities began to become more intensive.

The special abbreviations used are explained as follows:

AAI (Animal Assisted Intervention) is any intervention involving an animal in the therapeutic or development process.

AAA (Animal Assisted Activity) is perhaps the most commonly used term. Animal Assisted Activity - an activity with the help of an animal - means an action with the involvement of animals during which the presence of the animal may be beneficial to healthy and/or sick humans in their acts or conditions. The activity can be recreational for some pedagogical purpose (in which the aim is to shape the client's motivations or to improve the quality of life). Animal-assisted activities are not targeted interventions – the presence of the animal is mostly used to shape the comfort of the participants. In these situations, the animal can develop and support social interactions, help with communication, and support participants' empathy attitudes. In AAA interventions spontaneity has a significantly greater role than in those of a therapeutic means.

AAP – Animal Assisted Pedagogy - or in other context AAE (Animal Assisted Education) is the type of care in which an educator with an animal engages in pedagogical – educational – activities by an educator who has sufficient knowledge of the helping animal and uses it specifically to implement his pedagogical concept.

The term “service animal” (in the US) is used in cases where specially trained animals help people with disabilities and special needs. The “service animal” is rather a (assistive) ‘tool’, yet at the same time its psychological effect is outstanding. Helping animals provide significant support for their daily lives,

which increases their sense of safety and comfort and their overall activity (Kruger and Serpell, 2010). Examples include guide dogs or seizure alert dogs. The presence of these "companion animals" improve the quality of life of the assisted person by providing safety and spiritual support simultaneously.

When establishing a theoretical educative/therapeutic protocol, it is considered our basic task to describe the characteristics of an animal suitable for therapy and to support an educational task. Standardisation of therapy animals, definition of markers of suitability for animal-assisted education and animal therapy in young animals. The latter has its paramount importance because preparing animals for therapeutic care can take practically a long time, so it is of particular importance that if we have the opportunity to eliminate incompetence, we can do so before training. Further action should be taken to describe the interventions for the benefits that are assisted by these animals. We can also analyse the theoretical background of the animal-assisted procedures.

Today, unfortunately, animal protection movements often place undue pressure on keepers. To do this, we also need to examine the behaviour of animals with educative/therapeutic functions and the animal-to-human relationship (e.g: farmer, therapist, patient alike). We can hereby collect data by showing the animal's "attitude", possible short-term or long-term status of stress, and therefore make recommendations for the selection, parenting, training and "use" methods necessary to avoid them. The probable suitability for therapy for all animals may bring professional and economic benefits. Animals - especially therapeutic animals - show a high level of friendliness, feel when the person opposite them is not well, and are able to express this through their body language. Animals accept us as people as we are. In general, they are not afraid of our illnesses, age, disabilities and other socially excluding factors. They're probably completely neutral to these things. Therefore, therapeutic animals could play a particularly important role in the care of people with special needs.

For people with special needs, the presence of the animal is not only beneficial in interactions with one another, but also helps to build a relationship with the environment. Jackson (2012) cites research by Mader et al. (1989) and Urichuk and Anderson (2003), who found that people with disabilities with the helping animal were more likely to receive favourable responses from their environment than those who lived without animals. In addition, the touching and caressing of the animal itself, as a tactile stimulus, can help the client. The holding and protecting of a small living organism; the possibility of leaning on larger ones; the caressing and the smell of the animal give the client

the possibility of providing an emotional surplus that takes them to a new dimension opposite to the point which they established on themselves and their positions.

Use of rabbits as therapeutic animals

Rabbits are primarily popular animals among children. They are friendly, playful, and kind creatures, easy to socialise with, and their body language is well-readable for children (Mallon, 1992).

There is a general consensus that rabbits should be targeted before therapeutic use in such a way that they are accustomed to the stimuli, situations, touches and events that will affect them at the therapeutic sessions. And, of course, it is equally important to prepare and inform the person in therapy about the treatment of animals.

Rabbits, as therapy animals, have been used and studied in several situations, mainly in schools, kindergartens, social institutions, nursing homes for old people or veterans, but also in hospital care. Animal assisted therapy is not only important for pedagogy and psychology studies, but also - in addition to the human side - it is necessary to know the phenomena and factors associated with the therapeutic animal. Not many of these studies on rabbits have been published yet, but in recent years it has become an increasingly researched area. In their 2010 publication, Loukaki and colleagues analysed and examined the use of rabbits in animal-assisted therapies, paying particular attention to animal protection, ethological and animal health factors.

The number of species of animals that can be kept smoothly by the visually impaired is quite limited. Dogs can have too many demands which may not be surely satisfied. Specially trained assistance/guide dogs also undergo several weeks of scanting with their prospective owner, which often fails. The dwarf rabbit is a popular pet, soft, confidential, hands-on, can be taught basic rules, and its care needs are easier to meet for a visually impaired than a dog's. Although they are unable to help the visually impaired in traffic, the person's well-being can be significantly improved during animal-assisted activity. At the same time, the safety of both the farmer and the rabbit (avoidance of injuries) can be important for the visually impaired when treating rabbits.

The aim of our job was to come up with a criteria and its testing to promptly choose rabbits suitable for the visually impaired.

We also wished to find out whether those with sight could have chosen the rabbits for those with no sight, or whether there was a difference in their scoring.

MATERIAL AND METHODS

In the course of the work, we developed a 14-point criteria that included confidentiality questions, questions related to pleasant experience and questions about the hypothetical stress of the rabbit. The following describes the aspects with their importance to the visually impaired.

1. Rabbits are expected not to show unexpectedly aggressive behaviours such as biting/scratching.

The visually impaired cannot see the rabbit's movements, so they can't pull their hands away in a possible attack. Consequently, the rabbit can inflict serious injuries on them.

2. Rabbits are expected not to be afraid; no squealing, no running away.

The visually impaired cannot catch the fleeing rabbit, and the rabbit may be injured during any attempt. A loyal rabbit snuggles up to his master, making a humming voice, lying stretched out and crackling his teeth while being caressed.

3. Rabbits are expected to endure when being hugged or placed in the lap.

This feature can be affected by many environmental factors. For example: the rabbit may have been constantly kept in a cage, never been put in one's lap or rarely been stroked before.

4. Importance of smell.

Smell can be detected the best on areas with hair sparsely covered, especially in the ears.

5. Examination of breathing.

Characteristics of speed / volume of breathing. The state of the rabbit's stress is shown by its breathing, but it also indicates its condition of health. Breathing should not be noisy, rough or wheezing.

6. Palpation of the fur.

If it is almost completely silky, it indicates well-being, a good health condition and a well-groomed appearance. If it's messy, the rabbit's malaise. With long-haired rabbits, our fingers can almost get stuck, while with short-haired ones, it is as if it were "electric" from cleanliness.

7. Rapidity of heart rate.

This can be checked in 4 parts of the body: best at the top of the auricle, base of the ears, "the wrists" on the forelimbs. They don't like it at the chest because then reaching under the body would be necessary.

8. Colour of the rabbit.

Based on the preliminary experience of the visually impaired participant in the study, fully-white coloured rabbits - held in the palms - have a harder time to warm their ears than those not-all-white coloured. If the two ears differ in

colours, their temperature is barely noticeable, but distinguishable. These features can be applied not only to the ear, but also, for example, to the colour of the hair of the back/head. Unlike ears, there is no significant change in the body area more densely covered with hair.

9. Position of the ears while being caressed.

When raised completely, it is showing interest / curiosity. When it closes its ear cups by folding the ears down and / or pulling it back, it means it is in a cool environment or feels threatened.

10. Giving out any pleasant sound during the test.

This can be, for example, a sign of joy in teeth chattering or even humming.

11. How tight or relaxed its muscles are.

This may indicate shyness, but it may also indicate that it is not used to being put in one's lap.

12. To what extent are the blood vessels dilated in the ears?

This aspect shows how hot feels the rabbit is and also refers to the level of stress. The blood vessels need to be gently groped and felt on the rabbit's ear.

13. Does the rabbit lick the hand while stroking?

Licking shows intimacy, it is not usually followed by a bite, so the rabbit does not "taste" our hands as food.

14. Being patient / tranquil.

Although this was placed last, it is very important for the visually impaired - as they touch the animals more difficultly and more precariously and cannot detect their visual signals - that the animal stays tranquil around the patient in order to have a good relationship.

To evaluate the criteria, we have developed a scoring scale in which we classify rabbit reactions and characteristics with a possible value of 1-5 points.

The rabbits in the study were 6 to 12 months of age, tamed for four generations, of different sizes, hair lengths and colours (Pictures 1).

In the numbering of rabbits, number 8 and 9 are missing. This is because they didn't receive caressing in sufficient repetition, therefore the results could not be properly evaluated.

In the study, we had one person with a major visual impairment and 12 students. The students worked in pairs to grade the rabbits. The rabbits were tested in random order, so they didn't know which rabbit had previously received what number of points. They all filled out a spreadsheet with the help of their partner. The students therefore filled out 2 pieces for each rabbit, first blindfolded, then seeing. The visually impaired person only filled out one spreadsheet for each rabbit. This was then assessed by the aspects, per student and rabbit.

We used multinomial logistic regression to interpret the results.



Picture 1. Rabbit # 1 to #7 and Rabbit #10

RESULTS AND DISCUSSION

The eye-binding of the students did not affect the scoring, but the visually impaired gave the rabbits an average of 0.2 points higher value (Figure 1). Because the scores for each student were high, we did not get significant differences.

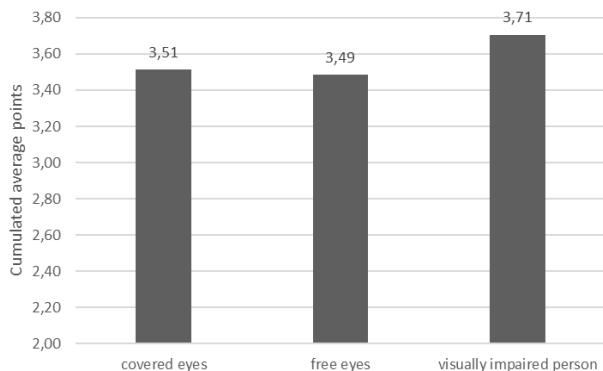


Figure 1. The effect of covering the eyes of students

The reason for the lack of significance is shown in Figure 2: the points given by the students showed a high variation, so even if there was a difference from the average score given by the visually impaired.

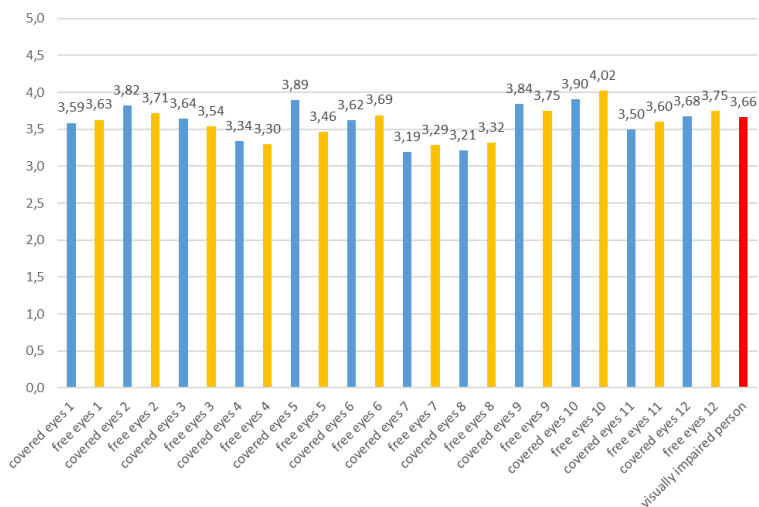


Figure 2. Average scores given by students

We looked at who, at what chance they had for each point (Figure 3.). It turned out that the visually impaired person was 10% more likely to give 5 points, 3% more likely to give 3 points than students with covered eyes.

They, on the other hand, gave the rabbits one, two, but mostly four points more often than the visually impaired.

We looked at which of the 14 aspects had greater differences in perception: there were differences, but they were not significant.

Figure 4. shows to which criterion who had given how many points on average. We looked at which of the 14 aspects had greater differences in our perception.

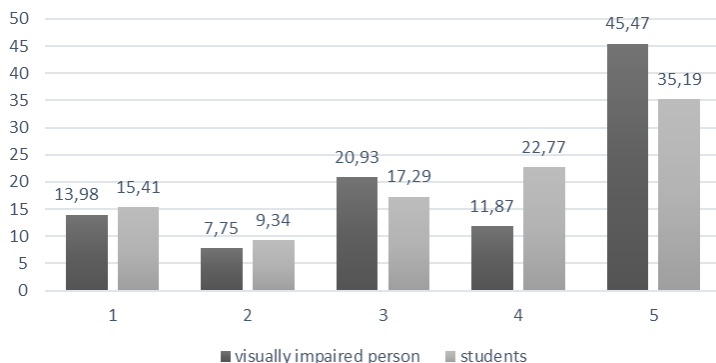


Figure 3. Probability of scores (%)

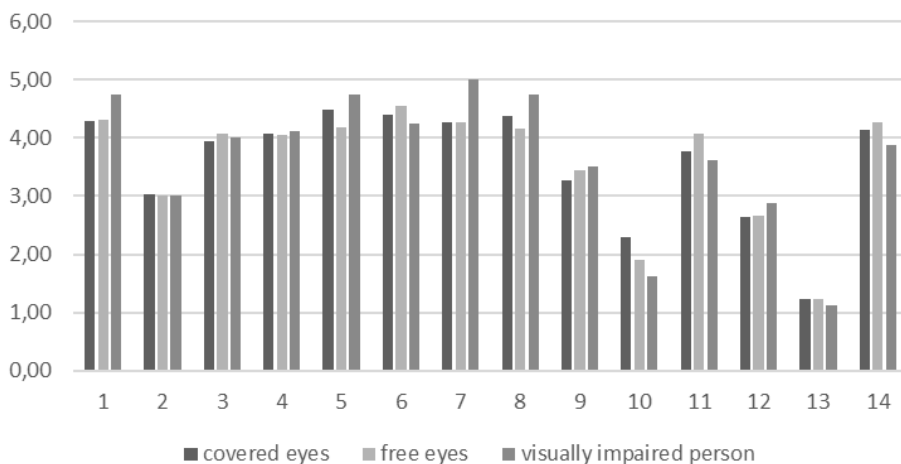


Figure 4. The average scores of aspects

Criterion 1. (No unexpected movements by the rabbit). The visually impaired gave a higher score than the students. Their scores showed no difference between being blindfolded or not.

In case of criterion 2, 3 and 4, rabbits were assessed the same results. Almost without exception, students marked the 3-point answer: "The rabbit remains seated but does not make any sound". This can be explained by the fact that the rabbits did not know the testers, so although they remained calm, they could not let themselves go on their laps.

Criterion 5. Looking at the breathing of the rabbits this indicates stress levels. The highest score was given by the visually impaired, but interestingly blindfolded students also gave the rabbits higher points. They were probably more able to concentrate on the rabbit's behaviour.

Criterion 6. (judging the fur of rabbits) There wasn't much of a difference here either, students gave the rabbits slightly higher scores with free eyes.

Criterion 7. At the task of heart rate measurement, the visually impaired was able to feel the rabbits' pulse much better, so he judged them to be calmer.

One of the most interesting aspects is the determination of the colour of the rabbit based on the temperature of the hair (Criterion 8). The students gave a value closer to that of their visual impairment participant when their eyes were covered than with free eyes.

Criterion 9. (Position of the ears while being caressed). In this case, the average score of students was lower than the score of visually impaired. Student with the blindfolds on were less able to tell the posture of the rabbits compared to when they had the blindfolds off, or when talking about the visually impaired person.

Criterion 10. also gave low scores. The chattering of the teeth was assessed at between 1.5 and 2.5 points. The blindfolded undergraduate students were more likely to notice if the rabbit was "humming" or "chattering", which surprised many of them because they had never experienced these behaviours before.

Criterion 11. In this task we were trying to determine the agitation of rabbits based on the firmness of the muscles. Students with their sights judged the rabbits to be calmer with higher scores, than the visually impaired.

In Criterion 12. the diameter of blood vessels had to be judged. Here, the average score around 3 points showed that the rabbits weren't too stressed but not completely relaxed either. The visually impaired scored slightly higher than the students.

The hand-licking test (Criterion 13) scored the lowest, with the average barely exceeding 1 point. This behaviour is only exhibited by rabbits when they

are on good terms with the person caressing them, thus in this case this was not experienced.

In Criterion 14. (patience of the rabbit) the situation was similar to that of 11. Here, the students once again gave higher average scores than the participant with vision loss. Probably by seeing the rabbit, they were able to react better to its behaviour, so the rabbits sat more calmly in their laps.

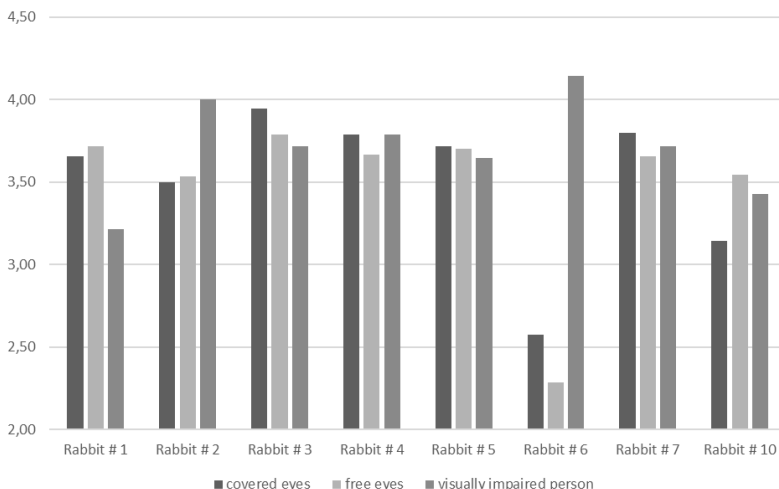


Figure 5. The average scores of rabbits

Comparing the scores of each rabbit, a significant difference was obtained (Figure 5; $p= 0.022$).

Rabbit number 1 was scored higher by the students than the visually impaired. This subject may thank this for the hue on the top of its head, as it gained the most scores when it was also seen by the students.

Rabbit number 2 received lower scores from students than from the visually impaired person. Independently whether the students were blindfolded or not.

Rabbit number 3 received a higher average score from the students and was the smallest of the animal subjects.

Rabbit number 4 gained the same score from students with their blindfolds on, and visually impaired. Although when seeing the rabbits the scores lowered.

There was no difference between the scores of Rabbit number 5.

The highest difference was found in case of Rabbit number 6, where the students equally and significantly gave a lower score. There isn't an obvious

reason for that, but for the record, it was the only lop rabbit (a kind of rabbit with ears that droop).

CONCLUSIONS

Based on our tests and the results obtained, the criteria compiled may be suitable for the selection of rabbits for visually impaired people. Only the differences among rabbits were found to be significant. The individual tasks were not solved with the same results by the students and the visually impaired. There was no significant difference between the scores given by students and the visually impaired person. People with sight can also apply the criterias, but they score slightly "more rigorously". It is recommended that further studies should be carried out involving several visually impaired.

Acknowledgment: Research was supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 and by the EFOP-3.6.1-16-2016-00007 Intelligent specialization program at the University of Kaposvár.

REFERENCES

- Bánszky N., Kardos E., Rózsa L., Gerevich J. (2012) Az állatok által asszisztált terápiák pszichiátriai vonatkozásai. *Psychiatria Hungarica* 2012, 27(3), 180-190.
- Csányi V. (1999) *Az emberi természet. Humánetológia.* Bp.: Vince Kiadó
- Fine, A. H. szerk. (2010) *Handbook on Animal-Assisted Therapy – Theoretical Foundations and Guidelines for Practice.* Academic Press is an imprint of Elsevier, Amsterdam
- Jackson, J. (2012) Animal assisted therapy: The human animal bond relation to human health and wellness. [Link](#)
- Kováts Zs., Zaharovics, M. (1986) *A vakvezető kutya, Vakok és Gyengénlátók Országos Szövetsége* Budapest
- Kruger, K. A., Serpell, J. A. (2010) *Animal-Assisted Therapy.* Elsevier Inc. London, Burlington, San Diego
- Loukaki K., Koukoutsakis P., Kostomitsopoulos N. (2017) Animal welfare issues on the use of rabbits in an animal assisted therapy program for children. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 61(3), 220-225. DOI: [10.12681/jhvms.14889](https://doi.org/10.12681/jhvms.14889)
- Mader, B., Hart, L. A., Bergin, B. (1989) Social acknowledgments for children with disabilities: Effects of service dogs. *Child Dm* 60, 1529-1534. DOI: [10.2307/1130941](https://doi.org/10.2307/1130941)
- Mallon, G. P. (1992) Utilization of animals as therapeutic adjuncts with children and youth: A review of the literature. *Child and Youth Care Forum*, 21(1), 53-67. DOI: [10.1007/bf00757348](https://doi.org/10.1007/bf00757348)
- Urichuk, L.J., Anderson, D. (2003) *Improving mental health through animalassisted therapy.* Alberta, Canada: Chimo Project.
- Wilson, E. O. (1984) *Biophilia.* Cambridge: Harvard University Press. ISBN 0-674-07442-4.



© Copyright 2021 by the authors. This is an open access article under the terms and conditions of the Creative Commons attribution ([CC-BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)) license 4.0.



Irodalmi áttekintés

Szopósnyulak táplálása és táplálóanyag-ellátottsága a korai életszakaszban

KACSALA László ^{1*}, MATICS Zsolt ¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ABSTRACT - Nutrient supply of suckling kits in early age

(Review)

Author: László KACSALA^{1*}, Zsolt MATICS¹

Affiliation: ¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE), Kaposvár Campus, Kaposvár Guba S. u. 40.

Generally, rabbit does nurse their kits once a day for 3-4 minutes in circadian periodicity. During these events the kits are able to consume their daily feed requirement, which is approximately equal to 1/6 of their body weight. The milk intake, weight gain and survival of the kits depend both on the milk production and the willingness of nursing of their mother. Because the does are not able to produce the maximum level of nutrient intake and needs of the suckling kits, their growth potential is not utilized. Therefore, the goal of this study is to examine the nutrient supplementation of kits and to highlight the deficiencies of the nursing systems. The study summarizes the effect of using two mothers for one litter and the health influence of this technique. Finally, it emphasizes the physiological aspects of eating the fecal pellets of the doe by the kits.

Keywords: suckling rabbit, nutrient supply, nursing systems

BEVEZETÉS

A nemzetközi és a hazai szakirodalom alaposan körbejárta már azt a témát, hogy a hízlalás során milyen módon lehetne a növendéknyulak testsúlygyarapodását fokozni, testsúlyukat növelni. Azonban viszonylag kevesen foglalkoztak azzal, hogy a tejtáplálás időszakában milyen takarmányozási lehetőségek vannak a gyakorlati szakemberek előtt a szopósnyulak nagy növekedési potenciáljának kihasználására. A szopósnyulak fejlődését és növekedését, a genetikai háttér, az anyai hatás és a környezeti tényezők egyaránt befolyásolják. A fiókák három hetes korukig szinte kizárólag az anyanyúl által termelt tejet fogyasztják, amely kedvező összetétele miatt intenzív növekedést biztosít. A nagy növekedési eréllyel bíró fiókák azonban képesek még több táplálóanyag felvételére, amelyet már az un. két anyás nevelési módszerrel bizonyítottak (Gyarmati és mtsai., 2000). A módszerrel ugyanis a fiókák közel kétszer annyi tej felvételére képesek, jobb lesz a súlygyarapodásuk és 7-10 nappal korábban

*CORRESPONDING AUTHOR

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Kaposvári Campus

✉ 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40., ☎ 82/502-011; 82/502-020

E-mail: kacsala.laszlo@uni-mate.hu

érik el a vágósúlyt, mint ha csak egy anyanyúl táplálta volna őket. Ez a gyakorlatban kidolgozott technika azonban különböző kockázati tényezők (pl. fertőzés-kockázat, új ketrecek beruházási költsége) miatt a termelésben nem terjedt el. A termelés gazdaságossága szempontjából fontos, hogy minden lehetőséget kiaknázzunk, és a gyakorlatban hasznosítsunk, hiszen a vágónyúl értékét a születéstől kezdve egészen a hízalás végéig több tényező befolyásolja, amelyek a költségekre és a termelésre is hatással vannak. Ez az irodalmi áttekintés rávilágít egy hiánypótló kutatás szükségességére. Egy olyan új módszerre van szükség, amellyel a szopósnyulak növekedési erélye jobban kihasználható.

A születést követően a szopósnyulak fejlődését és növekedését az anyanyulak nevelőképessége, főleg tejtermelése befolyásolja, különösképpen az első három élethétben, ugyanis a kisnyulak általánosságban véve csak ezt követően kezdenek el szilárd takarmányt fogyasztani. A tejfogyasztáson kívül egyéb tényezők is hatnak a fiókák gyarapodására, mint például a születési súly, amely a magzati táplálóanyag ellátottság eredménye, az alomlétszám, az életképesség és más környezeti tényezők. A fiatal állat szervezetében a növekedés és a fejlődés egyidőben zajlik le. A nyúl a fejlődése kezdetén főleg fehérjéből építi fel a testszöveteit, a kor előrehaladtával pedig egyre nő a testösszetételben és a testsúlygyarapodásban a zsír mennyisége. A testtömeg-gyarapodásra az energia-, a fehérje- és az aminosav ellátás, valamint a rost szükséglet kielégítése vannak hatással (*Holdas, 1985*).

A SZOPÓSNYULAK NÖVEKEDÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A házinyúl a takarmányfogyasztását a takarmány energiatartalmához igazítja, vagyis kisebb energiatartalmú takarmányból többet, a nagyobb energiatartalmú takarmányból kevesebbet fogyaszt el azért, hogy az energiafelvételét azonos szinten tartsa, így a takarmányfelvétel szabályozásának alapja az energiaszükséglet. A vemhes anyanyulak esetében a vehemépítés táplálóanyag-szükséglete, a magzatba a vemhesség egyes szakaszaiban beépülő táplálóanyagok mennyiségi növekedése miatt nagyobb az energiaszükséglet. A szoptató anyanyulak esetében elsősorban az energia- és a fehérjeszükséglet növekszik. *Xiccato (1996)* szerint a laktáció csúcán (3. hét) az anyanyulak nem képesek a tejtermelés energiaszükségletét a felvett takarmányból fedezni, ezért a saját tartalékaik mobilizálására kényszerülnek. A nyulak nyersrost igényének kielégítésekor figyelembe kell venni, hogy a cellulózbontáshoz a vakbélben és a vastagbélben nagy mennyiségben található, a mikrobák által termelt celluláz enzim szolgál. A fermentáció során keletkező illózsírsavak a véráramba kerülnek és a nyúl energiaszükségletének mintegy 10-30%-át fedezik. A szoptató anyának a tejtermelés miatt nagyobb energia tartalmú takarmányra van szüksége,

míg a szopósnyulaknak alacsonyabb energiatartalmú takarmányt kell biztosítani, mivel nagy az emészthetetlen rost igényük (*Szendró és mtsai., 2011*). *Gidenne és mtsai. (1991)* irodalmi összefoglalójukban megállapították, hogy 4-13 élethetes nyulak esetében a csökkentett mennyiségű emészthető rostot tartalmazó takarmányok etetésével romlott a rostemésztés hatásfoka. *Bellier és Gidenne (1996)* az emészthető rost csökkentésével (220 g NDF/kg) járó élet-tani tulajdonságok változását vizsgálták 35 napos nyulakon. Megállapították, hogy az emészthető rost csökkentésével nőtt (+3,3 MJ/kg) a takarmány emészthető energia tartalma, de ezzel párhuzamosan csökkent az önkéntes takarmányfelvétel, a takarmánnyal felvett rost- és az ürített bélsár mennyisége.

Szendró és mtsai. (2001b) vizsgálatukban arra keresték a választ, hogy a születési súly, a tej ellátottság és a takarmányozás módja hogyan hat a nyulak növekedésére. A kísérletben a fialás után három csoportot alakítottak ki a fiókák testsúlya alapján. A kialakított almok egyik felét egy anya, a másik felét két anya szoptatta. A 21 napos kori választást követően *ad libitum* vagy korlátozott (3-10 hetes kor között napi 10, 10-13 hetes kor között napi 9 óra hozzáférés a takarmányhoz) takarmányozást alkalmaztak. A nagyobb születési súlyú (65-70 g) nyulak takarmányfogyasztása (52 g/nap) 3-6 hetes kor között nagyobb volt, mint a kis születési súlyú (35-45 g) nyulaké (31 g/nap). A súlygyarapodás esetében is a nagy születési súlyú nyulak voltak fölényben a kis súllyal született nyulakhoz képest, 3-6 hetes kor között 26%-kal, 6-10 hetes kor között 9%-kal több volt a napi súlygyarapodásuk. A két anyával történő nevelés a vizsgálat során végig növelte a növendéknyulak takarmányfogyasztását és súlygyarapodását. 6-7 %-kal volt több a napi súlygyarapodás a két anyás nevelés esetében. A korlátozott takarmányozási móddal szemben pedig az *ad libitum* etetés eredményezett nagyobb súlygyarapodást. A szerzők az eredményei arra mutatnak rá, hogy a vemhesség és a szoptatás alatti táplálóanyag ellátás befolyásolja a hízónyulak termelési eredményeit. Valamint a nagy születési súly, a két anyás nevelés és az *ad libitum* takarmányozás kedvezőbb súlygyarapodást, takarmányfogyasztást eredményez.

SZOPTATÁSI SAJÁTOSSÁGOK

A házinyúl viselkedési sajátossága, hogy az anyák naponta csupán egyszer szoptatnak (*Zarrow és mtsai., 1965; Drewett és mtsai., 1982; Jilge és Stahle, 1993; Matics és mtsai., 2001; Morgado és mtsai., 2008*), a fiókák a nap többi részét alvással töltik (*Hudson és Distel, 1982*). A szoptatási idő mindössze 3-4 perc, ez idő alatt veszik fel a fiókák a napi táplálóanyag-szükségletüket, ami a testsúlyuk 16-17%-át (*Lebas, 1975*), mások szerint akár 35%-át is kiteheti

(Morgado és mtsai., 2008). Így fordulhat elő, hogy a fiókák 6 napos korukra megduplázzák a testsúlyukat (Davis és mtsai., 1964).

Több kutató a fentiektől eltérően 24 óra alatt két vagy három szoptatási alkalmat is megfigyelt. Hoy és Selzer (2002) szabadtartásos „free range” vizsgálatai alapján a 24 órára jutó szoptatások száma a laktáció második hetében tözött (2-3 alkalom/24 óra). A szerzők megfigyelték, hogy az anyanyulaknál a fő szoptatási időszak este 19 és 21 óra között volt. Seitz és mtsai. (1998) szerint a napi szoptatások száma 0,8 és 2,2 között változik, és két szoptatás között átlagosan 16,5 óra telik el. Matics és mtsai. (2004) kísérletében a vizsgált napok 25%-ában az anyanyúl naponta egynél többször szoptatta meg fiókáit a laktáció 9. napjáig, míg a 10. és 16. nap között ez az érték közel 21% volt. A szoptatási gyakoriság megnőtt, ha a naponta egyszer (reggel) az elletőládába engedett anyanyulaknál un. szabad szoptatásra (az elletőláda búvónyílása folyamatosan nyitva volt) tértek át. Naponta kétszeri szoptatásnál az anyanyulak átlagosan 8 óra 42 perc elteltével keresték fel újból a fészket. González-Mariscal (2007) hasonló eredményeket kapott: amennyiben az anyanyulak a nap elején a szokásosnál hamarabb szoptathattak, akkor nagyobb gyakorisággal figyeltek meg naponta kétszeri szoptatást.

A fiókák 15-18 napos korukig az anyatejen kívül mást nem fogyasztanak, ezért az anyanyúl tejtermelésén, az egy szoptatásra jutó tejmennyiségen és a szoptatási hajlandóságán múlik a szopósnyulak életben maradása és növekedése. Különösen a szoptatási időszak harmadik hetében az anyanyúl nem képes annyi tejet termelni, ami fedezné a fiókák táplálóanyag szükségletét (Gyarmati és mtsai., 1999). Maertens és mtsai. (2006) leírják, hogy kifejezetten nagy a szopósnyulak energiaigénye, amelyet a nyúltej, többi állatfajhoz viszonyítva nagy zsír és energiataralma biztosít számukra (1. táblázat).

1. táblázat

Különböző gazdasági állatfajok átlagos tejtermelése és a tej táplálóanyag-tartalma (Maertens és mtsai., 2006)

	Hibrid nyúl ⁶	Szarvasmarha ⁷	Sertés ⁸
Élő súly¹ (kg)	4,2	650	230
Laktációs csúcs termelés² (kg/nap)	0,3	47,5	8,9
Tejzsír³ (g/100g)	12,9	3,5-4,0	6,5
Tejfehérje⁴ (g/100g)	12,3	3,0-4,0	5,1
Energia⁵ (MJ/kg)	8,4	2,7-3,2	4,5

Table 1 Milk yield and milk composition of some domesticated animals (Maertens et al., 2006) ¹Live weight, ²Peak of milk yield, ³Fat content of milk, ⁴Protein content of milk, ⁵Energy content of milk, ⁶Hybrid rabbit, ⁷Dairy cow, ⁸Pig

A nagyobb létszámú almokban nevelkedő fiókák a szükségletnél kevesebb táplálóanyaghoz (tejhez) jutnak. Ez különösen a szoptatás 3. hetében szembe-tűnő. Egyes kutatások szerint a népes almok egyedei ebben az időszakban kifejezetten éheznek. Egy anya 24 óránkénti szoptatással nem képes annyi tejet termelni, ami biztosítaná a szopósnyulak növekedési potenciáljának kihasználását. Ez az „éhezés” kényszerítheti a fiókákat szilárd táplálék felvételére.

A szopósnyulak növekedési képességének jobb kihasználásának közvetlen gyakorlati haszna, hogy a nyulak hamarabb érik el a vágósúlyt.

A SZOPÓSNYULAK NEVELÉSE KÉT ANYÁVAL

Herczeg (1981) kísérletet tett az egy anyával történő napi kétszeri szoptatásra, de próbálkozása nem járt sikerrel. Etológiai megfigyelések alapján ugyanis a kétszeri szoptatás nem a fiókák szopási vágyától, hanem az anyanyúl szoptatási hajlandóságától függ. Ezt támasztják alá a fent említett kutatók (*Hoy és Selzer, 2002; Seitz és mtsai., 1998; Matics és mtsai, 2004*) vizsgálatai, ahol a vizsgált populáció átlagosan 25%-a szoptatott naponta kétszer, vagy több alkalommal. A két anyás nevelést először *Spencer és Hull (1984)* próbálta ki, amikor a csecsemők túltáplálásának hatását nyúlra, mint modell állaton vizsgálták. *McNitt és Moody (1988)* már húsnyulakon végezték a kísérleteket, de annak ellenére, hogy pozitív eredményeket kaptak, a módszer nem terjedt el a termelésben.

Gyarmati és mtsai. (2000) kísérletében az azonos napon fialt anyanyulakkal naponta kétszer szoptatott fiókák a 0-21. nap között 89%-kal több tejet fogyasztottak, mint a naponta egyszer szoptatott társaik. Ez 70%-kal nagyobb 21 napos élősúlyt eredményezett. A nyulak a korai életszakaszban megszerzett élősúlybeli előnyüket a hizlalás későbbi szakaszában is megtartották, és mintegy 9 nappal hamarabb érték el a 2,5 kg-os vágási súlyt. Újszülött kortól megfigyelhető a két anyával történő nevelés esetében a fokozott táplálékfelvétel, ami a választás után is megmarad (*Gyarmati és mtsai., 2000*). *Szendró és mtsai. (2001a)* a két anyával nevelt nyulak esetében +6-7%-os testsúlybeli különbséget kaptak a kontrol csoporthoz képest, tehát a kétanyás nevelés szignifikánsan befolyásolja a hizlalás alatti takarmányfogyasztást, ami pozitívan hat a súlygyarapodásra is.

A technológia többszöri finomításával *Szendró és mtsai. (2001b)* 21 naposan elválasztott pótyanyával olyan, viszonylag könnyen kivitelezhető, kétanyás nevelési módot alakítottak ki, amellyel az állatok a 2,5 kg-os vágósúlyt 5-6 nappal korábban érték el. A módszer lényege, hogy egy, a szokásosnál nagyobb alapterületű (950 × 540 mm) ponthegeesztett rácsos ketrecet két anya részére kettéosztottak, és az elletőládába mindkét ketrecrészből külön lezárható búvónyíláson keresztül az anyákat egymástól függetlenül lehetett beengedni

szoptatni. A szopósnyulakat a 18. életnapig két anya szoptatta, majd a pótanyát eltávolították. Az első 18 napban a saját anyát reggel egy órára engedték be, a pótanya számára az elletőláda búvónyílását hétköznap délután 3 órakor, hétvégén 11 órakor tették szabaddá, és egészen másnap reggelig szabadon beme-hettek. Az anyanyulak szoptatási viselkedésének ismeretében a szoptatásra az éjjel körüli órákban kerülhetett sor.

Gyovai és mtsai. (2004) szerint a két anyás nevelés hatása a fiókák tápláló-anyag-ellátottságára számottevő. Az egy és két anyával nevelt fiókák között már az első hét végére jelentős különbség alakult ki a túlélési arány tekinteté-ben (80,4% vs. 85,1%) a két anyával fölnevelt csoport javára, mely különbség a vizsgálat további szakaszában (21-108. életnap) is megmaradt. A két anyával szoptatott csoportból fölnevelt anyanyulak közel 4%-kal jobb eredményt (mortalitás) értek el a 2,5 éves vizsgálati időszak alatt. Ezt támasztják alá *Gyar-mati és mtsai. (2000)* eredményei, akik szerint a kétanyás nevelés hozzájárul a test zsírtartalmának növeléséhez, amely hosszabb hasznos élettartam alapja lehet (*Xiccato, 1996*).

Két anyával történő nevelés esetén a szopósnyulak tejfogyasztása lényege-sen nagyobb, mint az egy anyával nevelt fiókaké. A két anyával fölnevelt fiókák több takarmányt fogyasztanak. 10 hetes korban a kétszer szoptatott csoport átlagosan 2,88 kg-os, míg a kontroll csoport 2,49 kg-os élősúlyt ért el ($P < 0,001$) (*Szendrő és mtsai., 2002*).

A két anyával történő nevelés hátránya lehet a korai elválasztás. *Kovács és mtsai. (2011)* szerint nem figyelhető meg különbség a 21, 28 és 35 napos kor-ban választott nyulak emésztés-élettani mutatóiban, de a korai választással ne-velt fiókák élősúlya a 35 napos kori mérésnél szignifikánsan eltért a még le nem választott nyulaktól (21 napos választás: 826 g; 28 napos választás: 850 g; 35 napos választás: 940 g). A növekedés ütemének csökkenése mérsékel-hető egy speciális, nagy zsír és alacsony keményítő tartalmú takarmány eteté-sével. Ezzel a korai életkorban választott nyulaknál fokozható a növekedés, va-lamint a testzsír mobilizálásának mérséklése a vakbél normál működésének kedvezőtlen befolyásolása nélkül (*Xiccato és mtsai., 2003*). *Gidenne és Fortun-Lamothe (2002)* szerint az anyanyúl takarmányától eltérő (magas rost, ala-csony keményítő tartalmú) takarmánnyal elérhető a választott nyulak emész-tőtraktusának maximális kapacitása, annak optimális működése. Mindezeknek jelentős szerepük lehet a vágónyúl előállítás jövedelmezőbbé tételében.

A SZOPÓSKORI FOKOZOTT TÁPLÁLÉKFELVÉTEL EMÉSZTÉS-ÉLETTANI HATÁSA

Zomborszky-Kovács és mtsai. (2000) az egy és két anyával szoptatott nyulak emésztés-élettani paramétereit vizsgálták. Eredményeik azt mutatták, hogy a naponkénti szoptatási alkalmak száma nem befolyásolta a gyomor- és a vékonybél-tartalom mennyiségét, ugyanakkor a kétszeri szoptatás hatására nagyobb volt a gyomor- és a vakbél-tartalom pH értéke. A vakbél több illózsírsavat tartalmazott a kétszer szoptatott csoportban, a coliformok pedig nagyobb számban voltak jelen a 23. napon. Összességében nézve a kétszer szoptatott fiókák később érték el a kifejlett korra jellemző paramétereket az egyes tápcsatorna szakaszokban (a vakbél kivételével).

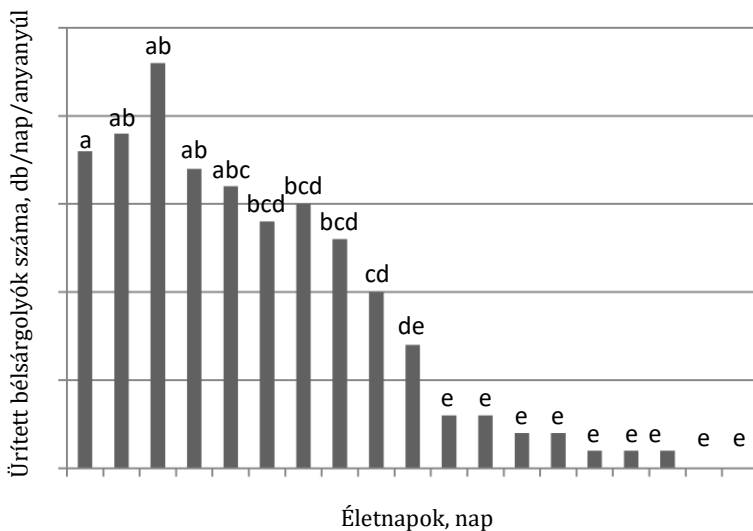
Ugyancsak a kétszeri szoptatás hatását vizsgálták *Zomborszky és mtsai. (2002)* egy másik kísérletben, 7-től 42 napos korig az alábbi kísérleti csoportokban: napi egyszeri szoptatás 35 napos választással, napi kétszeri szoptatás 21 napos választással és napi kétszeri szoptatás 35 napos kori választással. Eredményeik szerint a napi kétszeri szoptatás hatására fokozódott a súlygyarapodás és gyorsult a tápcsatorna szerveinek fejlődése (mikroflora). Utóbbi hosszát, súlyát azonban nem befolyásolta. A vakbél pH értéke lassabban csökkent kétszeri szoptatás esetén, viszont a 21 napos választást követően a napi egyszeri szoptatott nyulakhoz képest gyorsabban csökkent a pH, feltehetően a takarmányfogyasztás változása miatt. A laktáz enzim aktivitása a 21 napos választásnál csökkent leggyorsabban, míg napi kétszeri szoptatásnál 35 napos választással tartósan aktív maradt. A maltáz aktivitás a 21 napos választású csoportban volt a legnagyobb. A vizsgált élettani paraméterek is alátámasztották a kétszer szoptatott kisnyulak intenzívebb növekedését. A gyomor és vakbél pH értéke a tejtáplálástól és az elválasztás időpontjától függ, amit alátámaszt *Kovács és mtsai. (2003)* azon megállapítása, amely szerint a gyomor születés utáni pH értéke 5-6 körül alakul, majd az elválasztásig fokozatosan pH 2-re csökken.

AZ ALOMBA ÜRÍTETT BÉLSÁRGOLYÓ FOGYASZTÁSA

Csakúgy, mint a legtöbb gazdasági haszonállatnál, a házinyulak esetében is kiemelt fontosságú a megfelelő bélfóra korai kialakulása. A bélfóra egyensúlyának felborulása közvetlenül vagy közvetve emésztési zavarokhoz és megbetegedésekhez vezethet.

Combes és mtsai. (2014) kísérletükben az anyanyulak által az alomba ürített bélsárgolyó (1. ábra) fogyasztását és annak élettani hatását vizsgálták szopósnyulaknál, 20 napos korig. Az anyanyúl által ürített bélsárgolyót a fészekben

hagyták vagy pedig eltávolították, illetve antibiotikummal kezelt vagy kezeletlen, idegen anyától származó bélsárgolyót alkalmaztak. A bélsárgolyó fogyasztás minden esetben segítette a mikrobák megtelepedését és elősegítette az immunrendszer fejlődését. A fiókák bélsárgolyó fogyasztása a kezelt és a kezeletlen idegen anyától származó csoportok esetében is háromszor nagyobb volt, mint a saját anyától származó bélsárgolyó esetében. Ezt azzal magyarázták a szerzők, hogy ízletesebb lehetett a fiókáknak az az idegen anyától származó bélsárgolyó, amit korábban lefagyasztottak majd fogyasztás előtt felolvasztottak. A saját anyás csoportban már a 11. naptól csökkent a fogyasztás, az idegen anyás (kezelt és kezeletlen) csoportokban csak a 14. és 17. naptól.



1. ábra

Anyanyulak fészekbe ürített bélsárgolyóinak száma (Combes és mtsai., 2014) a,b: különböző betűjelű értékek szignifikánsan különböznek ($P < 0,05$) (**Figure 1.** Average number of faecal pellets excreted by does in the nest (Combes et al., 2014))

Kovács és mtsai. (2006) kísérletükben azt vizsgálták, hogy a megszületést követő tíz napon hogyan alakul ki a nyulak vakbélflórája a szoptatási mód és az anyai bélsár fogyasztásának függvényében. Az eredmények azt mutatták,

hogy a bélflóra a 3. naptól kezd el kialakulni, a bacteroidesek a 4. naptól telepednek meg, függetlenül a szoptatási módtól és a bélsárhoz való hozzáféréstől. A lactobacillusok a szabad szoptatású és anyai bélsarat fogyasztó nyulak esetében voltak végig a legnagyobb mennyiségben jelen. Ezen eredmények alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a szoptatási mód és az anyai bélsárhoz való hozzáférés szerepet játszik a szopósnyulak vakbélflórájának kialakulásában. A legtermészetesebb módszer volt a legkedvezőbb, vagyis a szabad szoptatás és az anyai bélsár fogyasztásának lehetősége, míg utóbbi hiánya lassította a bélflóra kialakulását.

A SZAKIRODALOM ALAPJÁN LEVONHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK

A szopósnyulak táplálóanyag szükségletét az anyanyúl által termelt tej fedezi, de a napi egyszeri szoptatás során nem tud annyi tejet biztosítani az anyanyúl, amivel a szopósnyulak maximális növekedési potenciálja kihasználható lenne. Két anyával történő neveléssel ez az intenzív növekedés elérhető, mivel a napi kétszeri szoptatással a fiókák több tej felvételére képesek, ezáltal javul a súlygyarapodásuk és hamarabb érik el a vágósúlyt. Ennek ellenére a gyakorlatban eddig még nem terjedt el olyan technológia, amely a termelésben kivitelezhető lenne és a nagy növekedési potenciál is kihasználható lenne. Szükségszerűvé vált egy olyan technológia kidolgozása, amely megközelíti a kétanyás nevelési módszerrel elért eredményeket az eljárás hátrányai nélkül. Kiegészítő takarmányozással a bélflóra kialakulásának ideje lerövidíthető lehetne, illetve az anyanyulak és a fiókák eltérő igényeinek megfelelő takarmányozása megoldhatóvá válhat.

Köszönetnyilvánítás: A kutatás az EFOP-3.6.1-16-2016-00007-es azonosítószámú „Intelligens szakosodási program a Kaposvári Egyetemen” című projekt támogatásával készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bellier, R. és Gidenne, T. (1996). Consequences of reduced fibre intake on digestion, rate of passage and caecal microbial activity in the young rabbit. *Brit J Nutr.* 75:353-363. DOI: [10.1079/bjn19960139](https://doi.org/10.1079/bjn19960139)
- Combes, S., Gidenne, T., Cauquil, L., Bouchez, O., Fortun-Lamothe, L. (2014). Coprohagus behaviour of rabbit pups affects implantation of caecal microbiota and health status. *J Anim Sci.* 92:652-665 DOI: [10.2527/jas.2013-6394](https://doi.org/10.2527/jas.2013-6394)
- Davies, J.S., Widdowson, E.M., McCane, R.A. (1964). The intake of milk and the retention of its constituents while the newborn rabbit doubles its weight. *Brit J Nutr.* 18:385-392 DOI: [10.1079/bjn19640035](https://doi.org/10.1079/bjn19640035)

- Drewett, R., Kendrick, K., Sanders, D., Trew, A. (1982). A quantitative analysis of the feeding behaviour of suckling rabbits. *Anim Behav*, 32:501-507 DOI: [10.1002/dev.420150106](https://doi.org/10.1002/dev.420150106)
- Gidenne, T., Fortun-Lamothe, L. (2002). Feeding strategy for young rabbits around weaning: a review of digestive capacity and nutritional needs. *Anim Sci*. 75:169-184 DOI: [10.1017/s1357729800052942](https://doi.org/10.1017/s1357729800052942)
- Gidenne, T., Scalabrini, F., Marchais, C. (1991). Adaptation digestive du lapin a la teneur en constituants parietaux du regime (Digestive adaptation of the rabbit to the level of the dietary fibre). *Ann Zootech* 40:73-84 DOI: [10.1051/animres:19910203](https://doi.org/10.1051/animres:19910203)
- González-Mariscal, G. (2007). Mother rabbits and their offspring: timing is everything. *Dev Psychobiol Special Issue: In Recognition of Jay S. Rosenblatt*. Vol. 49. 1:71–76 DOI: [10.1002/dev.20196](https://doi.org/10.1002/dev.20196)
- Gyarmati, T., Szendrő, Zs., Biróné Németh, E., Radnai, I., Papp, Gy., Matics, Zs. (1999). A napi kétszeri szoptatás lehetőségei és perspektívái a nyúltenyésztésben. 11. Tudományos Nyúltenyésztési Nap, Kaposvár. 45-50
- Gyarmati, T., Szendrő, Zs., Maertens, L., Biró-Németh, E., Radnai, I., Milisits, G., Matics, Zs. (2000). Effect of suckling twice a day on the performance of suckling and growing rabbits. In *Proc. 7th World Rabbit Congress, 2000 July, Valencia, Spain*, Vol. C, 283-289.
- Gyovai, M., Nagy, I., Szendrő, Zs., Maertens, L., Biró-Németh, E., Radnai, I., Matics, Zs., Gerencsér, Zs. (2004). A nyulak túlélésére ható néhány tényező vizsgálata. In: Szendrő Zsolt (szerk.) 16. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [16th Hungarian Conference on Rabbit Production] Kaposvár, Magyarország, 53-58.
- Herczeg, B. (1981). A nyúl termelésének alakulása a szoptatások számától függően. Diplomamunka, Mezőgazdasági Főiskola, Kaposvár
- Holdas, S. (1985). Nyúltenyésztők kézikönyve. Bp. Mezőgazdasági Kiadó.
- Hoy, St., Selzer, D. (2002). Frequency and time of nursing in wild and domestic rabbits housed outdoors in free range. *World Rabbit Sci*. Vol. 10. 2:77-84 DOI: [10.4995/wrs.2002.479](https://doi.org/10.4995/wrs.2002.479)
- Hudson, R., Distel, H. (1982). The pattern of behaviour of rabbit pups in the nest. *Behaviour*, 79:255-271 DOI: [10.1163/156853982x00292](https://doi.org/10.1163/156853982x00292)
- Jilge, B., Stahle, H. (1993). Restricted food acces and light-dark: impact of conflicting zeitgebers on circadian rhythms of the rabbit. *Am J Physiol*. 264:708-715 DOI: [10.1152/ajpregu.1993.264.4.r708](https://doi.org/10.1152/ajpregu.1993.264.4.r708)
- Kovács, M., Bónai, A., Szendrő, Zs., Milisits, G., Lukács, H., Szabó-Fodor, J., Tornyos, G., Matics, Zs., Kovács, F., Horn, P. (2011). Effect of different weaning ages (21, 28 or 35 days) on production, growth and certain parameters of the digestive tract in rabbits. *Animal*. 6:984-901 DOI: [10.1017/s1751731111002254](https://doi.org/10.1017/s1751731111002254)
- Kovács, M., Szendro, Zs., Bota, B., Donko, T., Tornyos, G., Csutoras, I., Orova, Z., Fodor, J. (2003). Effect of milk-feeding and weaning on the growing and some digestion-physiological parameters of rabbits. 1. Effect of milk-feeding and weaning on growing. *Magyar Allatorvosok Lapja*. Vol. 125. 600-607
- Kovács, M., Szendrő, Zs., Milisits, G., Bóta, B., Biró-Németh, E., Radnai, I., Pósa, R., Bónai, A., Kovács, F., Horn, P. (2006). Effect of nursing methods and faeces consumption on the developement of the bacteroides, lactobacillus and coliform flora in the caecum of the newborn rabbit. *Reprod Nutr Dev*. Volume 46. 205-210 DOI: [10.1051/rnd:2006010](https://doi.org/10.1051/rnd:2006010)
- Lebas, F. (1975). *Le lapin de chair ses besoins nutritionnels et son alimentation pratique*. ITAVI, Paris, France
- Maertens, L., Lebas, F., Szendrő, Zs. (2006). Rabbit milk: A review of quantity, quality and non-dietary affecting factors. *World Rabbit Sci*, 14:205-230 DOI: [10.4995/wrs.2006.565](https://doi.org/10.4995/wrs.2006.565)
- Matics, Zs., Szendrő, Zs., Hoy, St., Nagy, I., Radnai, I., Biró-Németh, E., Gyovai, M. (2004). Effect of different management methods on the nursing behaviour of rabbits. *World Rabbit Sci*, 12:95-108 DOI: [10.4995/wrs.2004.578](https://doi.org/10.4995/wrs.2004.578)

- Matics, Zs., Szendrő, Zs., Hoy, St., Radnai, I., Biró-Németh, E., Nagy, I., Gyovai, M. (2001). Házinyúl szoptatási viselkedésének vizsgálata. In: Szendrő Zsolt (szerk.) 13. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [13th Hungarian Conference on Rabbit Production] Kaposvár, Magyarország. 55-61
- McNitt, J., Moody, G. L. Jr.. (1988). Milk intake and growth rates of suckling rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*. 11:117-129
- Morgado, E., Gordon M.K., Minana-Solis, M.C., Meza, E., Levine, S., Escobar, C., Caba, M. (2008). Hormonal and metabolic rhythms associated with the daily scheduled nursing in rabbit pups. *Am J Phys – Reg I*. 295:690–695 DOI: [10.1152/ajpregu.00162.2008](https://doi.org/10.1152/ajpregu.00162.2008)
- Seitz, K., Hoy, S.T., Lange, K. (1998). Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Faktoren auf das Säugeverhalten bei Hauskaninchen. *Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift*. 111:48–52
- Spencer, A., Hull, D. (1984). The effect of over-feeding newborn rabbits on somatic and visceral growth, body composition and long-term growth potential. *Brit J Nutr*, 51:389-402 DOI: [10.1079/bjn19840045](https://doi.org/10.1079/bjn19840045)
- Szendrő, Zs., Gyarmati, T., Maertens, L., Radnai, I., Biróné-Németh, E., Matics, Zs. (2001).(a) A szoptósnyulak két anyával történő nevelése a 21. napon elválasztott, délutántól reggelig szabadon szoptató pótlanyával. In: Szendrő Zsolt (szerk.) 13. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [13th Hungarian Conference on Rabbit Production] Kaposvár, Magyarország. 63-67
- Szendrő, Zs., Gyovai, M., Biró-Németh, E., Radnai, I., Matics, Zs. (2001).(b) A születési súly, a tej ellátottság és a takarmányozás módjának hatása a nyulak növekedésére. In: Szendrő Zsolt (szerk.) 13. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [13th Hungarian Conference on Rabbit Production] Kaposvár. 69-74
- Szendrő, Zs., Gyarmati, T., Maertens, L., Biró-Németh, E., Radnai, I., Milisits, G., Matics, Zs. (2002). Effect of nursing by two does on the performance of sucking and growing rabbits. *Anim Sci*. Vol. 74. 1:117-125. DOI: [10.1017/s1357729800052280](https://doi.org/10.1017/s1357729800052280)
- Szendrő, Zs., Matics, Zs., Gerencsér, Zs. (2011). Húsnyulak takarmányozása. Kaposvár, Oktatási segédlet az Állattenyésztő mérnöki, valamint a Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnöki (MSc) mesterszak hallgatói számára
- Xiccato, G. (1996). Nutrition on lactating does. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, Vol. 1., 29-47 ISSN 2308-1910
- Xiccato, G., Trocino, A., Sartori, A., Queaque, P.I. (2003). Effect of weaning diet and weaning age on growth, body composition and caecal fermentation of young rabbits. *Anim Sci*. Vol. 77. 1:101-111 DOI: [10.1017/s1357729800053704](https://doi.org/10.1017/s1357729800053704)
- Zarrow, M.X., Denenberg, V.M., Anderson, C.O. (1965). Rabbit: Frequency of suckling in the pup. *Science*. 150:1835-1836 DOI: [10.1126/science.150.3705.1835](https://doi.org/10.1126/science.150.3705.1835)
- Zomborszky-Kovács, M., Gyarmati, T., Párizs, T., Szendrő, Zs., Kametler, L., Bencs-Köllő, Z. (2000). Egy-szer illetve kétszer szoptatott nyulak emésztésélettani paramétereinek vizsgálata. In: Milisits Gábor (szerk.) 12. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [12th Hungarian Conference on Rabbit Production] Kaposvár. 107-113
- Zomborszky Kóvács, M., Gyarmati, T., Szendrő, Zs., Maertens, L. (2002). Effect of double nursing on some anatomical and physiological properties of the digestive tract of rabbits between 23 and 44 days of age. *Acta Vet Hung* Vol. 50. 4:445-457 DOI: [10.1556/avet.50.2002.4.7](https://doi.org/10.1556/avet.50.2002.4.7)



© Copyright 2021 by the authors. This is an open access article under the terms and conditions of the Creative Commons attribution ([CC-BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)) license 4.0.



Article

Effect of feed restriction on fatty acid profile, body composition and selected blood parameters of intensive reared pike (*Esox lucius*)

Balázs KUCSKA^{1*}, András SZABÓ¹, Chris BLAKE², Csaba HANCZ¹,
Dániel VARGA¹

¹ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE), Kaposvár Campus, Kaposvár

² University of Waikato, Knighton Road, Hillcrest, Hamilton, New Zealand

ABSTRACT - This study investigated the effects of a six-week starvation period on the fatty acid profile, body composition and blood parameters of intensively reared pike (*Esox lucius*). 150 pike were stocked in an experimental recirculating aquaculture system (RAS) and feed was completely withdrawn. Body composition, fatty acid composition and blood parameters (serum protein, albumin, triacylglycerol, cholesterol concentration and Lactate dehidrogenase and alkaline phosphatase activity) were measured and somatic indices were calculated. A significant decline in bodyweight, crude fat content and somatic indices was accompanied by a significant decrease of blood triacylglycerol content. The relative proportion of saturated fatty acids in the fillet decreased, while polyunsaturated fatty acids increased. There was also a significant increase in the average chain length and unsaturation index of fatty acids found in the fillet flesh.

Keywords: starvation, *Esox lucius*, fatty acids, PUFA, fillet

INTRODUCTION

Many fish species are affected by prolonged periods of starvation, related predominantly to seasonal changes in food availability and to spawning migrations (*Friedrich and Stepanowska, 2001*). However starvation is a major threat that fish often face in their natural aquatic ecosystem. Some fish can even survive for several months without consuming food, but once starvation reaches a certain point, it is a factor to influence fish growth, activity, and even survival (*Feng et al. 2011*).

In recent years it has become increasingly common to produce northern pike (*Esox lucius*) stocking material in recirculating aquaculture systems (RAS) because of the decrease of natural population (due to overfishing and decline of spawning grounds). The rearing and feeding conditions in these systems are controlled which ensures optimal fish growth and high survival rates (*Szczepkowski et al. 2012*). Due to advancements in rearing technologies, it is

*CORRESPONDING AUTHOR

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Kaposvári Campus

✉ 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40., ☎ 82/505-800

E-mail: kucska.balazs@uni-mate.hu

now possible to conduct intensive rearing of juvenile pike in RAS using commercial, formulated feed (Wolnicki and Górný 1997; Kucska et al. 2005; Szczepkowski 2009).

After stocking pike from RAS into natural aquatic habitat fish have to adapt to the new environment. It may take some time to catch the first prey fish, which may result in starvation for a period of shorter or longer duration. Feeding of formulated diet can result in higher accumulation of perivisceral fat and higher lipid content of the fillet in comparisons with feeding prey fish (Kucska et al. 2006) which may influence the fuel metabolism during starvation.

There are only few studies on pike's metabolism (Kluytmans and Zandee 1973; Salam and Davies 1994; Khodadoust 2015). According to the results of Ince and Thorpe (1976) and Diana (1982) pike originated from natural habitats are well adapted for periods of prolonged starvation and that hepatic and extra-hepatic lipid and glycogen stores serve for metabolic fuels during food shortage, while body protein is conserved. However there is no information available about physiology of starvation of pike raised on artificial diet.

For the better understanding of pike's metabolism during fasting, the aim of the current study was to investigate the metabolic effects (changes in fatty acid composition, blood chemical parameters and proximate body composition) of starvation on northern pike fed antecedent with a commercial diet.

MATERIAL AND METHODS

The study was carried out on pike grown in an experimental RAS system and fed exclusively with a commercial fish feed (Table 1) *ad libitum* prior to the trial. At the beginning of the experiment 150 individuals were randomly assigned into tanks (w_0 : 128.2 ± 21.7 g). The fish were stocked into five 300 L tanks, in a recirculation system (30 fish each). Feeding was totally withdrawn for 6 weeks. The experiment was designed according to a previous study on starved common carp, in which the initial condition was used as a control (Varga et al. 2014, 2016).

The dissolved oxygen was kept close to 100% saturation. The water temperature was 18.3 ± 1.5 °C, the flow rates were set to achieve a water exchange of 150% tank⁻¹ h⁻¹.

Sample collection was carried out initially and every two weeks during the duration of the experiment. At every sampling time 15 randomly selected individuals were over-anaesthetized with clove oil ($N_{\text{total}} = 4(\text{timepoint}) \times 15$ (fish) = 60). Blood samples were then taken from the tail vein (*vena caudalis*). After withdrawal into Eppendorf tubes the blood was immediately placed on ice, left to clot, centrifuged (1500 g / 10 min) and then the serum was stored

frozen (-70°C) until analysis. Clinical chemical analysis (serum protein, albumin, triacylglycerol, cholesterol concentration, and LDH and ALP activity) was performed on automated equipment (Hitachi 917) in a single analytical run.

Table 1

Proximate composition of the diet fed ad libitum prior to the trial (declared by Aller Aqua)

Name	Aller Sturgeon rep. ex
Crude protein,%	52
Crude fat, %	12
Nitrogen free extract, %	17.9
Gross energy, Kj/kg	20.3

Weight and standard length were measured. Following these 10 fish were dissected than viscera and liver were weighted. Somatic indices, such as viscerosomatic index (VSI) and hepatosomatic index (HSI), and also condition factor (CF) were calculated: $VSI = V / W \times 100$; $HSI = H / W \times 100$; $CF = W \times L^{-3} \times 100$, where V – weight of viscera; H – weight of liver; W – bodyweight; L – standard length.

At the beginning and the end of the trial, another 5 individuals were analysed for total body composition after homogenisation. Dry matter content was determined after drying the samples in a vacuum oven at 50 °C and a vacuum of 13.3 kPa, using anhydrous calcium chloride as the drying agent. After 16 h, the vacuum was changed to 0.2 kPa and the samples were weighed every 4 h until they reached constant weight. Nitrogen content was determined from the fresh samples by Kjeldahl analysis according to ISO 5983 (ISO 1997). The crude fat content was determined by extraction of freeze-dried samples with petroleum-ether and drying the extract at 103 °C to a constant weight according to ISO 6492 (ISO 1985). Crude ash was analysed by burning oven-dried samples in a muffle furnace at 550 °C according to ISO 5984 (ISO 1978).

At the beginning and at the end of the trial 5-5 individuals' total body was analysed for fatty acid composition after homogenisation. Samples were extracted with the method of *Folch et al.* (1957). All solvents used were ultrapure-grade by Sigma-Aldrich (Schnelldorf, Germany), and 100 mg L-1 butylated hydroxytoluene was added to the extraction mixture (chloroform/methanol 2/1 v/v) as an antioxidant. Fatty acids were transmethylated by the base-catalysed sodium-methoxide method of *Christie* (1982).

Gas liquid chromatography was performed on a Shimadzu 2100 apparatus, equipped with a SP-2380 type capillary column (30 m x 0.25 mm ID, 0.20 µm film, 24110-U, Supelco, USA) and flame ionisation detector (FID 2×10⁻¹¹).

Characteristic operating conditions were: injector temperature: 270 °C, detector temperature: 300 °C, helium flow: 28 cm/sec. The oven temperature was graded: from 80 to 205 °C: 2.5 °C/min, 5 min at 205 °C, from 205 to 250 °C 10 °C/min and 5 min at 250 °C. To identify individual FA, an authentic FA standard (Supelco 37 component FAME Mix, Cat. No., Sigma-Aldrich, Schnellendorf, Germany) was used. Fatty acid results were expressed as weight % of total fatty acid methylesters. Unsaturation index (UI) was defined as the number of double bonds in 100 fatty acyl chains.

The basic data were tested for normality (Shapiro-Wilk test). For the analysis of the effect of starvation on body composition and somatic indices one-way ANOVA was used (time as fixed factor), followed by Tukey post hoc test. For the analysis of the effect of starvation on FA composition, the independent samples t-test was used at the significance level of 0.05. SPSS 20 for Windows (2009) was used for the statistical analyses.

RESULTS AND DISCUSSION

No mortality was observed during the trial. The changes in the body composition are given in Table 2. The six-week long period of food deprivation caused a strong increase in body water content and a reduction of the body lipids, however there was no significant difference in body protein content ($p < 0.05$).

Table 2

Proximate body composition of the experimental fish

Traits	Initial Mean \pm sd	Final Mean \pm sd	P value
Water content (%)	72.02 \pm 0.86	73.82 \pm 0.51	$p < 0.01$
Crude protein (%)	18.8 \pm 0.57	18.4 \pm 0.41	NS
Crude fat (%)	5.14 \pm 0.6	4.18 \pm 0.65	0.042
Crude ash (%)	3.48 \pm 0,19	3.58 \pm 0.47	NS

NS: $p > 0.05$

The somatic indexes (HSI, VSI and CF) decreased after 6 weeks (Figure 1).

The basic serum clinical chemical results are summarized in Table 3. The six-week long starvation led to a significant decrease of triacylglycerol concentration ($p < 0.05$). Serum total protein, albumin, cholesterol, ALP and LDH concentration did not show any significant change as a result of starvation. Some of the derived data for individual fatty acids of the fillet also showed significant differences after six weeks starvation.

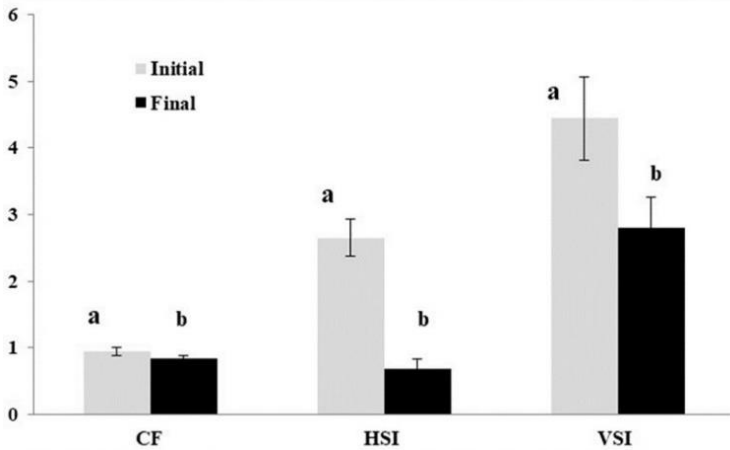


Figure 1

Changes in the somatic indices of pikes after 6 weeks starvation. The different letters indicate significant difference ($p < 0.05$; t-test)

Table 3

The serum basic clinical chemical results of the pikes during the starvation

Traits	Weeks in starvation				P values
	Initial	2	4	6	
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
Total protein (g/l)	27 ± 2.74	29.4±2.3	25.2±1.79	29±7.9	NS
Albumin g/l	6.8 ± 2.22	8.8±2.17	7.6±2.3	7.2±2.39	NS
Cholesterol (mmol/l)	5.66±1.21	7.28± 0.1	5.44±0.8	5.8±0.94	NS
Triacylglycerol (mmol/l)	1.12±0.35	0.54±0.1	0.74±0.35	0.46±0.1	<0.01
Alkaline phosphatase (IU/l)	164.4±58.12	199±55.0	129.4±28.3	103.2±39.91	NS
LDH (IU/l)	780.6±159.87	786±99.85	759±177.21	879.6±309.2	NS

Most outstanding changes in fatty acid (FA) composition are the increase of arachidonic acid (C20:4 n6), docosapentaenoic acid (DPA,C22:5 n3), docosahexaenoic acid (DHA, C22:6 n3) total n3 ratio, unsaturation index (UI) and average chain length(ACL) (see Table 4).

Several authors reported significant decrease of body lipids due to starvation. Vertebrates adapt to prolonged fasting by mobilizing fat stores and minimizing protein loss (*Cherel et al. 1992*). In this process triglyceride (TG) stores are being intensively hydrolysed (depleted), adding that a defined fatty acid preference order for the adipose TG has already been described. This fatty acid selective hydrolysis in the TGs may be attributed to numerous factors, such as fatty acid molecular properties and enzymatic characteristics of HSL (*Raclot*

2003), leading ultimately to differences in the fatty acid supply of the organs. Fish store lipids in divergent body fat depots: intramuscularly, visceral, in the liver and under the skin. Fish species utilize stored lipids differently in case of food restriction. Atlantic salmon (*Salmo salar*) prefer the mobilization of intramuscular lipids (Einen *et al.*, 2008), while white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) mobilize the visceral fat instead (Hung, 1998). Therefore, decrease of lipid content affected by starvation can be better characterized by the total body lipid content (Falahatkar 2012).

In our study body fat content decreased significantly during six-week-long starvation. No decrease of body protein content was observed, the six-week-long starvation did not induce protein catabolism. Protein is mobilized as a source of energy only after glycogen and crude lipid are used (Rossi *et al.* 2015). Our results agree with the observations of Ince and Thorpe (1976), where with pike captured in nature they found no significant changes in muscle protein concentration, or in the response to amino-acid loading during the starvation period. Interestingly, Luo *et al.* (2009) described the opposite: the muscle crude protein decreased in higher amount than muscle crude lipid; and muscle glycogen remained unchanged during starvation in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). These differences can be explained by the different allocation of energy stores in tissues and organs between salmoniform and siluriform fish (Barreto-Curiel *et al.* 2017)

The most obvious effects of starvation are the decrease of body weight, which can be seen in the condition factors. The decrease of VSI and HSI is attributable to the decrease of liver and visceral fat. During long term starvation fish complement the lacking energy by catabolism of several tissues. Main metabolizable tissues are visceral and hepatic fat store.

Blood triacylglycerol content was observed to significantly decrease. In case of starvation the role of glycerols gain importance as a glucose precursors (Friedrich and Stepanowska, 2001).

Importance of glucose as an energy source in fish appears limited compared to mammals (Enes *et al.* 2009). Glucose requirements of fasted fish for metabolic purposes is satisfied by glycogen degradation into glucose (glycogenolysis) or by de novo glucose synthesis through gluconeogenesis (Pilkis and Granner 1992).

Starving muscles shift the utilization of glucose by the β -oxidation of lipids. The observed decrease of blood TG concentration (coupled with the significant decrease of total body fat content) confirms that lipolysis of intramuscular lipids was the major energy source for locomotion during starvation of pike. It was supported by other authors (Hung *et al.* 1997; Shimeno *et al.* 1990) as well.

There was a significant decrease in the crude fat content of the fish. At the same time there was a significant increase in the average chain length (ACL) and unsaturation index. This has important implications as one of the main health benefits of eating fish by human consumers come from long chain fatty acids. The increase of long chain PUFA with the simultaneous decrease of the ratio of SFA in starving organism is a well-known process. Selective retention of essential fatty acids is common for many living organisms. It can be explained that an organism has to maintain the unsaturation level and thus the integrity and fluidity of the biological membranes (Szabó *et al.* 2005).

Changes observed in the body FA composition are in part supported by data previously reported for other vertebrates. The decrease of the palmitic acid amount was supported by Chen and Cunnane (1992), reporting the same process in fasting rats. This underlines the great importance of palmitate as an oxidizable source in an energy deficient condition (Cunnane and Karmazyn 1988; Cunnane 1990). In contrast, the total proportion of polyenoic fatty acids was unaltered, most probably serving the maintenance of sarcolemma integrity and fluidity.

Most fish species (eg. common carp, *Cyprinus carpio*) are able to metabolise selected FA for their energy needs when they are in good condition (Zajic *et al.* 2013, Varga *et al.* 2020). Fillet FA composition of atlantic salmon (*Salmo salar*) also showed similar change in cases of food deprivation; proportion of SFA decreased, while proportion of MUFA and PUFA significantly increased (Einen *et al.* 1998). Significant increase of PUFA in the liver of hybrid tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) was also described due to long-term starvation (De Silva *et al.*, 1997). The relative changes of the several FA groups in starving fish can be different between species. FA composition of the phospholipid (PL) fraction changed significantly (MUFA increased) in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) liver and fillet, whereas the triacylglycerol (TG) fraction remained unchanged (Delgado *et al.* 1994).

Varga *et al.* (2020) described that mostly the MUFA of the liver were utilized in the β -oxidation in common carp (*Cyprinus carpio*) during 12-weeks starvation. In contrast, with an opposite reaction, fillet PUFAs were highly conserved. Fillet PL FA composition has undergone slighter changes during the starvation period, which refers to the importance of membrane fluidity.

Summarizing our results, it seems that mostly the triglyceride fatty acid with higher saturation level were utilized in the β -oxidation. In contrast, likewise an opposite reaction, PUFA were conserved in the fillet.

Table 4
Fillet fatty acid composition of the experimental fish

Fatty acid	Initial Mean \pm sd	Final Mean \pm sd	P value
C12:0	0.03 \pm 0.0	0.034 \pm 0.01	NS
C13:0	0.02 \pm 0.0	0.02 \pm 0.0	NS
C14:0	5.046 \pm 0.14	4.97 \pm 0.3	NS
C14:1	0.048 \pm 0.01	0.04 \pm 0.01	NS
C15:0	0.432 \pm 0.01	0.426 \pm 0.01	NS
C16:0	19.49 \pm 0.67	18.31 \pm 0.77	0.03
C16:1 n7	4.77 \pm 0.12	4.74 \pm 0.37	NS
C17:0	0.32 \pm 0.01	0.3 \pm 0.02	0.04
C18:0	2.94 \pm 0.07	3.09 \pm 0.05	NS
C18:9 n9t	0.15 \pm 0.04	0.2 \pm 0.05	<0.01
C18:1 n9	27.18 \pm 1.04	26.71 \pm 1.18	NS
C18:1 n11	3.08 \pm 0.12	2.8 \pm 0.06	NS
C18:2 n6	14.08 \pm 0.54	13.46 \pm 1.02	NS
C18:3 n6	0.56 \pm 0.04	0.59 \pm 0.12	NS
C18:3 n3	2.66 \pm 0.19	2.23 \pm 0.1	<0.01
C20:0	0.15 \pm 0.01	0.16 \pm 0.02	NS
C20:1 n9	3.08 \pm 0.12	3.48 \pm 0.11	<0.01
C20:2 n6	0.26 \pm 0.03	0.294 \pm 0.01	0.045
C20:3 n6	0.26 \pm 0.02	0.28 \pm 0.05	NS
C20:3 n3	0.1 \pm 0.00	0.1 \pm 0.01	NS
C20:4 n6	0.39 \pm 0.03	0.48 \pm 0.03	<0.01
C20:5 n3	4.1 \pm 0.2	3.76 \pm 0.48	NS
C22:1 n9	0.17 \pm 0.02	0.23 \pm 0.01	<0.01
C22:5 n3	0.84 \pm 0.04	1.11 \pm 0.1	<0.01
C22:6 n3	9.63 \pm 0.85	11.95 \pm 0.65	<0.01
C23:0	0.07 \pm 0.01	0.1 \pm 0.01	0.013
C24:0	0.01 \pm 0.0	0.014 \pm 0.01	NS
C24:1 n9	0.15 \pm 0.02	0.12 \pm 0.02	NS
SFA	28.42 \pm 0.85	27.31 \pm 1.31	NS
MUFA	38.63 \pm 0.85	38.31 \pm 1.31	NS
PUFA	32.87 \pm 0.94	34.26 \pm 0.98	NS
Σ n3	17.32 \pm 0.93	19.16 \pm 0.26	<0.01
Σ n6	1.21 \pm 0.05	1.35 \pm 0.17	NS
n6/n3	0.07 \pm 0.00	0.07 \pm 0.01	NS
UI	162.06 \pm 4.91	173.41 \pm 2.57	<0.01
ACL	17.88 \pm 0.04	18.01 \pm 0.04	<0.01

SFA: Saturated fatty acids; MUFA: Monounsaturated FA; PUFA: Polyunsaturated FA, UI: Unsaturation index; ACL: average chain length; NS: p>0.05

CONCLUSIONS

In conclusion, juvenile pike reared in RAS and which were previously fed with a dry diet, are able to tolerate a period of six weeks starvation without any adverse effect on health and metabolism. No proteolysis was indicated by the results of this study, providing evidence that pike primarily use lipids as an energy source during periods of starvation. The significant decrease in body weight and somatic indices were attributed to the breakdown of fat. Selective retention of PUFA within the body, and an accompanying decrease of SFA due to starvation can be the goal of further studies, because it has important implications for fillet quality and the nutritional value of pike produced in intensive RAS conditions.

Acknowledgment: This work was supported by the European Fisheries Fund Fisheries Operative Programme III. axis, European Fisheries Fund for Renewable Fisheries provided by the European Union and Hungarian Government and the projects GINOP-2.3.4-15-2016-00004 and GINOP-2.3.4-15-2016-00005.

REFERENCES

- Barreto-Curiel, F., Focken, U., D'Abramo, L.R., Viana, M.T. (2017). Metabolism of *Seriola lalandi* during Starvation as Revealed by Fatty Acid Analysis and Compound-Specific Analysis of Stable Isotopes within Amino Acids. *Plos One*. 12(1) e0170124. DOI: [10.1371/journal.pone.0170124](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170124)
- Cherel, Y., Robin J.P., Heitz, A., Calgari, C., LeMaho, Y. (1992). Relationships between lipid availability and protein utilization during prolonged fasting. *J Comp Phys* 162, 305-313. DOI: [10.1007/BF00260757](https://doi.org/10.1007/BF00260757)
- Chen, Z.Y., Cunnane, S.C. (1992). Preferential retention of linoleic acid-enriched triacylglycerols in liver and serum during fasting. *Am J Phys* 263, 233-239. DOI: [10.1152/ajpregu.1992.263.2.R233](https://doi.org/10.1152/ajpregu.1992.263.2.R233)
- Christie, W.W. (1982). A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. *J Lipid Res* 23, 1072-1075. DOI: [10.1016/S0022-2275\(20\)38081-0](https://doi.org/10.1016/S0022-2275(20)38081-0)
- Cunnane, S.C. (1990). Differential utilization of long chain fatty acids during fasting-induced triacylglycerol depletion. III. Comparison of n-3 and n-6 fatty acids in rat plasma and liver. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1036, 64-70. DOI: [10.1016/0304-4165\(90\)90214-H](https://doi.org/10.1016/0304-4165(90)90214-H)
- Cunnane, S.C., Karmazyn, M. (1988). Differential utilization of long chain fatty acids during triacylglycerol depletion. I. Rat heart after ischemic perfusion. *Lipids* 23, 62-64. DOI: [10.1007/BF02535306](https://doi.org/10.1007/BF02535306)
- Diana, J.S. (1982). An experimental analysis of the metabolic rate and food utilization of northern pike. *Comp Biochem Phys*, 71, 395-9. DOI: [10.1016/0300-9629\(82\)90424-8](https://doi.org/10.1016/0300-9629(82)90424-8)
- Delgado, A., Estevez, A., Hortelando, P., Alejandre, M.J. (1994). Analyses of fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Influence of temperature and fast-ing. *C Biochem Phys*, 108, 673-680. DOI: [10.1016/0300-9629\(94\)90354-9](https://doi.org/10.1016/0300-9629(94)90354-9)
- De Silva, S.S., Gunasekera, R.M., Austin, C.M. (1997). Changes in the fatty acid profiles of hybrid red tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, subjected to short term starvation, and a comparison

- with changes in seawater raised fish. *Aquaculture* 153. 273-290. DOI: [10.1016/S0044-8486\(97\)00035-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00035-5)
- Einen, O., Waagan, B., Thomassen, M.S. (1998). Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture* 166. 85-104. DOI: [10.1016/S0044-8486\(98\)00279-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00279-8)
- Enes, P., Panserat, S., Kaushik, S., Oliva-Teles, A. (2009). Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish. *Fish Physiol Biochem* 35. 519-539. DOI: [10.1007/s10695-008-9259-5](https://doi.org/10.1007/s10695-008-9259-5)
- Falahatkar, B. (2012). The metabolic effects of feeding and fasting in beluga *Huso huso*. *Marine Env Res* 82. 69-75. DOI: [10.1016/j.marenvres.2012.09.003](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.09.003)
- Feng, G., Shi, X., Huang, X., Zhuang, P. (2011). Oxidative Stress and Antioxidant Defenses after Long-term Fasting in Blood of Chinese Sturgeon (*Acipenser sinensis*). *Pro Env Sci* 8. 469-475. DOI: [10.1016/j.proenv.2011.10.074](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.10.074)
- Friedrich, M., Stepanowska, K. (2001). Effect of starvation on the nutritive value of carp (*Cyprinus carpio* L.) and selected biochemical components of its blood. *Acta Ichth Pisc* 31. 29-36. DOI: [10.3750/AIP2001.31.2.03](https://doi.org/10.3750/AIP2001.31.2.03)
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H. (1957). A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226. 497-509. DOI: [10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5)
- Hung, S.S.O., Liu, W., Li, H., Storebakken, T., Cui, Y. (1997). Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *Aquaculture* 151. 357-363. DOI: [10.1016/S0044-8486\(96\)01506-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01506-2)
- ISO, 1978. Animal Feeding Stuffs. Determination of Crude Ash. ISO 5984. International Organization for Standardization
- ISO, 1985. Animal Feeding Stuffs. Determination of Fat Content. ISO 6492. International Organization for Standardization
- ISO, 1997. Animal Feeding Stuffs. Determination of Nitrogen Content and Calculation of Crude Protein Content - Kjeldahl Method. ISO 5983. International Organization for Standardization
- Ince, B.W., Thorpe, A., (1976). The effects of starvation and force-feeding on the metabolism of the northern pike, *Esox lucius* L. *J Fish Biol* 8. 79-88. DOI: [10.1111/j.1095-8649.1976.tb03909.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1976.tb03909.x)
- Khodadoust, A.L. (2015). Study on some blood biochemical parameters of pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) in Anzali wetland. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 23. 155-159.
- Kluytmans, J.H.F.M., Zandee, D.I. (1973). Lipid metabolism in the northern pike (*Esox lucius*) - II: The composition of the total lipids and of the fatty acids isolated from lipid classes and some tissues of the northern pike. *Comp Biochem Phys* 44. 459-466. DOI: [10.1016/0305-0491\(73\)90019-9](https://doi.org/10.1016/0305-0491(73)90019-9)
- Kucska, B., Müller, T., Sári, J., Bódis, M., Bercsényi, M. (2005). Successful growth of pike (*Esox lucius*) on pellet at artificial condition. *Aquaculture* 246. 227-230. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2005.01.013](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.01.013)
- Kucska, B., Pál, L., Müller, T., Bódis, M., Bartos, Á., Wágner, L., Husvéth, F., Bercsényi, M. (2006). Changing of fat content and fatty acid profile of reared pike (*Esox lucius*) fed two different diets. *Aqua Res*, 37: 96-101. DOI: [10.1111/j.1365-2109.2005.01402.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01402.x)
- Shimeno, S., Kheyali, D., Takeda, M. (1990). Metabolic adaptation to prolonged starvation in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56. 35-41. DOI: [10.2331/suisan.56.35](https://doi.org/10.2331/suisan.56.35)
- Pilkis, S.J., Granner, D.K. (1992). Molecular physiology of the regulation of hepatic gluconeogenesis and glycolysis. *Ann Rev Physiol*. 54. 885-909. DOI: [10.1146/annurev.ph.54.030192.004321](https://doi.org/10.1146/annurev.ph.54.030192.004321)
- Raclot, T. (2003). Selective mobilization of fatty acids from adipose tissue triacylglycerols. *Prog Lipid Res* 42. 257-88. DOI: [10.1016/S0163-7827\(02\)00066-8](https://doi.org/10.1016/S0163-7827(02)00066-8)
- Rossi, A., Cazenave, J., Bacchetta, C., Campana, M., Parma, M.J. (2015). Physiological and metabolic adjustments of *Hoplosternum littorale* (Teleostei, Callichthyidae) during starvation. *Ecol Indic* 56. 161-170. DOI: [10.1016/j.ecolind.2015.04.001](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.04.001)

- Salam, A., Davies, P.M.C. (1994). Body composition of northern pike (*Esox lucius* L.) in relation to body size and condition factor. *Fish Res* 19. 193-204. DOI: [10.1016/0165-7836\(94\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0165-7836(94)90038-8)
- SPSS For Windows Version 10, 1999. Copyright SPSS Inc, Chicago IL
- Szabó, A., Fébel, H., Mézes, M., Horn, P., Balogh, K., Romvári, R. (2005). Differential utilization of hepatic and myocardial fatty acids during forced molt of laying hens. *Poultry Science*, 84. 106-112. DOI: [10.1093/ps/84.1.106](https://doi.org/10.1093/ps/84.1.106)
- Szczepkowski, M. (2009). Impact of selected abiotic and biotic factors on the result of rearing juvenile stages of Northern pike (*Esox lucius* L.) in recirculating systems. *Archives of Polish Fisheries* 17. 107-147. DOI: [10.2478/v10086-009-0010-3](https://doi.org/10.2478/v10086-009-0010-3)
- Szczepkowski, M., Zakes, Z., Kapusta, A., Szczepkowska, B., Hopko, M., Jarmolowicz, S., Kowalska, A., Kozłowski, M., Partyka, K., Piotrowska, I., Wunderlich, K. (2012). Growth and survival in earthen ponds of different size juvenile pike reared in recirculating aquaculture systems. *Archives of Polish Fisheries*, 20, 267-274. DOI: [10.2478/v10086-012-0030-2](https://doi.org/10.2478/v10086-012-0030-2)
- Varga, D., Hancz, Cs., Szabó, A. (2020). Selective mobilization of fatty acids in common carp (*Cyprinus carpio*) during long-term starvation. *AAFL Bioflux*. 13. 1366-1373.
- Varga, D., Molnár, T., Romvári, R., Szabó, A. (2014). Preliminary results on the somatic and body compositional changes in juvenile common carp during long term starvation. *Acta Agraria Kaposvariensis*. 18: 50-54.
- Varga, D., Hancz, Cs., Molnár, T., Szabó, A. (2016). Alterations in serum metabolites and enzymes of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.) during longterm starvation. *Acta Agraria Kaposvariensis*. 20. 36-39.
- Wolnicki, J., Gorny, W. (1997). Effects of commercial dry diets and water temperature on growth survival of Northern pike *Esox lucius* L., larvae. *Polish Archives of Hydrobiology* 44. 377-383.
- Zajic, T., Mraz, J., Sampels, S., Pickova, J. (2013). Fillet quality changes as a result of purging of common carp (*Cyprinus carpio* L.) with special regard to weight loss and lipid profile. *Aquaculture*. 400-401. 111-119. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2013.03.004](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.03.004)



© Copyright 2021 by the authors. This is an open access article under the terms and conditions of the Creative Commons attribution ([CC-BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)) license 4.0.



Irodalmi áttekintés

A mikrobiom globális szerepe a „One Health” megközelítésmód szerint

HANCZ Csaba ^{1*}

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ABSTRACT - Global significance of the microbiome according to the One Health approach (Review)

Author: Csaba HANCZ^{1*}

Affiliation: ¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE), Kaposvár Campus, Kaposvár Guba S. u. 40.

All-pervasive role and significance of microbiome is becoming more and more acknowledged thanks to the intense multidisciplinary research done in the last decades. Its global function and significance is on the rise, and the future fate of the biosphere is unequivocal and beyond dispute. Uncertainties and varied usage of synonyms justifies to define once again notions like microbiome, pro- and prebiotics and clarify their relations. Knowledge about microbes important for our health is expanding rapidly. Extensive research on pre- and probiotics leads to their rapid production and broadscale application in medicine, nutrition, and agriculture. Human, animal and environmental microbiome are results of co-evolution so adopting the holistic approach suggested by the One Health fighting zoonoses can be even more effective as well as global food production more environmental-friendly and sustainable.

Keywords: microbiome, probiotics, prebiotics, One Health

BEVEZETÉS

Napjainkban a mikrobiom szerepének intenzív kutatásával világszerte kiváló csoportok foglalkoznak. Fogalma egyre ismertebbé válik a köznyelvben is, pl. a bél mikrobiomját (korábban elterjedt nevén baktériumflóráját) előnyösen befolyásoló probiotikumok valamilyen formában történő fogyasztása pedig már régóta része az egészségtudatos táplálkozásnak. Ismeretterjesztő cikkekben még gyakorta találkozhatunk azzal a beccsléssel, miszerint az emberi mikrobiom egyedszáma kb. tízszere az emberi test sejtjeinek. Bár ez az arány más vélemények szerint inkább 1:1-hez van közelebb, ez még mindig, önmagában is, nagyon figyelemre méltó mennyiség, aminek a tömege egyes beccslések szerint egyébként kb. 200 gramm, míg mások (Boaventura és mtsai., 2012) ezt a mennyiséget 1,5 kg-ra teszik. Sokkal egyértelműbbnek tűnik a genom alapú összehasonlítás, ami szerint az emberben, a 10^{15} – 10^{16} nagyságrendben, tehát testi sejtjeink számához (ami kb. 10^{14}) képest jelentős túlsúlyban lévő, testünkben élő mikroorganizmusok az egészséges homeosztatisz egysúly

*CORRESPONDING AUTHOR

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Kaposvári Campus

✉ 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40., ☎ 82/502-011; 82/502-020

E-mail: csaba.hancz@gmail.com

fontos epigenetikai elemét jelentik (Falus és mtsai., 2014). Az emberi mikrobiom összetételéről és sokrétű szerepéről könyvtárnyi, elsősorban orvostudományi irodalmat találhatunk, de aki csak viszonylag gyors, de mégis alapos és átfogó képet szeretne kapni erről a témáról, annak ajánlhatjuk a „The Microbiome - Your Inner Ecosystem” c. e-könyvet (www.scientificamerican.com, 2019).

A mikrobiom fogalma azonban ennél természetesen jóval tágabban, mondhatni globálisan is értelmezhető és értelmezendő. Stolz (2017) irodalmi összefoglalója alaposan körüljárja a mikrobiom szerepét bolygónk életében a korai földtörténeti koroktól napjainkig, és javasolja a Gaia-teória, sőt a törzsfajlódás újragondolását az újabb eredmények alapján. Hasonlóan fontos Berg és mtsai. (2020) munkája, amely az eredendően holisztikus One Health megközelítés (Mackenzie és Jeggo, 2019) jegyében (1. ábra) próbálja meg bemutatni és összefoglalni az elmúlt két évtized vonatkozó kutatásait. A One Health definíciója egyébként a One Health Initiative Munkacsoport szerint: "több, helyi, országos és globális szinten dolgozó tudományág együttes erőfeszítése az emberek, állatok és környezetünk optimális egészségének elérése érdekében" (Wikipedia).

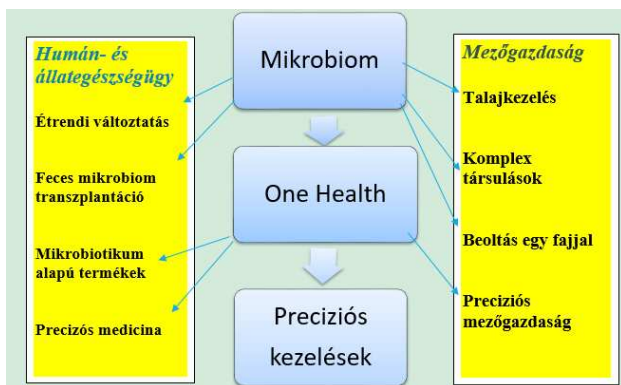
A pre- és probiotikumok felhasználása az állatok takarmányozásában, de a környezet biológiai szabályozásában is egyre szélesebb körben terjedő gyakorlat. Természetesen e terület kutatásának is hatalmas irodalma van, amelynek még ágazatonkénti, akár csak vázlatos bemutatása önmagában is reménytelen vállalkozásnak tűnhet.

Jelen tanulmány célja a mikrobiom definíciójának, összetételének és szerepének, valamint a pre- és probiotikumok felhasználásának bemutatása a leginkább relevánsnak talált irodalom alapján, a legfontosabb témakörökre koncentrálva, a One Health megközelítésmódot szem előtt tartva.

A MIKROBIOM, A PRO- ÉS A PREBIOTIKUM DEFINÍCIÓJA

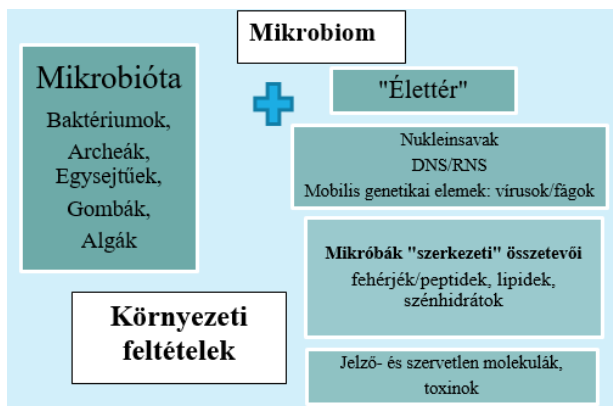
Tudományos igényű cikkben nem szoktak a – sokszor jogosan – megbízhatatlan forrásnak tartott Wikipediára hivatkozni. Jelen témánkat illetően azonban nyugodtan kivételt tehattünk, mert úgy az angol, mint a magyar változat korrekt és viszonylag alapos leírásokat tartalmaz, bőséges irodalmi hivatkozással. A mikrobiom elnevezést először Mohr (1952) használta, bár a magyar nyelvű Wikipedián keresztül is elérhető cikkében Lederberg (2001) ezt saját találmányának tartja. Egy manapság is elfogadott definíciót Whipps és mtsai. (1988) publikáltak. Szerintük a mikrobiom egy jól definiálható élőhelyhez köthető mikróba közösség, amely meghatározott fizikai-kémiai tulajdonságokkal rendelkezik. Ez a meghatározás tehát nem csak a mikrobákat (mikrobióta), hanem

életterük, tevékenységük helyszínét és annak összetevőit is tartalmazza. Ezt a meghatározást nemrég helybenhagyta és némileg cizellalta egy szakértői csoport, és amiről a 2. ábra ad áttekintést. A mikrobiom fogalmi meghatározásának holisztikus megközelítéséről Berg és mtsai. (2020) adnak remek összefoglalást, aminek fő elemeit az 3. ábrán mutatjuk be. Az ábra felső része a hagyományos, elkülönítés alapú, míg az alsó (pirossal szedett) fele a koevolúciós elköpzelés jellemzőit írja le, a betegség és az egészséges állapot újszerű értelmezésével.



1. ábra

A mikrobiom széleskörű felhasználása (Berg és mtsai., 2020 után, módosítva) (Figure 1. Broadscale application of microbiome; Berg et al 2020, modified)

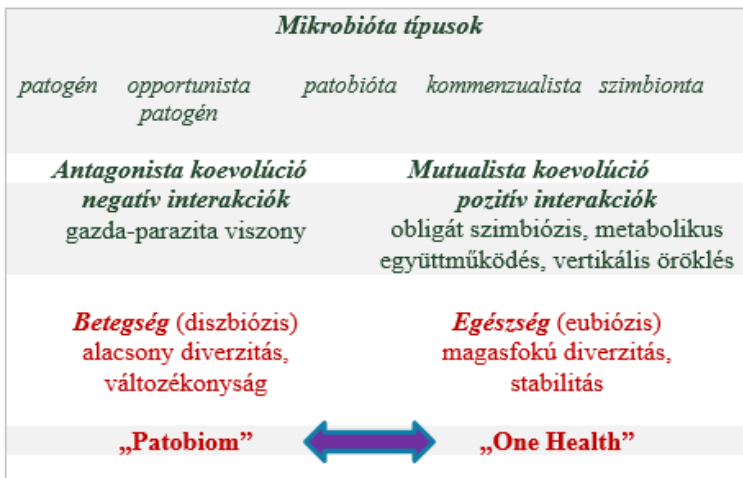


2. ábra

A mikrobiom összetevői (Berg és mtsai., 2020 után, módosítva) (Figure 2. Components of the microbiome; Berg et al 2020, modified)

A mikrobiom szinonimájaként is használt mikrobióta jelentése a 2. ábra alapján talán már egyértelmű. A nomenklatura kétség kívüli bonyolultságát viszont tovább árnyalják a Bíró (2014) cikkének bevezetőjében megfogalmazottak, miszerint a genom analógiájára „kitalált” mikrobiom éppen a genetikai áthallás miatt ma már a mikrobiom különvált és a kolonizált mikroorganizmusok genomjának összességét jelenti. A már említett probiotikum fogalmilag korrekt meghatározása viszonylag egyszerű: olyan készítmény, amely mikrobiótákat tartalmaz olyan mennyiségben, ami képes a feltételezett jótékony hatás kiváltására (WHO/FAO, 2012). Ez a – később részletezett hatás – elsősorban a bélcsatorna mikrobiomjának befolyásolása által valósul meg a humán gyógyászatban és az állattenyésztési, takarmányozási alkalmazások során, de ne feledkezzünk meg a környezetjavító, -szabályozó készítményekről sem.

A prebiotikumok olyan vegyületei a tápláléknak, amelyek elősegítik a bél-mikrobiom hasznos tagjainak növekedését (Huebner és mtsai, 2007). Ezek általában a gazdaszervezet által nem emészthető szénhidrátok, rostanyagok (Gibson és Roberfroid, 1995; Hutkins és mtsai., 2016) általában oligoszaharidok (Davani-Davari és mtsai., 2019). Megjegyzendő, hogy az anyatej immunrendszeret erősítő ismert hatásában jelentős szerepet játszik annak pre- és probiotikum tartalma (Sinkiewicz és Lennart (2008).



3. ábra

A „mikrobiom evolúció” kétféle értelmezése (Berg és mtsai., 2020 nyomán) (Figure 3. Evolution of the microbiome – two sorts of interpretation; Berg et al 2020.)

A MIKROBIOM GLOBÁLIS SZEREPE

A James Lovelock által kidolgozott Gaia-elmélet (Lovelock, 1979), miszerint a "földi szférák", a bio-, lito-, hidro- és atmoszféra olyan módon működik együtt és hat egymásra, hogy az élet számára optimális fizikai és kémiai környezetet fenntartsák, annak ellenére nem vált általánosan elfogadottá és ismertté, hogy cáfolni nemigen lehet (Stolz, 2017). Az is bizonyos, hogy ennek a környezetnek a kialakításában és fenntartásában a billiónyi (Dykhuizen, 2005) mikroba faj anyagcserefolyamatai meghatározó szerepet játszottak és játszanak (Lovelock és Margulis, 1974). Lynn Margulis volt egyébként annak az endoszimbiózis/szimbiogenezis elméletnek a kidolgozója, ami az eukarióták származásának magyarázatával új alapokra helyezte a mikrobák evolúcióját. Ezek a szabad szemmel nem észlelhető élőlények a bioszféra elképzelhetetlenül nagy tömegét teszik ki, összesen 10^{17} grammot, ami a bioszféra 19 %-át jelenti (Whitman és mtsai., 1998; McMahon és Parnell, 2014). A mikrobák rendszertani osztályozása, fajokba sorolása a legmodernebb molekuláris módszerekkel is komoly kihívás, de a korábbi technikákhoz képest jóval eredményesebb (Achtman és Wagner, 2008).

A mikrobiom szerepének globális volta a kutatások azon ágainak eredményein is lemérhető, amelyek a fenti, földtörténeti korokon átnyúló, geokémia ciklusokat érintő folyamatok tanulmányozásán túl, közvetlenebb és nyilvánvalóbb kapcsolatban állnak napjaink ökológiai és egészségügyi problémáival. Ezen kutatási eredmények jó része szinte azonnal alkalmazható a gyakorlatban, ami létre is hozta a világméretű „mikrobiom piacot”, ahol a humán egészségügyön túl az alkalmazások széles köre jelen van (Blaser és mtsai., 2016). A környezetet szabályozó mikrobiom alapú termékek fokozatosan kiválthatják a toxikus kemikáliákat, antibiotikumokat a mezőgazdaság több ágában, a kertészettől az akvakultúráig, csakúgy, mint az élelmiszerfeldolgozásban (Berg és mtsai., 2016; Busby és mtsai., 2017; Singh és mtsai., 2017; Sessitsch és mtsai., 2018). A mikrobiom alapú mezőgazdasági termékelőállítás éves növekedése 15-18 % között alakul, értéke 2025-re elérheti a 10 milliárd US dollárt (Dunham Trimmer LLC, 2017).

A humán célú mikrobiom alapú termékek (probiotikumok és gyógykészítmények) piacának méreteiről adatokat találni nem sikerült, amit megmagyarázhat az a rendkívüli sokféleség, ami e termékek mindkét ágát (élelmiszerek és gyógyszerek) jellemzi. Ezeknek a termékeknek még a szabályozása és szabványosítása is nagy kihívást jelent (Hoffmann és mtsai., 2013; US FDA, 2019; Ruthsatz és mtsai., 2020).

A PROBIOTIKUMOK HATÁSMECHANIZMUSA

1. Patogén-antagonizmus: a probiotikum (a táplálékkal szervezetbe jutott mikroorganizmusok összessége) olyan anyagokat termel, amelyek meggátolják a patogén mikróbák szaporodását, illetve megölik azokat (Servin, 2004).
2. Kompetíció: a patogének korlátozása a tápanyagforrásokhoz és a tapadási helyekhez való hozzáfutásban (Servin és Coconnier, 2003).
3. Immunmoduláció és toxin semlegesítés: a probiotikum támogatja a gazdaszervezet immunrendszerét és/vagy inaktíválja a patogének termelte toxinokat (Brandão és mtsai., 1998; Ezendam és mtsai., 2006).

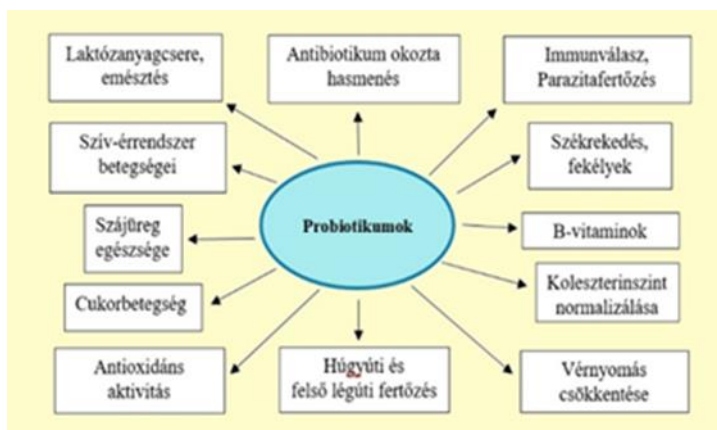
Azok a módok, amelyekkel a probiotikumok kifejtik a gazdaszervezetre valamilyen szempontból előnyös hatásukat, a fentiekben felsoroltaknál sokkal változatosabbak, részletgazdagabbak, amiről számtalan tanulmány olvasható. Mindazonáltal Ng és mtsai. (2009) megállapítása, miszerint a probiotikum és a gazdaszervezet kommunikációjának még számos részlete feltáratlan, a mai napig helytálló.

A PROBIOTIKUMOK SZEREPE A HUMÁN EGÉSZSÉGVÉDELEMBEN ÉS GYÓGYÍTÁSBAN

Az ételmiszeradalékként használt pre- és probiotikumok egészségvédő hatásának értékelésével jóval kevesebb tudományos igényű publikáció foglalkozik (Syngai és mtsai., 2016; Markowiak és Slizewska, 2017; Terpan és mtsai., 2019), míg a kifejezetten bizonyos konkrét betegségekkel, kórtünetekkel való összefüggéseiket óriási orvostudományi szakirodalom taglalja. Utóbbi főbb területeinek szemléltetésére tesz kísérletet, nyilván a teljesség igénye nélkül, a 4. ábra.

Mikrobiomunk kialakulása a születéssel kezdődik, amikor közvetlen kontaktusba kerülünk az anyai mikrobiommal és megkezdődik szervezetünk baktériumok általi kolonizációja, ami folytatódik a szoptatás alatt. Ez alapvetően befolyásolja immunrendszerünk normális fejlődését, gyermek- és serdülőkori egészségi állapotunkat. A születés utáni első héten a fakultatív anaerob *Enterobacteria*, *Enterococcus* és *Streptococcus* fajok települnek, majd a kifejezetten anaerob *Bifidobacteria*, *Bacteroides* és *Clostridium* fajok, amelyek egyedszáma hamarosan meghaladja az előzőekét (Weber és Polanco, 2012). A megfelelő kolonizáció hozzájárul a bélcsatorna és az immunrendszer normális kifejlődéséhez, ami meghatározza későbbi betegségellenálló-képességünket. Számos tanulmány pl. Falus és mtsai. (2014), azzal is kiemeli a bélmikrobiom szerepé-

nek fontosságát, hogy az tulajdonképpen egy önálló szervünként is felfogható, de mindenestre vele egy ökoszisztémát alkotunk. Ennek a közös rendszernek a működése a metagenomika módszereivel tanulmányozható, a metagenom ugyanis nem más, mint az emberi géneknek és a mikrobiom génjeinek együttese. Ennek az együttes működésnek anyagcserénk és egészségi állapotunk szempontjából alapvető jelentősége van. A mikrobióta populációk egymással és környezetükkel (adott esetben a gazdaszervezettel) az ún. QS (quorum sensing) molekulákkal kommunikálnak. Így tudják pl. a kórokozó baktériumfajok szaporodását is gátolni. Fontos az is, hogy a bélmikrobiomon belül egyes baktériumfajok dominálnak, míg mások kis egyedszámmal fordulnak elő. A sokezer, számunkra szövetséges és ellenséges faj között az emberben általában három „szövetségi rendszer”, ún. enterotípus alakulhat ki, a *Prevotellák*, a *Bacteroidesek*, vagy a *Ruminococcus* fajok dominanciájával. Ezek közül a *Bacteroides* uralta, sok savat termelő, a komplex szénhidrátok bontását elősegítő enterotípus előnyös, míg a bélhámot károsító *Prevotella* által dominált szövetség káros (Falus és mtsai., 2014).



4. ábra

A probiotikumok kedvező egészségügyi hatásai (Nagpal és mtsai., 2012. után)
 (Figure 4. Prospective health attributes of probiotics; Nagpal et al 2012)

A hasmenéses betegségek jelentőségét kiemeli az a tény, hogy világszerte az öt éven aluli gyermekek mortalitásának második leggyakoribb oka. Ezt elsődlegesen az egészséges ivóvíz és az alapvető higiénia hiánya okozza, ami a szegény országokat sújtja (WHO, 2017), és ezen feltételek javításával, edukációval, no meg rotavírus elleni vakcinálással jelentősen csökkenthető, illetve kiküszöbölhető (lenne). Rotavírus fertőzés esetén egyébként a probiotikumok

(*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium longum* és *Saccharomyces boulardii*) is szerepet kaphatnak a gyógyításban Grandy és mtsai. (2010) szerint. Az antibiotikum kezelések is okozhatják a patogén baktériumok későbbi elszaporodását, amelyek toxintermelése szintén diaréhoz vezet, ami ellen gyermekeknél sikeresen védekeztek különböző probiotikum készítményekkel (Corrêa és mtsai., 2011; Hickson és mtsai., 2007; Vasiljevic és Shah, 2008). A gyulladásos bélbetegségek (IBD) tünetei – a gyulladásos bél szindróma (IBS) - a hastáji fájdalom, a hasmenés és a székrekedés, véres nyálkaürítéssel társulva. Az utóbbi években elért eredmények alapján kijelenthető, hogy ezek hátterében az étel intolerancia és a bélmikrobióta egyensúlyi állapotának felborulása áll (Nagala és Routray, 2010). A fent leírt tünetek négyhetes probiotikum (ami *Bifidobacterium longum*, *B. bifidum*, *B. lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. rhamnosus*, and *Streptococcus thermophilus* keveréke volt) kezelés után jelentősen enyhültek (Yoon és mtsai., 2014). Az IBD-nek két altípusa van, a fekélyes bélgyulladás és a Crohn-betegség. Utóbbi esetében a gyulladás az egész bélcsatornát, míg az előbbinél a végbélnél kezdődve csak a vastagbéllet érinti (Bousvaros és mtsai., 2007; Mack, 2011). Furrie és mtsai. (2005) hangsúlyozzák a prebiotikumok szerepét a probiotikumok sikeres működésében. Azt találták ugyanis, hogy az inulin segítette a *Bifidobacterium longum* működését a fekélyes bélgyulladás kezelése során. A „rossz” (LDL) koleszterin szintjének normális keretek között tartásában, a telített zsírok fogyasztásának kerülésén túl, a *Lactobacillus acidophilus* és *Bifidobacteria cepas* fajokkal dúsított probiotikus joghurt fogyasztása is segíthet (Baroutkoub és mtsai., 2010). A rákbetegségek elleni küzdelem az orvostudományi kutatások legfőbb prioritásai közé tartozik. Növekvő mennyiségű bizonyíték támasztja alá, hogy a probiotikumok fogyasztásával a rák megelőzhető, illetve a tumor növekedése megállítható. Ezt Thirabunyanon és mtsai. (2009) valamint Ma és mtsai. (2010) vastagbélrák esetében, El-Nezami és mtsai. (2006) pedig májrák esetében igazolták. Woelk és Snyder (2021) a fécesz transzplantációt (FMT) a melanoma kezelésében találták hatásosnak olyan betegeknek, akiknél a hagyományos immunterápia önmagában nem volt hatékony. Mivel a probiotikumok képesek csökkenteni a gyulladásokat okozó citokinek szintjét és a bél permeabilitását, alkalmasak az allergiás reakciók kezelésére, különös tekintettel az ételallergiára, az atopikus ekcémára és a náthára (Michail és mtsai., 2006). A pre- és probiotikumok további, hatásaikban nem a bélrendszerrel kapcsolatos gyógyászati felhasználási lehetőségeit foglalják össze Lenoir-Wijnkoop és mtsai. (2007). Részletesen tárgyalnak olyan fontos témákat, mint a száj mikrobiológiája, a *Helicobacter pylori*y általi gyomorfertőzés, az akut hasnyálmirigy-

gyulladás, a máj-és vesefunkció károsodásai, az asztma és az urogenitális problémák. Baker és mtsai. (2009) arra hívják fel a figyelmet, hogy az emberi mikrobiom összetétele az életkorral változik, és számba veszik, hogy az idősek gyomor- és bélpanaszainak enyhítésére, valamint a gyengülő immunvédelem miatti betegségek leküzdésére milyen probiotikumok alkalmazása bizonyult célravezetőnek. Villapol (2020) azokat az egyelőre kevésbé kihasznált lehetőségeket tárgyalja, amelyeket a probiotikumok alkalmazása a COVID-19 járvány leküzdésében jelenthet. A bélmikrobiom hatása az agy működésére/egészségére sokrétű: 1) mivel a bélmikrobiom termelte lipopoliszaharidok biztosítják az immunrendszer stimulálását, diszbiózis a környéki és a központi idegrendszer gyulladását okozhatja, 2) ugyanerre vezethet, hogy a baktériumfehérjék kiválthatják az immunrendszer diszfunkcionális válaszát, 3) a baktériumok termelte enzimek működése során keletkező neurotoxikus metabolitok (D-tejsav, ammónia) és 4) a baktériumok termelte neurohormonok hatnak az agyműködésre, ugyanakkor ezek az anyagok befolyásolják a baktériumok növekedését, virulenciáját, 5) a bélbaktériumok a *nervus vaguson* keresztül direkt módon képesek jeleket küldeni az agynak. Nem túlzás tehát kijelenteni, hogy ezen mechanizmusok által a bélmikrobiom képes meghatározni, formálni az alvást és a stresszérzékenységet is a hipotalamusz-hipofízis-mellékvese tengelyen keresztül. Befolyásolja hangulatunkat, memóriánkat és kognitív képességünket, de szerepet játszik egy sor betegség kialakulásában, lefolyásában is, a krónikus fáradtságtól az alkoholizmuson keresztül a multiplex sclerosisig (Gallard, 2014). Ennek tudatában természetesen lehetőség nyílik a terápiás alkalmazások kidolgozására is. Az emberi mikrobiom egészséges állapotáról, működéséről és a diszbiózisának köszönhető betegségekről kimerítő ismereteket szerezhethetünk a Schiffrin és mtsai. (2014) által szerkesztett „Intestinal microbiota in health and disease: modern concepts” c. könyvből is. Aki viszont csak gyors de megbízható tájékozódást keres, ráadásul magyar nyelven, annak Falus és mtsai. (2014) cikkét ajánljuk.

Míg a táplálékkiegészítőként széleskörűen fogyasztott probiotikumok semmiféle kockázatot nem jelentenek, ezek célzott, klinikai alkalmazásáról ez nem jelenthető ki. Utóbbi témakörben tájékozódhatunk Boyle és mtsai. (2006) munkájából.

A MIKROBIOM SZEREPE A MEZŐGAZDASÁGBAN

A mikrobiom jelentősége a mezőgazdasági termelésben kétségtelenül meghatározó és ennek megfelelően kutatása nagy intenzitással folyik, bár az eddig rendelkezésre álló tudás a humán mikrobiomhoz képest nagyságrenddel kisebb. Kiváló összefoglaló tanulmányukban Ikeda-Ohtsubo és mtsai. (2018) az

„optimális mikrobiom” meghatározásának céljával tekintik át a növények, a szárazföldi és vízi állatok mikrobiom struktúráját és hatásmechanizmusát. Az optimálist a termelékenység és a fenntarthatóság szempontjai szerint definiálják, ami értelemszerűen eltér Lloyd-Price és mtsai. (2016) humán mikrobiomra alkalmazott hasonló célzatú meghatározásától.

Növénytermesztés, kertészet

A hasznos mikrobák szerepe a növények életben igen sokrétű: pl. nitrogénkötés, tápelemek (P, K, Zn) oldott állapotba juttatása, sziderofor, auxin, giberellin és antibiotikum termelés. A növényekkel szimbiotikus vagy asszociatív kapcsolatban élő, rengeteg, rendszertanilag is változatos mikroba jótékony hatásait, beleértve a stressztűrést is, részletesen tárgyalják Yadav és mtsai. (2017). A szervestrágyázás feltartóztathatatlan visszaszorulásával, de akár a műtrágyahasználat mérséklése céljából is, egyre inkább terjed az ún. mikrobiális biotrágyák (a magyar szakmai nyelvben: baktériumtrágyák) használata. Ezek termelése a piaci igényeket követve dinamikus, évi kb. 13 %-os növekedést mutat és 1,66 milliárd USD értéket képvisel (Timmusk és mtsai. 2017). Típusaikról és alkalmazásuk módjairól kiváló összefoglalást nyújt Thomas és Singh (2019). Fuentes-Ramirez és Caballero-Mellado (2005) részletesen tárgyalja a növények növekedését elősegítő rhizobaktériumok működését, jelesül az asszociatív nitrogénkötést, a növényi hormonok termelését, az etilénszint csökkentést, valamint a gombaellenes fenazin és a gyökérnövekedést serkentő lumikrom termelést. Külön kiemelik és kísérleti adatokkal igazolják, hogy a baktériumkultúrával történő talajbeoltás jelentősen képes növelni a N-műtrágyázás hatásfokát.

A mikrobiom és a növények egészségi állapota közötti kapcsolat a fentiek alapján is nyilvánvalóan szoros. Kísérleti eredményeik alapján Wei és mtsai. (2019) pedig egyenesen arra a következtetésre jutnak, hogy a növénybetegségek lefolyásában az eredeti talaj mikrobiom összetételének meghatározó szerepe van. Az ellenük való védekezésben a mikrobiom befolyásolásával (pl. talajoltással) a peszticid használat csökkenthető.

Állattenyésztés

Az antibiotikumok évtizedekig tartó széleskörű használatát napjainkban egyre inkább felváltja azok tiltása vagy legalábbis minimalizálása, illetve korlátozása a kifejezetten gyógyászati célú alkalmazásokra. Egyértelművé vált ugyanis, hogy a teljesítménynövelésre használt penicillin és tetraciklinek olyan rezisztens baktériumok kialakulásához vezet, amelyek rendkívül nagy veszélyt je-

lentenek az emberi egészségre is (Boaventura és mtsai., 2012). Az antibiotikumok kiváltására kínálkozó alternatíva az állatok takarmányába kevert probiotikumok használata. Ezek célja a bélmikrobióta egyensúlyának helyreállítása, amivel megelőzhetőek a béltraktust érintő betegségek, javítható a takarmányértékesítés, növelhető a teljesítmény (Fuller, 1992). A probiotikumok kedvező hatása egyértelműen megnyilvánul mindazon körülmények között, amikor az állatokat különböző stressz éri: hőmérsékletváltozás, kedvezőtlen egészségügyi állapot, takarmányváltás, magas telepítési sűrűség, terápiás célú antibiotikum kezelés stb. A probiotikumok alkalmazása különösen fontos fiatal életkorban.

A baromfitenyésztés esetében a probiotikumok használatától természetesen ugyanazokat az előnyös hatásokat várjuk, mint a többi ágazatban, de a szalmonellózis elleni védekezés volt az első és maradt a mai napig fontos célkitűzés, hiszen ez a zoonózis változatlanul fenyegető veszélyt jelent. Egyébként a madarak béltraktusában a *Salmonella* fajok mellett a következő baktériumtaxonok is előfordulnak: *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Lactobacillus*, *Fusobacterium*, *Escherichia*, *Enterococcus* és *Streptococcus* (Boaventura és mtsai., 2012). Khan és Naz (2013) kiválóan összefoglalták a probiotikumok takarmányadalékként való alkalmazásának fő témaköreit. Több forrásra hivatkozva az alábbiak szerint veszik számba a felhasználható mikroba fajokat: *L. bulgaricus*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *L. helveticus*, *L. lactis*, *L. salivarius*, *L. casei*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*, *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecalis*, *Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bifidobacterium spp.* és *E. coli*. Ezeknek a probiotikumoknak az alábbiakban felsorolt tulajdonságokkal kell bírniuk:

- legyenek ellenállóak a savaknak és az epének, valamint tartalmazzanak legalább 30.100 CFU-t (élő sejtszámot),
- mutasson nagy túlélő és szaporodóképességet a bélben,
- a kultúra ne legyen patogén vagy toxikus,
- rendelkezzen erős tapadóképességgel a bélben,
- álljon ellen a takarmánygyártással kapcsolatos károsító hatásoknak,
- hatékonyan csökkentse a patogén baktériumok számát.

(Ezen tulajdonságokkal egyébként minden takarmányadalékként alkalmazott probiotikumnak rendelkeznie kell, állatfajtól függetlenül.)

Tanulságos lehet továbbá a fenti szerzők (Khan és Naz, 2013) cikke alapján, a részletek ismertetése nélkül, felsorolni azokat a területeket, ahol a probiotikumok a baromfinál hatékonyak bizonyultak:

- súlygyarapodás és takarmányértékesítés javítása,

- tojástermelés (mennyiség és minőség) javítása,
- takarmányeredetű baktériumszám csökkentése,
- immunrendszer stimulálása,
- csontszilárdság növelése (broilerek),
- húsminőség javítása,
- parazita terhelés csökkentése.

A probiotikumok felhasználása dinamikusan növekszik világszerte, a nagy nemzetközi takarmánygyártók többféle (egy- és többtörzsos, ivóvízbe adagolható, pelletre felvihető) terméket kínálnak a különböző technológiai fázisokra és az állattartó telep egyedi egészségügyi helyzetére adaptálva. A sertés-nyésztés területén a bélmikrobióta fejlődésének két kritikus szakasza van: a születés és a választás. Születés után hamar kialakul a túlnyomórészt a hasznos *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* és *Bacteroides* és kevés egyedszámú potenciálisan patogén *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Clostridium* és *Staphylococcus* fajból álló mikrobiom. A választáskor azonban az előbbi csoport visszaszorulása miatt a bélhámon elszaporodó patogének, pl. az *E. coli*, hasmenést okoznak. Ennek negatív hatásai egy hathetes *Lactobacillus* probiotikum kúrával kivédhető (Tereda és mtsai., 1994). A kocák hasonló kezelése a vemhesség és a szoptatás alatt szintén hatásosnak bizonyult (Alexopoulos és mtsai., 2004). Ugyanakkor több szerző eredményeit figyelembe véve a probiotikumok nem minden esetben bizonyultak hatékonyak, aminek a hátterében a vizsgálatok eltérő körülményei (genotípus, hőmérséklet, technológia stb.) állhatnak (Boaventura és mtsai., 2012). Mindazonáltal a malacok teljesítményének javulása volt kimutatható, amikor takarmányukhoz *Bacillus toyoi* alapú probiotikumot keverték (Roth és Kirchgessener (1988). Cristani és mtsai. (1999) pedig 8 %-os takarmányhasznosulás javulást figyeltek meg, ugyancsak malacoknál, *Lactobacillus acidophilus* hatására. Ezen utóbbi eredmények valószínűleg annak köszönhetőek, hogy a probiotikumok fokozzák a laktáz és galatozidáz enzimek termelését, ami hatékonyabb tápanyagfelszívódást eredményez.

Kérdődzők esetében a probiotikum-kiegészítés elsődleges célja a bendőben lévő baktériumok számának növelése, a cellulózemésztés hatékonyságának fokozása, miáltal javul a tömegtakarmány hasznosítás és nő a szárazanyag felvétel. Természetesen a kórokozók kompetitív kizárásával, elsősorban a laktobacillusok biogén baktericinszintézise révén, javul a bél egészségi állapota is, csökken a hasmenésre való hajlam. Az élesztők használata általános az emésztés hatásfokának javítása céljából (Kamalamma és mtsai., 1996), de további előnyös hatása is van, úgymint növekedési faktorok (pl. vitaminok) termelése. A B-vitaminkomplex különösen fontos a modern tartástechnológiákkal együtt

járó sokféle stressz kivédésében. A *Saccharomyces* fajok csökkentik az oxigén-koncentrációt, ami hozzájárul a bendő eredendően anaerob állapotának fenntartásához (Callaway és Martin, 1997). A nagy abrakhányadú takarmánykeverékek etetése zavart okozhat a bendőfermentációban (felfúvódás, acidózis), aminek kivédésében segít a *Saccharomyces cerevisiae* adagolása (Agazzi és mtsai., 2009; Sommart és mtsai., 1993). A reprodukzív teljesítmény javításában is van szerepük a probiotikumoknak, mivel a vaginális mikrobiomban a *Lactobacillus* kolonizációja képezi az elsődleges védővonalat a patogén mikrobák ellen (Ocaña és mtsai., 1999).

Egyéb haszonállatok esetében is bevett gyakorlat a probiotikumok alkalmazása. Házinyúl esetében az emésztőszervi megbetegedések jelentős mértékben hozzájárulnak az elhullási rátához, ami ellen a Calsporin® (Michelan és mtsai., 2002) és a Lacto-Sacc® (Hollister és mtsai., 1989) probiotikum készítményeket találták hatékonynak. Lovaknál egyelőre ellentmondásos eredményekre vezetett a probiotikumok alkalmazása a nyersrost és nyersfehérje emészthetőségének növelésére. Frappe (1998), Hill és mtsai. (2006) és Morgan és mtsai. (2007) megfigyeltek ilyen hatást, míg Moura és mtsai. (2009) nem. Moore és Newman (1993) ugyanakkor csikóknál azt figyelte meg, hogy az élesztőkiegészítés egyrészt kedvező értéken tartotta a pH-t a vastagbélben, ami hatással volt a nyersrost emészthetőségére, másrészt csökkentette a kólika és a patairhagyulladás előfordulását.

Az akvakultúra területén a probiotikumok alkalmazása hasonló ugyan, mint a szárazföldi állatok esetében, de az eltérő környezet miatt jelentős különbségeket is mutat. A vízi állatok és környezetük közötti közvetlenebb kapcsolat miatt még a probiotikum fogalmának tágabb, a környezetre is kiterjesztett értelmezése is felmerült (Verschuere és mtsai., 2000). Ez a nagyobb kitettséget jelent a vízben jelenlévő kórokozó mikrobáknak (*Vibrio sp.*, *Plesiomonas shigelloides*, *Aeromonas sp.*), amelyek a legtöbb elhullást okozzák, de human szempontból is fontos, mert ezek ételmérgezést is okozhatnak. Ennek a holisztikusabb felfogásnak a szellemében hangsúlyozzák Infante-Villamil és mtsai. (2020) az akvakultúrában termelt (gerinces és gerinctelen) állatok mikrobiomjának magas diverzitási szinten tartását. Erről könyvtárnyi publikáció született az elmúlt évtizedekben, és akár csak az elmúlt pár évben megjelent irodalmi összefoglalók szemlélése is meghaladja ennek a cikknek a terjedelmi korlátait. A probiotikumok használatának céljairól és az ezekre felhasználható fajokról átfogó képet adnak Martinez Cruz és mtsai. (2012). Összeállításuk szerint a teljesítményt fokozó hatásban a *Bacillus sp. S11*, *Bacillus sp.*, *Carnobacterium divergens*, *Alteromonas CA2*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus lactis AR21*, *Streptococcus thermophilus*, *Streptomyces*, *L. casei*, *Bacillus NL 110*, *Vibrio*

NE 17, *Bacillus coagulans* fajok, a takarmányhasznosítás javításában a fentiekén kívül még a *Lactobacillus acidophilus*, *Shewanella putrefaciens Pdp11* fajok, a jobb stressztűrésben a *S. cerevisiae*, *Pediococcus acidilactici*, *Shewanella putrefaciens Pdp11* fajok, míg a kórokozók elleni harcban a *Roseobacter sp. BS. 107*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Phaffia rhodozyma*, *Vibrio alginolyticus*, *V. fluvialis*, *Tetraselmis suecica*, *Carnobacterium sp. Hg4-03*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus spp.*, *Enterococcus ssp.*, *Lactococcus lactis* fajok játszanak meghatározó szerepet. A jobb vízminőség érdekében pedig a *Bacillus sp.*, *Bacillus NL 110*, *Vibrio sp. NE 17*, *Lactobacillus acidophilus*, *B. coagulans SC8168*, *Bacillus sp.*, *Saccharomyces sp.* fajok használhatók. Egy nemrég megjelent irodalmi összefoglaló (Nayak, 2020) pedig kizárólag a *Bacillus* fajok kiemelt szerepét taglalja, különös tekintettel a *Bacillus subtilis*re.

KÖVETKEZTETÉSEK

- A mikrobiom alapú készítmények (probiotikumok) előállításának dinamikusan fejlődő iparága. A humán felhasználás fő területei a mindenkori által ismert és az egészségtudatos táplálkozásban fontos szerepet játszó élelmiszerek (pl. joghurtfélék) fogyasztása és a megelőzés illetve terápia céljából javallott gyógykészítmények.
- A mezőgazdasági célú felhasználás is nagy ütemben növekszik. A probiotikumok felhasználása a növénytermesztésben főleg a talajmikrobiom egyensúlyának helyreállítását célozza, miáltal javítható a talajszerkezet, csökkenthető a műtrágya felhasználás ill. növelhető annak hasznosulása. Az állattenyésztésben dominál a probiotikumok takarmányadalékként történő alkalmazása, amellyel növelhető az állatok termelése (növekedés és takarmányértékesítés) valamint stressztűrő képessége. „Járulékos haszon”, hogy ezáltal csökkenthető a fenti célokból rutinszerűen alkalmazott antibiotikumfelhasználás és az ennek következményeképpen kialakuló ellenálló baktériumfajok humán szempontból is jelentős veszélye.
- Az ember, az állatok és környezetük mikrobiomja egymással folytonos kölcsönhatásban alakult ki. Ezt tudatosítva és azzal a holisztikus szemlélettel megközelítve, amit One Health jelent nem csak a zoonózisok elleni küzdelem lehet eredményesebb, de az élelmiszertermelés is környezetkímélőbb, tehát fenntarthatóbbá válhat.

Köszönetnyilvánítás: A publikáció elkészítését az NKFIH-1144-6/2019 Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatja.

IRODALOMJEGYZÉK

- Achtman, M., Wagner, M. (2008) Microbial diversity and the genetic nature of microbial species. *Nat Rev Microbiol* 6, 431-440. DOI: [10.1038/nrmicro1872](https://doi.org/10.1038/nrmicro1872)
- Agazzi, A., Invernizzi, G., Ferroni, M., Fanelli, A., Savoini, G. (2009). Effects of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) administration on apparent digestibility of horses. *Ital J Anim Sci*, 8(Suppl. 2), 685-687. DOI: [10.4081/ijas.2009.s2.685](https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.685)
- Alexopoulos, C., Georgoulakis, I., Tzivara, A., Kritas, S., Siochu, A., Kyriakis, S. (2004) Field evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* spores, on the health status and performance of sows and their litters. *J Anim Physiol Anim Nutr.*, 88(1), 381-392. DOI: [10.1111/j.1439-0396.2004.00492.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2004.00492.x)
- Baker, H. C., Tran, D. N., Thomas, L. V. (2009) Health benefits of probiotics for the elderly: a review. *Journal of Foodservice*, 20, 250-262. DOI: [10.1111/j.1748-0159.2009.00147.x](https://doi.org/10.1111/j.1748-0159.2009.00147.x)
- Baroutkoub, A., Mehdi, R., Beglarian, R., Hassan, J., Zahra, S., Mohammad, M., Mohammad hadi, E. (2010) Effects of probiotic yoghurt consumption on the serumcholesterol levels in hypercholesteromic cases in Shiraz, Southern Iran. *Scientific Research and Essays*, 5(16), 2206-2209.
- Berg, G., Rybakova, D., Fischer, D., Cernava, T., Vergès, M. C., Charles, T., Chen, X., Coccolin, L., Eversole, K., Corral, G. H., Kazou, M., Kinkel, L., Lange, L., Lima, N., Loy, A., Macklin, J. A., Maguin, E., Mauchline, T., McClure, R., Mittele, B., Ryan, M., Sarand, I., Smidt, H., Schelkle, B., Roume, H., Kiran, G. S., Selvin, J., Souza, R. S.C., van Overbeek, L., Singh, B. K., Wagner, M., Walsh, A., Sessitsch, A., Schloter, M. (2020) Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. (n.d.). DOI: [10.21203/rs.3.rs-102129/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-102129/v1)
- Berg, G., Rybakova, D., Grube, M., Köberl, M. (2016) The plant microbiome explored: implications for experimental botany. *J Exp Bot.* 67, 995-1002. DOI: [10.1093/jxb/erv466](https://doi.org/10.1093/jxb/erv466)
- Bíró, Gy. (2014) A bél mikrobióta kapcsolata az egészséggel és betegséggel. *Irodalmi áttekintés. Egészségtudomány*, LVIII(3), 27-40.
- Blaser, M. J., Cardon, Z. G., Cho, M. K., Dangl, J. L., Donohue, T. J., Green, J. L., et al. (2016) Toward a predictive understanding of earth's microbiomes to address 21st century challenges. *mBio*, 7(3), e00714-6. DOI: [10.1128/mBio.00714-16](https://doi.org/10.1128/mBio.00714-16)
- Boaventura, C., Azevedo, R., Uetanabaro, A., Nicoli, J., Braga, L. G. (2012) The Benefits of Probiotics in Human and Animal Nutrition. Book Chapter in *New Advances in the Basic and Clinical Gastroenterology* (Eds.: Tomasz Brzozowski), 75-100. DOI: [10.5772/34027](https://doi.org/10.5772/34027)
- Bousvaros, A., Antonioli, D., Colletti, R., Dubinsky, M., Glickman, J., Gold, B., Griffiths, A., Jevon, G., Higuchi, L., Hyams, J., Kirschner, B., Kugathasan, S., Baldassano, R., Russo, P. (2007) Differentiating ulcerative colitis from Crohn disease in children and young adults: report of a working group of the North American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition and the Crohn's and Colitis Foundation of America. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.*, 44(5), 653-674. DOI: [10.1097/MPG.0b013e31805563f3](https://doi.org/10.1097/MPG.0b013e31805563f3)
- Boyle, R. J., Robins-Browne, R. M., Tang, M.L. (2006) Probiotic use in clinical practice: what are the risks? *Am J Clin Nutr.*, 83(6), 1256-64. DOI: [10.1093/ajcn/83.6.1256](https://doi.org/10.1093/ajcn/83.6.1256)
- Brandão, R., Castro, I., Bambirra, E., Amaral, S., Fietto, L., Tropaia, M., Neves, M., Santos, R., Gomes, N., Nicoli, J. (1998) Intracellular signal triggered by cholera toxin in *Saccharomyces boulardii* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl Environ Microbiol.*, 64(2), 564-568. DOI: [10.1128/AEM.64.2.564-568.1998](https://doi.org/10.1128/AEM.64.2.564-568.1998)
- Busby, P. E., Soman, C., Wagner, M. R., Friesen, M. L., Kremer, J., Bennett, A., et al. (2017) Research priorities for harnessing plant microbiomes in sustainable agriculture. *PLOS Biol.*, 15, e2001793. DOI: [10.1093/pfamsec/fiw247](https://doi.org/10.1093/pfamsec/fiw247)
- Callaway, E., Martin, S. (1997) Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J Dairy Sci.*, 80(9), 2035-2044. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76148-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76148-4)
- Corrêa, Naflesia B.O., Penna, Francisco J., Lima, Fátima M.L.S., Nicoli, Jacques R., Filho, Luciano A.P. (2011) Treatment of acute diarrhea with *Saccharomyces boulardii* in infants. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.*, 53(5), 497-501. DOI: [10.1097/MPG.0b013e31822b7ab0](https://doi.org/10.1097/MPG.0b013e31822b7ab0)

- Cristani, J., White, C. & Sabino, N. (1999) Efeitos do uso do *Lactobacillus acidophilus* como aditivo alimentar na produção de suínos. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 9., 433-434, CD-ROOM
- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S., Berenjian, A., Ghasemi, Y., (2019) Prebiotics: Definition, Types, Sources, Mechanisms, and Clinical Applications. *Foods*, 8(3), 1-27. DOI: [10.3390/foods8030092](https://doi.org/10.3390/foods8030092)
- Dunham Trimmer LLC. (2017) Biological control global market overview. [Link](#)
- Dykhuisen, D. (2005) Species Numbers in Bacteria. *Proc Calif Acad Sci*, 56(6 Suppl 1), 62-71.
- El-Nezami, H., Polychronaki, N., Ma, J., Zhu, H., Ling, W., Salminen, E., Juvonen, R., Salminen, S., Poussa, T., Mykkanen, H. (2006) Probiotic supplementation reduces a biomarker for increased risk of liver cancer in young men from Southern China. *Am J Clin Nutr*, 83, 1199-1203. DOI: [10.1093/ajcn/83.5.1199](https://doi.org/10.1093/ajcn/83.5.1199)
- Ezendand, J. and van Loveren, H. (2006) Probiotics: immunomodulation and evaluation of safety and efficacy. *Nutrition Reviews*, 64(1), 1-14. DOI: [10.1111/j.1753-4887.2006.tb00168.x](https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2006.tb00168.x)
- Falus, A., Barcs, I., Duda, E. (2014) Testünk mint ökoszisztéma, avagy a metagenomika "szép új világa". *Lege Artis Medicinæ*. 24(1-2), 49-55.
- Frape, D. (1998) *Equine Nutrition and Feeding* (2nd edition), Blackwell Science, ISBN 9780632053032, United States of America, pp 404.
- Fuentes-Ramirez, L.E., Caballero-Mellado, J. (2005) Bacterial Biofertilizers. Book Chapter in *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*. (eds. Siddiqui Z.A.), Springer, Dordrecht. 143-172. DOI: [10.1007/1-4020-4152-7_5](https://doi.org/10.1007/1-4020-4152-7_5)
- Fuller, R. (1992) Problems and prospects. In: *Probiotics - The scientific basis*, Fuller, R, Chapman & Hall, ISBN 0412408503, London, 377-386. DOI: [10.1007/978-94-011-2364-8_14](https://doi.org/10.1007/978-94-011-2364-8_14)
- Furrie, E., Macfarlane, S., Kennedy, A., Cummings, J., Walsh, S., O'Neil, D., Macfarlane, G. (2005) Synbiotic therapy (Bifido bacterium longum/Synergy 1) initiates resolution of inflammation in patients with active ulcerative colitis: a randomised controlled pilot trial. *Gut*, 54(2), 242-249. DOI: [10.1136/gut.2004.044834](https://doi.org/10.1136/gut.2004.044834)
- Galland, L. (2014) The Gut Microbiome and the Brain. *J Med Food*, 17(12), 1261-1272. DOI: [10.1089/jmf.2014.7000](https://doi.org/10.1089/jmf.2014.7000)
- Gibson, G. R., Roberfroid, M. B. (1995) Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr*, 125(6), 1401-1412. DOI: [10.1093/jn/125.6.1401](https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401)
- Grandy, G., Medina, M., Soria, R., Terán, C., Araya, M. (2010) Probiotics in the treatment of acute rotavirus diarrhoea. A randomized, double-blind, controlled trial using two different probiotic preparations in Bolivian children. *BMC Infectious Diseases*, 10(253), 1-7. DOI: [10.1186/1471-2334-10-253](https://doi.org/10.1186/1471-2334-10-253)
- Hickson, M., D'Souza, A.L., Muthu, N., Thomas, R., Rogers, T., Want, S., Rajkumar, C., Bulpitt, C. (2007) Use of probiotic *Lactobacillus* preparation to prevent diarrhoea associated with antibiotics: randomised double-blind placebo controlled trial. *British Medical Journal*, 335(7610), 80, 1-5. DOI: [10.1136/bmj.39231.599815.55](https://doi.org/10.1136/bmj.39231.599815.55)
- Hill, J., Tracey, S., Willis, M., Jones, L., Ellis, A. (2006) Yeast culture in equine nutrition and physiology. In: *Proceedings of Alltech's Annual Symposium*, 17., 31.08.2011. Available from: [Link](#)
- Hoffmann, D. E., Fraser, C. M., Palumbo, F. B., Ravel, J., Rothenberg, K. Rowthorn, V., Schwartz, J. (2013) Probiotics: Finding the Right Regulatory Balance. *Science*, 342(6156), 314-315. DOI: [10.1126/science.1244656](https://doi.org/10.1126/science.1244656)
- Hollister, A., Cheeke, P., Robinson, K., Patton, M. (1989) Effects of water-administered probiotics and acidifiers on growth, feed conversion and enteritis mortality of weanling rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*, 12(4), 143-147.
- Huebner, J., Wehling, R. L., Hutkins, R. W. (2007) Functional activity of commercial prebiotics. *Int Dairy J* 17, 770-775. DOI: [10.1016/j.idairyj.2006.10.006](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.10.006)
- Hutkins, R. W., Krumbek, J. A., Bindels, L. B., Cani, P. D., Fahey, G Jr., Goh, Y. J., Hamaker B., Martens, E. C., Mills, D. A., Rastal, R. A., Vaughan, E., Sanders, M. E. (2016) "Prebiotics: why definitions matter". *Curr Opin Biotechnol*. 37, 1-7. DOI: [10.1016/j.copbio.2015.09.001](https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.09.001)
- Ikedá-Ohtsubo, W., Brugman, S., Warden, C. H., Rebel, J. M. J., Folkerts, G., Pieterse, C. M. J. (2018) How Can We Define "Optimal Microbiota?": A Comparative Review of Structure and Functions of Microbiota of Animals, Fish, and Plants in Agriculture. *Front Nutr*, 5, article 90, 1-18. DOI: [10.3389/fnut.2018.00090](https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00090)

- Infante-Villamil, S., Huerlimann, R., Jerry, D. R. (2020) Microbiome diversity and dysbiosis in aquaculture. Reviews in Aquaculture. 13(2), 1077-1096. DOI: [10.1111/raq.12513](https://doi.org/10.1111/raq.12513)
- Kamalamma, Krishnamoorthy, U., Krishnappa, P. (1996) Effect of feeding yeast culture (Yea-sacc1026) on rumen fermentation in vitro and production performance in crossbred dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol., 57(3), 247-256. DOI: [10.1016/0377-8401\(95\)00829-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00829-2)
- Khan, R. U., Naz, S. (2013) The applications of probiotics in poultry production. Worlds Poultr Sci J., 69(3), 621-632. DOI: [10.1017/S0043933913000627](https://doi.org/10.1017/S0043933913000627)
- Lederberg, J. (2001) 'Ome Sweet 'Omics-- A Genealogical Treasury of Words. The Scientist. [Link](#)
- Lenoir-Wijnkoop, I., Sanders, M. E., Cabana, M. D., Caglar, E., Corthier, G., Rayes, N., Sherman, P. M., Timmerman, H. M., Vaneechoutte, M., Van Loo, J., Wolvers, D. A. W. (2007) Probiotic and Prebiotic Influence Beyond the Intestinal Tract. Nutr Rev., 65(11), 469-489. DOI: [10.1301/nr.2007.nov.469-489](https://doi.org/10.1301/nr.2007.nov.469-489)
- Lloyd-Price, J., Abu-Alt, G., Huttenhower, C. (2016) The healthy human microbiome. Genome Med., 8(1), article 51, 1-11. DOI: [10.1186/s13073-016-0307-y](https://doi.org/10.1186/s13073-016-0307-y)
- Lovelock, J. E. (1979) Gaia: A New Look at Life on Earth. Oxford: Oxford University Press. pp. 176.
- Lovelock, J.E., Margulis, L. (1974) Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the gaia hypothesis. Tellus 26, 1-10. DOI: [10.3402/tellusa.v26i1-2.9731](https://doi.org/10.3402/tellusa.v26i1-2.9731)
- Ma, E. L., Choi, Y. J., Choi, J., Pothoulakis, C., Rhee, S. H., Im, E. (2010) The anticancer effect of probiotic *Bacillus polyfermenticus* on human colon cancer cells is mediated through ErbB2 and ErbB3 in-hibition. Int J Cancer., 127(4), 780-790. DOI: [10.1002/ijc.25011](https://doi.org/10.1002/ijc.25011)
- Mack, D. (2011) Probiotics in inflammatory bowel diseases and associated conditions. Nutrients, 3, 245-264. DOI: [10.3390/nu3020245](https://doi.org/10.3390/nu3020245)
- Mackenzie, J. S., Jeggo, M. (2019) The One Health Approach-Why Is It So Important? Trop Med Infect Dis., 4(2), 88, 1-4. DOI: [10.3390/tropicalmed4020088](https://doi.org/10.3390/tropicalmed4020088)
- Markowiak, P., Slizewska, K. (2017) Effects of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics on Human Health. Nutrients, 9(9), 1021, 1-30. DOI: [10.3390/nu9091021](https://doi.org/10.3390/nu9091021)
- Martínez Cruz, P., Ibáñez, A. L., Monroy Hermsillo, O. A., Ramírez Saad, H. C. (2012) Use of Probiotics in Aquaculture. ISRN Microbiol., 1-13. DOI: [10.5402/2012/916845](https://doi.org/10.5402/2012/916845)
- McMahon, S., Parnell, J. (2014) Weighing the deep continental biosphere. FEMS Microbiol Ecol., 87, 113-120. DOI: [10.1111/1574-6941.12196](https://doi.org/10.1111/1574-6941.12196)
- Michail, S., Sylvester, F., Fuchs, G., Issenman, R. (2006) North American Society for Pediatric Gastro-enterology, Hepatology, and Nutrition (NASPGHAN) Nutrition Report Committee. Clinical efficacy of probiotics: review of the evidence with focus on children. J Pediatr Gastroenterol Nutr., 43(4), 550-557. DOI: [10.1097/01.mpg.0000239990.35517.bf](https://doi.org/10.1097/01.mpg.0000239990.35517.bf)
- Michelan, A., Scapinello, C., Natali, M., Furlan, A., Sakaguti, E., Faria, H., Santolin, M., Hernandez, A. (2002) Utilização de probiótico, ácido orgânico e antibiótico em dietas para coelhos em crescimento: ensaio de digestibilidade, avaliação da morfometria intestinal e desempenho. Revista Brasileira de Zootecnia, 31(6), 2227-2237. DOI: [10.1590/S1516-35982002000900011](https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000900011)
- Mohr, J. L. (1952) Protozoa as indicators of pollution. The Scientific Monthly 74, 7-9: 7. Ontario, Canada
- Moore, B., Newman, K. (1993) Influence of feeding yeast culture (Yea-Sacc) on cecum and colon pH of the equine. J Anim Sci., 71(1), 261.
- Morgan, L., Coverdale J., Froetschel, M., Yoon, I. (2007) Effect of yeast culture supplementation on digestibility of varying forage quality in mature horses. J Equine Vet Sci., 27(6), 260-265. DOI: [10.1016/j.jevs.2007.04.009](https://doi.org/10.1016/j.jevs.2007.04.009)
- Moura, R., Saliba, E., Almeida, F., Lana, A., Silva, V., Rezende, A. (2009) Feed efficiency in Mangalarga Marchador foals fed diet supplemented with probiotics or phytase. Revista Brasileira de Zootecnia, 38(6), 1045-1050. DOI: [10.1590/S1516-35982009000600011](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000600011)
- Nagpal, R., Kumar, A., Kumar, M., Behare, P. V., Jain, S., Yadav, H. (2012) Probiotics, their health benefits and applications for developing healthier foods: a review. FEMS Microbiol Lett., 334(1), 1-15. DOI: [10.1111/j.1574-6968.2012.02593.x](https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2012.02593.x)
- Nayak, S. K. (2020) Multifaceted applications of probiotic *Bacillus* species in aquaculture with special reference to *Bacillus subtilis*. Rev Aquac., 13(2), 862-906. DOI: [10.1111/raq.12503](https://doi.org/10.1111/raq.12503)

- Ng, S., Hart, A., Kamm, M., Stagg, A., Knight, S. (2009) Mechanisms of Action of Probiotics: Recent Advances. *Inflamm Bowel Dis*, 15(2), 300-310. DOI: [10.1002/ibd.20602](https://doi.org/10.1002/ibd.20602)
- Ocaña, V., Holgado, A., Nader-Macias, M. (1999) Characterization of a bacteriocin-like substance produced by a vaginal *Lactobacillus salvaricus* strain. *Appl Environ Microbiol.*, 65(12), 5631-5635. DOI: [10.1128/AEM.65.12.5631-5635.1999](https://doi.org/10.1128/AEM.65.12.5631-5635.1999)
- Roth, F., Kirchgessner, M. (1988) Nutritive effects of toyocerin. Piglet feeding. *Landwirtschaftliche Forschung*, 41(1-2), 58-62.
- Ruthsatz, M., Emmanuelle Voisin, E., Lima, N. D'Hondt, K. (2020) Human microbiomes in health and disease: Strategic options for regulatory science and healthcare policy. [Link](#)
- Schiffirin, E., J., Marteau, P., Brassart, D. eds. (2014) Intestinal microbiota in health and disease: modern concepts. CRC Press/Taylor & Francis Group. pp. 336. DOI: [10.1201/b16442](https://doi.org/10.1201/b16442)
- Servin, A. (2004) Antagonistic activities of lactobacilli and bifidobacteria against microbial pathogens. *FEMS Microbiol Rev.*, 28(4), 405-440. DOI: [10.1016/j.femsre.2004.01.003](https://doi.org/10.1016/j.femsre.2004.01.003)
- Servin, L. and Coconnier, M. (2003) Adhesion of probiotic strains to the intestinal mucosa and inter-action with pathogens. *Best Pract Res Clin Gastroenterol.*, 17, 741-754. DOI: [10.1016/S1521-6918\(03\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S1521-6918(03)00052-0)
- Sessitsch, A., Brader, G., Pfaffenbichler, N., Gusenbauer, D., Mitter, B. (2018) The contribution of plant microbiota to economy growth. *Microb Biotechnol.*, 11, 801-805. DOI: [10.1111/1751-7915.13290](https://doi.org/10.1111/1751-7915.13290)
- Sinkiewicz, G., Lennart, L. (2008) Occurrence of *Lactobacillus reuteri* in human breast milk. *Microb Ecol Health Dis.*, 20(3), 122-126. DOI: [10.1080/08910600802341007](https://doi.org/10.1080/08910600802341007)
- Singh, B, K, Trivedi, P. (2017) Microbiome and the future for food and nutrient security. *Microb Biotechnol.*, 10, 50-53. DOI: [10.1111/1751-7915.12592](https://doi.org/10.1111/1751-7915.12592)
- Sommart, K., Wanapat, M., Wongsrikeao, W., Ngarmsak, S. (1993) Effects of yeast culture and protein levels on ruminal fermentation, intake, digestibility and performance in ruminants fed straw based diets. *Journal of Animal Science*, Champaign, 71 (Suppl.1), 281.
- Stolz, J. F. (2017) Gaia and her microbiome. *FEMS Microbiol Ecol.*, 93(2), 1-13. DOI: [10.1093/femsec/fiw247](https://doi.org/10.1093/femsec/fiw247)
- Syngai, G. G., Gopi, R., Bharali, R., Dey, S., Lakshmanan, G. M., Ahmed, G. (2016) Probiotics - the versatile functional food ingredients. *J. Food Sci. Technol.*, 53(2), 921-933. DOI: [10.1007/s13197-015-2011-0](https://doi.org/10.1007/s13197-015-2011-0)
- Tereda, A., Hara, H., Li, T., Ichikawa, H., Nishi, J. & Ko, S. (1994) Effect of a microbial preparation on fecal flora and fecal metabolic products of pigs. *Nihon Chikusan Gakkaiho*, 65(9), 806-814. DOI: [10.2508/chikusan.65.806](https://doi.org/10.2508/chikusan.65.806)
- Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Bosnea, L. A., Kopsahelis, N. (2019) Probiotics in Food Systems: Significance and Emerging Strategies Towards Improved Viability and Delivery of Enhanced Beneficial Value. *Nutrients*, 11(7), 1591. 1-32. DOI: [10.3390/nu11071591](https://doi.org/10.3390/nu11071591)
- The Microbiome Your Inner Ecosystem. (2019) Published by Scientific American ISBN: 978-1-948933-05-6 [Link](#)
- Thirabunyanon, M., Boonprasom, P., Niamsup, P. (2009) Probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from fermented dairy milks on antiproliferation of colon cancer cells. *Biotechnol Lett.*, 31, 571-576. DOI: [10.1007/s10529-008-9902-3](https://doi.org/10.1007/s10529-008-9902-3)
- Thomas and Singh (2019) Microbial Biofertilizers: Types and Applications. Book Chapter in *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment* (Eds.: Giri, Bhoopander; Prasad, Ram; Wu, Qiang-Sheng; Varma, Ajit), *Soil Biology* 55, 1-19. DOI: [10.1007/978-3-030-18933-4_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_1)
- Timmusk, S., Behers L., Muthoni, J., Muraya, A., Aronsson, A. (2017) Perspectives and challenges of microbial application for crop improvement. *Front Plant Sci.*, 8, 49. DOI: [10.3389/fpls.2017.00049](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00049)
- United States Food and Drug Administration National Institute of Allergy and Infectious Diseases. Science and regulation of live microbiome-based products used to prevent, treat, and cure diseases in humans. Rockville, Maryland, Friday, April 19, 2019. (Workshop proceedings) [Link](#)
- Vasiljevic, T., Shah, N. (2008) Probiotics- from Metchnikoff to bioactives. *Int Dairy J.*, 18, 714- 728. DOI: [10.1016/j.idairy.2008.03.004](https://doi.org/10.1016/j.idairy.2008.03.004)
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., Verstraete, W. (2000) Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiol Mol Biol Rev.*, 64(4), 655-671. DOI: [10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000](https://doi.org/10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000)

- Villapol, S. (2020) Gastrointestinal symptoms associated with COVID-19: impact on the gut micro-biome. *Translational Research*. 226, 57-69. DOI: [10.1016/j.trsl.2020.08.004](https://doi.org/10.1016/j.trsl.2020.08.004)
- Weber, T. K., Polanco, I. (2012) Gastrointestinal Microbiota and Some Children Diseases: A Review. *Gastroenterol Res Pract*, 2012, 1-12. DOI: [10.1155/2012/676585](https://doi.org/10.1155/2012/676585)
- Weil, Z., Gu1, Y., Friman, V-P., George A. Kowalchuk, G. A., Xu, Y., Shen, Q., Jousset, A. (2019) Initial soil microbiome composition and functioning predetermine future plant health. *Sci. Adv.*, 5(9), 1-11. DOI: [10.1126/sciadv.aaw0759](https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw0759)
- Whipps, J., Lewis, K., Cooke R. (1988) "Mycoparasitism and plant disease control". In *Fungi in Biological Control Systems*, Manchester University Press (Eds.: Burge M.), 161-187. ISBN 9780719019791
- Whitman, W. B., Coleman, D., C., Wiebe, W. J. (1998) Prokaryotes: the unseen majority. *P Natl Acad Sci., USA*; 95, 6578-6583. DOI: [10.1073/pnas.95.12.6578](https://doi.org/10.1073/pnas.95.12.6578)
- WHO (2017) [Link](#)
- WHO/FAO. (2002) Joint World Health Organization/Food and Agricultural Organization Working Group. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, London, 1-11. [Link](#)
- Woelk, C.H., Snyder, A. (2021) Modulating gut microbiota to treat cancer. *Science*, 371(6529) 573-574. DOI: [10.1126/science.abg2904](https://doi.org/10.1126/science.abg2904)
- Yadav, A. N., Kumar, R., Kumar, S., Kumar, V., Sugitha, T. C. K., Singh, B., Chauahan, V. S., Dhaliwal, H. S-, Saxena, A. K. (2017) Beneficial microbiomes: Biodiversity and potential biotechnological applications for sustainable agriculture and human health. *J App Biol Biotech.*, 5(6), 45-57. DOI: [10.7324/iabb.2017.50607](https://doi.org/10.7324/iabb.2017.50607)
- Yoon, J. S., Sohn, W., Lee, O. Y, Lee, S. P., Lee, K. N., Jun, D. W., Lee, H. L., Yoon, B. C., Choi, H. S., Chung, W. S., Seo, J. G. (2014) Effect of multispecies probiotics on irritable bowel syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Gastroenterol Hepatol.*, 29(1), 52-59. DOI: [10.1111/jgh.12322](https://doi.org/10.1111/jgh.12322)



© Copyright 2021 by the authors. This is an open access article under the terms and conditions of the Creative Commons attribution ([CC-BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)) license 4.0.



Szakcikk

Visegrádi Négyek környezetgazdálkodásának és fenntartható mezőgazdaságának elemzése

BARTL Bianka^{1*}, STANKOVICS Petra¹, SOÓS Gábor¹, SIMON Brigitta¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, 8360 Keszthely, Festetics György út 7.

ABSTRACT - Analysis of the sustainable agriculture and environmental management of the Visegrád Group (Article)

Author: Bianka BARTL¹, Petra STANKOVICS¹, Gábor SOÓS¹, Brigitta SIMON¹

Affiliation: ¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus, 8360 Keszthely, Festetics Gy. 7. Hungary

In our study, we analyze the commitments of the Visegrad Four National Energy and Climate Plans (NECPs) for the period 2021-2030 within the European Union environment policy, with special regard to the Land Use, LandUse Change and Forestry (LULUCF) sector. Based on our research, it can be said that the willingness of countries to contribute to the achievement of EU goals has low or modest ambition. Within the framework of the NECP, there are significant differences between the Visegrad Four's implementation plans for LULUCF. In connection with forest management, the emphasis in the Czech Republic for the next few years will be on afforestation, while in the case of Hungary, increasing logging production will be emphasized. In addition, Slovakia has presented a plan of an outstanding amount for draft carbon sequestration by forest. In the case of Poland, a mandatory carbon sequestration rate was provided in the forest management plan.

Keywords: NECP, LULUCF, environment policy, emissions trading scheme - ETS

BEVEZETÉS

A Visegrádi Négyek (V4) 2004-es csatlakozásuk óta az Unió által meghatározott környezetpolitikai szabályozások alá tartoznak. A csatlakozást követően több feladat és kötelezettség nehezedik az országcsoportra. Az Unió környezetvédelmi előírásai az egyik legszigorúbb szabályozások közé tartoznak. Az EU a környezetpolitikáját úgy alakították ki, hogy támogassa a gazdaságok zöldülését, emellett az egészség és jóllét, valamint a természeti erőforrások védelme is megvalósuljon. A kialakított jogszabályok célja a természetes élőhelyek védelme, tiszta levegő-és víz biztosítása, hulladékok megfelelő kezelése, mérgező és vegyi anyagokkal kapcsolatos ismeretek bővítése és a gazdaságok fenntarthatóság irányába való állítása (Európai, 2014)

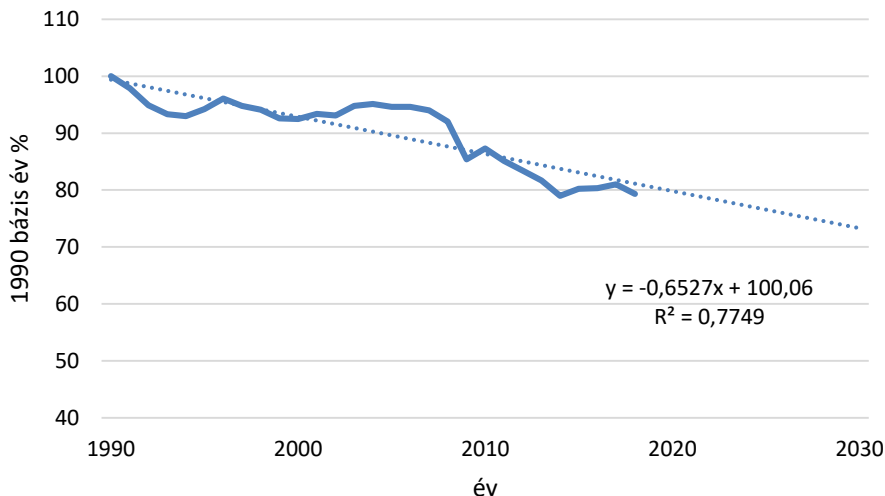
*CORRESPONDING AUTHOR

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Georgikon Campus

✉ 8360 Keszthely, Festetics György u 5., ☎ +36 30 710 8010

E-mail: bartbianka@ph.zalaegerszeg.hu

Az EU környezetvédelmi politikája az Európai Unió működéséről szóló szerződés 11. és 191–193. cikkein alapul. A Szerződés 191. cikke szerint az éghajlatváltozás elleni küzdelem az EU környezetvédelmi politikájának egyik kifejezett célja (Az Európai Unió Működéséről szóló Szerződés Egységes Szerkezetbe Foglalt Változata, 2012.).



1. ábra

Az EU 27 ÜHG kibocsátásának alakulása 1990 bázis év mellett, valamint annak előre jelzése trendvonal segítségével Forrás: (EUROSTAT., 2021) saját szerkesztés
Magyarázat: EU-27-et mutattuk ki az ábrán mert Nagy-Britannia kilépet az Unióból 2020-ban (**Figure 1.** EU 27 GHG emission in 1990 base year, and its forecast using a trend line. Explanation: We have shown EU-27 in the figure because Great-Britain have left the EU in 2020)

Az éghajlatváltozás elleni küzdelem érdekében, az Unió kialakította az Európai Zöld Megállapodást, amelyben következő kötelezettségeket határozza meg:

- üvegházhatású-gáz (ÜHG) kibocsátások min 40%-os csökkentése, EU Kibocsátási Kereskedelmi Rendszer (ETS) és az ETS-n kívüli ágazatok kibocsátás-csökkentése 43%, illetve 30%, 2005-höz képest (*1. ábra*);
- energia hatékonyság növelése 32,5%;
- megújuló energia részarányának növelése 32%-kal, ezek teljesítésére a tagállamoknak 2020 végéig el kellett készíteniük a Nemzeti Energia-és Klíma

(NECP) tervet. A terv elkészítésének kötelezőségét az energiaunió irányításáról és az éghajlatváltozásról szóló (EU) 2018/1999 európai parlamenti és tanácsi rendelet jelenti (Országgyűlés Hivatala, 2020). (Európai Bizottság, 2019)

Az Európai Zöld Megállapodás keretében az EU tagállamoknak kötelességük a földhasználatból, a földhasználat megváltozásából vagy az erdőgazdálkodásból származó ÜHG kibocsátást úgy alakítani, hogy az legalább megközelítse a légköri CO₂ egyenértékű eltávolításával 2021-2030 közötti időszakban. Az Általános Ügyek Tanácsa által 2018. május 14-én elfogadott, a földhasználat, földhasználat-változtatáshoz és erdőgazdálkodáshoz kapcsolódó üvegházhatású gáz-kibocsátásra és elnyelésre vonatkozó 2018/841 Földhasználat, földhasználat-változás és erdőgazdálkodás (LULUCF) rendelet támasztja azt a követelményt, hogy minden ágazatnak hozzá kell járulni a 2030-ra vállalt célkitűzésekhez. A Párizsi Megállapodással összhangban készült el, mely szerint a földhasználati szektor különleges szerepet tölt be a klímaváltozás szempontjából. A LULUCF megjelenik a tagállamok által összeállított NECP-ben is. A rendelet kötelező érvényű kötelezettség vállalást határoz meg a tagállamok számára, annak érdekében, hogy a nullszaldós terhelés valósuljon meg. Hatálya kiterjed az erdőkre, valamint mindenféle földhasználatra is. Az új keret lehetőséget biztosít a földhasználat zöldebbé válására, valamint elősegíti az éghajlat-intelligens (climate-smart) gyakorlatok kialakulását. A LULUCF-ben az energia szektor által felhasznált biomassa kibocsátást rögzíteni kell, valamint az elszámolását is lehetővé kell tenni a 2030-ra vonatkozó kötelezettségvállalásokkal kapcsolatosan. Ez egy jelentős előre lépés az előző politikához képest, amely ezt a lehetőséget figyelmen kívül hagyta. Az átalakult számviteli szabályok, valamint az erdőgazdálkodás irányításának fejlesztése megalapozza a megújuló energiapolitikát 2020. utáni időszakra. A LULUCF rendelet egyszerűsíti és korszerűsíti az 529/2013 / EU határozat és a Kiotói Jegyzőkönyv szerinti jelenlegi számviteli módszertant. Új keretet hoz létre, a tagállamok számára az erdőgazdálkodásból származó kibocsátás-elnyelés elszámolására, valamint kibővíti a hatályát az összes kezelt földterületre ezzel javítva a számlák alakulását. Az Európai Bizottság (EB) 2020. októberben módosította a LULUCF jogszabályokat. A rendelet bizonyos szintű rugalmasságot enged meg a tagállamok számára. A nettó elszámolt kibocsátás a földhasználatból és erdőgazdálkodásból, illetve az erőfeszítések megosztásáról szóló rendeletből (ESR) származó elkülönítéseket felhasználhatják a nulla terheléses kötelezettség vállalás teljesítésére. Ezen felül adás-vételi piacra bocsáthatják a kötelezettségeiket, ezzel ösztönözve a tagállamokat arra, hogy túlszárnyalják a CO₂ eltávolítási kö-

telezettségüket. A tagállamoknak lehetőségük van úgy növelni CO₂ megkötésüket, hogy közben elősegítik a primer szektor megfelelését az ESR-nek ahol a műtrágya és az állatállomány kibocsátását számolják el (Szepesi, 2015).

A tanulmány során célunk a Visegrádi országok NECP terveinek bemutatása, összehasonlítása és értékelése. Emellett külön figyelmet fordítunk a LULUCF szektorra és a tagok ezzel kapcsolatos megvalósítási irányaira. Munkánkban a NECP tervek 5 dimenzióját mutatjuk be, valamint a LULUCF ágazat hozzájárulását emeljük ki a dekarbonizáció területén. Arra keressük a választ, hogy a LULUCF-hez tartozó fakitermelés, valamint falapú biomassza égetése szempontjából milyen lépéseket tesznek az EU és a V4-ek.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A tanulmányunkban a V4-ek által készített terveket mutatjuk be. Kiemelten a LULUCF megjelenését, valamint a célok elérése érdekében az elköteleződésüket vizsgáltuk. Az EB által készített értékelések felhasználásával, valamint a végleges NECP tervek segítségével vizsgáltuk az országok hozzájárulási ambícióit, és a LULUCF-fel kapcsolatos terveiket. Az egyes terveket és értékeléseket az EB hivatalos oldaláról kértük le és tartalom elemzést végeztünk. Az EB értékelése során az EU 2018/1999 rendeletében az 5. cikk és a II. mellékletben foglaltak az irányadók. A rendeletben meghatározott képlet alapján készültek el a felhasznált EB értékelések. A törekvések értékélése során az említett képlet alapján a következő kritériumokat használták fel:

$x \leq -4\%$ = szignifikánsan alacsonyabb

$-4\% < x \leq -2\%$ = alatt van

$-2\% < x < 0\%$ = valamivel alacsonyabb

0% = egyenlő

$0\% < x < 2\%$ = valamivel magasabb

$2\% \leq x < 5\%$ = felette van

$5\% \leq x$ = jelentősen meghaladja

(Az x-el a tagállam megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos részesedéseire utalva a NECP tervezetében.)

RES képletet: az úgynevezett „ambíciózus rés” kiszámítására használja fel az értékelés. A képlet számítsa során a 2030 prognosztizált átlagos megújuló energia felhasználás bruttó végső értékét kell megadni súlyozva a tagállam

2030-ra prognosztizált végső energia fogyasztásával és ezt kell megosztani az EU 27-tel.

Az EB értékelésének módszertana alapján az ambíció szintjének meghatározása a következőképpen alakult:

- elegendő, ha a 2030-as nemzeti hozzájárulásban nagyobb az energia-csökkenés, mint az EU szintjén,
- szerény, ha a csökkenés alacsonyabb volt, mint az EU szintjén, de magasabb volt, mint 5%,
- alacsony, ha a csökkenés a 0-5% tartományban volt, vagy egynél kisebb növekedés volt tapasztalható
- nagyon alacsony, ha mindkét kritérium értéke nő. (European Commission, 2019)

A cikkben megjelenő rövidítések, magyarázata:

ETS- Kibocsátási kereskedelmi rendszer, European Union Emissions Trading System. Az EU kibocsátás-kereskedelmi rendszere (EU ETS) az éghajlatváltozás elleni küzdelemre irányuló uniós politika sarokköve, és kulcsfontosságú eszköze az üvegházhatású gázok kibocsátásának költségghatékony csökkentése érdekében. Ez a világ első nagy szén-dioxid-piac, és továbbra is a legnagyobb.

ESR- Erőfeszítések megosztása, Effort Sharing Regulation- rendelkezik minden ETS-en kívül eső ágazatról, valamint a LULUCF szektoráról. A rendelet értelmében a tagállamoknak lehetőségük nyílik arra, hogy felhasználjanak korlátozott számú ETS kibocsátási egységet, valamint lehetővé válik, hogy céljaik elérése érdekében a földhasználati ágazatban felhasználjanak korlátozott számú kibocsátás-elyelést.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az ETS az európai közösség elsődleges eszköze a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére. Az ETS az ipar és energia ágazat, valamint 2012 óta a légitözlekedési ágazatokból származó ÜHG kibocsátások csökkentése érdekében jött létre. Ennek 2013-2020 között a 3. szakasza valósult meg, amelyben fix összkvótás rendszert írtak elő. (Az ezt megelőző időszakban nemzet szintű csökkentési követelmény volt az előírás) A 2013-2020 közötti időszakban évi 1,74%csökkentésre kötelezte az Európai Unió egészét (2021 után ez évi 2,2%-ra módosul).

A 3. szakaszban a kibocsátási egységek szétosztása árverés, valamint ingyenes kiosztás révén valósult meg. Az ingyenes kiosztásra a 4-es szakaszban is lehetőség lesz.

Az intézkedés azokat ágazatokat célozza, amelyek esetében jelentős a kibocsátás áthelyezés kockázata (szénszivárgás). A szénszivárgás oka a nagy energiaigényű iparágak fokozatos áttelepítése olyan országokba, ahol kevésbé szigorú kibocsátási határértékek érvényesülnek. Emellett azok az ágazatok, amely esetében alacsony a kibocsátás-át-helyezés kockázata, az ingyenes kiosztás mértékének csökkentését tervezik 2026-tól, amely tervezetten 2030-ra 0-ra fog csökkenni. Annak érdekében, hogy a cél megvalósulása megfelelően történjen, fontos nyomonkövetési és tájékoztatási rendszert biztosítani. Az EU 601/2012/ EU rendelete szabályozza a monitorozási rendszert, valamint a 2015/1814 EU határozat rendelkezik működéssről, amelyben a tájékoztatásra vonatkozó kritériumok is megjelenik. Ezek lehetővé teszik az ETS kiegyensúlyozott működését. Az ETS hatályán kívül eső ágazatoknak is hozzá kell járulniuk a kibocsátás csökkentéshez, ezekről az ESR rendelkezik. A LULUCF ágazatai, mint ETS-en kívül eső ágazatok, nagy szerepet játszanak az éghajlatváltozással kapcsolatos küzdelemben, hiszen az Unió területén fekvő erdők szénmegkötése évi 10,9%-ot tesz ki. Így az ágazati kibocsátások és elnyelések elszámolása kiemelkedő szerepet kap a 2021-2030 időszakban. A LULUCF rendeletben meghatározásra került az elszámolások pontos szabályai ágazatonként. Külön rendelkezik az erdőgazdálkodás, szántó, gyepek, vizes területekről, és a faipari termékek elszámolhatóságának szabályairól (Országgyűlés, 2019).

Radikálisan új standard bevezetésére sürgetik az európai tudományos akadémiák az EU törvényhozóit az erdőművi biomassza-felhasználáshoz kapcsolódó üvegházgáz-kibocsátás megfelelő elszámolása és nyilvántartása érdekében. A tudósok szerint az EU ETS jelenleg gyakorlatilag zöld utat ad az erdei biomassza kihasználásának, annak masszív éghajlati hatásai ellenére. A kérdést az EB is vizsgálja, és 2021-re az erdei biomassza energiatermelési célú felhasználására vonatkozó új fenntarthatósági kritériumokat ígér. A LULUCF rendelet 15. pontja kimondja, hogy olyan eszközrendszert kell kialakítani az országok számára, amely biztosítja a biomassza égetésével kapcsolatos kibocsátások LULUCF ágazaton belüli elszámolását. Így kerülhet csak összhangba a nemzetközileg elfogadott, az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) által kiadott útmutatóval. A szervezet folyamatosan monitorozza a faalapú biomassza károsanyag-kibocsátását és külön jelentésben foglalkozott az ezzel kapcsolatos megvalósítási irányokról. Az említett jelentés előírja, hogy a faalapú biomassza égetése csak úgy valósulhat meg, hogy az nem károsítja a gazdaságot, a környezetet és a társadalmat. A Bizottság javaslata a fenntartható biomassza termelés érdekében, hogy a tüzelési célú faalapú biomassza termelésre határértéket határozzanak meg, valamint az ezeket felhasználó létesítmények számára ÜHG kibocsátás megtakarítási minimum százalékot írjanak elő. (IPCC, 2018)

A Visegrádi Négyek környezetpolitikáját nagymértékben befolyásolja az EU irányelvek és az EU rendeletek alakulása. A tagországok mindegyike próbál megfelelni az EU által előírtaknak, így a szakpolitikai intézkedéseket folyamatosan felülvizsgálják és alakítják. A 2004-es csatlakozás óta jelentős jogszabályi átalakuláson ment át mindegyik tagország a környezetvédelem tekintetében is, amelynek alapját képezte az EU intézkedések sorozata. A V4-s országok környezetpolitika intézmény rendszere az EU tag-

országokéhoz hasonlóan alakul. Magyarország kivételével mindegyik ország környezetvédelmi minisztériumot működtet és a szakpolitikai feladatokat horizontális és vertikális kapcsolatok segítségével valósítják meg. Magyarország a környezetvédelmi feladatokat a minisztériumok között megosztva látja el. Az országok szakpolitikájával és a kapcsolódó feladatok részletes kidolgozásával a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia részletesen foglalkozik. A végleges NECP tervek elkészítése és azok végrehajtása ezen intézményrendszerek keretei között fog megvalósulni. Az EB általi elvégzett klímaterv értékelés és a kapcsolódó iránymutatások alapján az országoknak lehetőségük van módosítani az előzetes tervüket (ez szolgált alapul a jelen tanulmány elkészítéséhez is) és növelni a részvételi arányukat. Az Unió 2030. céljának elérése érdekében folyamatos NECP felülvizsgálatokat irányoz elő, amely további támogatást nyújt a tagországok számára, emellett további ösztönzők kialakítására törekszik. Elsődleges szempont, hogy az országok úgy tudják megvalósítani a vállalásaikat, hogy közben a gazdasági fejlődés is biztosított legyen számukra.

Az 1. táblázat segítségével jellemezzük a Visegrádi Csoport országainak NECP terveinek fontosabb pontjait, majd az összehasonlítást és értékelést mutatjuk be, különös tekintettel a LULUCF szektor vonatkozásaira.

1. táblázat

NECP összefoglaló táblázat

	Nemzeti célok és hozzájárulások	Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának kötelező célja (%)	Nemzeti cél/ hozzájárulás a megújuló energiához (%)	Elsődleges energiafogyasztás (Mtoe)	Végző energiafogyasztás (Mtoe)	A villamosenergia-összekapcsolhatóság szintje (%)
Lengyelország	Legfrissebb adat	21	11,30	100,9	71,8	4
	2020	14	15	96,4	71,6	4
	2030	-7	21-23	91,3	67,1	8,70
	A 2030-as ambíciós szint értékelése	az ESR szerint	Csekély (25% a RES képlet eredménye)	Szerény	Szerény	Nincs adat
Csehország	2019	4	14,80	40,1	25,5	19
	2020	9	13	44,3	25,3	23
	2030	-14	20,80	41,3	23,7	>15
	A 2030-as ambíciós szint értékelése	Mint az ESR-ben. Üvegházhatást okozó gáz 2030 - 30% 2005-ig	Csekély (23% alatt RES képlet eredménye)	Alacsony	Szerény	Nincs adat

1. táblázat folytatása

	Nemzeti célok és hozzájárulások	Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának kötelező célja (%)	Nemzeti cél/ hozzájárulás a megújuló energiához (%)	Elsődleges energiaforgasztás (Mtoe)	Végső energiafogyasztás (Mtoe)	A villamosenergia-összekapcsolhatóság szintje (%)
Magyarország	Legfrissebb adat	-10	12,5	24,5	18,5	50
	2020	10	13	24,1	14,4	55
	2030	-7	21	nincs cél	785 PJ (18,7)	60
	A 2030-as ambíciós szint értékelése	Az ESR szerint	Csekély (23% a RES képlet eredménye)	Nagyon alacsony	Nagyon alacsony	Nincs adat
Szlovákia	Legfrissebb adat	-5	11,90	15,8	11,1	43
	2020	13	14	16,4	9,0	59
	2030	-12	19,20	15,7	10,3	52
	A 2030-as ambíciós szint értékelése	Ambiciózus (-20% nemzeti cél)	Csekély (24% a RES képlet eredménye)	Alacsony ambíciójú	Alacsony ambíciójú	Nincs adat

Forrás: (European Commission, 2019), (European Commission, 2020), (European Commission, 2020) (European Commission, 2020), alapján (**Table 1 NECP summary**)

Lengyelország NECP értékelése

A lengyel NECP jól kidolgozottnak tekinthető. Jól áttekinthető az érintett szegmenseket és tervezi az energiaunió 5 dimenziójával. Az ÜHG kibocsátás tekintetében a 2030-ig kötelező érvényű nemzeti célkitűzése, az (EU) 2018/842 rendeletnek megfelelő éves kötelező nemzeti határértékek és az (EU) 2018/841 rendelet szerinti csökkentést vállalja (-7%). Teljesítéséhez a közlekedés, építőipar és mezőgazdasági kibocsátás csökkentését tervezi. Lengyelország számára 10 évre (2021-2030) kompenzációs határértéket rendeltek el, amelynek összege -22,5 millió tonna CO₂-egyenérték (ez a teljes maximális határ, amelyet 10 év alatt fel lehet használni).

2. táblázat

Lengyelország tervezett LULUCF szektor általi ÜHG kibocsátása, Kt CO₂ egyenérték

	2020	2025	2030	2035	2040
Összes ÜHG kibocsátás	397810	403635	404739	370476	333869
LULUCF	-31777,7	-27337,6	-21692,9	-17742,6	-14021,3
%	-7,99%	-6,77%	-5,36%	-4,79%	-4,20%

Forrás: (Ministry of Climate and Environment of Poland, 2019) alapján (**Table 2. Planned GHG emissions from the LULUCF sector in Poland**)

Ehhez tervezetten hozzájárulnak a LULUCF ágazatok, Lengyelország nem zárja ki az ESR / LULUCF rugalmassági mechanizmus alkalmazását. A 2. táblázatban látható Lengyelország LULUCF szektora általi ÜHG kibocsátás tervezett mennyisége. A negatív értékek megerősítenek minket abba, hogy a Lengyel Köztársaság jogosult igénybe venni a fent említett rugalmassági mechanizmust. A LULUCF általi szénmegkötés pedig jelentős mértékben biztosított. Várhatóan a LULUCF ágazat részesedése az összes ÜHG kibocsátásból csökkenni fog, de ezzel egyetemben az össz ÜHG kibocsátás is csökkenést mutat. Az egyes légköri szennyező anyagok nemzeti kibocsátásának csökkentéséről, a 2003/35 / EK irányelv módosításáról és a 2001/81 / EK irányelv (NEC irányelv) hatályon kívül helyezéséről szóló, 2016. december 14-i 2016/2284 irányelv arra kötelezi Lengyelországot, hogy két időszakban hajtsa végre szennyezés csökkentési céljait, nevezetesen 2020-2029 és 2030 (a 2005. referenciaévhez viszonyítva). A célkitűzések a következők:

- 59% és 70% SO₂-re,
- 30% és 39% NO_x-re,
- 25% és 26% NMVOC-ra,
- 1% és 17% NH₃-ra,
- 16% és 58% PM_{2,5}-re.

A megújuló energia hozzájárulás az ország NECP tervezetében csekély ambíciójú (21-23%-os) hozzájárulást vállal. A RES képlet alapján azonban az Unió további vállalás növelést javasol Lengyelország számára. A tervezet nem rendelkezik pontos intézkedési tervvel, sem politikával, hogy milyen módon szeretné megvalósítani a kitűzött célokat. Viszont fontos, hogy a megújuló energia egyre nagyobb teret nyerjen az üzleti lehetőség és a munkahelyek létrehozásában. 2009. április 23-i 2009/28 / EK európai parlamenti és tanácsi irányelv arra kötelezi Lengyelországot, hogy 2020-ra a megújuló energia minimális 15% -os arányát érje el a bruttó végső energiafogyasztásban.

Az Európai Parlament és a Tanács 2012/27 / EU irányelve (2012. október 25.) az energiahatékonyságról, a 2009/125 / EK és a 2010/30 / EU irányelv módosításáról, valamint a 2004/8 / EK és a 2006/32 / EK irányelv hatályon kívül helyezéséről, a 2018. évi felülvizsgálatával (a továbbiakban: 2012/27 / EU irányelv) módosított keretet hoz létre az energiahatékonyság javítását elősegítő intézkedések kereteihez az EU-ban annak érdekében, hogy 2020/2030-ig biztosítsák az EU energiahatékonysági célkitűzését. Mindezek alapján az EU

lehetőséget ad minden tagállam számára, hogy indikatív nemzeti energiahatékonysági célt tűzzön ki, amely primer vagy végső energiafogyasztáson, primer vagy végső energia megtakarításon vagy energiaintenzitáson alapul. Lengyelország hozzájárulása az 1. táblázatban olvasható. Az energiabiztonság megteremtése a tervezet fontos eleme. Lengyelország kész intézkedéseket és politikát állított össze a hatékony tevékenység megvalósítás érdekében. A legnagyobb megoldandó problémaként az energiafüggőség diverzifikálását határozta meg.

A belső energia piac dimenziójában a lengyel tervezet átfogó módon rendelkezik a politikával és intézkedésekkel többek között beruházásokat tervez az áramlás javítására a térségben, Németország, Csehország és Szlovákia bevonásával. A villamosenergia belső piacáról szóló (EU) 2019/943 európai parlamenti és tanácsi rendelet értelmében 2020. január 1-jétől az átviteli rendszer-üzemeltetőknek maximalizálniuk kell a határokon átnyúló kereskedelem számára kínált összekapcsolási kapacitást. Erre külön nemzeti tervet készített a lengyel kormány. Feltehetően a megtervezett intézkedések az egész Unió területére kedvező hatásokat gyakorolnak.

A Kutatás és innováció területét figyelembe véve, a politikák és intézkedések már rendelkezésre állnak. Az „Energia innovációs fejlesztési irányai” című kiadványban. 2025-re egymillió elektromos jármű használatát tervezi A NECP GDP 2,5 %-ának megfelelő beruházási igényeket ír elő az energia termelő ágazatok számára, annak érdekében, hogy a célkitűzések megvalósulhassanak. A tervezet különféle magas szintű regionális együttműködésekre és kétoldalú kezdeményezésekre utal (Visegrádi Csoport). Lehetséges együttműködés fokozása a belső piac az átmeneti kérdések, a dekarbonizáció és a megújuló energiaforrások kiépítésének szervezésében (Ministry of Climate and Environment of Poland, 2019).

Csehország NECP értékelése

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/842 rendelete Csehország számára kötelező érvényű, az előző tagországhoz képest magasabb kibocsátás-csökkentési célt határoz meg 2005-höz képest (-14%). Az ÜHG kibocsátás csökkentése során fontos az egészségügyi kockázatok csökkentése. Ennek részeként bevonásra kerülnek a helyi termelők, vállalkozók, valamint a háztartások és épületek energiahatékonyságnak növelése. Emellett a közlekedés kibocsátásnak csökkentésére dolgoztak ki részletes terveket. A Cseh Köztársas-

ság elkötelezettségét az ÜHG kibocsátás csökkentése érdekében az is megmutatja, hogy tanulmányokat, terveket, stratégiákat készítettek és összhangba hozták az Unió elvárásokkal. Kész politikai és intézkedési alap áll rendelkezésükre 2020-tól 2030-ig.

3. táblázat

Csehország tervezett LULUCF ágazat ÜHG kibocsátása, Kt CO₂ egyenérték

	2020	2025	2030	2035	2040
Összes ÜHG kibocsátás	125940	114200	109210	98390	92910
LULUCF	1250	-1090	-490	-610	-100
%	0,99%	-0,95%	-0,45%	-0,62%	-0,11%

Forrás: (Ministry of the Environment of the Czech Republic, 2019) alapján
(**Table 3.** *Planned GHG emissions from the LULUCF sector in Czech Republic*)

A Cseh Köztársaság valószínűleg nem tudja használni a rugalmasságot az (EU) 2018/842 rendelet 7. cikkével összhangban. Az erdőgazdálkodás szerepe megváltozik az elkövetkezendő években. A kéregbogár katasztrófa következtében a fakitermelés jelentősen megnövekedett az elmúlt években. A kezelt erdőterületek ÜHG kibocsátása nem tudja megvalósítani a nullszaldós kibocsátás követelményét. A 3. táblázatban láthatjuk, hogy a LULUCF ágazat ÜHG kibocsátása pozitív értéket vesz fel 2020-ban, valamint a későbbiekben is csak csekély mértékben billen át a negatív irányba. A LULUCF ágazat részesedése az össz ÜHG kibocsátásból Csehország esetében meglehetősen gyengébben alakul, mint Lengyelország tekintetében. A fent említett ok, valamint az új erdő telepítések következtében.

Csehország a megújuló energiaforrások növeléséhez hasonló arányt biztosít, mint Lengyelország. Csehország vállalja, hogy az energiaunió irányításáról és az éghajlatváltozásról szóló (EU) 2018/1999 rendelet 4. cikkének (2) bekezdése alapján 2022-ig 14,62% -os részesedést ér el, és 2025-ig 16,87% -ot, majd 18,85% -ot 2027-ig. RES képlet által számított érték esetében azonban Csehország esetében magasabb arány növekedést várnak el.

Energiahatékonyság és biztonság tekintetében a 2012/27 EU irányelv 3. cikkében meghatározottak szerint, Csehország célként a végső energia megtakarítást 84 PJ-t illetve 464 PJ kumulált értékben határozza meg, amely megfelel az évenkénti minimális 0,8%-os energia-megtakarítás követelményének. Az energia biztonság tekintetében átfogó politikai és intézkedési kereteket hatá-

roztak meg, valamint az importenergia-függőség csökkentésében látják a megoldást. 2030-ig 65%-kal tervezik csökkenteni az energia függőséget, majd további -5%-os csökkentést tervnek 2040-ig. Látható, hogy Lengyelországhoz hasonlóan nagyobb hangsúlyt fektetett Csehország is az energiabiztonság dimenziójára.

A belső energia piac dimenziójának vizsgálata alapján elmondható, hogy általában megfelel a cseh állam a 15%-os célnak, mivel maximális terhelés alatt a beépített kapacitások 50%-a áll. Így az ország a saját belsőenergia piacának fejlesztésére koncentrál.

Innováció és kutatás területen Csehország nem határozott meg külön K+F intézkedéseket. Más állami támogatású kutatási és innovációs tevékenységeket, kiadványokat, stratégiákat viszont megnevezett, amely az ország energia és éghajlat-politikáját segíti elő (Ministry of the Environment of the Czech Republic, 2019).

Magyarország NECP értékelése

ÜHG kibocsátás tekintetében Magyarország az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/842 rendelete alapján 2021-2030 közötti időszakra a kötelező kibocsátás csökkentést vállalja (-7%), amelyben érvényesíteni kívánja az ESR rendeletet. A cél megvalósítását az atomerőművek fejlesztésével, a lakossági fűtésrendszerek átalakításával, a közlekedés zöldítésével, a mezőgazdaság támogatásával (HMKÁ), valamint a hulladékgazdálkodás fejlesztésével és – a Nemzeti Erdőstratégiával összhangban – a szénmegkötés elősegítésével tervezi.

A 4. táblázatban láthatjuk, hogy az időszakban várhatóan folyamatosan csökkeni fog a LULUCF ágazat általi elnyelés. Hasonlóan Lengyelországhoz, bár volumenbeli eltérések az országok között jelentősek. Mind az össz ÜHG kibocsátás mind a LULUCF ágazat általi kibocsátások tekintetében. A LULUCF ágazat kibocsátásának részesedése az össz ÜHG kibocsátásból 5% körülre prognosztizálható. Magyarország esetében az össz ÜHG kibocsátás mértéke jelentősebb mértékű csökkenés figyelhető meg mint ez előző országok esetében.

4. táblázat

Magyarország tervezett LULUCF ágazati ÜHG kibocsátása, Kt CO₂ egyenérték

	2021	2022	2025	2027	2030
Összes ÜHG kibocsátás	63210	61945	55131,762	51823,85628	49750,902
LULUCF	-3120,377	-3002,615	-2811,168	-2653,964	-2327,608
%	-4,94%	-4,85%	-5,10%	-5,12%	-4,68%

Forrás: (Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2019) alapján
(Table 4. Planned GHG emissions from the LULUCF sector in Hungary)

Megújuló energia dimenziójának esetében Magyarország a bruttó végső energiafogyasztásban legalább az *1. táblázatban* említett megújuló energiaforrás részarányt tűzte ki célul. Megvalósítása a hűtés-fűtés rendszer megújuló energia arányának növelése (2030-ra 30%) és a közlekedés részarányának növelésében (2030-ra 14%) rejlik. Magyarország a bruttó végső villamosenergia-fogyasztásban a megújuló források arányát 2030-ra legalább 20%-ra kívánja növelni. Magyarország tekintetében a megújuló energia dimenziója jelentősebb hangsúlyt kap, mint a többi tagország esetében. Ezt a tervezett részarányok növekedése volumene támasztja alá. Azonban a RES képlet eredménye alapján az országnak még ennél is jelentősebb mértékben kellene növelni a megújuló energia részarányát az összenergia-felhasználásból.

Energiahatékonysági célkitűzése a magyar államnak, hogy az ország végső energia-felhasználása 2030-ban se haladja meg a 2005-ös értéket (*785 PJ*). A végső energiafelhasználás 2005-ös szintet meghaladó növekedése esetén a növekmény kizárólag karbonsemleges energiaforrásból származhat. A hozzájárulás mértéke meglehetősen alacsony, amelyet a gazdasági helyzet alakulására hivatkozva vállalt az ország. Fontos, hogy a vállalás úgy valósuljon meg, hogy közben a gazdasági folyamatok ne sérüljenek. Kiemelkedően fontosnak tartják, hogy a GDP növekedésének az üteme nagyobb mértékű legyen, mint az energiafelhasználás növekedésének üteme. A kitűzött cél érdekében külön stratégiát és politikai alapokat hoztak létre. A klíma terv alapján jól látszik, hogy Magyarország jelentős hangsúlyt fordít erre a dimenzióra is.

Energiabiztonság dimenziója esetében Magyarország tervében kitér arra, hogy a legfontosabb cél az, hogy az energiafüggetlenségét erősítse, a következő eszközök segítségével: az energiahatékonyság növelése, megújuló energiaforrások fenntarthatóságának maximalizálása, nukleáris kapacitások biztonságos szinten való tartása. Ezzel az importfüggőség csökkenését, a piaci integráció erősítését és a diverzifikált ellátási lánc kialakítását kívánja elérni. Az energiabiztonság dimenziójában Magyarország tervében visszautal az előző két dimenzió fontosságára. Megállapítható, hogy az állam számára ezen dimenziók fejlesztésén van a legnagyobb hangsúly, hasonlóan ez előzőekben vizsgált tagországokhoz.

Belső energiapiac keretében a villamosenergia-rendszer összeköttetésre vonatkozó EU-s célszámot Magyarország már most is jelentősen meghaladja. Ennek ellenére a rendszer összeköttetések arányát 2030-ra növelni szeretné.

A kitűzött cél megvalósításához piaci integráció erősítésére van szükség. Ezen túlmenően, az ezzel kapcsolatos projektek előmozdítása szükséges.

Magyarország K+F+I dimenzió esetében több stratégiát és tervet készített el, valamint további tervek készítését vetítette előre. Hiszen a klímaváltozás ellen hatékonyan csak folyamatos kutatások mellett lehet fellépni. Az ezzel foglalkozó ágakat kívánja jelentős mértékben támogatni, ösztönözni. Magyarország célja, hogy 2030-ig legalább 20 kísérleti innovációs projektet hajtson végre, amelyek megvalósítása során legalább 10 szabadalom jöjjön létre (Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2019).

Szlovákia NECP értékelése

Dekarbonizáció megvalósítása érdekében Szlovákia igénybe szeretné venni az ESR rendeletet, így az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/841 rendelete (2018. május 30.) által kiszabott kötelezőség mértékét vállalja (1. táblázat). Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának és a földhasználatból, a földhasználat megváltoztatásából és az erdőgazdálkodásból származó 2030-as éghajlat- és energiaügyi keretbe történő felvételéről, valamint a (Az 525/2013 / EU és az 529/2013 / EU határozatot 2018-ban fogadták el. A 2014-ben elkészítette és 2018-ban felülvizsgált NAS program részletesen rendelkezik a megvalósításról, amelyet a Szlovák Köztársaság kormányának 478/2018. Sz. határozata hagyta jóvá.

A LULUCF szektor tekintetében az előre jelzések szerint a CO₂ megkötése a 4 600–9 000 Gg CO₂ tartományba fog esni. Az 5. táblázat megmutatja, hogy tervezetten Szlovákia LULUCF ágazati ÜHG kibocsátása tartósan és mélyen negatív értékeket mutat. Így az előzőekben említett CO₂ megkötési tervzet megvalósulása alátámasztásra került. Láthatjuk Szlovákia esetében, az össz ÜHG kibocsátás volumene sokkal alacsonyabb, mint az előzőekben vizsgált országok esetében. A LULUCF ágazat általi kibocsátások, pedig magasabb értékeket vesz fel mint Magyarország vagy Csehország. Az 5. táblázat utolsó sora alapján elmondható, hogy Szlovákia LULUCF ágazatainak részesedése az össz ÜHG kibocsátásból kétszer annyi, mint Magyarország és Lengyelország tekintetében, valamint több min tízszerese Csehország esetében megfigyelt részesedésének. Szlovákia szerencsés helyezte a földrajzi adottságainak köszönhető. Az ÜHG kibocsátás alacsonyabb értékét pedig befolyásolja a gazdaságban megjelenő ÜHG igényes ágazatok alacsonyabb részaránya az előző országokhoz képest.

5. táblázat

Szlovákia tervezett LULUCF ágazati ÜHG kibocsátása, Kt CO₂ egyenérték

	2020	2025	2030	2035	2040
Összes ÜHG kibocsátás	42355	42046	41399	39526	38521
LULUCF	-6 145,05	-5 040,44	-4 434,01	-4 155,84	-4 231,16
%	-14,51%	-11,99%	-10,71%	-10,51%	-10,98%

Forrás: (Slovak Ministry of Economy, 2019) alapján

(Table 5. Planned GHG emissions from the LULUCF sector in Slovakia)

Megújuló energia tekintetében a Szlovák Köztársaság 2030-ra vállalt részarány, 5,2 százalékpontos növekedést jelent a 2020-ra kitűzött célhoz képest. A rendelet 4. cikkének (2) bekezdésében foglalt követelmények alapján a 2022, 2025 és 2027 14,94%, 16,24% és 17,38% a cél. A megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos célkitűzések megvalósításához szükséges teljes beruházási költségeket 4,3 milliárd euróra becsülik. Ezek a beruházási költségek magukban foglalják a villamos energia- és fűtési ágazat költségeit is. A tervezett lépések hasonlóan alakulnak, mint ahogy Magyarország esetében már megfigyelhettük. A RES képlet eredménye alapján azonban további vállalás növelést javasol az EB.

Energiahatékonyság esetében a Szlovák Köztársaság hozzájárulása csekélynek mondható. Viszont két lehetséges forgatókönyvet hozott létre, így elhivatottság látszik a témával kapcsolatosan. E forgatókönyvek kidolgozásakor a kiindulópont az alacsony szén-dioxid-kibocsátású növekedési tanulmány volt. A kidolgozott forgatókönyvekben ipari technológiák fejlesztését a közlekedés innovációját, atom- és villamos energia átalakulását nevezte meg főbb mechanizmusoknak a dimenzió kielégítéséért.

Energia biztonság a Szlovák Köztársaságban az áramellátás biztonságának megőrzésével kapcsolatos kötelezettségeket és felelősségeket a 251/2012. Sz. Törvény (az energiáról szóló törvény, valamint néhány más törvény módosításáról és kiegészítéséről) határozza meg. Ezen felül intézményi és politikai felkészültséggel rendelkezik az ország a dimenzió biztosítása érdekében. Kitér arra, hogy az energiafüggőség csökkentésében rejlik az energia biztonság megteremtése. Összevetve a többi tagországgal látható, hogy a V4-ek tekintetében ebben a dimenzióban a legnagyobb problémakör az energiafüggőség és annak csökkentésének lehetőségei.

Belső energia piac kialakítása érdekében a Szlovák Köztársaság 2017-ben is magas átviteli rendszer-összekapcsolási szintet ért el, valamint a tanulmányok szerint várhatóan tovább fog növekedni 2030-ra. Szlovákia így teljesíti az Unió által elvárt követelményeket a Bizottság 2017. novemberi jelentése szerint, amely rendelkezik az összekapcsolások minimum százalékáról. A TYNDP 2018. elemzése szerint a Szlovák Köztársaság az első két kritériumban az összes megfontolt forgatókönyv esetében 60% feletti összekapcsolási szintet ér el. Azaz a feltételezett maximális terhelés 230–250% -án termikus importkapacitást és termikus export kapacitást vetít előre a tervezett telepített megújuló energiatermelés 160–282% -ának szintjén.

Szlovákia évente K+F elemzést végez az OECD-el együttműködve. A releváns információk terjesztésével több intézmény lett megbízva, arra átfogó rendszer lett kiépítve. Ezáltal naprakész jelentések állnak rendelkezésre a döntéshozók számára a források alakulásáról és a projektről. Pontos tervezetekben rendelkeznek a források alakításáról és az érintett területekről 2020-2024 –es időszakra, kitekintéssel 2029-re (Slovak Ministry of Economy, 2019).

KÖVETKEZTETÉSEK

A V4-ek vállalásai megfelelnek az EU elvárásainak, azonban ambíciójuk mind az 5 dimenzió területén alacsony. A V4-ek közül három tagország jogosult igénybe venni az ESR rendelet mechanizmusát, amely lehetőséget ad a LULUCF ágazatban tervezett ÜHG elnyelési értékeinek bizonyos mértékű érvényesítésére. Ezeket figyelembe véve az országok az EU által elvárt minimum szintű csökkentést vállalták az ÜHG tekintetében. A többi dimenzió esetében is törekedtek az országok a minimum követelmények szintjén maradni. A megújuló energia dimenziójának tekintetében, minden ország esetében a RES képlet alapján elmondható, hogy a vállalások növelése szükséges. Az energiahatékonyság terén egyedül Lengyelország esetében, figyelhettük meg, hogy a szerény (5%) hozzájárulási ambícióval rendelkezik. Csehország és Szlovákia esetében alacsony (0-5%), míg Magyarország esetében pedig nagyon alacsony (0% alatti) hozzájárulási ambíciót láthattunk. Az energiahatékonyság alacsony hozzájárulás mértékét a COVID-19 járvány által bekövetkezett gazdasági veszteségre hivatkozva állították be a tagországok. Energiabiztonság tekintetében az import függőség legyőzése a legfontosabb mindegyik ország számára. Ennek elérése érdekében az országcsoporton belüli együttműködésnek jelentős szerepe lehet a következő időszakban az együttműködések növelésével. A belső energiapiac dimenziójánál az összekapcsolások tervezésének tekintetében

ben a hozzájárulási hajlandóság meglehetősen alacsony. Hiszen mindegyik ország esetében a belső energia piaci összekötetések elérik az Unió által előírt értékeket. Az összekapcsolhatóságot ugyan növelni fogják az országok, de nem túl jelentős mértékben. K+F+I esetében pedig sajátos módon rendelkeznek a következő időszakra vonatkozó terveikről. Amelyek leginkább az országok egyes igényeik kielégítésre szolgálnak.

A tagországok vállalásainak különbségét az eltérő nemzetgazdasági felépülés, valamint az eltérő földrajzi viszonyok okozhatják. Az országok közötti különbségek értékelés során nem hagyható figyelmen kívül húzóágazatok közötti jelentős differenciáltság sem. Az országok elkötelezettségét nagymértékben befolyásolja a nagy energiaigényű és a jelentős ÜHG kibocsátású ágazatok aránya a nemzetgazdaságon belül. Leginkább Lengyelország és Csehország tekintetében jelent ez problémát a nehézipar és a szénalapú energiatermelés miatt. Szlovákia és Magyarország esetében ez kevésbé érvényesül, illetve ezen országok esetében a földrajzi adottságok kedvezőbben alakulnak, mint az előző két ország esetében. Az utóbbi országok tekintetében a LULUCF ágazatok általi elnyelések kedvezőbben alakulhatnak, mint az előzőek esetében. Összességében elmondható, hogy a tagországok mindegyike számára nagy kihívásokat rejtget a következő időszak célkitűzéseinek megvalósítása. A visegrádi együttműködés erősítése azonban segítséget és támogatást nyújthat a tagországok számára.

Az áttekintett környezetvédelmi politikai szegmens rámutat arra, hogy miért is fontos szigorú szabályozások közé kötni a környezetvédelmet. A tervek értékelése során megmutatkozott melyik ország milyen mértékben hajlandó hozzájárulni az EU 2030-as céljához, illetve milyen lépéseket kíván megtenni. A vizsgálataink alapján jól látható, hogy a NECP kidolgozottságok és vállalások jelentősen eltérnek egymástól, valamint az országok készségi szintje is különböző. A részvételi hajlandóságot nem csak az államok egyéni vállalásai, hanem az EU által előírt kötelezőségek is alakítják. Kiemelésre kerültek a LULUCF ágazatok által tervezett ÜHG kibocsátás/elnyelés szintek, valamint bemutatásra került az ETS rendszerében és azon kívül eső ágazatok hozzájárulása a kibocsátás csökkentéshez. A LULUCF, mint ETS-en kívül eső ágazat hozzájárulása jelentős, de a fakitermelés valamint a hozzákapcsolódó biomassa égetéssel kapcsolatos légszennyező kibocsátások elszámolása tekintetében még az intézkedések hiányosak, felülvizsgálatuk szükséges az Európai Parlament részéről.

Köszönetnyilvánítás: A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-20-2 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT és AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-20-3-II KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.



IRODALOMJEGYZÉK

- Az Európai Unió Működéséről szóló Szerződés Egységes Szerkezetbe Foglalt Változata. (2012.). *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*, 132-133.
- Európai Bizottság. (2019). *Az európai zöld megállapodás COM (2019) 640 final*. Forrás: [Link](#)
- Európai, B. (2014). *Közérthetően az Európai Unió szakpolitikáiról*. Forrás: [Link](#) (letöltve 2021.06.11)
- European Commission. (2019). *United in delivering the Energy Union and Climate Action - Setting the foundations for a successful clean energy transition SWD (2019) 212 fina*. Forrás: [Link](#)
- European Commission. (2019). Assessment of the draft National Energy and Climate Plan of Czechia., (old.: 4-5). Brüsszel.
- European Commission. (2020). Assessment of the final national energy and climate plan of Hungary., (old.: 4). Brüsszel.
- European Commission. (2020). Assessment of the final national energy and climate plan of Poland., (old.: 4). Brüsszel.
- European Commission. (2020). Assessment of the final national energy and climate plan of Slovakia. Brüsszel.
- EUROSTAT., D. (2021). Forrás: [Link](#) (utolsó letöltés: 2021.02.11)
- Innovációs és Technológiai Minisztérium. (2019). Nemzeti Energia-és Klímaterv., (old.: 19,45-46).
- IPCC. (2018). *A megújuló energia a fenntartható vidékfejlesztés szolgáltatában: jelentős potenciális szinergiák, amelyek azonban nagyrészt kiaknázatlanok*. Luxemburg : Európai Számvevőszék 29-34.
- Ministry of Climate and Environment of Poland. (2019). The National Energy and Climate Plan for 2021-2030, Objectives and targets, and policies and measures., (old.: 22-39).
- Ministry of the Environment of the Czech Republic. (2019). National Energy and Climate Plan of the Czech Republic., (old.: 3,27-29).
- Országgyűlés Hivatala. (2020). Európai Zöld Megállapodás. *Infojegyzet, 2020/58 szám, 2.*
- Országgyűlés, H. (2019). Az Európai Unió kibocsátási-kereskedelmi rendszere. *Infojegyzet*, 1-3.
- Slovak Ministry of Economy. (2019). Integrated National Energy and Climate Plan for 2021 to 2030., (old.: 7-11,39-43).
- Szepesi, A. (2015). Az erdőgazdálkodás szabályozása az EU klímapolitikai céljainak elérése érdekében. NAIK ERTI szemináriumi előadás, Sárovar, Vas (3-10 ppt). [Link](#) (letöltve 2021 02.12)





© Copyright 2021 by the authors. This is an open access article under the terms and conditions of the Creative Commons attribution ([CC-BY-NC-ND](#)) license 4.0.



Szakcikk

Szomszédsági hatások a világ kukorica piacán 1996 és 2015 között

SZERB András Bence ¹, FERTŐ Imre ^{1,2}, CSONKA Arnold ^{3*}

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Kaposvár 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

² Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, 1097 Budapest, Tóth K. u. 4.

³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Üzleti Szabályozás és Információmenedzsment Intézet, Kaposvári Campus, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ABSTRACT - Neighbourhood Effects on the world maize market between 1996 and 2015 (Article)

Author: András Bence SZERB¹, Imre FERTŐ^{1,2}, Arnold CSONKA³

Affiliation: ¹ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Doctoral School in Management and Organizational Science, Kaposvár, 7400 Kaposvár Guba Sándor u. 40. ² Centre for Economic and Regional Studies, 1097 Budapest Tóth K. u. 4. ³ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Dpt. of Business Controlling and Information Management, 7400 Kaposvár Guba Sándor u. 40.

The globalization of agriculture has significantly transformed the world trade of maize. The market growth of recent decades, the increase in the number of free trade agreements and territorial concentration justify the study of neighbourhood effects. Although the literature on neighbourhood effects has previously focused almost exclusively on the industrial and service sectors, an examination of the agricultural sectors has also become increasingly common in recent years. The aim of the study is to present spatial dependence as a phenomenon indicating neighbourhood effects in the world maize market between 1996 and 2015. The article analyses spatial dependence in the maize market using Moran's global and local I indicator, covering the effects of temporal dynamics of neighbourhood effects. Our results confirmed that the expansion of the maize market has led to an increase in spatial dependence, mainly limited to only few regions. In the global maize market, we were able to identify the presence of three hot zones in North America, South America, and Europe.

Keywords: agriculture, corn, neighbourhood effect, corn exports

BEVEZETÉS

Szomszédsági hatás alatt az egymással szomszédos területegységek bizonyos társadalmi-gazdasági folyamatának, paramétereinek hasonlóságát, együtt mozgását értjük (Nemes Nagy, 2005). Plasztikusabban, Tobler (1970) szavaival élve: „minden összefügg mindennel, de az egymáshoz közelebb eső dolgok szorosabban függenek össze”. A téma szakirodalmá a közelmúltig elsősorban az ipari és szolgáltatási szektorra koncentrált (Fujita és mtsai, 1999; Cheng és mtsai, 2014; Csuvár és Barna, 2020; de la Mata és Llano-Verduras, 2011) vagy

*CORRESPONDING AUTHOR

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Kaposvári Campus

✉ 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40., ☎ 82/502-011; 82/502-020

E-mail: csotka.arnold@uni-mate.hu

egyres országok, régiók vagy ország csoportok gazdaságára (Yang és mtsai, 2017; Combes és Overman, 2004). Az elmúlt években több olyan tanulmány jelent meg, amelyek a szomszéd-sági hatás jelentőségét igazolják a mezőgazdaság különböző területein is. Kutatások széles köre vizsgálja az agglomerációs és szomszéd-sági viszonyokat az ökológiai gazdálkodás területén (Allaire és mtsai, 2015; Schmidtner és mtsai, 2012), továbbá azok hatását az ökológiai gazdálkodás terjedését tekintve (Risgaard és mtsai, 2007; Ilbery és Maye, 2010). Kutatásokat találhatunk a témakört illetően a mezőgazdaság további szektoraiban is, például a tejtermelést (Isik, 2004; Mulatu és Wossink, 2014), a sertéshústermelést illetően (Csonka és Fertő, 2017; 2020; Nene és Schoengold, 2019), illetve az agrárerdészet területéről is (Csonka és mtsai, 2018a; 2018b).

A gabonatermékekhez kapcsolódó agglomerációs hatásokat is számos tanulmány elemzi. Neumann és mtsai. (2010) tanulmányukban a gabonatermesztés hatékonyságához és a globális gabonatermelés magasabb hozamaihoz szükséges tényezőket elemezték. Eredményeik szerint a búza, a kukorica és a rizs jelenlegi tényleges hozamai a potenciáljukhoz viszonyítva átlagosan rendre csak 64- 50-, illetve 64 százalékosak.

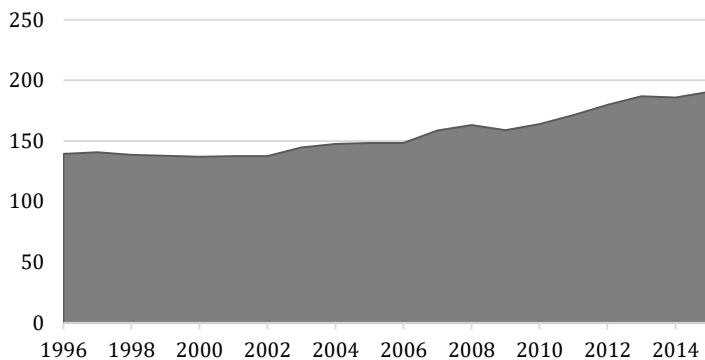
Holmes és Lee (2012) Észak-Dakotára vonatkozó vizsgálata szerint a szántóföldi növénytermesztés területi koncentrációja mindössze kétharmad részben magyarázható természeti (domborzati, talajminőségi, klíma) adottságokkal, míg egyharmad részben a területi koncentráció agglomerációs és szomszéd-sági előnyökre vezethető vissza. Sweeney és mtsai. (2013) szerint a Mexikóban tradicionálisnak számító kukorica termesztés a vizsgálati időszak másfél évtizedében jelentős intézményi és gazdasági változásokon ment keresztül. A belső támogatási rendszer és a nemzetközi piaci integrációk következtében az ország USA-val szembeni kukoricaimport-függősége, jelentős növekedésnek indult a 20. század utolsó évtizedében, és ez hatással volt a kukorica termőterületek földrajzi elhelyezkedésére is. McWilliams és Moore (2013) arra a következtetésre jutottak, hogy az Egyesült Államok kukoricaövezetében a kukoricatermesztés területi elhelyezkedését csak részben magyarázzák a természeti előnyök. A térszerkezetre jelentős befolyást gyakorol az export és import piacok földrajzi közelsége. Az eddigi kutatások megerősítik, hogy a mezőgazdaság különböző területein az agglomerációs hatások fontos térszerkezet alakító tényezőként lehetnek jelen.

A globális kukoricaexport területi mintázatát, valamint a szomszéd-sági viszonyok exportra gyakorolt hatást eddig még nem vizsgálták meg. Tanulmányunkban, első lépésként e hiány pótlására, azt vizsgáljuk, hogy 1996 és 2015 között a világ országainak kukoricaexportjában felfedezhetőek-e szomszéd-sági hatások, pontosabban szomszéd-sági hatásokra utaló térbeli függőség.

A tanulmány a következőképpen épül fel. Először röviden bemutatjuk a globális kukoricapiac fontosabb folyamatait a vizsgált időszakban, majd áttekintést adunk a kutatásunkban használt módszerekről és adatokról. Ezt követően ismertetjük a kutatás főbb eredményeit, továbbá az azokból levonható következtetéseket.

A VILÁG KUKORICAPIACA

A nemzetközi kukoricapiaci statisztikák azt mutatják, hogy a kukorica teljes vetésterülete 1996 és 2015 között 142 millió hektárról 187 millió hektár fölé emelkedett, ami több mint 31 százalékos növekedést jelent (1. ábra). A vizsgált időszakban a globális piacot meghatározó Egyesült Államok a termőterületét 10 százalékkal növelte, 29 millió hektárról 32 millió hektár fölé. Az EU kukorica termő területe 8,3 millió és 10,4 millió között ingadozott, mindeközben jelentős növekedés volt megfigyelhető a Brazília, Oroszország, India, Kína, Dél-Afrikai Köztársaság, azaz a BRICS országcsoport esetében, mely másfélszeresére emelte termőterületét az elmúlt évtizedekben (FAO, 2020).

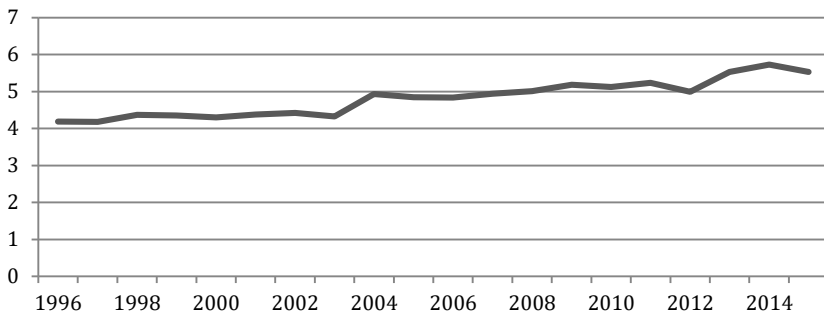


1. ábra

Kukorica vetésterülete 1996-2015 között (millió hektár) Forrás: Saját számítás FAO (2020) alapján (**Figure 1. Maize sown area 1996-2015 (million hectares)**)

A kukoricahozam tekintetében (tonna/hektár), a folyamatos technológia fejlődésnek és a hatékonyabb növényvédőszer használatnak is köszönhetően, az világszerte emelkedését figyelhetjük meg. Míg 1996-ban 4,19 tonna/hektáros volt a kukorica átlagtermés, addig 2015-ben több mint 30 százalékkal magasabb, 5,53 tonna/hektáros átlagtermést takarítottak be a gazdálkodók (2.

ábra). Az átlagtermések tekintetében a világpiacon is domináló Egyesült Államok hozamai voltak a legmagasabbak, ám a periódus során a legnagyobb átlaghozam emelkedés a BRICS ország csoport tekintetében volt megfigyelhető (OECD, 2019).

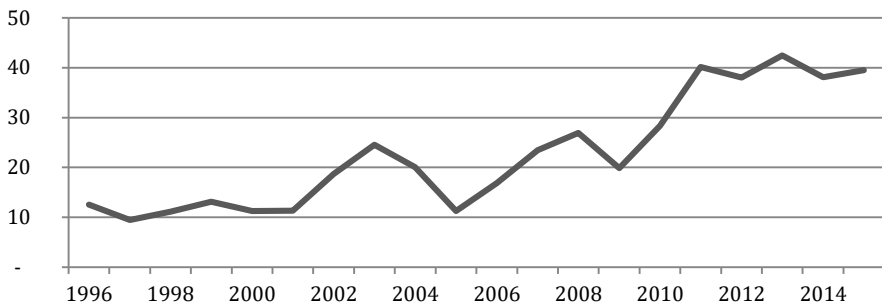


2. ábra

A világ kukorica hozamainak alakulása a vizsgált periódusban tonna/hektárban. Forrás: Saját számítás OECD (2019) alapján (**Figure 2.** Development of world maize yields in tonnes / hectare during the study period)

A globálisan rendelkezésre álló készletek jelentősen emelkedtek 1996 és 2015 között. Az OECD (2019) adatai szerint az általunk vizsgált periódus elején a globális termés 600 millió tonna alatt volt, ugyanakkor 2013-tól már folyamatosan meghaladta az 1 000 millió tonnát, ami 74%-os emelkedést jelent. Az Egyesült Államok ezen a területen is tovább növelte dominanciáját, saját készlete 31 százalékkal emelkedett, míg a BRICS országcsoport (Brazília, Oroszország, India, Kína, Dél-Afrika) a vizsgált két évtized során duplájára emelte a rendelkezésre álló készletét. Az Európai Unió 50 és 77 millió tonna közötti készletértéket mutatott.

A kukoricaszektor egy folyamatosan globalizálódó ágazat. A Világbank adatai alapján elmondható, hogy a kereskedelemben is jelentős bővülés volt megfigyelhető a vizsgált periódus két évtizedében. Míg 1996-ban a kukoricaexport értéke alig haladta meg a 12 000 millió dollárt, addig 2011-től több alkalommal is átlépte a 40 000 millió dolláros forgalmat, ami – igaz, nominális értéken – több mint háromszoros emelkedést jelent a kereskedelem tekintetében (3. ábra).



3. ábra

Globális kukorica kereskedelem alakulása 1996-2015 között (milliárd \$) *Forrás: Saját számítás (World Bank, 2017) alapján (Figure 3. Global trade development of maize 1996-2015 (\$ Billion))*

ADAT ÉS MÓDSZERTAN

A kukoricaexport térbeli függőségét több lépésben vizsgáljuk. A térbeli függőség jelenlétét a területi autokorreláció mérésével és tesztelésével vizsgáljuk.

Az autokorreláció mérésére az egyik legelterjedtebb módszert (*Tiefelsdorf, 2002*), a Moran-féle I mutatót alkalmazzuk. A mutatónak globális és lokális változata van. A globális Moran-féle I méri az összes adatpont között fennálló térbeli autokorrelációt, vagyis azt, hogy a teljes adatkészlet térbeli mintázatára jellemző-e a térbeli függőség (*Zhang és mtsai, 2016*). A globális Moran-féle I képlete:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}}, \quad (1)$$

ahol n az megfigyelési egységek (országok) számát jelöli, x_i és x_j az i -edik és j -edik ország éves kukoricaexport-értékének természetes alapú logaritmusát, valamint w_{ij} a sorstandardizált "királynő" típusú szomszédsági súlymátrix i -edik sorban és j -edik oszlopban található eleme. A mátrix elemei két ország szomszédsági kapcsolatát fejezik ki, sorstandardizálás előtti értéküket az alábbi szabály alapján határozzuk meg (*Anselin 2010*):

$$- w_{ij} = 1 \text{ ha } bnd(i) \cap bnd(j) \neq \emptyset, \quad (2)$$

$$- w_{ij} = 0, \text{ ha } bnd(i) \cap bnd(j) = \emptyset, \quad (3)$$

ahol $bnd(i)$ és $bnd(j)$ rendre az i -edik, valamint j -edik megfigyelési egység (ország) határát alkotó pontok halmazát jelöli.

A globális Moran-féle I értékkészlete a megfigyelési egységek számától függ, tehát az értéke nem fixen -1 és +1 között mozog, ahogy azt általában a korrelációs együtthatók esetében tapasztaljuk. A globális Moran-féle I értéket a következők szerint értelmezzük (*Cliff és Ord, 1974*):

- $I > -1/(n-1)$ esetében pozitív területi autokorrelációról,
- $I < -1/(n-1)$ esetében negatív területi autokorrelációról beszélünk,
- $I = -1/(n-1)$ esetben pedig nem beszélhetünk területi autokorrelációról.

A globális Moran I értékeket a vizsgált időszak (1996-2015) minden évre meghatározzuk.

A lokális Moran-féle I a parciális területi autokorrelációt megfigyelési egységenként méri és teszteli a térbeli függőség mértékét. Használata során arra keressük a választ, hogy egy adott megfigyelési egység kukoricaexportja milyen mértékben korrelál az adott megfigyelési egységgel szomszédos (vele közös határpont/ok/kal rendelkező) egységek kukoricaexportjával. Alkalmazásával azonosíthatjuk a hasonlóan magas, vagy hasonlóan alacsony kukoricaexport-értékekkel bíró országokból álló területi klasztereket.

Az i -edik megfigyelési egység lokális Moran-féle I értékének kiszámítása (*Anselin, 1995*):

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S_i^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}), \quad (4)$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n-1} - \bar{x}^2, \quad (5)$$

ahol $i \neq j$, x_i és x_j , valamint w_{ij} megegyezik a globális Moran-féle I-nél leírt súlymátrix elemeivel.

A szignifikánsan pozitív lokális Moran-féle I értékkel rendelkező országok két típusát különböztethetjük meg, attól függően, hogy átlag feletti, vagy átlag alatti kukorica-export értékkel rendelkeznek:

- High-High (HH) kapcsolatról beszélünk, ha a vizsgált ország és szomszédainak kukoricaexport értéke is átlag feletti;
- Low-Low (LL) kapcsolatról beszélünk, ha a vizsgált ország és szomszédainak kukoricaexport értéke is átlag alatti.

A HH, valamint LL típusú területi egységek a térben egy helyen csoportosulva a térképen is jól kirajzolódó zónákat hoznak létre, amelyeket a szakirodalomban HH-klasztereknek vagy „forró foltoknak” (hotspot), illetve LL-klasztereknek, vagy „hideg foltoknak” (coldspot) is hívnak.

A szignifikánsan negatív Moran-féle I értékkel rendelkező országokat, kiugró szigetekként, azonosítjuk, hiszen ezek kukoricaexport-értéke felfelé-, vagy lefelé irányban eltér a szomszédok átlagától. Az ilyen országoknak szintén két csoportja különböztethető meg:

- High-low (HL) kapcsolatról beszélünk, ha a vizsgált ország magas értékkel rendelkezik egy jellemzően alacsony értékű szomszéd-sági környezetben;
- Low-high (LH) kapcsolatról beszélünk, ha a vizsgált ország alacsony értékkel bír egy jellemzően magas értékű szomszéd-sági környezetben.

A területi autokorrelációs klasztereket és kiugró szigeteket a táblázatba foglalva, majd a múltbéli teljesítmény hatását az adott évre a GeoDa 1.14.0 szoftver segítségével készült LISA/local Moran I térképeken mutatjuk be. A LISA jelen esetben a Local Indicator of Spatial Association rövidítése. Terjedelmi okokból a LISA-térképek közül a 2001-ra, 2006-re, 2011-re és 2015-re vonatkozókat mutatjuk be.

A globális és lokális Moran-féle I becslésekor a pseudo-p 1 százalék alatti értékét tekintjük szignifikánsnak, a pseudo-p érték meghatározása 9999 permutáció alapján történik.

A tanulmányban az 1996 és 2015 közötti időszakot vizsgáljuk. Az export-adatok az ENSZ Comtrade adatbázisából (UNSD, 2017), a World Integrated Trade Solution (WITS) adatbázisból és szoftveréből (amerikai dollárban denominált) (The World Bank, 2017) származnak. Az empirikus elemzés a kukorica kétoldalú kereskedelmén alapul a Harmonizált rendszer 4 számjegyű szintjén (HS1005 kód).

EREDMÉNYEK

A kukoricaexport globális autokorrelációja 1997 és 2000 között a jelentősen, közel harmadára csökkent (1. táblázat). A Moran-féle I érték ezután sem tért vissza a korábbi, magasabb szintre, viszonylag nagy kilengésekkel 0,108 és 0,349 között ingadozott. Ezek az értékek gyenge, azonban minden évben szignifikáns térbeli autokorrelációt mutatnak. A térbeli függőség tehát jelen van a nemzetközi kukoricakereskedelemben, ennek mértéke azonban alacsony és időben instabil, ingadozó. Ez az alacsony térbeli függőség arra utal, hogy az egyes országok kukoricaexportját sokkal inkább az egyéb gazdasági, társadalmi és természeti összefüggések határozzák meg, és csak kisebb mértékben a szomszéd-sági viszonyok. Ez összhangban van a gravitációs kereskedelmi

modellekben is vizsgált tényvel, miszerint a globalizálódó gazdasági térben jelentősen csökken a földrajzi távolsággal összefüggő tranzakciós (főként szállítási) költségek bilaterális kereskedelmi kapcsolatokra gyakorolt hatása (Yotov, 2012; Lin és Sim, 2012; Yilmazkuday, 2020).

Fontos megjegyezni, hogy a térbeli függőség mértékének változásai nem kötődnek sem a vetésterület, sem a termelési mennyiség, sem az exportvolumen trendjeihez. A Moran-féle I legnagyobb változása éppen abban az időszakban történt, amikor mind a termelés, mind a globális kereskedelem stagnált. A termelés és a kereskedelem radikális növekedési időszaka alatt ugyanakkor a Moran-féle I trend nélküli ingadozása volt jellemző.

1. táblázat

A globális Moran-féle I alakulása az országok közötti kukoricakereskedelemben 1996 és 2015 között

Év	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.
Moran's I	0,239	0,349	0,198	0,17	0,132	0,214	0,145	0,111	0,178	0,171
Év	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
Moran's I	0,157	0,141	0,217	0,224	0,163	0,113	0,108	0,142	0,179	0,207

Megjegyzés: mindegyik év szignifikancia szintje: pseudo $p < 0,01$.

Table 1. Evolution of global Moran I in corn trade between countries between 1996 and 2015

Figyelemre méltó a térbeli függőség és a piaci növekedés egymástól független viselkedése, ha arra gondolunk, hogy 2004-től kezdődően nem csupán bővült a kukoricapiac, hanem jelentős változások voltak tapasztalhatóak a különböző régiók kereskedelmében is (pl. a BRICS-országok előretörése a termelésben és exportban). Másképpen fogalmazva: a kukoricaexport térbeli struktúrájában voltak jelentős változások, azonban ez nem okozott elmozdulást a térbeli függőség mértékében. A piaci növekedés jórészt kereskedelmi kapcsolatok már korábban már meglévő területi mintázata mentén ment végbe.

A globális területi autokorreláció gyenge, de folyamatosan pozitív és szignifikáns arra utal, hogy a kukoricaexport országok közötti megoszlását tekintve létezhetnek olyan területi (HL és LL) klaszterek, zónák, amelyekben belül az egymással szomszédos országok hasonló export intenzitással rendelkeznek.

A 2. táblázatban foglaltuk össze a szignifikánsan pozitív (High-high, Low-low) és szignifikánsan negatív (High-low, Low-high) lokális Moran-féle I értékkel rendelkező országok csoportjait a vizsgálati periódus évtizedéből öt évet

kiemelve. A táblázat I. sorba a szignifikáns HH kapcsolattal jellemezhető országokat tartalmazza a cellák, a II. sor a szignifikáns LL kapcsolattal bíró államok találhatóak, a III. szomszédokat alulmúló LH „szigetek”, a IV. a szomszédokat meghaladó értékkel bíró HL „szigetek vannak jelölve. Mivel a táblázat eredményi közül jelentőségét és az országok számát tekintve is kiemelkedik az I. (high-high) zóna, ezért ebben a sorban kontinensenkénti bontásban szerepeltetjük az országokat.

A 2. táblázat adatai szerint három zóna rajzolódik ki. Az Észak-Amerikában az Egyesült Államok és Kanada alkot egy nagy kiterjedésű „forró zónát”, Mexikó a periódus közepétől mutatott szignifikáns kapcsolatot a szomszédaival. A 2006-os évben az Egyesült Államok nem szignifikáns szomszédsági kapcsolatokkal bíró országok között szerepel. Ennek elsődleges okát az Egyesült Államok extrém magas kukoricaexport értékében, az egész világon egyedülálló exportdominanciájában látjuk. Ez alapján az Egyesült Államoknak egy „kiugró” HL szigetnek kellene lennie, ugyanakkor arról is írtunk, hogy közvetlen szomszédai is igen aktív szereplői a kukoricapiacnak. Az Egyesült Államok tehát része is a zónának, ugyanakkor exportvolumene kiemelkedik a szomszédos országok sorából. Ez magyarázhatja a lokális Moran-féle I nem szignifikáns értékét a szóban forgó évben. Az Észak-Amerikai klaszter stabil jelenléte tükrözi a NAFTA (Észak-Amerikai Szabadkereskedelmi Egyezmény) pozitív hatását a térség országai közötti kukoricakereskedelemre (Schnepf, 2007; Ackerman és mtsai, 2003; Zahniser és Coyle, 2004).

Dél-Amerika is forró zónaként írható le. Minden évben találunk a táblázat soraiban olyan országot, amely a kontinensen található, és a klasztert alkotó országok száma is stabil volt a vizsgált időszak során. A lokális autokorreláció ebben az esetben is csak részben a valódi klasztermagra szignifikáns, hiszen Argentína a teljes periódus során szignifikáns értéket mutat (véleményünk szerint azonban Brazília is ilyen szerepet tölthet be). A klasztermaggal szomszédos, kisebb exportvolumennel rendelkező országok (Bolívia, Chile, Paraguay, Peru Uruguay) stabilan a forró zónához tartoznak Uruguay kivételével 2006-ban és Chile kivételével 2011-ben.

Igazán látványos átalakulást figyelhetünk meg az európai forró zóna esetében. 1996-ban még nem is beszélhetünk valódi, összefüggő zónáról: szignifikáns HH kapcsolattal mindössze néhány ország, Ausztria, Dánia, Magyarország, Moldova, Olaszország, Szlovákia, Svájc és Ukrajna rendelkezett. Az ezredfordulót követően azonban a kontinensen kialakult egy lényegesen nagyobb klaszter, amely Nyugat és Közép-Európa országait foglalta magában. Az említett országok mellett Belgium, Csehország, Franciaország, Hollandia, Luxemburg, Németország, Portugália és Románia alkották a zónát (Ukrajna kivételével).

2. táblázat

Országcsoporthok a kukoricaexport lokális Moran I-értéke szerint (1996-2015)

Autokorrelációs zónák	Év				
	1996	2001	2006	2011	2015
I. (High-High)	<p>Észak- és Közép-Amerika: Kanada*** Egyesült Államok**</p> <p>Dél-Amerika: Argentína* Bolívia** Chile* Paraguay** Peru* Uruguay**</p> <p>Európa: Ausztria* Dánia* Magyarország* Moldova* Olaszország* Svájc*** Szlovákia* Szlovénia** Ukrajna*</p> <p>Afrika, Ázsia: Kambodzsa* Laosz** Nepál*</p>	<p>Észak- és Közép-Amerika: Kanada***</p> <p>Dél-Amerika: Argentína** Bolívia*** Chile* Paraguay*** Peru** Uruguay***</p> <p>Európa: Ausztria** Belgium** Csehország* Dánia* Franciaország** Hollandia* Luxemburg** Magyarország* Moldova* Németország** Olaszország** Portugália* Románia* Svájc*** Szlovákia** Szlovénia**</p> <p>Afrika, Ázsia: Kambodzsa* Laosz** Nepál** Hong Kong**</p>	<p>Észak- és Közép-Amerika: Kanada*** Egyesült Államok* Mexikó*</p> <p>Dél-Amerika: Argentína** Bolívia*** Chile* Paraguay** Peru**</p> <p>Európa: Ausztria* Belgium** Bulgária** Csehország** Dánia* Franciaország** Hollandia** Luxemburg** Magyarország*** Moldova** Németország*** Olaszország** Svájc* Szlovákia*** Szlovénia** Románia***</p> <p>Afrika, Ázsia: Laosz** Hong Kong** Vietnám**</p>	<p>Észak- és Közép-Amerika: Kanada*** Egyesült Államok* Mexikó*</p> <p>Dél-Amerika: Argentína* Bolívia** Paraguay** Uruguay***</p> <p>Európa: Ausztria** Belgium** Bulgária** Csehország** Franciaország* Hollandia* Horvátország* Luxemburg** Lengyelország** Magyarország*** Moldova** Németország*** Olaszország* Románia*** Szerbia* Szlovákia*** Szlovénia** Ukrajna**</p> <p>Afrika, Ázsia: Mozambik** Tanzánia*</p>	<p>Észak- és Közép-Amerika: Kanada*** Egyesült Államok* Mexikó*</p> <p>Dél-Amerika: Argentína** Bolívia*** Chile* Paraguay** Peru* Uruguay***</p> <p>Európa: Ausztria** Belgium** Bulgária** Csehország** Franciaország* Horvátország* Hollandia* Lengyelország* Luxemburg** Magyarország*** Németország*** Moldova** Olaszország* Románia*** Szerbia* Szlovákia*** Szlovénia** Ukrajna***</p> <p>Afrika, Ázsia: -</p>

Folytatás a következő oldalon

Autokorrelációs zónák	Év				
	1996	2001	2006	2011	2015
II. (Low-Low)	Irán* Irak** Szenegál* Guinea-Bissau*	Irak* Algéria** Niger* Palesztina*	Guinea-Bissau* Szenegál**	Irán* Kamerun* Kuvait* Katar*	Irak* Algéria* Libanon* Katar** Svédország**
III. (Low-High)	Bhután* Belgium* Lesotho** Tajvan**	Bhután** Lesotho** Tajvan** Mozambik**	Bhután** Lesotho* Tajvan** Nepál** Uruguay*** Banglades* Fehéroroszország*	Bhután* Lesotho** Nepál* Svájc** Banglades** Fehéroroszország**	Lesotho* Svájc** Banglades* Fehéroroszország** Mozambik*
IV. (High-Low)	Kongói DK* Korea*** Mali** Malawi** Szaúd-Arábia**	Korea*** Szaúd-Arábia* Szenegál*** Egyiptom* Nigéria** Szíria* Tunézia*** Uganda* Burkina Faso**	Korea*** Mali** Egyiptom** Nigéria*	Szenegál** Jordánia* Svédország* Tunézia***	Izrael* Jordánia** Tunézia**

Megjegyzés: szignifikancia szintek *** $p < 0,01$; ** $0,01 < p < 0,05$; * $0,05 < p < 0,1$

Table 2. Country groups according to the local Moran I value of maize exports (1996-2015)

2006-tól ez az európai klaszter folyamatosan keleti irányba tolódott, amely először Portugália, majd Svájc, klaszterből való kiesését, míg 2006-tól Bulgária, 2011-től pedig Lengyelország, Horvátország és Szerbia megjelenését, illetve Ukrajna klaszterbe való visszakerülését jelentette. Kétségtől ez a folyamat képezte a legdinamikusabb földrajzi átrendeződést a globális kukoricapiacra a vizsgált periódus során.

A látványosan előre törő ázsiai országok (India, Kína, és ebből a szempontból most idesoroljuk Oroszországot is) kukoricaexportjának bővülése a vizsgált időszak alatt nem eredményezte a velük szomszédos országok bevonását a kukoricapiacra. Mindhárom idesorolt állam vezető kukoricaexportórré válásukból a térség más szereplői, legalábbis a szomszédos országokon keresztül nem profitáltak. Ázsiai HH ország szerepét a periódus első felében mindössze két ország, Laosz és Nepál töltötték be időszakosan.

Jelentős LL zónák, azaz hideg foltok és kisebb zónák elvétele alakultak ki, elsősorban az Arab-félszigeten és a Perzsa-öböl országiban. 1996-ban Irán és Irak, majd Irak és Palesztina voltak LL országok. 2011-ben a Perzsa-öböl számos országa (Irán, Kuvait, Katar), míg 2015-ben Irak, Katar és Libanon voltak a régió LL országai. Jelen esetben LL országok, kialakulása mögött feltételezhetően természeti, klimatikus adottságok mellett, esetleges lokális fegyver

konfliktusok is állhatnak. Nyugat-Afrikában található az időszak első felében egy LL klasztercsoportot, amelyet Szenegál és Bissau-Guinea alkottak. Kizárólag az utolsó vizsgált évben emelhető ki a Skandináv országok közül Svédország, mint LL ország, feltételezhetően természeti és klimatikus viszonyok miatt.

A vizsgált periódus két évtizedében szinte minden kontinensen található olyan országok, amelyek exportja lefelé irányban tér el a szomszédaitól. Lesotho az egyetlen ország, amely a teljes periódus során ebbe a kategóriába tartozik. Tajvan 2006-ig, Buthán 2011-ig sorolható ebbe a klaszterbe. Elsősorban magas értékű szomszédosági környezet miatt látjuk ideiglenesen feltűnni a dél-amerikai klaszter forró zónájában elhelyezkedő Uruguayt a 2006-os évben. Az európai országok közül a vizsgálati időszak második felétől Fehéroroszország, majd Svájc is a LH kategóriába sorolódik. E két ország elsősorban a korábban már említett közép-kelet európai forró zóna kialakulása miatti magas exportértékekkel rendelkező szomszédok miatt kerülhetett ebbe a kategóriába.

A HL országok kialakulása a vizsgált időszakban csak sziget-szerűen következett be, elsősorban Afrika különböző térségeiben, az Arab-félszigeten és Ázsia keleti parvidékein.

A 3. ábrán azt kívánjuk bemutatni, hogy adott ország exportjára milyen hatással van a szomszéd országok öt évvel korábbi exportja, azaz a múlt hogyan befolyásolta a jelent. A múltban keresendő hatások vizsgálatához a vizsgálati időszak két évtizedes periódusát négy szakaszra osztva értékeltük. Piros színűen (High-high) láthatók azok az országok, ahol a szomszédok öt évvel korábbi exportja szignifikánsan pozitívan befolyásolta az adott ország későbbi exportját. A korábban már említett forró zónák, ebben a vizsgálatban is kirajzolódni látszanak. Észak-Amerika esetében Kanada, Mexikó és az Egyesült Államok kukoricaexport aktivitására hatással volt a szomszédok korábbi exportteljesítménye is. Dél-Amerika esetében Argentína, Paraguay, Bolívia, Chile, Peru és 2001-ben Brazília esetében is elmondhatjuk, hogy a kukoricaexport szomszédosági hatásának időbeli dinamikája is kimutatható a kontinensen. Európa esetében jól látható az exportpiacok időbeli szomszédosági vizsgálatakor a HH országok keleti irányba tolódása a vizsgálati időszak során az Atlanti-óceántól (Franciaországtól) egészen a Fekete-tengerig (Ukrajnáig). A dél-kelet ázsiai régióban Nepál és Laosz exportjára volt pozitív hatással a szomszédok korábbi export teljesítménye 2001-ben és 2006-ban. Az afrikai kontinens dél-keleti részén a periódus második felében alakult ki egy kisebb régió Mozambik és Tanzánia részvételével, melyre pozitív hatással volt a szomszédok korábbi exportteljesítménye.

Kék színnel azok a sziget-szerűen kialakult országok és régiók vannak jelölve, ahol a szomszéd negatív múltbeli exportteljesítménye az adott ország jelenbeli exportjára is negatív hatással van. Ilyen országok időszakos feltűnése a térképen elsősorban az Arab-félszigeten található (Irak, Kuvait), illetve Nyugat-Afrikában (Mali, Niger, Szenegál, Kamerun).

Eredményeink arra utalnak, hogy a szomszédsági hatások időbeli dinamikával is rendelkeznek, vagyis egy adott ország kukoricaexportját a szomszéd országok jelenlegi piaci aktivitásán kívül, azok múltbeli exporttevékenysége is befolyásolja.

KÖVETKEZTETÉSEK

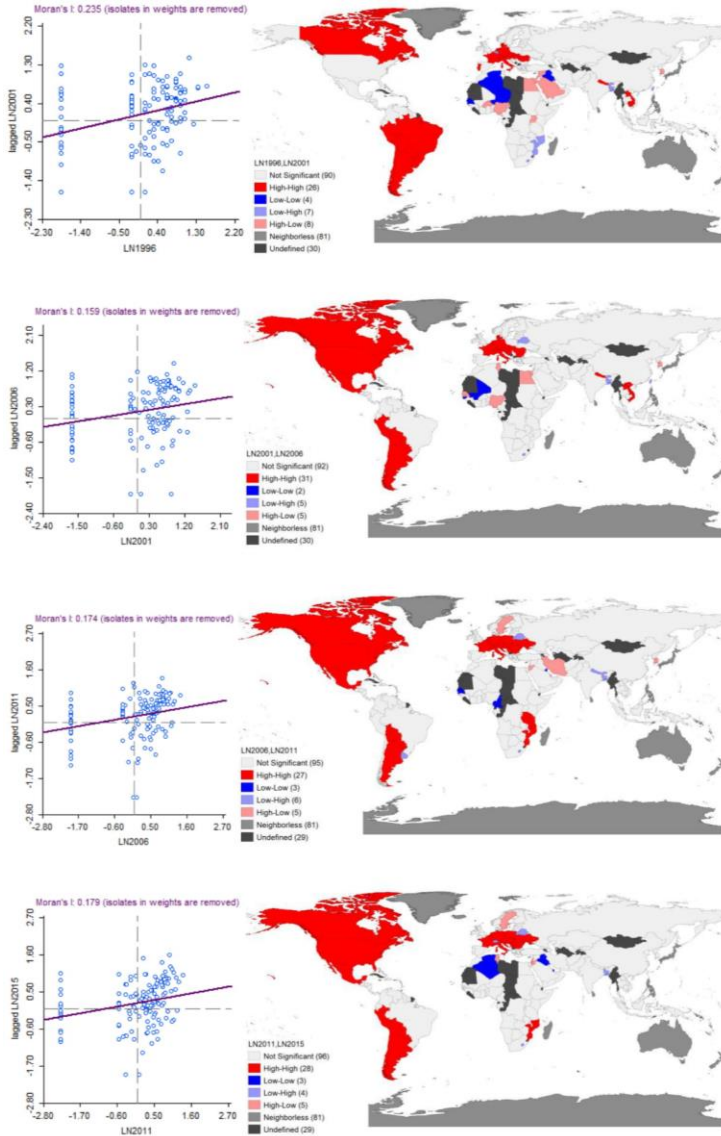
Tanulmányunkban megvizsgáltuk, hogy a világ országainak kukoricaexport aktivitásában felfedezhető-e térbeli függőség az 1996 és 2015 közötti időszakban, amely a szomszédsági hatások jelenlétére utal. Szemügyre vettük továbbá, hogy a szomszédsági hatásoknak van-e kimutatható időbeli dinamikája a különböző régiókba, kontinenseken.

A globális Moran-féle I értékek azt mutatják, hogy a teljes időszakban gyenge, de szignifikáns térbeli függőség, pozitív területi autokorreláció jellemezte a globális kukoricaexportot. A térbeli függőség mértéke jelentősen ingadozott a vizsgált években, nem mutatott olyan trendet, ami magyarázható lenne a kukoricapiac radikális bővülésével. Ez az ingadozás azt is mutatja, hogy a térbeli függőség jelenléte aligha magyarázható kizárólag természeti adottságokkal, klimatikus viszonyok által meghatározott zónákkal. A természeti tényezők által alakított térbeli függőség esetében ugyanis jóval stabilabb időbeli dinamikát kellene tapasztalnunk. Mindezek alapján feltételezhetjük, hogy a térbeli függőség jelenléte részben gazdasági jelenségek, piaci folyamatok által meghatározott szomszédsági hatásoknak köszönhető. Érdeemes kiemelni az 1997-1999 között végbemenő (tehát a piacbővülési időszakot megelőző), erőteljes autokorreláció csökkenést. A lokális szintű vizsgálatok tükrében kijelenthető, hogy ezt a csökkenést három folyamat okozta. Egyrészt, a kiemelkedően fontos kukoricaexportőr, 1996-ban még „egyeduralkodó” Egyesült Államok mellett megjelentek a dél-amerikai nagy kukoricaexportőrök (Argentína és Brazília) és kialakult egy jelentős dél-amerikai kukorica kereskedelmi gócpont. Másrészt, a korábban még jelentéktelen, pár országot érintő európai HH zóna kelet felé egyre nagyobb kiterjedésűvé, globális jelentőségű területi klaszterré vált. Harmadrészt, a BRICS-országcsoporthoz „zónákon kívüli” tagjai (Dél-Afrikai Köztársaság, India Kína) exportbővülése szintén nagymértékben növelte a kukoricaexport térbeli szórtságát. Ráadásul, ezen országok körül

nem alakultak ki HH szomszédssági kapcsolatok, tehát valószínűleg leginkább ez utóbbi folyamat hatott leginkább a térbeli függőség csökkenésére.

A lokális területi autokorreláció azt sugallja, hogy a vizsgált időszakban (a globális autokorreláció csökkenése ellenére) növekedett a „forró zónák” (HH klaszterek) száma és kiterjedése. A kukoricapiac radikális bővülése elsősorban helyi szinten, egy-egy térségre korlátozva idézte elő a térbeli függőség (és ennek hátterében feltételezhetően a szomszédssági kapcsolatok) erősödését. Eredményeink három HH területi klasztert azonosítottak a vizsgált időszakban: az észak-amerikai, a dél-amerikai és az európai klasztert. A vizsgált térségek közül leginkább Európában, azon belül is az egységes piacot alkotó EU-tagállamok körében játszanak kiemelt szerepet a szomszédssági kapcsolatok a kukoricaexport aktivitásban. Eredményeink az EU, mint egységes piacot, és szabadkereskedelmet biztosító intézmény szomszédssági kapcsolatokra gyakorolt pozitív hatását is igazolják. Másik oldalról az is látható, hogy a legnagyobb exportbővülést produkáló országok egy része (különösen India, Kína, Dél-Afrikai Köztársaság, és részben Oroszország) a saját térségükből „kiugró” szigeteket alkotnak, a környezetükben nem alakultak ki kiemelkedő exportot mutató, több országon átívelő zónák. Igaz, eredményeink szerint az itt felsorolt országok kukoricapiaci előretörése nem is rontotta a szomszédos országok exportpozícióit. Eredményeink arra utalnak, hogy a szomszédssági hatások kimutatható térbeli dinamikával is rendelkeznek, azaz a szomszédok korábbi exportteljesítménye hatással lehet a későbbi kukoricaexportra bizonyos országok és régiók esetében. Az autokorrelációs értékek időbeli változásai arra utalnak, hogy azok mögött valóban vannak szomszédssági hatások, az egyes HH és LL klasztertagok együtt mozgása nem magyarázható kizárólag hasonló földrajzi adottságokkal.

Eredményeink gyakorlati jelentősége, hogy felhívják a figyelmet a szabadkereskedelmi egyezmények és az egységes piac regionális jelentőségére. Az Európában tapasztalható folyamatok alátámasztják az EU-bővülés integrációs hatását, de hasonló szabadkereskedelmi hatások feltételezhetőek Észak- és Dél-Amerika esetében is. A szomszédssági kapcsolatok jelentős szerepet játszanak a közép- és kelet-európai térségben, ahol az országok egy jelentős része nem rendelkezik tengeri/kikötői kapcsolattal. Az európai klaszter keletre tolódása felvet olyan esetleges további kutatásokban vizsgálni érdemes kérdéseket a térségre vonatkozóan, mint a környezetvédelmi szempontok lehetséges erősebb érvényesülése a nyugati országoknál, valamint a mezőgazdasági tevékenység szándékos leépítése a kukorica termesztés alacsonyabb hozzáadott érték miatt.



4. ábra

A kukoricaexport és ötéves időbeli késleltetésének autokorrelációja (1996-2015) (**Figure 4** *Autocorrelation of maize exports and their five-year time lag (1996-2015)*)

Köszönetnyilvánítás: A tanulmány az EFOP-16-2017-00018 azonosítószámú projekt támogatásával jött létre.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ackerman, F., Wise, T. A., Gallagher, K. P., Ney, L., Flores, R. (2003). Free trade, corn, and the environment: Environmental impacts of US-Mexico corn trade under NAFTA. Global Development and Environment Institute, Working paper, Tufts University. Medford, USA DOI: [10.4337/9781848446045.00017](https://doi.org/10.4337/9781848446045.00017)
- Allaire, G., Poméon, T., Maigné, E., Cahuzac, E., Simioni, M., Desejeux, Y. (2015). Territorial analysis of the diffusion of organic farming in France: Between heterogeneity and spatial dependence. Ecological Indicators, 59, 70-81. DOI: [10.1016/j.ecolind.2015.03.009](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.009)
- Anselin, L. (2010). Local Indicators of Spatial Association — LISA. Geographical Analysis, 27 (2), 93-115. DOI: [10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x](https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x)
- Cheng, S., Song, L., Li, X. (2014). Evolution of spatial pattern of crude oil trade. Studies in Sociology of Science, 5 (1), 1. [Link](#)
- Cliff, A. D., Ord, J. K. (1974). Spatial autocorrelation, London: Pion.
- Combes, P. P., Overman, H. G. (2004). The spatial distribution of economic activities in the European Union. Handbook of regional and urban economics, 4, 2845-2909. DOI: [10.1016/s1574-0080\(04\)80021-x](https://doi.org/10.1016/s1574-0080(04)80021-x)
- Csonka, A., Bareith, T., Gál, V.A. (2018a). Spatial distribution of the demand for CAP-measures to promote agroforestry: The Hungarian case. 14th Annual International Conference on Economics and Business, 10-12. May 2018. Sapientia Hungarian University of Transylvania, Csíkszereda/Miercurea Ciuc, Romania. pp. 59-68. [Link](#)
- Csonka, A., Bareith, T., Gál, V. A. Fertő, I. (2018b). Spatial Pattern of CAP Measures Promoting Agroforestry in Hungary. AgBioForum, 21 (2), 127-134. [Link](#)
- Csonka, A., Fertő, I. (2017). Spatial Dimension of Structural Changes in the Hungarian Hog Sector, Proceedings of 6th International Conference of Economic Sciences, 4-5. May. 2017. Kaposvár University, Kaposvár. pp. 11-20. [Link](#)
- Csonka, A., Fertő, I. (2020). Structural change and agglomeration in the Hungarian pork industry. European Planning Studies, 28 (9), 1756-1770. DOI: [10.1080/09654313.2019.1687652](https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1687652)
- Csuvár, Á., Barna, R. (2020). Spatial illustration of indicators on the example of biomass potential for energy purposes in the Tabi district, Regional and Business Studies, 12 (1), 29-43. DOI: [10.33568/rbs.2458](https://doi.org/10.33568/rbs.2458)
- de la Mata, T., Llano-Verduras, C. (2011). Spatial pattern and domestic tourism: An econometric analysis using inter-regional monetary flows by type of journey. Papers in Regional Science, 91 (2), 437-470. DOI: [10.1111/j.1435-5957.2011.00376.x](https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2011.00376.x)
- Fujita, M., Krugman, P. R., Venables, A. (1999). The spatial economy: Cities, regions, and international trade. MIT press. DOI: [10.7551/mitpress/6389.001.0001](https://doi.org/10.7551/mitpress/6389.001.0001)
- Holmes, T. J., Lee, S. (2012). Economies of density versus natural advantage: Crop choice on the back forty. Review of Economics and Statistics, 94 (1), 1-19. DOI: [10.1162/rest_a_00149](https://doi.org/10.1162/rest_a_00149)
- Ilbery, B., Maye, D. (2010). Clustering and the spatial distribution of organic farming in England and Wales. Area, 43 (1), 31-41. DOI: [10.1111/j.1475-4762.2010.00953.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2010.00953.x)
- Isik, M. (2004). Environmental regulation and the spatial structure of the US dairy sector. American Journal of Agricultural Economics, 86 (4), 949-962. DOI: [10.1111/j.0002-9092.2004.00645.x](https://doi.org/10.1111/j.0002-9092.2004.00645.x)
- Lin, F., Sim, N. C. (2012). Death of distance and the distance puzzle. Economics Letters, 116 (2), 225-228. DOI: [10.1016/j.econlet.2012.03.004](https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.03.004)

- Logan, J. (2005). Spatial thinking in social science, előadásorozat, Brown Univesity Letöltve: [Link](#) (Utolsó letöltés: 20/02/2020)
- McWilliams, M., Moore, M. (2013). Agglomeration in agriculture: a quasi-experiment in the corn belt. In Heartland Environmental and Resource Economics Workshop. [Link](#)
- Mulatu, A., Wossink, A. (2014). Environmental regulation and location of industrialized agricultural production in Europe. *Land Economics*, 90 (3), 509-537. DOI: [10.3368/le.90.3.509](#)
- Nemes Nagy, J. (2005). Regionális elemzési módszerek. Regionális tudományi tanulmányok, 11., ELTE Regionális Földrajzi Tanszék, MTA-ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest. [Link](#)
- Nene, G., Schoengold, K. (2019). Hog Production and Agglomeration Economies: The Case of US State-Level Hog Production. *Journal of Agricultural Economics*, 5 (3), 663-672. [Link](#)
- Neumann, K., Verburg, P. H., Stehfest, E., Müller, C. (2010). The yield gap of global grain production: A spatial analysis. *Agricultural systems*, 103 (5), 316-326. DOI: [10.1016/j.agsv.2010.02.004](#)
- OECD (2019). Crop production (indicator). (Utolsó letöltés: 26/09/2019)
- Risgaard, M. L., Frederiksen, P., Kaltoft, P. (2007). Socio-cultural processes behind the differential distribution of organic farming in Denmark: a case study. *Agriculture and Human Values*, 24 (4), 445-459. DOI: [10.1007/s10460-007-9092-y](#)
- Schmidtner, E., Lippert, C., Engler, B., Haring, A. M., Aubacher, J., Dabbert, S. (2012). Spatial distribution of organic farming in Germany: does neighbourhood matter?. *European Review of Agricultural Economics*, 39 (4), 661-683. DOI: [10.1093/erae/jbr047](#)
- Schepf, R.D. (2007). US-Canada WTO Corn Trade Dispute. Congressional Research Service, Library of Congress.
- Sweeney, S., Steigerwald, D. G., Davenport, F., Eakin, H. (2013). Mexican maize production: Evolving organizational and spatial structures since 1980. *Applied Geography*, 39, 78-92. DOI: [10.1016/j.ap-geog.2012.12.005](#)
- Tiefelsdorf, M. (2002). The Saddlepoint Approximation of Moran's I's and Local Moran's I's Reference Distributions and Their Numerical Evaluation. *Geographical Analysis* 34 (3), 187-206. DOI: [10.1111/j.1538-4632.2002.tb01084.x](#)
- Tobler, W.R. (1970). A computer movie simulating urban grown in the Detroit region. *Economic Geography* 46, 234-240. DOI: [10.2307/143141](#)
- UNSD (2017). Commodity Trade Database (COMTRADE). United Nations Statistical Division, New York. Elérhető: [Link](#)
- World Bank (2017). Commodity Trade Database (COMTRADE), Elérhető: World Bank's World Integrated Trade Solution (WITS) software, Washington D.C. Elérhető: [Link](#)
- Yang, W., Liu, Y. C., Mai, C. C. (2017). How did Japanese exports evolve from 1995 to 2014? A spatial econometric perspective. *Japan and the World Economy*, 41, 50-58. DOI: [10.1016/j.japwor.2016.12.002](#)
- Yilmazkuday, H. (2020). Welfare Implications of Solving the Distance Puzzle: Global Evidence from the Last Two Centuries. *SSRN Electronic Journal*, pp 34. DOI: [10.2139/ssrn.3533415](#)
- Yotov, V.Y. (2012). A simple solution to the distance puzzle in international trade, *Economics Letters*, 117 (3) 794-798, DOI: [10.1016/j.econlet.2012.08.032](#)
- Zahniser, S., Coyle, W. T. (2004). US-Mexico corn trade during the NAFTA era: new twists to an old story. US Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Zhang, L., Wang, J., Wen, H., Fu, Z., Li, X. (2016). Operating performance, industry agglomeration and its spatial characteristics of Chinese photovoltaic industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 65, 373-386. DOI: [10.1016/j.rser.2016.07.010](#)

