

SZEMESTERMÉNY ÁLLAGMEGÓVÁSA A HORIZONTÁLIS TÁROLÓBAN: A TÁROLÁSI KONDÍCIÓK ELEMZÉSE ÉS OPTIMALIZÁLÁSA

Antal Tamás¹ – Kovács Zoltán²

¹Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Intézeti Tanszék, 4400
Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: antal.tamas@nye.hu

²Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Intézeti Tanszék, 4400
Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: zoltan.kovacs@nye.hu

<https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.01>

Bevezetés

A betakarított szemesztermények minőségének megőrzése a tárolás teljes időtartama alatt kiemelt jelentőségű feladat, mivel a nem megfelelő tárolási körülmények jelentős szárazanyag-vesztést, minőségromlást, mikrobiológiai károsodást és kártevő-fertőzést okozhatnak. A biztonságos tárolás alapfeltétele a hőmérséklet és a nedvességtartalom folyamatos ellenőrzése, mivel ezek a tényezők meghatározó szerepet játszanak a termény fizikai és biológiai állapotának alakulásában. A horizontális tárolók széles körű alkalmazása indokoltá teszi az ott kialakuló tárolási viszonyok részletes vizsgálatát.

A kutatás célja a horizontális tárolóban elhelyezett napraforgó magvak állagmegővésének vizsgálata, különös tekintettel a tárolás során bekövetkező hőmérséklet- és nedvességváltozások értékelésére. További cél a tárolási körülmények terményminőségre gyakorolt hatásának elemzése, valamint olyan fejlesztési javaslatok megfogalmazása, amelyek hozzájárulhatnak a minőségromlás megelőzéséhez és a tárolási veszteségek csökkentéséhez.

Irodalmi áttekintés

A szemesztermények tárolása a mezőgazdasági termelés egyik meghatározó technológiai folyamata, amelynek célja a betakarított termény minőségének, mennyiségének és felhasználhatóságának megőrzése a feldolgozásig vagy értékesítésig. A tárolás jelentőségét növeli, hogy a gabonafélék és olajos magvak nemcsak az élelmiszeripar, hanem a takarmányozás és az energetikai célú hasznosítás alapanyagait is képezik. A nem megfelelő tárolási körülmények jelentős gazdasági veszteségeket okozhatnak a szárazanyag-vesztés, a minőségromlás, valamint a kártevők és mikroorganizmusok elszaporodása következtében (Kacz és Varga, 2021).

A tartós tárolhatóság alapfeltétele a termény megfelelő nedvességtartalmának biztosítása. A betakarított szemesztermények nedvességtartalma gyakran meghaladja a biztonságos tároláshoz szükséges értéket, ezért szárításuk elengedhetetlen. Az egyensúlyi nedvességtartalom felett tárolt terményben intenzív biológiai és kémiai folyamatok zajlanak, amelyek hőtermeléssel járnak (Bala, 2017). A keletkező vízpára a halmaz hidegebb részein kicsapódhat, ami a penészesedés, a gócponti felmelegedés és szélsőséges esetben akár az öngyulladás kialakulásához is vezethet. A szakirodalom szerint a szárítás sikerességét nemcsak a végnedvesség-tartalom, hanem annak egyenletessége is meghatározza (Komka, 1976).

A tárolás során a termény minőségét jelentősen befolyásolja a hőmérséklet és a környezeti levegő relatív nedvességtartalma. A tárolt magvak folyamatos légzése következtében hő és nedvesség szabadul fel, amely kedvezőtlen körülmények között a tárolótér mikroklímájának romlásához vezethet. Emiatt a korszerű tárolási technológiák alapvető eleme a természetes vagy mesterséges szellőztetés, amely biztosítja a nedvesség és a hő elvezetését, valamint elősegíti a terménytömeg homogén állapotának fenntartását (Nyári et al., 2023). Különösen fontos ez a horizontális tárolók esetében, ahol a nagy tömegű terményhalmazban helyi hőmérsékleti és nedvességi különbségek alakulhatnak ki.

A szemesztermények tárolására alkalmazott rendszerek közül a legelterjedtebbek a síktárolók és a függőleges silók. A síktárolók előnye a nagy befogadóképesség és az egyszerű technológiai kialakítás, ugyanakkor fokozott figyelmet igényelnek a szellőztetés, a párákicsapódás elleni védelem és a terménytömeg ellenőrzése szempontjából. A modern tárolólétesítmények egyre gyakrabban rendelkeznek beépített szellőztető rendszerekkel, valamint hőmérséklet- és nedvességmérő szenzorokkal, amelyek lehetővé teszik a tárolási folyamat folyamatos felügyeletét (Yin et al., 2025).

A minőségmegőrzés fontos eleme a tisztítási technológia alkalmazása is. A betakarított termés számos idegen anyagot, például szármagot, gyommagot, törtszemet és port tartalmazhat. Ezek jelenléte rontja a tárolhatóságot, növeli a mikrobiológiai fertőzések és a kártevők megtelepedésének kockázatát. Az elő- és utótisztítás célja a tárolás szempontjából kritikus szennyeződések eltávolítása, ezáltal a termés állapotának stabilizálása és a későbbi veszteségek csökkentése (Komka és Bellus, 1986).

A tárolt termények állagmegővését veszélyeztető tényezők közül kiemelkedő jelentőségűek a raktári kártevők. A gabonasziszik, a lisztbogarak, az aszalványmoly és más rovarfajok jelentős minőségi és mennyiségi károkat okozhatnak. A rágcsálók jelenléte további veszélyt jelent, mivel közvetlen fogyasztásuk mellett szennyezik is a terményt (Srivastava és Subramanian, 2016). A szakirodalom hangsúlyozza a megelőző védekezés fontosságát, amely magában foglalja a tárolók alapos tisztítását, fertőtlenítést, a rendszeres monitoringot és szükség esetén a kártevőirtási beavatkozások elvégzését (Upadhyay és Ahmad, 2011).

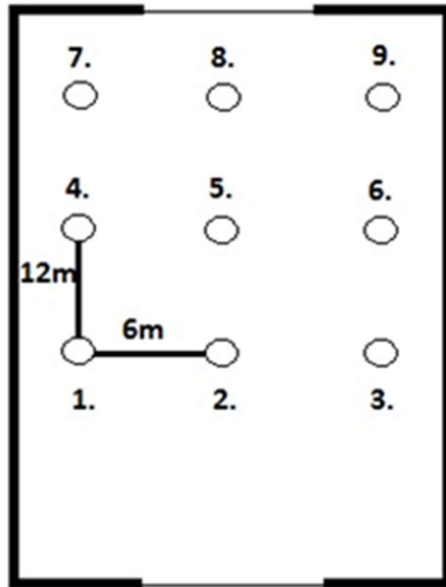
Az utóbbi években egyre nagyobb szerepet kapnak az automatizált monitoring rendszerek. Az intelligens érzékelők segítségével folyamatosan nyomon követhető a termés hőmérséklete, nedvességtartalma, a CO₂-kibocsátás, valamint a tárolótér levegőjének állapota. Az ilyen rendszerek lehetőséget biztosítanak a rendellenességek korai felismerésére, a szellőztetési folyamatok optimalizálására és a tárolási veszteségek minimális szintre csökkentésére. A precíziós technológiák alkalmazása a jövőben várhatóan meghatározó szerepet tölt be a szemesztermények biztonságos és gazdaságos tárolásában (Aarif et al., 2025).

Anyag és módszer

A vizsgálatokat egy besztereci telephelyen található horizontális kialakítású acélvázaz, könnyűszerkezetes gabonátárolóban végeztük szárított napraforgó terményen. A vizsgált tároló alapterülete 1510 m², tárolókapacitása mintegy 4500 t. A vizsgálati időszakban a tároló kapacitásának kihasználtsága nem érte el a maximális értéket.

A tárolóba betárolt napraforgó rétegvastagsága a megfigyelési időszak alatt 3,5–4,0 m volt.

A tárolási folyamatot 9 héten keresztül követtük nyomon heti rendszerességgel. A terményhalomban 9 állandó mérési pontot jelöltünk ki, amelyek egymástól 6 és 12 m távolságra helyezkedtek el (1. ábra). Minden mérési ponton két mintát vettünk: egyet a halom felszínéről, valamint egyet 1,5 m mélységből kézi mintavevő (stekker) (Konzum Trade Kft., Nyíregyháza) segítségével (2. ábra).



1. ábra. A horizontális tárolóban kialakított kilenc mérési pont elhelyezkedése
(Forrás: saját szerkesztés)

A termény nedvességtartalmának meghatározását hordozható Dickey-John Multi Grain gyorsnedvesség-mérővel (Dickey-John, USA, Auburn) végeztük. A maghőmérséklet mérésére 1,5 m hosszúságú KTTM típusú terményhőmérőt (Mérési tartomány: $-10 - +110^{\circ}\text{C}$) (Konzum Trade Kft., Nyíregyháza) használtunk (2. ábra). A tároló belső levegőjének, illetve a külső környezetnek a hőmérsékletét és relatív nedvességtartalmát digitális hőmérséklet- és páratartalom-mérő állomás segítségével rögzítettük.

A tárolt termény biológiai állapotának értékelése céljából minden mérési alkalommal kártevő-felmérést is végeztünk. A rovarok jelenlétét szemrevételezéssel és kézi szita ($1 \times 1 \text{ mm}$, és $3,2 \times 3,2 \text{ mm}$) (Konzum Trade Kft., Nyíregyháza) alkalmazásával vizsgáltuk a halom felső rétegéből és az 1,5 m mélységből származó mintákban (2. ábra). A megfigyelések során különös figyelmet fordítottunk a raktári kártevők megjelenésére és elterjedésére.



2. ábra. Terményhőmérő, kézi szekker és rovar rosta
(Forrás: saját felvétel)

A mért adatok alapján értékeltük a tárolás során bekövetkező nedvességtartalom- és hőmérséklet-változásokat, valamint azok hatását a termény állagmegóvására és a tárolási biztonságra.

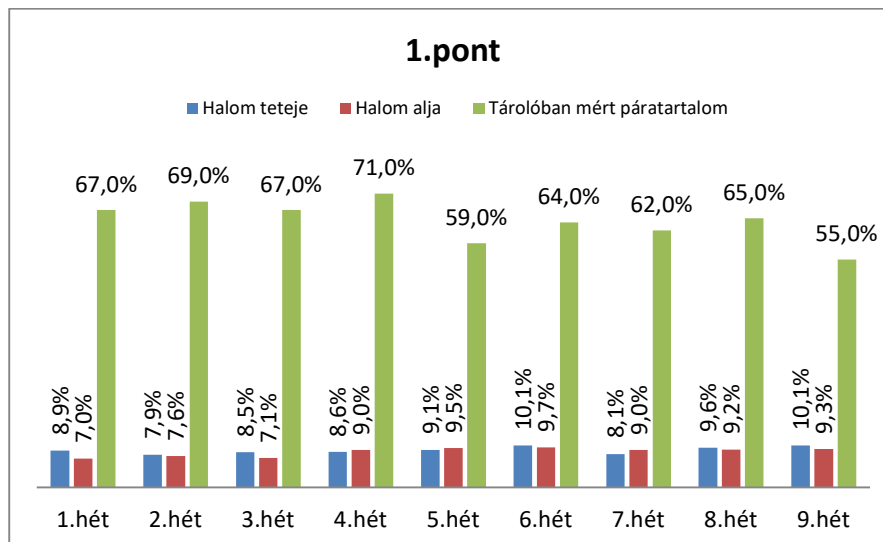
A vizsgálatok során valamennyi mérési ponton kétszeres ismétlést alkalmaztunk a mérési bizonytalanság csökkentése és az eredmények megbízhatóságának növelése érdekében. A nedvességtartalom-, hőmérséklet- és egyéb meghatározások minden mintavételi helyen két párhuzamos mérésből származtak. A cikkben bemutatott eredmények a két ismétlés számtani átlagát képviselik.

Eredmények és értékelésük

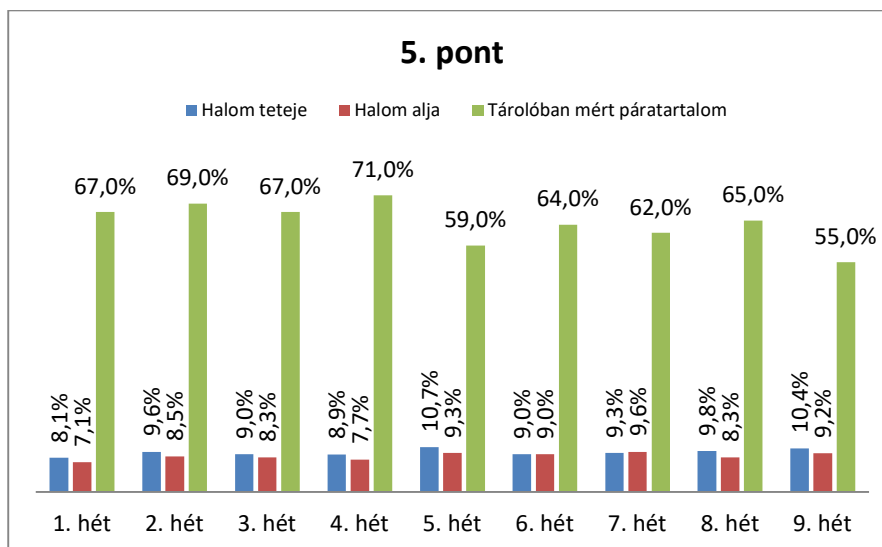
Az eredmények áttekinthető bemutatása érdekében a tároló eltérő térbeli helyzetait reprezentáló 1., 5. és 9. mérési pont adatait emeltük ki részletes elemzésre.

A tárolt napraforgó nedvességtartalmának változása a tárolási idő alatt

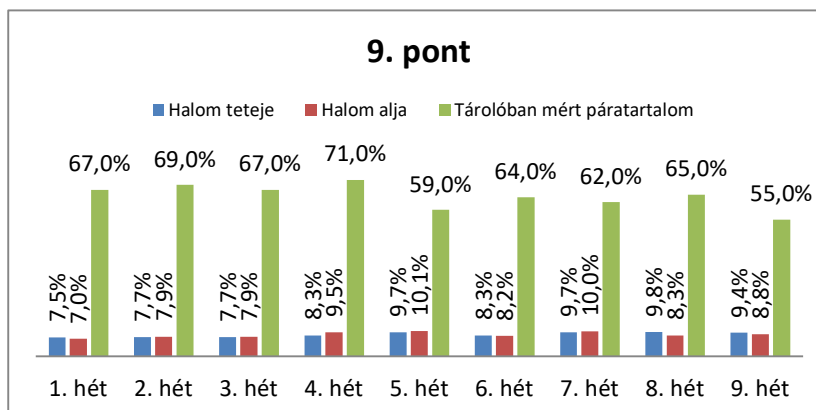
A 3–5. ábrák a napraforgó nedvességtartalmában, valamint a tárolótér levegőjének relatív nedvességtartalmában bekövetkező változásokat szemléltetik a kilenches tárolási időszak alatt.



3. ábra. A napraforgó nedvességtartalmának és a tároló levegő relatív nedvességtartalmának változása az 1. mérési ponton
(Forrás: saját szerkesztés)



4. ábra. A napraforgó nedvességtartalmának és a tároló levegő relatív nedvességtartalmának változása az 5. mérési ponton
(Forrás: saját szerkesztés)



5. ábra. A napraforgó nedvességtartalmának és a tároló levegő relatív nedvességtartalmának változása a 9. mérési ponton
(Forrás: saját szerkesztés)

A 3–5. ábrák adatai alapján megállapítható, hogy a vizsgált tárolási időszak során a napraforgó nedvességtartalma valamennyi mérési ponton csak mérsékelt mértékben változott. A betárolást követően a termény nedvességtartalma jellemzően 7,0–8,9% (nedves bázisban megadva) között alakult, majd a tárolás előrehaladtával fokozatos növekedést mutatott, és a vizsgálati időszak végére több esetben elérte vagy meghaladta a 9,0–10,0%-os értéket. A változás különösen az 5. héttől vált egyértelművé, amikor a termény nedvességtartalma szinte minden vizsgált ponton növekedést mutatott.

A tárolótér relatív nedvességtartalma a vizsgálat során 55–71% között változott. A legmagasabb értéket a 4. héten mértük (71%), amelyet követően a termény nedvességtartalma több mérési ponton emelkedő tendenciát mutatott. Ez arra utal, hogy a tároló levegőjének nedvességviszonyai érzékelhető hatást gyakoroltak a termény víztartalmára. A megfigyelt folyamat összhangban van a szemettermények ismert higroszkópos tulajdonságával, amelynek következtében a szemek a

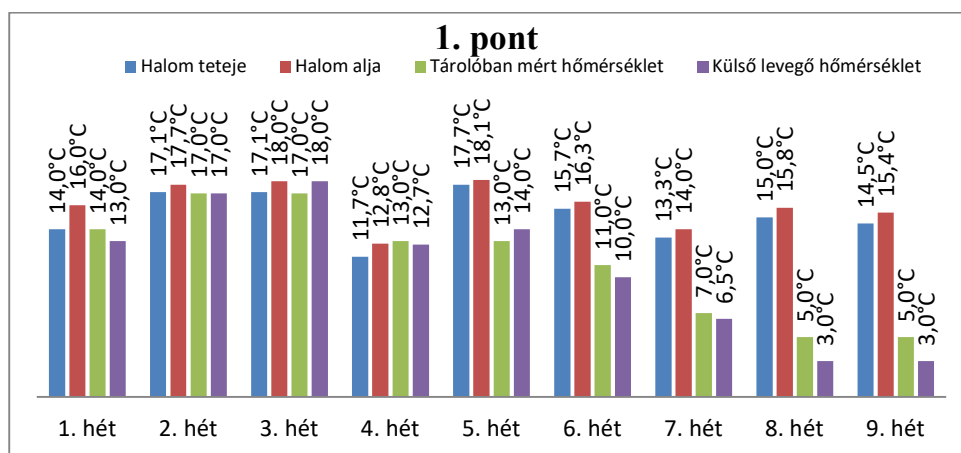
környező levegő nedvességi állapotának megfelelően nedvességet vesznek fel vagy adnak le (Ugrozov et al., 2007).

Az egyes mérési pontok összehasonlítása azt mutatta, hogy a halom felszíni és mélyebb rétegei között nem alakultak ki jelentős különbségek. A felszíni minták nedvességtartalma a legtöbb esetben kismértékben meghaladta az 1,5 m mélységből származó mintákét, ami a természetes légcserre és a környezeti levegő közvetlen hatásával magyarázható (Mao et al., 2024). Ugyanakkor a különbségek egyik mérési ponton sem utaltak kritikus nedvességfelhalmozódásra vagy lokális nedves gócpontok kialakulására.

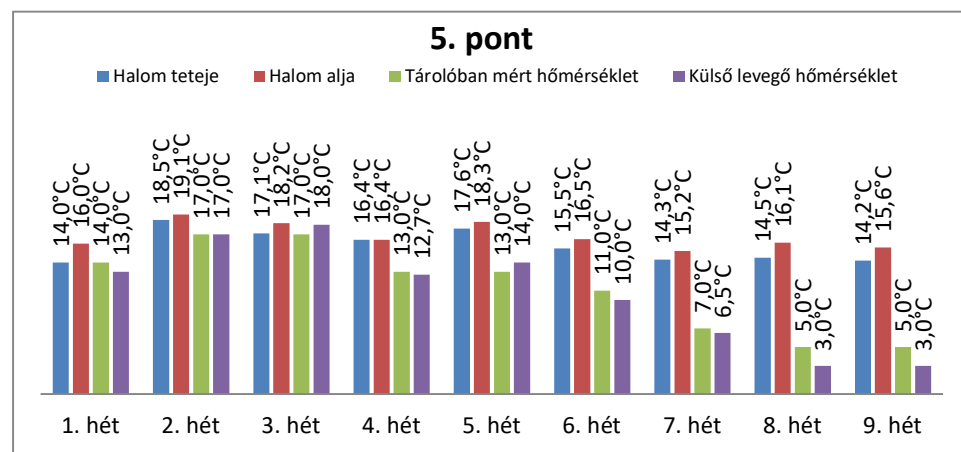
Összességében megállapítható, hogy a tárolási rendszer képes volt a termény nedvességi állapotának viszonylag egyenletes fenntartására, azonban a fokozatos visszanedvesedés ténye rámutat arra, hogy hosszabb tárolási idő esetén a rendszeres monitoring és az aktív szellőztetés alkalmazása indokolt lehet a minőségromlás megelőzése érdekében.

1. A napraforgó és levegő hőmérsékletének változása a tárolási folyamat alatt

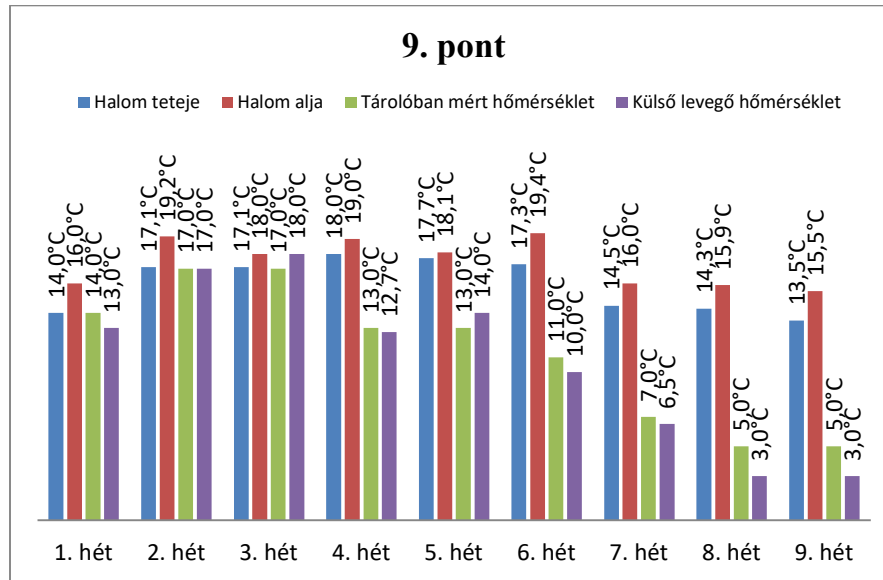
A 6–8. ábrák a napraforgó maghőmérsékletében, valamint a tárolótér és a környezet levegőjének hőmérsékletében bekövetkező változásokat szemléltetik a kilenches tárolási időszak alatt.



6. ábra. A termény és a környező levegő hőmérséklet-változása a tárolás során (1. mérési pont) (Forrás: saját szerkesztés)



7. ábra. A termény és a környező levegő hőmérséklet-változása a tárolás során (5. mérési pont) (Forrás: saját szerkesztés)



8. ábra. A termény és a környező levegő hőmérséklet-változása a tárolás során (9. mérési pont)
(Forrás: saját szerkesztés)

A 6–8. ábrák eredményei alapján a tárolótér és a külső környezet hőmérséklete a vizsgálati időszak során fokozatos csökkenést mutatott, amely megfelelt az őszi időszakra jellemző klimatikus viszonyoknak. A külső levegő hőmérséklete a kezdeti 13–18 °C értékről a vizsgálat végére 3 °C-ra csökkent, miközben a tároló belső levegőjének hőmérséklete 14–17 °C-ról 5 °C-ra mérséklődött. A tároló belső tere a teljes időszak alatt kiegyenlítő hatást gyakorolt a környezeti változásokra, amely kedvező mikroklimatikus viszonyokat biztosított a termény számára.

A termény hőmérséklete szinte minden mérési ponton meghaladta a tároló levegőjének hőmérsékletét. Az 1., az 5. és a 9. mérési pont esetében egyaránt megfigyelhető volt, hogy az 1,5 m mélységből származó minták hőmérséklete rendszerint 0,4–2,0 °C-kal magasabb volt a felszíni rétegénél. Ez a jelenség a terményhalmaz belsejében zajló biológiai és légzési folyamatokkal, valamint a nagyobb hőtehetlenséggel magyarázható (Molina-Herrera et al., 2025).

A legmagasabb maghőmérsékleti értékek a 2–6. héten jelentkeztek, amikor több mérési ponton 18–19 °C közötti hőmérsékletet mértünk. Ezt követően a terménytömeg hőmérséklete fokozatosan csökkent, követve a környezeti feltételek változását. Fontos megállapítás ugyanakkor, hogy a termény és a környező levegő közötti hőmérséklet-különbség a teljes megfigyelési időszak alatt megmaradt, ami a tárolt napraforgó folyamatos hőleadására és lassú lehűlésére utal (Zhiwen et al., 2026).

A vizsgálat során egyik mérési ponton sem alakult ki olyan mértékű hőmérséklet-emelkedés, amely a termény önmelegedésére vagy romlási gócpont kialakulására utalt volna. A hőmérséklet-eloszlás viszonylagos homogenitása arra enged következtetni, hogy a tároló természetes szellőzése megfelelő mértékben biztosította a keletkező hő elvezetését. Az eredmények alapján a tároló hőmérsékleti viszonyai a vizsgált időszakban kedvezőek voltak a napraforgó minőségének megőrzése szempontjából.

Raktári kártevők előfordulásának vizsgálata

A kilenches megfigyelési időszak során a tárolt napraforgó kártevő-fertőzöttségét rendszeres mintavétellel és szemrevételezéssel vizsgáltuk. Az első három hétben nem találtunk kártevőket a mintákban, azonban a negyedik héttől kezdődően rovarok jelenlétét sikerült kimutatni. A meghatározott fajok között aszalványmoly (*Plodia interpunctella* L.) és lisztbogár (*Tenebrio molitor* L.) egyedei fordultak elő (egyedszám: átlagosan 2 és 1 mintavételenként). A kártevők

megjelenése valószínűsíthetően a tároló előzetes fertőtlenítésének hiányosságaival, illetve a tárolási környezet kedvezőtlen feltételeivel hozható összefüggésbe (El-Ramady et al., 2014).

A megfigyelések rámutattak arra, hogy a termény minőségének hosszú távú megőrzése érdekében kiemelt jelentőségű a megfelelő higiéniai állapot fenntartása, a rendszeres kártevő-monitoring, valamint a megelőző védekezési eljárások alkalmazása.

Következtetések és javaslatok

A kilencheses tárolási vizsgálat során a horizontális, könnyűszerkezetes tárolóban elhelyezett napraforgó nedvességtartalma és hőmérséklete mérsékelt változásokat mutatott, azonban a vizsgálati időszak alatt nem alakultak ki a termény minőségét veszélyeztető romlási gócpontok. A betárolást követően a termény nedvességtartalma fokozatosan növekedett, ami elsősorban a környezeti levegő nedvességtartalmával és a természetes légcseré hiányával hozható összefüggésbe.

A mért hőmérsékleti értékek alapján megállapítható, hogy a termény hőmérséklete a teljes tárolási időszak alatt meghaladta a tároló levegőjének hőmérsékletét, ugyanakkor kritikus felmelegedés nem következett be. A halom felszíne és mélyebb rétegei között csak kisebb hőmérsékleti különbségek alakultak ki, ami a tárolt tömeg viszonylag egyenletes állapotára utal.

A kártevő-felmérések során aszalványmoly és lisztbogár egyedeinek jelenléte volt kimutatható, amely arra utal, hogy a tároló higiéniai állapotának és a megelőző kártevő-mentesítési eljárások hatékonyságának további javítása szükséges.

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a jelenlegi tárolási technológia rövid és középtávú tárolásra megfelelő, ugyanakkor a tárolási biztonság növelése érdekében indokolt a technológia fejlesztése. Javasolt a tároló előkészítésének, takarításának és karbantartásának fokozása, a hatékonyabb elő- és utótisztítás alkalmazása, valamint a kártevő-monitoring rendszer fejlesztése. A tárolási veszteségek további csökkentése érdekében célszerű automatizált hőmérséklet-, nedvességtartalom- és CO₂-monitorozó rendszer kiépítése, amely valós idejű információt szolgáltat a tárolt termény állapotáról, és szükség esetén automatikusan vezérelheti a szellőztetési folyamatokat (9. ábra).



9. ábra. Javasolt intelligens monitoringrendszer a tárolt szemestermény hőmérséklet-, nedvességtartalom- és CO₂-viszonyainak felügyeletére
(Forrás: saját szerkesztés az Internet1 alapján)

A korszerű monitoring- és szellőztetési rendszerek alkalmazása hosszabb távon hozzájárulhat a termény minőségének megőrzéséhez, a tárolási veszteségek mérsékléséhez és a gazdaságosabb üzemeltetéshez.

Emellett fontos a páralecsapódást gátló szerkezeti elemek állapotának folyamatos ellenőrzése, valamint a rágcsálók bejutási lehetőségeinek további csökkentése.

Összefoglalás

A szemestermények minőségének megőrzése alapvető követelmény a biztonságos tárolás és a gazdasági veszteségek minimalizálása érdekében. A kutatás célja a napraforgó állagmegóvásának vizsgálata volt egy 4500 tonna kapacitású horizontális tárolóban, különös tekintettel a hőmérséklet- és nedvesséviszonyok alakulására. A kilenc héten át tartó megfigyelés során rendszeres hőmérséklet- és nedvességtartalom-méréseket végeztünk a terménytömeg különböző pontjain.

Az eredmények alapján a napraforgó nedvességtartalma a tárolás során viszonylag stabil maradt, jelentős minőségromlás vagy káros külső elváltozás nem volt megfigyelhető. Ugyanakkor a tárolóban kártevők – aszalványmoly (*Plodia interpunctella* L.) és lisztbogár (*Tenebrio molitor* L.) – jelenlétét is kimutattuk, ami rámutat a megelőző védekezés és a folyamatos ellenőrzés fontosságára. A vizsgálat során feltártuk a kézi ellenőrzési módszerek korlátait, valamint azokat a kockázati tényezőket, amelyek hosszabb tárolási idő esetén minőségvesztést okozhatnak.

A terménybiztonság növelése érdekében javasolt a tárolók előkészítésének és tisztításának fejlesztése, a kártevő-monitoring erősítése, valamint automatizált hőmérséklet-, nedvesség- és CO₂-ellenőrző rendszer alkalmazása. Az intelligens felügyeleti rendszerek hozzájárulhatnak a romlási folyamatok korai felismeréséhez, a tárolási veszteségek csökkentéséhez és a termény minőségének hosszú távú megőrzéséhez.

Kulcsszavak: napraforgó, szemestermény-tárolás, állagmegóvás, hőmérséklet, nedvességtartalom, kártevők, automatizált monitoring.

Irodalom

- Aarif KO, M., Alam, A., & Hotak, Y. (2025). Smart sensor technologies shaping the future of precision agriculture: Recent advances and future outlooks. *Journal of Sensors*, 2025(1), 2460098.
<https://doi.org/10.1155/js/2460098>
- Bala, B. K. (2017). Drying and storage of cereal grains. John Wiley & Sons.
<https://doi.org/10.1002/9781119124207>
- El-Ramady, H. R., Domokos-Szabolcsy, É., Abdalla, N. A., Taha, H. S., & Fári, M. (2014). Postharvest management of fruits and vegetables storage. In *Sustainable Agriculture Reviews: Volume 15* (pp. 65-152).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7_2
- Kacz, K., & Varga, Á. (2021). Egy mezőgazdasági vállalkozás terményszárító üzem létesítésének ökonomiai vizsgálata. *Acta Agronomica Óváriensis*, 62(2), 70-81.
- Komka, G. (1976). Egyszintes terménytárolók és szerkezeti megoldásaik (No. 13). Akadémiai Kiadó.
- Komka, G., & Bellus, Z. (1986). Szemestermények hűtetőrolása (No. 69). Akadémiai Kiadó.
- Mao, Q., Li, H., Ji, C., Peng, Y., & Li, T. (2024). Experimental study of ambient temperature and humidity distribution in large multi-span greenhouse based on different crop heights and ventilation conditions. *Applied Thermal Engineering*, 248, 123176.
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123176>
- Molina-Herrera, F. I., Jiménez-Islas, H., Sandoval-Hernández, M. A., Maldonado-Sierra, N. E., Domínguez, C. C., Jarquín, E. L., & Flores-Martínez, N. L. (2025). Modeling of temperature and moisture dynamics in corn storage silos with and without aeration periods in three dimensions. *ChemEngineering*, 9(4), 89.
<https://doi.org/10.3390/chemengineering9040089>
- Nyári, L., Teschner, G., & Kovács, A. J. (2023). Szemestermények szállítása, raktározása és osztályozása a minőségmegőrzési szempontok figyelembevételével. *Acta Agronomica Óváriensis*, 64(1), 159-193.
- Srivastava, C., & Subramanian, S. (2016). Storage insect pests and their damage symptoms: an overview. *Indian Journal of Entomology*, 78(special), 53-58.
<https://doi.org/10.5958/0974-8172.2016.00025.0>
- Ugrozov, V. V., Filippov, A. N., & Sidorenko, Y. I. (2007). Theoretical description of the hygroscopicity of hydrophilic biopolymers and their mixtures. *Colloid Journal*, 69(2), 232-236.
<https://doi.org/10.1134/S1061933X07020135>

Upadhyay, R. K., & Ahmad, S. (2011). Management strategies for control of stored grain insect pests in farmer stores and public ware houses. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7(5), 527-549.

Yin, Q., He, Y., Liu, S., Liu, X., Zhang, Y., Song, S., & Li, H. (2025). Heat and moisture transfer dynamics in humidity-stratified paddy grain bulk under mechanical ventilation. *Results in Engineering*, 27, 106131.
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106131>

Zhiwen, Z., Yan, C., Xilong, Y., Guanpeng, Q., Weihua, C., & Shiyu, D. (2026). A Case Study on Grain Storage in Underground Granaries with Different Lining Materials. *Applied Food Research*, 102045.
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.102045>

Internet 1. <https://grainmanagement.com/grain-bin-monitoring-systems>

PRESERVATION OF GRAIN QUALITY IN HORIZONTAL SILOS: ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF STORAGE CONDITIONS

¹Tamás Antal, ²Zoltán Kovács

¹University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
antal.tamas@nye.hu

²University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
zoltan.kovacs@nye.hu

<https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.02>

Summary

Maintaining grain quality during storage is essential for preserving market value, food safety, and product quality of grains. This study examined the storage stability of sunflower seeds in a horizontal warehouse with a capacity of 4,500 t over a nine-week period. Temperature and moisture content were measured at multiple locations within the grain bulk to evaluate the influence of storage conditions on the product quality. The results showed relatively stable moisture levels (7.0–10.7%) and grain temperatures between 14 and 19 °C, with no visible signs of quality deterioration. However, storage pests, including the Indian meal moth (*Plodia interpunctella* L.) and yellow mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L.), were detected, highlighting the importance of preventive pest management. This study identified limitations in manual monitoring and emphasized the need for improved cleaning, warehouse maintenance, condensation control, and rodent exclusion. The implementation of automated monitoring systems capable of continuously measuring temperature, moisture, and CO₂ concentration is recommended. These systems can provide early warning alerts and automatically initiate ventilation or cooling processes, thereby reducing storage losses and enhancing the safety and sustainability of grain storage operations.

Keywords: sunflower seed, grain storage, quality preservation, temperature, moisture content, storage pests, automation.