

BRAUN TIBOR*, **
SCHUBERT ANDRÁS**
RONALD N. KOSTOFF***

Bevezetés

A közelmúltban megjelent közleményeinkben [1,2] megvizsgáltuk a fullerénkutatás folyóirat-irodalmának növekedését és növekedési irányát, a fullerének 1985-ös felfedezésétől kezdődően. Az eredmények azt mutatták, hogy a fullerénkutatás mostanra dinamikus interdiszciplináris kutatási területté alakult, számos fontos új felismeréssel gazdagítva általános természettudományos ismereteinket.

Annak ellenére, hogy az említett tanulmányok inkább az alapkutatásra, mintsem az alkalmazásra összpontosítottak, ellent szeretnénk mondani *Calvert* a fullerénekkel kapcsolatos véleményének, miszerint a „fullerének a beteljesületlen ígéretekre adnak példát. Adva lévén egy teljesen új vegyület, a kutatás számos olyan lehetséges felhasználási területet jósolt meg, melyekre a fullerének lennének a legalkalmasabbak (molekuláris csapágy, kenőanyag). Azonban a fullerének mindezidáig a szupravezetéstől a kenési technikáig sehol sem bizonyultak jobbaknak a meglévő anyagoknál” [3].

Annak érdekében, hogy alátámasszuk ellenvéleményünket, elhatároztuk, hogy megvizsgálunk egy olyan szakirodalmat, mely tükrözi a lehetséges fullerénalkalmazásokat, nevezetesen a szabadalmakat. Részletesebben, ebben a tanulmányban statisztikai indikátorokat alkalmaztunk fullerén szabadalmakra, és ezeket példákkal támasztjuk alá, annak érdekében, hogy elvethessük *Calvert* (és mások) szkepticizmusát.

A módszer

Az US Patent and Trademark Office adatbázisát használtuk elsődleges referenciaforrásként. A fullerén szabadalmakat megfelelő kulcsszavak alapján, előzetes fulleréntanulmány készítése során alakítottunk ki [2]. Az idézettségi adatokat a Science Citation Index (Thomson Scientific, Philadelphia, PA, USA) CD-ROM kiadásából vettük, hasonlóan előző munkánkhoz [1].

Az eredmények és tárgyalásuk

A számított szabadalmi mutatószámok eloszlását a feltalálók és engedélyezettek, valamint az engedélyezett lakhelye (ország), és az engedélyezett vállalata szerint vizsgáltuk. Tárgyaljuk még az országok együttműködé-

sét a szóban forgó találmánnyal kapcsolatban, a feltalálók produktivitását, és a találmányok szakterület szerinti besorolását. Annak érdekében, hogy megvilágítsuk az alapkutatások és az alkalmazások közötti összefüggést, az előbbi esetben a publikációk, utóbbiban a szabadalmak alapján bemutatjuk a szabadalmakban legtöbbször idézett folyóiratcikket és folyóiratokat is.

Az adatbázisból összesen 618 szabadalmat választottunk ki, melyek mindegyike a fullerénekre vonatkozik.

A feltalálók és kedvezményezettek országok szerinti eloszlása

Tizenöt ország feltalálói szabadalmaztattak fullerénekkel kapcsolatos alkalmazásokat (1. táblázat). Ezeknek a szabadalmaknak kedvezményezettjei 17 országból származnak (2. táblázat). Ha összehasonlítjuk a két országos rangsort korábbi vizsgálataink eredményeivel, melyekben az országok folyóiratcikkeit vizsgáltuk a fullerének kutatási területén [1,2], azt találjuk, hogy az első három helyet rendszeresen az USA, Japán és Németország foglalja el. Franciaország a legelső hét között van mind a négy rangsorban. Megjegyzendő, hogy míg Oroszország, Kína és az Egyesült Királyság a folyóiratcikkek publikálását tekintve az élen áll, hiányzik a szabadalmi jegyzékéből, valószínűleg azért, mert ezeknek az országoknak megvan a saját szabadalmaztatási csatornájuk. Ezzel szemben Ausztrália és Kanada szabadalmaztatási tevékenysége jóval felül-

1. táblázat

A fullerén szabadalmak megoszlása I.

Sorszám	A feltalálók illetősége	Szabadalmak száma
1.	USA	453
2.	Japán	82
3.	Németország	29
4.	Kanada	16
5.	Franciaország	14
6.	Ausztrália	11
7–8.	Izrael	10
7–8.	Svájc	10
9.	Nagy-Britannia	9
10.	Tajvan	8
11.	Norvégia	6
12.	Hollandia	4
13–15.	Horvátország	2
13–15.	Finnország	2
13–15.	Korea	2

* Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet, Analitika Tanszék, Budapest

** MTA-KSZI Tudományelemzési és Információtudományi Kutatócsoport, Budapest

*** Office of Naval Research, 800 North Quincy Street, Arlington, Virginia 22210, USA

A fullerénsszabadalmak megoszlása II.

Sorszám	Az engedélyezett illetősége	Szabadalmak száma
1.	USA	406
2.	Japán	92
3.	Németország	33
4.	Franciaország	10
5.	Kanada	9
6.	Ausztrália	8
7–8.	Luxemburg	5
7–8.	Tajvan	5
9–10.	Izrael	4
9–10.	Norvégia	4
11–12.	Nagy-Britannia	3
11–12.	Svájc	3
13.	Horvátország	2
14–17.	Ausztria	1
14–17.	Hongkong	1
14–17.	Szlovákia	1
14–17.	Szlovénia	1

múlja a publikációkban mutatott részesedést. Meglepően sok egyéni feltaláló található Izrael esetében, Luxemburg kitüntetett helye a szabadalom-tulajdonosok esetében egyetlen vállalat tevékenységének tudható be.

Két különböző modell figyelhető meg.

Egyetem és ipar együttműködése

- (1) University of Texas (Austin). Egyetlen feltaláló (*J. L. Sessler*) neve szerepel a legtöbb szabadalomban, és a kaliforniai székhelyű *Pharmacyclics Inc.* mindig jelen van társtulajdonosként. Ez egy tipikus egyetem és ipar közötti együttműködés, melyet néhány személyből álló kis csoport közvetít. Összesen 21 személy szerepel társtulajdonosként, ezek közül 9 tartozik az egyetemhez (ún. centralizált modell).

Egyetem és individualitás

- (2) University of California. 53 feltaláló működött közre 21 szabadalom létrehozásában, ezek közül 38 kaliforniai illetőségű: egyikük sem szerepel több mint négy szabadalomban, közülük 30 pedig csak egyszer. Ipari céghez való kötődés nem mutatható ki (ún. szórásos modell). Részletesebb esettanulmányt kellene készíteni ezeknek a modelleknek a racionalitásával és érvényességével kapcsolatban. A minta azonban túl kicsi ahhoz, hogy ebből messzemenő következtetést vonjunk le.

Szabadalmaztató vállalatok és intézmények

Amint ez a 3. táblázatból látható, érdekes, de kissé meglepő, hogy az egyetemek vezetnek a fullerénsszabadalmaztatási rangsorát. Amint várható, a szabadalmaztató

Szabadalmaztató vállalatok és intézmények

Sorszám	Engedélyezett neve	Cím	Szabadalmak száma
1.	University of Texas	Austin, TX (USA)	22
2.	University of California	Oakland, CA (USA)	21
3.	Pharmacyclics, Inc.	Sunnyvale, CA (USA)	19
4.	Xerox Corp.	Stamford, CT (USA)	18
5.	IBM Corp.	Armonk, NY (USA)	17
6.	Du Pont de Nemours & Co.	Wilmington, DE (USA)	15
7–10.	Exxon R&E Co.	Florham Park, NJ (USA)	13
7–10.	Hoechst AG	Frankfurt (Németország)	13
7–10.	NEC Corp.	Tokió (Japán)	13
7–10.	Sri International	Menlo Park, CA (USA)	13
11.	Silverbrook Research Pty Ltd.	Balmain (Ausztrália)	10
12.	Agency of Industrial S&T	Japán	8

vállalatok élén az USA áll, bár Németország, Japán és Ausztrália is eléggé aktív. Habár az Egyesült Királyság, Franciaország, Svájc és Olaszország előkelő helyen szerepelnek az alapkutatásokat közlő folyóiratcikkek tekintetében, mégis elgondolkodtató, hogy miért ennyire mérsékelt az ezekben az országokban működő vállalatok és intézmények szabadalmaztatási tevékenysége.

A nemzetközi közös feltalálói tevékenység képe

Habár a nemzetközi együttműködés jól ismert jelenség az alapkutatást közlő folyóiratcikkek esetében és ez a fullerénsszabadalmaztatás során is megfigyelhető, a 4. táblázat azt mutatja, hogy a különböző országok feltalálói együttműködése az országok egyedi tevékenységéhez képest (vagyis, ha egynél több ország feltalálói szerepelnek a szabadalomban) eléggé korlátozott. Azonban figyelemre méltó, hogy viszonylag kis országok (mint Izrael, Svájc, Hollandia, Norvégia, Finnország) e tekintetben elég nagy szorgalmat tanúsítanak. Feltűnően alacsony a közös feltalálói tevékenység azokban az országokban, melyek nem működnek együtt az Egyesült Államokkal. Jóllehet nehéz ezekből az adatokból megbízható következtetést levonni, de Anglia, Japán és Ausztrália hiánya mindenesetre feltűnő.

Egyedi feltalálói teljesítmény

A legtermelékenyebb feltalálókat az 5. táblázat mutatja be. Érdekes összevetni ezeket az adatokat korábbi ered-

4. táblázat

Az együttműködő országok

Az együttműködő országok	A szabadalmak száma
USA + Kanada	8
USA + Izrael	7
USA + Svájc	5
USA + Franciaország	4
USA + Hollandia	4
USA + Németország	3
USA + Norvégia	3
USA + Finnország	2
USA + 10 ország	1
Ausztria + Németország + Szlovákia	1
Kanada + Franciaország	1
Franciaország + Svájc	1
Nagy-Britannia + Japán	1

ményeinkkel, melyek a szerzők folyóiratcikk publikálási produktivitását mutatják be. A fulleréntudomány legtermékenyebb 108 szerzője közül (l. [1], 3. táblázat) csak egy (Wang, Y.) szerepel a legtermékenyebb feltalálók jegyzékében. A másik 25 feltaláló neve legalább egy USA szabadalmon szerepel. A [2]-ben szereplő hét legtermékenyebb szerzője közül csak egy (a Nobel-díjas Smalley, R.E.) található az USA szabadalmi feltalálóiak jegyzékében. Sajnos ő 2005-ben elhunyt. Más szempontból az 5. táblázat 15 legtermékenyebb feltalálója közül 10 nem szerepel publikációval a mi fullerénkutatással és -technológiával foglalkozó, lektorált publikációkat tartalmazó adatbázisunkban. Úgy látszik, hogy a potenciális szerzők és feltalálók egy közös csoportba tartoznak, azonban különleges tapasztalat és szigorú specializálódás szükséges

ahhoz, hogy bármely irányban is a legelsők közé lehessen feljutni.

1926-ban Lotka [4] törvénye fordított négyzetes arányosságot állapított meg a tudományos cikkek szerzőinek száma és az egyes szerzők által írt cikkek száma között. Lotka vizsgálta „azt a részesedést, mellyel a különböző képességekkel rendelkező emberek a tudomány fejlődéséhez hozzájárulnak”, azaz az általuk publikált cikkek eloszlását. A szerzők számát az egyes szerzők által írt cikkek számának függvényében logaritmikus skálán ábrázolta, és azt találta, hogy minden esetben a pontok egy egyenes mentén szóródtak, melynek az iránytangense megközelítőleg 2 volt. Ezen adatok alapján Lotka a következő általános egyenletet vezette le:

$$m n^c = k$$

ahol m azon szerzők része, akik mindegyike n cikket publikált, és c és k állandók.

Lotka eredményeit így összegezte: „A vizsgált esetekben azt találtuk, hogy azon szerzők száma, akik 2 publikációt készítettek, egynegyede azokénak, akik csak egyet publikáltak, azok száma, akik 3 publikációt készítettek, körülbelül egy kilencede, és így tovább. Azok száma, akik n publikációt írtak, kb. $1/n^2$ -ed része azoknak, akik egyet írtak, és azok aránya, akik csak egy publikációt publikáltak, az összes szerzők számához képest körülbelül 60 százalék.”

Más szóval, minden 100 szerzőre, akik fejenként egy cikket publikáltak, 25 olyan esik, akik fejenként 2-t ($100/2^2 = 25$), körülbelül 11 publikált 3-at ($100/3^2 = 11,1$), körülbelül 6 publikált fejenként 4 cikket ($100/4^2 = 6,25$), és így tovább.

Lotka törvénye a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$a_n = a_1/n^2, n = 1, 2, 3 \dots$$

ahol a a fejenként n cikket publikált szerzők száma.

5. táblázat

A legtermékenyebb feltalálók

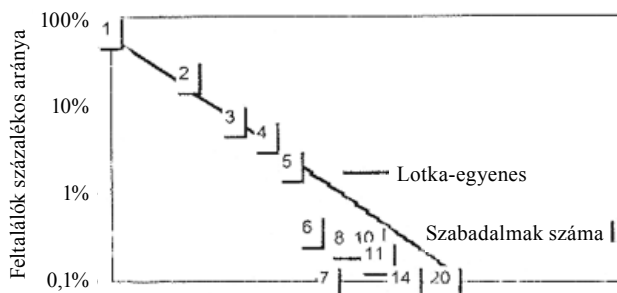
Sorszám	Feltaláló	Engedményezett	Szabadalmi száma
1.	Sessler, J. L.	University of Texas Systems (Austin, TX)	20
2.	Magda, D.	Pharmacyclics, Inc. (Sunnyvale, CA)	14
3–4.	Hemmi, G. W.	Pharmacyclics, Inc. (Sunnyvale, CA)	11
3–4.	Mody, T. D.	Pharmacyclics, Inc. (Sunnyvale, CA)	11
5–7.	Chiang, L. Y.	Exxon R&E Comp. (Florham Park, NJ)	10
5–7.	Silverbrook, K.	Silverbrook Res. Pty. Ltd. (Sydney, AU)	10
5–7.	Ulman, E. F.	Syntex (USA) Inc., (Palo Alto, CA)	10
8–10.	Gruen, D. M.	1324 59th St (Downers Grove, IL)	8
8–10.	Wang, Y.	E.I. Du Pont de Nemours & Co. (Wilmington, DE)	8
8–10.	Ziolo, R. F.	Xerox Corp. (Stamford, CT)	8
11.	Sekhar, J. A.	University of Cincinnati (Cincinnati, OH)	7
12–15.	Betz, W. R.	Supelco, Inc. (Bellefonte, PA)	6
12–15.	Desorcie, J. L.	Supelco, Inc. (Bellefonte, PA)	6
12–15.	Dyer, M. J.	SRI International (Menlo Park, CA)	6
12–15.	Tanaka, S.	Shun-ichiro (Kanagawa-ken, JP)	6

A közlemények idézettsége I.

Sor-szám	Idézett cikk	Idézetek száma
1.	<i>Kratschmer: Nature, 347, 354 (1990)</i>	59
2.	<i>Marks: J. Am. Chem. Soc., 100, 1695 (1978)</i>	39
3.	<i>Shelton: Inorg. Chem., 30, 4295 (1991)</i>	36
4.	<i>Kroto: Nature, 318, 162 (1985)</i>	30
5.	<i>Curl: Sci. Am., 54 (1991)</i>	29
6.	<i>Iijima: Nature, 354, 56 (1991)</i>	27
7.	<i>Haufler: J. Phys. Chem., 94, 8634 (1990)</i>	25
8–12.	<i>Sessler: Acc. Chem. Res., 27, 43 (1994)</i>	21
8–12.	<i>Sessler: Inorg. Chem., 28, 1333 (1989)</i>	21
8–12.	<i>Ebbesen: Nature, 358, 220 (1992)</i>	21
8–12.	<i>Mastruzzo: Photochem. Photobiol., 60, 316 (1994)</i>	21
8–12.	<i>Sessler: Tetrahedron, 48, 9661 (1992)</i>	21
	339 egyéb folyóiratcikk	8 611
	Azonosíthatatlan forrás	1 478

A közlemények idézettsége II.

Sor-szám	Folyóirat	Idézetek száma
1.	J. Am. Chem. Soc.	1 059
2.	Nature	493
3.	Science	439
4.	J. Chem. Soc. Chem. Commun.	326
5.	Angew. Chem. Intern. Ed.	246
6.	J. Org. Chem.	238
7–8.	Inorg. Chem.	227
7–8.	J. Phys. Chem.	227
9.	Appl. Phys. Lett.	218
10.	Proc. Natl. Acad. Sci. USA	182
11.	Biochemistry	176
12.	Tetrahedron Lett.	161
13.	Anal. Chem.	118
14.	Chem. Phys. Lett.	116
15.	Gene Regul. Biol. Antis. RNA DNA	100
	683 egyéb folyóirat	4 632
	Azonosíthatatlan forrás	1 461



1. ábra. Az USA-beli fullerénszabadalmak Lotka-eloszlása

De Solla Price [5] szerint minden tudományos cikknek a felét annyi szerző írja, amennyi a tudományos folyóiratokba publikáló összes szerző számának négyzetgyöke.

Arra voltunk kíváncsiak, vajon a Lotka-törvény érvényes-e a feltalálók produktivitásának esetében is. Az 1. ábra azt mutatja, hogy igen. Egyedi szinten, a folyóirat-cikkek és a szabadalmak produktivitása egyforma törvényszerűséget mutat a fullerénkémia területén.

A szabadalmak idézettségi elemzése

A tudomány, akár társadalmi, akár intellektuális rendszernek tekintjük, lényegében önszerveződő. Művelésének lényegi folyamata, vagyis az ismeretek feltárása és kommunikálása struktúrákat hoz létre, akár a gondolatok egymáshoz való viszonyának, akár a kutatók közötti informális kommunikációnak formájában. A nehézség abban áll, hogy ez a struktúra „láthatatlan”. Ez több kisebb és bizonyos értelemben személyes gondolat és tevékenység eredménye, melynek kollektív vonásai homályban maradnak. Ezeknek a gondolatoknak és tevékenységeknek egyik „látható” megnyilvánulása a hivatkozás, mely idézetként jelenik meg a tudományos folyóiratokban és könyvekben. Az még nyitott kérdés, hogy a szabadalmakban levő idézetek a cikkekhez hasonló szerepet töltenek-e be. A 6. és a 7. táblázat az alap- és alkalmazott kutatások közötti kapcsolatot és a kettő közötti kölcsönhatást igazolja. A 6. táblázat 12 legjobban idézett cikkének mindegyike szintén elég erősen idézett cikk a folyóirat-irodalomban is. A 6. táblázatban az 1., 4., 6., 7. és 10. helyre besorolt cikkek az 1985 és 1998 között fullerénnel foglalkozó folyóirat-irodalom esetében az 1., 2., 4., 6., illetve 16. helyén állnak [1]. A többi cikk hiányzik erről az utóbb említett rangsorból, egyrészt azért, mert elsődlegesen nem fullerén-cikkek, másrészt mert oktatási célból és nem tudományos célból íródtak.

A fullerénszabadalmak technológiai szakterülete

Amint az a 8. táblázatból látható, a fullerének potenciális technológiai alkalmazása valóban interdiszciplináris jellegű. Talán nem meglepő, hogy ezeknek a molekuláknak speciális elektromos tulajdonsága miatt az elektromossággal foglalkozó szakterület áll a rangsor élén. Az egészségügyi alkalmazások viszonylag szerény száma bizonyos mértékben csalódást jelent, és ez részben a fullerének vízoldhatatlanságának tudható be. Azonban mára már szá-

mos vízben oldható funkcionizált és szupramolekuláris vendéglátó-vendég (host-guest) fullerénvegyületet állítottak elő, és nagyon valószínű, hogy ezek meg fogják találni az utat a közvetlen orvosi alkalmazásokhoz. Ezenkívül az orvostudományban a fejlett technológia (high tech) mára már alkalmazást nyert, és a fullerének hasznosítása az elektromosságban, a biokémiában stb. szintén nagy

A fullerén szabadalmak technológiai szakterülete

Nemzetközi szabadalmi osztályozás	Szabadalmak száma
Elektromosság (elektronika)	131
Készülékek	106
Szervetlen kémia	80
Szerves kémia	78
Metallurgia	46
Nagymolekulájú szerves vegyületek	46
Eljárások/készülékek	38
Egészségügy	34
Elválasztás/keverés	30
Nyomtatás	25
Biokémia	21
Kőolaj, gáz	17
Textil	17
Színezékek, festékek, fényszórók	10

valószínűséggel elvezethet az orvostudományi alkalmazáshoz.

Következtetések

Fullerénkémiai szabadalmakból álló adatbázisunkra alapozva a következő következtetést vonhatjuk le. A vezető szabadalmaztatók az USA, Japán és Németország, úgy, ahogy a korábbi folyóiratcikk-elemzés alapján is ezek az országok járnak az élen, valamint Franciaország is szorgalmas szabadalmaztató. Oroszország, Kína és az Egyesült Királyság élen áll a publikált irodalomban, de szignifikánsan alulreprezentáltak a szabadalmi irodalomban. Egy nagyobb szabadalmi adatbázist kellene még megvizsgálni ahhoz, hogy meggyőződjünk arról, vajon ezek az országok egyáltalában nem szabadalmaztatnak, vagy csak elvéve jelentenek be szabadalmat.

Ellentétben a korábbi szemlélettel, miszerint az egyetemek minimális alkalmazási érdeklődést mutatnak, a szabadalmaztató intézmények sorában az egyetemek vezetnek a fullerén nanokémiájára vonatkozó szabadalmaztatást. Az országok együttes szabadalmazási tevékenysége elég korlátozott, szemben az országok önálló idevonatkozó szakirodalmi tevékenységével. Van bizonyos átfedés a szerzők és feltalálók között, különösen az alacsonyabb

produktivitási szinten, de a legtermelékenyebb szerzők és feltalálók úgy tűnik, két elkülönülő kategóriát alkotnak.

A szabadalom-termelékenység úgy látszik, a folyóirat-irodalomhoz hasonlóan, fordított négyzetes függvénynek megfelelő törvényszerűséget mutat. Azok a folyóiratcikkek, melyeket a folyóirat-irodalomban erősen idéznek, a szabadalom-irodalomban is nagyon idézettek. Mivel ezek az erősen idézett cikkek inkább fullerén-alaputatást tükröznek, ezek az adatok igazolják, hogy kapcsolat áll fenn a technológiai alkalmazások és a tudományos alap kutatás között.

A közvetlen fullerén–nanokémiai alkalmazások több technológiai területet érintenek. A bemutatott számok nem tükrözik teljes egészében a fullerén szerepét a felsorolt alkalmazási területeken, valamint több más potenciális felhasználási területen sem. Ennek oka a közvetett alkalmazásokból adódó további várható hatás.

IRODALOM

- [1] T. Braun – A.P. Schubert – R.N. Kostoff: Chem. Revs, 100, 23 (2000)
- [2] R. N. Kostoff – T. Braun – A. Schubert – D. A. Toothman – J. Humanek: J. Chem. Inf. Comp. Sci., 40, 19 (2000)
- [3] P. Calvert: Nature 399, 210 (1999)
- [4] A. J. Lotka: J. Washington Acad. Sci., 16, 317 (1926)
- [5] D. De Solla Price: Little Science, Big Science, Columbia Univ. Press, New York, 1961.
- [6] T. Braun – A. Schubert – H. Maczelka – I. Vasvári: Fullerene Research, 1985–1993. World Scientific, Singapore, 1995.
- [7] T. Braun – A. Schubert – G. Schubert – L. Vasvári: Fullerene Research, 1994–1996. World Scientific, Singapore, 1997.

ÖSSZEFOGLALÁS

Braun Tibor – Schubert András – Ronald N. Kostoff: **Quo vadis alkalmazott fullerénkémia?**

Megvizsgáltuk a fullerénkémiai alkalmazásokkal kapcsolatos szabadalmaztatási tevékenységét és kimutatjuk, hogy az irodalomban fellelhető egyes pesszimista megnyilvánulások ellenére a területen számos olyan biztató elem található, melyek várható gyakorlati fejlődést ígérnek.

[Magy. Kém. Lapja, 63, 132 (2008)]

SUMMARY

T. Braun – A. Schubert – R. N. Kostoff: **Quo vadis Applied Fullerene Chemistry?**

We have scrutinized the patenting activities related to the application of fullerenes and demonstrate that in spite of some pessimistic thoughts which can be found in the literature there are many signs showing bright applications in the future.