

**TWOJE**  
pismo o NAUCE

WOLNA WOLA  
NIE ISTNIEJE?



RADIOAKTYWNY  
ŚMIETNIK



ROŚLINNE  
MAŁŻEŃSTWA



# wiedza i życie

KWIECIEŃ 2020 nr 4 (1024)

CENA 9,99 ZŁ (w tym 8% VAT)

www.wiz.pl

ukazuje się od 1926 roku

## NOWY SPOSÓB na RAKA!

ASTRONAUTA  
poza statkiem  
kosmicznym

Wirtualna  
rzeczywistość  
LECZY

TOKSYCZNE  
przemiany  
w olejach

 PRÓSZYŃSKI  
MEDIA

ISSN 0137-8929 INDEKS 38142X



PRZYDATNE W SZKOLE

NIEBIESKIE I ZIELONE PSZCZOŁY

# ROCZNA PRENUMERATA

## MIESIĘCZNIKA „WIEDZA I ŻYCIE”

z książką w prezencie!

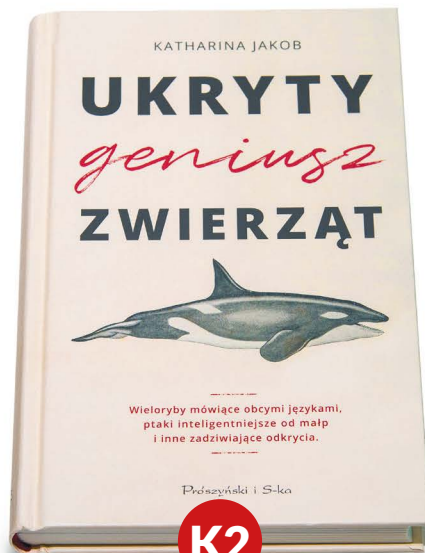
TYLKO

**89 zł\***



**K1**

Cena det. 42,00 zł



**K2**

Cena det. 39,99 zł



**K3**

Cena det. 36,00 zł

Więcej ofert prenumeraty znajdziesz pod adresem [ksiegarnia.proszynski.pl/wiz](http://ksiegarnia.proszynski.pl/wiz)

### ZYSKUJESZ



**darmowa dostawa**  
pod wskazany adres

(nie dotyczy wysyłki prezentu w postaci książki\*)



**nawet 30% taniej**  
+ gwarancja stałej ceny

### ZAMÓW JUŻ DZIŚ



składając zamówienie pod adresem  
[ksiegarnia.proszynski.pl/wiz](http://ksiegarnia.proszynski.pl/wiz)



wpłacając odpowiednią kwotę  
przelewem na rachunek bankowy  
**49 1140 1977 0000 2542 6100 1007**  
(w tytule przelewu podaj numer, od którego  
jest zamawiana prenumerata np. WIZ 04/20, kod  
prezentu np. K1 oraz dane adresowe do wysyłki)

### MASZ PYTANIA?



zadzwoń: **+48 22 278 17 27**  
(pon.-pt. w godz. 9:00-16:00)



napisz:  
[prenumerata@proszynskimedia.pl](mailto:prenumerata@proszynskimedia.pl)  
lub  
Prószyński Media Sp. z o.o.  
ul. Rzymowskiego 28  
02-697 Warszawa

\*Promocja prenumeraty obowiązuje do 20 kwietnia 2020 roku lub do wyczerpania zapasów książek. Roczna prenumerata „Wiedzy i Życia” (12 kolejnych numerów) bez prezentu kosztuje 84 zł. Różnica w wysokości 5 zł to koszt wysyłki prezentu w postaci książki. W przypadku wyczerpania zapasów danej książki lub niewskazania kodu prezentu w przelewie klient otrzyma inny losowo wybrany tytuł z dostępnej puli.

Administratorem danych osobowych zbieranych przy zamawianiu prenumeraty czasopisma „Wiedza i Życie” jest spółka Prószyński Media Sp. z o.o. z siedzibą w Warszawie. Przed złożeniem zamówienia prosimy o zapoznanie się ze szczegółami dotyczącymi przetwarzania danych osobowych pod adresem [ksiegarnia.proszynski.pl/RODO](http://ksiegarnia.proszynski.pl/RODO).



KWIECIEŃ 2020

w numerze

16

TECHNOLOGIE

## WIRTUALNA RZECZYWISTOŚĆ W MEDYCYNIE

Marcin Bieńkowski

Okazuje się, że najnowsze technologie mogą przydać się lekarzom, np. do różnych szkoleń, przy diagnostyce klinicznej oraz leczeniu zaburzeń psychicznych, bólu i strachu. Pomogą przy projektowaniu urządzeń medycznych, w doborze leku lub pozwolą uniknąć niespodzianek podczas operacji chirurgicznych.

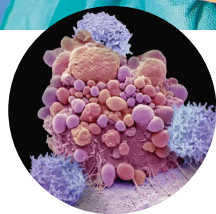
36

MEDYCYNĄ

## SPOSÓB NA RAKA

Katarzyna Kornicka-Garbowska

Nową bronią onkologii są specjalnie zaprojektowane limfocyty. Ich DNA jest zmienione przez wirusy.



57

KOSMOS

## PRZEJDŹMY SIĘ WŚRÓD GWIAZD

Przemek Berg

Spacery kosmiczne, czyli przebywanie poza statkiem lub stacją w otwartej przestrzeni kosmicznej, to jedna z najbardziej spektakularnych aktywności astronautów. Jak to się odbywa i czemu służy?

Słowo od redakcji

KTÓRY OLEJ CI ZASZKODZI? ..... 2

Chichot z za wielkiej wody

GDZIE CZŁOWIEK NIE MOŻE,  
TAM POŚLE PSA (LUB ALBATROSA)

Krzysztof Szymborski ..... 3

Inne spojrzenie

ROŚLINY LICZA

Justyna Jońca ..... 4

Sygnaty ..... 10

### ➤ temat miesiąca

Technologie

WIRTUALNA RZECZYWISTOŚĆ W MEDYCYNIE

Marcin Bieńkowski ..... 16

Spoteczństwo

WYROKI ZA NIEWINNOŚĆ

Kamil Nadolski ..... 20

Ekologia

ŚWIETLNE PROBLEMY NOCNYCH ZAPYLACZY

Jakub Jaroński ..... 26

Zdrowie

Z TĄ MASKĄ CI DO TWARZY

Andrzej Hołdys ..... 30

Medycyna

SPOSÓB NA RAKA

Katarzyna Kornicka-Garbowska ..... 36

Promieniotwórczość

RADIOAKTYWNY ŚMIETNIK

Grzegorz Kołnierzak ..... 42

Entomologia

BZYCZĄCE KUZYNKI

Thor Hanson ..... 46

Chemia

KLEJE

Miroslaw Dworniczak ..... 50

Botanika

ROŚLINNE MAŁŻEŃSTWA

Mariola Rabska ..... 54

Kosmos

PRZEJDŹMY SIĘ WŚRÓD GWIAZD

Przemek Berg ..... 57

Historia medycyny

TAJEMNICA EKSPLODUJĄCYCH ZĘBÓW

Thomas Morris ..... 60

Neurobiologia

WOLNA WOLA NIE ISTNIEJE?

Robert Kościelny ..... 68

Na końcu języka

KLEI SIĘ CZY NIE KLEI?

Jerzy Bralczyk ..... 70

Uczeni w anegdocie

PRZYRODNIK PRZEZ PRZYPADEK

Andrzej Kajetan Wróblewski ..... 71

Nowinki techniczne

..... 72

Recenzje

..... 74

Laboratorium

BIOLOGICZNE MODELE

Renata Szymańska, Paweł Jedynak ..... 76

Głowa do góry

CZERWONA ZAGADKA

Weronika Śliwa ..... 78

Listy czytelników

..... 80

## Który olej Ci zaszkodzi?

**J**ESZCZE niedawno za wyznacznik tego, czy tłuszcz nadaje się do smażenia, uznawano punkt dymienia, czyli temperaturę, w której zaczyna wydzielać dym. Im jakiś tłuszcz plasował się wyżej w tym rankingu, tym łaskawiej na niego patrzyliśmy (dużo lepiej wypadają tu oleje rafinowane w porównaniu z nierafinowanymi). Okazuje się jednak, że stabilność oksydacyjna (odporność na podgrzewanie) jest ważniejsza od punktu dymienia. Rafinowane oleje (słonecznikowy, sojowy, kukurydziany) mają wyższy punkt dymienia niż oliwa extra virgin. Nie są jednak od niej lepsze. Bo nawet wtedy, gdy nie widzimy dymu, na naszych patelniach dochodzi do innych, bardziej niebezpiecznych reakcji chemicznych.

Oleje zaczęto uzyskiwać z różnych roślin już 2–3 tys. lat p.n.e. Wyciskano wtedy z ziaren tylko do 10% zawartego w nich tłuszczu, więc produkcja była niewydajna i droga, ale za to taki towar zawierał całą masę zdrowych składników. Teraz mamy skomplikowany proces obróbki, w tym rafinację. Najpierw nasiona się oczyszcza, podgrzewa i rozdrabnia, po czym wyciska w prasie. Wytłoki są zalewane heksanem z ropy naftowej lub innym węglowodorem. Rozpuszczalniki te „wyprowadzają” pozostały olej uwięziony jeszcze w ziarnach. Następnie rozpuszczalnik zostaje oddestylowany. Kolejne etapy niszczą kolor, zapach, gorycz i związki roślinne. Na tym polega rafinacja. Za pomocą gorącej pary wodnej usuwa się śluzu oraz zawarte w nich fosfolipidy, np. lecytynę. Po parze wodnej stosuje się ług sodowy (wodorotlenek sodu) usuwający wolne kwasy tłuszczowe, pozostałości śluzów i żywic. Wytrącają się wtedy nierozpuszczalne mydła (mydła to sole wyższych kwasów tłuszczowych i np. sodu). Oddzielamy je od oleju grawitacyjnie lub w wirówkach. Wreszcie przychodzi pora na bielenie oleju, czyli pozbycie się chlorofilu i szarego koloru. W tym celu filtrujemy olej przez ziemię okrzemkową, węgiel aktywowany lub glinki absorbujące barwniki. Niestety produkty dotychczasowych przemian toczących się w wysokich temperaturach nadają olejom zjełczały zapach. Trzeba się go pozbyć. Para wodna przepływa więc nad gorącym olejem w próżni w temp. 225–250°C, dzięki czemu lotne składniki smakowo-zapachowe są usuwane. I mamy bezwonny jasnożółty płyn.

Czy jest coś złego w rafinacji? Okazuje się, że proces ten nie tylko usuwa ważne składniki odżywcze, ale także tworzy szkodliwe tłuszcze trans. Warto też wspomnieć, że oleje mogą być sprzedawane w butelkach z takiego plastiku, który uwalnia ksenoestrogeny robiące bałagan w naszych hormonach.


Wróćmy do smażenia. Gdy olej znajduje się na patelni, w tłuszczach następuje chemiczna masakra, za co odpowiadają wolne rodniki. Jeśli w tłuszczu występuje coś, co je niszczy (czyli antyoksydanty), produkt bardziej nadaje się do smażenia.

Tak jest z oliwą z oliwek, która zawiera mnóstwo przeciwutleniaczy neutralizujących szkodliwe rodniki i jest odporna na utlenianie i degradację w czasie smażenia.

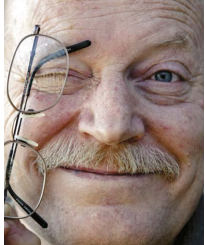
Ktoś by mógł przypomnieć, że przecież według badań olej rzepakowy to korzyści zdrowotne dla serca. Trzeba jednak wziąć pod uwagę, że wiele z tych analiz zostało sfinansowanych przez przemysł rzepakowy, a dowody na te zalety pochodzą z krótkoterminowych badań biomarkerów ryzyka chorób serca. Oliwa z oliwek extra virgin pozostaje niepodważalnie najlepszą opcją. Problem jest jednak taki, że mnóstwo, nawet do 80% oliwy z oliwek zalewającej polskie (i światowe) półki sklepowe nie jest ani oliwą w 100%, ani nie jest extra, ani żadna dziewiczka (virgin = dziewiczka).

Oliwa jest często poddawana takiemu samemu procesowi rafinacji jak inne oleje. Jest wtedy o wiele tańsza, ale pozbawiona polifenoli, fitoestrogenów i innych składników, z których słynie oliwa extra virgin. Tę prawdziwą uzyskuje się bez zastosowania jakichkolwiek rozpuszczalników chemicznych czy metod rafinacji. 1 litr powstaje z 5–6 kg oliwek. Jest droższa i podrabia się ją na potęgę. Podczas gdy mniej niż 10% światowej produkcji oliwy z oliwek spełnia kryteria extra virgin, aż 50% oliwy w sprzedaży detalicznej jest tak oznaczana. Niestety to oszustwo. W badaniach laboratoryjnych często wychodzi na jaw, że do produkcji użyto zepsutych oliwek, spadów lub płyn rozcieńczono tańszymi olejami. Do oleju sojowego lub rzepakowego dodaje się chlorofil oraz beta-karoten i jest on sprzedawany jako oliwa. W ub.r. brazylijskie ministerstwo rolnictwa podało, że 60% testowanej oliwy nie było zgodne z tym, co znajdowało się na etykietach, a produkty niektórych marek okazały się w 85% przypadków olejem sojowym. W Polsce nikt tego nie sprawdza.

O jakości oliwy decyduje kwasowość, cecha niemająca żadnego związku ze smakiem. Im niższa kwasowość, tym zdrowsze i świeższe były oliwki. Na niski poziom kwasowości wpływa metoda zbioru i tłoczenia, a także sposób przechowywania. Producent może umieścić na etykietach napis „extra virgin”, jeśli produkt ma poziom kwasowości poniżej 0,8%. Oliwy, których kwasowość nie przekracza 0,3%, są najlepsze.

Oliwa jest bardzo delikatna. Nawet światło powoduje zmiany w jej składzie. Dlatego porządna nigdy nie będzie sprzedawana w przezroczystej butelce (tylko ciemne szkło, a jeśli jasne – to okryte kartonowym opakowaniem). I jeszcze porada. Jeśli smażyysz, włącz wyciąg. U chińskich kobiet stwierdza się wysoką częstość występowania raka płuc pomimo niskiej częstości palenia. Podejrzewa się, że przyczyną jest to, w jaki sposób przyrządzają one posiłki – smażą je i wdychają opary, czyli produkty rozpadu olejów, m.in. benzopiren i antracen. 

Więcej o smażeniu czytelnik znajdzie w książce Katarzyny Świątkowskiej „Mity medyczne, które mogą zabić 3”.



KRZYSZTOF SZYMBORSKI

# Gdzie człowiek nie może, tam pośle psa (lub albatrosa)

**J**AK wskazuje naukowa nazwa naszego gatunku (*Homo sapiens sapiens*), mędrcy zdecydowali przed laty, że wyróżniającą cechą człowieka jest zdolność do racjonalnego myślenia, której towarzyszy umiejętność uczenia się, gromadzenia wiedzy i rozwiązywania problemów. Pod tym względem rzeczywiście górujemy nad innymi stworzeniami, ale w pewnych sytuacjach musimy korzystać z ich pomocy przy zdobywaniu informacji, bez których myślenie staje się bezpłodne.

Informacje docierają do naszego mózgu za pośrednictwem zmysłów, niekiedy w istotnej mierze wspomaganymi przez nowoczesne instrumenty pomiarowe. Bywa jednak, że nie jesteśmy w stanie poradzić sobie bez pomocy innych zwierząt. Klasycznym przykładem jest tu pies. O zasługach obserwacyjnych i poznawczych psa napisano wiele tomów, których nie będę tu streszczał. Przejdę od razu do jednej z najnowszych naukowych usług, jakie zawdzięczamy naszym najbliższym czworonożnym przyjaciołom. Chodzi o owoce cytrusowe. Atakująca je zaraza, nazwana huanglongbing (HLB), odkryta została w Chinach na początku zeszłego wieku, ale kilkadziesiąt lat później przywędrowała do Ameryki i rozpoczęła dewastację plantacji pomarańczy, cytryn i grejpfrutów na Florydzie, w Teksasie, a w końcu w Kalifornii. Zaraza, której sprawcą jest bakteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, roznoszona przez mszyce, spowodowała w ciągu 10 lat spadek produkcji cytrusów o 70%. Walka z nią była niezwykle trudna, bo drzewka mogły być zarażone przez lata (i zarażać inne), zanim plantatorzy dostrzegli symptomy choroby (nawet nowoczesne genetyczne testy wykrywały obecność patogenów dopiero po kilkunastu miesiącach od ich pojawienia się). Zarażonych drzew nie dawało się wyleczyć i trzeba je było po prostu niszczyć.

Na pomysł, by skorzystać z pomocy psów, wpadł w końcu epidemiolog Tim Gottwald, pracujący w Departamencie Rolnictwa. Węch psa jest 100 tys. razy czulszy od ludzkiego i potrafi wykrywać na przykład przemycane narkotyki lub materiały wybuchowe. Rzeczywiście, już po kilku tygodniach treningu psy (wybrano 20) potrafiły zidentyfikować z 99-procentową

precyzją rośliny zarażone HLB dopiero od kilku tygodni. Całkowita eliminacja zarazy będzie wymagać opracowania szczepionki, ale chwilowa pomoc psów może zaoszczędzić hodowcom miliardy dolarów.

Psy nie są jednak naszymi jedynymi zwierzęcymi informatorami. Do działań wywiadowczych zaangażowano niedawno także albatrosy. Te poważnie zagrożone wyginięciem ptaki są pod wieloma względami niezwykle ciekawymi stworzeniami. Rozpiętością skrzydeł (do 3,7 m) przewyższając wszystkie inne i dzięki temu mogą szybować nad oceanami kosztem minimalnej ilości energii. Po opuszczeniu gniazda dorosły albatros jest w stanie przebyć 16 tys. km bez lądowania, osiągając podczas lotu prędkość 80 km/h. Ponieważ wracają do gniazd nie częściej niż raz na dwa lata, a przez resztę czasu pozostają w powietrzu, do niedawna niewiele wiedzieliśmy o ich trybie życia i obyczajach, co martwiło ornitologów starających się powstrzymać spadek ich liczebności. Na pomoc przyszła mikroelektronika. Początkowo

badacze zaopatrywali ptaki w miniaturowe systemy nawigacji satelitarnej rejestrujące trasy ich lotu, które odzyskiwano wraz z nagraniami po powrocie ptaka do gniazda. Kiedy dalszy postęp miniaturyzacji pozwolił na śledzenie ich lotów w czasie rzeczywistym, ktoś wpadł na pomysł stworzenia z nich „inteligentnych dronów”, zdolnych do patrolowania ogromnych przestrzeni oceanu. 169 albatrosów uzbrojonych zostało przez francuskich i nowozelandzkich techników w trzy anteny – jedna z nich połączona jest z systemem nawigacji satelitarnej, druga wykrywa sygnały radarowe wysyłane przez statki rybackie, a trzecia na żywo wysyła informacje do bazy. System ten zasila niewielka bateria słoneczna. Albatrosy lokalizują statki prowadzące połowy i przesyłają władzom ich położenie, co pozwala sprawdzić, czy połów jest legalny. Szacuje się, że rozmiary kłusownictwa oceanicznego sięgają wartości 20 mld dol. rocznie, a konwencjonalne metody kontroli są nieskuteczne. ❏



# ROŚLINY LICZĄ



▲ Detale tekstury kalafiora romanesco są często wykorzystywane przez nauczycieli akademickich w celu wytłumaczenia pojęcia fraktali.

◀ Aloes wielkolistny występuje naturalnie jedynie w Górach Smoczych. Grozi mu wyginiecie.



Gdy rozejrzemy się po ogrodzie, lesie czy parku, może nam się wydawać, że gałęzie, liście czy płatki kwiatów wyrastają przypadkowo. Prawda jest jednak taka, że punkty, w których się pojawiają, zostały precyzyjnie dobrane przez naturę i mogą być opisane za pomocą podstawowych praw matematyki.

**JUSTYNA JOŃCA**

**STNIEJE** spora grupa roślin, u których prawa te manifestują się w sposób trudny do przegapienia i od zawsze były źródłem inspiracji artystów oraz obiektem badań naukowców. Wystarczy chociażby spojrzeć na aloes wielkolistny. Nie bez powodu znany jest bardziej jako aloes spiralny, bo jego liście układają się właśnie w ten kształt. Ciekawie prezentuje się także ludwigia kotewkopodobna. Jej liście tworzą na powierzchni wody mozaikę. Mamy wrażenie, że układają się w liczne spirale. Aloes wielkolistny występuje w Górach Smocznych na południu Afryki, a ludwigia kotewkopodobna porasta zbiorniki wodne w Ameryce Środkowej i Południowej. Nie oznacza to jednak, że trzeba zmienić kontynent, by móc nacieszyć oko podobnymi cudami natury. Spirala bowiem to najczęściej występujący motyw geometryczny w przyrodzie. Właśnie w ten sposób układają się ziarna słonecznika, łuski w szyszkach czy płatki róży. Zdarza się też, że pojedyncze organy roślinne formują ten kształt, jak liście begonii królewskiej (odmiana *Escargot*) oraz podsadki (przekształcone liście) kalii etiopskiej. Bardzo spektakularnym przykładem ▶



▶ *Escargot* to odmiana begonii królewskiej i oznacza z francuskiego „ślimak”. Liście rośliny przypominają właśnie ich muszle.



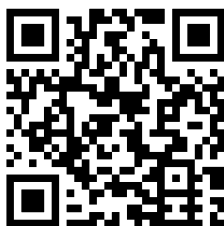
▲ Graficzna reprezentacja ciągu Fibonacciego na tle pędów pomidora



▲ Podsadka kalii etiopskiej (biały liść) zwinęta jest w spirale.



◀ Łuski szyszki układają się w spirale. Poniżej kod QR do linku [www.youtube.com/watch?v=RjM8AaNSjhA](http://www.youtube.com/watch?v=RjM8AaNSjhA)



▼ występowania spirali w naturze są także fraktale wytworzone przez różyczki kalafiora romanesco, który łączy cechy brokołu i zwykłego kalafiora.

Czasami spirale nie są widoczne na pierwszy rzut oka, np. gdy liście owijają się wzdłuż łodygi jak stopnie spiralnych schodów.

## BOSKI PODZIAŁ

Jeśli uważnie przyjrzeć się tym roślinom, można zauważyć, że część ich spirali skręca zgodnie z ruchem wskazówek zegara, a część w kierunku przeciwnym. Zliczenie prawoskrętnych i lewoskrętnych komponentów tej układanki da dwie liczby, które zazwyczaj nie są przypadkowe. Jak wykazał w 1831 r. niemiecki botanik Alexander Braun, są to najczęściej dwie kolejne liczby w ciągu Fibonacciego. Każda liczba w tej sekwencji jest sumą dwóch poprzednich: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89... Zatem szyszka na ogół posiada 8 spirali skręcających w jednym kierunku i 13 w drugim, stokrotka – 21 i 34, a słonecznik – zazwyczaj 34 i 55. Co więcej, każda spirala jest geometryczną reprezentacją ciągu. Jest to tzw. złota spirala i można ją łatwo narysować, wykorzystując do tego odpowiednio ułożone kwadraty o bokach długości odpowiadającej kolejnym liczbom ciągu (patrz: [www.youtube.com/watch?v=RjM8AaNSjhA](http://www.youtube.com/watch?v=RjM8AaNSjhA)). Ciąg Fibonacciego ma wiele ciekawych właściwości. Jeśli podzielić dowolny wyraz ciągu przez wyraz go poprzedzający, to otrzymamy liczbę bliską 1,618 (zwaną też liczbą  $\phi$ ). Im większe liczby weźmiemy do tych obliczeń, tym bardziej zbliżony do tej wartości wynik uzyskamy. Jest to tzw. boski podział lub złota proporcja. Można ją znaleźć nie tylko w świecie roślin, ale także u zwierząt (w tym człowieka), w astrofizyce, a nawet... muzyce.

Wracając jednak do świata flory, warto zauważyć również, że kąt pomiędzy kolejnymi płatkami w niektórych kwiatkach czy też kąt pomiędzy kolejnymi liśćmi oplatającymi łodygę to tzw. złoty kąt. Jeżeli uznać, że łodyga czy centrum kwiatu to środek okręgu, to okaże się, że kolejne organy roślinne wyrastają w odległości 2,3998 radianów od siebie, czyli pod kątem równym  $137,5^\circ$ . I, o dziwo, jeżeli podzielić kąt dopełniający, czyli  $222,5^\circ$  ( $360^\circ$  minus  $137,5^\circ$ ), przez  $137,5^\circ$ , to uzyskamy... liczbę  $\phi$ .

Jakby tego było mało, to liczba elementów tworzących kwiatostany często jest jakąś liczbą ciągu Fibonacciego. Kalia etiopska ma jedną podsadkę, wilczomleczeń lśniący – dwie, a trójlist – trzy. I dalej, kwiaty jaskra kaszubskiego czy ostróżki wyniosłej mają po pięć płatków, nagietki mogą mieć 13 tzw. kwiatów języczkowych (często mylonych z płatkami), astry mają ich zazwyczaj 21, stokrotki – 34, 55 lub 89, a słoneczniki – 55, 89 lub 144. W przypadku innych kwiatów spotkać można podwojne liczby z ciągu Fibonacciego lub ich kwadraty. Niesamowicie w tym zestawie prezentują się kwiaty passiflory. Wyrastają one pojedynczo w kątach liści i otoczone są od dołu trójlistkową okrywą. Od góry można dostrzec pięciopłatkową koronę i złożony





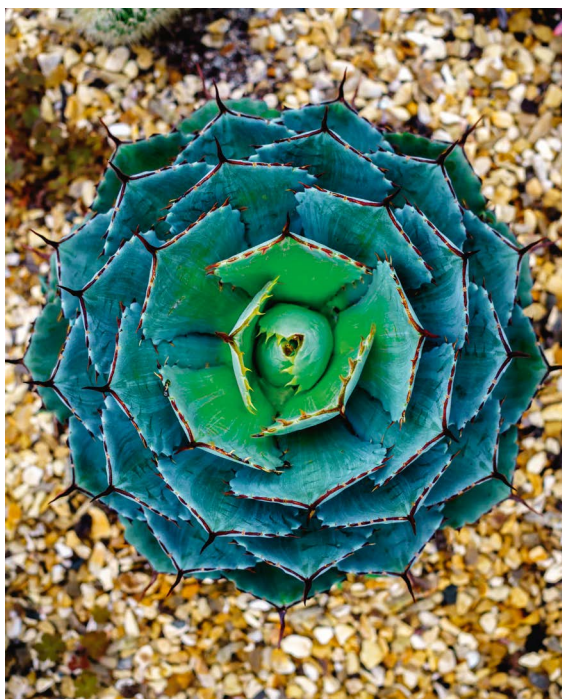
▲ Poadki wilczomleców (czerwone) występują podwójnie. Cyfra 2 jest czwartą liczbą ciągu Fibonacciego.



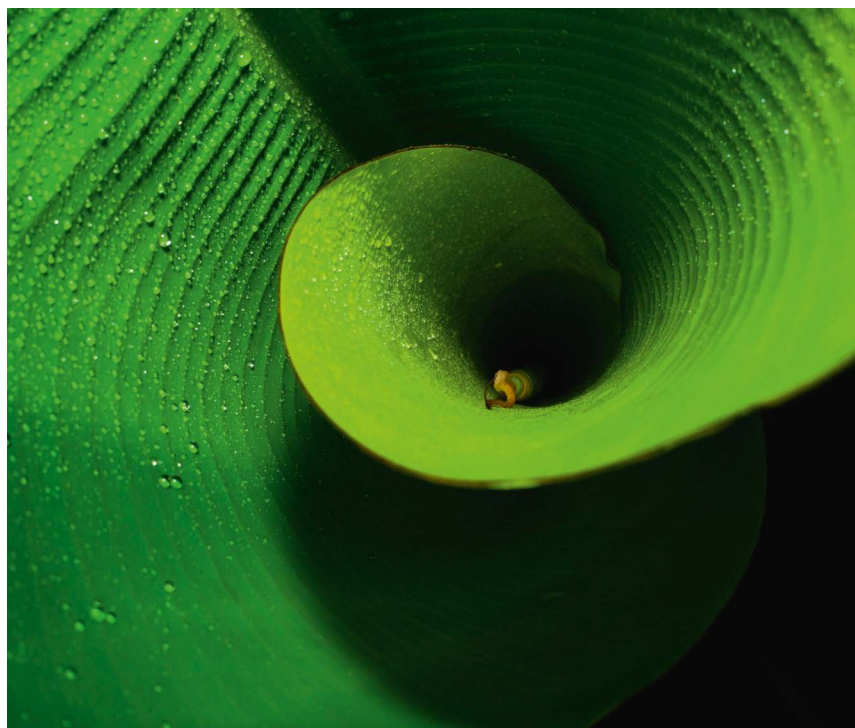
◀ Liczba wszystkich elementów kwiatów passiflory zawsze odpowiada którejś z liczb ciągu Fibonacciego.



▲ Charakterystyczną cechą budowy trójlistu jest występowanie poszczególnych elementów jego budowy w trójkach. ▣



▲ Spiralnie ułożone liście *Agave potarorum* można podziwiać w naturze w rejonach półpustynnych.



▲ Liście wielu roślin zwijają się w spirale. Na zdjęciu liść bananowca.



▲ Z liści ludwigii kotewkopodobnej powstaje mozaika, która przyozdabia zbiorniki wodne w Ameryce Południowej.

z trzech okółków przykoronek. W centrum kwiatu znajduje się pięć pręcików otaczających słupek z trójdzielnyznamiem.

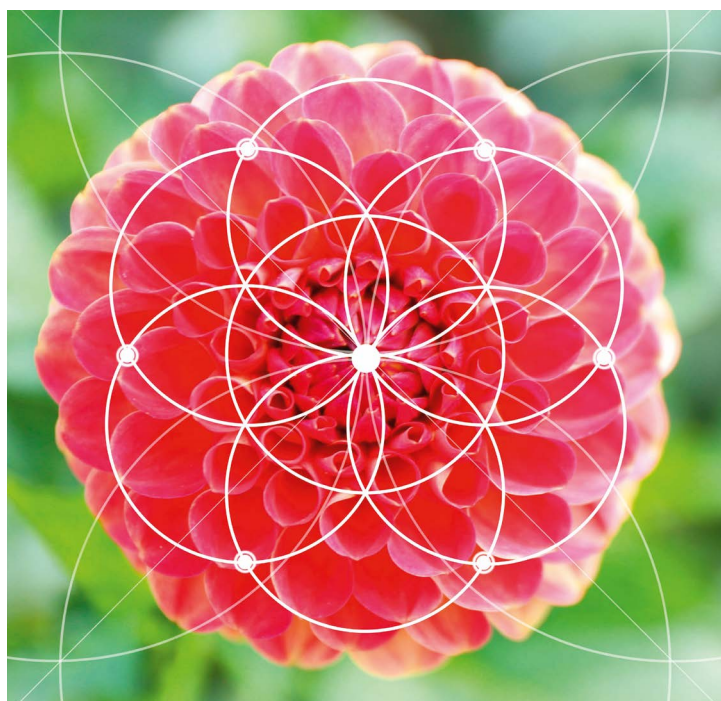
## WIĘCEJ PYTAŃ NIŻ ODPOWIEDZI

A co np. z kwiatami mającymi inną liczbę płatków? I co z roślinami, których liście czy ziarna tworzą spirale, ale ich kształt i liczba nie odpowiadają wyrazom ciągu Fibonacciego? No cóż, i na to matematyka znajdzie wyjaśnienie. Niektóre rośliny kształtują swoje organy, używając do tego innych ciągów, o właściwościach podobnych do ciągu Fibonacciego, ale składających się z innych wyrazów, jak sekwencja Lucasa (2, 1, 3, 4, 7, 11, 18, 29, 47, 76...). W 2016 r. angielski naukowiec Jonathan Swinton opublikował pracę, w której wykazał, że co prawda większość spośród 657 przebadanych okazów słoneczników tworzy spirale wedle ciągu Fibonacciego lub jakiejś jego modyfikacji, ale zdarzają się też okazy podlegające sekwencji Lucasa albo jeszcze jakimś innym szeregowi powiązanych ze sobą liczb.

Tworzenie różnego rodzaju spirali w obrębie tego samego gatunku obaliło wczesne teorie, które sugerowały, że za ich występowanie odpowiadają geny. Tym bardziej że różną filotaksję (sposób rozmieszczenia liści i innych organów) można spotkać zarówno w obrębie tego samego gatunku, jak i osobnika. W niektórych roślinach ten sam merystem (tkanka odpowiedzialna za tworzenie nowych organów) czasami zmienia filotaksję podczas życia osobnika. Obserwacje te zostały potwierdzone eksperymentem przeprowadzonym w latach 30. XX w. przez brytyjską parę naukowców – Mary i Roberta Snow. Polegał on na przecięciu na dwie części merystemu wierzbownicy kosmatej. Po tym zabiegu roślina, która wykazywała filotaksję naprzeciwległą, zaczęła produkować liście... spiralnie.

W jaki sposób zatem rośliny tworzą te struktury? Większość naukowców sądzi, że odbywa się to na zasadzie autoorganizacji, w której kluczową rolę odgrywają auxyny (hormony stymulujące wzrost roślin i syntetyzowane w merystemie), ale nie znają dokładnego mechanizmu tego procesu. Kolejnym pytaniem, na jakie badacze szukają odpowiedzi, jest to, po co rośliny właściwie tworzą te przepiękne struktury. Niektórzy uważają, że w ten sposób chcą zapewnić sobie maksymalny dostęp do światła, ale nie wyjaśnia to np. istnienia filotaksji nakrzyżległej, której przepięknym przedstawicielem jest odmiana grubosza o nazwie Buddha's Temple. Jego liście tworzą strukturę przypominającą buddyjskie świątynie i zachodzą na siebie w taki sposób, że górne zasłaniają dolne, odcinając im dostęp do promieni słonecznych. Przeciwno tej teorii przemawia także fakt, że (poza nielicznymi przypadkami) kwiaty nie przeprowadzają przecież fotosyntezy. Po co więc tworzą te skomplikowane geometrie? Nie wiadomo. Jedno jest pewne – rośliny kryją przed nami jeszcze wiele tajemnic.

Justyna Jońca



▲ Płatki kwiatów dalii układają się w tzw. sferę Fibonacciego, czyli kulę pokrytą wieloma spiralami.



▲ Liście grubosza o nazwie Buddha's Temple tworzą strukturę przypominającą buddyjskie świątynie.