

Законът на Либих

Ивелин Кулев

Този закон е формулиран за първи път от професора по агрохимия Карл Шпренгел (Philipp Carl Sprengel, 1787 – 1859) през 1828 г. Той защитава дисертация в университета в Гьотинген и там изнася първите лекции по аграрна култура и химия в Германия. През 1830 г. се премества в Брауншвайг, а през 1839 г. получава покана да оглави Академията по агрокултура в Регенвалде (днес градът е известен под името Реско, тъй като е в Полша), където остава до края на своя живот.

Законът за минимума обаче е разширен и популяризиран от известния немски химик Юстус фон Либих (Justus von Liebig, 1803 – 1873). Преди да се втурнем в дискусия по закона, ще си позволя да представя учения. Роден е през 1803 г. в Дюселдорф в семейството на търговец на бои и още като дете развива особен интерес към химията. През есента на 1819 г. започва да следва химия в Университета в Бон при проф. Карл Кастнер (*Karl Wilhelm Gottlob Kastner*, 1783 – 1857). По-късно защитава успешно и докторска дисертация в университета в Ерланген. Проф. Кастнер успява да издейства от херцога на Хесен стипендия за своя гаровит ученик, за да може той да продължи

През 2013 г. се навършиха 210 години от рождението на един от великаните в областта на химията – Юстус фон Либих. В следващите редове обаче ще се опитам да разкажа за онзи закон, станал известен като *„закона за минимума на Либих“*, който днес е в основата на екологията.

обучението си в Сорбоната, в Париж. След това през 1824 г., със съдействието на Александър фон Хумболт, е назначен за професор по химия и фармация в Лудвигс-университет в

Гиисен. Може би заслужава да се отбележи, че след Втората световна война Лудвигс-университетът в Гиисен е преименуван в Юстус-Либих-университет. Като професор в Гиисен Либих получава покани за професорско място от много и различни университети от Германия, Англия, Австрия, Естония и Русия, но той отклонява всички. Все пак не успява да устои на личната покана на баварския крал Максимилиан II, който му предлага мястото на професор в новия химически институт на Университета в Мюнхен. Така през 1852 г. Либих напуска Гиисен и остава до края на живота си в Мюнхен. Но, за да посоча с какво проф. Либих е известен в химията, няма да са ми достатъчни страниците, предоставени ми от издателите на списанието. Все пак накратко, проф. Либих е един от създателите на *органичната химия*, на *теорията за радикалите*, на *теорията на изомерите*, т.е. на веществата, които имат един и същ химичен състав, но различна структура, по която се различават едно

от друго. Откривател е на *суперфосфата*, изкуствения тор, който дори и днес е сред най-използваните доставчици на фосфор за растенията, както и на торенето с минерални торове изобщо, т.е. на агрохимията. Открива *хлороформа* и *пирогалола*, към които следва да се добави и *трихлорацеталдехидът*, основно вещество за производството на пестициди. На проф. Либих дължим *бакпулвера*, представляващ смес от кисел натриев карбонат (NaHCO_3) и монокалциев ортофосфат (CaHPO_4) и киселина. (Сместа от NaHCO_3 и CaHPO_4 носи номер *E341a* в европейските добавки към редица храни.) Най-често като киселина се използва киселият динатриевдифосфат ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$), който е хранителната добавка под номер *E450a*. Негово откритие са известните ни кубчета от бульони (пилешки, телешки и т.н.). Предвестниците на днешните бебешки храни са неговите „*супи за сукалчета*“. Още в Университета в Гюисен проф. Либих основава списанието *Annalen der Pharmacie*. След това списанието бива издавано като *Annalen der Chemie und Pharmacie*, което излиза до 1874 г., като *Annalen der Chemie*, станало известно като *Liebig's Annalen*. То е особено ценено в областта на органичната химия. (След 1998 г. списанието е погълнато от *European Journal of Organic Chemistry*.)

Чрез своите методи на преподаване, които разчупват установените правила, проф. Либих е един от много ценените лектори както от студенти, така и от ръководствата на университетите. Същевременно неговите изследвания, които той публикува в различни области на химията, на фармацията, на физиологията и земеделието, му завоюват позицията на водещ химик. Чрез това името му става известно на света като много уважаван изследовател, един от най-успешните химици на XIX в. Накрая, за да подчертая значението на този човек за химията, е достатъчно да отбележа факта, че когато за някого се каже, че е бил при проф. Либих, то за него веднага се намирало място във всеки университет или научен институт, т.е. името на проф.



Карл Шпренгел. Следващото изречение от негова публикация дава представа за формулирания от него закон: „Ако за растежа на едно растение са необходими 12 вещества, то никога не ще порасне, ако само едно-единствено от тях липсва, и винаги ще расте хилаво, ако само едно от тях не се намира в необходимото количество, което природата на растението изисква“



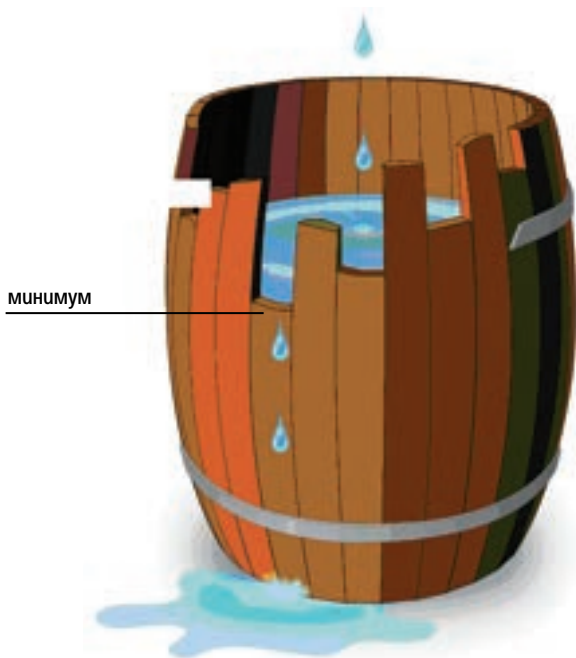
Юстус фон Либих

Либих било нещо като визитна картичка за многобройните му ученици и отваряло вратите на различните химически институти за тях. И може би следва да отбележа, че сред първите 60 Нобелови лауреати по химия 42-ма са ученици на проф. Юстус фон Либих!

А сега, връщайки се към закона за минимума, трябва да кажа, че Либих е основоположник и на *агрохимията*. През 1840 г. той обобщава опита на голям брой изследователи и утвърждава минералната теория за храненето на растенията. Публикува две книги: *„Органичната химия и нейното приложение към агрокултурата и физиологията“* и *„Химията на животните, или органичната химия и нейното приложение към физиологията и патологията“*. Двете книги възбуждат необикновен интерес не само след ученията и специалистите. Достатъчно е да спомена, че те претърпяват 9 издания и биват преведени на 34 езика!

За да направи достъпни познанията по химия за един по-широк кръг от читатели, от 1841 г. Либих пише т.нар. Химически писма. Те се публикуват във вестника в Аугсбург (*Augsburger Allgemeinen Zeitung*) и намират необикновен отзвук. Същевременно обаче не всички идеи на проф. Либих, които намират място във вестника, биват приети от специалистите. Трябва да минат почти 20 години, за да бъдат идеите на Либих по отношение на агрокултурата възприети и от

научната общественост. Практическото приложение на неговото учение води земеделците към повишаване на добивите и днес определено би могло да се каже, че без въвеждане на агрохимията днешната организация на селскостопанското производство и на обществото изобщо просто не би била възможна. Достатъчно е да спомена, че без употребата на изкуствените торове, на пестицидите, както и значителното механизирание на земеделието и отглеждането на животните, днешният ръст на населението в света направо би бил немислим. Може би тук си заслужава да бъде отбелязано, че през 1798 г. Малтус (Thomas Robert Malthus, 1766 – 1834) публикува своето *„Есе върху принципите на популацията“*. В него той посочва, че производството на хранителни продукти нараства в аритметична прогресия (1,2,3,4...), докато броят на населението в света нараства в геометрична прогресия (1,2,4,8...), т.е. ще настъпи момент, в който броят на населението в света ще изпревари производството на хранителни вещества. За да не се случи това, Александър фон Хумболт препоръчва като



Схематично изображение на „закона за минимума“. Растежът на едно растение се определя от онова хранително вещество, което е в най-малко количество. т.е. веществото, чиято концентрация е най-малка, определя растежа на едно растение. Максималната височина на напълване на бъчвата съответства на добива от съответното растение

средство за изкуствено торене на земеделските земи и повишаване на селскостопанските добиви т.нар. чилска селитра. Чрез нея в обработваемите земи се повишава съдържанието на азот. Така се започва изнасянето на гуано (изпражненията на различни морски птици) от Чили и Перу и неговото внасяне в Европа. През 1840 г. проф. Либих, подбуден от глада през 1816 г., установява, че растенията усвояват много бързо фосфора от суперфосфата. Скоро след това започва и производството на суперфосфат в Англия, а по-късно и в Германия, с което се поставя началото на торене на земеделските земи с промишлено произведен тор. Наред с важността на азота, фосфора и калия от големия брой изследвания се разбира и значението на микроелементите цинк, бор, манган, мед, молибден и др. за развитието на растенията.

През същата година в Ирландия, в резултат на унищожаване на картофите от *Phytophthora infestans* (микроскопична гъба), настъпва глад, от който дори умират много хора. Изследователската работа, породена от това нещастие, довежда до появата на хербицидите и инсектицидите. Това са вещества, които са в състояние да унищожат плевелите и различни вредители по растенията, като гъбички, насекоми, червеи, мишки и т.н. В основата си тези вещества представляват различни органични съединения като амиди, анилиди, карбамати, бензимидазоли, калаени или фосфорни съединения, както и много други.

Трябва да се има предвид, че основната част от хранителните вещества за растенията се съдържат в твърдата фаза на почвата и в почвения разтвор. Твърдата фаза на почвата се състои от две части – минерална и органична. Минералната част заема от 94 до 99% от твърдата фаза. Тя се състои от различни минерали, които са постоянен източник на хранителни вещества за растенията. Органичната част на почвата играе много важна роля в изхранването на растенията и определя плодородието на



Колба със сребърно огледало, едно от творенията на проф. Либих



Уранов минерал – открит през 1848 г. и наречен либигит в чест на Юстус фон Либих



Паметник на проф. Юстус фон Либих в Мюнхен, открит през 1883 г.



„Изгаряне“ на лист, предизвикано от прекалено торене

почвата. Тя представлява смес от нехумифицирани органични и хумусни вещества. Към нехумифицираните вещества се отнасят растителните и животинските остатъци, които много лесно преминават в усвояеми минерални форми. Хумусните вещества са хуминови киселини, фулвокиселини и хумин. Това са сложни високомолекулни азотсъдържащи почвени органични вещества, които представляват 85 – 90% от общото съдържание на органично вещество.

В началния период на развитието си растенията използват малко азот. След поникване на растенията от особено значение е количеството на фосфора в почвата, който влияе положително, ускорявайки растежа на кореновата система. Растенията усвояват усилено калий в началните фази на своя растеж, който способства за синтеза на органичните киселини и образуването на мазнини. Микроелементите (бор, желязо, кобалт, манган, мед, молибден, цинк и др.) са необходими на растенията, тъй като изпълняват важни физиологично-биохимични функции. Тяхното внасяне в почвата влияе върху количеството и качеството на добивите. Всичко това по същество е отражение на закона за минимума на Либих, който показва какви вещества и кога са необходими за правилния растеж на растенията. Той също сочи и кога трябва да бъде осъществено допълнителното торене на земеделските земи, чрез което се повишават добивите от различните селскостопански растения.

Първоначално, още по времето, когато се заражда земеделието на Земята, с цел повишаване на добивите, хората просто са използвали нови участъци от необработвана земя. Така са сменяли изтощената вече почва с нова, за да повишат добивите. По-късно откриват действието на торенето. Още от времето на Микенската цивилизация (1500 – 1200 г. пр.Хр.) става известно влиянието на оборския тор. Значително по-късно, през XV – XVI век сл.Хр., постепенно се натрупват познания, водещи до възникване на агрохимията, т.е. науката за хранене на растенията и торене на почвата.

Така чрез интензификация на земеделието, която включва торенето на почвата с органични и изкуствени торове, употребата на хербициди и пестициди, въвеждането на нови сортове растения, напояване и други фактори, биват повишени добивите от селскостопанска продукция. Това прави днес възможно изхранването на населението на Земята, което вече достига повече от 7,13 милиарда души. Прогнозите сочат, че през 2050 г. то ще бъде от 8,3 до 10,9 милиарда! Следователно в бъдеще ще трябва още повече усилия от страна на селското стопанство, за да се осигури изхранването на това количество хора.

Като се има предвид, че растенията използват от 35 до 70% от внесените в почвата азотен тор и остатъкът е загубен за тях, за да се повиши неговото използване, са необходими познания за нуждите от азот за всеки вид растение. Коефициентът на използване на фосфора във фосфорните торове е още по-нисък – 5 до 35%, т.е. значителна част от внесените в почвата фосфорни торове не се усвояват от растението и част от тях не постигат целта, заради която са внесени.

Следователно повишаването на ефективността на торенето е поле за работа на редица специалисти – химици, агрономи, почвоведи. Същевременно торенето с изкуствените (промишлените) торове, колкото и да е желателно с оглед на необходимостта от повишаване на добивите, води след себе си и някои нежелателни ефекти. Например фосфорните торове, които се получават главно от апатити и фосфорити, съдържат известно количество уран. При обичайното торене с тях в почвата се внасят между 10 и 20 г уран на хектар. Така почвата се обогатява на този радиоактивен елемент, а той се извлича от растенията и с храната попада в организма на човека. Въпреки че количествата на урана са твърде малки, това изисква допълнителен контрол, оценяващ лъчевото натоварване, предизвикано от необходимостта от торене с фосфорни торове.



Проф. д.х.н. Ивелин Кулев е завършил Химическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ със специализация радиохимия. Основва Лабораторията по радиоаналитична химия в Химическия факултет (1984). Работи в областта на неутронноактивационния анализ, замърсяването на природната среда с тежки метали, разпространението на радиоизотопи в околната среда и археометрията.

Торовете не остават изцяло в почвата и не се поемат напълно от растенията, а се отмиват от дъждовете. Част от тях попадат в реките, а оттам достигат езерата и моретата. Наличието на това го-



*Разрез на картоф, поразен от *Phytophthora infestans* (микроскопична гъба)*



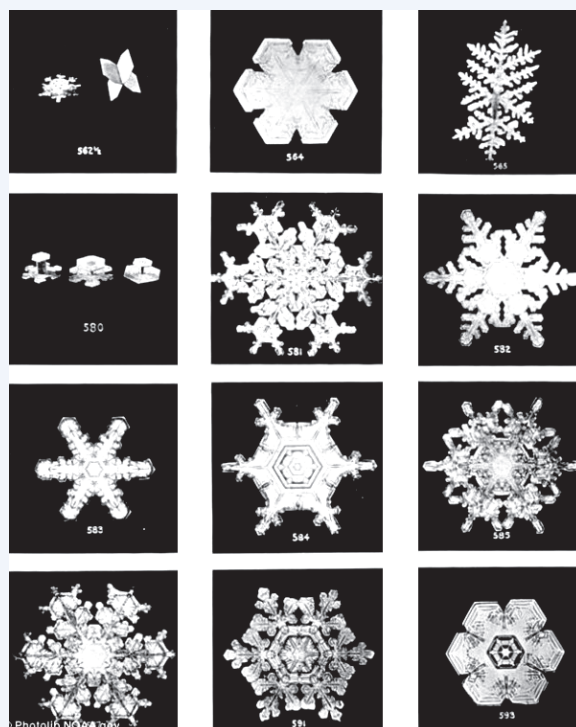
Спътникова снимка на Каспийско море, направена през 2003 г., на която в северната част се вижда наличие на еутрофия. Източно от вливането на р. Волга се наблюдава цъфтеж на водораслите, предизвикано от високата степен на внесените торове

пълнително количество азот и фосфор във водите предизвиква *еутрофикация*, т.е. повишено развитие на фитопланктона. Еутрофикацията намалява количеството на кислорода, а неговата липса във водата води след себе си до умиране на рибата.

Следователно нуждата от торене показва, че познаването на закона на Либих е от особена важност, като това следва да бъде съчетано с познания по агрохимия изобщо. Наред с това, за да се постигне положител-

ният ефект от торенето, са необходими познания за биологичните особености на растенията, на почвените и климатични условия, при които се отглеждат различните растения. Всичко това показва необходимостта от провеждането на всички агрохимични технологии от високо образовани специалисти, т.е. нараства неимоверно много ангажирането на земеделци с висока степен на образованост в производството на селскостопанска продукция. ■

Първите фотографски снимки на снежинки



Открай време и деца, и възрастни се възхищават от изяществото на снежинките. За съжаление, човек не може да запази тези красиви кристалчета дори за кратко време. Те се стопяват бързо, като се превръщат в миниатюрни водни капчици или пък сублимират, при което преминават направо в газообразна форма. За да запази представата за тях, на човек не му остава друго освен да ги нарисува или фотографира. За пръв път това е започнал да прави един фотограф-любител преди повече от сто години. Това е фермерът Уилсън Бентли (Wilson Bentley) от американския щат Вермонт. Възхищен от красотата на миниатюрните кристалчета, той се опитал отначало да ги нарисува. Попречило му бързото топене на снежинките, и тогава той решил да ги фотографира. През целия си живот Бентли направил над 6 хиляди снимки на снежинки и установил, че сред тях няма нито един случай на две идентични снежинки. Оттогава тръгва представата, че две

снежинки никога не биха могли да бъдат напълно еднакви. Едва през 1988 г. изследователката от Националния център за атмосферни проучвания в Колорадо – Нанси Найт (Nancy Knight) доказва обратното – тя успява да получи снимки на две снежинки, които се оказват напълно идентични по външен вид.

Уилсън Бентли наричал снежинките „миниатюрни чудеса на красотата“. Действително, повечето снежинки имат шестоъгълна симетрия, която придава на всяка отделна снежинка своеобразна индивидуална естетика. Тези „чудеса на красотата“ се образуват високо в атмосферата при температура от минус 12 градуса по Целзий. Снежинките падат на земята със скорост от около 4 километра в час. Паднали върху твърда повърхност, те остават за много кратко време като фина ажурна пелена, преди да се стопят или сублимират.

По Bild der Wissenschaft