

# ბიზნეს-ინჟინერინგი ქიმიაში

## პარტოფილუმი საილენდის მიახლოებითი მიმდევალობის განსაზღვრა. ნიადაგში Cu, Zn, Cd-ის უმცველობების და pH-საგან დამოკიდებულებით

ლერი გვასალია, სტუ-ს სრული პროფესორი

ინა ქვათარაძე, უფროსი სპეციალისტი

გვერდი შენგელია, სტუ-ს ასოცირებული სპეციალისტი

პირობებში არის მოძრავი ფორმით, ხოლო ტუტე ნიადაგებში კი სუსტად მოძრავი ფორმით.

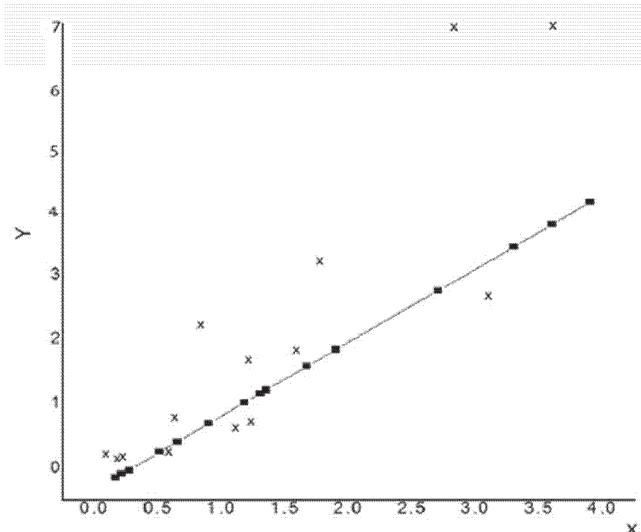
ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგად, რომელიც მიზნად ისახავდა შპს „მადნეული“-ს მიმდებარე ტერიტორიაზე ეკოლოგიური მდგომარეობის შესწავლას, კერძოდ სისტემა „წყალი-ნიადაგი-მცენარე“-ში მძიმე ლითონების : Cu, Zn, Cd, Ni განწილებას და მათი სისტემიდან ცალკეულ ფაზებში მიგრაციის დონის შეფასებას [3], დაგროვდა საგმაო სტატიისტიკური მასალა, რომელთა ანალიზის საფუძველზე მიღებულია მაღალი კორელაციური დამოკიდებულება ( $r=0.826436$ ) კარტოფილში მძიმე ლითონებს: სპილენძსა და თუთიას შორის (ნახ.1).

მძიმე ლითონები ფართოდ არის გავრცელებული ბუნებაში, მათი არსებობა მუდმივად ფიქსირდება ნიადაგსა და სხვადასხვა სახეობის მცენარეებში, ისინი ნიადაგში მოხვედრის შემდეგ მაგრედებიან ჰუმუსური ნივთიერებებით და სხვადასხვა ორგანულ მჟავებითა წარმოქმნიან მარილებს [1].

მძიმე ლითონები ნიადაგში მოხვედრის შემდეგ კვებითი ჯაჭვის საშუალებით გადადან მცენარეებში, მათი ჭარბი რაოდენობა კი ახდენს ტრქებისტურ ზეგავლენას მცენარეზე, ცხოველსა და აღმამიანზე. მათი სიჭარბე ასევე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგში მიმდინარე ბიოლოგიურ პროცესებზე, ისინი ამცირებენ მიკრობიოლოგიური პროცესების ინტენსივობას და ნიადაგის ფერმენტაციას აქტივობას [2].

ნიადაგიდან მცენარეში მძიმე ლითონების მოხვედრისას, ისინი არათანაბრად ნაწილდებიან მათ ორგანიუმასა და კანზი (ქრემი), ხშირად ფესვოვანი სისტემა შეიცავს უფრო მეტ თუთიას ვიდრე მიწისზედა სისტემა. მიწისზედა ნაწილში ის ძირითადად გროვდება ძელ ფოთლებში და საერთოდ ფოთლოვანი ბოსტნეული მას უფრო მეტად იგროვებს ვიდრე მცენარეთა ის სახეობები, რომლებიც წარმოქმნიან ბოლქვებს. მაგ. კარტოფილის ბოლქვებში გროვდება კადმიუმის, თუთიასა და ტყვების მინიმალური რაოდენობა, ხოლო მის პერიფერიულ ნაწილში სახასიათოა რკინის მომატებული რაოდენობა, რაც შეეხება სპილენძსა და მანგანუმს ისინი ნაწილდებიან თანაბრად მთელ ბოლქვებში.

უნდა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ ნიადაგიდან მცენარეში ლითონთა მიგრაციაზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ნიადაგის pH, მაგ. სპილენძი და კადმიუმი დაბალი pH-ის მქონე ნიადაგში არის მოძრავი ფორმით, ხოლო ნეიტრალურ და ტუტე ნიადაგებში კი სუსტად მოძრავი ფორმით. რაც შეეხება თუთიას ის ნიადაგში მჟავე და ნეიტრალური pH-ის



ნახ. 1 კარტოფილში სპილენძისა და თუთიას შემცველობებს შორის დამოკიდებულება.

X-Cu-ის კონცენტრაცია; მგ/კგ. Y-Zn--ის კონცენტრაცია; მგ/კგ. X-ექსპერიმენტით მიღებული შედეგები; ■ -გათვლითი მნიშვნელობები

წრფის ანალიზურ დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი  
სახე:

$$y = -0.33401 + 1.144274x$$

მიღებული კორელაციური კავშირის და დაგროვილი  
სტატისტიკური მასალის (ნიადაგში და კარტოფილში  
მძიმე ლითონების შემცველობის) გამოყენებით შეგვიძლია  
შევქმნათ მათემატიკური მოდელი, რომელიც საშუალებას  
მოგვცემს განვსაზღვროთ კარტოფილში სპილენის მასა-  
ლოგითი კონცენტრაცია, ნიადაგში Cu; Zn; Cd და pH-ის  
ცნობილი მნიშვნელობებით.

როგორც ექსპერიმენტებმა გვიჩვნა, კარტოფილში  
სპილენის შემცველობა გარკვეულ წილად დამოკიდებულია  
სხვა კომპონენტებზე (ნიადაგში სპილენის, თუთიისა და  
კადმიუმის შემცველობასა და ნიადაგის pH-ზე). აქედან გა-  
მომდინარე შევეცადეთ დაგვედგინა კორელაციური კავშირი ამ  
სიდიდებს შორის [4], მისათვას შემოგაქვს აღნიშვნები:

$Y$ — კარტოფილში სპილენის შემცველობა;

$X_1$ — ნიადაგში სპილენის შემცველობა;

$X_2$ — ნიადაგში თუთიის შემცველობა;

$X_3$ — ნიადაგში კადმიუმის შემცველობა;

$X_4$ — ნიადაგის pH;

### ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე ვადგენთ ცხრილს 1.

Nº	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y$	$y$
1	2050	5420	68.7	7.9	2.7	2.7098
2	231.8	3770	34.6	5.46	1.9	1.9031
3	37.5	186	24.3	7.03	0.65	0.6434
4	3.18	183.9	5.35	7.56	0.21	0.2036
$\Sigma$	2322.48	9559.9	132.95	27.95	5.46	5.4599

ვსაზღვრავთ ცვლადების საშუალო მნიშვნელობებს.  
თუ ჩავთვლით  $Y$ -ს ფუნქციად, ხოლო  $X_1$ ;  $X_2$ ;  $X_3$ ; და  
 $X_4$ -ს არგუმენტებად, შეგვიძლია დავწეროთ რეგრესიის  
განტოლება:

$$Y = \bar{Y} + b_1(X_1 - \bar{X}_1) + b_2(X_2 - \bar{X}_2) + \\ + b_3(X_3 - \bar{X}_3) + b_4(X_4 - \bar{X}_4)$$

რეგრესიის კოეფიციენტების  $b_1; b_2; b_3; b_4$ -ის გამოსათვლე-  
ლად ვადგენთ წრფივ განტოლებათა სისტემას:

$$\begin{aligned} b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + b_3 \sum X_1 X_3 + b_4 \sum X_1 X_4 &= \sum X_1 Y \\ b_1 \sum X_2 X_1 + b_2 \sum X_2^2 + b_3 \sum X_2 X_3 + b_4 \sum X_2 X_4 &= \sum X_2 Y \\ b_1 \sum X_3 X_1 + b_2 \sum X_3 X_2 + b_3 \sum X_3^2 + b_4 \sum X_3 X_4 &= \sum X_3 Y \quad (2) \\ b_1 \sum X_4 X_1 + b_2 \sum X_4 X_2 + b_3 \sum X_4 X_3 + b_4 \sum X_4^2 &= \sum X_4 Y \end{aligned}$$

სისტემაში შესაბამისი რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით  
ვღებულობთ:

$$\begin{aligned} b_1 5393913.3504 + b_2 22202676.552 + b_3 308773.716 + \\ + b_4 64913.316 &= 12680.7408 \\ b_1 22202676.552 + b_2 91391688.01 + b_3 1270988.705 + \\ + b_4 267199.205 &= 52197.054 \end{aligned}$$

განტოლებათა სისტემის ამონსნით (გაუსის მეთოდით)  
ვსაზღვრავთ:

$$b_1 = -0.00028$$

$$b_2 = 0.0003$$

$$b_3 = 0.02379$$

$$b_4 = 0.00386$$

ხოლო რეგრესიის განტოლებაში რეგრესიის კოეფიცი-  
ენტების ჩასმით ვღებულობთ:

$$y_1 = 1.365 - 0.00028(2050 - 580.62) + 0.0003(5420 - 2389.975)$$

$$+ 0.02379(68.7 - 33.2375) + 0.00386(7.9 - 6.9875) = 2.7098$$

$$y_2 = 1.365 - 0.00028(231.8 - 580.62) + 0.0003(3770 - 2389.975)$$

$$+ 0.02379(34.6 - 33.2375) + 0.00386(5.46 - 6.9875) = 1.9031 \quad 4$$

$$y_3 = 1.365 - 0.00028(37.5 - 580.62) + 0.0003(186 - 2389.975)$$

$$+ 0.02379(24.3 - 33.2375) + 0.00386(7.03 - 6.9875) = 0.6434$$

$$y_4 = 1.365 - 0.00028(3.18 - 580.62) + 0.0003(183.9 - 2389.975)$$

$$+ 0.02379(5.35 - 33.2375) + 0.00386(7.56 - 6.9875) = 0.2036$$

ამ განტოლებაში გამოთვლილი  $Y$ -ის მნიშვნელობები  
წარმოდგენილია ცხრილი 1-ის ბოლო სვეტში. კორელაციის  
კოეფიციენტს ვსაზღვრავთ განტოლებით:

$$R^2 = \frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad 5$$

აქ  $Y_i$  და  $\bar{Y}$  ექსპერიმენტული მონაცემებია (აიღება ცხრი-  
ლი 1-დან), ხოლო  $\bar{y}$  და  $y_i$  რეგრესიის განტოლების ამონ-  
სნით მიღებული მნიშვნელობები. განტოლება (5) ამონსნით  
ვღებულობთ  $R=0.9$  რაც მეტველებს მაღალ კორელაციურ  
დამოკიდებულებაზე ამ მაჩვნებლებს შორის.

შესრულებული კვლევითი სამუშაო და აგებული მა-  
თემატიკური მოდელი საშუალებას იძლევა ნიადაგის  
ცნობილი pH-ისა და Cu; Zn; Cd-ის კონცენტრაციის  
შემთხვევაში განვსაზღვროთ კარტოფილში სპილენის  
მახლოებითი კონცენტრაცია. გარდა ამისა მიღებული  
კორელაციური დამოკიდებულება კარტოფილში Zn და  
Cu შორის საშუალებას გვაძლევს სპილენის ცნობილი  
კონცენტრაციის დროს თეორიულად განვსაზღვროთ მასში  
თუთიის კონცენტრაცია ან პირიქით, თუთიის ცნობილი  
კონცენტრაციის დროს თეორიულად განვსაზღვროთ სპი-  
ლენის კონცენტრაცია.

### ლიტერატურა:

1. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе: почва — растение / Новосибирск, Наука, 1991.
2. о. ქავთარაძე, გ. ავჭაფაშვილი, ე. შენგალია, ლ. გვასალია. ბოლნისის რაიონის ზოგიერთ სისტემაში მძიმე  
ლითონების შემცველობის მონიტორინგი. /საერთაშორისო  
სამცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია აკადი წერტლის  
სახლმწიფო უნივერსიტეტი, 06.2011.
3. 4. Батунер М. М., Позин М.Е. Математические  
методы в химической технике М.1971