

A mintapontok térinformatikai pontszerű elemzése a cukorrépa (*Beta vulgaris* L.) termésének és minőségének vizsgálata során

Tamás János¹ – Buzás István² – Nagy Ildikó¹

¹Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar,

Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen

²Kecskeméti Főiskola,

Környezettudományi Intézet, Kecskemét

tamas@gissserver1.date.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A cukorrépa termesztés fokozott minőségi igényének teljesülését a növény és a termőhely mintázásával lehet meghatározni. A minták térbeli helyzetének pontszerű értékeléséhez elengedhetetlen azok geodéziai pontosságú pozícióinak ismerete. Ez a GPS és a precíziós mezőgazdaság terjedésével vált a gyakorlatban elérhetővé. Vizsgálatainkhoz a Komárom melletti csernozjom talajon 2 ha területű mintateret jelöltünk ki. A 20 x 20 m-es szabályos rácshálóban vett betakarításkori talaj és növénymintákat, növénytermesztési, cukoripari valamint agrokémiai paraméterekre vizsgáltuk. Az így kapott térbeli adatbázis volt a további elemzések alapja. Az egyszerű átlag, a súlyozott átlag és a szórás értékeire geometriai analógiát alkalmaztunk, amely a központi térbeli átlag (KTÁ), a súlyozott központi térbeli átlag (SKTÁ), és a térbeli súlyozott szórás kör (TSSK) bevezetésének felelt meg. A robosztus térbeli statisztikai mutatók vizuálisan azonnal értékelhető térbeli absztrakciót jelentenek, amelyek több paraméter együttes vagy több időpont idősoros elemzésére is alkalmasak. Ez az interpretációs technika egyedileg veszi figyelembe minden mérési pont egymáshoz viszonyított térbeli helyzetét (távolságát és irányát), valamint a mért növény és talaj paraméterek nagyságát. A mintaterületet térinformatikai környezetben ábrázolva a növény és talaj mért tulajdonságainak SKTÁ értékei a KTÁ koordinátaíhoz viszonyítva döntően ény-i irányba mutattak. Kivételt jelentett a talajmintapontoknak az összes só, a mész és a molibdén tartalma. Új vizuális értékelésként a KTÁ-ra, mint origóra vetítettük irányvektorként a paraméterek SKTÁ értékeit. A mintaterület természetlagára, nyers és kinyerhető cukortartalmára meghatároztuk a képzett irányvektorok északi irányra vonatkozó forgásszögeit, amelyek számszerűen jelezték a mintaterület heterogén voltát. A képzett térbeli analógiák alkalmasak a mintavételi pontok és a mért tulajdonságok térbeli helyzetének gyors vizuális és mennyiségi meghatározására. Hátrányuk, hogy az eredeti statisztikai mutatókhoz hasonlóan a térbeli korreláció szorosságára és irányára nem adnak információt.

Kulcsszavak: cukorrépa, precíziós mezőgazdaság, GIS, térbeli statisztika

SUMMARY

Fulfillment of the increasing quality requirements of sugar beet production can be analysed with sampling of plants and soil at the cultivated area. Analyses of the spatial characteristics of samples require exact geodetic positioning. This is applied in practice using GPS in precision agriculture. The examinations were made in a sample area located in north-western Hungary

with sugar beet test plant. According to the traditional sample taking procedure $N=60$ samples were taken in regular 20×20 m grid, where besides the plant micro and macro elements, the sugar industrial quality parameters (Equations 1-2) and the agrochemical parameters of soils were analysed. Till now, to gain values of mean, weighted mean and standard variance values, geometric analogues used in geography were adapted, which correspond to the mean centre (Equation 3), the spatially weighted mean centre (Equation 4), the standard distance (Equation 5), and the standard distance circle values. Robust spatial statistical values provide abstractions, which can be visually estimated immediately, and applied to analyse several parameters in parallel or in time series (Figure 1). This interpretation technique considers the spatial position of each point to another individually (distance and direction), and the value of the plant and soil parameters. Mapping the sample area in GIS environment, the coordinates of the spatially weighted mean centre values of the measured plant and soil parameters correlated to the mean centre values showed a northwest direction. Exceptions were the total salt and calcium-carbonate contents, and the molybdenum concentration of the soil samples (Table 1). As a new visual analysis, the spatially weighted mean centre values of the parameters as eigenvectors were projected to the mean centre values as origin. To characterize the production yield, the raw and digested sugar contents of the sample area, the absolute rotation angles of the generated vectors were determined, which indicate numerically the inhomogeneity of the area (Figure 2). The generated spatial analogues are applicable to characterise visually and quantitatively the spatial positions of sampling points and the measured parameters in a quick way. However, their disadvantage is that they do not provide information on the tightness and direction of the spatial correlation similarly to the original statistical parameters.

Keywords: sugar beet, precision agriculture, GIS, geostatistics

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A precíziós mezőgazdaság, mint új termelési rendszer, a termesztési technológia valamennyi elemére kihat. A rendszer az információs technológia segítségével többek között lehetővé teszi a termőhely méteres pontosságú mintázását, megismerését és hatékonyabb kihasználását (Tamás, 2001). A termőhelyek összehasonlíthatóságának az alapja a standard mintavételezési eljárások kialakítása, ahol fontos követelmény a mintavételi hiba pontos leírása és minimalizálása (Kádár, 1998).

A hazai növénytermelés számos kísérletben bizonyította a termőhelyi változékonyság hatását a mennyiségi és minőségi paraméterekre (Buzás, 1978; Elek és Kádár, 1980; Ruzsányi, 1981; Vajdai, 1984; Kulcsár, 1999). A termelés során a cukorrépával támasztott minőségi követelmények elérése szempontjából a megfelelő klimatikus adottságokhoz alkalmazkodó fajták mellett, meghatározó a talajtulajdonságok feltárása (Csathó et al., 1998; Kádár és Kiss, 2000).

A növénytermelési kísérleti tervezésben a térbeli variancia, a kezelések elhelyezése és mérete már korán a kutatások központjába került. Általános cél volt a kezelések függetlenségének és a mintázás reprezentativitásának biztosítása (Fisher, 1925; Youden és Mehlich, 1937; Tukey, 1977; Oliver és Badr, 1995; Berzsenyi és Dang, 2000).

A növénytermeléssel kapcsolatos statisztikai elemzések során a vizsgálati eredményeket általában olyan mutatók jellemzik, mint az átlag, medián, szórás, gyakoriság, eloszlás, korreláció, trend, cluster-, diszkriminancia-, főkomponens analízis és a különböző statisztikai próbák (Cohran, 1977; Sváb, 1979; Huzsvai és Nagy, 1995; Nagy, 1996). A mintavételi pontok geodéziai helyzetét értékelő geostatisztikai elemzések – amelyekkel többek között a regionális változók térbeli korrelációi is értékelhetők – többek között Krige (1966), Matheron (1965) és Journel és Huijbregts (1978) alapvető munkáin alapuló számítógépes algoritmusok térnyerése tette lehetővé. Hosszú ideig a bányászatban és geológiában alkalmazott elemzési módszert a 90-es évektől kezdték alkalmazni, többek között a környezetvédelem és a mezőgazdaság területén, felhasználva az alkalmazott térinformatikai lehetőségeket is (Webster és McBratney, 1987; Webster és Oliver, 1990). Az általunk bemutatott pontszerűen elemzett térbeli módszer gyakorlati alkalmazását eredetileg a földrajztudományban a városi lakosság (Thapar et al., 1999; Wong, 1999) illetve a kriminál statisztikai elemzések (Levine et

al., 1995) során alkalmazták.

Az alábbiakban a termőhelyi elemzésekre a módszer új adaptációját mutatjuk be egy kísérleti mintatér adatainak felhasználásával, amely a precíziós mezőgazdaság bevezetésével más növények esetében is hatékonyan használható. Írásunkban elemezzük a talaj és növény minták térbeli szerkezetét és kapcsolatait, egy további publikációban, pedig a térbeli korrelációs és a becslési eljárások alkalmazhatóságát értékeljük.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkhoz a Komárom melletti Solum Rt. csernozjom talaján 2 ha területű mintateret jelöltünk ki. A 20 x 20 m-es szabályos rácshálóban 0-0.3 m-es mélységből vett betakarításkori talajmintákat a Vas megyei Növény és Talajegészségügyi labor vizsgálta az alábbi paraméterekre: pH (KCl); kötöttség (Ak), összes só (m/m%), CaCO₃ (m/m% Schebler módszer alapján), humusz tartalom (%), 1 M KCl oldható NO₃-NO₂ nitrogén (mg/kg) és Mg (mg/kg), AL-oldható P₂O₅, K, Na (mg/kg), valamint 0.05 M EDTA + 0.1 M KCl oldható Zn, Cu, Mn, Fe, Mo, Al, B, Cd, Cr, Co és Pb (mg/kg) tartalom.

Az azonos helyről és időben vett, azonosan két egymás melletti sorból ugyanakkora területet reprezentáló rácspont növényi mintáit a Petőházi cukorgyár laborjában vizsgálták. Meghatározták a cukorrépa hektáronkénti gyökértermését (t/ha), a betakarított termés földdel való szennyezettségét (t/ha), a cukorrépa cukortartalmát (digestió %), kálium-, nátrium- és alfa-amino-N-tartalmát (mmol/kg).

Ezek alapján számoltuk a nettó gyökértermést (t/ha) amely a gyökértermés és a szennyezettség különbsége, a hektáronkénti cukortermést (t/ha), azaz nettó gyökértermés és digestió %-nak szorzatát és a cukorrépa hasznos (vagy fehér-cukor) tartalmát (%) az 1. tapasztalati képlet segítségével:

$$\text{Hasznos cukor (\%)} (1) = \text{digestio \%} - [0,343(K+Na)+(0,094N)+0,2], \quad (1)$$

ahol K = a cukorrépa K tartalma (mmol/100 g) cukorrépa,
Na = a cukorrépa Na tartalma (mmol/100 g) cukorrépa,
N = a cukorrépa alfa-amino-N tartalma (mmol/100 g) cukorrépa (2).

Equation 1: (1) white sugar content of the sugar beet %,
(2) where K = K content of the sugar beet, [mmol/100 g] sugar beet,
Na = Na content of the sugar beet, [mmol/100 g] sugar beet,
N = alfa-amino-N content of the sugar beet, [mmol/100 g] sugar beet.

A hasznos cukortartalom segítségével megállapítottuk a hektáronkénti hasznos cukortermést (t/ha) azaz a nettó gyökértermés (t/ha)

és a hasznos cukor (%) értékének szorzatát. A sűrülé tisztsági hányadosát (Q %) a 2. képlet szerint számítottuk:

$$Q (\%) (1) = 99,36 - 1,427(K'+Na'+N')/\text{digestio \%}, \quad (2)$$

ahol K' = a cukorrépa K tartalma (mmol/kg) cukorrépa,
Na' = a cukorrépa Na tartalma (mmol/kg) cukorrépa,
N' = a cukorrépa alfa-amino-N tartalma (mmol/kg) cukorrépa (2).

Equation 2: (1) thick juice purity quotient Q%,
(2) where K' = K content of the sugar beet, mmol kg⁻¹ sugar beet,
Na' = Na content of the sugar beet, mmol kg⁻¹ sugar beet,
N' = alfa-amino-N content of the sugar beet, mmol kg⁻¹ sugar beet.

A mintavételi pontokat 1:10000 méretarányban ArcGIS 8.3, ArcView 3.3, SURFER 8.0, GRAPHER 3.0 térinformatikai környezetben dolgoztuk fel. A derékszögű koordináta rendszerben rögzített mintavételi pontokat a további térképi munkákhoz ± 0.5 m-es pontossággal országos vetületi rendszerbe (EOV) rendszerbe is transzformáltuk. A statisztikai vizsgálatokra ArcAvenue scripteket, illetve EXCEL, GENSTAT 6.0 ver. moduljait használtuk. Az egyes szoftverek közötti adatcserét részben input/output részben bináris/ASCII formátumban végeztük el.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A minták térbeli helyzetének pontszerű értékeléséhez elengedhetetlen azok geodéziai pontosságú pozícióinak ismerete. A hagyományos szántóföldi mintavételezések során ez idő és eszköz igény miatt csak kísérleti szinten volt megoldható (Németh és Jolánkai, 2002; Szabó et al., 2002). A GPS és térinformatikai rendszerek műszaki fejlettsége és költségviszonyai ezt a helyzetet mára technikailag megváltoztatták (Tamás, 2001).

Ez teszi lehetővé, hogy a cukorrépa mintavételi pontokra az alábbiakban bemutatott térbeli statisztikai analógiák a gyakorlatban is bevezethetőek legyenek. A módszerek egyaránt alkalmazhatóak rácsszerű és a gyakorlatban sokkal gyakoribb random jellegű mintavételre. A koordináták ismeretében a mintavételi pontok központi térbeli átlagát (KTÁ) az alábbiak szerint határozzuk meg:

$$(\bar{x}_{mc}, \bar{y}_{mc}) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right), \quad (3)$$

ahol $\bar{x}_{mc}, \bar{y}_{mc}$ = KTÁ koordinátái, x_i, y_i az i -ik pont koordinátája és az n a pontok száma (1)

Equation 3: (1) where $\bar{x}_{mc}, \bar{y}_{mc}$ = are co-ordinates of mean centre, x_i, y_i are co-ordinates of point i , and n is the number of points.

A fenti módon meghatározott térbeli pont a mintapontok geometriai súlypontjában található és független az ott mért (pl. termés) értéktől, így térbeli referencia pontként kezelhetjük. A súlyozott központi térbeli átlag (SKTÁ) számítása során viszont a mérési pontok koordinátáit a mérési értékkel súlyozzuk az alábbiak szerint:

$$(\bar{x}_{wmc}, \bar{y}_{wmc}) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right), \quad (4)$$

ahol $\bar{x}_{wmc}, \bar{y}_{wmc}$ = SKTÁ koordinátái, ahol w_i súlyérték az i -ik mért pontban (1)

Equation 4: (1) where $(\bar{x}_{wmc}, \bar{y}_{wmc})$ defines the weighted mean centre and w_i is the weight at i measured point.

Az így számított SKTÁ koordináta pont a súlyértékek nagysága és a mérési pontok térbeli helyzete függvényében valamilyen irányban és távolságban eltér a KTÁ helyzetétől. Egy mintapopuláció egy KTÁ ponttal és számos, a minden mért adatra egyenként jellemző SKTÁ ponttal jellemezhető.

Az SKTÁ pontértékhez térbeli analógiaként súlyozott távolsági értéket (STÉ) rendelhetünk a

szórás térbeli analógiájaként. Az STÉ távolsági értéként egy dimenziós és nem rendelkezik két dimenziós kiterjedéssel. Lee és Wong (2001) urbanisztikai jellegű térinformatikai munkájában javasolta analógiaként, hogy az STÉ-t az SKTÁ origójú körrel jelezzék, ahol így a kör átmérőjének nagysága és kör helyzete a mért tulajdonság szórásának vizuális analógiáját jelenti, azaz a térbeli súlyozott szórás körét (TSSK). A térképi egységben számolt sugár értéket (STÉ) az alábbiak szerint határozzuk meg:

$$STÉ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (x_i - x_{mc})^2 + \sum_{i=1}^n f_i (y_i - y_{mc})^2}{\sum_{i=1}^n f_i}}, \quad (5)$$

STÉ = súlyozott távolsági érték (1)

$\bar{x}_{mc}, \bar{y}_{mc}$ = KTÁ koordinátái, x_i, y_i i -dik pontkoordinátái, az n a pontok száma és f_i az x_i, y_i ponthoz rendelt súly (2)

Equation 5: (1) weighted standard distance, (2) $\bar{x}_{mc}, \bar{y}_{mc}$ = are co-ordinates of mean centre, x_i, y_i are co-ordinates of point i , and n is the number of points and f_i is the weight for x_i, y_i point.

Az anyag és módszer fejezetben leírt tulajdonságokra kiszámoltuk a 4. és 5. egyenletek paramétereit (1. táblázat). A vizsgálati területre a KTÁ relatív derékszögű koordinátái a 3. egyenlet alapján számolva térképi egységben (m) x (35), y (55) és az STÉ 33,41.

Abban az esetben, ha STÉ sugarú körrel (TSSK) jelezzük az SKTÁ-k körüli szórás nagyságát akkor vizuálisan térhelyesen hasonlíthatjuk össze valamennyi a mérési pontokban mért tulajdonság térbeli helyzetét és nagyságát (1. ábra).

Az 1. ábra baloldalán a skála origója a vizsgálati pontok által fedett terület mértani közepén van (KTÁ). A paramétereket koordináta helyesen az 1. táblázat sorszáma szerint ábrázoltuk. Az értékek megoszlása a vizsgált terület relatív heterogenitását is mutatja. A talaj összes só, a mész és a molibdén tartalma kivételével a vizsgált tulajdonságok SKTÁ értékei ÉNY-i tartományban találhatóak. Így a termésátlag SKTÁ értéke is ebben az iránytartományban található azonban az összefüggés szorosságát a térbeli kapcsolatok további elemzésével határozhatjuk meg (lásd írásunk II. részét). Az 1. ábra jobboldalán bemutatott TSSK-k vizuálisan jól jelzik a 3 paraméter térbeli súlyozott helyzetét és szórását különösen, ha a mintavételi pontokkal együtt ábrázoljuk őket. Azonos mintavételi pontokat feltételezve idősoros vizsgálatok esetében az 1. ábra baloldali ábrázolásának megfelelően irányvektorokkal írhatóak le az egyes időpontok azonos vagy azonos időpont különböző mért termés és talaj minőségi tulajdonságai. Az irányvektor rendelkezik iránnyal és hosszúsági értékkel, amely jelzi a vizsgálati térnek az időbeli és térbeli variabilitását. Így összehasonlítható a geodéziából ismert relatív irányszög ($\Delta\phi$) azaz két irányvektor óramutató irányában bezárt forgásszöge illetve az északi iránnyal bezárt tájékozott irányérték (ϕ) is. Míg az $\Delta\phi$ a növény és talajtulajdonságok relatív térbeli időbeni irányváltozását képesek érzékelteni addig a ϕ önmagában is fontos információ (2. ábra).

A 2. ábra a gyökértermés további árnyaltabb vizsgálatát teszi lehetővé. A három ábrázolt tényező esetében az északi iránnyal bezárt SKTÁ irányvektorok tájékozott irányértékei: nyerscukor % $\varphi_a = 12^\circ 26'$, kinyert cukor (%) $\varphi_b = 161^\circ 34'$ és a termésátlag (t/ha) $\varphi_c = 330^\circ 47'$. Gyakorlatban szinte elképzelhetetlen, hogy a három fontos SKTÁ mutató a KTÁ értékkel essen egybe, viszont térbeli viszonyuk a gyakorlati növénytermelés számára új interpretációs lehetőségeket biztosít.

A fenti térbeli vizsgálatok értelemszerűen a térbeli bizonytalanságra és hibára hangsúlyozottan érzékenyek ezért az egzakt alkalmazhatóságuknak feltétele, hogy valamennyi mintavételi paramétert azonos léptékben, vetületi rendszerben valamint térképi távolsági egységben ábrázoljuk és értékeljük, valamint értelemszerűen a vizsgálat során a mértékegységet szintén ne változtassuk meg.

1. táblázat

A mintaterület SKTÁ koordinátái (m-es térképi egységben) és súlyértékei

Mért tulajdonság(1)	SKTÁ x koordináta(2)	SKTÁ y koordináta(3)	STÉ(4)	SKTÁ x irányú összes súlyértéke(5)	SKTÁ y irányú összes súlyértéke(6)	Súlyok összege(7)
Termésátlag [t/ha] ¹ (8)	34.7785	57.5187	33.0611	175607	290429	5049.3
pH ² (9)	35.1054	54.9917	33.456	15648.6	24513.1	445.76
Kötöttség [Ak] ² (10)	33.8719	55.5688	33.4	70860	116250	2092
Összes só [m/m%] ² (11)	20	10	0	1.4	0.7	0.07
Szénsavas mész [m/m%] ² (12)	39.4189	50.8959	33.9	16280	21020	413
Humusz [m/m%] ² (13)	34.1157	55.8579	33.016	4268.9	6989.5	125.13
Szennyezettség [t/ha] ¹ (14)	33.9164	58.4595	32.89	12990	22390	383
Sűrűlé [%] ¹ (15)	34.8487	57.4433	33,096	165880	273430	4760
Kinyert cukor [t/ha] ¹ (16)	35.4976	54.4539	33.2421	29250	44870	824
Nyers cukor [t/ha] ¹ (17)	35.2549	57.1895	32.9375	26970	43750	765
Hasznos cukor [t/ha] ¹ (18)	35.3988	56.6718	32.9546	23080	36950	652
Cukor [%] ¹ (19)	35.351	54.7311	33.295	34074.1	52754.2	963.88
K répa [mmol/kg] ¹ (20)	34.7532	55.7278	33.5336	92996	149122	2675.9
Na répa [mmol/kg] ¹ (21)	33.9698	56.7187	33.3717	21119	35262	621.7
Alfa-amino N [mmol/kg] ¹ (22)	35.1002	54.9235	33.396	192630	301420	5488
No ₃ -No ₂ [mg/kg] ² (23)	30.0307	62.2761	33.8225	9790	20302	326
P ₂ O ₅ [mg/kg] ² (24)	34.3553	53.0497	33.2863	428410	661530	12470
K ₂ O [mg/kg] ² (25)	33.9419	56.2672	33.6628	532480	882720	15688
Na [mg/kg] ² (26)	34.6702	57.9553	33.2343	162950	272390	4700
Mg [mg/kg] ² (27)	34.3305	56.2369	33.33	226890	371670	6609
Zn [mg/kg] ² (28)	33.9291	54.4593	33.8873	2739.1	4396.5	80.73
Cu [mg/kg] ² (29)	32.8236	53.634	33.3894	7055.1	11528.1	214.94
Mn [mg/kg] ² (30)	30.099	59.5723	30.1001	62916	124524	2090.3
Fe [mg/kg] ² (31)	33.2593	55.8289	32.4939	18276	30678	549.5
Mo [mg/kg] ² (32)	34.0116	40.5814	30.7535	58.5	69.8	1.72
Al [mg/kg] ² (33)	31.6297	58.3228	31.5015	9995	18430	316
B [mg/kg] ² (34)	32.2859	56.3163	32.764	614.4	1071.7	19.03
Cd [mg/kg] ² (35)	32.0963	55.6118	32.7386	103.35	179.07	3.22
Cr [mg/kg] ² (36)	34.1549	55.1698	33.6255	89.52	144.6	2.621
Co [mg/kg] ² (37)	28.6805	59.2803	29.5924	263	543.6	9.17
Pb [mg/kg] ² (38)	31.4789	56.6745	32.4218	2937.3	5288.3	93.31

¹cukorrépa növény(39); ²talaj(40)

Table 1: Values of the spatially weighted mean centers in map units and weights

Characters analysed(1), x coordinate of the spatially weighted mean center(2), y coordinate of the spatially weighted mean center(3), Standard distance(4), Total weight of x direction(5), Total weight of y direction(6), Total sampling weights(7), Average yield tha⁻¹(8), pH [KCl](9), Saturation percentage(10), Total salt [m/m%](11), CaCO₃ [m/m%](12), Humus [m/m%](13), Contamination of the sugar beet [m/m%](14), Digestio [%](15), Net sugar beet yield [t ha⁻¹](16), Raw sugar yield [t ha⁻¹](17), White sugar yield [t ha⁻¹](18), Q [%](19), K-content of the sugar beet [mmol kg⁻¹] sugar beet(20), Na content of the sugar beet [mmol kg⁻¹] sugar beet(21), Alfa-amino N content of the sugar beet [mmol kg⁻¹] sugar beet(22), NO₃-N+NO₂-N 1 mol KCl soluble [mg kg⁻¹] soil(23), P₂O₅ soluble [mg kg⁻¹] soil(24), K₂O soluble [mg kg⁻¹](25), Na soluble [mg kg⁻¹] soil(26), Mg 1 mol KCl soluble [mg kg⁻¹] soil(27), Elements in soil samples [mg kg⁻¹](28-38), ¹Sugarbeet(39), ² Soil(40)

1. ábra: Az elemzett tulajdonságok SKTÁ értékeinek térbeli elhelyezkedése (baloldali ábra) és az TSSK-k térképi ábrázolása (jobb oldali ábra)

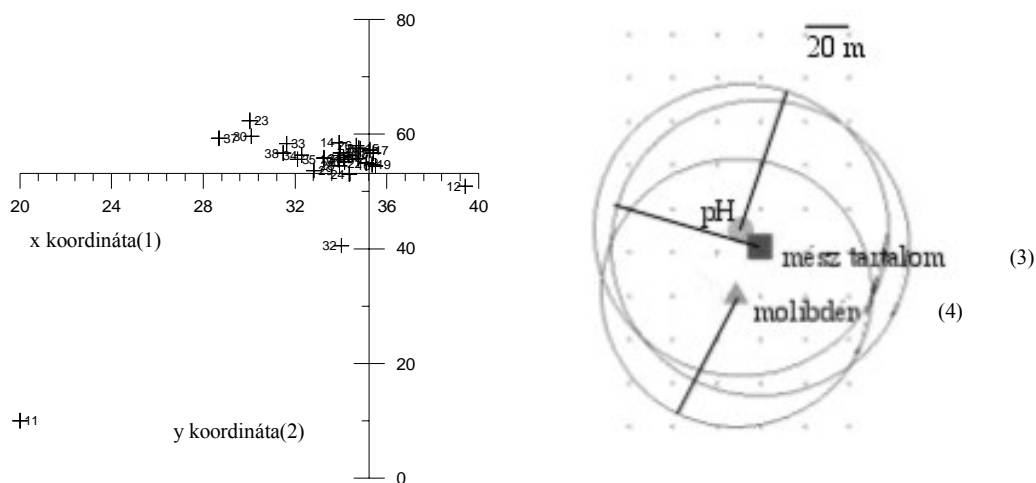


Figure 1: Left site: Spatial pattern of spatially weighted mean of the analysed parameters; Right site: Visualization of the standard distance circles
x coordinate(1), y coordinate(2), Lime content(3), Molybdenum(4)

2. ábra: A KTÁ-ra vetített nyerscukor (A), kinyert cukor (B) és a termésátlag (C) SKTÁ irányvektorai

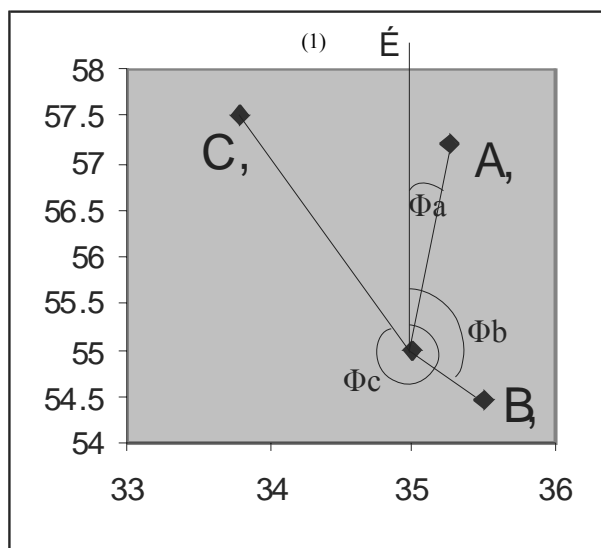


Figure 2: Eigenvectors and rotations angles of raw sugar (A), digested sugar (B), and yield (C) where origo is the mean center North direction(1)

ÖSSZEGZÉS

A leggyakrabban használt statisztikai mutatók nem veszik figyelembe a mintavételi pontok térbeli helyzetét. A földrajzi elemzésekben alkalmazott módszerek analógiáját felhasználva mutattuk be a vizuálisan is megjeleníthető térbeli statisztikai módszer növénytermesztési alkalmazhatóságát egy intenzíven mintázott 2 ha nagyságú cukorrépa területre vonatkozóan. Az elemzés elvégzésének alapja a mintavételi pontok pontszerű geodéziai pozíciójának a meghatározása. A központi térbeli

átlag (KTÁ), a súlyozott központi térbeli átlag (SKTÁ), és térbeli súlyozott szórási kör (TSSK) az egyszerű átlag, a súlyozott átlag és a szórás geometriai analógiájának felel meg. A KTÁ és az SKTÁ egy-egy ponttal, míg az TSSK körrel képezhető le a térinformatikai környezetben. A precíziós mezőgazdaságban, ahol a térbeli pozíció meghatározás a termelési rendszer alapja, a bemutatott robusztus geostatistikai mutatók hasonlóan, vagy a térbeliség folytán nagyobb hatékonysággal alkalmazhatóak, mint a már jól ismert alap statisztikai értékek.

IRODALOM

- Berzsenyi Z.-Dang Q. Lap (2000): Különböző tenyészedjű kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek növekedésanalízise Hunt-Parsons modellel és többváltozós módszerekkel. Növénytermelés, 49. 623-640.
- Buzás I. (1978): A tápanyagellátás hatása a cukorrépa minőségére. Témadokumentáció. AGROINFORM, Budapest
- Cohran, W. G. (1977): Sampling Techniques. 3rd edition. John Wiley and Sons, New York
- Csathó, P.-Árendás, T.-Németh, T. (1998): New, environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 29. 2161-2174.
- Elek É.-Kádár I. (1980): Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK, Budapest, 1-55.
- Fisher, R. A. (1925): Statistical Methods for Research Workers. Oliver and Boyd, Edinburgh
- Huzsvai L.-Nagy J. (1995): Kísérletek optimalizálása a földművelési, növénytermesztési kutatások tervezésében. Növénytermelés, 44. 5-6. 483-491.
- Journel, A. G.-Huijbregts, C. (1978): Mining Geostatistics. Academic Press, 1-600.
- Kádár I. (1998): A szennyezett talajok vizsgálatáról. Kármentesítési kézikönyv 2. Környezetvédelmi Minisztérium, Budapest, 1-151.
- Kádár I.-Kiss E. (2000): A cukorrépa (*Beta vulgaris* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. Növénytermelés, 49. 677-690.
- Krige, D. G. (1966): Two-dimensional weighted moving average trend surfaces for ore-evaluation. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 66. 13-38.
- Kulcsár L. (1999): A cukorrépa N-felvételének vizsgálata különböző termőhelyeken. Agrokémia és Talajtan, 48. 543-560.
- Lee, J.-Wong, S. W. (2001): Statistical analysis with ArcView GIS. John Wiley and Sons, New York, 1-191.
- Levine, N.-Kim, K. E.-Nitz, L. H. (1995): Spatial analysis of Honolulu motor vehicle crashes I. Spatial patterns. Accident Analysis and Prevention, 27. 5. 675-685.
- Matheron, G. (1965): La Theorie des Variables Regionalisees et ses Applications. Masson, Paris
- Nagy J. (1996): A növényszám és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. Növénytermelés, 45. 5-6. 543-552.
- Németh T.-Jolánkai M. (2002): A precíziós növénytermesztés elemei. In: Nagy J. (szerk.): EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság. Debreceni Egyetem, 12-21.
- Oliver, M.-Badr, L. (1995): Determining the spatial scale of variation in soil random concentration. Mathematical Geology, 27. 893-922.
- Ruzsányi L. (1981): A műtrágyázás és az öntözés hatása a cukorrépa termésére és a gyökér beltartalmi értékére. Növénytermelés, 30. 363-369.
- Sváb J. (1979): Többváltozós módszerek a biometriában. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Szabó J.-Bakos J.-Dobos A.-Cservenák R.-Pásztor L.-Pográny K. (2002): Üzemi szintű agrár-geoinformációs rendszer a mezőgazdasági szaktanácsadás támogatására. In: Nagy J. (szerk.): EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság. Debreceni Egyetem, 22-31.
- Tamás J. (2001): Precíziós Mezőgazdaság. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 1-160.
- Thapar, N.-Wong, D.-Lee, J. (1999): The changing geography of population centroids in the United States between 1970 and 1990. The Geographical Bulletin, 41. 45-56.
- Tukey, J. W. (1977): Exploratory Data Analysis. Addison.-Wesley, Reading, MA
- Vajdai I. (1984): A cukorrépa termesztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Webster, R.-McBratney, A. B. (1987): Mapping soil fertility at Broom's Barn by simple kriging. Journal of the Science of Food and Agriculture, 38. 97-115.
- Webster, R.-Oliver, M. A. (1990): Statistical methods in soil and land resource survey. Oxford University Press, Oxford
- Wong, D. W. (1999): Geostatistics as measures of spatial segregation. Urban Geography, 20. 7. 635-647.
- Youden, W. J.-Mehlich, A. (1937): Selection of efficient methods for soil sampling. Contributions of the Boyce Thompson Institute for Plant Research, 9. 59-70.