

Varijabilitet i koeficijenti varijacije u biološkim i poljoprivrednim istraživanjima

Nikola Mičić^{1,2}, Borut Bosančić^{1,2}

¹Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Republika Srpska, BiH

²Institut za genetičke resurse Univerziteta u Banjoj Luci, Republika Srpska, BiH

Sažetak

U biološkim i poljoprivrednim istraživanjima koeficijent varijacije predstavlja važan element ocene reprezentativnosti uzoraka, odnosno, pouzdanosti eksperimentalne metode i instrumentalnih tehnika ili samog metodološkog pristupa u naučnom istraživanju. Naime, opseg variranja eksperimentalnih podataka mora biti pod stalnom kontrolom kao ključno pitanje pouzdane ocene eksperimentalnih uslova. Relevantna literatura u kojoj se analiziraju koeficijenti varijacije u biološkim, odnosno, poljoprivrednim istraživanjima, pokazuje da se naučna rasprava o ovom pitanju kreće u uskom krugu, sa prihvatljivim koeficijentima varijacije od 10 do 20 %, te da se u određenim slučajevima tolerišu varijacije od 5 – 10 %, ili od 20 – 30 %, i samo u izuzetnim slučajevima varijacije do 40 %. Takođe, uočljiv je gotovo konsenzus između autora dostupnih radova, da uzorci sa koeficijentima varijacija ispod 5 % i preko 30 % moraju biti naknadno provereni, jer koeficijenti varijacije ispod 5 % u ovim istraživanjima pokazuju da su rezultati isuviše "dobri" da bi bez detaljne provere bili prihvaćeni kao tačni, a koeficijenti varijacije preko 30 % pokazuju sistemski uticaj neopaženih faktora, čime se dovodi u pitanje reprezentativnost uzoraka.

Ključne reči: neobjašnjene varijacije, biometrika.

Uvod

Korišćenje koeficijenata varijacije kao pokazatelja reprezentativnosti uzoraka, odnosno, relativne mere varijabiliteta neobjašnjenih varijacija, u dostupnoj literaturi namenjenoj studijama i naučno-istraživačkom radu u biološkim i poljoprivrednim naukama, nije detaljnije interpretirano. Tako, sem konstatacija da je koeficijent varijacije relativna mera varijabiliteta i da pokazuje procentualnu varijaciju jedinica posmatranja, pitanje granice dozvoljenih varijacija nije posebno razmatrano (Hadživuković, 1977, 1991; Stanković i sar, 1989; Horvat i Ivezić, 2005; Dragović, 2008). Međutim, pitanje nivoa dozvoljenih neobjašnjenih varijacija pojavljuje se sve češće kao problematično

pitanje u naučnim radovima kod nas i u okruženju, u smislu da se uzorci sa neprihvatljivo malim varijabilitetom ili, takođe, sa neprihvatljivo visokim varijacijama, uzimaju u "ozbiljna" razmatranja i da se na osnovu istih donose "eksperimentalno potvrđeni" zaključci, bez ozbiljnije provere reprezentativnosti ovih uzoraka ili uzroka pojave spornih varijabiliteta. Naime, u biološkim i poljoprivrednim istraživanjima koja pretežno da budu naučna, koeficijenti varijacije ispod 5 % i preko 30 % moraju biti naknadno provereni jer, koeficijenti varijacije ispod 5 % u ovim istraživanjima pokazuju da su rezultati isuviše "dobri" da bi bili prihvaćeni kao tačni, a koeficijenti varijacije preko 30 % pokazuju sistemski uticaj neopaženog faktora na pojedine statističke jedinice posmatranja (Prodanović i Mičić 1996; Mičić i sar., 2009; Mičić, 2011).

Cilj ovoga rada je da pregledom relevantnih naučnih radova u biološkim i poljoprivrednim istraživanjima, koji se bave pitanjem varijabiliteta i koeficijenata varijacije, otvori ovo pitanje kao nezaobilaznu ocenu reprezentativnosti uzorka i ocene reprezentativnosti srednje vrednosti osnovnog skupa, uz otvaranje pitanja neophodnosti matematičko–statističkog definisanja granica dozvoljenog intervala neobjašnjenih varijacija, odnosno određenja granice preko koje se sve statističke jedinice posmatranja mogu oceniti kao biološki nemogući varijabilitet.

Varijabilitet i koeficijenti varijacije u biološkim i poljoprivrednim istraživanjima

Koeficijent varijacije kao relativna mera varijabiliteta veoma različito se koristi u pojedinim oblastima nauka. Analiza mogućnosti ocene i značaja koeficijenta varijacije, kao i svih pitanja u biometriji, mora početi od analize varijabilnosti pojava, a to znači i same definicije verovatnoće. Jasno je da aksiomatika Kolmogorova (1974) u definisanju verovatnoće kao slučajnog događanja, odnosno, odnosa broja povoljnih događaja za posmatranu pojavu i broja svih mogućih događaja te pojave, pri čemu su svi događaji jednako mogući, ne važi u potpunosti u biološkim istraživanjima. Naime, u biologiji ne postoji jednaka mogućnost pojave svih mogućih događanja posmatranih pojava. Dakle, svi procesi u biologiji praktično su rezultatna velikog broja različitih uticaja koji su direktno kontrolisani na različitim nivoima, a posebno kroz dve osnovne determinante: termodinamiku i DNK. Dakle, u biologiji verovatnoća pojave svojstva nekog biološkog sistema, kao i efekat ili konačni ishod posmatranog procesa, predvidljivi su, samo je otvoreno pitanje neposrednih uslova čija je rezultanta posmatrani proces, a to je i osnovno pitanje varijabiliteta u ispoljavanju posmatrane biološke pojave. Tako relativne frekvencije pojavljivanja ili ispoljavanja proučavane pojave, ustvari predstavljaju biometričku verovatnoću mogućeg događanja, odnosno, realnu verovatnoću pojave određenog biološkog svojstva u datom prostoru i vremenu. Tako dolazimo do zaključka da su relativne mere varijabiliteta bioloških procesa ili parametara bioloških sistema, limitirane, pa prema tome i primena zakona verovatnoće na kome se bazira matematičko-statistička logika, takođe moraju biti limitirani u matematizaciji bioloških sistema, u protivnom dolazimo do pogrešnih zaključaka i uopštavanja, kojima se ne mogu opisati ili modelirati biološki procesi, odnosno, ne mogu se pratiti razvojni procesi proučavanih bioloških sistema.

Biometrički limiti neobjašnjivih varijacija

Kao što je već naglašeno, u biološkim istraživanjima svi procesi su limitirani biološkim determinantama čija uslovljenost se kreće od dostupnosti elementarnih komponenti neophodnih za izgradnju biološkog sistema, energetskog praga biohemijske reakcije i sl., pa do termodinamičkih ograničenja i graničnih uslova za realizaciju koda zapisanog u DNK. Tako, limitiranost bioloških procesa u njihovoj biometričkoj analizi nameće i definisanje mogućeg opsega u ispoljavanju posmatrane pojave.

Relevantna literatura u kojoj se analiziraju varijacije u istraživanjima u poljoprivrednoj proizvodnji pokazuje da se naučna rasprava o ovom pitanju kreće u uskom krugu, sa prihvatljivim varijacijama između 10 i 20 %, a samo retko se tolerišu varijacije od 5 – 10 %, ili od 25 – 40 %. Takođe, Elston i Johnson (2008) upozoravaju da u genetičkim i epidemiološkim istraživanjima gde se javljaju koeficijenti varijacije preko 30 % važne statistički značajne razlike neće biti vidljive. Gubljenje statističke značajnosti indikativnih eksperimentalnih razlika ili nemogućnost statističke ocene ovih razlika usled velikih varijacija ističu i Reese et al. (2010).

Gubljenje indikativnih eksperimentalnih efekata između primenjenih tretmana kao posledice visokih varijacija može se videti na sledećem modeliranom primeru:

Br.	Tretmani	\bar{X}	$\pm S_{\bar{x}}(g)$	V_k	t_{exp}
1.	A ₁	665	$\pm 2,44$	1,16 %	36,69**
	B ₁	798	$\pm 2,68$	1,06 %	
2.	A ₂	665	$\pm 9,38$	4,46 %	8,991**
	B ₂	798	$\pm 11,44$	4,53 %	
3.	A ₃	665	$\pm 21,29$	10,12 %	3,586**
	B ₃	798	$\pm 30,36$	12,14 %	
4.	A ₄	665	$\pm 44,47$	21,14 %	2,179*
	B ₄	798	$\pm 41,77$	16,54 %	
5.	A ₅	665	$\pm 61,01$	29,01 %	1,383 ^{nz}
	B ₅	798	$\pm 74,35$	29,46 %	
6.	A ₆	665	$\pm 69,48$	33,02 %	1,226 ^{nz}
	B ₆	798	$\pm 83,27$	32,97 %	

U tabelarnom prikazu data je veza između koeficijenata varijacije i statističke značajnosti razlika tretmana sa istim prosečnim vrednostima ali sa različitim varijabilitetom eksperimentalnih podataka. Na prikazanom primeru vidimo da se sa povećanjem koeficijenta varijacije (V_k) statistička značajnost razlike između srednjih vrednosti tretmana A i B progresivno smanjuje. Tačnije, vrednosti t -testa pri izrazito niskim vrednostima V_k su prenaglašene (1 i 2), pri varijacijama na nivou 10 % razlika je statistički visoko značajna (3), a pri varijaciji na nivou 20 % ispoljena razlika je statistički značajna (4). Statistički testovi značajnosti razlika između tretmana sa V_k preko 25 %, indikativne eksperimentalne razlike ($A-B = 133g$) tretiraju kao slučajne (5 i 6), odnosno, pokazuju da ova razlika nije statistički značajna. Na osnovu datog prikaza sasvim je jasno da se pitanje varijabiliteta mora ozbiljno uzeti u razmatranje u definisanju eksperimentalnih uslova jer se pri malim varijacijama (ispod 5 %) javlja nerealan veliki broj

statistički značajnih razlika, a pri velikim varijacijama (preko 25 %) indikativne eksperimentalne razlike ocenjuju se kao statistički slučajne, odnosno, ostaju neopažene.

Posebno interesantan je rad Arnhold i Milani (2011) koji su u 30 naučnih radova o kukuruzu analizirali koeficijente varijacije i zaključili da su koeficijenti varijacije ispod 5,95 % niski, od 5,95 % do 15,21 % srednji, od 15,21 % do 20,34 % visoki, a preko 20,34 % veoma visoki. Međutim, u razmatranju graničnih vrednosti koeficijenata varijacije navodi se i to da stav koji su generalno prihvatili istraživači prinosa na kukuruzu, da varijacije treba da se kreću između 10 – 15 %, nije dobar, jer u drugim oblastima nije tako ujednačena struktura zemljišta ili drugih ograničavajućih faktora i granica treba da bude značajno viša, do 30 %, ali ne i preko 40 %. Graničnu vrednost koeficijenta varijacije do 40 % navodi i Altoveros (2011), ali samo za analizu organa biljaka koji se razvijaju pod zemljom (krompir, luk, rotkva itd.). Pored ove konstatacije, isti autor navodi i to da varijacioni koeficijenti u hortikulturi (za voće i povrće) ne smeju prelaziti preko 25 %, a u ratarstvu (soja, pšenica, kukuruz itd.) ne bi smeli da prelaze preko 15 %. Među brojnim informacijama koje razmatraju pitanje tumačenja varijacija u poljoprivrednim istraživanjima na osnovu koeficijenta varijacije, Pimetel-Gomes i Garcija (2002) daju opšte pravilo za koeficijente varijacije, koje je višestruko citirano, gde se kao niske vrednosti koeficijenata varijacije uzimaju vrednosti ispod 10 %, kao srednje od 10 % do 20 %, a od 20 do 30 % kao visoke.

Relevantna literatura u kojoj se analiziraju varijacije u istraživanjima na živim životinjama pokazuje veliku posvećenost ovom pitanju sa jasnim ukazivanjem na značaj kontrole koeficijenata varijacija od čega zavisi uspeh eksperimenta, do definisanih metoda za planiranje broja eksperimentalnih životinja koje treba uzeti u istraživanje kako bi se obezbedila adekvatna kontrola varijacija (Berndtson, 1991, 2010; McMillan, 2003; Aaron i Hays, 2003; Johnston et al., 2003).

Za rešavanje ovih pitanja neophodno je odrediti odgovarajući broj ponavljanja i za svaki uzorak, proceniti varijabilnost pojave i očekivane razlike između tretmana koji se eksperimentalno ispituju. Tako je McMillan (2003) na osnovu kompilacije analiza statističke greške tipa I, α , i statističke greške tipa II, β , dao standardnu jednačinu koja uzima u obzir sve navedene elemente:

$$n \cdot (d/m)^2 = 2 \cdot (Z_\alpha + Z_\beta)^2 \cdot V_k^2$$

d/m je razlika između ispitivanih tretmana d u odnosu na srednju vrednost kontrole m , n je broj ponavljanja, Z je tablična vrednost za nivoe greške tipa I i II, a V_k koeficijent varijacije. Za manji broj ponavljanja Z vrednost se menja odgovarajućim t -vrednostima.

Iz ove jednačine razvijene su brojne tablice koje pomažu istraživačima da odrede broj životinja u uzorku kako ne bi imali nekontrolisane varijacije. Tako, Aaron i Hays (2003) daju okvirne koeficijente varijacije za pojedine osobine životinja: za prirast do 12%, za reproduktivne karakteristike od 20 do 40 %, za karakteristike vezane za proizvodnju mleka od 20 do 25 %, dok su za linearne mere kao što su dužina kostiju ili visina životinja, koeficijenti varijacije oko 6,0 %. Isti autori na osnovu analize rezultata proučavanja u 29 radova i preko 16500 legala, navode da se za reproduktivne osobine u svinjogojstvu prosečni koeficijenti varijacije za broj živih prasadi u trećoj sedmici kreću maksimalno do 36 %, a za masu živorođenih prasadi do 18 %. Za eksperimente

vezane za prirast svinja isti autori navode da je za prosečan dnevni prirast prosečan koeficijent varijabilnosti 4,8 %, za prosečnu dnevnu konzumaciju hrane 7,3 %, a za koeficijent konverzije, takođe, 7,3%, s tim da se koeficijenti varijacije za veoma mlade životinje mogu kretati u rasponu od 7,0 do 13 %. Za iste karakteristike Johnson et al. (2003) navode koeficijente varijacije do maksimalno 6,9 %, s tim da se kod prasadi u prasilištu oni kreću do maksimalno 22,1%. I konačno, Barić (1965), kao normalne varijacije za analizu mase životinja u stočarskoj proizvodnji navodi koeficijente varijacije od 10 – 15 %, i ističe da variranje podataka izvan ovih uobičajenih vrednosti traži posebno objašnjenje autora, jer takva variranja izazivaju sumnju u vrednost samog istraživanja, odnosno, sumnju u reprezentativnost uzoraka.

U cilju potvrde značaja metodološki adekvatnog određenja broja ponavljanja, kao elementa kontrole varijacija u eksperimentalnim istraživanjima na živim životinjama, analiziran je primer procene validnosti studije urađene na 30 bikova u kojoj efekti primenjenog tretmana u odnosu na kontrolu nisu bili ocenjeni kao statistički značajni. Pri pregledu ove studije utvrđen je uredno prijavljen koeficijent varijacije od 35 %. Iz opisane jednačine i tabela (Berndtson, 1991; McMillan, 2003) dobijeno je da razlika između tretmana i kontrole treba da iznosi preko 30 % da bi razlika između njih bila uoče-na kao statistički značajna. Bez pravog obrazloženja ovakvi nalazi se moraju oceniti kao neuverljivi i shodno tome moraju biti veoma oprezno interpretirani. Naime, procena broja životinja za reprezentativnu analizu pri koeficijentu varijacije od 35 % i pri stan-dardnim nivoima za greške tipa I i II, potrebno je čak 516 bikova da bi se kao značajan pokazao efekat tretmana u odnosu na kontrolu od 10 %. Za veće koeficijente varijacije broj životinja u uzorku rapidno raste. Pri početnoj konstelaciji eksperimenta navedena razlika bi se mogla otkriti samo ako bi koeficijent varijacije bio održan na umerenom nivou od 12 %, umesto veoma visokih varijacija od 35 %. Shodno tome, može se zaključiti da nekontrolisano visoki koeficijenti varijacije čine nemogućim bilo kakvo validno poređenje između različitih tretmana na živim životinjama, odnosno, pri visokim koeficijentima varijacije nije moguće realizovati bilo kakvo ozbiljno naučno istraživanje.

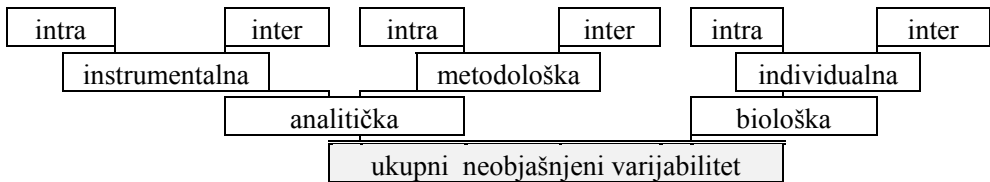
Dozvoljene neobjašnjene varijacije i eksperimentalne greške kao uzrok nemogućeg varijabiliteta

Dekadni sistem brojeva koji je opšte prihvaćen u civilizaciji u kojoj živimo, sa metodološkog stanovišta ima više otvorenih pitanja koja se odnose na broj 0 (nula). Naime, nula predstavlja informativnu vrednost broja, a sa njom se služimo i da ostale cifre dovedemo na određenu poziciju u samom broju, pa se postavlja pitanje kada nula predstavlja, a kad ne predstavlja, značajnu cifru. Posebno pitanje je i kada nula na kraju broja iza decimalnog zareza predstavlja značajnu cifru (npr: $C = 0,1000 \text{ mol/dm}^3$), odnosno, kada ona ukazuje na analitičku preciznost.

Iznetim konstatacijama otvoreno je samo jedno od pitanja grešaka prilikom merenja, a time i pitanje definisanja pojma preciznosti i tačnosti. Naime, preciznost je bliskost određenog rezultata sa drugim rezultatima dobijenih istim metodološkim postupkom, a tačnost je bliskost određenog rezultata sa stvarnom ili prihvatljivom vrednošću. Tako, rezultati eksperimenta mogu da imaju sledeći odnos preciznosti i

tačnosti: 1) dobru preciznost i dobru tačnost; 2) dobru preciznost i lošu tačnost; 3) lošu preciznost i dobru tačnost; 4) lošu preciznost i lošu tačnost. Ovde je važno istaći da koeficijent varijacije pokazuje osetljivost isključivo na preciznost eksperimenta, dok se tačnost rezultata eksperimenta potvrđuje matematičko-statističkim testiranjima rezultata istraživanja, odnosno, u neposrednom dokazivanju usvojenih zaključaka ili dobijanju očekivanih efekata u primeni proučavanih faktora.

Iako cilj ovoga rada nije razmatranje analitičkih (metodoloških i instrumentalnih) i bioloških uzroka u ispoljavanju eksperimentalnih grešaka, neophodno je da ovo pitanje uvek bude deo analize dozvoljenih neobjašnjenih varijacija kao prethodno pitanje u analizi nemogućeg varijabiliteta:



Interval dozvoljenih neobjašnjenih varijacija kao granična vrednost nemogućeg varijabiliteta

Varijabilitet parametara bioloških sistema uvek se događa u određenom intervalu koji se prepoznaje kao očekivane neobjašnjene varijacije. Ove varijacije su uslovljene brojnim činiocima koji deluju iz spoljašnjih uslova ali i same prirode bioloških sistema. Međutim, nedozvoljene varijacije mogu da se jave i kao posledica grešaka na nivou instrumentalnih metoda ili neposrednih merenja, do eksperimentalnih ograničenja i grešaka u metodološkom pristupu. Biometrička analiza ovih varijacija u uzorcima uglavnom obuhvata proveru normaliteta, a zatim i pokazatelje same varijacije izražene preko intervala varijacije, varijanse ili koeficijenta varijacije. Ipak, analiza brojnih grešaka u primeni biometričkih metoda pokazuje da je neophodno u definisanju eksperimentalne metodike i samog metodološkog pristupa u istraživanjima svojstava bioloških sistema utvrditi i dozvoljeni interval neobjašnjenih varijacija. Tako se već u primeni eksperimentalne metode mogu videti rezultati pogrešnih merenja, odnosno, podaci koji se nalaze u području nemogućih varijacija. Kao slikovito objašnjenje za ovakav pristup možemo uzeti interval varijacije visine ljudi. Danas, kao najviši čovek na svetu identifikovan je Sultan Kösen sa visinom 246,5 cm, a najmanji čovek na svetu identifikovan je He Pingping sa visinom 73 cm. Dakle, ovo je interval neobjašnjenih varijacija prosečne visine svih živih ljudi na Zemlji. To treba da znači da kada bi se u nekom merenju pojavio podatak koji pokazuje da je trenutno izmerena visina nekog čoveka bila 35 cm ili 350 cm, ova merenja moraju biti proverena jer se prema utvrđenom intervalu neobjašnjenih varijacija ukupne visine živih ljudi, onanalaze u području nemogućih varijacija u trenutno postojećim uslovima na planeti Zemlji. Dakle, u analizi prosečnih vrednosti različitih svojstava bioloških sistema javlja se potreba da se preko analize prosečnih vrednosti uzoraka i nivoa njihovih varijacija sagleda šta su to moguće, a time i dozvoljene neobjašnjene varijacije, odnosno, koja pojedinačna

merenja bez dodatne provere ne mogu biti prihvaćena kao deo očekivanog i mogućeg varijabiliteta u datom prostoru i vremenu. Ako se vratimo na pitanje prosečne visine ljudi koja je ispitana u nekom regi-ONU i ako je dobijeno da je u tim okolnostima $\bar{X} = 155 \pm 0,603$, sa koeficijentom varijacije $V_K = 9,13\%$, osnovnom matematičko-statističkom proverom može se zaključiti da je ovaj rezultat korektan i predstavlja reprezentativnu ocenu visine ljudi u datom regi-ONU (tom osnovnom skupu). Međutim, ako bi alternativni rezultat ove analize bio $\bar{X} = 165 \pm 4,63$, sa koeficijentom varijacije $V_K = 65,33\%$, on ne bi mogao biti prihvaćen jer koeficijent varijacije pokazuje da u ovom slučaju postoji neopaženi sistemski uticaj. Proverom osnovnih statističkih pokazatelja videće se da je interval varijacije nerealno velik, odnosno, da se pojavljuju vrednosti obeležja koje ne pripadaju osnovnom skupu iz koga je uzet uzorak. Uzroci ovakve greške mogu da budu veoma različiti, od toga da su neka merenja bila sasvim pogrešna, ili su pogrešno evidentirana, do toga da je u uzorku bila veća grupa ispitanika iz nekog drugog regiona koja se tu našla slučajno kao greška u metodologiji definisanja uzorka, itd.

Konačno, činjenica je da biološki limiti u datom prostoru i vremenu postoje. Nije poznato da jedan plod jabuke može da ima masu od $3,5\text{kg}$, ili da masa jedne krave za proizvodnju mleka može da bude 25kg ili 2500kg . Dakle, biološka ograničenja postoje, ne ovako drastično, ali evidentno je da postoje, i matematika varijacija kao osnova eksperimentalne biometrike ne može da se bavi naučnim istraživanjem, a da se pritom pitanje granice dozvoljenih neobjašnjenih varijacija samo tek tako ignoriše.

Metodološki pristup u analizi biološki nemogućih varijabiliteta

Koeficijent varijacije kao relativna mera neobjašnjenih varijacija u uzorku signira koncentraciju ili raspršenost statističkih jedinica posmatranja oko centralne tendencije. Generalno, u eksperimentalnom radu u biološkim i poljoprivrednim naukama glavni problem predstavljaju velike varijacije, pre svega zbog velikog broja nezavisno promenljivih uticaja koje nije jednostavno staviti pod kontrolu eksperimentalnim i instrumentalnim metodama. Ipak, najčešća pojava velikih varijacija koje su izvan realnog ponašanja bioloških sistema posledica je, pre svega, pogrešnog metodološkog pristupa u definisanju eksperimentalnih uslova ili u njihovoj realizaciji (Mičić i Đurić, 1994; Mičić i sar. 1994; Mičić, 2007a). Pojava nedozvoljeno malih varijacija u eksperimentalnom radu veoma retko se javlja kao rezultat samog eksperimenta, a posebno ne, ako je eksperiment postavljen sa odgovarajućim brojem ponavljanja. Nedozvoljeno male varijacije koje se najčešće javljaju u dostupnim radovima, pre svega su rezultat nedozvoljenog prilagođavanja eksperimentalnih rezultata sa malim brojem ponavljanja prema očekivanim tendencijama ili u cilju neprihvatljive primene neke od matematičko-statističkih metoda (Mičić, 2007b).

Metodološki pristup eksperimentalnim istraživanjima živih bioloških sistema mora da bude adekvatno osmišljen i mora se bazirati na prethodnim istraživanjima rasta i razvoja, odnosno, dinamike bioloških procesa koji se proučavaju ili su rezultanta više posmatranih faktora u sklopu dinamičke kontrole eksperimentalnih uslova (Mičić i Đurić, 1995; Mičić i sar., 1995, 1997). Varijabilitet prethodnih istraživanja uzima se kao osnova za određivanje broja ponavljanja u uzorku u cilju kontrole neobjašnjivih varijacija (1), ili na osnovu procene % varijabiliteta u osnovnom skupu (2).

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot V_k^2}{t^2 \cdot V_k^2 + G^2(N-1)} \quad (1), \quad \text{ili,} \quad n = \frac{N \cdot t^2 \cdot \sigma_x^2}{t^2 \cdot \sigma_x^2 + G^2(N-1)} \quad (2).$$

n – procenjen broj ponavljanja u uzorku, t – verovatnoća sa kojom se daje procena, N – veličina osnovnog skupa, G – interval procene, σ_x^2 – varijansa, V_k – koeficijent varijacije.

Analiza uzoraka koji dovode do pojave varijabiliteta koji prelaze granicu dozvoljenih neobjašnjenih varijacija ($5\% \leq V_k \leq 30\%$), u prvom koraku, podrazumeva klasifikaciju ili grupisanje opaženih vrednosti jedinica posmatranja u uzorku, tako da se izvrši njihovo razvrstavanje ili grupisanje u skladu sa relativno dozvoljenim unutargrupnim nivoom variranja. Ovim postupkom identifikuju se grupe podataka koje najčešće predstavljaju različite uticaje neopaženih faktora, odnosno, ovim postupkom identifikuju se različiti podskupovi čije postojanje i proizvodi visoke varijacije. U ovim slučajevima ili se eksperiment ponavlja sa modifikacijom metodološkog pristupa kojim se nastoji isključiti neopaženi sistemski uticaj, ili se ispoljeni efekat diskutuje u skladu sa ispoljenim grupisanjem podataka i njihovim relativnim frekvencijama. Ako podaci u uzorku ne pokazuju bilo kakvo grupisanje, visoki koeficijenti varijacije javljaju se kao posledica velike nepreciznosti eksperimenta, odnosno, velike disperzije koja otvara pitanje pojave nemogućeg varijabiliteta. Uklanjanjem vrednosti posmatranog obeležja koje se nalaze izvan intervala dozvoljenih neobjašnjenih varijacija, varijabilitet jedinica posmatranja u uzorku može se vratiti u realno očekivane granice variranja parametara bio-loških sistema. Pri tom ostaje otvoreno pitanje broja eksperimentalnih jedinica posmatranja u primeni određenih matematičko-statističkih modela na kojima je eksperiment postavljen i planiran.

U novije vreme, posebno u medicini, farmaciji i proučavanju različitih metaboličkih procesa sa vezanim merenjima (ukršteni povratni eksperiment), prilikom pojave visokih intrasubjektivnih koeficijenata varijacije od 20 do 40 %, ili u slučajevima kada se javljaju asimetrične distribucije podataka (kada su greške određenog znaka verovatnije od grešaka suprotnog znaka), uvode se multiplikativni modeli transformacije podataka, odnosno, formiranja log-normalnih raspodela (Mahmoud, 2010). Naime, logaritmi promenljive x_i ($x_i = \log x_i$) podležu normalnoj Gausovoj raspodeli. Ipak, ovde ova pitanja neće biti posebno razmatrana zbog činjenice da se istraživanja u poljoprivredi uglavnom baziraju na aditivnim modelima.

Biometrika, kao metodološki pristup u biološkim i poljoprivrednim naukama, vrši opažanje, planiranje eksperimenta, ocenu pouzdanosti tehnike merenja, sveobuhvatnu analizu eksperimentalnih uslova i dobijenih rezultata, procenu interakcijskih efekata i tumačenje tendencija i varijacija u rezultatima istraživanja. Time se isključuje doslovna primena matematičko-statističkih modela kao ekskluzivnih instrumenata za donošenje zaključaka u biološkim i poljoprivrednim naukama. Limitiranost u ispoljavanju i realizaciji bioloških procesa, odnosno, procesa rasta i razvoja bioloških sistema, traži integralni pristup ovom istraživanju i svako zanemarivanje ove zakonitosti dovodi do pogrešnih zaključaka.

Zaključak

Biološka i poljoprivredna eksperimentalna istraživanja koja pretenduju da budu naučna, moraju vršiti permanentnu kontrolu i analizu varijabiliteta eksperimentalnih jedinica posmatranja, pre svega, poznavanjem i definisanjem intervala dozvoljenih neo-bjašnjih varijacija koje se mogu tolerisati u uzorcima kao reprezentativnim ocenama srednje vrednosti osnovnog skupa. Brojni rezultati ovih analiza u biološkim i poljopri-vrednim naukama pokazuju da je ovaj interval određen koeficijentima varijacije koji se kreću u intervalu: $5\% \leq V_k \leq 30\%$. Pitanje varijabiliteta podataka u uzorcima mora se ozbiljno uzeti u razmatranje jer se prilikom testiranja značajnosti razlika između sred-njih vrednosti primenjenih tretmana pri malim varijacijama (ispod 5 %) javlja nerealno veliki broj statistički značajnih razlika, a pri velikim varijacijama (preko 30 %) indika-tivne eksperimentalne razlike ocenjuju se kao statistički slučajne, odnosno, ostaju neo-pažene. To istovremeno znači i da koeficijenti varijacije ispod 5 % i preko 30 % mora-ju biti naknadno provereni jer, koeficijenti varijacije ispod 5 % u ovim istraživanjima pokazuju da su rezultati isuviše "dobri" da bi bez provere bili prihvaćeni kao tačni, a koeficijenti varijacije preko 30 % ukazuju na sistemski uticaj neopaženih faktora na pojedine statističke jedinice posmatranja, zbog čega iste ne predstavljaju reprezentati-van eksperimentalni rezultat.

Literatura

1. Altoveros C. E. (2011): Applied experimental designs for agricultural research. Uni-versity of Sulamani, Kurdish, Irqi.
2. Arnhold E. & Milani K. F. (2011): Rank-ordering coefficients of variation for popping expansion. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 3, 527-531.
3. Aron, F. i Hays, W. (2004): How many pigs? Statistical power considerations in swine nutrition experiments. *Journal of Animal Science*, 82, E, 245–254.
4. Barić S. (1965): Statističke metode primjenjene u stočarstvu. *Agronomski glasnik*, br: 11 – 12, godina XIV.
5. Berndtson.W. E. (1991): A simple, rapid and reliable method for selecting or assessing the number of replicates for animal experiments. *Journal of Animal Science*, 69, 67-76.
6. Berndtson.W. E. (2010): Replication Needed to Distinguish Alterations in Cell Ratios, the Frequency of Individual Stages of the Cycle of the Seminiferous Epithelium, or the Appearance of Abnormalities in the Testes of Rodents, Rabbits, or Humans. *Journal of Andrology*, 31, 6, 593-606.
7. Dragović V. (2008): Statistika. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Istočno Sarajevo. str: 784.
8. Elston R. & Johnson W. (2008): Basic Biostatistics for Geneticists and Epidemiologi-sts. Ch. 13. Guides to a Critical Evaluation of Published Reports, tfl. Appro-priate descriptive statistics p. 323
9. Hadživuković S. (1977): Planiranje eksperimenta. Privredni pregled Beograd. Str: 282.
10. Hadživuković S. (1991): Statistički metodi. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

11. Horvat D., Ivezić M. (2005): Biometrika u poljoprivredi. Gradska i sveučilišna knjižnica Osijek.
12. Johnston L., Renteria A. i Hannon M. (2003): Improving validity of on-farm research. *Journal of Swine Health and Production*, 11, 5, 240-246.
13. Kolmogorov A. N. (1974): Основние понятия теории вероятностей. Наука, Moskva.
14. Mahmoud A. M. (2010): A Note on the Calculation of Intrasubject Coefficient of Variation in Bioequivalence Trails. *Pharmaceutical Research Unit (PRU), Royal Scientific Society (RSS), P.O. Box 1438, Amman 11941, Jordan*.
15. McMillan, I. (2004): Designing trials to test the bioequivalence of diets for animal performance. *Journal of Animal Science*, 82, E, 223–228.
16. Mičić N., Đurić Gordana: (1994a): Diskusija statističkih pokazatelja u faktorijalnim ogledima u voćarstvu: I - Analizaidiskusijainterakcijskihefekata. *Jugosl. voćarstvo* br. 105 -106. str. 79 - 88.
17. Mičić N., Đurić Gordana, Jovanović M: (1994b): Diskusija statističkih pokazatelja u faktorijalnim ogledima u voćarstvu: II Analiza diskusije interakcijskih efekata u aktualnim radovima iz oblasti voćarstva. *Jugosl. voćar. Br. 105 – 106. str: 89 – 102.*
18. Mičić N., Đurić Gordana, Jevtić S., Lučić P. (1995): The Basis for Defining a Model of Ecological Functions of the Organogenesis in Fruit Crops. *J. Sci. Agric. Res.* 57, 203. p: 89–99.
19. Mičić N. i Đurić Gordana (1995): Algoritamska osnova ciklusa organogeneze voćaka. *Jugosl. voćar.* 28, 107–108, str: 67–81.
20. Mičić N., Đurić G., Jevtić S., Cerović R. (1997): The algorithm basis of organogenesis cycle in plum. VI International Symposium on Plum and Prune Genetics, Breeding and Pomology. Warszawa, Program and Abstracts p. 46.
21. Mičić N. (2007a): Analiza teze: "Uticaj cinka na metabolizam čovjeka". *Stojković S. Univerzitet u Banjaluci, Br: 01-516. str.: 5.*
22. Mičić N. (2007b): Analiza doktorske disertacije Marjanović Ž: "Ekstrakcija eteričnih ulja četinarara (jela, smrča, bor, kleka, duglazija) i analiza njihove antimikrobne aktivnosti" Univerzitet u Banjaluci, Br: 05-327. str.: 5.
23. Mičić N., Đurić Gordana, Važić B: (2009): Biometrika i eksperimentalna statistika. *Agroznanje (ISSN 1512-6412) vol. 10, br. 3: 5-16.*
24. Mičić N.: (2011): Eksperimentalna biometrika. Poljoprivredni fakultet u Banjaluci i Naučno voćarsko društvo Republike Srpske. Str: 318.
25. Pimetel-Gomes F. and Garcia C. H. (2002): *Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais*. Piracicaba: FEALQ. 309 str.
26. Prodanović T. i Mičić N. (1996): Naučno istraživanje – metode, procedura, jezik i stil. *Agronomski fakultet Čačak i Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija.*
27. Reese, D., Eskridge, K. i Stroup, W. (2010): *On how to conduct farm Swine Feed Trials*. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska.
28. Stanković J. Ralević N. i Ljubojević-Ralević I. (1989): Statistika sa primenom u poljoprivredi. Minerva, Subotica. Str: 439.

Variability and Variation Coefficients in Biological and Agricultural Experimental Research

Nikola Mičić^{1,2}, Borut Bosančić^{1,2}

¹ Faculty of Agriculture, University of Banja Luka, Republic of Srpska, BiH
² Genetic Resources Institute, University of Banja Luka, Republic of Srpska, BiH

Abstract

Biological and agricultural experimental research aiming to be scientific have to deal with permanent control and variability analysis of experimental units under study, primarily by knowing and defining the intervals of allowed unexplained variations that can be tolerated in the samples as representative estimates of the mean value of a population. Numerous results of these analyses in biological and agricultural sciences show this interval is determined by variation coefficients ranging from $5\% \leq V_k \leq 30\%$. The issue of data variability in samples has to be seriously considered because when testing significance of differences between mean values of applied treatments with small variations (below 5%) unrealistically very large number of statistically significant differences occur, whereas with big variations (over 30%), indicative experimental differences are estimated as accidental, that is, they remain unobserved. At the same time, this means that variation coefficients below 5% and over 30% have to be additionally checked as variation coefficients below 5% in these studies show that the results are “too good” to be approved as accurate without checking, whilst variation coefficients over 30% point to systemic effect of unobserved factors on particular statistical units under study due to which those are not representative experimental results.

Key words: unexplained variations, biometrics.

Nikola Mičić
E-mail Address:
nikmicic@yahoo.com

