

PRIOLOG POZNAVANJU PRIMJENE LATINSKOG KVADRATA U ISTRAŽIVANJIMA U GOVEDARSTVU

Svaki naučni rad iz područja govedarstva, kao uostalom i svaki naučni rad u eksperimentalnim biološkim naukama, vrši se na pojavama i osobinama koje variraju od jedinke do jedinke, i od skupine do skupine. Varijabilnost je opća pojava živih bića. Kako pak, prilikom istraživanja osobina i pojedinih pojava, variranje ostalih osobina, koje se ne ispituju a očituju se na istim jedinkama eksperimentalnog materijala, mogu imati negativne posljedice po objektivnu procjenu istraživane pojave, to se mora sve poduzeti da se smanji varijabilnost takovih faktora. To se postiže u prvom redu ograničenjem varijabilnosti materijala na kojem se vrše istraživanja, i odgovarajućom definicijom populacije.

Unatoč tome, izabrana će grla još uvijek pokazivati varijabilitet koji je poželjno smanjiti. Ukoliko su poznati uzroci varijabiliteta ispitivanog materijala (očevi, majke, pasmine, starost, stadij laktacije, stadij bređosti itd.) može se primjenom stanovitih eksperimentalnih metoda i analiza varijanca, prilikom testiranja opravdanosti razlika između nekih pojava, izlučiti dio varijabiliteta poznatih izvora i time povećati preciznost testiranja signifikantnosti razlika srednjih vrijednosti. U tu je svrhu metodika planiranja pokusnog rada, izradila više shema istraživanja, kojima se sam eksperimentalni rad planira na način, da omogućuje eksperimentatoru analizu varijabilnosti pojave, obzirom na poznate izvore kao i izlučivanje njihovog utjecaja na istraživani faktor. Time se povećava točnost, a omogućuje i rad sa manjim brojem grla kao i istraživanja više faktora u jednom pokusu.

Primjer takvog eksperimentalnog plana jeste latinski kvadrat. Njime se omogućuje istraživanje određenog faktora, uz analizu udjela u ukupnoj varijabilnosti još dva faktora, prema kojima se vrši grupiranje. No, njegova primjena nije uvijek efikasna što će ovisiti o djelovanju faktora po kojima se formiraju blokovi (kolone i redovi). Kako ti faktori variraju u ovisnosti o eksperimentalnom materijalu i predmetu istraživanja, to je neophodno teoretski istražiti kada je u govedarskim istraživanjima prikladna primjena latinskog kvadrata, a kada nije.

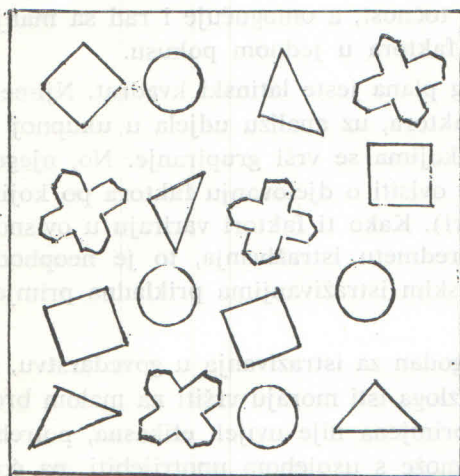
Latinski kvadrat je u načelu pogodan za istraživanja u govedarstvu, jer se zbog materijalnih i objektivnih razloga isti moraju vršiti na malom broju životinja. Kako, međutim, njegova primjena nije uvijek efikasna, potrebno je znati kada ga se u govedarstvu može s uspjehom upotrijebiti, pa ću u daljnjem izlaganju teoretski ispitati uspješnost primjene latinskog kvadrata u govedarskim istraživanjima. U tom smislu bi ova radnja bila prilog poznavanju primjene latinskog kvadrata i razrade eksperimentalnog planiranja u govedarstvu.

OPĆE KARAKTERISTIKE LATINSKOG KVADRATA I PRIMJERI NJEGOVE PRIMJENE U GOVEDARSTVU

Plan eksperimentalnog rada po shemi latinskog kvadrata, karakterizira se time što se u svakom redu i koloni jedanput nalazi svako tretiranje, a kolone i redovi su formirani prema izvorima varijacije. Taj će nam plan omogućiti da prilikom statističke obrade obuhvatimo posebno faktor koji se ispituje tokom eksperimentiranja, kao i dva faktora, koji također vrše utjecaj na podatke a svrstani su u redove i kolone. Upravo takav plan omogućiti će nam prilikom testiranja utvrditi signifikantnost razlika između pojedinih tretiranja u pokusu, uz eliminiranje uticaja faktora koji su obuhvaćeni u kolonama i redovima. Znači, ukoliko su kod eksperimentalnih grla koja ćemo različito tretirati tokom pokusa, poznata još dva izvora varijabiliteta koji utječu na rezultate ispitivanja, možemo ih svrstati na taj način da sa različitim tretiranjima formiraju latinski kvadrat. S time ćemo dobiti precizniji test opravdanosti djelovanja ispitivanog faktora, i po potrebi, biti u mogućnosti testirati signifikantnost razlika unutar faktora koji formiraju kolone i redove.

Da bi primjenu latinskog kvadrata očitije prikazala i olakšala istraživanja i diskusiju, dati ću grafički prikaz grupiranja pokusnih grla kod kojih su poznata dva izvora varijabilnosti.

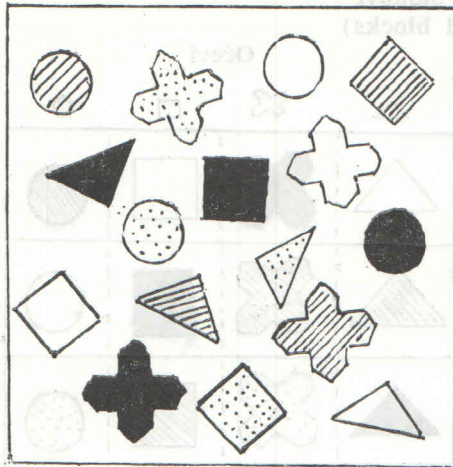
Kao pokusni materijal uzeti ćemo 16 junaca koji su potomci 4 bika. Potomci pojedinih bikova označeni su slijedećim znakovima: \square \circ \triangle \star a prikazani su u slijedećoj shemi:



16 junaca. Potomci 4 bika

Međutim, ako se junad do početka eksperimenta uzgajala na četiri različita načina i to tako da je svaki potomak jednog bika bio drugačije uzgojen, to će se ona međusobna razlikovati ne samo po porijeklu, nego i uzgoju. U tome će slučaju svaki junac biti ili drugačije uzgojen ili od

drugog oca. Različito porijeklo smo označili različitom formom a različiti ćemo uzgoj označiti različitim nijansama površina,
 U tom će slučaju shematski prikaz biti slijedeći:

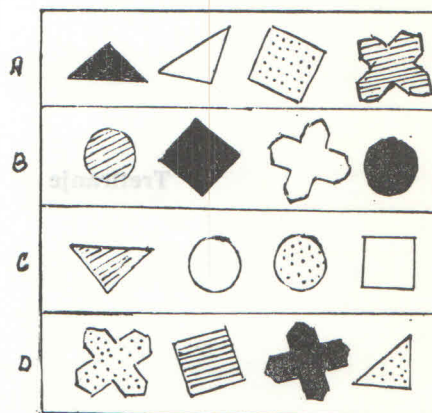


16 junaca, potomci 4 bika,
 uzgojeni na 4 razna načina

Pretpostavimo sada da na prikazanim juncima vršimo tokom eksperimentalnog rada ispitivanje 4 faktora, npr. primjenu 4 nivoa ishrane (4 tretiranja) A, B, C i D to ću na temelju prikazanih atributa izvršiti 4 načina planiranja eksperimentalnog rada.

U prvom redu planiranje eksperimentalnog rada može se izvršiti na sumičkim formiranjem pokusnih grupa (tretiranja). U tom se slučaju dodjeljuju grla pojedinom tretiranju nasumce (random) bez obzira na oca i način uzgoja, («randomized experiment»).





















Eksperiment sa dodjelom grla tretiranju potpuno nasumce
 (Randomized experiment)



Drugi način planiranja jest plan nasumičkih blokova («randomized blocks») kada se formiraju grupe za razna tretiranja, uzimajući u obzir jednu zajedničku osobinu, npr. utjecaj očeva, a nije se obaziralo na način uzgoja.

**Nasumični blokovi
(Randomized blocks)**

Tretiranje

	Očevi			
				
A				
B				
C				
D				





















U trećem načinu planiranja eksperimentalnog rada može se isto tako primijeniti plan nasumičnih blokova (randomized blocks) ali uzeti u obzir tretiranja i način uzgoja a ne voditi računa o porijeklu.

**Nasumični blokovi
(Randomized blocks)**

Uzgoj

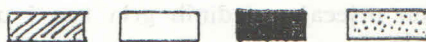
Tretiranje

				
A				
B				
C				
D				

Napokon postoji i plan eksperimentalnog rada koji obuhvaća sva tri navedena faktora, tj. razno tretiranje, način uzgoja i razne očeve. Kada su svi ti faktori međusobno poredani po određenom redu dobijemo plan poznat pod nazivom latinskog kvadrata.

Shema latinskog kvadrata

Uzgoj



Očevi

○	B	a	A	D
□	A	D	C	B
△	C	B	D	A
×	D	A	B	C

Kako vidimo latinski se kvadrat formira tako da se svako grlo tretira na način da je u svakom redu i svakoj koloni zastupano jedanput svako tretiranje, a ostala dva izvora varijabilnosti raspoređeni su u kolone i redove. Raspodjela pojedinih tretiranja po grlima izvršena je nasumce »random« (2, 3).

U prikazanom latinskom kvadratu, svaki je red blok, kao što je blok i svaka kolona. Svako june istog roditelja biti će drugačije tretirano, kao što će i svako june istog načina uzgoja biti drugačije tretirano. To je latinski kvadrat. Na takav način stvaramo mogućnost isključivanja utjecaja oca i načina uzgoja na rezultate istraživanja (tretiranje). To stoga, što shema latinskog kvadrata omogućuje da se prilikom testiranja opravdanosti razlika između pojedinih tretiranja smanji suma kvadrata »greške« za dio koji otpada na sumu kvadrata »očeva« i »načina uzgoja«. Time se, u slučaju kada postoji utjecaj očeva i raznih načina uzgoja na rezultate tretiranja (tova), povećava preciznost testa opravdanosti razlika između pojedinih tretiranja. Osim toga navedeni nam plan omogućuje testiranje opravdanosti razlika utjecaja pojedinih očeva kao i pojedinih načina uzgoja na dobivene pokusne podatke.

U prijašnjem prikazu latinskog kvadrata dat je primjer u kojem je pojedino grlo kroz čitav pokus tretirano uvijek na isti način. Takvo isto tretiranje pojedinog grla kroz čitav pokus, često ćemo morati provesti u ispitivanjima problema iz područja uzgoja i tova. No u nekim slučajevima želimo eliminirati utjecaj pojedinog grla. U tom ćemo slučaju isto grlo tretirati svim faktorima koji se ispituju. Takav se zahtjev često postavlja u eksperimentalnom radu iz područja proizvodnje mlijeka. Ukoliko primjenimo shemu latinskog kvadrata, to svako mliječno grlo predstavlja kolonu, a svaki red predstavlja vremensku periodu. Takav nam eksperimentalni plan pruža mogućnost da prilikom testiranja razlika između pojedinih tretiranja, eliminiramo utjecaj pojedinih grla kao i utjecaj perioda (pomicanja stadija) laktacije.

Prikaz istraživanja djelovanja četiri tretiranja na 12 mliječnih krava (a, b, c...1) dat je u tabeli br. 1.

Tabela 1 — Prosječna dnevna mliječnost (kg) 12 krava (a, b, c...1) svrstanih u latinske kvadrate, koje su bile podvrgnute 4 različitim tretiranjima, (A, B, C, D) kroz četiri periode (1, 2, 3, 4)

	a	b	c	d
1	13,1 ^C	15,7 ^A	15,2 ^B	10,8 ^D
2	10,4 ^D	10,6 ^C	15,9 ^A	14,3 ^B
3	12,4 ^A	11,9 ^B	8,1 ^D	10,9 ^C
4	11,7 ^B	8,7 ^D	11,4 ^C	13,3 ^A

	e	f	g	h
1	17,2 ^B	14,6 ^C	17,6 ^A	11,9 ^D
2	17,0 ^A	11,6 ^D	15,8 ^B	13,4 ^C
3	12,1 ^C	13,9 ^B	9,6 ^D	14,2 ^A
4	10,1 ^D	14,4 ^A	12,4 ^C	13,6 ^B

	i	j	k	l
1	19,7 ^A	16,8 ^C	14,2 ^D	19,1 ^B
2	13,8 ^D	19,3 ^A	14,1 ^B	15,8 ^C
3	14,5 ^C	16,5 ^B	16,4 ^A	15,1 ^D
4	15,9 ^B	12,6 ^D	14,7 ^C	17,3 ^A

Krave smo po mliječnosti podijelili u 3 kvadrata, kako bi dobili pojedine kvadrate sa što manjom varijabilnosti. Primjenjena su 4 različita tretiranja (ishrana A, B, C i D), te je svako grlo kroz četiri perioda (1, 2, 3 i 4) prošlo kroz sva četiri tretiranja, a efekti tretiranja na proizvodnju mlijeka krava rati su u poljima kvadrata u kg proizvedenog mlijeka na dan po kravi u periodi. Srednje vrijednosti proizvodnje po tretiranjima date su u tabeli 2.

Tabela 2 — Srednje vrijednosti dnevne proizvodnje mlijeka (kg) po tretiranju i periodi

Tretiranje				Periode			
A	B	C	D	1	2	3	4
16,10	14,93	13,36	11,41	15,49	14,33	12,97	13,01

Analiza varijance rezultata dobivenih navedenim planom istraživanja data je u tabeli 3.

Tabela 3 — Analiza varijance

Izvor varijacije	Stupanj slobode	Suma kvadrata	Varijanca	F
Kvadrati	2	119,16	59,58	102,72 ^{xx}
Redovi unutar kvadrata	9	57,35	6,37	10,98 ^{xx}
Kolone unutar kvadrata	9	11,94	1,33	2,29 ^x
Tretiranja	3	148,79	49,60	85,52 ^{xx}
Greška	24	13,88	0,58	
Ukupno	47	351,12		

Da bi mogli izvršiti testiranje razlika prosječne proizvodnje mlijeka po tretiranju i periodima, moramo izračunati razlike između srednjih vrijednosti za pojedina tretiranja i između srednjih vrijednosti pojedinih perioda i njih testirati. Te su razlike prikazane u tabeli 4, a testiranje je izvršeno pomoću podataka analiza varijance iz tabele 3.

Tabela 4 — Razlike između srednjih vrijednosti i njihove signifikantnosti ($xxP < 0,01$ $xP < 0,05$) za

a) Tretiranja

Tretiranje	\bar{x}	$\bar{x}-11,41$	$\bar{x}-13,36$	$\bar{x}-14,93$
A	16,10	4,69 ^{xx}	2,74 ^{xx}	1,17 ^{xx}
B	14,93	3,52 ^{xx}	1,57 ^{xx}	
C	13,36	1,95 ^{xx}		
D	11,41			

b) Periode

Periode	\bar{x}	$\bar{x}-12,97$	$\bar{x}-13,01$	$\bar{x}-14,33$
1	15,49	2,52 ^{xx}	2,48 ^{xx}	1,16 ^{xx}
2	14,33	1,36 ^{xx}	1,32 ^{xx}	
3	13,01	0,04		
4	12,97			

Veća preciznost analiza dobivena pomoću eksperimentalnog plana latinskog kvadrata (L K) u poređenju sa analizama ako je pokus proizveden grupiranjem samo obzirom na redove (R)-periode ili samo obzirom na kolone (K)-krave, prikazana je pomoću »Efficiency« (E):

$$E \text{ (LK na K)} = 132\%$$

$$E \text{ (LK na R)} = 350\%$$

Grupiranje u kolone povećalo je informativnost podataka obzirom na tretiranje za 32% a grupiranje u redove za 250%. Ili drugim riječima, ukoliko bi se primjenio kompletni — blok plan sa redovima kao blokovima moralo bi se za istu preciznost testa, kao kod testa dobivenog pomoću latinskog kvadrata, upotrijebiti 250% više grla, a u slučaju kompletnog-blok plana sa kolonama kao blokovima 32% više grla.

Da bi se dobio još potpuniji prikaz o povećanju preciznosti ocijene pomoću latinskog kvadrata u slučajevima kad postoji opravdanost grupiranja prema poznatim izvorima varijabilnosti, podatke iz tabele br. 1 testirati ćemo »t« testom i to opravdanosti razlika srednjih vrijednosti efekata pojedinih tretiranja, kao da ne postoje grupiranja u redove i kolone, te opravdanosti razlika između pojedinih perioda kao da ne postoje razne kolone i tretiranja. Rezultate tih testova usporedit ćemo sa rezultatima testa opravdanosti razlika efekata tretiranja i perioda kod primjene latinskog kvadrata. U tabeli 5 prikazat ću rezultate testiranja razlika »t« testom.

Tabela 5 — Signifikantnost razlika dviju srednjih vrijednosti testiranih pomoću »t« distribucije ($xxP < 0,01$ $xP < 0,05$)

A : B t = 1,303	1 : 2 t = 1,058
A : C t = 3,171 ^{xx}	1 : 3 t = 2,310 ^x
A : D t = 5,148 ^{xx}	1 : 4 t = 2,358 ^x
B : C t = 1,872	2 : 3 t = 1,268
B : D t = 3,969 ^{xx}	2 : 4 t = 1,278
C : D t = 2,286 ^x	3 : 4 t = -0,038

Usporedimo li rezultate »t« testa navedene u tabeli 4, sa rezultatima »t« testa signifikantnosti razlika navedenim u tabeli 5, utvrdit ćemo da postoji znatna razlika u preciznosti analiza signifikantnosti razlika srednjih vrijednosti tretiranja i perioda. Analiza varijance rezultata istraživanja dobivenih primjenom metode latinskog kvadrata, koji omogućuje izlučivanje nekih izvora varijabilnosti (kolone, redovi), omogućila je testiranje signifikantnosti razlika između srednjih vrijednosti efekata pojedinih tretiranja, kojim se utvrdilo da su razlike signifikantne na 1% nivou između svih parova srednjih vrijednosti tretiranja. Nasuprot tome, podaci navedeni u tabeli 5, (a koji se odnose na rezultate testa signifikantnosti razlika srednjih vrijednosti tretiranja kada iste nisu dobivene primjenom latinskog kvadrata), pokazuju da razlike između srednjih vrijednosti rezultata tretiranja nisu jednako signifikantne onima, koje su se utvrdile analizom podataka dobivenih na temelju latinskog kvadrata. Tako razlike efekata tretiranja A : B

i B : C nisu uopće signifikantne, razlika između srednjih vrijednosti C : D tretiranja signifikantna je na 5% nivou a jedino su razlike efekata tretiranja A : C, A : D i B : D signifikantne na istom nivou kao i kada se primjenila metoda latinskog kvadrata. Očito je, dakle, znatno veća preciznost analiza razlika srednjih vrijednosti efekata tretiranja u istraživanju vršenom po latinskom kvadratu, nego po metodama koje ne omogućuju eliminiranje nekih poznatih izvora varijabilnosti.

Analiza varijance latinskog kvadrata i test opravdanosti razlika između sredina perioda pokazuje 1% nivo signifikantnosti za razlike između svih perioda osim na razliku između sredine 3 : 4 periode ($P > 0,05$). Međutim, »t« test ukoliko su zanemarena tretiranja i grla, pokazuje 5% nivo signifikantnosti samo za razlike sredina 1 i 3 te 1 i 4 periode, dok razlike između ostalih srednjih vrijednosti za periode nisu signifikantne ($P > 0,50$).

U prikazanom primjeru svakako je opravdana primjena sheme i organizacije pokusa pomoću latinskog kvadrata.

Sigurno je da se prema konkretnim ciljevima pokusa i pokusnom materijalu mora uvijek primjeniti odgovarajuća metoda eksperimentalnog plana. Može se susresti primjer gdje je u komparaciji sa latinskim kvadratom bolja primjena kompletnog — blok — sistema i gdje će biti bolji rad pomoću jednosmjernog grupiranja, a u nekim primjerima je štetno formiranje blokova i najbolja je primjena nasumičnog eksperimenta. Efikasnost jednosmjernog grupiranja u odnosu na dvosmjerno grupiranje u metodi latinskog kvadrata, prikazati ću još u slijedeća dva primjera.

U tabeli 6 prikazani su rezultati pokusa tova 18 junadi, koji su tokom pokusa hranjeni ishranom nivoa A, B i C. Trećina junadi je na početku pokusa bila stara 4 mjeseca, trećina 5 mjeseci i trećina 6 mjeseci.

Prije početka pokusa telad je bila držana trećin pod uvjetima a, trećina pod uvjetima b, i trećina pod uvjetima c. Pokus je organiziran sistemom latinskog kvadrata, a grla su bila podijeljena u dva kvadrata. Rezultati tova prvog primjera prikazani su u tabeli 6.

Tabela 6 — Prosječni dnevni prirast (kg) u tovu 18 junadi, starih 4, 5 i 6 mjeseci (4, 5, 6), koji su do tova uzgajani na 3 načina (a, b, c) i na kojima je tokom tova primjenjeno tretiranje A, B, C. Shema pokusa — latinski kvadrat.

	4	5	6		4	5	6
a	C 1,55	A 1,74	B 1,26		B 1,73	A 1,76	C 1,11
b	B 1,57	C 1,17	A 1,32		C 1,77	B 1,32	A 1,39
c	A 1,81	B 1,19	C 0,88		A 1,67	C 1,37	B 1,28

U tabeli 7 prikazana je analiza varijance rezultata navedenog istraživanja

Tabela 7 — Analiza varijance

Izvor varijacije	Stupanj slobode	Suma kvadrata	Varijanca	F
Kvadrati	1	0,0460	0,0460	2,11
Redovi unutar kvadrata	4	0,0933	0,0233	1,07
Kolone unutar kvadrata	4	0,6843	0,1711	7,85 ^x
Tretiranje	2	0,3017	0,1508	6,92 ^x
Greška	6	0,1310	0,0218	
Ukupno	17	1,2563		

Test opravdanosti razlika između srednjih vrijednosti pojedinih tretiranja, starosti i načina uzgoja za prikazan primjer izvršila sam pomoću najmanje dozvoljenih diferencija između srednjih vrijednosti koja na 5% nivou signifikantnosti iznosi 0,2085 a za 1% nivo signifikantnosti 0,3158.

U slijedećoj tabeli prikazati ću utvrđene razlike između srednjih vrijednosti za pojedina tretiranja, starost i načine uzgoja.

Tabela 8 — Razlike između srednjih vrijednosti i njihova signifikantnost ($xxP < 0,01$ $xP < 0,05$)

8.1) Tretiranja

Tretiranje	\bar{x}	$\bar{x}-1,308$	$\bar{x}-1,392$
A	1,615	0,307 ^x	0,223 ^x
B	1,392	0,084	
C	1,308		

8.2) Način uzgoja

Način uzgoja	\bar{x}	$\bar{x}-1,367$	$\bar{x}-1,423$
a	1,525	0,158	0,102
b	1,423	0,056	
c	1,367		

8.3) Dob

Dob, mjeseci	\bar{x}	$\bar{x}-1,207$	$\bar{x}-1,425$
4	1,683	0,476 ^{xx}	0,258 ^x
5	1,425	0,218 ^x	
6	1,207		

Efikasnost latinskog kvadrata u odnosu na jednosmjerno grupiranje po starosti (ne uzimajući u obzir uzgoj) iznosi $E = 302\%$ dok efikasnost kod grupiranja samo po uzgoju iznosi $E = 94\%$. Znači da je grupiranje po starosti bilo i te kako opravdano, no grupiranje je obzirom na prethodni način uzgoja bez učinka, odnosno ima čak mali negativni učinak.

Drugi primjer rezultata istraživanja tova prikazani su u tabeli br. 9.

Tabela 9 — Prosječni dnevni prirasti (kg) u tovu 18 junadi, starih 4, 5 i 6 mjeseci (4, 5, 6) koji su do tova uzgajani na 3 načina (a, b, c) i na kojima su tokom tova primjenjena tretiranja A, B, C. Shema pokusa je latinski kvadrat.

	4	5	6		4	5	6
a	1,25 ^C	1,69 ^A	1,56 ^B	a	1,33 ^B	1,61 ^A	1,01 ^C
b	1,42 ^B	1,17 ^C	1,76 ^A	b	1,51 ^C	1,22 ^B	1,53 ^A
c	1,66 ^A	1,19 ^B	0,98 ^C	c	1,42 ^A	1,27 ^C	1,41 ^B

Analiza varijance rezultata istraživanja prikazana je u tabeli br. 10
Tabela 10 — Analiza varijance

Izvor varijacije	Stupanj slobode	Suma kvadrata	Varijanca	F
Kvadrati	1	0,0076	0,0076	0,21
Redovi unutar kvadrata	4	0,0985	0,0246	0,67
Kolone unutar kvadrata	4	0,0318	0,0079	0,22
Tretiranja	2	0,5225	0,2612	7,12 ^x
Greška	6	0,2203	0,0367	
Ukupno	17	0,8807		

Za prednji primjer najmanja diferencija između dviju srednjih vrijednosti na 5% nivou signifikantnosti mora iznositi 0,271 a za 1% nivo signifikantnosti 0,410.

U tabeli 11 prikazane su utvrđene razlike između srednje vrijednosti za pojedina tretiranja, starost i načina uzgoja.

Tabela 11 — Razlika između srednjih vrijednosti i njihova signifikantnost
($xxP < 0,01$ $xP < 0,05$)

1) Tretiranje

Tretiranje	x	\bar{x} -1,198	\bar{x} -1,355
A	1,612	0,414 ^{xx}	0,257
B	1,355	0,157	
C	1,198		

11.2) Način uzgoja

Način uzgoja	x	\bar{x} -1,322	\bar{x} -1,408
b	1,435	0,113	0,027
a	1,408	0,086	
c	1,322		

11.3) Dob

Dob, mjeseci	x	\bar{x} -1,358	\bar{x} -1,375
4	1,432	0,074	0,057
6	1,375	0,017	
5	1,358		

Opravdanost primjene latinskog kvadrata u eksperimentalnom radu i statističkoj analizi prikazat će se opet pomoću računa efikasnosti. Efikasnost latinskog kvadrata u odnosu na blok sistem samo obzirom na tehnologiju uzgoja iznosi 82% a efikasnost latinskog kvadrata u odnosu na blok sistem samo obzirom na starost iznosi 68%. Znači da u ovom slučaju nema opravdanja za primjenu sheme latinskog kvadrata, te da je grupiranje po starosti i tehnologiji uzgoja štetno utjecalo na preciznost analize.

S obzirom na navedenu nisku efikasnost latinskog kvadrata, biti će korisno utvrditi kakvi su rezultati »t« testa signifikantnosti razlika između srednjih vrijednosti efekata pojedinih tretiranja (bez obzira na starost i uzgoj) navedenih u tabeli 9. Rezultati »t« testa su ovi:

Tretiranja	»t«
A : B	t = 3,403 ^{xx}
A : C	t = 4,314 ^{xx}
B : C	t = 1,610

Ukoliko smo zanemarili grupiranje kako po starosti tako i tehnologiji uzgoja, dobili smo »t« testom preciznije podatke, te smo i za diferenciju između sredine za A i B tretiranja utvrdili signifikantnost na 1% nivou, dok za istu diferenciju prilikom »t« testa na temelju latinskog kvadrata nije utvrđena signifikantnost niti na 5% nivou.

DISKUSIJA

Plan se istraživanja ne smije određivati od oka jer kako smo jasno vidjeli, jednom je efikasniji latinski kvadrat a drugi put nasumični eksperiment. Prilikom izbora pokusnog plana rada moraju se analizirati svi elementi u vezi sa eksperimentalnim materijalom i primijeniti najbolje metode rada tj. metode koje će sa istim materijalom dati preciznije procjene. Potrebno je prije pokusa provesti analizu faktora koji bi mogli signifikantno utjecati na podatke eksperimentalnog rada. Ukoliko utvrdimo da postoje 2 faktora za koje možemo pretpostaviti, na temelju dosadašnjeg poznavanja problematike, da signifikantno utječu na podatke eksperimentalnog tretiranja, postoje elementi koji opravdavaju eksperimentalni plan po shemi latinskog kvadrata. Primjer primjene latinskog kvadrata u pokusu sa mliječnim grlima pokazao je veliku prednost pred jednosmjernim grupiranjem, i to zato što je postajala razlika u utjecaju između pojedinih grla kao i između pojedinih poerioda. Da navedeni utjecaj nije postojao ne bi bila opravdana primjena latinskog kvadrata. Da je npr. u primjeru sa tovom teladi, postojao signifikantan utjecaj dobi i načina uzgoja, što se inače često dešava, bila bi opravdana shema pokusa po planu latinskog kvadrata.

Plan pokusa po sistemu latinskog kvadrata može se primjeniti i u slučajevima kada se na temelju prethodne analize utvrde na pokusnom materijalu dva izvora varijabiliteta koji povećavaju varijancu podataka tretiranja u pokusu a pretpostavlja se da će se djelovanje svakog tretiranja očitovati i u slijedećejoj periodi tj. za vrijeme slijedećih tretiranja (residual effect). U tom će se slučaju primjeniti plan pokusa latinskog kvadrata sa »balanced squares« ili sa »extra period balanced sequences« (2, 5, 6).

ZAKLJUČAK

Prilikom izbora eksperimentalnog plana rada uvijek se mora nastojati maksimalno smanjiti »grešku« pomoću koje se vrši test opravdanosti razlika srednjih vrijednosti. Greška se može smanjiti većim brojem eksperimentalnih grla kao i planom eksperimentalnog rada koji omogućuje analizu varijance prema izvorima varijabiliteta. Prilikom izbora pokusnog plana bilo iz područja uzgoja, tova, proizvodnje mlijeka, fiziologije ili ostalih područja ispitivanja, moramo voditi računa o tome da će pokusni rezultati uz svu usku definiciju populacije još uvijek varirati i to pod utjecajem raznih nepoznatih ali i poznatih izvora varijabiliteta koji imaju učinak na rezultate tretiranja (starost, kondicija, konstitucija, smještaj, pasmina, stadij laktacije itd.)

Kako su pokazale analize prikladan je i precizan eksperimentalni plan po shemi latinskog kvadrata za primjenu eksperimentalnog rada u govedarstvu, će uz tretiranje na rezultate utječu još dva poznata faktora, jer on pojedinije istraživanje povećanjem efikasnosti.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO A KNOWLEDGE OF A APPLICATION OF LATIN SQUARE IN CATTLE RESEARCHES

By any experimental design one must tend to minimize the «error» either by large number of experimental animals or by suitable experimental design. The last mentioned way of the increase of the efficiency of the experiments is especially important in expensive experiments like those in cattle feeding, dairy production, cattle physiology, cattle husbandry etc. Large animals need large space and their normal maintenance in experiments is very expensive. In order to contribute to the solution of these problems the effects of application of Latin square in experiments with cattle has been discussed. Because by the application of latin square in the experimental designs we could increase the efficiency of the experiments and lower the number of the experimental animals the latin square should be applied in many researches on cattle.

LITERATURA

Literatura

1. Cox C. P.: Latin-Square Designs with Individual Gradients in One Direction, Great Britain, Knight and Co., Nature, Vol. 177, 1956.
2. Cochran W. G., Cox G. M.: Experimental Designs, John Wiley, New York 1968. god.
3. Fisher R. A.: The Design of Experiments, Oliver and Boyd, Edinburgh 1960. g.
4. Fisher R. A., Yates F.: Statistical Tables, Oliver and Boyd, Edinburgh, 1938. g.
5. Li C. C.: Introduction to Experimental Statistics, McGraw-Hill, 1964. god.
6. Lucas H. L.: Extra-Period Latin-Square Change-over Designs, J. Dairy Sci. 1957. god.
7. Pearce S. C.: Biological Statistics an introduction, McGraw-Hill, 1965. god.
8. Snedecor G. W., Cochran W. G.: Statistical Methods, the IOWA State University Press, Ames, IOWA, USA 1967.
9. Steel R. G. D., Torrie J. H.: Principles and producers of Statistics McGraw-Hill, 1960. god.