

PRIMENA PROIZVODNE FUNKCIJE U POBOLJŠANJU MENADŽERSKIH ODLUKA NA POLJOPRIVREDNOM GAZDINSTVU

Prodanović Radivoj¹, Ivanišević Dragan², Bošković Jelena³

Sažetak

Proizvodna funkcija posmatrana u kontekstu proizvodnje na poljoprivrednom gazdinstvu predstavlja fizički odnos između inputa i outputa.

Cilj rada je da se prikaže uticaj količine azotnog đubriva na prinos kukuruza, odnosno modeluje proizvodna funkcija kao osnov ekonomski racionalne upotrebe inputa na poljoprivrednom gazdinstvu. Poznavanje proizvodne funkcije omogućiće menadžeru da izabere koji će nivo inputa upotrebiti, a u zavisnosti od postavljenog kriterijuma.

U istraživanju se primenjuje matematička analiza i modelovanje, metod ogleđa, posmatranje, regresija i korelacija i drugi opšti naučni metodi.

Korelaciona zavisnost količine upotrebljenog azotnog đubriva i prinosa kukuruza je u stvari pojednostavljen primer proizvodne funkcije sa jednim inputom i jednim outputom. Dobijena proizvodna funkcija može se izraziti jednačinom: $y = 0.75x + 0.0042x^2 - 0.000023x^3$

Maksimalan prinos kukuruza (13,69 t/ha) ostvaruje se sa primenjenom količinom azotnog đubriva od 181.59 kg. Maksimalan profit (520 \$) ostvaruje se primenom nešto manje od 180 kg/ha azotnog đubriva.

Poljoprivrednici intuitivno i iskustveno kombinuju vrste i obim inputa, a za ekonomičniju proizvodnju treba da primene proizvodnu funkciju.

Ključne reči: *proizvodna funkcija, input, output, kukuruz, poljoprivreda.*

¹Doc. dr Radivoj Prodanović, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Cvećarska 2, Novi Sad, Srbija, Tel: +381 21 400 484, rprodanovic@fimek.edu.rs

²Doc. dr Dragan Ivanišević, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Cvećarska 2, Novi Sad, Srbija, Tel: +381 21 400 484, ivanisevicdragan@gmail.com

³Prof. dr Jelena Bošković, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Cvećarska 2, Novi Sad, Srbija, Tel: +381 21 400 484, jboskovic@fimek.edu.rs

Uvod

Neoklasična teorija kaže da je poljoprivrednik taj koji donosi odluke: koliko inputa odvojiti za proizvodnju svakog useva, koje useve gajiti na pojedinim poljima (Zakić, 2001). Ova teorija se koncentriše na ideju da poljoprivrednici mogu sami da menjaju nivo i vrstu poljoprivrednih inputa i outputa.

Modeli u proizvodnim ekonomijama često pretpostavljaju da menadžer zna sa sigurnošću proizvodnu funkciju (na primer, prinos koji bi bio ostvaren, ako bi se primenila određena količina đubriva) i cene resursa i proizvoda. Međutim, u poljoprivredi na proizvodnu funkciju se gotovo nikad ne možemo osloniti. Vremenska prognoza je, naravno, najvažnija promenljiva, ali priroda predstavlja i druge izazove. Stoka i usevi su podložni bolestima, insektima i dr. Iako poljoprivrednici poznaju cene koje moraju platiti za inpute kao što su gorivo, đubrivo, seme, oni skoro nikad ne znaju u početku proizvodne sezone, koje će cene prevladati kad se završi proizvodni ciklus. Neizvesnost cena je rezultat biološkog karaktera proizvodnje, koja kod većine useva/stoke traje nekoliko meseci. Otuda poljoprivrednici donose proizvodne odluke sa nepoznavanjem cena po kojoj će se prodati gotov proizvod (Debertin, 2012).

Upotreba matematike kao sredstvo za opisivanje ekonomske teorije i modela dobila je važno pojačanje sa objavljivanjem Paul Samuelson (1947). „Osnova ekonomske analize“. Matematika je otvorila nova vrata za izražavanje komplikovanih ekonomskih odnosa. Na strani proizvodnje više nema ograničenja u smislu broja ‘inputa’, koji proizvodna funkcija može koristiti ili broja ‘outputa’, koji bi se mogli obezbediti. Istovremeno, sa povećanom upotrebom matematike za opisivanje ekonomskih odnosa, povećana je i upotreba statistike. Odnosi, sadržani u okviru teorijskog modela zasnovanog na matematici i statistici, sada se mogu izmeriti.

U novoj paradigmi razvoja poljoprivrede nije zahtev samo za većim prinosima i proizvodnjom, više hranljivih namirnica, nego selektivno korišćenje inputa, smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu, smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte i poboljšanje prirodnog kapitala. Efikasnije korišćenje prirodnih resursa bitna je komponenta dugoročne održivosti (Akkoyunlu, 2013). Zato se proizvodna funkcija u poljoprivredi često prikazuje ignorišući zahtev za maksimalnim prinosom/profitom (Amatya i sar., 2016).

Cilj rada

Cilj rada je da se prikaže uticaj količine azotnog đubriva na prinos kukuruza, odnosno modeluje proizvodna funkcija kao osnov ekonomski racionalne upotrebe inputa na poljoprivrednom gazdinstvu. Poznavanjem proizvodne funkcije menadžeru će biti olakšano da odabere vrstu i obim inputa za svaku proizvodnju, a u zavisnosti od postavljenog kriterijuma, koji je obično maksimalan profit.

Ovaj rad sumira rezultate istraživanja o primeni proizvodne funkcije i koristi ih da se razgovara o mogućnostima za poboljšanje ekonomije proizvodnje na poljoprivrednom gazdinstvu.

Metodologija

U istraživanju se primenjuje matematička analiza i modelovanje, metod ogleđa, posmatranje, regresija i korelacija, apstrakcija i generalizacija, logika i drugi opšti naučni metodi.

Za potrebe modelovanja proizvodne funkcije postavljen je ogled na 7 istovetnih parcela, iste klase i tipa zemljišta, iste primenjene agrotehnikе, zaštite i količine rada, kako bi dobijeni rezultat bio što uverljiviji. Jedino je različita količina primenjenog azotnog đubriva, tako da ono na prvoj parceli nije upotrebljeno, na drugoj parceli upotrebljeno je 40 kg, na trećoj – 80 kg, na četvrtoj – 120 kg, na petoj – 160 kg, na šestoj – 200 kg i na sedmoj parceli – 240 kg.

Proizvodna funkcija u poljoprivredi

Proizvodna funkcija posmatrana u kontekstu proizvodnje na poljoprivrednom gazdinstvu predstavlja fizički odnos između inputa i outputa.

Inputi u poljoprivrednoj proizvodnji mogu biti seme, đubrivo, pesticidi, voda za navodnjavanje, radna snaga, mašine i metode koje se koriste u poljoprivrednim proizvodnim procesima u cilju povećanja proizvodnje, prinosa ili kvaliteta (Akkoyunlu, 2013). Outputi su ono što izlazi iz procesa proizvodnje, a to je obično prinos/prirast i nuzproizvodi.

Uspešna proizvodnja kukuruza zahteva intenzivniju agrotehniku, pre svega intenzivniju obradu zemljišta i đubrenje organskim i mineralnim đubrivima

(Latković i sar., 2009). Rezultati istraživanja pokazuju da je prinos zrna bio maksimalan pri dubokim obradama u poređenju sa konvencionalnom i nultom obradom (Memon i sar., 2012). Zato ćemo u radu posvetiti pažnju mineralnom đubrivu kao jednom od najznačajnijih inputa u biljnoj proizvodnji.

Normalno bi bilo očekivati da prinos (output) raste sa povećanom upotrebom đubriva, ali to se događa samo do izvesne tačke. Iznad te tačke javlja se debalans između upotrebljenog đubriva i drugih biljnih hraniva u zemljištu, tako da nivo outputa stagnira ili čak i opada ako se upotrebi još više đubriva (Zakić, 2001). Proizvodna funkcija može biti prikazana matematički, tabelarno i grafički.

Proizvodnja kukuruza (Y) je neto funkcija različitih nivoa jednog varijabilnog inputa (X_1) $\rightarrow Y = f(X_1)$

Pretpostavimo jednostavnu funkciju: $y = 2x$

Za svaku vrednost 'x', dodeljena je jedinstvena i pojedinačna vrednost 'y'.

Proizvodna funkcija u praksi definiše fizički odnos između outputa (Y) i nekoliko inputa (nekad i preko deset) (X_1, X_2, \dots, X_n). Varijable od X_1 do X_n mogu predstavljati ostale inpute, koji se koriste u proizvodnji, kao što su zemljište, rad i mašine (varijabilni ili fiksni inputi²).

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Tabela 1. *Prinosi kukuruza u odnosu na primenu azotnog đubriva*

Količina đubriva (kg/ha)	Prinos (t/ha)
0	5,0
40	7,5
80	10,5
120	11,5
160	12,3
200	12,8
240	12,4

Izvor: *Debertin, 2012.*

²S obzirom na vremensku distancu inputi se ne mogu strogo klasifikovati kao fiksni ili varijabilni. Npr. nabavljeno seme pred setvu je fiksni input, a da ima vremena može se nabaviti dodatno seme i upotrebiti po jedinici površine – varijabilni input. Takođe, zemljište može da se dokupi ili proda tako da se posmatra kao varijabilni input, iako se u osnovi posmatra kao fiksni input.

Tabela 1. predstavlja odnos prinosa kukuruza i upotrebljenog azotnog đubriva. Za svaki nivo primene azota, definiše se pojedinačni prinos. Nivo prinosa se ponekad naziva i ukupan prirodni produkt (UNP) (Debertin, 2012).

Iz tabele 1. se može videti da će 160 kg/ha azotnog đubriva rezultirati prinosom kukuruza ili UNP od 12,3 t/ha. Tačna količina kukuruza koja će biti proizvedena, ako se poljoprivrednik odluči da primeni 120 kg/ha azota može se odrediti iz tabele 1. Ali, šta se događa ako farmer odluči da primeni 140 kg azota? Ovome nije dodeljen prinos. Matematičar bi mogao reći da je proizvodna funkcija $y = f(x)$ diskontinuirana na bilo kom drugom nivou primene azota, osim onih navedenih u Tabeli 1. Jednostavno rešenje može biti da se interpolira između poznatih vrednosti. Ako 120 kg đubriva po ha proizvede 11,5 t kukuruza, a 160 kg đubriva proizvede 12,3 t kukuruza, prinos na 140 kg može biti $(11,5+12,3)/2$ ili 11,9 t/ha. Međutim, inkrementalno povećanje primene azota ne obezbeđuje jednako inkrementalno povećanje proizvodnje kukuruza u domenu funkcije. Nema sumnje da je neki azot dostupan u zemljištu od raspadajućeg organskog materijala i azota primenjenog u prethodnoj vegetacionoj sezoni, te azot ne treba biti primenjen, kako bi se dobilo prvih 5,0 t kukuruza.

Prvih 40 kg primenjenog azota proizvodi dodatnih 2,5 t kukuruza, ukupno 7,5 t; sledećih 40 kg proizvede 3,0 t kukuruza, za ukupno 10,5 t, ali produktivnost preostalih 40 kg u smislu proizvodnje kukuruza opada. Sledećih 40 kg povećava prinos od samo 1,0 t/ha, 40 kg nakon toga samo 0,8 t/ha, a poslednjih 40 kg samo 0,5 t/ha.

Zbog ovog, čini se malo verovatno da će se sa 140 kg azota proizvoditi prinos od 11,9 t, a verovatnije pogođenje može biti 12,0 ili 12,1 t/ha.

Pretpostavimo da je odnos između količine primenjenog azota i prinosa kukuruza opisan kao:

$$y = 0.75x + 0.0042x^2 - 0.000023x^3$$

gde je,

y = prinos kukuruza (UNP) u t/ha,

x = azot primenjen u kg/ha.

Jednačina ima neke prednosti u odnosu na tabelarnu funkciju. Glavna prednost je u tome što je moguće izračunati prinos kukuruza kod bilo kog nivoa đubriva. Npr., prinos kukuruza kada se nanese 200 kg đubriva jeste:

$$0,75 (200) + 0,0042 (200^2) - 0,000023 (200^3) = 13,4 \text{ t/ha.}$$

Štaviše, funkcija kao što je ova je kontinuirana. Nema nivoa azota gde se prinos kukuruza ne može izračunati. Prinos na nivou primene azota od 186,5 kg/ha se može izračunati tačno. Takva funkcija ima druge prednosti, naročito ako treba izračunati dodatni proizvod, koji proizilazi iz dodatne primene azota. Prinosi kukuruza na stopama primene azota prikazanih u tabeli 1. mogu se izračunati i prikazati u Tabeli 2.

Tabela 2. Prinos kukuruza za različite nivoe primene azotnog đubriva

Količina đubriva, x (kg/ha)	Prinos kukuruza (t/ha), y
	Ukupan prirodni produkt (UNP)
0	0,0
20	1,65
40	3,52
60	5,52
80	7,51
100	9,40
120	11,07
140	12,42
160	13,33
180	13,69
200	13,40
220	12,34
240	10,40

Izvor: *Debertin, 2012.*

Prinosi kukuruza koje predstavlja proizvodna funkcija u Tabeli 2. nisu isti kao u tabeli 1. Agroekonomisti vole raditi kontinuirane funkcije, a ne diskontinuirane proizvodne funkcije iz tabelarnih podataka, jer se prinos za bilo koji nivo korišćenja inputa može lako dobiti bez potrebe za interpolacijom. Međutim, tabelarna prezentacija verovatno bi imala više smisla za poljoprivrednike.

Prinosi ostvareni u Tabeli 2. takođe se razlikuju od onih u Tabeli 1. i po drugom osnovu. Tabela 1. navodi da ako poljoprivrednik nije primenio azot, dobije se prinos od 5,0 t/ha. Kao što je navedeno ranije, podaci sadržani u tabeli 1. pretpostavljaju da u zemljištu postoji neki rezidualni azot. Kao rezultat toga, podaci iz Tabele 1. otkrivaju veće prinose na niskim nivoima azotne primene nego što pokazuju podaci u tabeli 2.

Matematička funkcija koja se koristi kao osnova za Tabelu 2. može se modifikovati da bi se obuhvatio rezidualni azot uzimajući u obzir konstantu kao što je 5. Preostali koeficijenti funkcije (0,75, 0,0042 i 0,000023) bi takođe trebali biti izmenjeni.

U suprotnom, proizvodna funkcija bi proizvela moguću, ali možda i nerealni prinos kukuruza od $5,0 + 13,69 = 18,69$ t/ha, kada je primenjeno 180 kilograma đubriva.

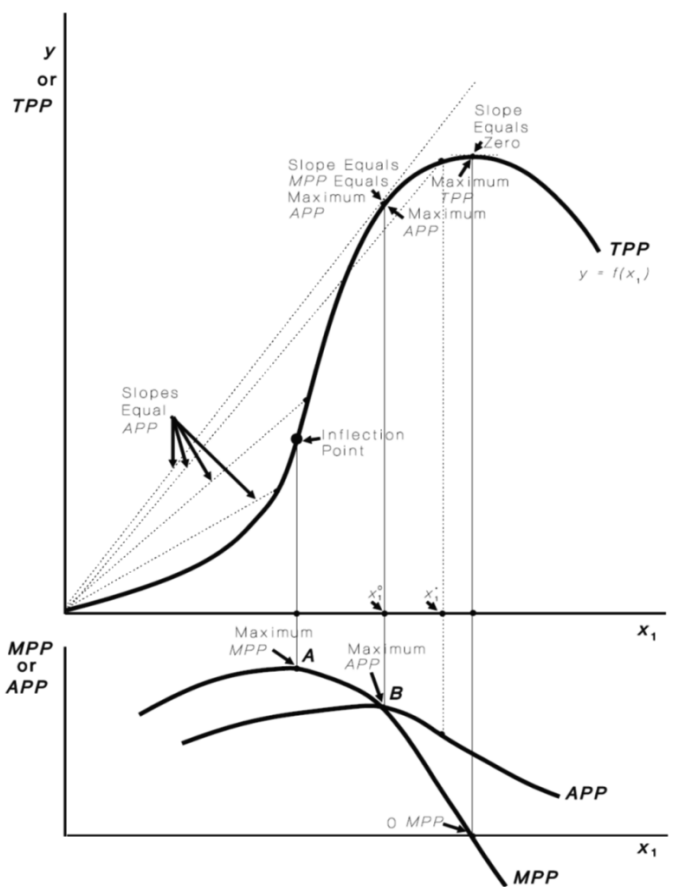


Figure 2.3 A Neoclassical Production Function

Slika 1. Grafički prikaz neoklasične proizvodne funkcije

Izvor: Debertain, 2012.

Povećanjem upotrebe inputa (đubriva), produktivnost se u prvom redu povećava. Funkcija se okreće ili povećava, u početku sa sve većom stopom. Zatim se javlja tačka nazvana prelom (infleksija). Ovde se funkcija menja od povećanja sa sve većom brzinom do rasta sa smanjenjem stope. Funkcija je konveksna na

horizontalnu osu pre tačke preloma, ali konkavna na horizontalnu osu nakon tačke preloma. Tačka preloma označava kraj povećanja marginalnih prinosa i početka smanjenja istih. Konačno, funkcija dostiže maksimum i počinje da se okreće nadole. Pored maksimuma, povećanje upotrebe promenljivog inputa rezultira smanjenjem ukupne proizvodnje (UPP). Ovo bi se dogodilo u slučaju kada bi poljoprivrednik primenio mnogo đubriva, pa je to ustvari štetilo prinosu useva (Scharf i sar., 2005).

Tačka preloma označava maksimalni marginalni proizvod, te je ovde produktivnost inkrementalne jedinice inputa najveća. Posle tačke preloma, marginalni proizvod opada i funkcija se smanjuje. Marginalni proizvod je nula u tački izlazne maksimizacije, a negativan na višim nivoima.

Prosečan prirodni proizvod (PNP) takođe se menja kako se povećava upotreba inputa, iako nikada nije negativan. UPP dostigne maksimum u tački nakon tačke preloma, ali pre tačke u kojoj je maksimiziran output.

Tabela 3. *Marginalni prosečan proizvod i Prosečan prirodni proizvod*

Količina đubriva kg/ha (X_1)	Δx	Prinos kukuruza y	Δy	Marginalni prosečan proizvod	Prosečan prirodni proizvod
0	40	5,0	2,5	2,5/40=0,0625	5,0/0 NE!
40	40	7,5	3,0	3,0/40=0,075	7,5/40=0,1875
80	40	10,5	1,0	1,0/40=0,025	10,5/80=0,133
120	40	11,5	0,8	0,8/40=0,020	11,5/120=0,0958
160	40	12,3	0,5	0,5/40=0,0125	12,3/160=0,0769
200	40	12,8	-0,4	-0,4/40=-0,010	12,8/200=0,0640
240	40	12,4			12,4/240=0,0517

Izvor: Debertin, 2012.

Ovde je mera produktivnosti data pomoću prosečnog prirodnog produkta (PNP), koji predstavlja ukupni fizički produkt podeljen sa ukupnim iznosom upotrebljenog inputa (Y/X_1). Ova definicija je primenljiva bez poteškoća kod inputa zemljište, radna snaga, za koje je nivo outputa nula kada je upotreba inputa ravna nuli. Ali, za mineralno đubrivo (gde se output javlja čak i kad je input = 0) PNP bi trebalo posmatrati kao ukupni output iznad baznog nivoa, podeljen ukupnim iznosom upotrebljenog inputa. PNP meri produktivnost svih jedinica upotrebljenog đubriva, a ne samo poslednje jedinice kako to meri MNP.

Kao mera fizičkog odnosa između outputa i jednog varijabilnog inputa, pojavljuje se inputni (parcijalni) elasticitet proizvodnje. Definiše se kao procentualna promena outputa, koja je rezultat procentualne promene varijabilnog inputa (Zakić, 2001):

$$E = \frac{\% \text{ promene u outputu}}{\% \text{ promene u inputu}} = \frac{dY/Y}{dX_1/X_1} = \frac{dY}{dX_1} \frac{X_1}{Y} = \frac{1}{MNP} \frac{MNP}{PNP} = \frac{1}{PNP}$$

Područje umanjujućeg marginalnog prinosa na proizvodnoj funkciji pojavljuje se kada je $MNP < PNP$, ali nije negativan tj. $0 < E < 1$. Situacije u kojima je $E > 1$ i $E < 0$ definišu područje proizvodne funkcije u kome ne bi bilo ekonomski logično za poljoprivrednika da to praktikuje:

- I. zbog tog što output raste više nego proporcionalno sa nekim povećanjem inputa, a što znači da bi poljoprivrednik uvek bio na dobiti pri uvećanoj upotrebi tog inputa, i
- II. što output opada kao posledica upotrebe veće količine određenog inputa, usled čega poljoprivrednik ostvaruje bolji rezultat ako redukuje korišćenje tog inputa.

Ekonomski optimalna količina azotnog đubriva veoma je različita između i unutar polja. Srednje vrednosti za pojedinačna polja kreću se od 63 do 208 kg/ha N, što ukazuje na potrebu za različitim upravljanjem N đubriva za različita polja (Scharf i sar., 2005).

Velika elastičnost (na primer, elastičnost proizvodnje veća od 1) podrazumeva da output snažno reaguje na povećanje upotrebe inputa. Elastičnost proizvodnje između 0 i 1 sugeriše da će se proizvodnja povećati kao rezultat upotrebe inputa, ali što je manja elastičnost, to je manji odziv u smislu povećanja outputa. Negativna elastičnost proizvodnje podrazumeva kako se nivo inputa povećava, da će proizvodnja zapravo opadati, a ne povećavati (Zakić, 2001).

1. Elastičnost proizvodnje veća je od 1 dok se ne dostigne tačka 'A'.
2. Elastičnost proizvodnje je najveća kada MPP dostigne svoj maksimum na tački preloma proizvodne funkcije (tačka A).
3. Elastičnost proizvodnje je manja od 1 posle tačke 'A'.
4. Elastičnost proizvodnje je nula kada je MPP nula.
5. Elastičnost proizvodnje je negativna kada je MPP negativan i output opada. Ako se proizvodna funkcija smanjuje, MPP i elastičnost proizvodnje su negativni.

Ekonomski optimalan prinos

Kada je reč o proizvodnoj funkciji, kao instrumentu ekonomske analize poljoprivrednog gazdinstva, nije dovoljno razmatranje samo fizičkog odnosa između inputa i outputa. Tu treba analizirati i ekonomski optimum korišćenja resursa i uticaj promena cena inputa i outputa na krivu ponude.

Ekonomski optimum (ekonomski optimalan prinos) ostvaruje se kada je marginalna vrednost produkta³ (MNP \times cena) dobijena na osnovu datog inputa jednaka ceni tog inputa (trošku varijabilnog faktora). Dobit je obično maksimalna, kada implicitna vrednost poslednjeg dolara potrošena na varijabilni faktor rezultuje marginalnim proizvodom u vrednosti od jedan dolar (Amatya i sar., 2016).

Ekonomski optimum je obično manji od tehničkog maksimuma. Pre pojave tačke ekonomskog optimuma prinos stvoren pomoću ekstra jedinice inputa je veći od jedinice troška inputa \rightarrow isplati se povećavati nivo inputa. Posle tačke ekonomskog optimuma, dodatni prinos ostvaren pomoću ekstra inputa je manji od jedinice troška inputa, radi čega profit biva redukovan.

Uticaj promena cena se uključuje u model ekonomske analize poljoprivrednog gazdinstva u cilju optimizacije odnosa na relaciji input – output. Promena odnosa cena između inputa i outputa menja poziciju ekonomskog optimuma. Npr. ako cena outputa opada i ekonomski optimum se pojavljuje ranije i obrnuto, ako cena outputa raste ekonomski optimum je bliži vrhu proizvodne funkcije (Amatya i sar., 2016).

Farmer bi mogao biti zainteresovan za maksimiziranje neto prinosa ili dobiti. Dobit (profit) je razlika ukupne vrednosti proizvoda i ukupnog faktorskog troška.

Podaci koji se nalaze u tabeli mogu se koristiti za određivanje optimalne količine azotnog đubriva u proizvodnji kukuruza. Da bi to učinili, cene se moraju dodeliti i kukuruza i azotnom đubrivu. Pretpostavimo da je cena kukuruza 4,00 dolara po bušelu (25 kg kukuruza) i da azotno đubrivo košta 0,15 dolara po kg. Ovi podaci su prikazani u Tabeli 4.

³ Vrednost marginalnog proizvoda (VMP) je definisana kao vrednost inkrementalne jedinice outputa, koja proizilazi iz dodatne jedinice x, kada se proizvod prodaje po stalnoj tržišnoj ceni.

Prvo, na nivou primene azota od 180 kg/ha, MPP azota je izračunat na 0.0264. Broj je vrlo blizu nuli i ukazuje na to da je ekonomski optimalan prinos veoma blizu aplikaciji od 180 kg/ha. MPP se izračunava tako što se prvo diferencira proizvodna funkcija, kako bi se pronašla odgovarajuća MPP funkcija.

$$y = 0.75x + 0.0042x^2 - 0.000023x^3$$

$$dy/dx = 0.75 + 0.0084x - 0.000069x^2$$

Tabela 4. *Maksimizacija profita upotrebom azotnog đubriva u proizvodnji kukuruza*

Quantity of Nitrogen	Corn Yield (bu/acre)	MPP of Nitrogen	p° (\$)	VMP (p° MPP)	MFC (v°) (\$)	Profit (π) (\$)
0	0.0	0.7500	4.00	3.0000	0.15	0.0
20	16.496	0.8904	4.00	3.5616	0.15	62.98
40	35.248	0.9756	4.00	3.9024	0.15	134.99
60	55.152	1.0056	4.00	4.0224	0.15	211.61
80	75.104	0.9804	4.00	3.9216	0.15	288.42
100	94.000	0.9000	4.00	3.6000	0.15	361.00
120	110.736	0.7644	4.00	3.0576	0.15	424.94
140	124.208	0.5736	4.00	2.2944	0.15	475.83
160	133.312	0.3276	4.00	1.3104	0.15	509.25
180	136.944	0.0264	4.00	0.1056	0.15	520.78
200	134.000	-0.3300	4.00	-1.3200	0.15	506.00
220	123.376	-0.7416	4.00	-2.9664	0.15	460.50
240	103.968	-1.2084	4.00	-4.8336	0.15	379.87

MPP at $x = 180$ is $MPP = 0.75 + 0.0084(180) - 0.000069(180)^2 = 0.0264$

Izvor: Debertin, 2012.

Međutim, budući da je u tački gde je $x=180$, MPP i dalje pozitivan, maksimalni prinos mora biti na nivou primene azota nešto veće od 180 kg/ha, pri čemu je $dy/dx = MPP = 0$.

Izgleda da je profit najveći pri stopi primene azota od 180 kg/ha. Međutim, sa 180 kg/ha, povratak sa inkrementalne jedinice azota (VMP x) je 0,1056 dolara, dok je njegova cena 0,15 dolara. Rezultati sugerisu da je poslednja jedinica azota koja se koristila vratila manje nego što je koštala. Ipak, nivo upotrebe azotnog đubriva mora biti manji od 180 kg/ha. Ako input nije besplatan, maksimalni nivo korišćenja inputa će uvek biti nešto manji od nivoa upotrebe inputa koji maksimizira proizvodnu funkciju. U mnogim slučajevima, međutim, razlika između nivoa maksimiziranja profita upotrebe inputa i nivoa maksimizacije prinosa korišćenja inputa možda

nije velika. U tom slučaju, inkrementalni kg azotnog đubriva mora vratiti kukuruz vredan samo 0,15 dolara, kako bi pokrio njegov trošak. Ako se kukuruz prodaje za 4,00 dolara po bušelu, ovo je samo 0,15 dolara/4,00 dolara = 0,0375 bušela kukuruza od inkrementalnog kg azotnog đubriva.

Razlika između nivoa azotnog đubriva potrebnog da se maksimizira profit u odnosu na količinu potrebnu za maksimiziranje proizvodnje i ukupnog prihoda izgleda da nije velika. Ako bi azot bio besplatan, uopšte ne bi bilo nikakve razlike. Kako se cena azota povećava, nivo azota potreban da se maksimizira profit se smanjuje. Na primer, ako se azot prodao za 1,00 dolar po kilogramu, poslednji kg azota koji se primenjuje, trebalo bi da proizvede 0,25 bušela kukuruza po 4,00 dolara po bušelu. U principu, razlika između tačke koja predstavlja maksimalnu dobit i tačke koja predstavlja maksimalni prihod postaje sve više važnija, kako se ulazne cene povećavaju.

Ako je cena đubriva veoma niska, farmer će izgubiti malo, đubrenjem na nivou koji odgovara maksimalnom prinosu, a ne maksimalnoj dobiti. Međutim, ako je đubrivo skupo, poljoprivrednik mora obratiti veliku pažnju na nivo korišćenja koji maksimizira profit (Amatya i sar., 2016).

Dobit po hektaru kukuruza u ovom primeru izgleda izvanredno visoka, ali zapamtite da proizvodna funkcija, koja opisuje reakciju prinosa kukuruza na primenu azotnog đubriva pretpostavlja da su svi drugi ulazi fiksni i dati. Troškovi po hektaru za inpute mogu se izračunati. Pretpostavimo da se ovo ispostavi kao 450 \$/ha. Ova vrednost se može oduzeti od svake vrednosti u stupcu dobiti.

Izračun tačnog nivoa korišćenja inputa za maksimiziranje profita

Ponekad se izračunava tačan nivo upotrebe inputa koji je potreban da bi se maksimizirao output ili prinos (y). Iz ranije diskusije očigledno je da ako je output na maksimumu, MPP funkcije mora biti jednak nuli. Poslednja jedinica korišćenja inputa rezultirala je bez promene u izlaznom nivou i zahteva da $MPP = \Delta y / \Delta x = 0$ u tački izlazne maksimizacije.

Nivo outputa se može izračunati za proizvodnu funkciju koja se koristi.
 $y = 0.75x + 0.0042x^2 - 0.000023x^3$

$$MPP = dy/dx = 0.75 + 0.0084x - 0.000069x^2 = 0$$

Prvo, treba pronaći MPP, a zatim ga postavite da je jednak $MPP = 0$.

Za ovu proizvodnu funkciju, $a = -0.000069$, $b = 0.0084$ i $c = 0.75$. Jedno rešenje generiše negativnu vrednost za x , što se može isključiti kao ekonomski nemoguće. Drugo rešenje je **181.595** jedinica x , što je izlazno-maksimizujući nivo upotrebe azota (ili nešto veća vrednost od 180, gde je MPP bio 0.0264).

Jednačina $VMP = MFC$ je pravilo odlučivanja koje govori farmeru koliko inputa treba koristiti kako bi maksimizirao profit. Ovo pravilo odlučivanja navodi da se upotreba inputa isplati sve dok se ne dostigne tačka, pri čemu poslednji dolar koji se troši na input vrati tačno svoju inkrementalnu cenu. Ovo je jedno od osnovnih marginalnih pravila ekonomije. Mnogi, ako ne većina prethodnih inkrementalnih dolara potrošenih na input vraća više od troškova inputa. Ove jedinice, uzete zajedno, generišu profit za farmu (Amatya i sar., 2016).

Pravilno planiranje i dobro razumevanje stvarnih troškova proizvodnje kukuruza treba da pomogne poljoprivrednicima da povećaju svoju dugoročnu profitabilnost (Ibendahl, 2001).

Zaključak

Poljoprivredna gazdinstva mogu unaprediti svoj ekonomski položaj korišćenjem dometa ekonomske nauke. Glavne prepreke za dinamiziranje proizvodnje, odnosno povećanje njene produktivnosti, uključuju nedostatak odgovarajućih znanja po pitanju kombinacije inputa.

Određivanje ekonomski racionalne oblasti poljoprivredne proizvodnje, te određivanje tačke maksimalnog profita moguće je primenom proizvodne funkcije. Poznavanje osobina proizvodne funkcije omogućava menadžeru da planira proizvodnju u onim granicama u kojima će mu profit biti najveći. Nivo upotrebe inputa koji maksimizira profit može se pronaći pomoću izjednačavanja VMP sa MFC , što je u čistoj konkurenciji cena inputa.

Direktni efekti primene proizvodne funkcije odnose se na ostvarivanje većeg profita, dok se indirektni efekti odnose na niže cene hrane, zbog veće poljoprivredne produktivnosti, rast zaposlenosti i sveobuhvatni ekonomski rast kroz rast proizvodnje i potrošnje u nefarmskom sektoru (Berdegué and Escobar, 2002).

Sve osnovne pretpostavke koje su dokazane za proizvodnu funkciju sa jednim ulazom i jednim izlazom mogu se primeniti i na ostale tipove proizvodnih funkcija (sa više ulaza i sa više izlaza).

Poljoprivrednici intuitivno i iskustveno kombinuju vrste i obim inputa, a za ekonomičniju proizvodnju treba da primene proizvodnu funkciju. To će pospešiti poljoprivrednu proizvodnju, te u perspektivi omogućiti ostvarivanje većih prihoda i profita za poljoprivredne proizvođače.

Literatura

Akkoyunlu, Ş. (2013). *Agricultural Innovations in Turkey*. Swiss National Science Foundation. Working Paper No 30.

Amatya, P., Yu, M., Ewell, F. (2016). Economic analysis of optimal nitrogen application in corn production. *Texas Journal of Agriculture and Natural Resources*, 21, 101-108.

Berdegúe, J. A. and Escobar, G. (2002). *Rural diversity, agricultural innovation policies and poverty reduction*. Agricultural Research & Extension Network.

Debertin, D. L. (2012). *Agricultural Production Economics*, 2nd Edition, University of Kentucky, Department of Agricultural Economics.

Ibendahl, G. (2001). "Economics for Corn Production." In A Comprehensive Guide to Corn Management in Kentucky. ID-139. Ed., University of Kentucky Extension. University of Kentucky. Lexington, KY.

Latković, D., Jaćimović, G., Marinković, B., Malešević, M., Crnobarac, J. (2009). Fertilizing system in function of corn yield in monoculture and two crop field. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 33 (1); 77-84.

Memon, S. Q., Mirjat, M. S., Mughal, A. Q., Amjad, N. (2012). Evaluation of inputs and outputs energy for maize grain yield. *Sarhad Journal of Agriculture*, 28 (3); 387-393.

Paul A. Samuelson (1947). „*Foundations of Economic Analysis*“, Enlarged ed., 1983, Harvard University Press.

Scharf, P. C., Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., Davis, J. G., Hubbard, V. C., Lory, J. A. (2005). Field-scale variability in optimal nitrogen fertilizer rate for corn. *Agronomy Journal*, 97 (2); 452-461.

Zakić, Z. (2001). *Agrarna ekonomija*, Ekonomski fakultet, Beograd.

APPLICATION OF PRODUCTION FUNCTION IN IMPROVING MANAGERIAL DECISIONS ON AGRICULTURAL HOLDINGS

Prodanovic Radivoj, Ivanisevic Dragan, Boskovic Jelena

Abstract

The production function observed in the context of production on agricultural holdings represents the physical relationship between input and output.

The aim of the paper is to show the influence of the amount of nitrogen fertilizer on the yield of corn, ie model the production function as the basis of economically rational use of inputs on agricultural holdings. Knowing the production function will allow the manager to choose which input level to use, depending on the set criteria.

The research uses mathematical analysis and modeling, method of observation, observation, regression and correlation, and other general scientific methods.

The correlation dependence of the amount of nitrogen fertilizer used and the corn yield is in fact simplified as an example of a production function with one input and one output. The resulting production function can be expressed as an equation: $y = 0.75x + 0.0042x^2 - 0.000023x^3$

The maximum yield of corn (13,69 t/ha) is realized with the applied quantity of nitrogen fertilizer of 181.59 kg. The maximum profit (\$ 520) is achieved by applying slightly less than 180 kg/ha of nitrogen fertilizer.

Farmers intuitively and experientially combine the types and scope of inputs, and for more economical production, they need to apply the production function.

Key words: *production function, input, output, corn, agriculture.*