

## Ültetvény modell

A mezőgazdasági tevékenységek matematikai programozásában sajátos helyet foglalnak el azok, amelyeknél

1. a tevékenység nem egy, hanem több évet foglal magában,
2. nem egy meghatározott időpontban elérendő *optimális állapot* meghatározása, kutatása célszerű, azaz nem végállapotot optimalizálunk, hanem *folyamatot*.

3. a lezajló folyamatokban *nem-lineáris* változások mennek végbe: növekedés és csökkenés, azaz biológiai folyamatokról lévén szó: *fejlődés és elöregedés*. [1] [2] [4] [5]

Ilyen típusú problémák a mezőgazdaságban, az egyéves növények termelése kivételével, igen gyakoriak. Így például többéves nem-lineáris folyamatok zajlanak le az ültetvényekben, az állattartásban. Az ültetvények hosszú élet-tartalmú növények, telepítésük után nem adnak mindjárt termést (csak 3—5 év után) termő időszakuk néhány évtized (fajtától, művelésmódtól stb. függően), előregedésük során a termésmennyiség csökkenő tendenciájú.

A többéves folyamatok során lezajló csökkenésnek és növekedésnek, a nem lineáris változásoknak a modellezése eltér a végállapotot optimalizáló modellektől. (Középtávú végállapot modellekről lásd a [6] [13] számú irodalmat.)

Ha ültetvényekkel kapcsolatos tevékenységet kívánunk optimalizálni, akkor a következő döntési fajtákra keresünk választ: (döntési fajtákról lásd a [22] [23] számú irodalmat)

1. Milyen régi ültetvényeket célszerű kivágni és helyüket kívánatos-e ültetvényekkel hasznosítani?

2. Érdemes-e az ültetvények területét bővíteni vagy nem, esetleg ajánlatos-e a területet csökkenteni?

3. Ha kivágásra és telepítésre sor kerül, akkor milyen fajtákat milyen fajtákkal cseréljünk fel, továbbá milyen művelésmódot (koronaformát, vagy tőke-művelést) milyen másikkal?

4. A termék értékesítése kíván-e valamilyen feldolgozó üzemet — például szőlő esetén borpincét, gyümölcs esetén léüzemet, konzervüzemet vagy tárolót?

5. Milyen feldolgozási vagy tárolási technológiára létesüljön a feldolgozó-tároló üzem?

6. Milyen fajták, melyik művelésmódból kerüljenek feldolgozásra vagy feldolgozás nélkül értékesítésre?

7. A létesített feldolgozó-tároló üzemek kapacitásának kihasználása is legyen optimális.

8. A szóba jöhető beruházások (új telepítések, új tároló-feldolgozó üzemek

létesítése) fedezhető-e abból a nettó jövedelemből, amit a termő ültetvények adnak.

E 8 döntési problémát *egyetlen* modellben kell megoldani, amihez egy összetett, többperiódusú lineáris-dinamikus modellre van szükség.

Az alábbiakban egy téli alma ültetvényre kidolgozott és kipróbált modellt mutatunk be.

### Az ültetvény modell közgazdasági koncepciója

A téli almából származó jövedelem igen nagy különbségeket mutat *fajták* (Jonatán, Starking, Golden Delicious, Húsvéti rozmaring), *koronaformák* (közepes törzsű, termőkaros, sövény, karsú orsó), *szüreti idő* (kørszedés, a szedés első 10 napja, a szedés 10. napjától a végéig), *termőhely* (domborzati, éghajlati és termőtalajbeli adottságok) és *értékesítési relációk* szerint (tárolás nélküli értékesítés, 3—5 hónapos változatlan légtérű tárolás utáni értékesítés, 7—8 hónapos szabályozott légtérű tárolás utáni értékesítés). [3] [10] [11] [17] [19] [20]. Az egyes fajták, koronaformák, értékesítési relációk előnyei-hátrányai *rendkívül ellentmondásosak*. Így például a legbővebben termő fajta, a Golden Delicious árszínvonala elmarad a kevésbé bőven termő Jonatántól és a még kevésbé bőven termő Starking fajtától. A közepes törzsű ültetvényből származó alma tömöttebb, jobban bírja a tárolást, kevesebb benne a romlás, a sövény ültetvényből származó alma lazább, ezzel szemben a sövény ültetvény termelési költsége jóval alacsonyabb, mint a közepes törzsűé. Legkevesebb az élőmunka igénye a karsú orsó ültetvénynek, de ennek a legmagasabb a beruházási költsége. Tárolás alatt az egyes fajták, koronaformák veszteségei egészen eltérőek, de még abban is különbség van, hogy a tárolás csak hűtésből áll-e változatlan légtérben, vagy a tárolás hűtésből és a légtér szabályozásából áll stb.

Mindezek az ellentmondó tényezők valamint a változatok nagy gazdagsága eleve lehetetlenné teszik, hogy matematikai programozás nélkül, hagyományos kalkulációval optimálisan tervezhető legyen az ültetvények rekonstrukciója.

Eddig sehol sem dolgozták ki az olyan ültetvény modelljét, amely egyrészt figyelembe veszi ezeket az ellentmondó tényezőket (a legáltalánosabb megoldás a vállalati modellekben az egyes ültetvények aggregált kezelése, mint alma, körte stb.), másrészt a megjelölt 8 döntési fajtára egzakt választ tud adni.

Az ültetvény modell közgazdasági koncepciója abból indul ki, hogy a vállalat számára az értékesítés révén elérhető nettó, illetve bruttó jövedelem maximuma a meghatározó, s így a vállalati output mérésénél meg kell különböztetni a tárolatlan és a kétféle tárolás után értékesített termékeket. Az ily módon differenciált érdekeltségnek kell *visszahatnia a telepítésekre*. Hogy mely telepítések kerülnek az optimális megoldásba és hogy melyek szorulnak ki, az azon múlik, hogy *valamely periódusban (évben) telepített alma később, a teljes termés időszakában hogyan állja a versenyt* egyrészt a többi telepítéssel, másrészt a régi ültetvényekkel. Itt valójában visszafelé ható kapcsolatok vannak. Ezért a kezdő periódustól a záró periódusig minden változó esetében szükség van *intertemporális feltételekre* [24]. De intertemporális feltételeket igényel a régi ültetvények csökkenő, az új ültetvények emelkedő hozamainak modellezése azaz a *nem-linearitás* kezelése is. [4] [5] [12] [18] [26]

A közgazdasági koncepció során szólni kell a *távlati jövedelmek diszkontálásáról*, a jövőbeli jövedelmek jelenidejű értékeléséről. Ültetvények esetében ennek fontosságát kiemeli az a tény, hogy a régi ültetvények kiöregedése miatt évről-évre zsugorodik az a jövedelem, amelyből az új beruházások fedezhetőek: *minél tovább húzódik az ültetvények cseréje, annál kisebb erre a lehetőség.* Ez azt jelenti, hogy a modell szakított a kialakult, hagyományos rekonstrukciótervezéssel, mikor is folyamatos cserével számolnak, ami kiterjed az ültetvény területének 1/20-ad—1/30-ad részére [25], és ennek az a következménye, hogy *így igazi korszerűsítés nem megy végbe.* A folyamatos cserét nem építettük be a modellbe, nem kívántuk eleve eldönteni, hogy 1/20-ad, vagy 1/30-ad terület-részen, vagy bármekkora részen cserélődjenek ki az almafák. *Ezt a döntést a modellre bíztuk.*

Végül az eddigiekből következik, hogy egyetlen célfüggvénnyel fogtuk össze az összes periódust. Ennek elve: pozitív értékűek a termelési változók (kivéve, ha deficitesek), negatív értékűek a beruházási változók (telepítések, tároló építés) és a meglévő tároló kihasználatlan kapacitása. (A programozási horizonton túl termőre forduló ültetvények feltételezett célfüggvény együtthatót kaptak.) Mind a diszkontálást, mind a programozási horizonton túl termést adó ültetvények kezelését exogén módon oldottuk meg.

### Változók, feltétel-típusok és célfüggvény

A változók a *kibocsátás szerint* 3 csoportot képeznek: változatlan légtérű tárolás utáni értékesítés, szabályozott légtérű tárolás utáni értékesítés, tárolás nélküli értékesítés. Ezen belül ugyancsak 3 csoportot képeznek a változók, nevezetesen: *régi ültetvények, új nem termő ültetvények, új termő ültetvények.* Valamennyi csoporton belül *fajtákat, koronaformákat, szüreti periódusokat és termőhelyeket* is megkülönböztetjük egymástól.

Jelöljük továbbá a változó csoportokat *periódusok szerint* is: 1. a modell induló periódusa (első éve),  $t$ . a modell záró periódusa. Megkülönböztetendő továbbá az új telepítésekénél az, hogy a telepítés *melyik periódusban történt*, valamint az, hogy a szóbanforgó változó *melyik periódusban szerepel*. Ezt az 1. . .  $t$  indexek eltérő pozíciójával jelezzük: felső pozícióban közöljük a változó helyét a periódusokban, alsó pozícióban a telepítés idejét a periódusok rendszérében.

E többféle csoportosítás mellőzhetően még akkor is, ha ennek következménye egy igen bonyolult jelölési rendszer. Ezt elkerülendő a változók szimbolizálását egyszerűsítjük és általános formulásként az alábbiakat vezetjük be:  $x_{ijk}^g$  = az  $i$ -edik kibocsátás szerinti alma, a  $j$ -edik ültetvényféléből (régi és új), a  $k$ -edik fajtából, koronaformából, termőhelyről, szüreti periódusból, a  $g$ -edik programozási periódusban.<sup>1</sup>

$i = 1 \dots m$ ,  $m$  = a kibocsátási relációk száma,

$j = 1 \dots n$ ,  $n$  = az ültetvényfélések száma,

<sup>1</sup> A gyakorlati számítások során az  $i, j$  és  $k$  szerinti megkülönböztetést tovább kell részletezni, itt azonban rövidített formában mutatjuk be a modellt, s ettől csak akkor térünk el, ha egyes feltételek esetében a további részletezés elkerülhetetlen.

$k = 1 \dots r$ ,  $r = a$  fajták, koronaformák, szüreti periódusok, termőhelyek száma<sup>2</sup>

$g = 1 \dots t$ ,  $t = a$  periódusok száma.

Továbbá szükségünk van még a következő változókra:

$x^{Sg}$  = szabályozott légterű tároló beruházási változója a  $g$ -edik periódusban,

$x^{Sog}$  = üres, kihasználatlan tárolókapacitás szabályozott légterű tárolóban,

$x^{Vog}$  = mint előző, változatlan légterű tárolóban.

A feltételek típusai 2 csoportba sorolhatók: 1—1 periódusra vonatkozóak, ezek periódusként ismétlődnek, továbbá intertemporális feltételek.

Az 1—1 periódusra vonatkozó feltételek fontosabb típusai:

$$(1) \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r \alpha_{ijk}^g x_{ijk}^g \leq A^g$$

$\alpha_{ijk}^g = i, j, k$  szerinti alma fajlagos holtmunka költsége a  $g$ -edik periódusban,  $A^g = a$  holtmunka költség kerete a  $g$ -edik periódusban.

Az (1) alatt jelzett feltétel típus valamennyi  $g$  ( $g = 1 \dots t$ ) periódusban megtalálható, s ehhez hasonló az élómunka feltétele is ugyanezen periódusokban.

A földterület feltételeiben külön kell választani a régi ültetvények föld feltételeit és az összes rendelkezésre álló föld (régii és új telepítések együtt) feltételeit. Ezért vezessük be a következő értelmezést:

$x_{ik}^g$  régi ültetvény,  $\bar{x}_{ik}^g$  új ültetvény:

$$(2) \quad \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^r \beta_{ik}^g x_{ik}^g \leq F^g$$

$\beta_{ik}^g = a$  régi ültetvények fajlagos földigénye  $i, k$  szerint a  $g$ -edik periódusban,

$F^g = a$  régi ültetvények földterülete a  $g$ -edik periódusban.

Új telepítéseknek csak akkor kell külön föld feltételt adni, ha valamilyen megfontolásból szükség van az új telepítések minimális előírására:

$$(3) \quad \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^r \bar{\beta}_{ik}^g \bar{x}_{ik}^g \geq F u^g$$

$\bar{\beta}_{ik}^g = a$  mint előző  $\beta$ , de új ültetvényekre vonatkozóan.

$F u^g = a$  az új telepítések földterülete a  $g$ -edik periódusban.

Az összes rendelkezésre álló föld feltétele:

$$(4) \quad F^g + F u^g = F \bar{o}$$

$F \bar{o} = a$  összes föld.

Fontos összefüggéseket kell formalizálni a tárolókapacitások kitöltésének feltételeiben. Ezeket a záró ( $t$ -edik) periódusban mutatjuk be, mivel egyrészt a kezdő periódusban csak régi ültetvények jöhetnek számításba, másrészt, mert a kezdő periódusban még nincs szabályozott légterű tárolás.

E feltétel típushoz meg kell bontani az eddig összevontan szereplő értékesítési relációkat. Vezessük be ezért a következőket:  $x_{jk}^t$  tárolatlanul értékesített

<sup>2</sup> A fajták, koronaformák, szüreti periódusok és termőhelyek száma ezen változatok szorzatával egyenlő.

alma,  $x_{jk}^t$  változatlan légterű tárolás után értékesített alma,  $x_{jk}^t$  szabályozott légterű tárolás után értékesített alma:

$$(5) \quad \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r (x_{jk}^t + \bar{x}_{jhk}^t + \bar{x}_{jkh+1}^t + x^{Vot}) = V$$

$\bar{x}_{jkh}^t$  = új termőrefordult ültetvényből származó alma, a telepítés a  $h$ -adik periódusban történt,

$\bar{x}_{jkh+1}^t$  = mint előző, a telepítés a  $h + 1$ -edik periódusban történt.

$V$  = a változatlan légterű tároló kapacitása.

Mint az (5) alatt jelzett feltételből látható, a  $h$ -adik periódustól kezdve az új telepítésekből származó termékkel is számolnunk kell a tároló kitöltésekor.

Az (5) alatt jelzett feltételhez hasonló a szabályozott légterű tároló kitöltésének feltétele.

Minden alma — függetlenül attól, hogy tárolóba kerül-e vagy tárolás nélküli eladásra — átmegy a manipuláló soron:

$$(6) \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r \gamma_{ijk}^g x_{ijk}^g \leq M^g$$

$\gamma_{ijk}^g$  =  $i, j, k$  szerinti alma fajlagos manipulációs költsége a  $g$ -edik periódusban,

$M^g$  = a manipulációs költségek kerete.

A tárolási feltételekkel összefüggésben két sajátos feltételről kell szólni. Az egyik: minden periódusban szükség van fajtánként, koronaformák, termőhelyek stb. szerinti *mérlegfeltételekre*, ezek értelme az, hogy az összes megtermelt alma egyenlő az értékesítési relációk szerint összegezett almával. Ehhez az eddig összevontan,  $k$  szerint szereplő változókat fel kell bontani. Így például  $x_{qos}^g$  jelentse a  $h$  fajta almát a  $q$  koronaformából, az  $o$  szüreti periódusból, az  $s$  termőhelyről:

$$(7) \quad x_{qos}^g + x_{hqos}^g + x_{h'qos}^g = H_{qos}^g$$

$H_{qos}^g$  = az összes  $H$  fajta alma a  $q$  koronaformából, az  $o$  szüreti periódusból, az  $s$  termőhelyről.

A (7) alatt jelzett mérlegfeltételhez hasonlóra van szükség minden termőhely, szüreti periódus stb. szerint valamennyi periódusban, továbbá ugyanerre mind a régi, mind az új ültetvények esetében.

A másik sajátos mérlegfeltétel a *tárolási mérlegfeltétel*; ez biológiai problémákkal kapcsolatos. A  $h, q, o, s$  szerint megtermelt összes alma egy része ugyanis nem alkalmas tárolásra, mert gyengébb minőségű.

$$(8) \quad \pi H_{qos}^g = \overline{H}_{qos}^g$$

$\pi$  = tárolási hányados:  $0 < \pi < 1$

A  $\pi$ -vel jelölt tárolási hányados fajták, koronaformák, szüreti periódusok stb. szerint eltérő, továbbá más a régi és az új ültetvények esetében is.

Annyi alma mérlegre van szükség, amennyit a fajták, koronaformák, szüreti idők, termőhelyek számának szorzata alkot, továbbá ennyi tárolási mérlegfeltétel is szükséges, ha csak egyes fajtákat, koronaformákat stb. eleve ki nem zárunk a tárolásból.

Az új szabályozott légtérű tároló beruházási feltételét úgy fogalmaztuk meg, hogy a beruházási költség kiegyenlítése a vállalat számára a legkedvezőbb időben történjék, s ne függjön magától a szabályozott légtérű tárolási tevékenységtől; azaz lehetővé tettük, hogy a tároló már üzemel, de a beruházási költség még nincs kiegyenlítve, vagy fordítva.

$$(9) \quad x^{S1} + x^{S2} + \dots + x^{St} = S$$

$S$  = a szabályozott légtérű tároló beruházási költsége.

Az eddig bemutatott feltétel típusok 1—1 periódusra vonatkoztak. Ezeken kívül szükségünk van *intertemporális* feltételekre, amelyek *periódusokat összekapcsoló, folyamatot fenntartó, nem lineáris relációkat kifejező feltételek*.

Igy például, ha a régi ültetvény a 3. és 4. periódus között 5%-os hozamcsökkenést ad, akkor ez:

$$(10) \quad 0,95x_{hqos}^3 - x_{hqos}^4 = 0$$

lineáris relációra alakítható át. A régi ültetvények esetében ez az 1—1 szomszédos periódust (s ezzel az összes periódust) összekapcsoló feltétel rendszer a régi ültetvények folyamatos előregedését formalizálja.

A régi ültetvények intertemporális mérlegfeltételének sémája a következő (1. séma).

#### 1. séma

Régi ültetvények intertemporális mérlegfeltételeinek rendszere

1	2	3	...	t
periódusban				
$\lambda x_{hqos}^1$	$-x_{hqos}^2$			= 0
	$\lambda x_{hqos}^2$	$-x_{hqos}^3$		= 0
		$\lambda x_{hqos}^3$	...	= 0
⋮				
			...	$-x_{hqos}^t = 0$

Az 1. sémában szereplő  $\lambda$  révén a degresszív folyamat lépcsőnkénti lineáris relációkká alakítható át. Meg kell azonban egy lényeges körülményt említeni: a  $\lambda$  együttható  $h$ ,  $q$ ,  $o$ ,  $s$  és *periódusonként differenciált*.

Az új, nem termő ültetvények esetében (jele  $\bar{x}_{hqos}$ ) minden megkezdett telepítésnél szükség van fenntartó jellegű intertemporális feltételekre. A fenntartó jelleg lényege: ha a telepítés a programba bekerül, termőre fordulásig össze kell kapcsolni a periódusokat, mert ennek hiányában képtelen megoldások adódhatnak: egy telepítés adott periódusban szerepel a programban, a következő periódusban megszűnik, majd több periódus után mint termő ültetvény újból megjelenik. Ezt elkerülendő a következő feltételek szükségesek (2. séma).

2. séma

Új, nem termő telepítések intertemporális mérlegfeltételeinek rendszere

1	2	3	...	t
periódusban				
$\bar{x}_{hqos1}^1$	$-\bar{x}_{hqos1}^2$			= 0
	$\bar{x}_{hqos1}^2$	$-\bar{x}_{hqos1}^3$		= 0
	$\bar{x}_{hqos2}^2$	$-\bar{x}_{hqos2}^3$		= 0

Az új ültetvények rendszerében meg kell különböztetni a nem termő ültetvényeket (jele  $\bar{x}_{hqos}$ ) a termőrefordult ültetvényektől (jele  $\bar{x}_{hqos}$ ). Ez utóbbiaknál szintén szükség van intertemporális mérlegfeltételekre. Az  $\bar{x}$  jelű változók, ha bekerülnek a megoldások közé, termőrefordult  $\bar{x}$  változókká válnak. Ha például az 1. periódusban telepített ültetvény a 4. periódusban válik termő ültetvényé, akkor minden  $h, q, o, s$  szerint, valamint értékesítési relációk szerint differenciált ültetvénynél fenn kell állni a

$$(11) \quad \bar{x}_{hqos1}^3 - \bar{x}_{hqos1}^4 = 0$$

relációnak.

Az új, termő ültetvények kezdetben növekvő hozamúak. Ha példának okáért a 3. periódusban telepített ültetvényt nézzük, ahol is a növekedési koefficiens  $\delta$ , ezzel a következő feltételeket képezhetjük (3. séma).

3. séma

Új, termő ültetvények intertemporális mérlegfeltételeinek rendszere

...	t-2	t-1	t
periódusban			
	$-\bar{x}_{hqos3}^{=t-2}$		= 0
$\delta \bar{x}_{hqos3}^{=t-2}$		$-\bar{x}_{hqos3}^{=t-1}$	= 0
		$\delta \bar{x}_{hqos3}^{=t-1}$	$-\bar{x}_{hqos3}^{=t}$
			= 0

Az 1., 2., 3. sémához hasonló módon kell szerkeszteni a tárolható alma mérlegfeltételeit.

Bemutatunk még egy olyan feltétel típust is, amelyben a régi és új, termőrefordult telepítések együtt szerepelnek. Így például a szüreti élőmunka feltétele a  $t$ -edik periódusban olyan új, termőrefordult telepítéseket is tartalmaz, amelyeket a  $d$ -edik és minden előtte levő periódusban telepítettek.

$$(12) \quad \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p e_{ik}^t x_{ik}^t + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^d \bar{e}_{ijk}^t \bar{x}_{ijk}^t \leq S^t$$

$\varepsilon_{ik}^t = i, k$  szerinti alma fajlagos szüreti élőmunka igénye a  $t$ -edik periódusban,

$\bar{\varepsilon}_{ilk}^t =$  mint előző, új, termő ültetvényekre vonatkozóan,

$S_{\varepsilon}^t =$  a szüreti élőmunka kerete.

A modell célfüggvénye:

$$(13) \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r \sum_{g=1}^t (p_{ijk}^g x_{ijk}^g - \bar{p}_{ijk}^g \bar{x}_{ijk}^g + \bar{p}_{ijk}^g \bar{x}_{ijk}^g) - \sum_{g=1}^t (x^{Sg} + x^{Sog} + x^{Vog}) \rightarrow \max.$$

$p_{ijk}^g, \bar{p}_{ijk}^g =$  fajlagos nettó ill. bruttó jövedelem  $i, j, k, g$ , régi és új telepítések szerint,

$\bar{p}_{ijk}^g =$  beruházási költség az előzőek szerint.

### Az ültetvény modell értékelése

A gyakorlati alkalmazás során a modell jól kiállta a számítások „próbatételét”, a modell „élt” és az előzetesen megfogalmazott 8 döntési fajtára jól értelmezhető, gyakorlatban alkalmazható választ adott, s ezen kívül még sok hasznos információval is szolgált.

Kitűnt az is, hogy sok probléma fakad a modell nagy méretéből.

A modell csaknem kvadratikus, s ha a periódusok száma 10, több mint 1000 feltétellel van dolgunk.<sup>3</sup> Elképzelhető azonban több periódus összevonása is (több évet egy átlagév képvisel) s ezzel mérsékelhető a modell mérete.

Az ültetvény modell nagyértékű beruházás, ültetvény-csere matematikai programozása, amelynél a lehetséges döntés több évtizedre teremt kész helyzetet. Jelenleg 1 ha téli alma ültetvény beruházási költsége és a termőrefordulásig szükséges ápolási költsége 100—150 ezer Ft, s ha egy 500 ha területtel rendelkező gazdaságra gondolunk, ahol évente felújítják az ültetvény 1/20-át részét, ez évente 2,5—3,75 millió Ft-ba kerül.<sup>4</sup>

Ehhez járul még a téli alma tárolásának nagy népgazdasági szerepe [20]. A gyümölcstárolás jelenleg igen ellentmondásos: fontos népgazdasági érdekek fűződnek a tárolt téli alma exportjához, valamint fogyasztói érdekek a tárolt téli alma fogyasztásához, s ezért az állam jelentős támogatást ad a tárolók építéséhez.<sup>5</sup> A gazdaságok jórésében — hozzáértés hiánya és hibás tárolási gyakorlat miatt — a tárolás deficites, ami oda vezet, hogy a tárolókat más célra használják.

<sup>3</sup> Ha a régi ültetvények változóinak száma 4 fajta, 4 koronaforma, 3 értékesítési reláció szerint — szüreti periódust és termőhelyet nem is számítva — 48, s ez egymaga 10 periódusban 480 feltételt ad (1. séma); ehhez hozzáadandó az új, nem termő telepítések mérleg feltételei (2. séma), amit periódusonként szintén 48 feltétellel, de csak 5 periódusban számítunk, újabb 240 feltételt kapunk; végül pedig az új, termő ültetvények mérlegfeltételei (3. séma) újabb 240 feltételt alkotnak. Ilyenformán csak az intertemporális feltételek száma 960.

<sup>4</sup> A nagyüzemi almaültetvények (területük mintegy 52 ezer ha) folyamatos felújítása évente kb. 7 milliárd Ft-ba kerül [27].

<sup>5</sup> Egy 300 vagon kapacitású szabályozott légterű tároló beruházási költsége mintegy 120 millió Ft, ehhez 40%-os állami támogatást kaphatnak a vállalatok.



Az ültetvény modell megoldását táblázatban mutatjuk be, ebben az optimumot összehasonlítjuk az induló állapottal és a vállalat rekonstrukciós tervével (1. táblázat).

A modell megoldása, illetve annak realizálása minőségi változást idéz elő az ültetvény korszerűsítésében mind a fajtaösszetételt, mind a koronaformákat tekintve. Az élőmunka igényes közepes törzsű fák az induló állapotban az ültetvények területének 71%-át tették ki, ezt a vállalat a terve szerint 29%-ra kívánta csökkenteni, az optimális megoldás 9%-ot ajánl. A sövény ültetvények aránya induláskor 14% volt, a vállalat 45%-ra tervezte növelni, az optimum pedig 83%-ra. A vállalat is tisztában volt azzal, hogy a Húsvéti rozsmaring fajtát csökkenteni kell, (35%-ról 14%-ra tervezte) az optimális megoldás szerint a fajtát a természetből teljesen ki kell vonni.

A modell megoldása ajánlja az új szabályozott légtérű tároló felépítését, s egyben meg is oldotta annak optimális kitöltését éppen úgy, ahogy a meglévő tárolót is optimálisan töltötte ki (2. táblázat).

A megoldás legtanulságosabb része a folyamatnak az a szakasza, amely egyben a vállalat számára a legkritikusabb. Itt történnek a kivágások — ennek következtében csökken a termelés, sőt a tároló 18%-a is kihasználatlan marad,

## 1; táblázat

Az ültetvény modell megoldása összevetve a rekonstrukció előtti állapottal és a vállalat rekonstrukciós tervével

	Induló állapot		A vállalat terve		Az optimális megoldás	
	(ha)	termés (10 t)	(ha)	termés (10 t)	(ha)	termés (10 t)
<i>Régi ültetvények</i>						
Jon. közepes törzsű	71,05	130,0	—	—	46,51	58,4
termőkaros	49,20	135,0	49,2	108,0	38,47	85,5
sövény	23,55	90,0	23,55	72,0	21,88	68,4
ST. közepes törzsű	34,52	60,0	28,70	40,0	—	—
sövény	30,18	110,0	30,18	88,0	29,26	83,6
GD. közepes törzsű	48,47	102,0	48,47	100,0	—	—
termőkaros	15,20	48,0	15,20	38,4	—	—
sövény	5,81	25,0	5,81	20,0	4,59	15,8
RH. közepes törzsű	150,00	270,0	72,20	130,0	—	—
Összesen:	427,98	970,0	273,31	596,4	140,71	321,7
<i>Új ültetvények</i>						
Jon. termőkaros			62,70	192,0	—	321,7
sövény			36,36	151,5	90,00	—
karsú orsó			—	—	—	375,0
ST. sövény			113,70	450,6	279,27	—
karsú orsó			—	—	—	1117,1
GD. termőkaros			3,30	11,6	—	—
sövény			20,44	98,9	—	—
karsú orsó			—	—	—	—
Összesen:			236,50	903,6	369,27	1492,1
Régi és új ültetvény összesen:			509,81	1500,0	509,98	1813,8

2. táblázat

A tárolókakacitás kihasználása az optimális megoldásban (%).

Fajta és koronaforma	Az induló	a záró
	periódusban	
Jon. közepes törzsű termőkaros	24,09	9,19
sövény	25,00	11,48
ST. közepes törzsű sövény	16,67	50,40
GD. közepes törzsű termőkaros	11,10	—
sövény	20,37	26,70
HR. közepes törzsű	—	—
	2,77	2,23
Összesen:	100,0	100,0

— és itt megy végbe a telepítés, amit a kivágások miatt csökkent nettó jövedelemből kell fedezni. A szabályozott légterű tároló beruházási költségeinek képzését az optimális megoldás a folyamat elejére helyezte. Így is a kivágások és új telepítések éveit alatt a vállalat nettó jövedelme az induló érték 73%-ára esett vissza, amit a vállalatnak 4 éven át kell elviselnie. A folyamat végére viszont a nettó jövedelem közel 40%-kal emelkedik. Itt jegyezzük meg, hogy ha elesne az állami támogatás, akár a szabályozott légterű tároló beruházásánál, akár az új telepítéseknél, akkor a vállalat alma vertikuma az itt előállított nettó jövedelemből képtelen lenne optimális mértékben vállalkozni az ültetvények ilyen rekonstrukciójára.

Ha elmarad a rekonstrukció, akkor a modellben számított 12 év alatt a vállalat almatermése az induló 9700 t-ról fokozatosan 7372 t-ra csökken. De a nettó jövedelem csökkenése ennél nagyobb méretű, mert az előregedő fák nemcsak kevesebb, de gyengébb minőségű termést is adnak.

A rekonstrukció révén kialakítható korszerűsödés egyik legjellemzőbb vonása az, hogy a szüreti élőmunka igény relatíve csökkent. (Ez fontos feltétel volt; előírtuk ugyanis, hogy a folyamat végére a növekedés csak 50%-nál kisebb mértékű lehet.) Míg a kezdő periódusban 9700 t termék betakarítása még kereken 200 ezer munkaórát igényel, addig a folyamat végén a 18 138 t betakarítható 247 ezer munkaórával. Ennek magyarázata: jelentősen csökkent a közepes törzsű fák aránya (az ültetvény területének 71%-áról 9%-ra) viszont a sövény gyümölcsösök 14%-ról 83%-ra növekedtek.

A vizsgálat alatt fény derült a sok gazdaságban kialakult téves tárolási gyakorlat okára. Ennek lényege abban foglalható össze, hogy a gazdaságok összel eladják a legjobb minőségű almát és a gyengébb minőségűt tárolják, mert úgy számítanak, hogy a jó minőségű termékért összel is jó árat lehet kapni, a gyengébb minőségű termék árszínvonala is emelkedik tavaszig, továbbá, ha a legértékesebb terméket tárolja, akkor abból árbevétele csak a következő év tavaszán lesz és készletei is jócskán növekednek. De ennek a gyakorlatnak nagy ára van: a gyenge minőségű termékekben tárolás alatt nagy romlás megy végbe, a betárolt 4—5 Ft/kg alma egy része csak ipari feldolgozásra lesz alkalmas és 3 Ft/kg-ra csökken az ára.

A vizsgálat egzakt igazolást adott arra, hogy a tárolókat csak kifejezetten jó minőségű, előválogatott almával szabad hasznosítani. Amikor a kivágások és telepítések periódusában kevesebb lett az almatermés, a számítógép „nem volt hajlandó” gyenge minőségű termék tárolására.<sup>6</sup>

Egzakt igazolást kaptunk arra is, hogy mi a „jó” és mi a „kevésbé jó” minőségű alma. Az árnyékárak rangsorolták mind a fajtákat, mind a koronaformákat, s ezek szerinti a sorrend: Starking sövény, Jonatán sövény, Starking közepes törzsű, Jonatán termőkaros, Golden sövény, Golden termőkaros, Jonatán közepes törzsű, Golden közepes törzsű, Húsvéti rozmaring közepes törzsű.

Tanulságos jelenség, hogy az újabb szakirodalomban legkorszerűbbnek minősített koronaforma, a karesú orsó nem került be az optimumba; de hozzá kell tenni, hogy ehhez nem sok hiányzott: a Jonatán fajtánál mindössze 0,20 Ft/kg nettó jövedelem javulás kellett volna ehhez.

\*

Az ültetvény modell nem csak ültetvényekre értelmezhető, sőt nem csak a mezőgazdasági hosszútávú, nem-lineáris folyamatokra. Az almafa termelőeszköz. Mindenféle termelőeszközre igaz az, hogy kopásuk miatt teljesítő-képességük csökken — sőt talán az is, hogy az új termelőeszközök a „bejáratás” ideje alatt valami hasonlót mutatnak, mint az új, termőrefordult ültetvények a növekvő terméshozamaikkal.

Ezért az ültetvény modellt, minden specialitása ellenére, olyan modellként is felfoghatjuk, amelyben általánosítható, hosszútávú, nem-lineáris folyamatok mennek végbe.

(Bérekelt: 1976. október 12.)

#### IRODALOMJEGYZÉK

1. BADEVITZ, S.: Dinamisierte Lineare Optimierungsmodelle für Teilsystem in der sozialistischen Landwirtschaft. Martin Luther Universität, Halle—Wittenberg.
2. BELLMAN, R.: Dynamic Programming. Princeton, 1957.
3. BOROS R.: Gyümölcs-tárolás. Budapest, 1970. Mezőgazdasági Kiadó.
4. CSÁKI Cs.: Mezőgazdasági vállalati távlati tervezés matematikai programozással. Budapest, 1969. Akadémiai Kiadó.
5. CSÁKI Cs.: A mezőgazdasági vállalatok fejlesztésének lineáris-dinamikus modellje. Sigma, 1974. 4.
6. CSETE L.—MEGYERI F.—MÉSZÁROS S.: A termelőszövetkezetek és állami gazdaságok középtávú tervezési eljárása és módszere. Gazdálkodás, 1976. 6.
7. CSIZMADIA E.—DANKOVICS L.—UDVARI L.: A magyar mezőgazdaság. Budapest, 1968. Kossuth Kiadó.
8. CSIZMADIA E.: Az intenzív gazdasági fejlődés és a mezőgazdaság. Közgazdasági Szemle, 1969. 5.

<sup>6</sup> Amikor egy érzékenységi vizsgálat alkalmával felső határt adtunk a jó minőségű termékek tárolásának és előírtuk a tárolótér kitöltését, nem engedtünk üres tárolóteret, akkor a célfüggvény értéke az érintett periódusokban közel 4 millió Ft-tal csökkent.

9. FEKETE F.: Az iparosodó mezőgazdasági ágazatok eszközellátásának problémái. Közgazdasági Szemle, 1975. 1.
10. GYURÓ F. et al.: A gyümölcsstermesztés alapjai. Budapest, 1974. Mezőgazdasági Kiadó.
11. HEINZE, J.: Probleme und Erfolge der C. A. Lagerung. Reinische Monatschrift, 1972.
12. KREKÓ B.: Optimumszámítás. Budapest, 1972. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.
13. KUBAS, P.: Matematikai módszerek a mezőgazdasági vállalatok tervezésében és vezetésében. Budapest, 1971. Mezőgazdasági Kiadó.
14. MÉSZÁROS S.: Gazdaságmatematikai modellek és alkalmazásuk lehetőségei a kertészetben. Kertgazdaság, 1973. 3.
15. MOHÁCSY M.—TOMCSÁNYI P.—PEREGI S.: A gyümölcs útja a fától a fogyasztóig. Budapest, 1963. Mezőgazdasági Kiadó.
16. PILLIS P.: Periodikusan ismétlődő folyamatok modellje. Budapest, 1972. Kertészeti Egyetem Közleményei.
17. PILLIS P.: Optimale Ausnutzung der Kühllager für Winteräpfel. Erfurt, 1974. IGA.
18. PINTÉR J.: A többperiódusú lineáris programozás alkalmazása egy mezőgazdasági vállalat középtávú tervezésében. Gazdálkodás, 1974. 4.
19. RÉDAI I.—KISS L.: A hűtött tárolás jövedelmezőségének néhány kérdése. Kertgazdaság, 1973. 1.
20. SASS P.: Gyümölcstárolás (in szerk. GYURÓ F.: A gyümölcsstermesztés alapjai). Budapest, 1974. Mezőgazdasági Kiadó.
21. SEBESTYÉN J.: Matematikai modellek alkalmazása a mezőgazdasági termelés vizsgálatában. Budapest, 1962. Akadémiai Kiadó.
22. TÓTH J.: A termelési tényezők felhasználásának optimalizálása a mezőgazdaságban. Budapest, 1973. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.
23. TÓTH J.—KARLIK E.: A termelési szerkezet, átlaghozamok, technológiák és termelési források egyidejű optimalizálása mezőgazdasági vállalatoknál. Kézirat, 1975.
24. UJLAKI Zs.: Hosszútávú többperiódusos összevont programozási modell. Szigma, 1969. 4.
25. VIG P.: A nagyüzemi almatermesztés rekonstrukciós kérdései Magyarországon. Doktori értekezés, kézirat, 1975.
26. Operációkutatás és számítástechnika a mezőgazdaságban. Tudományos konferencia előadásának tézisei. Agrártudományi Egyetem, Gödöllő 1976.
27. Statisztikai Időszaki Közlemények KSH., Budapest

## A MODEL OF PLANTATIONS

The plantation model describes a process of several years, containing non-linear relations, and has been elaborated and solved by the author for a winter apple plantation of 500 hectares. The variables of the model are as follows: type, form of foliage, period of harvesting, habitat, and the form of marketing — selling without previous storage, selling after storage in constant atmosphere and in controlled atmosphere.

The model is combined to answer several (8) sort of decision problems. Linear-dynamic programming is used to determine production, the renewal of the winter apple plantation, the construction of a new storehouse, the exploitation of the old and new storehouse, the modernization of the types and foliage forms, the reduction of the labour input to harvesting.

The most important conclusions are as follows: it is advisable to increase the area of plantation, to plant a new more than 60 per cent of old plantations. New storehouse must be built, the full exploitation of the storehouses will be a result of the new plantations. The labour input to harvesting is increased by only 23 per cent, while output increases by 80 per cent. The proportion of hedge pomariums will be considerably greater, the proportion of outdated medium-trunk trees will decrease. Easter Rosemary must be eliminated to be replaced by Starking. In the future, the slim spindle plantation may gain ground.

After due adaptation, the plantation model may be suitable for the long-term linear-dynamic programming of the substitution of capital goods.

## МОДЕЛЬ ПЛАНТАЦИИ

Модель плантации охватывает многолетний процесс, выражает нелинейные соотношения. Настоящую модель автор разработал относительно плантации зимних яблок площадью в 500 га. Переменные величины модели различаются в зависимости от видов, формы кроны, периода уборки, месторасположения участка, способа сбыта (сбыт со складов, имеющих или не имеющих регулирование воздуха, непосредственный сбыт без хранения).

Модель имеет комбинированный характер и предоставляет ответ на решения нескольких видов (всего на 8 видов). Она с помощью линейно-динамического математического программирования содержит решения относительно производства, реконструкции плантации зимних яблок, строительства нового хранилища, использования старого и нового хранилища, модернизации видов и форм кроны, сокращения живого труда в ходе уборки.

Важнейшие выводы: желательно увеличить площадь плантации, вместо более 60% старых плантаций целесообразно создать новые плантации. Следует построить одно новое хранилище и путем реконструкции обеспечить полное использование хранилищ. Потребность в затратах живого труда на уборку возрастает только на 23%, в то время как объем продукции увеличивается на 80%. Значительно увеличится доля плантаций низкорослых деревьев, а доля несовременных средневольных деревьев сократится. Следует свернуть выращивание розмариновых сортов и увеличить производство яблок сорта старкинг. В будущем может возрасти также число плантаций стройных деревьев.

Модель плантации — при должной адаптации — пригодна также для долгосрочного линейно-динамического программирования замены средств производства.