

UDK: 631.344

ENERGETSKA EFIKASNOST PROIZVODNJE PAPIRIKE U ZAŠTIĆENOM PROSTORU U FUNKCIJI PRIMENE RAZLIČITIH TIPOVA POLIETILENSKIH (PE) FOLIJA

Nebojša Momirović¹, Mičo V. Oljača¹, Željko Dolijanović¹, Dobrivoje Poštić²

¹ Poljoprivredni fakultet, Zemun, ² Institut za zaštitu bilja i životne sredine, Beograd

Sadržaj: Upotreba različitih tipova savremenih polietilenskih folija omogućila je niz prednosti u kontroli najvažnijih faktora klime u plastenicima: intenziteta i spektralnog sastava svetlosti, temperature i vlažnosti vazduha, temperature i sadržaja vlage u zemljištu. Istovremeno su moguće i znatne uštede resursa mašina i ljudskog rada, efikasna kontrola biljnih bolesti, korova i štetočina, tako da u oblasti integralnih sistema gajenja povrća, cveća i začinskog bilja (IPM) najznačajniju primenu u zaštićenom prostoru imaju foto selektivne folije. U kombinaciji sa insekt proof mrežama UV blocking, ili AV-antivirusne folije, smanjuju primenu insekticida u suzbijanju pojave štetočina i biljnih bolesti. Sistem dvostrukih PE folija ima, u odnosu na staklo, niz prednosti, koje su posebno izražene u letnjem periodu, kada je u savremenim objektima zaštićenog prostora mnogo lakše održavati temperaturni režim, jer pregrejano staklo emituje dugotalasno zračenje od 7000 do 15000 nm i dopunski povećava temperaturu unutrašnjeg prostora.

U ovom radu prikazani su efekti primene pojedinih tipova PE folija i načina njihovih kombinovanja u postizanju veće energetske efikasnosti proizvodnje u zaštićenom prostoru. Energetska analiza proizvodnje paprike u zavisnosti od tipa PE folije, folija za nastiranje zemljišta i debljine agrotekstila, pokazala je da napredni crop modeli, zahvaljujući visokom prinosu kvalitetne babure izvozne tržišnosti, ostvaruju visoku energetska efikasnost bez obzira na povećana energetska ulaganja. Ustanovljen je značajan uticaj sastava i boje folija za nastiranje zemljišta na karakter reflektovane svetlosti i na temperaturni režima zemljišta, kao i na prinos, kvalitet i finansijski rezultat u proizvodnji paprike.

Ključne reči: *plastenici, sistem dvostrukih folija, energetska efikasnost, malč folije*

UVOD

Upotreba savremenih folija za plastenike, omogućila je značajne prednosti u kontroli najvažnijih faktora spoljne sredine: intenziteta i spektralnog sastava svetlosti,

temperature i vlažnosti vazduha, temperature i sadržaja vlage u zemljištu, ali i uštede mašinskog i ljudskog rada te efikasniju kontrolu biljnih bolesti, korova i štetočina.

Prve polietilen folije (PE) dobijene su u laboratoriji [9], engleske kompanije ICI 1936 godine, ali su prvi linearni molekuli polietilena niske gustine dobijeni 1955 godine. Nobelovci Ziegler (1964) i Natta (1965) omogućili su pronalaskom specijalnih katalizatora veliki napredak u ovoj oblasti, te je sa uvođenjem metalocena 1976 godine Nemačkoj došlo do prave revolucije u proizvodnji polietilenskih folija, sa vrlo uniformnom molekularnom strukturom i u pogledu stereoizomerije.

Poslednjih godina XX veka, dešava niz promena u razvoju novih tipova polietilenskih folija i njihovom prilagođavanju zahtevima različitih useva [9]. Osim pružanja fizičke zaštite, folije za plastenike utiču na energetski ekvilibrijum unutar zaštićenog prostora filtrirajući dolazeću svetlost i menjajući intenzitet izračivanja iz zemljišta, [5],[9]. Fotoaktivne folije absorbuju, reflektuju ili emituju različit deo spektra sunčevog zračenja. Izrađene su od poleolefina koji su ustvari polietileni niske gustine (LDPE - low density polyetilen) linearni polietilen niske gustine (L-LDPE – linear low density polyetilen) i kopolimeri etilen vinil acetata (EVA ethylen vynil acetate), koji sadrže različite aditive sa termičkim i antikapajućim osobinama. Zbog male kompatibilnosti sa polimernim matriksom aditivi gube svoju funkciju vremenom, te je poslednjih godina razvijen postupak koekstruzije koji je omogućio proizvodnju najčešće troslojnih, a u novije vreme petoslojnih, čak i sedmoslojnih folija i kombinovanje većeg broja aditiva, odnosno željenih osobina.

Najznačajniji prodor svakako predstavlja primena foto selektivnih folija u oblasti integralnih sistema gajenja povrća, cveća i začinskog bilja (IPM). UV absorbujuća folija u kombinaciji sa insekt proof mrežama smanjuje u značajnoj meri primenu insekticida u suzbijanju lisnih vaši, bele mušice, tripsa, minera i drugih štetnih insekata.

Sa druge strane, ovakve folije bitno smanjuju opasnost od nekih fotosenzitivnih gljivičnih oboljenja kao što su siva trulež (*Botrytis cinerea*) i fuzariozno uvenuće (*Fusarium oxysporum*) značajno smanjujući uslove za infekciju u pojedinim delovima reproduktivnog ciklusa ovih fitopatogenih organizama [9].

U odnosu na staklo polietilenska folija ima neke prednosti [7],[10], koje su posebno izražene u letnjem periodu, kada je u savremenim objektima zaštićenog prostora mnogo lakše održavati temperaturni režim. Razlozi toga leže u činjenici da pregrejano staklo na temperaturi 25-40 °C emituje dugotalasno zračenje od 7000 do 15000 nm koje dopunski zagreva unutrašnjost objekta.

Polietilen C₂H₄, katalizator, toplota i pritisak su neophodni činiooci stvaranja makromolekula, odnosno ugljeničnih lanaca, u kojim stabilnost dvogubih veza između molekula ugljenika zapravo determiniše kvalitet i dugovečnost folija. Ultravioletni deo sunčevog zračenje razara upravo ove dvogube veze uslovljavajući razaranje i propadanje plastike, pri čemu se posebno intenzivni procesi odvijaju na mestima kontakta folije sa golim metalom, usled visokih temperatura. Zato se masi polietilena dodaju UV stabilizatori koji UV deo zračenja pretvaraju u toplotu. Prvi UV stabilizatori korišćeni u poljoprivredi su bili na bazi nikla zbog čega je folija imala zeleno žutu boju. Čak i danas se u četvorogodišnje UV Clear folije, debljine 200 μm, za mediteranske uslove ostalim stabilizatorima dodaje i nikl, kako bi ovako obojena folija bila dužeg višegodišnjeg trajanja. Danas se kao stabilizatori koriste uglavnom organski molekuli - slobodni radikali, a kao jedan od najskupljih, upotrebljava se –titanijum dioksid koji ima

specifičnu težinu $2,5 \text{ g/cm}^3$, te ovakve folije potopljene u vodi tonu, dok ostale plutaju. Beličasta boja nekih transparentnih PE folija potiče od novih UV stabilizatora veće postojanosti ZnO_2 i TiO_2 . Specifična težina je, dakle, dobar pokazatelj kvaliteta folija. Naime za razliku od polietilena, specifične mase 0,92, specifična masa LDPE folije (low density polyethylen) može biti u zavisnosti od dodataka, npr. za UV clear oko 0.93, AD IR oko 0,96, a ima i pojedinih tipova sa specifičnom masom većom od 1 g/cm^3 .

Prisustvo nečistoća smanjuje viskozitet plastike izražen kao MFI (melt flow index). Zbog toga korišćenje sekundarnih granulata, bez obzira na količinu aditiva predstavlja razlog niskog kvaliteta i izuzetne nepostojanosti folije.

1. NAJVAŽNIJE TEHNIČKE OSOBINE LDPE FOLIJA ZA PRIMENU U ZAŠTIĆENOM PROSTORU

1.1. Mehaničke osobine folije najvećim delom zavise od procentualnog učešća različitih vrsta polietilena, ili etil vinil acetata u poliolefinском matriksu. Kao što se iz priloženih tabela zaključuje, UVA Clear folije su otpornije na eventualno probijanje, kidanje i trenje o konstrukciju u odnosu na AD IR folije, koje opet poseduju veću elastičnost. EVA folije, debljine $200 \mu\text{m}$ su međutim svakako po svojim mehaničkim osobinama i elastičnosti nenadmašne i zato se koriste kod najmodernijih i najskupljih konstrukcija plastenika, kako bi se obezbedilo besprekorno funkcionisanje u dužem vremenskom periodu.

1.2. Debljina folije je važan faktor, koji pored vrste i količine aditiva, determinišu dužinu trajanja folije. Kod visokih tunela (širina folije iznad 10 m) preporučuje se korišćenje folija veće debljine od $0,12 \text{ mm}$ odnosno $120 \mu\text{m}$. Kvalitetne UV stabilne folije debljine $0,08 \text{ mm}$ sa aditivima koriste se jednu do dve sezone, iste takve debljine $0,12 \text{ mm}$ traju dve do tri sezone, debljine $0,15 \text{ mm}$ imaju garanciju 3 sezone, dok folije debljine $0,18 \text{ mm}$ i $0,2 \text{ mm}$ u našim uslovima količine i intenziteta sunčevog zračenja mogu trajati i duže od 4-5 sezona. Debljina folije ima značaja i sa stanovišta termičkih osobina. Naime, sa smanjenjem debljine ispod $75 \mu\text{m}$ značajno se snižava energetska efikasnost folije, odnosno povećava odavanje toplote tokom jutarnjih časova i trajanja kratkih radijacionih mrazeva.

Na galvanizovanim (pocinkovanim), ili zaštićenim metalnim površinama metalne konstrukcije plastenika, često se koriste različite samolepljive trake kao izolatori, ili reflektujuće površine u cilju smanjenja zagrevanja folije kao glavnog uzroka njenog propadanja.

Plastifikacija metalne konstrukcije je takođe jedan od načina prevencije brze degradacije folije na mestima kontakta sa metalom, ili se za zaštitu koristi bela akrilna boja, u protivnom ne važi deklarirana garancija o dužini trajanja proizvođača folija. Jačina sunčeve radijacije zavisi od geografske širine i nadmorske visine, a na stepen degradacije polietilenskih folija utiče još i broj sunčanih dana i dušina trajanja insolacije. Za razliku od zemalja u Mediteranskom području sa insolacijom 120 do $160 \text{ kCal/cm}^2/\text{min.}$, u kontinentalnom delu Balkana jačina radijacije uglavnom ne prelazi $120 \text{ kCal/cm}^2/\text{min.}$ (na primer u Holandiji, je samo $80 \text{ kCal/cm}^2/\text{min.}$). Prema višegodišnjem iskustvu, visoko kvalitetne petoslojne folije ne trebaju nikakvu dopunsku

zaštitu na galvanizovanim, ili toplo pocinkovanim i poliranim metalnim cevima, s obzirom na nešto nižu insolaciju u glavnim proizvodnim područjima.

U svakom slučaju je neophodno čuvati deklaraciju i serijski broj sa ovojnice rolne u cilju identifikacije tipa folije i nakon izvesnog broja meseci kada natpis na foliji izbledi, delom zbog mogućih reklamacija, ali prvenstveno u cilju praćenja kvaliteta i uporedne ocene sa sličnim proizvodima na tržištu.

Tab. 1. Karakteristike ispitivanih tipova LDPE folija (Ginegar Plastic Products, Ltd. Israel)

Type of PE film	Transp. PAR %	Difusivity %	UV blocking %/nm	Termicity %	Anti drip Layer	Break Strength MPa MD- TD	Elongation at break % MD - TD	Tear resistance g/mm MD - TD
UV Clear	88	18	95/350	55		23 - 22	680 - 740	8400 - 11500
UV Clear N	82	22,5	99/350	63		23,5 - 22,5	710 - 790	8250 - 12500
SSel Clear 7,5	86	26	99/350	75	+	23 - 22,5	650 - 750	8300 - 11700
AD IR AV Clear	83	29	100/380	78	+	23 - 22,5	650 - 750	8300 - 11700
Sun Saver 4	87	14,5	98/360	82	+	21 - 22,5	730 - 810	7600 - 8250
Sun Saver AV Cl.	89	19	100/380	89	+	23 - 22	680 - 750	8000 - 10000
Suntherm S.S.Cl.	85	30	98/360	82	+	23,5 - 23	540 - 760	10200 - 11200
AD IR Low tunn.	88	20	95/350	75	+	23 - 22	680 - 750	8000 - 10000

1.3. Transparentnost folije je veoma važan faktor za porast i razviće gajenih biljaka. Redukcija transmisije PAR dovodi do smanjenja prinosa i opadanja kvaliteta finalnih proizvoda. Providnost folije kreće se do procenata transmisije od 90, ređe 93 %. Promena unutrašnje strukture polimera posle izvesnog vremena, bez obzira na neizmenjene mehaničke osobine, dovodi do zamućenja i smanjenja transparentnosti, a samim tim i do promene uslova za porast i razviće gajenih biljaka. Nakupljanje prašine smanjuje transparentnost, te je pranje folije adekvatnim nisko abrazivnim deterdžentima od presudnog značaja, posebno kod useva povrća koji zahtevaju visok intenzitet svetlosti. Najsavremenije petoslojne folije imaju specijalni antidast aditiv koji obezbeđuje visok procenat transmisije. Visoka transparentnost posebno je značajna kod novih tipova folija namenjenih upotrebi kod visokih plastenika sa dvostrukim slojem folije između kojih je komprimovani vazduh.

1.4. Difuzioni efekat folije nastaje usled promene ugla prelamanja svetlosti na foliji. Naime, kod difuznih tipova folija ugao prelamanja direktne sunčeve svetlosti je mnogo manji, te samim tim udeo difuzne svetlosti unutar plastenika značajno raste. Za razliku od UV Clear folija gde je obavezna orijentacija tunela, odnosno redova useva visokih povrtarskih kultura u pravcu sever – jug, kod difuznih folija ona nema značaja. Difuzna svetlost je u stanju da penetrira i najniže delove biljke i omogući ravnomeran porast, razviće i sazrevanje kod visokih useva: paradajz, krastavac i dr.. Kod niskih useva, naročito u ranoj proizvodnji, ili u drugoj setvi, poželjno je što više učešće direktne sunčeve svetlosti. U ranim prepodnevnim časovima u prelaznim godišnjim dobima dešava se da količina difuzne svetlosti bude veoma visoka, a temperatura vazduha niska, što se negativno odražava na fiziološke procese rastenja. S toga je za ranu proizvodnju

što više direktne sunčeve radijacije sa visokim termalnom vrednošću od presudnog značaja. Period visokih letnjih temperatura traje u umereno-kontinentalnoj klimi mnogo kraći vremenski period nego na Mediteranu, te na tunnelskim objektima višak sunčeve radijacije poželjnije rešiti primenom mreža za zasenu sa procentom redukcije od 20 do 35 %. U proizvodnji rezanog cveća: ruža, gerbera i dr. difuzna svetlost je veoma značajna u pogledu dobijanja intenzivnije boje, odnosno eliminisanja pojave crnila latica. Udeo difuzne svetlosti dakle, raste od 18% kod UV Clear pa sve do 60% kod petoslojnih AD IR AV diffuse folija.

1.5. Efekat protiv kapanja (AD-anti drip) ispoljavaju folije sa anti-drip aditivima, koji povećavaju površinski napon i sprečavaju kondenzaciju vodene pare u formi kapi na unutrašnjoj površini folije. Kapi reflektuju jedan deo sunčeve svetlosti smanjujući transmisiju za 20 %, a kod nekvalitetnih “običnih” folija i za čitavih 35 %, što je posebno od značaja u ranoj proizvodnji, kada je i provetravanja tunnelskih objekata otežano i smanjeno. Kapanje na lisnu površinu dovodi u uslovima jake osunčanosti do ožegotina na lisnoj površini, a potom do razvoja niza fitopatogenih oboljenja i povećane upotrebe pesticida. Tip aditiva, njegova koncentracija i debljina folije, te vreme postavljanja i uslovi unutar zaštićenog prostora determinišu postojanost ove osobine. Kod tzv. nekapajućih folija veoma je bitno kod postavljanja slediti instrukcije proizvođača u pogledu orijentacije folije. U zavisnosti od širine folije, prilikom pakovanja u rolnu praktikuje se dvostruko, pa čak i četvorostruko preklapanje. Folija se navlači preko objekta tako da se preklapljenе strane uvek otvaraju bočno prema spolja. Ukoliko je folija pravilno postavljena iz unutrašnjosti plastenika može se pravilno čitati njena oznaka i serijski broj.

1.6. Efekat protiv magljenja (anti mist, ili AF-anti fog) je veoma značajan kod proizvodnje povrća, cveća i začinskog bilja bez grejanja u uslovima kontinentalne klime, kada u prelaznim godišnjim dobima u jutarnjim časovima usled jakog radijacionog odavanja toplote za vedrih noći, u ranim jutarnjim časovima dolazi do naglog pada temperature ispod rosne tačke.

Kod UV Clear folija dolazi do formiranja kapi sa unutrašnje strane, čime se smanjuje transparentnost i količina akumulirane toplote tokom dana, dok se kod nekapajućih folija naglim povećanjem relativne vlažnosti vazduha u unutrašnjosti stvara magla, usled čega su mlade, tek rasađene biljke prevlažene, ili odaju kapljice vode po ivicama lista gutacijom u slučaju preobilne ishrane i previsoke koncentracije soli.

Kada naglo grane jaka sunčeva svetlost dolazi do velikih oštećenja i pojave ožegotina i kasnije brze infekcije različitim fitopatogenima. Dakle neophodno je dobro provetravanje rano izjutra, te se ovakve folije primenjuju kod visokih tunela koji imaju gornje čeonе ventilacione otvore, kao i u slučajevima kada se koriste termogeni, ili ventilatori da se recirkulacijom vazduha onemoguću stvaranje magle i prevlaživanje biljaka.

Folije kod kojih u poliolefinском matriksu dominira etil vinil acetat (EVA folije) vrlo malo su sklone povećanju relativne vlažnosti u plasteniku i pojavi magle, posebno kada imaju antimist dodatak, te kod modernih objekata sa uduvavanjem komprimovanog vazduha između dva sloja folije predstavljaju standard, kako pogledu energetske

efikasnosti (ušteda i do 30% energije za grejanje), tako i u pogledu količine i kvaliteta svetlosti, te manje amplitude variranja temperature i vlažnosti vazduha.

1.7. Termički efekat (IR –infra red blocking) poseduju folije sa dodatkom silikata. Naime, poznato je da tamna tela emituju toplotu izračivanjem u toku večernjih časova i tokom noći, pri čemu posebno u vreme vedrog vremena u prelaznim godišnjim dobima imamo izrazitu opasnost od pojave mrazeva. Zelenu boju listova karakteriše, recimo, nivo izračivanja preko 95 % . Staklo je odavno poznato po svojim osobinama blokiranja izračivanja infracrvenog dugotalasnog toplotnog zračenja, čak i do 95%, zahvaljujući amorfnoj strukturi kristala kvarcnog peska SiO_2 . Polazeći od ove činjenice danas se polietilenskim folijama u jednom od slojeva dodaju silikati kao supstituenti stakla, npr Al_2SiO_3 ili pak Mg_2SiO_4 čime se postiže efekat blokiranja dugotalasnog toplotnog izračivanja do nivoa od 75% pa čak do 89%. Kao rezultat jutarnje temperature unutar zaštićenog prostora su za 2-3 °C više u odnosu na UV Clear PE folije. U novije vreme se kod složenijih plasteničkih objekata koriste dvostruke folije sa slojem komprimovanim vazduhom između, ili se kod jednostavnijih konstrukcija koristi tanka unutrašnja folija sa dobrim termičkim osobinama. U grejanim plastenicima se na ovaj način štedi 20 do 25 % energije, dok se kod negrejanih objekata na bazi akumulacije toplote tokom sunčanih dana ostvaruje Δ^{ot} u ranim jutarnjim časovima u odnosu na spoljašnju sredinu često od 5 do 8°C. Termičke folije, čak i kada nisu difuzione, imaju jasnu beličastu nijansu kao rezultat kristalne lamelarne strukture korišćenih alumosilikata.

1.8. Fotoselektivnost/AV efekat (UV absorbing/blocking) Poslednjih godina desilo se niz promena u razvoju novih tipova polietilenskih folija i njihovom prilagođavanju zahtevima različitih useva. Najznačajniji prodor svakako predstavlja primena foto selektivnih folija u oblasti integralnih sistema gajenja povrća [9]. UV absorbujuća folija u kombinaciji sa insekt proof mrežama smanjuje u značajnoj meri primenu insekticida u suzbijanju lisnih vaši, bele mušice, tripsa, minera i drugih štetnih insekata, kao i pojavu sive truleži (*Botrytis* sp.) i pojave crnila latica na ružama.

Kod petoslojnih sofisticiranih polietilenskih folija zapravo možemo govoriti o menadžmentu svetlosti u cilju postizanja optimalnih uslova za gajenu vrstu povrća unutar zaštićenog prostora.

Složene oči insekata za svoju funkciju podrazumevaju UV deo spektra sunčeve svetlosti koji direktno determiniše motoričke funkcije i ponašanje uključujući orijentaciju, navigaciju, ishranu i interakciju polova. Kod antivirusnih folija transmisija svetlosti vidljivog dela spektra (400-750 nm) u potpunosti je uobičajena, za razliku od UV dela spektra do 370-380 nm, koji se 100 % filtrira, onemogućujući napad vektora (lisne vaši, bela mušica, trips, miner) i širenje virusnih zaraza [1].

Broj jedinki bele mušice prebrojan na žutim lepljivim pločama 4 do 10 puta je manji pod UV absorbujućom folijom u odnosu na uobičajene folije. Kod duvanovog (*Trips tabaci*) i kalifornijskog tripsa (*Frankliniella occidentalis*) akumulativni broj sa 45 jedinki opada na svega 10. Eksperimentom je utvrđeno da migracija vaši ne prelazi koncentričnu površinu radijusa do 1 m. Time se potreba primene insekticida smanjuje za 50-80%. Usev paradajza gajen u tunelima bez upotrebe insekticida u kontroli vektora virusa imao je procenat infekcije ispod fotoselektivne folije od svega 1 % [1].u poređenju sa

“običnom” folijom kao kontrolom gde je 80 % biljaka bilo inficirano virusom žute kovrdžavosti vrha (TYLCV) i virusom bronzavosti (TSWV).

U početku primene fotoselektivnih folija vladalo je mišljenje da je korišćenje bumbara, kao polinatora u usevima paradajza i paprike, odnosno u usevu krastavca i dinje skopčano sa nizom problema u njihovoj orijentaciji, ali se vremenom pokazalo da uspeh zavisi od broja i lokacija košnica, starosti populacije bumbara, kvaliteta dopunske ishrane, temperature i vlažnosti vazduha unutar zaštićenog prostora, kao i blizine useva sa atraktivnijim šolenom i nektarom. U svakom slučaju je neophodno ranije postavljanje košnica pre početka cvetanja, pravilna adaptacija bumbara i povećanje broja košnica po jedinici površine.

U novije vreme eksperimentiše se i sa drugim fotoselektivnim folijama od kojih su neke već i komercijalnoj primeni. AD IR Blue, folije plave boje, koriste se specijalno za gajenje krastavca i drugih vrsta vrežastog povrća, s obzirom na činjenicu da je infekcija plamenjačom krastavca (*Pseudoperonospora cubensis*) smanjena za 96%. Veoma dobre rezultate daje u kontroli sive truleži kod jagode.

2. KOMBINOVANJE RAZLIČITIH TIPOVA LDPE FOLIJA

2.1. Sistem duplih folija

Kombinovanje dvostrukih folija se često praktikuje u povrtarskoj proizvodnji, ali se veoma često greši u izboru folija za određene sisteme postavljanja. Kod najsavremenijih i najskupljih plastenika isključivo se koriste EVA folije, najčešće obe od 200 μ debljine pri čemu je unutrašnja obično sa termičkim i nekapajućim, ili antimist dodatkom. Kod jednostavnijih konstrukcija visokih tunela uobičajeno je da se unutrašnja folija postavlja donji luk rešetkaste konstrukcije luka, ili na paralelnu podkonstrukciju, ili se polaže na horizontalnu poprečnu gredu. Koji od ovih sistema je delotovorniji? Kada primenjujemo grejanje onda treba koristiti paralelno postavljene folije pri čemu unutrašnja folija treba da bude nekapajuća i termička, jer se kao i kod svih fluida veća zapremina vazduha sporije hladi. Nasuprot tome, kada se rana proizvodnja odvija bez dopuskog zagrevanja, onda unutrašnja termička folija ima zadatak da spreči izračivanje toplote iz zemljišta i biljaka akumulirane tokom dana u što manju zapreminu vazduha. U prvom slučaju količina direktne sunčeve svetlosti, naročito ako je unutrašnja folija dobro zategnuta je veća pa se unutrašnjost plastenika bolje greje preko dana. Tada treba odabrati kao spoljnu UV Clear foliju od 180 μ m sa što većom transparentnošću i Super Strenght AD IR od 80 μ m kao unutrašnju sa izuzetnim termičkim osobinama, ali nešto slabijom transparentnošću (85%). U drugom slučaju, spoljna folija takođe može biti UV Clear, ili AD IR debljine 150 μ m, a kao unutrašnju biramo jako transparentnu nekapajuću i termičku tanku unutrašnju foliju debljine LT AD IR 30 μ m.

Ispitivanja energetske efikasnosti kod proizvodnje paprike su obavljena u tunnelskim objektima bez bočnog otvaranja, širine u osnovi 8 m, dužine 50 m, visine do slemena 3,6 m. Dominatni *crop model* proizvodnje paprike babure u Srbiji jeste

rana špalirna proizvodnja na zemljištu, bez dopunskog grejanja. Sa fiksnim energetske inputima u tehnologiji gajenja, koji nisu uzeti u obračun, uz prosečno vreme eksploatacije korišćenih materijala 1, 3 i 5 godina i energetske inpute ravnomerno raspoređene na pomenuti period, zaključili smo da energetska efikasnost proizvodnje raste sa usavršavanjem proizvodnog modela i primenom sistema duplih duvanih folija, modernih folija za nastiranje zemljišta i polipropilenskih termozaštitnih paučinastih materijala, potpunim prekrivanjem useva na visini od 1m, sve dok se ne kumulativno ne ostvari suma temperatura od 540°C.

Tab. 2. Energetska efikasnost proizvodnje paprike u zaštićenom prostoru u zavisnosti od tipa folije

Varijanta u ogledu	Debljina folije (mic)	Vreme rasadivanja	Ostvareni prosečni prinosi 2005-2010 kg/m ²	Energetski Input folija kJ/m ²	Energetski output prinos plodova kJ/m ²	Faktor
Jednostruka UV Clear Bez nastiranja	180	01.-05. April	8,0	4774 4774	6720	0,710
Jednostruka UV Clear + unutrašnja LT AD IR + black mulch	180 50 15	20.-30- Mart	12,0	4774 1225 573	6572 10080	0,652
Jednostruka UV Cear + unutrašnja SS ADIR + black mulch + lutrasil	180 80 20 18 g/m ²	15.-20. Mart	15,0	4774 1957 716 275	7722 12600	0,613
Dvostruka EVA +Al-Or mulch + lutrasil	200 25 23 g/m ²	05.-10-Mart	17,0	5745 1050 473	7268 14280	0,509
Dvostruka SunSaver AV +Al-Or mulch + lutrasil	200 25 23 g/m ²	05.-10-Mart	18,0	6389 1050 473	7912 15120	0,523

Energetska vrednost: LDPE 47,74 kJ/g; EVA 41,63 kJ/g; AV 46,3 kJ/g; PP 45,8 kJ/g; paprika 840 kJ/kg

2.2. Malč folije za nastiranje zemljišta

Pozitivni aspekti primene mulch folija jesu brže zagrevanje zemljišta, a visok kvalitet LDPE materijala i vrhunsko prijanjanje na površinu zemljišta garantuju izuzetnu konverzije toplote.

Uz značajne uštede zemljišne vlage, usev ranije prispeva, a plodovi imaju veću tržišnost. Efekat koncentrisane emisije ugljendioksida (efekat dimnjaka) iz zemljišta doprinosi boljem porastu i ubrzanom razviću biljaka. Efikasna kontrola korova i smanjenje opasnosti of fitopatogena i insekata su takođe jedna od značajnih prednosti. Nakon završetka vegetacionog ciklusa useva GINEGAR mulch folije se lako i u celosti uklanjaju, jer su UV stabilizovane.

Tanke LDPE folije debljine od 15 do 35 μ m, a kod onih slabijeg kvaliteta do 50 μ m, koje su proizvedene uz korišćenje najsavremenije tehnologije i primenu kvalitetnih polimera i aditiva, odlikuju se izvanrednim osobinama stabilnosti, adhezivnosti, mehaničke otpornosti, istegljivosti, fotoselektivnosti itd.

BLACK MULCH EMBOSED crne malč folije koriste se za gajenje povrće generalno, prednosti se uglavnom vezane za uštede vode (do 50% pri navodnjavanju sistemom kap po kap), uspešnoj kontroli korova, boljim fitosanitarnim uslovima i usmerenoj emisija ugljendioksida iz zemljišta u zoni fotosintetske površine (efekat dimnjaka). Za jednogodišnje vrste koriste se folije debljine 15 μ m, dok se kod jagode i drugih višegodišnjih vrsta koriste folije debljine 30 μ m.

WHITE/BLACK Belo/crne folije karakteriše izuzetno visoka refleksija koja omogućuje gajenje useva u toplijem delu vegetacione sezone, obezbeđujući optimalne vodno-vazdušne i termičke osobine, što za rezultat ima adekvatnu mikrobiološku aktivnost i visoku pristupačnost makro i mikro elemenata.

U gajenju ozime salate visoka refleksija omogućuje adekvatnu dužinu dana, a nema negativnih konsekvenci obzirom za zahteve ovog useva u pogledu temperatura zemljišta. Kod vanezonskog useva paradajza i paprike u umerenom pojasu, jaka refleksija svetlosti neophodan je faktor za sazrevanje plodova tokom jeseni i zime. Niže temperature podloge nisu presudne kada se paradajz gaji na grodanu, ili nekim drugim inertnim supstratima. Kod uobičajenog gajenja je neophodno grejanje prizemnog sloja u zoni svakog reda i konvekcija određenog dela toplote u rizosferni sloj zemljišta. Ova vrsta folije deluje repelentno na vaši i belu mušicu, a takođe je u usevu jagode konstatovana mnogo manja infekcija plamenjačom u odnosu na crnu I srebrno-braon foliju.

AL-OR BROWN braon, termičke folije predstavljaju izuzetno rešenje u ranoj proizvodnji povrća. U ultravioletnom i vidljivom delu spektra količina absorbovane energije je oko 8 %, a u NIR delu penje se čak na 65%, po čemu se ova folija približava transparentnim. Na osnovu eksperimentalnih rezultata na oglednom polju Poljoprivrednog fakulteta u Zemunu, preporučujemo je u ranom gajenju useva paprike u plastenicima.

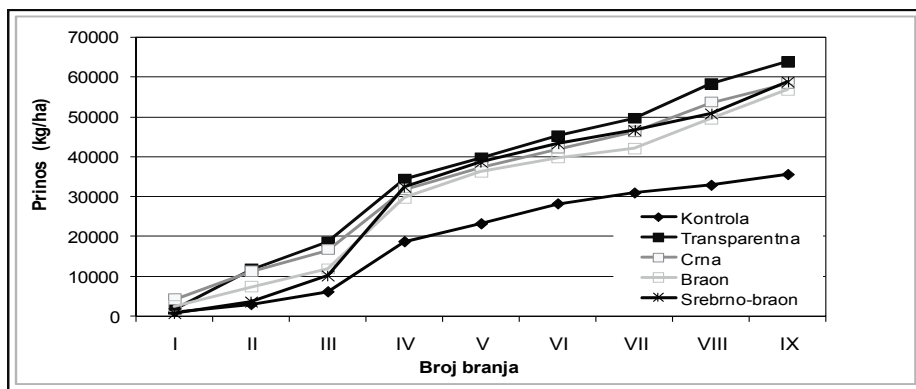
SILWER/Slt Srebrno/braon folija zadržava sve osobine provodljivosti, zahvaljujući boji naličja, dok srebrna boja lica, osim refleksije svetlosti, doprinosi i smanjenju napada lisnih, vaši, bele mušice i crvenog pauka. U prirodi reflektovane difuzne svetlosti nalazi se ključ repelentnog efekta prema insektima, što je i iskorišćeno u sistemima integralne zaštite bilja (IPM). Najviše se primenjuje u gajenju krastavca i jagode (debljine 25 μ m), dok se kod višegodinjih zasada voća koristi znatno deblja folija od 100 μ m, koja u našim uslovima traje i desetak godina, bez obzira na garanciju od 5 godina.

RED/Slt Crveno/braon folija se isključivo primenjuje u usevu paradajza, mada smo odlične rezultate dobili i u zimskoj proizvodnji salate. Karakteriše je izuzetna termički efekat, koji doprinosi ranijem sazrevanju plodova 10-14 dana. Spektralni sastav difuzne svetlosti u crvenom delu spektra 700-800 nm je takav da forsira ubrzano sazrevanje i

omogućuje izuzetan kvalitet i boju plodova, a kod salate forsira njenu ranostasnost i sprečava izduživanje glavice.

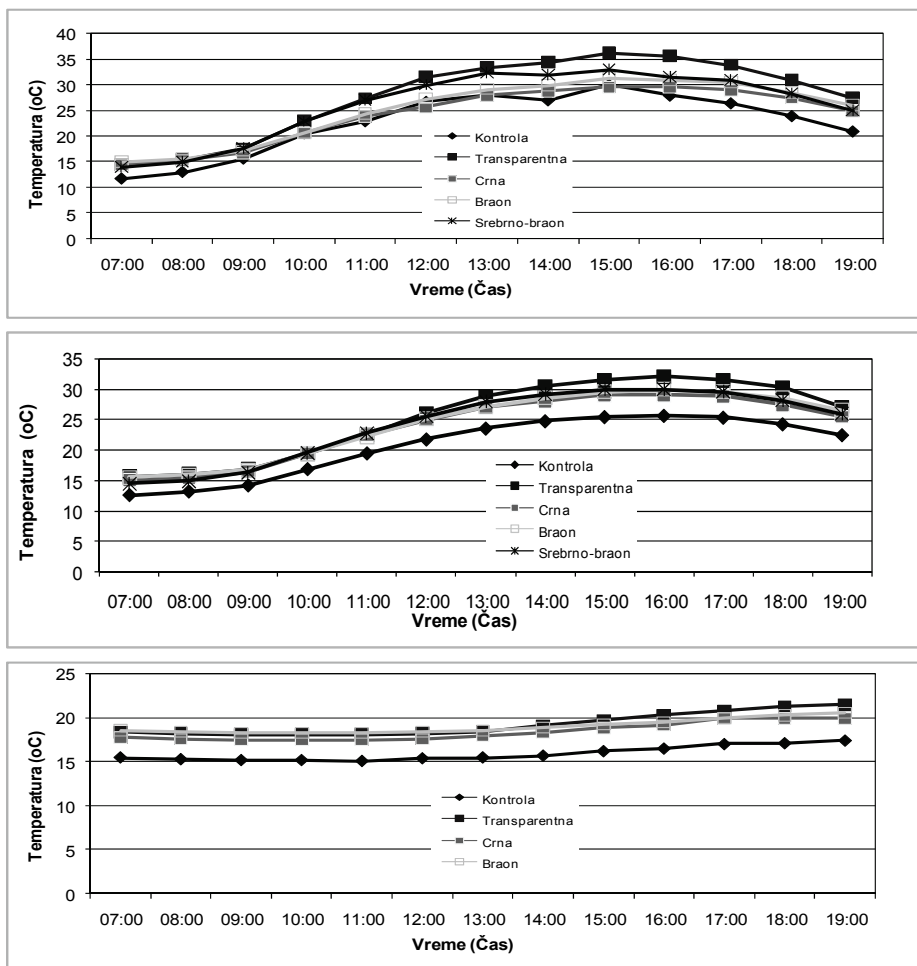
Tab. 3. Uticaj nastiranja zemljišta i tipa folije na prinos paprike

Malč folija (A)	Hibrid babure (B)								
	Broj plodova/biljci			Prosečna masa ploda			Prinos (t/ha)		
	Planika	Bianca	Prosek	Planika	Bianca	Prosek	Planika	Bianca	Prosek
Kontrola	14.3	8.6	11.5	103.8	84	93.9	68.4	39.3	53.9
Transparentna	16.8	13.0	14.9	114.6	103.3	109.0	88.7	54.9	71.8
Crna	16.6	11.8	14.2	118.9	108.9	114.0	91.1	57.1	74.1
Braon	15.9	11.9	13.9	150.1	104.6	127.4	74.3	47.4	60.9
Srebrno-braon	15.3	13.4	14.4	103.9	79.7	91.8	72.3	43.8	58.1
Prosek	15.8	11.7	13.8	118.3	96.1	107.2	79.0	48.5	63.8
F-test	A	B	AxB	A	B	AxB	A	B	AxB
LSD 0.05	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	ns
LSD 0.01	5.0	6.4		8.2	5.2		6.5	8.8	
	6.8	8.6		11.0	7.0		4.1	5.5	



Graf. 1. Prinos ispitivanog hibrida babure Planika u zavisnosti od vrste folije

Na osnovu dinamike kretanja temperature zemljišta na ispitivanim dubinama utvrđeno je da primena tankih LDPE folija za nastiranje zemljišta ispoljava značajan uticaj na toplotni režim zemljišta. Neposredno nakon rasiđivanja paprike na dubini rizosfernog soja uspostavlja se konstantna temperaturna razlika od 3 do 4 °C, što za rezultat ima brže ukorenjavanje, inicijalni i ukupan porast, te na ranije prispevanje i na veći prinos paprike. Visoke temperature u površinskom sloju zemljišta ne utiču u početnim fazama negativno na aktivnost korena, dok se u toku letnjih meseci situacija menja i usled visoke pokrovnosti useva paprike ne dolazi do pregrevanja zemljišta ispod malč folije i do pojave anabioze korena [10].



Graf. 2. Kretanje temperature zemljišta nakon rasađivanja paprike na dubinama 2,5cm ; 7,5 cm ; 25 cm;

3. ZAKLJUČAK

Današnji tehnološki nivo omogućuje proizvodnju kvalitetnih polietilenskih folija, koje u značajnom stepenu propuštaju i menjaju spektralni sastav sunčeve svetlosti, modifikujući u značajnoj meri fotosintetsku aktivnost, porast i razviće hortikulturnih biljaka, gajenih u zaštićenom prostoru. Posebno je značajan aspekt primena plasteničkih i malč folija u kontroli pratilačkog kompleksa u sistemu integralne zaštite useva.

Energetska efikasnost sistema dvostrukih folija utvrđena je višegodišnjim ispitivanjem na dominantnom tipu tunelskih objekata bez bočnog otvaranja, širine u osnovi 8 m, dužine 50 m, visine do slemena 3,6 m. Najviši prinos paprike izvoznog kvaliteta postignut je korišćenjem EVA folija, termičke malč folije i kompletnim

pokrivanjem useva termozaštitnom barijerom, sa ciljem što veće akumulacije toplote sunčevog zračenja.

Ranija ispitivanja uticaja vrste malč folija na prinos paprike babure u ranoj plasteničkoj proizvodnji, pokazuju takođe značajan efekat nastiranja zemljišta na prinos i kvalitet, prvenstveno kroz akumulaciju toplote u rizosfernoj zoni korenovog sistema, što u značajnoj meri doprinosi ukupnoj energetskej efikasnosti proizvodnje povrća u zaštićenom prostoru.

LITERATURA

- [1] Antignus, Y., Mor, N., Ben Joseph, R., Lapidot, M., and Cohen, S. (1996): UV absorbing plastic sheets protect crops from insect pests and from virus diseases vectored by insects. *Environmental Entomology* 25: 919-924.
- [2] Antignus, Y., Cohen, S., Mor, N., Masika Y., and Lapidot, M. (1996): The effects of UV blocking green house covers on insects and insect borne virus diseases. *Plasticulture* 112: 5-20
- [3] Bot, G.P.A. (1993): Physical modelling of greenhouse climate, The Computerized Greenhouse, eds. Hashimoto, Y., G.P.A. Bot, W.
- [4] Beck M., Schmidt U., Munoz Carpena R. (1998): Ecological and economical control of drip irrigation in greenhouses, the right parameter for controlling irrigation by soil grown plants. *ActaHorticulturae* 458: pp. 407-410.
- [5] Costa H., Robb K.L. and Wilen C.A. (2002): Field trials measuring the effect of ultraviolet absorbing greenhouse plastic films on insect populations. *Journal of Econ. Entomol.* 95(1).113-120.
- [6] Elad Y. (1997): Effect of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse grown vegetables. *Crop protect.* 16. 635-642.
- [7] Hanan, J. Joe, (1998): Greenhouses. Advanced Technology for Protected Cultivation, CRC Press.
- [8] Nelson V. Paul (2003): Greenhouse Operation and Management, Sixth edition, Prentice Hall.
- [9] Momirović, N. (2002): Korišćenje polietilenskih folija u poljoprivredi. *Povrtarski glasnik*, Vol.1.br. 4. str. 5-11, Novi Sad.
- [10] Momirović, N., Savić Jasna (2007): Efekat primene različitih malč folija u plasteničkoj proizvodnji paprike. *Inovacije u ratarstvu i povrtarstvu*, Beograd.
- [11] Momirović, N., Dolijanović, Ž. (2009): Uticaj tehnike kalemljenja i načina gajenja na prinos paradajza u celogodišnjem proizvodnji na organskim supstratima. *Zbornik radosa IV Simpozijum Inovacije u ratarskoj i povrtarskoj proizvodnji*. Zemun,
- [12] Tantau, H.-J. (1993): Optimal control for plant production in greenhouses, The Computerized Greenhouse, eds. Hashimoto, Y., G.P.A. Bot, W. Day, H.-J. Tantau, and H. Nonami, pp. 139–152. New York: Academic.
- [13] Urbanus N. Mutwiwa (2004): Effects of UV-absorbing Plastic Films on Greenhouse Whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae).
- [14] Lenteren J.C. (2000): A greenhouse without pesticides: fact or fantasy. Review article. *Crop protection* 19: p.p. 375-384.

ENERGY EFFICIENCY OF PROTECTED CROP PRODUCTION OF PEPPERS REGARDING DIFFERENT TYPES OF POLYETHYLEN FILMS**Nebojša Momirović¹, Mičo V. Oljača¹, Željko Dolijanović¹, Dobrivoje Poštić²**¹*Faculty of Agriculture - Zemun,*²*Institute of Crop and Environment Protection - Belgrade*

Abstract: Using of different types of modern PE films has afforded several benefits in climate control inside of greenhouse: intensity and spectral characteristics of sunlight, air temperature and humidity, soil temperature and soil moisture. At the same time it is possible to achieve significant savings of resources, machines and labor cost, as well as efficient control of plant diseases, pests and weeds, thus in the field of integral pests management (IPM) of vegetables, flowers and herbs the most common use under protected space it have photo elective films. With the combination of insect proof nets, UV blocking or antivirus films have decrease application of pesticides for the suppression of pests and diseases. System of double polyethylene films have, regarding glass, several advantages especially during the summer, when it is much easier to keep the temperature regime, since overheated glass have emitted infra red waves between 7000 and 15000 nm increasing additionally temperature inside.

Effects of application of particular PE films and methods of its combination in order to achieve better energy efficiency of the protected cultivation of peppers have been presented in this work. Energy consumption analysis of pepper production depending of polyethylene film types, mulch films types and thickness of agro textile, have shown that advanced crop models could achieved high energy efficiency, because of higher yields of bell peppers with exportable quality and value, even though higher inputs. Significant influence of consistency and color of mulch films on the character of diffused light and soil temperature regime, as well on the yield, quality and financial results in peppers production have been listed.

Key words: *greenhouses, system of double films, energy efficiency, mulch films*