

Agrovoc descriptors: textiles; processed products; plant protection; plant protection equipment; protected cultivation; protective structures; plastics; mechanical properties; chemico-physical properties

Agris category code: F01; H01

Primerjava lastnosti polipropilenskih vlaken, namenjenih za izdelavo vrtnarskih vlaknovin

Andrej DEMŠAR¹, Dragan ŽNIDARČIČ², Diana GREGOR-SVETEC³

Delo je prispelo 19. februarja 2009; sprejeto 22. junija 2009.
Received: February 19, 2009; accepted: June 22, 2009.

IZVLEČEK

V intenzivnem vrtnarstvu se za vzgojo sadik in pridelavo vrtnin v vseh letnih časih uporablja različne oblike zavarovanega prostora. Najenostavnejša in najcenejša oblika zavarovanega prostora je neposredno prekrivanje rastlin z agrotekstilijami. Agrotekstilije so vlaknovine, izdelane iz tekstilnih vlaken, ki so navadno kemičnega izvora. Od agrotekstilij namenjenih za prekrivanje vrtnin, se zahtevajo primerna trdnost in dobre prepustne lastnosti, ki se pod vplivom vremenskih sprememb ne smejo bistveno poslabšati. Lastnosti agrotekstilij so odvisne od vlaken, iz katerih so agrotekstilije izdelane, ter od postopka in pogojev izdelave. Namen raziskave je bil analizirati dva tipa polipropilenskih (PP) vlaken (FiberVisions® HY-Comfort in UV-stabilizirana PP vlakna Trevon®), namenjenih za izdelavo vrtnarskih vlaknovin, primerjati rezultate z deklariranimi vrednostmi in predstaviti nekatere metode analize tekstilnih vlaken. Raziskava je pokazala, da prihaja med izmerjenimi in deklariranimi vrednostmi pri nekaterih lastnostih primerjanih vlaken do določenih razlik in da sta si preučevana tipa PP vlaken različna v tekstilno-mehanskih in strukturnih lastnostih.

Ključne besede: agrotekstil, polipropilenska vlakna, vlaknovina, mehanske lastnosti

ABSTRACT

THE COMPARISON OF PROPERTIES OF POLYPROPYLENE FIBRES INTENDED FOR THE PRODUCTION OF AGROTEXTILES

In the intensive horticulture various ways of protected area are used for the growth of seedlings and the cultivation of vegetables in all seasons. The easiest and the cheapest form of protected area is agrotexile which can be laid directly over field crops. Agrotexiles are nonwovens which are manufactured from textile fibers which are usually of chemical origin. Textiles, used as a agrotexiles require suitable tensile strength, and good permeability characteristics with no significant deterioration under the influence of weather changes. Properties of agrotexiles depend on the fibers made of and on the type and conditions of production. The aim of research was to analyse two types of polypropylene (PP) fibers (FiberVisions® HY-Comfort and UV-stabilised PP fibers Trevon®) which are used for the production of agrotexiles and to compare the results with the declared properties and to present some methods for the analysis of the textile fibers. The research showed that there is a difference between measured and declared properties and that two types of PP fibers are different regarding textile-mechanical and structural properties.

Key words: agrotexile, polypropylene fibers, nonwovens, mechanical properties

¹ Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Oddelek za tekstilstvo, SI-1000 Ljubljana, Snežniška 5, e-pošta: andrej.demsar@ntf.uni-lj.si

² Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Oddelek za agronomijo, SI-1111 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

³ isti naslov kot ¹

1 UVOD

V intenzivnem vrtnarstvu se uporabljajo različne oblike zavarovanega prostora, ki omogoča vzgojo sadik in pridelavo vrtnin v vseh letnih časih. Najenostavnejša in najcenejša oblika zavarovanega prostora je neposredno prekrivanje rastlin z agrotekstilijami. Agrotekstilije so vlaknovine iz tekstilnih (navadno kemičnih) vlaken, ki se uporabljajo za neposredno prekrivanje rastlin, za tunele ali dopolnilne tunele v večjih objektih (Osvald in Kogoj Osvald, 1999). V proizvodnji vlaknovin se lahko uporabijo skoraj vse vrste vlaken, vendar imajo kemična vlakna veliko večji komercialni pomen kot naravna. Med kemičnimi vlakni se za izdelavo agrotekstilij večinoma uporabljajo polipropilenska (PP) vlakna. Ta vlakna uvrščamo med kemična vlakna iz sintetiziranih polimerov. Osnovna surovina za izdelavo polipropilena kot polimera je propilen, ki ga navadno dobijo pri pirolizi in krekiranju nafte iz lažjih in srednje težkih frakcij ali destilatov nafte, ki so stranski produkti rafinerij (Pajgrt in sod., 1983).

Osnovna značilnost PP vlaknovin, ki se uporabljajo v vrtnarstvu, so nizka masa (17–60 g/m²), velika elastičnost in dobra prepustnost za sončne žarke (80–94 %). Vlaknovine blažijo temperaturne ekstreme. Voda prek mikropor počasi pronica in enakomerno zaliva rastline, hkrati pa prek mikropor izhlapeva, zaradi česar ne nastaja kondenz (Rekowska in sod., 1999). Poleg

tega vlaknovine zadržujejo prah in varujejo rastline pred vetrom, škodljivimi žuželkami in virusi (Dierickx, 1999).

Mnoge raziskave poročajo o pozitivnem vplivu PP vlaknovin na pridelek vrtnin. Tako so Wadas in sod. (2004) v hladni pomladi s prekrivanjem krompirja (*Solanum tuberosum* L.) dosegli dvakrat tolikšni pridelek gomoljev z več suhe snovi in škroba kot pri nepokritih rastlinah. Do podobnih rezultatov so s siljenjem krompirja pod vlaknovino prišli tudi Sawicka in Mikos-Bielak (2000) in Lachman in sod. (2003). Večji pridelek so pod vlaknovino dosegle tudi številne druge rastline, kot npr. okra (*Hibiscus esculentus* L.) (Brown in Channell-Butcher, 1999), zimska solata (*Lactuca sativa* L.) (Iwata in Kobayashi, 1999), dinje (*Cucumis melo* L.) (Ibarra in sod., 2001), paradižnik (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Žnidarčič in sod., 2003), por (*Allium porrum* L.) (Kołota in Adamczewska-Sowińska, 2007) in kolerabice (*Brassica napus* var. *gongylodes*) (Biesiada, 2008).

Namen raziskave je bil analizirati lastnosti dveh tipov PP vlaken, ki se uporabljata za izdelavo vrtnarskih vlaknovin, in ugotoviti razliko med deklariranimi (s strani proizvajalca) in izmerjenimi lastnostmi. Namen prispevka je tudi predstaviti nekatere metode, namenjene za analizo lastnosti tekstilnih vlaken.

2 MATERIAL IN METODE

V raziskavi smo uporabili dva tipa PP vlaken:

- PP vlakna, FiberVisions® HY-Comfort,
- UV-stabilizirana PP vlakna Trevon®.

Dolžino izravnanih vlaken (l) smo določali po standardu SIST ISO 6989. Posamezno vlakno smo s pomočjo dveh pincet izravnali ob merilu in odčitali dolžino.

Vrednost dolžinske mase vlaken (T_t) smo odčitali na vibroskopu Zweigle S-150 po standardu SIST EN ISO 1973. Dolžinska masa je definirana kot masa vlakna na določeno dolžinsko enoto in jo zato imenujemo tudi linearna gostota. Mednarodni sistem merskih enot SI določa kot osnovno enoto za dolžinsko maso kg/m, kot dovoljeno pa tudi tex = g/km (dtex = g/10 km).

Stopnjo kodravosti (K_{st}) smo izračunali iz razmerja med dolžino izravnane in dolžino skodranega vlakna (ASTM D3937, 2007).

Pretržne sile in pretržne raztezke vlaken v nateznem poskusu smo merili na dinamometru Instron 6022 (SIST ISO 5079). Rezultate meritev smo ovrednotili s pomočjo računalniškega program DINARA (Bukošek, 1989). Računalniški program nam poleg vrednosti napetosti, raztezka, integrala, prvega, drugega in tretjega odvoda v celotnem območju raztezkov

poda rezultate numerične analize. Omogoča tudi prikaz naraščanja napetosti in deformacije od ničelne vrednosti do pretrga vzorca v obliki grafa in integralno analizo krivulje specifična napetost – raztezek.

$$\sigma_{pr} = \frac{F_{pr}}{T_t} \quad (\text{cN/dtex}) \quad (1)$$

$$\sigma_{dpr} = \sigma_{pr} \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon_{pr}}{100} \right) \quad (\text{cN/dtex}) \quad (2)$$

σ_{pr}	specifična pretržna napetost (cN/dtex)
σ_{dpr}	dejanska specifična pretržna napetost (cN/dtex)
ε_{pr}	pretržni raztezek (%)
F_{pr}	pretržna sila (cN)
T_t	dolžinska masa (dtex)

Termične lastnosti smo določili po termomikroskopski metodi, ki jo je opisala Prelog (2003).

Dvolomnost smo merili s polarizacijskim mikroskopom Meopta, opremljenim z nitnim križem v okularju, merilnim okularjem in vstavljenim Ehringhausovim kompenzatorjem (Prelog, 2003).

$$\delta = \Delta n \cdot d \cdot \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\Gamma_{550}}{d \cdot 10^3} \quad (3)$$

δ fazni premik, ki ga merimo s kompenzatorjem

λ valovna dolžina svetlobe (nm)

Δn dvolomnost

d premer vlakna (nm)

Γ_{550} fazna razlika pri valovni dolžini 550 nm

$$f_{or} = \frac{\Delta n}{\Delta n_i} \quad (4)$$

f_{or} faktor srednje orientacije

Δn_i dvolomnost idealno orientiranega kristalnega vlakna (PP = 0.045)

Gostoto in stopnjo kristalnosti smo določali s temperaturo lebdjenja vlaken v tekočini enake gostote in nihajnega časa tekočine, vode in zraka (Juilfs, 1959).

Gostote merjenih vzorcev so ustrezale naslednji mešanici tekočin s pripadajočo enačbo, ki podaja linearno odvisnost gostote od temperature:

$$\rho_v = -0,0007789454451449 \cdot T + 0,9216578425963 \quad (5)$$

Iz gostote smo izračunali volumski in masni delež kristalnosti:

$$x_v = \frac{\rho_v - \rho_{am}}{\rho_{kr} - \rho_{am}} \quad (6)$$

$$x_w = \frac{\rho_{kr} \cdot (\rho_v - \rho_{am})}{\rho_v \cdot (\rho_{kr} - \rho_{am})} \quad (7)$$

x_v volumski delež kristalnosti

x_w masni delež kristalnosti

ρ_{kr} gostota popolno kristaline faze (PP = 0,938 g/cm³)

ρ_{am} gostota popolno amorfne faze (PP = 0,8545 g/cm³)

ρ_v izmerjena gostota vzorca (g/cm³)

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

Dolžina vlaken, ki jo deklarira proizvajalec (40 mm), se je zelo dobro ujemala z izmerjeno dolžino vlaken pri vzorcu FiberVisions, medtem ko je pri vzorcu Trevon prišlo do odstopanja za več kot 8 %. S srednjo vrednostjo 36,7 mm so bila vlakna vzorca Trevon za okoli 8 % krajša od vlaken vzorca FiberVisions (Preglednica 1). Dolžina vlaken močno vpliva na lastnosti vlaknovine, kot so trdnost, raztezek, neenakomernost, prepustnost, otip in videz. Krajša kot so vlakna, več je vlaken na maso tekstilnega izdelka. Podoben vpliv kot dolžina ima na mehanske lastnosti vlaknovine tudi dolžinska masa vlaken. Navedena

dolžinska masa vlaken je 2,20 dtex (dovoljeno odstopanje $\pm 0,65$ dtex za FiberVisions in 0,21 dtex za Trevon). Izmerjena dolžinska masa je bila pri obeh vzorcih višja od deklarirane, in sicer pri vzorcu FiberVisions za 35 % in pri vzorcu Trevon za 8,6 %. Pri obeh vzorcih je bila tako dolžinska masa na zgornji še dovoljeni deklarirani meji oz. ob upoštevanju odstopanja že izven nje. Vlakna vzorca Trevon (2,38 dtex) so imela za okoli 20 % nižjo vrednost izmerjene dolžinske mase v primerjavi z vzorci FiberVisions.

Preglednica 1: Deklarirana dolžina (l'), izmerjena dolžina (l), deklarirana dolžinska masa (T') in izmerjena dolžinska masa (T) vlaken

Table 1: Declared length (l'), measured length (l), declared linear density (T') and measured linear density (T) of fibers

Vzorec	l' (mm)	l (mm)	T'_t (dtex)	T_t (dtex)
FiberVisions	40,00 \pm 3,00	39,80 \pm 0,47	2,20 \pm 0,65	2,97 \pm 0,16
Trevon	40,00 \pm 3,00	36,67 \pm 0,22	2,20 \pm 0,21	2,38 \pm 0,06

Oba vzorca sta imela podobno kodravost (Preglednica 2), in sicer vzorec FiberVisions 10,4 kodrov/cm in vzorec Trevon 9,7 kodrov/cm (pri obeh je bilo odstopanje od srednje vrednosti 2 kodra/cm). Tudi videz kodrov je bil pri obeh vzorcih podoben, kodri so bili

neenakomerni, ob večjih so se pojavljali tudi bolj stisnejni, majhni kodri. Stopnja kodravosti, podana z razmerjem med dolžino razkodranega vlakna in dolžino zravnane, še kodrastega vlakna, je bila nizka.

Preglednica 2: Število kodrov (K), stopnja kodravosti (K_{st}) in standardno odstopanje (s)

Table 2: Number of curls (K), curling degree (K_{st}) and standard deviation (s)

Vzorec	K (kodri/cm)	s (kodri/cm)	K_{st} (l)	s (l)
FiberVisions	10,40 ± 0,55	2	1,16 ± 0,03	0,08
Trevon	9,70 ± 0,55	2	1,17 ± 0,05	0,14

Od nateznih lastnosti vlaken je odvisen odziv vlaken na zunanje sile in deformacije. Natezne lastnosti so najlaže določljive lastnosti, ki vplivajo na obnašanje vlaken pri predelavi in uporabi. Pretržni raztezek je bil pri obeh vzorcih velik, saj je znašal pri vzorcu FiberVisions 399,16 %, pri vzorcu Trevon pa 273,37 % (Preglednica 3). Izmerjene vrednosti so bile pri vzorcu FiberVisions

za več kot 1 % višje in pri vzorcu Trevon za več kot 23 % nižje od deklarirane vrednosti. Izmerjena specifična pretržna napetost je bila pri vzorcu Trevon v primerjavi z vzorcem FiberVisions za okoli 30 % večja. V primerjavi z deklariranimi pa so bile izmerjene vrednosti pri obeh vzorcih zelo podobne.

Preglednica 3: Deklarirani pretržni raztezek (ϵ_{pr}), izmerjeni pretržni raztezek (ϵ_{pr}), deklarirana specifična pretržna napetost (σ_{pr}) in izmerjena specifična pretržna napetost (σ_{pr})

Table 3: Declared breaking strain (ϵ_{pr}), measured breaking strain (ϵ_{pr}), declared specific breaking stress (σ_{pr}) and measured specific breaking stress (σ_{pr})

Vzorec	ϵ_{pr} (%)	ϵ_{pr} (%)	σ_{pr} (cN/dtex)	σ_{pr} (cN/dtex)
FiberVisions	395 ± 80	399,16 ± 19,93	1,70 ± 0,20	1,72 ± 0,20
Trevon	356 ± 60	273,37 ± 28,33	1,90 ± 0,14	2,08 ± 0,10

Medtem ko je specifična pretržna napetost podana z razmerjem pretržne sile in dolžinske mase, je korigirana specifična pretržna napetost podana kot razmerje med pretržno silo in dolžinsko maso v trenutku pretrga. Ker se dolžinska masa med obremenjevanjem z natezno silo zmanjša, to povzroči povečanje napetosti v vlaknih in s tem višjo dejansko specifično pretržno napetost. Iz Preglednice 4 je razvidno, da je bila korigirana specifična pretržna napetost nekajkrat višja od specifične pretržne napetosti pri obeh vzorcih in da je bila pri vzorcu Trevon višja kot pri vzorcu FiberVisions.

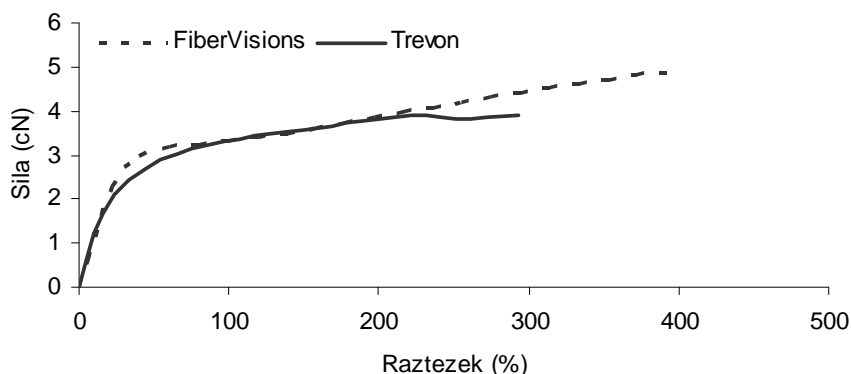
Viskoelastične lastnosti (Preglednica 4 in Slika 1) sodijo med pomembnejše lastnosti, ki opredeljujejo uporabno kakovost vlaken, ker vplivajo na potek proizvodnega procesa in končne lastnosti tekstilnega

izdelka. Podobno kot trdnost je bil tudi modul elastičnosti obeh vzorcev nizek. Vzorec Trevon je imel več kot dvakrat višjo vrednost modula elastičnosti, kar pomeni, da bo začetni upor na delovanje sile pri tem vzorcu večji kot pri vzorcu FiberVisions. Polzišče na krivulji specifične napetosti proti raztezkju je točka, kjer se konča elastično območje in začne viskoelastično obnašanje vlaken, ki je povezano z delnimi trajnimi deformacijami. Podajamo ga s specifično napetostjo in pripadajočim raztezkom v tej točki. Polzišče je nastopilo pri vzorcu Trevon prej in pri nižji napetosti kot pri vzorcu FiberVisions, pri obeh vzorcih pa je potem sledilo viskoelastično območje, kjer je bil upor na delovanje sile majhen in že majhne obremenitve so povzročile veliko raztezanje vlaken.

Preglednica 4: Korigirana specifična pretržna napetost (σ_{kpr}), specifična pretržna napetost v polzišču (σ_{pol}), pretržni raztezek v polzišču (ε_{pol}), modul elastičnosti (E_0)

Table 4: Corrected specific breaking stress (σ_{kpr}), specific breaking stress at yield point (σ_{pol}), breaking strain at yield point (ε_{pol}), elasticity modulus (E_0)

Vzorec	σ_{kpr} (cN/dtex)	σ_{pol} (cN/dtex)	ε_{pol} (%)	E_0 (GPa)	A_{sp} (kJ/kg)	f_A (/)
FiberVisions	10,12	0,79	40,52	0,10	742,2	0,87
Trevon	13,41	0,58	23,58	0,23	845,7	0,87



Slika 1: Sila v odvisnosti od raztezka vzorcev FiberVisions in Trevon

Figure 1: Force as a function of strain of samples FiberVisions and Trevon

Z dovajanjem toplote nastopi pri dovolj veliki toplotni energiji fazni prehod I. reda – taljenje kristalinih predelov strukture. Pri vlaknih je dokaj težko natančno določiti vrednost kritične temperature prvega reda, to je tališče, ker je težko razločiti zmeščanje (mehansko tekoče stanje polimera) od začetnega trenutka taljenja, kar je tudi razvidno iz rezultatov meritev, podanih v Preglednici 5. Tališče je odvisno od kemične sestave, popolnosti in velikosti kristalinitov ter od orientacije

molekul. Temperatura zmeščanja vzorca FiberVisions je bila višja za 1,5 °C od temperature zmeščanja pri vzorcu Trevon. Začetek taljenja za vzorec FiberVisions je bil pri 158,8 °C, za vzorec Trevon pa pri 161,7 °C. Interval taljenja, povezan z velikostjo in popolnostjo kristaline strukture, je bil pri vzorcu FiberVisions širši, kar ob nižji temperaturi začetka taljenja pomeni, da so pri teh vlaknih prisotni manjši in manj popolni kristaliti ter nižja stopnja orientacije.

Preglednica 5: Zmeščišče vlaken (T_z), tališče vlaken (T_{tal}) in interval taljenja (T_i)

Table 5: Softening point (T_z), melting point (T_{tal}) and melting interval (T_i)

Vzorec	T_z (°C)	T_{tal} (°C)	T_i (°C)
FiberVisions	155,08 ± 1,53	začetek t. 158,83 ± 0,46 konec t. 169,55 ± 1,42	10,72
Trevon	155,08 ± 1,53	začetek t. 161,71 ± 0,29 konec t. 170,58 ± 0,81	8,87

Optična dvolomnost je odvisna od orientacije polimernih molekul in stopnje kristalinitov vlaken. Večja dvolomnost je bila izmerjena pri vzorcu Trevon

in v povezavi s tem je pri tem vzorcu višji tudi faktor orientacije, izračunan iz dvolomnosti (Preglednica 6). Razlika med vzorcema je bila velika, saj je znašala 20

% Rezultati meritev dvolomnosti so pokazali, da sta višja trdnost in modul elastičnosti vlaken v vzorcu

Trevon posledica višje orientacije polimernih molekul in višjih strukturnih gradnikov teh vlaken.

Preglednica 6: Dvolomnost vlaken (Δn), faktor orientacije vlaken (f_{or}) in standardno odstopanje (s)

Table 6: Birefringence of fibers (Δn), orientation factor (f_{or}) and standard deviation (s)

Vzorec	Δn (/)	s (/)	f_{or} (/)	s (/)
FiberVisions	$0,0276 \pm 0,0024$	0,0040	$0,613 \pm 0,055$	0,088
Trevon	$0,0350 \pm 0,0016$	0,0048	$0,778 \pm 0,036$	0,036

Stopnja kristalnosti je ob stopnji orientacije najpomembnejši faktor, ki določa mehanske lastnosti vlaken. Z večanjem kristalnosti se povečujeta trdnost in modul elastičnosti vlaken. Rezultati izmerjenih vrednosti gostote in iz nje izračunani utežna in volumska stopnja kristalnosti so podani v Preglednici 7. Razlike v gostoti vzorcev FiberVisions in Trevon niso

bile velike in v povezavi s tem so bile razlike v stopnji kristalnosti majhne. Nekoliko višjo kristalnost, in sicer za 3 %, je imel vzorec FiberVisions. Razlika v stopnji kristalnosti med vzorcema je bila premajhna, da bi občutno vplivala na razlike v mehanskih lastnostih vlaken.

Preglednica 7: Gostota vlaken (ρ_v), utežna stopnja kristalnosti vlaken (x_w) in volumska stopnja kristalnosti vlaken (x_v)

Table 7: Density of fibers (ρ_v), weight degree of crystallinity (x_w) in volume degree of crystallinity (x_v)

Vzorec	ρ_v (g/cm ³)	x_w (%)	x_v (%)
FiberVisions	$0,89946 \pm 0,00034$	$59,8 \pm 0,4$	$57,5 \pm 0,4$
Trevon	$0,89796 \pm 0,00024$	$58,1 \pm 0,3$	$55,8 \pm 0,3$

4 SKLEPI

Poznavanje lastnosti vlaken, iz katerih je izdelana vrtnarska vlaknovina, je zelo pomembno tako za proizvajalca kot za uporabnika vlaknovine. Namen raziskave je bil primerjati dva tipa PP vlaken, namenjenih za izdelavo vlaknovin, med seboj in hkrati primerjati dobljene vrednosti z deklariranimi.

Primerjava lastnosti vlaken, ki jih navaja proizvajalec, z lastnostmi, ki jih je pokazala naša raziskava, kaže, da prihaja med izmerjenimi in deklariranimi vrednostmi do določenih razlik. Raziskava je pokazala tudi na razlike v tekstilno-mehanskih in strukturnih lastnostih med obema tipoma PP vlaken. Vlakna vzorca Trevon so za okoli 8 % krajša in imajo 20 % nižjo dolžinsko maso v primerjavi z vlakni FiberVisions.

Vzorec Trevon ima občutno nižji raztezek, višjo specifično pretržno napetost in višji modul elastičnosti v primerjavi z vzorcem FiberVisions. Polzišče je

nastopilo pri vzorcu Trevon prej in pri nižji napetosti kot pri vzorcu FiberVisions.

Večja dvolomnost je bila izmerjena pri vzorcu Trevon in v zvezi s tem je pri tem vzorcu višji tudi faktor orientacije, izračunan iz dvolomnosti. Rezultati meritev dvolomnosti so pokazali, da sta višja trdnost in modul elastičnosti vlaken v vzorcu Trevon posledica višje orientacije polimernih molekul in višjih strukturnih gradnikov teh vlaken.

Temperatura zmečkaišča vzorca FiberVisions je bila višja od temperature zmečkaišča vzorca Trevon. Interval taljenja, povezan z velikostjo in popolnostjo kristaline strukture, je bil pri vzorcu FiberVisions širši, to pa ob nižji temperaturi začetka taljenja pomeni, da so pri teh vlaknih prisotni manjši in manj popolni kristaliti ter nižja stopnja orientacije.

5 VIRI

- ASTM D3937, 2007. Standard test method for crimp frequency of manufactured staple fibers. ASTM Book of Standards, Vol. 04.13, 1999, ASTM, Philadelphia, PA.
- Dierickx, W. 1999. Opening size determination of technical textiles used in agricultural applications. *Geotext. Geomemb.*, 17: 231–245.
- Biesiada, A. 2008. Effect of flat covers and plant density on yielding and quality of kohlrabi. *J. Elementol.*, 13, 2: 167–173.
- Brown, J.E., Channell-Butcher, C. 1999. Effect of three row covers and black plastic mulch on the growth and yield of 'Clemson Spineless' okra. *J. Veg. Crop Prod.*, 5, 2: 67–71.
- Bukošek, V. 1989. Računalniško vrednotenje viskoelastičnih lastnosti vlaken, filamentov, prej, tkanin, trakov, folij in ploskih izdelkov iz nateznih in tlačnih poskusov. Razvoj metode in programske opreme DINARA[®], Ljubljana, 55 str.
- Call, R.E., Courter, J.W. 1989. Response of bell pepper to raised beds, black plastic mulch, spunbonded row cover and trickle irrigation. *Proceed. of 21st NAPC*: 140–146.
- Ibarra, L., Flores, J., Diaz-Perez, J.C. 2001. Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. *Sci. Hortic.*, 87: 139–145.
- Iwata, H., Kobayashi, S. 1999. Application of row cover in winter lettuce cultivation. *Kinki Chugoku Agr. Res.*, 98: 32–37.
- Juilfs, J. 1959. *Meilland Textile Ber.*, 40: 963–966.
- Kołota, E., Adamczewska-Sowińska, K. 2007. The effects of flat covers on overwintering and nutritional values of leeks. *Veget. Crops Res. Bull.*, 66: 11–16.
- Lachman, J., Hamouz, K., Hejtmankova, A., Dudjak, J., Orsak, M., Pivec, V. 2003. Effect of white fleece on the selected quality parameters of early potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Plant Soil Environ.*, 49, 8: 370–377.
- Osvald, J., Kogoj Osvald, M. 1994. Gojenje vrtnin v zavarovanem prostoru. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 126 str.
- Pajgrt, O., Reichstader, B., Ševčik, F. 1983. Production and application of polypropylene fibers. Elsevier Sc. Pub. Co., New York, 22. str.
- Prelog, T. 2003. Svetlobna obstojnost polipropilenskih vlaknovin. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Naravoslovno tehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 103 str.
- Rekowska, E., Orłowski, M., Słodkowski, P. 1999. Wpływ stosowania osłon oraz terminów zbioru na plonowanie ziemniaka wczesnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 466: 181–189.
- Sawicka, B., Mikos-Bielak, M. 2000. Wpływ nawożenia azotem i uprawy pod osłonami na wartość konsumpcyjną bulw ziemniaka. *Konf. Nauk. "Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie"*. AR Wrocław, Polanica Zdrój: 132–133.
- Wadas, R., Jabłońska-Ceglarek, R., Kosterna, E. 2004. Effect of plastic covering and nitrogen fertilization on yield and quality of early potatoes. *Folia Hort.*, 16, 2: 41–48.
- Žnidarčič, D., Trdan, S., Zlatič, E. 2003. Impact of various growing methods on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yield and sensory quality. *Res. Rep., Biotech. Fac., Univ. Ljublj.*, 81: 341–348.