

Uporedna analiza svojstava različitih sorti lana uzgojenih u okolini Banjaluke

Biljana D. Lazić^{1,2}, Mirjana M. Kostić², Svjetlana D. Janjić^{*3}

¹Institut za javno zdravstvo Republike Srpske, Banja Luka, Republika Srpska, BiH

²Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, Srbija

³Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, Banja Luka, Republika Srpska, BiH

ISSN 2232-755X

UDC: 633.34:631.526(497.6Banjaluka)

DOI: 10.7251/GHTE 1713031L

Originalni naučni rad

Rad primljen: 23.08.2017.

Rad prihvaćen: 08.11.2017.

Rad dostupan od 20.12.2017.

na <https://glasnik.tf.unibl.org/>

Ključne riječi:

uzgoj lana,

lanena vlakna,

hemijski sastav,

fizičko-mehanička svojstva.

U okviru ovog rada ispitivana je mogućnost uzgoja i izvršena uporedna analiza svojstava različitih sorti lana uzgojenih u toku jedne godine u nizinskom kontinentalnom području u okolini grada Banja Luka (Republika Srpska, Bosna i Hercegovina). Na eksperimentalnim parcelama su zasijane tri sorte lana: Jitka (Češka), Venica (Češka) i Zaječar (Srbija) uz primjenu istih agronomskih uslova, a nakon provedenih oglada su utvrđeni: visina, prečnik i prinos stabljike, sadržaj sjemena i sadržaj dugih i kratkih vlakana. Za uzorke izdvojenih vlakana su utvrđeni: hemijski sastav (prateće supstance rastvorljive u vodi, masti i voskovi, pektini, α-celuloza, hemiceluloze, lignin i pepeo), fizičko-mehanička svojstva (dužina, finoća i prekidna jačina vlakana) i sposobnost zadržavanja vode (SZV). Najbolja svojstva je pokazala češka sorta Venica, kod koje je utvrđena najveća prosječna visina stabljike i najveći sadržaj vlakana koja su imala najveću dužinu, finoću i jačinu u odnosu na sorte Jitka i Zaječar. Na osnovu provedenih oglada i dobijenih rezultata može se zaključiti da bi, s obzirom na količinu i kvalitet izdvojenih vlakana, revitalizacija predivog lana na ovom području bila u potpunosti opravdana.

UVOD

Lan (*Linum usitatissimum* L.) je posljednjih godina ponovo postao ekonomski i ekološki interesantna industrijska biljka u Evropi i svijetu što je uticalo na pokušaj revitalizacije njegovog uzgoja i na našim područjima. Istorijski posmatrano, lan je imao važnu ulogu u životu i radu prethodnih generacija. Lan se uzgajao još u najranijem dobu razvoja čovječanstva za dobijanje vlakana od kojih su izrađivane pređe i tkanina, dok se njegovo sjeme koristilo za ishranu i dobijanje ulja. Stari Egipćani su od lana izrađivali odjeću i uvijali mumije u laneno platno. Slovenski narodi i narodi sjeverne Evrope su u početku gajili lan za svoje vlastite potrebe, a kasnije je on postao značajna industrijska sirovina.

Lan je biljka koja može da se uzgaja na različitim geografskim područjima, a proizvodi dobijeni od lana imaju mnogobrojna područja primjene (Brunšek et al., 2014; Jhala & Hall, 2010; Pavelek & Tejklová, 2004; Raffaelli i Andrassy, 1990):

- duga i kratka vlakna se koriste u tekstilnoj industriji;

- pozder (drvenasti dio) i otpadna vlakna se koriste u građevinarstvu, automobilske industriji, za proizvodnju namještaja, papira i za ogrev;
- sjeme, ulje i ostaci sjemenki se koriste u ishrani ljudi i životinja, u hemijskoj industriji za proizvodnju boja, lakova, slikarskih boja itd.

Tekstilni ili predivi lan, čiji je primarni proizvod vlakno, prilagođen je vlažnijoj i umjerenijoj klimi, dok se lan, čiji je primarni proizvod sjeme, odnosno ulje susreće u oblastima sa suvom i toplom klimom (Pasković, 1966). Međutim, i u toplijim oblastima se mogu naći područja pogodnih klimatskih uslova za uzgoj predivog lana, a tipičan primjer je Egipat (El-Hariri et al., 2004). U današnje vrijeme se lan za dobijanje vlakana primarno uzgaja na području sjeverozapadne Evrope (naročito Francuskoj i Belgiji), zatim Kini i zemljama bivšeg Sovjetskog Saveza (Tahir et al., 2011). Iako se u SAD troši najviše lanenih vlakana po stanovniku, na ovom području se uglavnom uzgaja uljni lan, dok se lanena vlakna za tekstil i kompozite uvoze (Foult et al., 2002). Takođe, lan može da se uzgaja i kombinovano, za dobijanje vlakana i sjemena (ulja).

Na području Bosne i Hercegovine (BiH) su geografski i klimatski uslovi veoma pogodni za uzgoj lana. Prije i nakon Drugog svjetskog rata ovo područje je bilo među najznačajnijim regionima za uzgoj predivog lana i ovdje se

* Korespondentni autor: Svjetlana Janjić, Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, Stepe Stepanovića 73, Banja Luka; e-mail: svjetlana.janji@tf.unibl.org

nalazilo oko 50% ukupnih površina zasijanih lanom u bivšoj Jugoslaviji. U našem neposrednom okruženju gotovo da nije bilo domaćinstva koje se nije bavilo uzgojem i preradom lana i konoplje. U tadašnjoj Jugoslaviji su 1945. god. površine zasijane lanom obuhvatale 15.500 ha, 1959. god. su obuhvatale 12.000 ha, da bi se 1967. god. smanjile na svega 4.150 ha (Studija Privredne komore SR Bosne i Hercegovine [SPKSRBIH], 1980). Sedamdesetih godina XX vijeka došlo je do značajnog smanjenja, a zatim i potpunog prestanka uzgoja lana i konoplje za tekstilne svrhe. Tome su doprinijeli visoki troškovi proizvodnje, nizak stepen mehanizacije, nesigurni prinosi zavisni od klimatskih faktora, ali i opadanje potražnje na tržištu usljed moguće supstitucije hemijskim vlaknima, koja su jednostavnija i ekonomičnija za proizvodnju.

Međutim, sve manje zalihe obnovljivih resursa i različiti ekološki problemi koji nastaju pri proizvodnji i odlaganju sintetičkih materijala ponovo su vratili interes za upotrebom prirodnih vlakana. U tom kontekstu je lan postao ekonomski i ekološki interesantna industrijska biljka. U državama Zapadne Evrope i SAD-a se za uzgoj lana i razvoj novih postupaka obrade ulažu značajna sredstva kako bi se podstakla upotreba lanenih vlakana za tekstilne, ali i za tehničke i kompozitne materijale (Foulk et al., 2004; Goutianos et al., 2006). Razvojem postupaka izdvajanja vlakana iz stabljike, koji su postali ekonomičniji i ekološki prihvatljiviji, uz uvažavanje modnih trendova i želja potrošača za prirodnim materijalima, ova vlakna su ponovo postala tržišno veoma zanimljiva i profitabilna. Nova saznanja o značaju prirodnih vlakana kao obnovljivih, biodegradabilnih i ekološki prihvatljivih materijala, proširenje područja njihove upotrebe, kao i proširenje upotrebne vrijednosti sjemena lana uticali su da se krajem XX vijeka obnovi proizvodnja lana u svijetu, ali i na našim područjima (Kondić & Nožinić, 2001; Lazić i sar., 2004; Lazić i sar., 2005; magistarski rad autora Lazić, 2006; Nožinić et al., 2013; Ristić i sar., 2000).

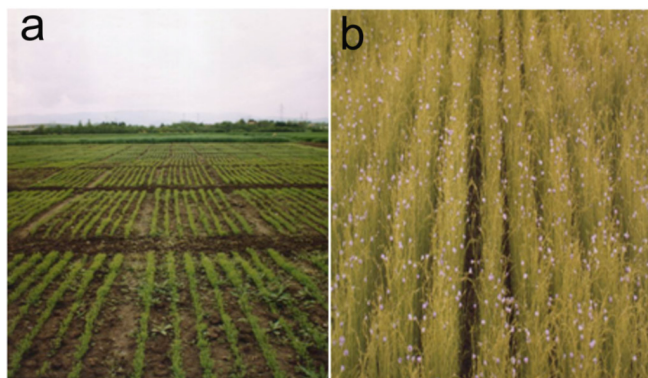
Pored navedenog, bitan razlog velikog interesa za lanena vlakna je i sam kvalitet ovih vlakana, koja se odlikuju velikom jačinom, dobrim upijanjem vlage, trajnošću, lijepim sjajem i hladnim opipom zbog čega su naročito ugodna za ljudsko tijelo i pogodna za izradu ljetne odjeće (Jhala & Hall, 2010). Lanena vlakna u prirodnom, nebijeljenom stanju sadrže prirodne pigmente, lignin i hemiceluloze koje apsorbiraju UV zračenje i pružaju daleko veću zaštitu u odnosu na tkanine proizvedene od bijeljenog pamuka i viskoze (Zimniewska et al., 2004). To je posebno značajno jer je zbog sve većih oštećenja ozonskog omotača učestala pojava različitih kožnih oboljenja. Lanena vlakna sadrže i supstance koje sprečavaju razvoj bakterija, te daju visoke higijenske vrijednosti odjeći, posteljini i sličnim proizvodima koji se koriste u zdravstvu (Hipler & Elsner, 2006). Zbog relativno visoke otpornosti na toplotu, male sklonosti deformacijama i dugotrajnosti, lanena vlakna se mogu primijeniti u oblasti tehničkog tekstila i kompozitnih materijala (Li et al., 2007).

S obzirom na prethodna razmatranja i činjenicu da se predivi lan tradicionalno uzgajao na području Banjalučke regije, poslednjih godina se ponovo vratio interes za uzgoj lana na ovom području. Uporedo s tim počela su i naučna istraživanja čiji kontinuitet je bio prekinut sa prestankom značajnije proizvodnje lana na ovim prostorima. Sorte lana koje su ranije uzgajane u ovim krajevima su nestale, dok su u međuvremenu u inostranstvu kreirane sorte predivog lana sa visokim prinosom i kvalitetom vlakana. Da bi se što uspješnije izvršila revitalizacija uzgoja lana, neophodno je ispitati mogućnost uzgoja dostupnih sorti, uzimajući u obzir njihova morfološka i tekstilno-tehnološka svojstva, kao i aklimatizacijske sposobnosti na agroekološke uslove područja Republike Srpske. S ciljem da damo svoj doprinos revitalizaciji uzgoja i prerade lana na ovim područjima, u ovom radu su ispitivane mogućnosti uzgoja tri sorte lana: *Jitka* (Češka), *Venica* (Češka) i *Zaječar* (Srbija), a zatim je izvršena uporedna analiza svojstva uzgojenih sorti i kvaliteta izdvojenih vlakana.

MATERIJALI I METODE

Uzgoj lana i izdvajanje vlakana

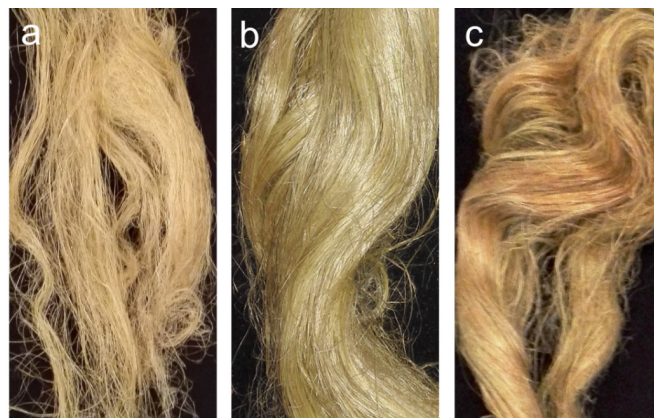
Na eksperimentalnim parcelama prikazanim na Slici 1., koje se nalaze u kontinentalnom području sa umjerenom klimom u okolini grada Banja Luka, Republika Srpska (BiH) zasijane su tri sorte lana: *Jitka* (Češka), *Venica* (Češka) i *Zaječar* (Srbija) s ciljem da se ispita mogućnost njihovog uzgoja i uporedi prinos i kvalitet izdvojenih vlakana. Sorte *Jitka* i *Venica* se uzgajaju za dobijanje vlakana, a sorta *Zaječar* je namijenjena za dobijanje i sjemena. Lan je uzgajan u toku jedne godine uz primjenu istih agronomskih uslova. Zemljište je dobro obrađeno i usitnjeno jer je za sjetvu lana potrebno rastresito zemljište (gruba predsetvena obrada u jesen koja se nastavlja u rano proljeće sa finom pripremom zemljišta za jari lan). Zemljište je imalo neutralnu reakciju (pH u vodi 7,1), sadržaj humusa 2,6%, vrlo visoku koncentraciju raspoloživog P_2O_5 (35 mg/100 g) i visoku koncentraciju



Slika 1. Eksperimentalne parcele lana: a) faza listanja, b) faza cvjetanja
Figure 1. The experimental flax fields: a) leafing phase, b) flowering phase

K_2O (45 mg/100 g) (Nožinić et al., 2013). Sjetva lana je obavljena početkom aprila u gustom sklopu, pri čemu je razmak između redova iznosio 12,5 cm, a dubina sjetve 1-2 cm sa preko 2000 sjemenki/m². Takav način sjetve sprečava jako grananje stabljike, omogućava rast biljke u visinu i formiranje dugačke stabljike koja sadrži veću količinu dugih vlakana (Pasković, 1966; Raffaelli i Andrassy, 1990). Za uzgoj je korišćeno vještačko đubrivo NPK 15-15-15 koje je dodato prije sjetve u količini 300 kg/ha. Đubrenje azotom je ključni element koji može osigurati zadovoljavajući prinos vlakana, a da se pri tome ne umanje vrijednosti tekstilno-tehnoloških svojstava vlakana. Norme đubriva koje se primjenjuju za predivi lan su niske i nije potrebno dodavati više od 30 kg/ha azota (Šurina i sar., 2011). Za uništavanje korova je korišćen herbicid (bentazon) prema preporukama proizvođača. Vegetacioni period je trajao oko 100 dana, a polovinom jula, u fazi žute zrelosti, stabljike lana su počupane ručno. Zatim su stabljike prosušene na njivi slaganjem u kupe i utvrđen prinos, visina i prečnik stabljike. Odvajanje sjemena može da se obavi odmah poslije čupanja, ali se češće obavlja poslije sušenja, neposredno prije močenja, kao što je urađeno u ovom eksperimentu. Sjeme je odvojeno ručno, mlaćenjem stabljike i provlačenjem kroz grebene. Kao i u prošlosti, glavni proizvod su vlakna, ali se istovremeno dobija i laneno sjeme koje se najčešće koristi za narednu sjetvu, zdravstvene svrhe (obloge, napici, čajevi) i u ishrani.

Nakon odvajanja sjemena, primijenjen je tradicionalni postupak prerade stabljike i izdvajanja vlakana koji je obuhvatao: močenje u hladnoj vodi, sušenje, lomljenje, trljenje i grebanje. Močenje je obavljeno u potoku, potapanjem rukoveti stabljika lana u vodu neposredno uz obalu gdje vodena struja nije jaka, a rukoveti su dodatno pritisnute kamenjem. U toku ove faze dolazi do biološke razgradnje vanjskog omotača stabljike i pektina čime se vlakana odvajaju od ostalih dijelova stabljike. Pri kraju močenja voda se jako zamuti i ima neugodan miris, što je znak da je potrebno svakodnevno kontrolisati proces močenja stabljike da ne bi došlo do oštećenja vlakana. Močenje je završeno kada se pri provlačenju stabljike između palca i kažiprsta vlakno lako odvaja i ne kovrdža se. U ovom eksperimentu je proces močenja trajao 10 dana, a zatim su stabljike rastresito postavljene u kupe i sušene nekoliko dana. Da bi se izdvojila vlakna, stabljike lana su lomljene na lomilici ručne izrade, poznate pod nazivom "stupa". Nakon lomljenja stabljika vršeno je trljenje na trlici, takođe ručne izrade, koja se sastoji od para zatupljenih noževa. Izlomljene stabljike lana su nekoliko puta provlačene između para noževa, pri čemu se pozder izlomi na sitnije dijelove i jedan dio odstrani iz vlakana. Trljeni lan se zatim provlači kroz ručne grebene, koji se sastoje od čeličnih zubaca pričvršćenih na dasku na rastojanju od oko 3 mm. Na ovaj način se pozder odvaja od vlakana i izdvajaju kratka vlakna - kučina, a duga vlakna koja su prikazana na Slici 2. se paralelizuju i oblikuju u povjesmo.



Slika 2. Izdvojena duga vlakna lana sorte: a) Jitka, b) Venica i c) Zaječar

Figure 2. Separated long fibers of flax varieties: a) Jitka, b) Venica and c) Zaječar

Prerodom stabljike su dobijena tri proizvoda i utvrđen njihov procentualni udio, a to su:

1. snop dugih paralelnih vlakana - povjesmo ili dugovlasi lan,
2. kratka zamršena vlakna - kučina i
3. drvenasti dio stabljike - pozder.

Ispitivanje svojstava izdvojenih vlakana

Nakon uklanjanja kratkih vlakana i pozdera, na uzorcima izdvojenih vlakana sve tri sorte lana provedena su ispitivanja hemijskog sastava, fizičko-mehaničkih svojstava (finoće, dužine i prekidne jačine) i sposobnosti zadržavanja vode (SZV).

Za ispitivanje hemijskog sastava vlakana korišćen je postupak koji su razvili Soutar i Bryden za vlakna iz like (Garner, 1966), koji se sastoji u postepenom uklanjanju jedne po jedne komponente iz vlakana. Prateće supstance rastvorljive u vodi, uklonjene su ekstrakcijom u ključaloj vodi u toku 40 minuta, dok su masti i voskovi ekstrahovani mješavinom etanol:benzen u omeru 2:1 u toku 4 časa. Pektini su uklonjeni kuvanjem uzoraka u rastvoru 1% amonijum-oksalata u toku 1 časa. Holoceluloza je dobijena delignifikacijom uzoraka pomoću rastvora 0,7% natrijum-hlorita, uz omer kupatila 1:50 i refluks 2 časa. Tretiranjem dobijene holoceluloze sa 17,5% NaOH odvojena je alfa-celuloza od hemiceluloza koje su rastvorne u alkalijama. Sadržaj pepela je određen žarenjem vlakana lana na 600°C do konstantne mase.

Određivanje finoće (titra) vlakana vršeno je po metodi definisanoj standardom (SRPS F.S2.212, 1963). Ovaj standard utvrđuje način određivanja titra (mase po jedinici dužine) svih vrsta tekstilnih vlakana svih dužina. Mjerenjem mase i dužine jednog vlakna (ili grupe vlakana), dobijaju se podaci iz kojih se izračunava masa po jedinici dužine, tj. titar (finoća) koji se izražava u teksima (tex).

Sadržaj primjesa i nečistoća u vlaknima lana određen je prema standardu (SRPS F.S2.502, 1985). Pored sadržaja kratkih vlakana i "gnijezda", pozdera i prašine, određen je i

sadržaj i dužina dugih vlakana u odnosu na početnu masu ispitivanih uzoraka (SRPS F.S2.211, 1963). U standardu su date metode ispitivanja koje se primjenjuju na svaki sirov lan i kudeljlu i na svako laneno i kudeljno vlakno, bez obzira na porijeklo i zemlju proizvođača.

Prekidna sila vlakana lana određena je kao srednja vrijednost deset mjerenja prema uobičajenom postupku koji se koristi u laboratorijskim ispitivanjima (Koblyakov, 1989). Za ispitivanja je korišćen dinamometar marke AVK-Budapest (Mađarska), sa vertikalnim položajem klema i brzinom kretanja donje kleme 150 mm/min. Mjerenja su vršena na tehničkim vlaknima lana, pri čemu je rastojanje između klema iznosilo 10 cm. Zbog velikog stepena varijabilnosti finoće vlakana, vrijednost prekidne jačine je izražena u cN/tex, a prije mjerenja prekidne sile određena je finoća svakog pojedinačnog vlakna.

Sorpciona svojstva vlakana mogu se okarakterisati kao sposobnost zadržavanja vode (SZV), koja predstavlja količinu vode koju uzorak vlakana zadrži poslije potapanja u vodu u toku određenog vremena i udaljavanja viška vode centrifugiranjem. SZV ispitivanih lanenih vlakana je određena centrifugiranjem prema standardnoj metodi (ASTM D 2402-78, 1978).

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja određenih svojstava sorti *Venica*, *Jitka* i *Zaječar* prikazani su u Tabeli 1.

Za predivi lan je visina biljke, odnosno dužina stabljike, naročito značajna jer direktno utiče na sadržaj dugih vlakana koja su najvažnija sirovina za tekstilnu industriju. Najveća prosječna visina biljke lana je utvrđena za sortu *Venica* (90,1 cm), a zatim za sorte *Jitka* (85,2 cm) i *Zaječar* (70,5 cm). Posmatrano sa ekonomskog aspekta, prinos stabljike i sjemena su veoma značajni. Prinos stabljike je u ovom slučaju najveći kod sorte *Zaječar* (6910 kg/ha),

a zatim kod sorti *Venica* (6430 kg/ha) i *Jitka* (5900 kg/ha). Iako je visina biljke najmanja za sortu *Zaječar*, prinos stabljike je najveći jer je kod ove sorte bilo izraženo grananje stabljike s obzirom na to da je namijenjena i za dobijanje vlakana i za dobijanje sjemena. Prinos sjemena je bio približno isti za sorte *Jitka* i *Venica* (800 kg/ha i 810 kg/ha) čiji su primarni proizvod vlakna, dok je kod sorte *Zaječar* prinos sjemena bio značajno veći i iznosio je 1050 kg/ha. Imajući ovo u vidu, sorta *Zaječar* bi mogla biti veoma interesantna za uzgoj i sa ekonomskog aspekta jer bi zbog veće količine sjemena u odnosu na sorte predivog lana, uzgoj i prerada lana sorte *Zaječar* mogla biti ekonomski isplativija i manje osjetljiva na oscilacije na tržištu vlakana (Jankauskiene & Gruzdeviene, 2015).

Prečnik (debljina) stabljike je mjereno na sredini visine stabljike i bio je najmanji kod sorte *Venica* (1,45 mm), zatim kod sorte *Jitka* (1,51 mm), a najveći kod sorte *Zaječar* (1,61 mm). Količina i kvalitet izdvojenih vlakana zavise od debljine stabljike (Šurina i sar., 2011), što pokazuju i rezultati ispitivanja svojstava uzgojenih sorti lana prikazani u Tabeli 4.

Pored kvaliteta vlakana, kod predivog lana je veoma bitan i sadržaj vlakana u stabljici. Najveći sadržaj vlakana je utvrđen za sortu *Venica* (30,43%) i nešto niži za sortu *Jitka* (28,25%) koje predstavljaju sorte predivog ili tekstilnog lana, dok je značajno manji za sortu *Zaječar* (20,13%) koja može da se uzgaja za dobijanje i vlakana i sjemena.

Poređenjem dobijenih rezultata sa podacima iz literature (Pavelek & Tejklová, 2004) gdje se navodi prinos stabljike 7370 kg/ha za sortu *Venica* i 6920 kg/ha za sortu *Jitka* i ukupni sadržaj vlakana 36,90% za sortu *Venica* i 33,90% za sortu *Jitka*, uočava se da su vrijednosti za prinos stabljike i sadržaj vlakana koje smo dobili u okviru naših ispitivanja na eksperimentalnim parcelama nešto niže, ali bi se primjenom odgovarajućih mjera i poboljšanja u toku uzgoja ovi rezultati vjerovatno mogli poboljšati.

Tabela 1. Prosječne vrijednosti određenih svojstava ispitivanih sorti lana

Table 1. Average values of certain properties of the tested flax varieties

Sorta lana Flax variety	Visina biljke Plant height, cm	Prečnik stabljike Stem diameter, mm	Prinos stabljike Stem yield, kg/ha	Prinos sjemena Seed yield, kg/ha	Ukupni sadržaj vlakana Total fiber content, %
Jitka	85,2	1,51	5900	800	28,25
Venica	90,1	1,45	6430	810	30,43
Zaječar	70,5	1,61	6910	1050	20,13

Tabela 2. Sadržaj dugih vlakana, kratkih vlakana i pozdera izdvojenih iz stabljika lana, %

Table 2. The content of long fibers, short fibers and shive separated from the flax stems, %

Sorta lana Flax variety	Sadržaj dugih vlakana Long fibers content	Sadržaj kratkih vlakana Short fibers content	Sadržaj pozdera Shive content
Jitka	80,23	15,43	3,22
Venica	84,55	12,49	1,97
Zaječar	70,74	21,78	6,45

Za sortu *Jitka* je utvrđena približna visina biljke 92 cm i prinos stabljike 6276 kg/ha (El-Hariri et al., 2004), što su nešto veće vrijednosti u odnosu na naše rezultate, dok je sadržaj vlakana (19,458%) značajno manji u odnosu na naše rezultate (28,25%) za sortu *Jitka* (Tabela 1).

Razlike u visini biljke, prinosu stabljike i sadržaju vlakana kod pojedinih sorti mogu se objasniti različitim sortama lana, ali i pogodovanjem geografsko-klimatskih uslova za pojedine sorte, kao i vremenskim prilikama u toku vegetacionog perioda biljke. Nepovoljne vremenske prilike (previsoke temperature i nedostatak vlage) u toku formiranja vlakana u stabljici mogu uzrokovati ispodprosječne prinose vlakana i dugog vlakna, nezavisno od sorte lana (Andrassy i sar., 2004).

Pored dugih vlakana, preradom stabljike lana se dobijaju i kratka vlakna i pozder. Procentualni sadržaj dugih vlakana, kratkih vlakana i pozdera u odnosu na ukupnu količinu izdvojenih vlakana za sve tri sorte lana prikazan je u Tabeli 2.

Najveći sadržaj dugih vlakana je utvrđen za sortu *Venica* (84,55%), nešto manji je za sortu *Jitka* (80,23%), a najmanji za sortu *Zaječar* (70,74%). Kada je u pitanju sadržaj kratkih vlakana i pozdera situacija je obrnuta, najmanji je za sortu *Venica*, nešto veći za sortu *Jitka*, a najveći za sortu *Zaječar*, što se moglo i očekivati s obzirom na vrstu odnosno sortu lana.

Sadržaj vlakana u stabljici, a posebno sadržaj dugih vlakana, su veoma značajni kod uzgoja predivog lana. Za razliku od dugih vlakana, kratka vlakna su daleko grublja, slabijeg kvaliteta, lošijih fizičko-mehaničkih karakteristika i teže se prerađuju, zbog čega su prihvatljivije sorte kod kojih je udio kratkih vlakana mali.

Nakon uklanjanja pozdera i kratkih vlakana, određen je hemijski sastav dugih vlakana uzgojenih sorti lana koji je prikazan u Tabeli 3. Pored celuloze kao glavne komponente, lanena vlakna sadrže i prateće supstance kao što su hemiceluloze, masti, voskovi, lignin, pektin i mali procenat neorganskih supstanci koje se određuju preko sadržaja pepela. Ove primjese utiču na svojstva lanenih vlakana, ali i na procese prerade vlakana u gotove proizvode i na karakteristike gotovih proizvoda. Lanena vlakna se često prerađuju sa pamučnim vlaknima pri čemu prateće supstance u vlaknima lana predstavljaju problem u doradi proizvoda. Loš uticaj hemiceluloza se ogleda u njihovom malom stepenu polimerizacije, dok lignin kao odrvenjena komponenta daje vlaknu jačinu ali istovremeno smanjuje elastičnost zbog čega je njegovo prisustvo u većim količinama nepoželjno. Masti i voskovi daju vlaknu hidrofoban karakter i otežavaju prodor i apsorpciju vode i aditiva za oplemenjivanje. Bitno je naglasiti da se supstance rastvorljive u vodi, masti, voskovi i pektin u odnosu na hemiceluloze, a posebno lignin, daleko lakše uklanjaju određenim hemijskim, odnosno fizičko-hemijским tretmanima (Petrova et al., 2003; Shamolina et al., 2003; Wang et al., 2003). Prilikom uklanjanja pratećih supstanci dolazi do destrukcije makromolekula celuloze u vlaknima i smanjenja jačine vlakana zbog čega je veoma važno odabrati metodu obrade kojom će se ukloniti prateće supstance, a da se istovremeno zadrže dobra mehanička i sorpciona svojstva vlakana.

Posmatrajući sadržaj pojedinih komponenata u vlaknima ispitivanih sorti lana, može se uočiti da je u vlaknima najzastupljenija celuloza. Sadržaj α -celuloze je najveći kod vlakana sorte *Venica*, a najmanji kod vlakana sorte *Zaječar*, dok je sadržaj lignina i hemiceluloza najveći kod vlakana sorte *Zaječar*, a najmanji kod vlakana sorte *Venica*. Hemijski sastav vlakana značajno utiče na

Tabela 3. Hemijski sastav vlakana ispitivanih sorti lana, %
Table 3. The chemical composition of the tested flax varieties, %

Sorta lana Flax variety	Supst. rastvor. u vodi Water-soluble subst.	Masti i voskovi Fats and waxes	Pektin Pectin	α -celuloza α -cellulose	Hemiceluloze Hemicelluloses	Lignin Lignin	Pepeo Ash
Jitka	1,75	1,43	7,61	73,89	8,26	5,07	0,87
Venica	1,81	1,73	6,97	75,81	7,84	4,03	0,83
Zaječar	1,92	1,56	7,92	71,38	8,81	6,13	0,91

Tabela 4. Svojstva ispitivanih vlakana lana
Table 4. The properties of the tested flax fibers

Sorta lana Flax variety	Dužina vlakana Fiber length, cm	Finoća vlakana Fiber fineness, tex	Prekidna jačina Tensile strength, cN/tex	SZV Water retention ability, %
Jitka	59,8	11,68	19,26	42,89
Venica	67,1	11,23	20,53	39,91
Zaječar	45,8	13,19	19,75	37,23

svojstva vlakana, tako da se razlike u sadržaju pojedinih komponenata mogu uočiti prilikom ispitivanja svojstava vlakana.

U Tabeli 4. su prikazani rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava (prosječne dužine, finoće i prekidne jačine) i sposobnosti zadržavanja vode (SZV) izdvojenih dugih vlakana. Navedena svojstva su veoma bitna za primjenu vlakana u tekstilnoj industriji, pri čemu je prekidna jačina najvažnije svojstvo vlakana namijenjenih za industrijsku primjenu (Foster et al., 1997). Najduža vlakna su izdvojena kod sorte *Venica* (67,1 cm), a zatim sorti *Jitka* (59,8 cm) i *Zaječar* (45,8 cm) što je u skladu sa izmjerenom visinom biljke (Tabela 1.). Osim najveće dužine, vlakna izdvojena iz sorte *Venica* imaju najveću finoću (11,23 tex) i najveću jačinu (20,53 cN/tex) u odnosu na sorte *Jitka* i *Zaječar*. Kod sorte *Zaječar* su dužina i finoća vlakana značajno manje u odnosu na sorte predivog lana *Venica* i *Jitka*.

Analizom dobijenih rezultata, uočena je korelacija između kvaliteta izdvojenih vlakana i debljine stabljike. Sorta *Venica* je imala najmanji prečnik stabljike (najtanju stabljiku), a njena vlakna su imala najveću finoću, dužinu i jačinu u odnosu na sorte *Jitka* i *Zaječar*. I drugi autori su utvrdili da debele stabljike sadrže veću količinu pozdera i grublja vlakna koja su manje jačine u odnosu na tanje stabljike (Šurina i sar., 2011).

Pored navedenih svojstava, SZV je svojstvo koje je veoma bitno za procese prerade, odnosno dorade tekstilnih proizvoda na bazi lana, ali i kod upotrebe lanenih proizvoda bilo da se radi o stonom i posteljnem rublju ili odjevnim predmetima. Visok stepen SZV je najčešće povezan sa visokim sadržajem hemiceluloza, koje su smeštene u međulamelnom sloju i amorfnim područjima, lako su pristupačne i imaju veliki broj slobodnih hidroksilnih grupa koje vodoničnim vezama vezuju molekule vode. U radu (Pejić et al., 2008) je ispitivan uticaj hemiceluloza i lignina na sorpciona svojstva vlakana konoplje i utvrđeno je da se uklanjanjem (smanjenjem sadržaja) hemiceluloza smanjuje SZV, dok se uklanjanjem (smanjenjem sadržaja) lignina povećava SZV. Iz rezultata prikazanih u Tabeli 4. se može vidjeti da je najveća SZV izmjerena za vlakna sorte *Jitka* (42,89%), a nešto niža za vlakna sorte *Venica* (39,91%). Najmanja SZV (37,23%) utvrđena je za vlakna sorte *Zaječar* koja imaju najveći sadržaj hemiceluloza (8,81%), ali i najveći sadržaj lignina (6,13%). Interesantno je da je najveća SZV utvrđena za vlakna sorte *Jitka*, a ne za vlakna sorte *Venica* koja imaju najmanji sadržaj lignina ili vlakna sorte *Zaječar* koja imaju najveći sadržaj hemiceluloza ali i lignina. Ovakvi rezultati su vjerovatno posljedica istovremenog uticaja i uzajamnog odnosa u sadržaju hemiceluloza i lignina.

Poređenjem rezultata fizičko-mehaničkih svojstava i hemijskog sastava izdvojenih vlakana sa literaturnim podacima (Pavelek & Tejklová, 2004; El-Hariri et al., 2004; Šurina i sar., 2011) može se zaključiti da izdvojena vlakna

imaju veoma visok sadržaj α -celuloze, zadovoljavajuću dužinu, jačinu i finoću što obezbjeđuje visok kvalitet i dobru preradivost vlakana i dobre karakteristike dobijenih proizvoda.

ZAKLJUČAK

Na osnovu provedenih eksperimenata i dobijenih rezultata može se zaključiti da geografsko-klimatski uslovi u Banjalučkoj regiji pogoduju uzgoju tekstilnog ili predivog lana, te bi revitalizacija predivog lana na ovom području, s obzirom na količinu i kvalitet izdvojenih vlakana, bila u potpunosti opravdana.

Sorta *Venica* je imala najveću visinu stabljike, najtanju stabljiku, najveći ukupni sadržaj vlakana i najveći sadržaj dugih vlakana u odnosu na sorte *Jitka* i *Zaječar*. Izdvojena vlakna su imala najbolja fizičko-mehanička svojstva i najbolji hemijski sastav (najveći sadržaj α -celuloze i najmanji sadržaj lignina i hemiceluloza), kao i dobru sposobnost zadržavanja vode čime ispunjavaju zahtjeve za tekstilne, ali i industrijske namjene. Ovo govori da je sorta *Venica* naročito pogodna za uzgoj na Banjalučkoj regiji.

Sorta *Zaječar* je imala najmanju visinu stabljike, najdeblju stabljiku, najmanji ukupan sadržaj vlakana i najmanji sadržaj dugih vlakana, koja su imala najmanju dužinu, finoću i prekidnu jačinu u odnosu na druge dvije sorte lana. Takođe, kod vlakana sorte *Zaječar* je sadržaj α -celuloze bio najmanji, a sadržaj lignina i hemiceluloza najveći. Međutim, kod sorte *Zaječar* je prinos stabljike i prinos sjemena bio najveći jer je ona namijenjena i za vlakana i za sjeme.

Sorta *Zaječar* bi mogla biti veoma interesantna za uzgoj sa ekonomskog aspekta jer bi zbog veće količine sjemena u odnosu na sorte predivog lana, uzgoj ove sorte mogao biti ekonomski isplativiji i manje osjetljiv na oscilacije na tržištu vlakana.

Sadržaj i svojstva vlakana sorte *Jitka* su bila neznatno lošija u odnosu na sortu *Venica*, ali značajno bolja u odnosu na sortu *Zaječar*.

LITERATURA

- Andrassy, M., Pezelj, E., i Butorac, J. (2004). Povratak proizvodnji predivog lana. *Tekstil*, 53, 385-391.
- ASTM D 2402-78. (1978). Standard test method for water retention of fibers (centrifuge method).
- Brunšek, R., Andrassy, M., i Butorac, J. (2014). Revitalizacija lana u Hrvatskoj. *Tekstil*, 63, 49-58.
- El-Hariri, D. M., Hassanein, M. S., & El-Sweify, A. H. H. (2004). Evaluation of Some Flax Genotypes Straw Yield, Yield Components and Technological Characters. *Journal of Natural Fibers*, 1 (2), 1-12. DOI:10.1300/J395v01n02_01.

- Foster, R., Pooni, H. S., & Mackay, I. J. (1997). Quantitative evaluation of *Linum usitatissimum* varieties for dual-purpose traits. *Journal of Agricultural Science*, 129, 179–185.
- Foulk, J. A., Akin, D. E., Dodd, R. B., & McAlister, D. D. (2002). Flax fiber: Potential for a new crop in the Southeast, In J. Janick and A. Whipkey (Ed.), *Trends in new crops and new uses* (pp. 361-370.). Alexandria, VA: ASHS Press.
- Foulk, J. A., Chao, W. Y., Akin, D. E., Dodd, R. B., & Layton, P. A. (2004). Enzyme-Retted Flax Fiber and Recycled Polyethylene Composites. *Journal of Polymers and the Environment*, 12, 165-171. DOI: 10.1023/B:JOOE.0000038548.73494.59.
- Garner, W. (1966). *Textile Laboratory Manual*. New York: American Elsevier.
- Goutianos, S., Peijs, T., Nystrom, B., & Skrifvars, M. (2006). Development of Flax Fibre based Textile Reinforcements for Composite Applications. *Applied Composite Materials*, 13, 199–215. DOI: 10.1007/s10443-006-9010-2.
- Jankauskiene, Z., & Gruzdeviene, E. (2015). Recent results of flax breeding in Lithuania. *Industrial Crops&Products*, 30, 185-194. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.07.024.
- Jhala, A. J., & Hall, L. M. (2010). Flax (*Linum usitatissimum* L.): Current Uses and Future Applications. *Australian Journal of basic Basic and Applied Science*, 4, 4304-4312.
- Koblyakov, A. (1989). *Laboratory Practice in the Study of Textile Materials*. Moscow: Mir Publishers.
- Kondić, J., & Nožinić, M. (2001). Possibilities in flax and hemp production in Bosnia and Herzegovina. In R. Kozłowski (Ed.), *Proceedings of the 2nd global workshop "Bast Plants in the New Millennium"*. (pp. 282- 285.). Borovets: Coordination Centre of the FAO European Cooperative Research Network on Flax and other Bast Plants.
- Lazić, B., Janjić, S., i Ristić, M. (2004). Domestic Flax and Hemp - Cultivation, Fiber Extraction and Properties. In R. Kozłowski (Ed.), *The proceedings of the 3rd global workshop "Bast fibrous plants for healthu life"*. Session II-3. Banja Luka: FAO/ ESCORENA, Agricultural institute of Republic of Srpska.
- Lazić, B., Ristić, M., Ilišković, N., i Janjić, S. (2005). Svojstva lanenih vlakana različitih sorti lana uzgojenih u okolini Banjaluke. U M. Lazić (Ed.), *Zbornik radova sa VI simpozijuma "Savremene tehnologije i privredni razvoj"*. (str. 346-354.). Leskovac: Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet.
- Lazić, B. (2006). Uticaj hemijskog modifikovanja na fizičko-mehanička i sorpciona svojstva lanenih vlakana domaćeg podneblja. (Nepublikovani magistarski rad). Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, Banja Luka.
- Li, X., Tabil, L.G., & Panigrahi, S. (2007). Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 15, 25-33. DOI: 10.1007/s10924-006-0042-3
- Nožinić, M., Rajčević, B., Jović, D., Kluga, L., Malčić, T., & Bojić, V. (2013). Overview of Linseed Production in Bosnia and Herzegovina. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B*, 67 (4/5), 324–328. DOI: 10.2478/prolas-2013-0059.
- Pasković, F. (1966). *Poglavlje Lan, u F. Pasković, Predivo bilje I dio* (str. 255-378.). Zagreb: Nakladni zavod Znanje.
- Pavelek, M., & Tejklová, E. (2004). Survey of Czech Breeding Methods, Development of the New Czech Flax (*Linum usitatissimum* L.) Variety *Venica*–The Way of Breeding and Agronomical Properties of Flax and Linseed Cultivars Registered in the Czech Republic. *Journal of Natural Fibers*, 1 (4), 17-36. DOI: 10.1300/J395v01n04_02
- Pejic, B. M., Kostic, M. M., Skundric, P. D., & Praskalo, J. Z. (2008). The effects of hemicelluloses and lignin removal on water uptake behavior of hemp fibers. *Bioresource Technology*, 99, 7152–7159. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.12.073.
- Petrova, S. N., Volkova, I. Yu., & Zakharov, A. G. (2003). Oxidative Delignification of Flax Fiber. *Russ. J. Appl. Chem.*, 76, 1344-1347. DOI: 10.1023/B:RJAC.0000008315.55283.89.
- Raffaelli, D., i Andrassy, M. (1990). Fina lanena vlakna – budućnost za lanare. *Tekstil*, 39 (2), 75-81.
- Ristić, M., Janjić, S., i Vujasinović, B. (2000). Prirodna celulozna vlakna domaćeg podneblja - lan i konoplja. *Glasnik hemičara i tehnologa Republike Srpske*, 42, 43-49.
- Shamolina, I. I., Boček, A. M., Zabivalova, N. M., Medvedeva, D. A., & Grishanov, S. A. (2003). An Investigation of Structural Changes in Short Flax Fibres in Chemical Treatment. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 11 (1), 33-36.
- SRPS F.S2.211. (1963). *Određivanje dužine tekstilnih vlakana pojedinačnim merenjem vlakana*.
- SRPS F.S2.212. (1963). *Određivanje titra tekstilnih vlakana*.
- SRPS F.S2.502. (1985). *Kvalitativno i kvantitativno ispitivanje sirovog lana i kudjelje i lanenih i kudeljnih vlakana*.
- Studija Privredne komore SR Bosne i Hercegovine. (1980). "Mogućnosti uzgoja lana u SR Bosni i Hercegovini". (str. 1-57). Sarajevo: Privredne komore SR Bosne i Hercegovine.

- Šurina, R., Butorac, J., i Andrassy, M. (2011). Ovisnost svojstava vlakana o svojstvima biljke lana. *Tekstil*, 60, 87-101.
- Tahir, P. Md., Ahmed, A. B., SaifulAzry, S. O. A., & Ahmed, Z. (2011). Retting process of some bast plant fibres and its effect on fibre quality. *BioResources*, 6, 5260-5281.
- Wang, H. M., Postle, R., Kessler, R.W., & Kessler, W. (2003). Removing Pectin and Lignin During Chemical Processing of Hemp for Textile Applications. *Textile Research Journal.*, 73, 664-669. DOI: 10.1177/004051750307300802.
- Zimniewska, M., Kozłowski, R., & Rawluk, M. (2004). Natural vs. Man-Made Fibres-Physiological Viewpoint. *Journal of Natural Fibers*, 1 (2), 69-81. DOI: 10.1300/J395v01n02_05
-

A comparative study of the characteristics of different flax varieties cultivated in Banja Luka region

Biljana D. Lazić^{1,2}, Mirjana M. Kostić², Svjetlana D. Janjić³

¹Public Health Institute of the Republic of Srpska, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

²University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, Serbia

³University of Banja Luka, Faculty of Technology, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

Keywords:
flax cultivation,
flax fibers,
chemical composition,
physico-mechanical
properties.

Flax has been cultivated and used as a raw material for textile production since ancient times. Today, flax (*Linum usitatissimum*) is a multiuse, multifunctional crop that provides raw material to a large number of traditional and innovative industrial applications. With the development of new processes for fibers separation from the plant stems, which became more economical and environmentally friendly, together with the adoptions of modern trends and consumer demands for the natural materials, flax fibers have become very appealing and profitable on the market. The renewed global interest in this crop has also turned the attention in Bosnia and Herzegovina to the importance of returning the flax production, especially considering rich tradition of growing and processing of this crop in the past.

The aim of this paper is to examine the possibility of growing different flax varieties in Banja Luka region and to examine yield and quality of separated flax fibers. For tests, three different flax varieties: *Jitka* and *Venica* (Czech Republic) and "*Zajecar*" (Serbia), were cultivated in the vicinity of Banja Luka. As the results of conducted experiments we present: plant yields, stem height and diameter, as well as the content of long and short fibers, and shive. For quality assessment of long fibers, the following was considered: chemical composition of fibers (water-soluble substances, fats and waxes, pectin, alpha-cellulose, hemicelluloses, lignin, ash), length of fibers, fineness of fibers, breaking characteristics and water retention ability. It is confirmed that the best properties were observed for the fibers extracted from the Czech variety of flax named *Venica*. These fibres had the highest length (67.1 cm), fineness (11.23 tex) and specific breaking stress (20.53 cN/tex) in relation to the variety *Jitka* and *Zajecar*. Also, flax variety *Venica* had the highest stem height (90,1 cm) and yield of fibres (30.43%).

Based on the conducted experiments and gathered results, we can conclude that, considering the quality of separated fibers, the revitalization of textile usable flax in the vicinity of Banja Luka is fully justified.