

Pomološka i kvalitativna svojstva duda (Morus spp.)

Marić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:557484>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-21**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Pomološka i kvalitativna svojstva duda (*Morus spp.*)

DIPLOMSKI RAD

Ana Marić

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

Pomološka i kvalitativna svojstva duda (*Morus spp.*)

DIPLOMSKI RAD

Ana Marić

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Kristina Batelja Lodeta

Zagreb, rujan, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Ana Marić**, JMBAG 0178116103, rođena 15.08.1997. u Slavonskom Brodu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

Pomološka i kvalitativna svojstva duda (*Morus spp.*)

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana 10. 08. 2023.

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Ana Marić**, JMBAG 0178116103, naslova

Pomološka i kvalitativna svojstva duda (*Morus spp.*)

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|--|--------|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Kristina Batelja Lodeta | mentor | _____ |
| 2. | doc. dr. sc. Jelena Gadže | član | _____ |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Aleksandra Perčin | član | _____ |

Zahvala

Veliko hvala dragom Bogu na svakoj onoj oku nevidljivoj pomoći a koja je itekako trebala tijekom ovih godina studiranja.

Velika zahvala ide mojoj obitelji koja me je pratila tijekom cijelog mog školovanja. Roditeljima bez čijeg rada i truda u životu ne bi ni ja bila ovdje gdje jesam. Hvala braći i sestrama koji su mi u životu bili i ostali najbolji uzor. Posebno hvala sestri i njenom suprugu koji su me tijekom ovih godina studiranja u Zagrebu primili u svoj skromni dom te mi bili najveća potpora i ohrabrenje kada je bilo teško.

Hvala prijateljima, bilo kolegama s faksa ili onima koji to nisu, na svakoj kavi koja je najviše trebala u vrijeme ispitnih rokova da se razbistri glava.

Jedno veliko hvala mentorici, prof. Kristini Batelja Lodeta, na pomoći pri odabiru teme te na odličnoj suradnji i komunikaciji tijekom pisanja rada. Bez njezine pomoći i dobre volje prilikom pisanja rada ne bi završetak studiranja bio tako uspješan.

Sadržaj

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. CILJ RADA.....	2
2. Literaturni pregled	3
2.1. BOTANIČKA KLASIFIKACIJA	3
2.2. MORFOLOGIJA	4
2.2.1. <i>Morus nigra</i> L.	4
2.2.2. <i>Morus alba</i> L.....	5
2.2.3. <i>Morus rubra</i> L.....	6
2.3. EKOLOŠKI UVJETI ZA UZGOJ	7
3. Uzgoj duda u svijetu	8
4. Kemijski sastav	9
4.1. PLOD	9
4.2. LIST	11
5. Ljekovitost duda	13
5.1. PLODOVI.....	14
5.2. LISTOVI.....	15
5.3. KORA KORIJENA.....	16
5.4. KOZMETIČKA INDUSTRIJA.....	17
6. Dud u zaštiti okoliša	18
6.1. TLO.....	18
6.1.1. <i>Erozija tla</i>	18
6.1.2. <i>Fitoremedijacija tla</i>	20
6.2. VODA.....	22
6.3. ZRAK.....	23
7. Dud u industrijskoj proizvodnji	25
7.1. PROIZVODNJA SVILE	25
7.2. DUD U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI.....	27
8. Dud u stočarstvu	28
9. Zaključak.....	29
10. Literatura	30
Životopis.....	34

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Ana Marić**, naslova

Pomološka i kvalitativna svojstva duda (*Morus spp.*)

Dud (*Morus spp.*) je brzorastuće listopadno stablo iz porodice *Moraceae* (dudovke) koje je zbog svojih ekoloških zahtjeva dobro prilagođeno različitim klimatskim uvjetima. Postoje razne vrste duda koje se uzgajaju u cijelom svijetu, najviše u područjima umjerenog pojasa. Pregledom literature izdvojene su bitne značajke i važnosti duda kao same voćne kulture, njegov pozitivan utjecaj na okoliš, zdravlje ljudi te utjecaj na osnaživanje gospodarstva i iskoristivost u industriji. Dud se kao voćna vrsta od davnina uzgaja radi svojih sočnih plodova koji se mogu konzumirati u svježem stanju ili za preradu. Sve više se iskorištava kao biljka koja ima pozitivan utjecaj na očuvanje okoliša, putem smanjena erozije, fitoremedijacije tala i sekvestracije štetnih plinova. Istraživanjima je dokazana ljekovitost njegovih biljnih dijelova u kojima su utvrđene određene farmakološke sastavnice. Kineska farmakopeja od davnina ga koristi u svrhe liječenja i prevencije. Lišće *Morus albe* (bijeli dud) koristi se za prehranu *Bombyx mori* (dudova svilca) koji lučenjem spojeva iz svojih svilenih žlijezdi stvara tanke niti svile. Prehrambena industrija iskorištava ga u svrhu pripreme raznih sokova, alkoholnih pića, slatkih namaza i ostaloga. Dud se može iskorištavati i u stočarstvu kao dopunska hrana za životinje. Iskoristivi su gotovo svi biljni dijelovi duda zbog čega se može reći da se smatra prikladnom biljkom za održivi razvoj.

Ključne riječi: dud, dudov svilac, *Morus spp.*, održivi razvoj, upotreba

Summary

Of the master's thesis – student **Ana Marić**, entitled

Pomological and qualitative properties of mulberry (*Morus spp.*)

Mulberry (*Morus spp.*) is a fast-growing deciduous tree in the *Moraceae* family that is well adapted to different climatic conditions due to its ecological requirements. There are several species of mulberry grown around the world, mostly in temperate zones. Review of the literature highlighted the main characteristics and importance of mulberry as a fruit crop itself, its positive impact on the environment and human health, as well as its impact on strengthening the economy and use in industry. As a fruit species, mulberry has been cultivated since ancient times for its juicy fruit that can be eaten fresh or processed. It is increasingly used as a plant that has a positive effect on environmental protection by reducing erosion, rehabilitating the soil through planting, and binding harmful gasses. Research has proven the medicinal properties of its plant parts, in which certain pharmacological components have been found. In Chinese pharmacopeia, it has been used since ancient times for treatment and prevention. The leaves of *Morus alba* (white mulberry) are used as fodder for *Bombyx mori* (silk mulberry), which produces thin silk threads by secreting compounds from its silk glands. The food industry uses it to prepare various juices, alcoholic beverages, sweet spreads, and other items. Mulberry can also be used in animal husbandry as a supplementary feed for animals. Almost all parts of the mulberry plant are usable, so it can be said that it is considered a suitable plant for sustainable development.

Keywords: *Morus spp.*, mulberry silkworm, mulberry, sustainable development, using

1. Uvod

Dud (*Morus spp*) je nekada bio sastavni dio svake okućnice, uzgajao se prvenstveno zbog listova koji služe kao ishrana za dudov svilac (*Bombyx mori*) i to listovi bijelog duda (*Morus alba*). Tijekom 18. stoljeća, za vrijeme vladavine Marije Terezije, uzgoj dudovog svilca u Hrvatskoj bio je u procvatu, svilane su osnivane gotovo u svakom sjedištu županija (Brunšek i sur., 2017). Najznačajnija je i najkvalitetnija svila dobiva se od dudova svilca. Danas kad je broj stabala dudova u Hrvatskoj drastično smanjen napretkom znanosti i tehnologije uočene su brojne pozitivne funkcije duda kao i njegovi pozitivni utjecaji na okoliš, zdravlje ljudi i gospodarstvo.

Zbog skromnih agroekoloških uvjeta dud ima široku geografsku rasprostranjenost. Uzgaja se u različitim klimatskim uvjetima, od umjerenih do tropskih i subtropskih pojasa, a može se uzgajati i na različitim nadmorskim visinama. Smatra se da su podhimalajski predjeli područje podrijetla duda a zbog svoje prilagodljivosti danas je raširen na gotove sve kontinente svijeta zbog svoje široke uporabe i mogućnosti industrijske eksploatacije u različite svrhe (Razdan i Thomas, 2021).

Najpoznatije vrste duda u svijetu su *Morus alba* (bijeli dud), *Morus nigra* (crni dud) i *Morus rubra* (crveni dud). Godine 1753. kada je Carl L. ustanovio rod *Morus* unutar njega je svrstao sedam vrsta dok se danas taj broj vrsta, podvrsta i varijeteta povećao, ali nisu sve priznate od strane botaničara (Razdan i Thomas, 2021). Najveći uzgajivači duda danas u svijetu su Kina i Indija, sa približno 626,000 ha i 280,000 ha površine (Sanchez, 2002) te se na njihovim područjima osim crnog, bijelog i crvenog duda uzgajaju i mnoge druge vrste.

U tradicionalnoj kineskoj i indijskoj medicini dud je od davnina prepoznat kao ljekovita biljka koja se koristila u liječenju kašlja, upalnih procesa, smanjenja šećera i ostaloga (Dhiman i sur., 2019). Danas postoje brojna istraživanja koja su ispitala kemijske sastave plodova, listova i ostalih biljnih dijelova duda te su utvrđene farmakološke sastavnice koje su dokazale njegovo antibakterijsko, antidijabetičko, antikancerogeno, protuupalno, hepatoprotektivno i neuroprotektivno djelovanje. Dud je stoga našao svoju primjenu, osim u prehrambene svrhe u obliku svježih plodova, u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji.

Sve većim napretkom industrijalizacije i povećanjem zagađenja okoliša istraživani su i u svrhe zaštite tla, vode i zraka. Dud ima razvijeni korijenski sustav čije horizontalno korijenje može dosegnuti veličinu koja je i 4 puta veća od krošnje stabla (Jiang i sur., 2017). Upravo zbog toga ispitan je i korišten u svrhu borbe protiv sve veće erozija i fitoremedijacije tala. Utvrđena je i njegova učinkovitost u sekvestraciji štetnih plinova iz zraka, te se u nekim gradovima uzgaja kao glavnom sastavnicom „urbanih šuma“ (Carretero i sur., 2017).

Proizvodnja svile jedna je od primarnih grana uzgoja i iskorištavanja dudova u svijetu. Vodeće zemlje u proizvodnji svile su Kina i Indija koje zajedno čine ukupno 97 % proizvodnje svile od čega je Kina vodeća sa 75 % (Sathyanarayana, 2020). Ta vrijedna i cijenjena tkanina tijekom svoje proizvodnje stvara nusproizvode kojima se nekim istraživanjima našao način iskorištavanja (Rohela i sur., 2020). Također, dud se kao voćna vrsta iskorištava i u prehrambenoj industriji za proizvodnju džemova, vina, rakija, sokova i ostalog. Osim u navedenim industrijama dud se koristi u drvenoj industriji za proizvodnju namještaja, a u nekim dijelovima svijeta iskorištava se u stočarskoj proizvodnji kao dopuna obrocima za životinje (Rohela i sur., 2020).

1.1. Cilj rada

Cilj rada je prikazati važnost duda kao voćne kulture koja ima pozitivan utjecaj u zaštiti okoliša, promicanju zdravlja ljudi, gospodarskom osnaživanju i industrijskoj eksploataciji.

2. Literaturni pregled

2.1. Botanička klasifikacija

Dud pripada redu *Urticales*, porodici *Moraceae* (dudovke). Porodica dudovki obuhvaća 55 rodova i preko 100 vrsta koje rastu kao stabla ili grmovi. Do sada je opisano oko 150 vrsta dudu, međutim 10 – 16 vrsta je priznato od strane botaničara (Lochynska, 2011).

U tablici 1. prikazana je taksonomska hijerarhija dudu.

Unutar porodice *Moraceae* razlikujemo rod *Morus* L. koji predstavlja dudove. Vrste roda *Morus* raspostranjene su u području umjerenog i suptropskog pojasa. Najznačajnije vrste su *Morus alba* -bijeli dud, *Morus nigra* -crni dud te *Morus rubra*-crveni dud.

Tablica 1. Taksonomska hijerarhija dudu (*Morus* spp)

Kingdom	Plantae
Subkingdom	Tracheobionta – Vascular plant
Superdivision	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta – Flowering plant
Class	Magnoliopsida - Dicotyledons
Subclass	Hamamelididae
Order	Urticales
Family	Moraceae – Mulberry family
Genus	<i>Morus</i> L. (mulberry)
Species	<i>Morus alba</i>
	<i>Morus australis</i>
	<i>Morus cathayana</i>
	<i>Morus macroura</i>
	<i>Morus mongolica</i>
	<i>Morus nigra</i>
	<i>Morus notabilis</i>
	<i>Morus serrate</i>
	<i>Morus celtidifolia</i>
	<i>Morus insignis</i>
	<i>Morus microphylla</i>
	<i>Morus rubra</i>
	<i>Morus mesozygia</i>
	<i>Morus indica</i>

(Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Taxonomic-classification-of-Morus-L-Mulberry-and-its-species_tbl1_319947732).

2.2. Morfologija

2.2.1. *Morus nigra* L.

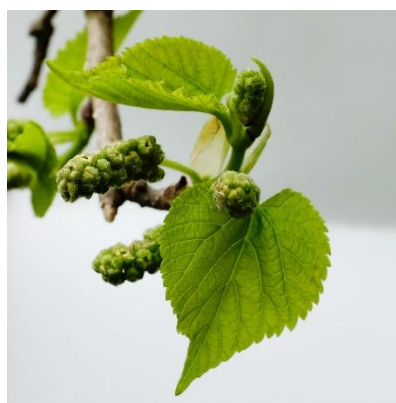
Crni dud (*Morus nigra* L.) je listopadno stablo koje potječe iz zapadne Azije. Listovi (slika 1) su naizmjenično raspoređeni a oblikom razlikujemo jednostavne, urezane, cjelovite, šiljastog vrha, mogu biti nazubljenog ruba ili pak pravilno ili nepravilno urezani (Idžojtić, 2009). Nervatura lista je dlanasto mrežasta. Tamnozeleni i hrapavi s gornje strane, s donje strane zeleni. Oblik lista varira od vrste do vrste. Andrecej je građen od četiri prašnika a plod je dudinja - murva (Herman, 1971).

Cvjetovi crnog duda su jednospolni i anemofilni. Muški cvjetovi (slika 2) građeni su od četiri hrapava lista koja su pri osnovi srasla i četiri prašnika. Ženski cvjetovi su građeni od četiri hrapava srasla lista s nadraslom plodnicom (Idžojtić, 2013). Cvjetovi su vidljivi zajedno u duguljastim, širokim klasovima na stapki dugoj oko 1 cm. Vrijeme cvatnje je tijekom travnja i svibnja.

Plod je dudinja (murva) koja je građena od više koštunica, jajastog oblika, a tijekom dozrijevanja mijenja boju od crvene, tamnoljubičaste do crne. Vrijeme dozrijevanja dudinja je u srpnju i kolovozu.



Slika 1. *Morus nigra* L. – listovi



Slika 2. *Morus nigra* L. – muški cvjetovi

(Izvor: <https://www.treesandshrubsonline.org/articles/morus/morus-nigra/>).

2.2.2. *Morus alba* L.

Bijeli dud (*Morus alba* L.) je listopadno stablo koje potječe iz Kine. Oblikom, rasporedom i nervaturom listovi podsjećaju na listove crnog duda (slika 3). Razlikujemo ih po boji i pokrovu lista. Listovi bijelog duda s gornje strane su sjajni, glatki i svijetlozeleni, dok su s donje strane svijetlozeleni do sivo-zeleni, glatki su uz iznimku da uz žile lista mogu biti dlakavi (Idžojtić, 2009). Konzistencijom su listovi zeljasti te sadrže mliječni sok i kao takvi izvor su hrane za gusjenice dudovog svilca.

Cvjetovi bijelog duda su anemofilni i jednospolni. Građa cvjetova je ista kao i kod crnog duda, međutim vrijeme cvatnje je otprilike dva tjedna ranije. Dudinja bijelog duda (slika 4) je bijele ili ružičaste boje, a dozrijeva tijekom lipnja i srpnja (Idžojtić, 2013).



Slika 3. *Morus alba* L. – listovi

(Izvor: <https://mortonarb.org/plant-and-protect/trees-and-plants/white-mulberry-males-or-fruitless-cultivars/>).



Slika 4. *Morus alba* L. – plod

(Izvor: <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/morus-alba/>).

2.2.3. *Morus rubra* L.

Crveni dud (*Morus rubra*) je listopadno stablo porijeklom iz Sjeverne Amerike koje može doseći visinu do 20 m. Listovi su mu jednostavni i naizmjenično raspoređeni, veličine 5-20 cm. Kao i kod ostalih vrsta duda, oblik listova kod crvenog duda je promjenjiv. Najčešće je srcolikog oblika s plitkim usjekom pri dnu te može imati dva do tri režnja. Rubovi listova su nazubljeni, ali mekani na dodir. S gornje strane listovi su zagasito zelene boje i grube teksture, dok je donja strana svijetlije zelene boje i sadrži dlačice (Andreu i sur., 2010).

Cvjetovi crvenog duda su jednospolni te se najčešće muški (slika 5) i ženski cvjetovi pojavljuju na zasebnim stablima (dvodomni). Cvjetovi su zelenkaste boje i pojavljuju se u rano proljeće. Plodovi (slika 6) su crvene do tamnoljubičaste boje i sazrijevaju u kasno proljeće (Andreu i sur., 2010).



Slika 5. *M. rubra* - muški cvjetovi

(Izvor: <https://www.carolinanature.com/trees/moru.html>).



Slika 6. Plodovi *M. rubra*

(Izvor: <https://www.thespruce.com/growing-red-mulberry-trees-5101681>).

2.3. Ekološki uvjeti za uzgoj

Tlo

Dud se može uzgajati na različitim tlima. Najbolje mu odgovaraju ilovasta do glinasto ilovasta tla, koja se nalaze na ravnim terenima koja su pogodna za navodnjavanje. Ukoliko nagib terena iznosi više od 15 % potrebno je dodatno uređenje (terasiranje, nasipi itd.). Podnosi i blago kisele uvjete u tlu, međutim ukoliko je $\text{pH} < 5$ odnosno ako je tlo previše kiselo tada je potrebno dodatkom vapnenca ili dolomita korigirati kiselost tla. Dud dobro uspijeva na nadmorskim visinama do 1200 m, iznad te visine uzgoj je moguć, ali će rast i razvoj duda biti slabiji zbog niskih temperatura (Begum, 2018).

Temperatura i oborine

Dud je rasprostranjen u području umjerenog i suptropskog pojasa. Optimalne temperature za uzgoj su od 24°C do 28°C , može normalno rasti i razvijati se u rasponu temperatura od 13°C do $37,7^{\circ}\text{C}$. *M. alba* se svrstava u termofilne biljke, ali podnijet će padove temperature i do -30 , nakon smrzavanja stabljike će se brzo regenerirati (Blitek i sur., 2022). Potrebna godišnja količina padalina za dud iznosi 600 do 2500 mm. Na područjima s manjim padalina potrebno je navodnjavanje, u suprotnom prinosi duda će biti niski. Navodnjavanje se u prosjeku provodi svakih petnaest dana na glinastim ili deset dana na ilovastim tlima, sa $340 \text{ m}^3/\text{ha}$ vode (Saha i sur., 2022).

Svjetlost

Uz tlo i klimu sunčeva svjetlost je jedan od najvažnijih čimbenika koji utječu na rast i razvoj listova i plodova kod duda. Dud dnevno zahtjeva 5 do 12 sati sunčeve svjetlosti, uz relativnu vlažnost zraka od 65 % do 80 % (Baciu i sur., 2023).

3. Uzgoj dudu u svijetu

Dud kao brzorastuće listopadno drvo koje je prilagodljivo različitim klimatskim uvjetima rasprostranjeno je od umjerenih do tropskih i subtropskih područja. Smatra se da je dud najvjerojatnije evoluirao u podhimalajskim predjelima ali se ubrzo zbog svoje prilagodljivosti proširio na gotovo sve kontinente. Također, zabilježeno je da je u Kini uzgoj dudu započeo prije otprilike 5000 godina, a kasnije je otkriveno da postoje vrste dudu, u raznim poliploidnim oblicima, iz različitih klimatskih područja (Razdan i Thomas, 2021). Dud se najviše uzgaja u svrhe ishrane dudova svilca, potom za proizvodnju hrane, ali koristi se i u medicini, kao stočna hrana pa čak i za izradu namještaja.

Bijeli dud (*M. alba*) potječe iz Kine gdje se danas uzgajaju mnogi različiti kultivari bijelog dudu te je ona ujedno i najveći proizvođač dudu i svile u svijetu. Dud je u Kini rasprostranjen u cijeloj zemlji, od uzvisina na 3600 m nadmorske visine do bazena ispod 100 m nadmorske visine, potom pustinje Xinjiang na zapadu Kine do obalnog područja na istoku Kine i od najjužnijeg otoka Hainan do najsjevernijeg Heilongjianga (Jian i sur., 2012).

U samom vrhu proizvodnje uz Kinu nalazi se Indija, gdje se uzgojem dudu bavi oko 1,2 milijuna obitelji, a procjenjuje se da u cjelokupnom lancu proizvodnje svile sudjeluje oko 9,2 milijuna ljudi (Sathyanarayana, 2020). Kina i Indija zajedno čine 97 % ukupne proizvodnje svile u svijetu. Svjetska proizvodnja svile u 2018./19. godini iznosila je 1,59,855 Mt, od čega je udio Kine bio 75 %, sa oko 1,20,000 Mt, a Indije oko 22,19 %, što čini 35,468 Mt (Sathyanarayana, 2020).

Dud se uzgaja i na području Europe, ali u puno manjem postotku u odnosu na zemlje Azije. U većini europskih zemalja dud se uzgaja radi proizvodnje voća, a najviše u Turskoj i Grčkoj. U Turskoj proizvodnja dudu datira unatrag 400 godina te je jednako važna kao i ostale voćne vrste koje se uzgajaju na području Turske (Karlidag i sur., 2012). Područje Anatolije ima pogodne uvjete za uzgoj visokokvalitetnih plodova dudu, a proizvodnja dudu 2005. godine iznosila je 78,000 tona. Najviše se uzgajaju stabla *M. alba* -95 %, potom *M. rubra* -3 % i *M. nigra* -2 % (Ercisli i Orhan, 2006).

4. Kemijski sastav

4.1. Plod

Dudinje ili murve su ukusni, niskokalorični plodovi dudu. Njihova težina, pH vrijednost, sadržaj vlage i boja ploda ovisi o vrsti, kultivaru, korištenim podloga, uvjetima u okolišu te o zdravstvenom stanju voćnjaka u kojemu se nalaze. Međutim, u nekim istraživanjima utvrđene su okvirne vrijednosti za glavne parametre pri opisu plodova dudu (tablica 2).

Masa plodova dudu kreće se od 2,14 g i 4,37 g, a od tri najvažnije vrste dudu *M. nigra* ima najveće plodove.

Vrijednost pH u dudinjama je 3,5 – 5,60 što je razlog njihovog kiselkastog okusa.

Sadržaj vlage u plodovima kreće od 71 do 74 %. Ukupni udio masti u plodovima dudu je nizak i kreće se između 0,85 za *M. rubra* i 1,10 % za *M. alba* (Ercisli i Orhan, 2006).

Tablica 2. Težina ploda, boja, vlaga, pH, TAc (ukupna kiselost), TSS (ukupna topljiva krutina), TDW (ukupna suha težina) i sadržaj TSS/TAc za *M. alba*, *M. nigra* i *M. rubra*

Vrsta	Težina ploda (g)	Boja voća			Vlaga (%)	pH	TAc (%)	TSS (%)	TDW (%)	TSS/TAc
		L	a	b						
<i>M. alba</i>	3,49b	78,4a	13,6b	16,2a	71,5	5,60a	0,25b	20,4a	29,5a	81,6a
<i>M. nigra</i>	4,37a	14,3c	7,02a	1,72b	72,6	3,52c	1,40a	16,7b	27,4ab	12,0b
<i>M. rubra</i>	2,14c	27,3b	8,55a	2,02b	74,6	4,04b	1,37a	15,9b	24,4b	11,6b

Vrijednosti u istom stupcu s različitim malim slovima značajno se razlikuju pri LSD testu kod $P < 0,05$.

(Izvor: Ercisli i Orhan, 2006).

Plodovi dudu bogati su fenolnim spojevima uključujući polifenole, antocijane i flavonoide. Zhang i sur. (2018) su izvijestili kako su razine fenolnih spojeva u plodovima dudu veće od onih u malinama, kupinama, borovnicama i jagodama. Na ukupni sadržaj fenola utječu okolišni uvjeti, genetske razlike te stupanj zrelosti prilikom berbe (Ercisli i Orhan, 2006).

Obojenost plodova dolazi od topivih biljnih pigmenata antocijana. Glavni antocijani izolirani iz dudinja su cijanidin-3-rutinozid i cijanidin-3-glukozid (Zhang i sur., 2018). Kod *M. alba* antocijani imaju tendenciju da se koncentriraju na vanjskim stanicama koštica, dok se kod *M. nigra* i *M. rubra* koncentriraju u svim stanicama (Ercisli i Orhan, 2006). Zbog zabilježenih različitih obojenja plodova, poput crvene, ljubičaste i ljubičasto-crvene, različit je i intenzitet prisutnih antocijana u plodovima, čak i kad se radi o plodovima iste vrste dudu. Primjer za to je *M. alba* L. kod čijih su ljubičastih plodova zabilježeni veći sadržaji ukupnih šećera i antocijana nego što je to zabilježeno kod crvenih i ljubičasto-crvenih plodova. Razlog tomu su šećeri koji služe kao perkursor za sintezu antocijana (Zhang i sur., 2018). Maksimalna koncentracija antocijana i flavonoida je tijekom zadnje faze zrenja, kad se povećava i ukupni sadržaj fenola (Ercisli i Orhan, 2006).

Analizom masnih kiselina utvrđeno je da sve tri vrste dudu sadrže četrnaest glavnih spojeva s značajnim varijacijama masnih kiselina između pojedinih vrsta. U sve tri vrste dudu dominantna masna kiselina je linoleinska, potom ju slijedi palmitinska. U plodovima *M. alba* otkrivene su behenska i palmitoleinska kiselina, dok su plodovi *M. rubra* bili jedini koji su sadržavali cis-C18:3x3 i cis-C19:1x7. Oleinska kiselina utvrđena je samo u plodovima *M. nigra* i *M. alba* (Ercisli i Orhan, 2006).

Gundogdu i sur. (2011) proveli su istraživanje u Turskoj pokrajini Van na plodovima triju najvažnijih vrsta dudu (*M. nigra*, *M. alba* i *M. rubra*) kako bi odredili sadržaj organskih kiselina, fenolnih spojeva, vitamina C i ukupnog antioksidativnog kapaciteta. U tablici 3. prikazani su dobiveni rezultati za organske kiseline. Najzastupljenija organska kiselina u plodovima je bila jabučna, potom limunska, vinska, jantarna, mliječna, fumarna i na kraju octena. Izuzetak je kod plodova crnog dudu, gdje je utvrđen viši sadržaj jantarne od sadržaja vinske kiseline. Treba uzeti u obzir da na sadržaj organskih kiselina osim genetskih utječu i ekološki čimbenici (vlaga, temperatura, svjetlost itd.).

Tablica 3. Sadržaj organskih kiselina u *M. nigra*, *M. alba* i *M. rubra*

Organske kiseline	<i>Morus nigra</i>	<i>Morus alba</i>	<i>Morus rubra</i>
Limunska kiselina (g 100 g ⁻¹ fw)	1,084 ± 0,003 a	0,393 ± 0,002 c	0,762 ± 0,002 b
Vinska kiselina (g 100 g ⁻¹ fw)	0,123 ± 0,002 c	0,223 ± 0,001 b	0,336 ± 0,001 a
Jabučna kiselina (g 100 g ⁻¹ fw)	1,323 ± 0,001 c	3,095 ± 0,001 b	4,467 ± 0,525 a
Jantarna kiselina (g 100 g ⁻¹ fw)	0,342 ± 0,001 a	0,168 ± 0,001 b	0,132 ± 0,002 c
Mliječna kiselina (g 100 g ⁻¹ fw)	0,049 ± 0,000 b	0,074 ± 0,001 a	0,074 ± 0,001 a
Fumarna kiselina (g 100 g ⁻¹ fw)	0,011 ± 0,001 c	0,024 ± 0,001 b	0,028 ± 0,001 a
Octena kiselina (g 100 g ⁻¹ fw)	0,019 ± 0,000 a	0,008 ± 0,001 c	0,015 ± 0,001 b

Vrijednosti u istom stupcu s različitim malim slovima značajno se razlikuju pri Duncan testu kod $P < 0,01$.

(Izvor: Gundogdu i suradnici, 2011).

Od fenolnih spojeva u crnom dudu dominantna je bila klorogenska kiselina, dok je u plodovima bijelog i crvenog dudu bio rutin. Osim galne i kafeinske kiseline te rutina, sadržaj fenolnih spojeva je bio veći u plodovima crnog i crvenog dudu u odnosu na plodove bijelog dudu. Sadržaj vitamina C bio je najveći kod bijelog dudu, međutim kod tamno obojenih vrsta, tj. kod crnog i crvenog dudu bio je viši ukupni antioksidativni kapacitet. Najveći antioksidativni kapacitet zabilježen je kod plodova crnog dudu. Sadržaj šećera, glukoze i fruktoze, u sve tri vrste bio je podjednak (Gundogdu i sur., 2011).

Mineralni sastav dudinje ovisi o vrsti, tlu i geografskim uvjetima. U sve tri vrste dudu utvrđena je prisutnost deset minerala. Kod svih vrsta prevladavajući je bio K, zatim N, P, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn i Cu (Ercisli i Orhan, 2006).

4.2. List

Kemijski sastav listova duda varira ovisno o vrsti duda i čimbenicima okoliša. Analizom listova triju najvažnijih vrsta utvrđene su glavne kemijske sastavnice listova koje su vidljive u tablici 4. Sadržaj suhe tvari varirao je od 37 % do 42 % a najveći je bio kod *M. alba* 46,27 %. Sadržaj pepela i vlakna bio je najveći kod *M. rubra* a iznosio je 22,36 % i 33,33 % (Guven, 2012).

Tablica 4. Kemijski sastav lišća *M. nigra*, *M. alba* i *M. rubra*

Hranjive tvari (%)	Vrste				Sred. vrijed. standardne pogreške	Sig.
	<i>M. nigra</i>	<i>M. alba</i>	<i>M. rubra</i>	<i>M. alba pendula</i>		
Suha tvar	42,20b	46,27a	37,36c	25,97d	0,727	***
Sirove bjelančevine	16,06c	18,73b	11,75d	23,72a	0,293	***
Neutralna vlakna deterdženata	22,08c	19,38d	33,33a	29,53b	0,433	***
Vlakna kiselinskih deterdženata	19,46c	17,33d	24,06b	26,06a	0,165	***
Pepeo	17,50b	15,40c	22,36a	17,70b	0,184	***
Kondenzirani tanin	0,74a	0,76a	0,47b	0,67a	0,059	***

Vrijednosti u istom stupcu s različitim malim slovima značajno se ne razlikuju pri Tukey testu kod $P < 0,05$.

(Izvor: Guven, 2012).

Listovi duda korišteni su kao izvor antioksidativnih molekula poput fenola, flavonoida i terpenoida (Rohela i sur., 2020). Prema Iqbalu i sur. (2012) sadržaj ukupnih fenola u listovima duda kretao se između 16,21 (*M. alba*) do 24,37 (*M. nigra*) mg ekvivalenta galne kiseline (GAE)/g. Sadržaj flavonoida u lišću duda procijenjen je kao mg rutinskog ekvivalenta/g uzoraka osušenog lišća, u rasponu od 26,41 do 31,28 za *M. alba* i *M. rubra*. Najveća količina askorbinske kiseline (vitamin C) zabilježena je u listovima bijelog duda, potom crnog, a najmanja, minimalna količina utvrđena je u listovima crvenog duda.

Prema Sánchez-Salcedo i sur. (2015) sadržaj fenola u listovima duda zavisi o uvjetima kao što su suša, zagađenje, temperaturne promjene, UV svjetlo i napad patogena. Na ispitivanim klonovima *M. alba* i *M. nigra* utvrđen je ukupni sadržaj fenola u rasponu od 12,81 do 16,13 mg GAE/g suhog lišća. Kao i kod Iqbalu i sur. (2012) klonovi *M. alba* su imali najniži, dok su klonovi *M. nigra* imali najviši sadržaj fenola. Nadalje, ukupni sadržaj CQA (kafeoil-kina kiseline) u listovima duda kretao se od 6,78 do 8,48 mg/g suhe tvari za klonove *M. alba* te od 6,43 do 10,05 mg/g suhe tvari za klonove *M. nigra*. Najdominantnija je bila klorogena kiselina (5-CQA) u rasponu od 5,29 do 8,39 mg/g suhe tvari, potom neo-klorogena kiselina (3-CQA), kriptoklorogena kiselina (4-CQA) i izomer klorogenske kiseline (1-CQA).

Lišće duda sadrži esencijalne nezasićene masne kiseline, linolnu i linolensku kiselinu te esencijalne aminokiseline (razgranati bočni lanac koji sadrži aminokiseline, aromatične aminokiseline). Također listovi duda sadrže važne minerale poput željeza, natrija i kalcija (Rohela i sur., 2020).

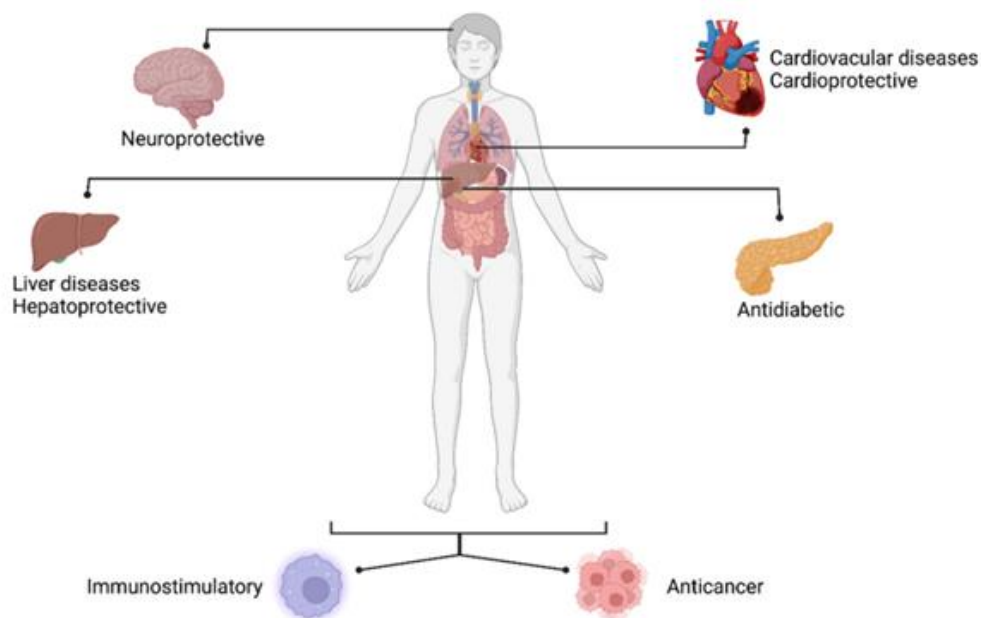
Analizom listova duda ispitivan je i njihov antioksidativni kapacitet. Prema Iqbalu i sur. (2012) DPPH testom ispitivala se aktivnost hvatanja slobodnih radikala, a rezultati su izračunati kao mM Trolox ekvivalent (TE)/g suhog lišća. Crni dud je pokazao najveći potencijal hvatanja radikala, potom bijeli te crveni. Antioksidativni kapacitet mjerio se i ABS metodom hvatanja radikal-kationa. Lišće triju vrsta duda pokazalo je značajno različitu sposobnost međusobnog uklanjanja radikal-kationa. Nadalje, mjerenja su provedena i FRAP testom, koji mjeri sposobnost ekstrakta da reducira željezo (Fe^{3+}) u željezo (Fe^{2+}) te su rezultati pokazali da najveću sposobnost imaju listovi bijelog duda, a najmanju listovi crnog duda.

Radulović i sur. (2016) istraživali su esencijalna ulja sadržana u svježim i suhim listovima *M. alba* i *M. nigra*. Ukupno je utvrđena 131 sastavnica, od kojih su najzastupljeniji bili alkani i diterpenoidi koji su činili više od 80 % kod sušenih i svježih listova crnog duda te svježih listova bijelog duda, dok su kod sušenih listova bijelog duda bili više od 60 %. U eteričnim uljima listova *M. nigra* prevladavajući spojevi su bili trans-fitol, (E,E)-geranil linalol i lančani alkani, dok su se oba eterična ulja *M. alba* sastojala od alkana, diterpenoida i derivati karotenoida.

5. Ljekovitost duda

Prema Zhangu i sur. (2018) procjenjuje se da danas oko 80 % svjetske populacije se oslanja na fitomedicinu, gotovo polovica lijekova koja je odobrena su prirodni proizvodi, a industrija prirodnim lijekovima će u nadolazećim godina sve više rasti. Upotreba duda ima dugu povijest u tradicionalnoj kineskoj medicini te je 1985. godine Ministarstvo zdravstva Kine registriralo dud kao prvo jestivo i ljekovito voće (Dhiman i sur., 2019). Tradicionalna ayurvedska medicina u Indiji koristi sve biljne dijelove duda u svrhu liječenja jer je izvor mineralnih iona i farmaceutika te ga čak poistovjećuju s božanskim stablom nazivajući ga 'Kalpa Vruksha' (Rohela i sur., 2020).

Gotovo svi biljni dijelovi duda posjeduju kemijske komponente koje imaju različite farmakološke funkcije kao što su antibakterijsko, antikancerogeno, neuroprotektivno, antidiabetičko, hepatoprotektivno (slika 7) djelovanje i mnoga druga. Prema Hussainu i sur. (2017) iz duda je ekstrahirano ukupno 18 spojeva, a većina je pokazala izrazito farmakološko djelovanje. Bijeli dud (*Morus alba*) vrsta je duda koja je jedna od najljekovitijih i stoga se i najviše istražuje u medicinske i farmaceutske svrhe. Bijeli dud dobar je izvor askorbinske kiseline (vitamin C) koje je preko 90 % u reduciranom obliku, sadrži i karotin, folnu kiselinu, vitamin B1, tanine, flavonoide, kvercetin i druge (Devi i sur., 2013).



Slika 7. Ilustracija primjenjivosti duda u biomedicini
(Izvor: Baciú i sur., 2023).

5.1. Plodovi

Plodovi duda bogat su izvor antocijana te se u tradicionalnoj kineskoj medicini koriste za smanjenje razine glukoze u krvi, kod upalnih problema, a vjeruje se i da posjeduje svojstva koja pomažu protiv starenja (Dhiman i sur., 2019). Plodovi duda bogati su spojevima (polisaharidi, antoncijani, fenolne kiseline itd.) koji imaju antidijabetičko, antikancerogeno, antioksidativno, neuroprotektivno i protuupalno djelovanje (Baciu i sur., 2023). Utvrđeno je da svježi plodovi duda sadrže minerale (cink, magnezij, kalcij itd.), 7 vrsta vitamina i 16 vrsta aminokiselina koji su prijeko potrebni ljudskom organizmu (Jian i sur., 2012).

Plodovi duda sadrže važne nezasićene masne kiseline (linolna, oleinska i linolenska kiselina) koje imaju važnu ulogu u regulaciji imunološkog sustava, krvnog tlaka i upalnih reakcija, sintezu stanične membrane, lučenju i stvaranju hormona te za normalno funkcioniranje mozga (Hussain i sur., 2017). Tijekom starenja kod ljudi dolazi do smanjenja melatonina što ih čini osjetljivijim i podložnijim raznim bolestima, stoga se preporučuje konzumacija plodova duda ili vina od duda, a također utvrđeno je da zbog prisutnosti pirol alkaloida plodovi duda posjeduju mogućnost aktiviranja makrofaga (Rohela i sur., 2020).

Prema Zhangu i sur. (2018) kod štakora s dijabetesom, koji su tijekom sedam tjedana hranjeni s dvije različite frakcije polisaharida ploda duda, došlo je do smanjenja razine serumskog inzulina i glukoze natašte. Također muški genetski miševi koji su tijekom osam tjedana hranjeni antocijaninskim ekstraktom ploda imali su smanjenje razine glukoze u krvi, kolesterola, serumskog inzulina i leptina, a došlo je do povećanja razine adiopketina. Zbog navedenog pretpostavljaju da bi se antocijaninski ekstrakt ploda duda mogao koristiti za poboljšanje otpornosti na leptin i inzulin. Isti autori pretpostavljaju da plodovi duda mogu inhibirati jetrenu lipogenezu i povećati aktivnost LDL-receptora te imati hipolipidemijski učinak jer sadrže visoku razinu linolne kiseline i dijetalnih vlakana.

Etanolni ekstrakt ploda bijelog duda ispitivan je na *in vitro* i *in vivo* modelima Parkinsonove bolesti te su rezultati pokazali da anti-apoptotski i antioksidativni učinci štite neurone od neurotoksina (Zafar i sur., 2013). Utvrđen je i potencijalni antitumorski učinak antoncijana iz ploda duda ispitivan na miševima koji su tijekom sedam tjedana hranjeni plodovima duda nakon čega je rast atipičnih žljezdanih stanica bio inhibiran (Zhang i sur., 2018). Oralna primjena ekstrakta bijelog duda prilagođava aktivnost monoaminooksidaze tijekom tjelesne aktivnosti čime se povećava potencijal tjelesnih aktivnosti te ima antistresni učinak (Zafar i sur., 2013).

5.2. Listovi

Listovi duda u istočnjačkim medicinama tradicionalno su se koristili za poboljšanje vida, jačanje zglobova, kao preventiva u zaštiti od bolesti jetre te za liječenje vrućice (Dhiman i sur., 2019). Listovi duda zbog svojih spojeva imaju antidijabetičko, antikancerogeno, antioksidativno, protuupalno, antivirusno djelovanje, potiču neuroprotektivnu aktivnost te imaju hipolipidemijski i kardio-zaštitni učinak (Baciu i sur., 2023). Zbog prisutnosti flavonoida, vitamina, aminokiselina, triterpena i drugih elemenata u nekim azijskim zemljama (Japan, Koreja) listovi duda se koriste kao infuzija (Zafar i sur., 2013).

Prema Baciu i sur. (2023) prah listova duda ima kardioprotektivno djelovanje, a studije su provedene *in vivo* na pacijentima s kardiovaskularnim bolestima. Također procijenjeno je i hipoglikemijsko djelovanje listova duda iz kojih je ekstrahiran novi alkaloid 1-deoksinojirimicin (DNJ), čija je prisutnost dosad utvrđena samo u dudu. Istraživanje provedeno na dijabetičkim miševima, kojima je tijekom 15 dana davan ekstrakt lista, pokazalo je da je DNJ inhibirao apsorpciju glukoze te je razina šećera u krvi smanjena i do 50 %. Listovi duda djeluju i na smanjenje kolesterola i krvnog tlaka, kao i na zaštitu jetre.

Istraživanje provedeno na štakorima s hiperlipidemijom, kojima je davan vodeni ekstrakt lišća bijelog duda uz prehranu bogatu kolesterolom, dokazao je da je došlo do smanjena razine triglicerida u plazmi i inhibiran je razvoj oštećenja jetre (Zafar i sur., 2013). Listovi duda imaju i protuupalno i antibakterijsko djelovanje. Metanolni ekstrakt lišća bijelog duda djeluje na smanjenje upalnih medijatora, proizvodnju citokinina i čimbenika nekroze tumora (TNF- α). Nadalje polisaharidi koji su ekstrahirani iz listova duda djeluju antibakterijsko protiv *Escherichie coli*, *Bacillus subtilis* i *Staphylococcus aureus* (Dhiman i sur., 2019).

Prema Hussainu i sur. (2017) etanolni ekstrakt lišća bijelog duda ima hepatoprotektivni učinak protiv hepatotoksičnosti koja je izazvana uporabom lijekova. Aktivnost etanolnog ekstrakta lišća provedena je u *in vitro* uvjetima na staničnim linijama ljudskog raka jetre (HepG2 stanice) i na ljudskom hepatomu te na albino štakorima protiv ozljeda jetre koja je izazvana metotreksatom. Kod inkubacije staničnih linija ljudskog raka jetre došlo je do smanjenja stanične vitalnosti u roku od 48 sati pri niskoj dozi terapije (IC₅₀ =14,5 mg/mL).

5.3. Kora korijena

Kineska farmakopeja navodi kako kora korijena duda (slika 8) ima učinak na ublažavanje kašlja i astme, potiče stvaranje urina te uklanja toplinu iz pluća (Dhiman i sur., 2019). Prema Baciú i sur. (2023) kora korijena duda ima antioksidativno, antidijabetičko, antibakterijsko, antivirusno, protuupalno, antikancerogeno i antihipertenzivno djelovanje, također djeluje na neuroprotektivnu i hepatoprotektivnu aktivnost. Iz kore korijena duda također je izoliran spoj 1-deoksinojirimicin (DNJ) koji ima antidijabetički učinak (Hussain i sur., 2017).

Singh i sur. (2012) navode kako se kora korijena bijelog duda može koristiti protiv zubobolje i kašlja, kao laksativ te djeluje kao antiastmatik i sedativ. Navode i kako ima hipoglikemijsko djelovanje, jer je istraživanje provedeno na štakorima s dijabetesom, koji su 10 dana bili hranjeni ekstraktom kore korijena, pokazalo da je došlo do smanjenja glukoze za 59 % a povećanja inzulina za 44 %. Iz kore korijena bijelog duda izoliran je flavonoid (leachianon G) koji ima antivirusno djelovanje protiv herpesa tipa 1 (Zafar i sur., 2013). Procijenjen je protuupalni učinak kore korijena na staničnoj liniji mišjih makrofaga te su rezultati pokazali da je došlo do smanjenja prekomjerne proizvodnje NO - ključni čimbenik u kontroli upalnog odgovora (Baciú i sur., 2023). Glikozid (5,2'-dihidroksi flavanon-7,4-di-O-glukozid) koji je ekstrahiran iz kore korijena duda sprječava umnažanje stanica raka jajnika (Dhiman i sur., 2019).



Slika 8. Kora korijena *Morus alba*

(Izvor: <https://ginkgohome.com/products/high-quality-white-mulberry-root-bark-sang-bai-pi>).

5.4. Kozmetička industrija

Kozmetička industrija gledajući globalno danas je jedna od najprofitabilnijih industrijskih grana. Dud kao biljka s velikim spektrom i mogućnošću iskorištavanja također se koristi u proizvodnji kozmetičkih proizvoda, što mu daje na ekonomskoj vrijednosti.

Dud je sastavni dio krema (slika 9) kao i gelova za tuširanje koji su dostupni na tržištu, a razlog tomu je njegov utjecaj na smanjenje starenja kože te djeluje kao sredstvo izbjeljivanja kože - suzbija hiperpigmentacijske poremećaje (Baciu i sur., 2023). Rohela i sur. (2020) navode uporabu sericina, spoja kojeg luče svilene žlijezde dudova svilca, u kozmetičkoj industriji. Hussain i sur. (2017) pak navode kako se u Turskoj osim uporabe duda u prehrambenoj industriji dud koriste i u kozmetičkoj industriji.

Prema Dihman i sur. (2019) lateks duda koristi se u dermalnim kremama i flasterima za rane, a krema za izbjeljivanje kože koja je sadržavala koncentrirani ekstrakt duda u iznosu od 4 % pokazala je smanjenje u sadržajima eritema i melanina. Nadalje isti autori navode kako je pripravljena i pasta za zube od ekstrakta lišća duda s različitim formulacijama.



Slika 9. Krema protiv ožiljaka od akni na bazi duda
(Izvor: <https://us-i.makeupstore.com/r/rn/rna0frgr2pq4.jpg>).

6. Dud u zaštiti okoliša

6.1. Tlo

6.1.1. Erozijska tla

Zdravo i plodno tlo osnovni je preduvjet za poljoprivrednu proizvodnju. Sve intenzivnijom poljoprivrednom proizvodnjom i pod utjecajem klimatskih promjena poljoprivredna tla sve su više izložena eroziji. Prema istraživanju Europskog podatkovnog centra za tlo (ESDAC), koje je obuhvatilo 202 zemlje s ukupno oko 84 % Zemljine površine, od 2001. do 2012. godine erozija tla na globalnoj razini povećala se za 2,5 %. Svjetska poljoprivredna proizvodnja suočena s gubitkom sloja tla pronalazi način za očuvanje istih. Jedan od načina je uzgoj kultura koje sprječavaju eroziju. Dud ima razvijen korijenov sustav čije vertikalno korijenje može dosegnuti dužinu i do 4 metra, dok horizontalno korijenje doseže i veličinu koja je 4-5 puta veća od krošnje samog stabla (Jiang i sur., 2017). Razgranato i čvrsto korijenje duda sve se više koristi u sprječavanju erozije tla.

Prema Wani i sur. (2017) podizanjem plantaža duda čvrstoća tla povećana je s 75,2 kPa na 138,4 kPa, s produbljenjem sloja tla na 30-40 cm. Terasasta sadnja duda na grebenima, smanjit će volumen otjecanja vode i tla što će recipročno dovesti do smanjena gubitka dušika i vlage u tlu. Ostavljanje zatravljenih površina između redova duda pokazalo se kao uspješna kombinacija u zaustavljanju erozije te zaustavljanju površinskog otjecanja oborina sa padina. Trava će u ovakvom slučaju spriječiti eroziju kišnicom te će povećati podzemno procjeđivanje. Otpalo lišće duda zajedno s travom činit će pokrovni sloj tla čija je uloga povećanje vlažnosti i plodnosti tla. Prema istraživanju, ovakva praksa podizanja plantaža duda pokazala se uspješnom te se predviđa da bi mogla umanjiti eroziju tla za 124,5 t/ha, povećati sadržaj vlage 13-15 % kao i sadržaj organske tvari za 3 %.

Stabla duda široko su rasprostranjena zato što dobro uspijevaju i na neplodnim tlima s manje hranjivih tvari. Stvorene su sorte duda koje primjerice mogu uspijevati na tlima s pH vrijednosti 4,5-8,5 % i sadržajem soli 0,2 % ili u područjima s godišnjom količinom padalina od 300-600 mm gdje su i dalje uspješno rasla (Wani i sur., 2017). Zbog takve visoke otpornosti dud se koristi i za sprječavanje erozije pijeska na sušnim i polusušnim pustinjским područjima. U sjevernim područjima Kine (Xinjiang, Shaanxi, Peking) preferira se sadnja duda zbog fiksiranja pijeska i zaštite od vjetrova, dok se u južnim područjima koristi za tretiranje kamenitog pustinskog područja (slika 10) kao i za upravljanje rezervoarima jalovine (slika 11). Istraživanja su pokazala da je ukupna duljina korijena jednogodišnjeg duda, u sušnim i polu-sušnim područjima Kine, dosegnula 100 m, a promjer krošnje, jednogodišnjeg sadnog materijala u pijesku, bio je oko 1 m (Jiang i sur., 2017). Pošumljavanje zemljišta dudom pokazalo je očuvanje otjecanja vode za 20m³ godišnje, smanjene otjecanja mulja i pijeska za 3 t te fiksiranje 3 067,8 kg km² pijeska godišnje (Jian i sur., 2012.).



Slika 10. Dud uzgojen u kamenitom pustinjском području, Hunan, Kina

(Izvor: The Sericultural Research Institute of Hunan Province, China

[https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/49\(2\)/50.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/49(2)/50.pdf)).



Slika 11. Dud uzgojen u rezervoaru jalovine Hunan, Kina

Na području Kine, osim uzgoja dudu u svrhe ishrane dudova svilca, dud se sadi u pojasevima između poljoprivrednih parcela. Ovakva praksa pokazala je smanjenje erozijskih jaraka u odnosu na poljoprivredna zemljišta bez dudu. Naime, erozijski jarci bili su 57 % manji, 61 % uži i 64 % kraći, također na poljoprivrednim zemljištima sa strmim nagibom (oko 40°) došlo je do smanjena erozije tla za 79,7 %, kao i smanjenja otjecanja oborina oko 70 % (Jian i sur., 2012).

6.1.2. Fitoremedijacija tla

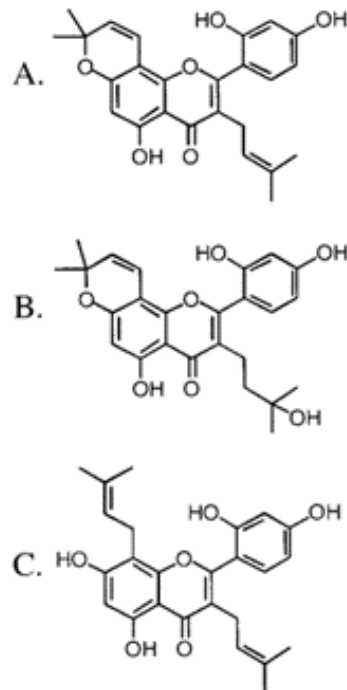
Pojam fitoremedijacija dolazi od grčke riječi „*phyto*“, što znači biljka i latinske „*remedio*“ koja znači liječiti, sanirati. Fitoremedijacija predstavlja skup postupaka kojima upotrebom određenih biljaka, njihovih enzima i mikroorganizama koji se nalaze u zoni korijena smanjujemo koncentraciju, toksični učinak i pokretljivost ksenobiotika u tlu. Ksenobiotici, u koje ubrajamo teške metale, organske ksenobiotike i radionuklide, u tlo dospijevaju antropogenim učinkom na poljoprivrednim tlima, nepravilnim upravljanjem otpadom ili atmosferskim taloženjem iz zraka (Milčić, 2019). Dud kao višegodišnje stablo, s razvijenim korijenjem i velikom biomasom te širokom rasprostranjenosti i sposobnošću prilagodbe različitim ekološkim uvjetima, istražuje se sve više u svrhe fitoremedijacije.

Istraživanje koje se provodilo na Tianjin Normal University u Kini proučavalo je prostornu distribuciju i akumulaciju toksičnih metala (Pb, Cd i Cr) u dudu koji je četiri godine uzgajan na kompostu od krutog komunalnog otpada (MSW - municipal solid waste). MSW kompost sastoji se od organskih komponenti (ostatci hrane, bio-krutine itd.) te kao takav može se koristiti na poljoprivrednim površinama, međutim postoji potencijalni rizik, zbog nepoznatog podrijetla komposta, od prisutnosti toksičnih metala u njemu. Da bi se takav kompost i svi njegovi resursi u potpunosti i sigurno iskoristili potrebno je ukloniti sve toksične elemente iz njega. Kao mobilizirajući agensi koristili su se etilendiamintetraacetat (EDTA) i amonijev sulfat ((NH₄)₂SO₄) kako bi se poboljšala fitoekstrakcija teških metala iz komposta. Dobiveni rezultati pokazali su da su koncentracije Cd, Cr i Pb bile više u mladicama u odnosu na korijen. Koncentracije Cd i Pb u mladicama je rasla, a maksimalnu vrijednost dosegnule su u listovima dudu. Uočeno je i da primjenom jednog od agensa ili njihovom kombinacijom povećava se koncentracija kadmija. Biokoncentracijski faktor - BCF teških metala pokazao je da dud ima najveći potencijal za fitoekstrakciju kadmija iz MSW komposta. Studija pokazuje da su BCF vrijednosti veće od 1 pronađene u svakom dijelu dudu za Cd, dok su za Cr i Pb bile manje, što implicira da je dud kroz korijenski sustav iz komposta najlakše usvajao kadmij (Zhao i sur., 2013).

Prema Leighu i sur. (2002) dokazano je da flavonoidi koji se nalaze u finom korijenju dudu potiču rast i aktivnost bakterije *Burkholderia sp.* LB400, koja je sposobna razgraditi poliklorirane bifenile (PCB). Istraživanje je provedeno na hibridima europskih vrsta *M. rubra* i *M. alba*. Uzete mladice, približno 1 cm promjera, posađene su u rizotron posude, koje su prethodno napunjene mješavinom tamnog komposta, pognojene su sa NPK gnojivom te im je osiguran sustav za navodnjavanje. Rasle su na otvorenom od travnja do kraja studenog, tijekom čega je korijenje tri puta snimano i uzorkovano. Neto proizvodnja finog korijenja, promjera < 1 mm, pojavila se tijekom proljeća i ljeta, dok je do sitnog odumiranja došlo u jesen. Postotak izumiranja korijenja u ispitivanim biljkama kretao se 43-93 %, izračunata prosječna smrtnost iznosila je 58 %. Do studenog, većina odumrlog finog korijenja već je bila razgrađena. Pretpostavka je da bi u narednoj vegetacijskoj sezoni, tijekom proljeća, došlo i do većeg postotak izumiranja. Ispitivanje je pokazalo da je ukupna količina ispitivanih fenola u

žutom korijenju bila 22 i 25 mg/g suhe tvari, na starijem ili odumrlom korijenju ta je koncentracija bila 33-40 mg/g suhe tvari. Zaključak je da su fenoli ostali u korijenju tijekom starenja i odumiranja, te su na taj način bili dostupni mikroorganizmima. Kemijskom analizom utvrđena je prisutnost flavonoida (slika 12) morusina, morusinola i kuwanona C u korijenu *M. alba*. Svaki od tri izolirana flavonoida dan je bakteriji *Burkholderia sp.* LB400 kao jedini izvor ugljika. Kolonije bakterija rasle su istom brzinom kao i kad im je bio dodan bifenol koji se koristi kao supstrat za bakterije koje razgrađuju PCB. Ovakvim načinom obrtanja korijenja osigurat će se neophodna količina kisika za aktivnost enzima koji kataliziraju aromatske kontaminante u tlu.

Studija dokazuje da dud ima potencijal u sporoj, kontinuiranoj rizoremedijaciji onečišćivača tla (Leigh i sur., 2002).



Slika 12. Kemijske strukture morusina (A), morusinola (B) i kwanon C (C)

(Izvor: https://people.ucsc.edu/~wxcheng/envs161/PDFs_supplemental/Reading_phyto_remd.pdf).

6.2. Voda

Klimatske promjene donijele su osim ekstremnih promjena u temperaturama velike razlike i u količinama oborina. Bilo da se radi o dugim razdobljima suša ili povećanim padalinama u razdobljima godine kada za njih nije uobičajeno vrijeme. Upravo stoga se sve više istražuju biljne vrste koje mogu takve oborinske razlike podnijeti. Dud je stablo koje, kako je već navedeno, sprječava eroziju tla, a s erozijom tla usko je povezana i erozija vodom. Osim sprječavanja erozije vodom, dud zbog svojeg dubokog i razgranatog korijenja ima veću dostupnost podzemnim vodama kao i veću sposobnost zadržavanja vlažnosti u tlu (Rohela i sur., 2020).

Prema Jiangu i sur. (2017) razgranata krošnja dudu sprječit će izravan dodir kiše s tlom. Krošnja će smanjiti izravno ispiranje tla te biti u funkciji „nadstrešnice“ koja vodu preusmjerava. Navedeni autori navode da je koeficijent propusnosti tla i stupanj prodora u dudinjama bio 1,91 i 3,07 puta veći od onih na otvorenim tlima. Kao i prijašnji autori, oni navode da bi se uz dud i korove koji se nalaze ispod njega smanjilo izravno otjecanje vode te da bi 50-70 % oborina moglo procjeđivanjem otjecati u podzemne vode.

Dud zbog svojeg razgranatog i dubokog korijenja čini veliki mrežni sustav za upijanje vode i konsolidaciju tla. Polje zasađeno dudovima može zadržati više od 20m³ vode, a na poljoprivrednim zemljištima koja imaju nagib od 40° smanjeno je otjecanje oborina za 70 %. Nadalje, petogodišnji pojasevi dudu koji se nalaze na lesnoj visoravni u Kini s nagibom od 35°, u odnosu na ostale poljoprivredne padine imali su bolje ispitivane parametre za očuvanje vode. Relativna vlažnost u tlu povećana je za 20 %, maksimalni kapacitet tla za zadržavanje vode bio je viši za 20,57 % te je sadržaj vode na padinama bio od 1,7 % do 2,15 % viši (Jian i sur., 2012).

Dud ima određenu toleranciju i na nakupljanje vode. Istraživanja su pokazala da odrasla stabla dudu mogu tijekom razdoblja rasta preživjeti plavljenje od 20 dana. Također tijekom faze mirovanja, u hidrofluktacijskom pojasu, bila su podvrgnuta plavljenju od 150 dana u dubokoj vodi te su nastavila rasti kao najbolja vrsta drveća nakon pojave hidrofluktacijskog pojasa (Jiang i sur., 2017).

6.3. Zrak

Jedan od najvećih problema današnjice je sve veće onečišćenje zraka kao posljedica industrijalizacije, intenzivne poljoprivrede, krčenja šuma, nagomilavanjem otpada i emisijom koja dolazi iz prirodnih izvora (erupcije vulkana, hlapivi organski spojevi, erozija vjetra itd.). Na globalnoj razini urbana područja zauzimaju svega oko 2,4 % ukupne kopnene mase a izvor su više od 70 % antropogenog ugljikovog dioksida (Carretero i sur., 2017).

Prema Europskoj agenciji za okoliš (2020) na područjima europskih gradova oko 90 % stanovništva je izloženo onečišćujućim tvarima iz zraka čije su koncentracije u razinama koje su štetne po zdravlje ljudi. Šumski ekosustavi godišnje skladište približno 90 % ugljika ispuštenog u atmosferu, te se stoga sve više u urbanim sredinama pribjegava stvaranju „urbanih šuma“, koje se sastoje od autohtonih i alohtonih vrsta drveća čija je najvažnija dobrobit skladištenje ugljika u njihovu biomasu (Carretero i sur., 2017).

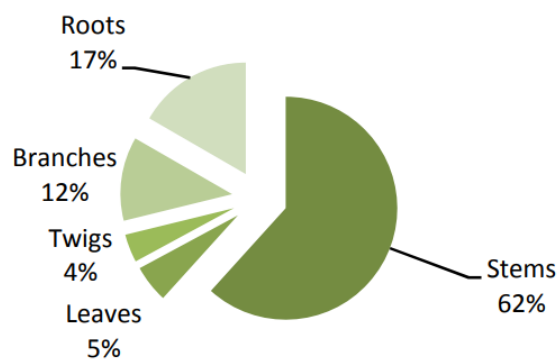
Dud kao listopadno stablo koje proizvodi veliku nadzemnu biomasu ima jaku sposobnost upijanja štetnih tvari iz zraka. Lišće duda ima veliku sposobnost upijanja štetnih tvari kao što su ugljikov(IV) oksid (CO_2), ugljikov(II) oksid (CO), sumporov(IV) oksid (SO_2) i fluorovodik (HF). Dud ima kapacitet za apsorpciju 5,7 kg sumpornog dioksida po kilogramu suhog lišća, a samo jedno stablo duda apsorbira svake godine 4162 kg ugljikovog dioksida i ispusti 3064 kg kisika (Rohela i sur., 2020). Hektar nasada duda dnevno može apsorbirati oko 100 kg ugljikovog dioksida, a osloboditi oko 730 kg kisika, to je ekvivalentno potrebi disanja oko 1000 ljudi (Baciu i sur., 2023). Jian i sur (2012) navode kako je dud prvoklasno stablo koje je otporno na onečišćenje sumpornim dioksidom. Naime, provedeno istraživanje u kojemu je nakon šest sati fumigacije, pri koncentraciji SO_2 od $0,79 \times 10^{-6}$, kilogram suhog lišća apsorbirao je oko 5,7 g SO_2 dok kubni metar dudove šume može apsorbirati oko 20 ml plinovitog SO_2 svaki dan. Izloženo takvom onečišćenju manje od 20 % ukupne lisne masne imalo je oštećenja, a ostatak je nastavio rasti i razvijati se.

U urbanim šumama i prigradskim područjima grada Mendoze u Argentini provedeno je istraživanje kojemu je cilj bio procijeniti skladištenje ugljika u bijelom dud, kao vrsti koja je na tom prostoru dominantna. Ukupna površina gradskog područja iznosila je 2970 ha i prigradskog 6718 ha, pokrivenost bijelim dudom bila je 272 ha u urbanim i 625 ha u prigradskim područjima. Rezultati su pokazali da stabla u urbanom području akumuliraju oko 24 t ugljika a prigradska stabla duda akumuliraju 43 t ugljika. Od te količine ugljika lišćem se godišnje ukloni iz urbanog područja 544,6 t, tj. 1998,6 t CO_2 a iz prigradskog područja 1123,3 t što iznosi 4 118,8 t CO_2 . Ove količine sekvestriranog ugljikova dioksida su značajne s obzirom se da u gradu Mendози godišnje ispusti oko 13 000 t CO_2 (Carretero i sur., 2017).

Mohan i sur. (2022) proveli su istraživanje na flori starog kampusu Sveučilišta Jammu u Indiji čime se željela utvrditi važnost flore i njenog održavanja u urbanim područjima kako bi se smanjilo onečišćenje zraka. Ustanovljena je prisutnost 153 jedinke drveća koja se svrstavaju

u 14 porodica, a najdominantnija je bila porodica *Moraceae* (dudovke). Utvrđeno je da je ukupna sekvestracija CO₂ 185,84 kg, a količina proizvedenog kisika je iznosila 495,65 kg. Najviše sekvestriranog ugljika i proizvedenog kisika utvrđeno je u limunskom eukaliptusu (6 stabala). Na drugom mjestu bio je bijeli dud (14 stabala) sa 31,65 kg sekvestriranog CO₂ i 84,40 kg proizvedenog kisika, dok je crni dud (8 stabala) sekvestrirao 6,22 kg CO₂ i proizveo 16,58 kg kisika.

Istraživanje provedeno u gradu Duhok (oko 10715 km²) u Iraku za cilj je imalo odrediti ugljik u dvije autohtone vrste drveća, crnom dud i bijeloj vrbi, kako bi se procijenila i odredila njihova uloga u sekvestraciji ugljikova dioksida i potaknuo razvoj zelenih površina u urbanim područjima. Ispitali su se svi biljni dijelovi (slika 13) i mjerila se količina ugljika. Obje vrste rastu kao autohtona stabla i proizvode veliku biomasu. Rezultati su pokazali da je godišnji sadržaj ugljika u crnom dud iznosio oko 4,1 kg, dok je u bijeloj vrbi iznosio oko 6,3 kg. Sekvestracija ugljikova dioksida za crni dud bila je 357,67 kg s godišnjom stopom od oko 14,9 %, dok je za bijelu vrbu bio 504,42 kg s godišnjom stopom od 22,93 % (Aree i sur., 2018.)



Slika 13. Strategija raspodjele ugljika između svih biljnih dijelova *Morus nigra* (izvor: Aree i sur., 2018).

Prema Formaciaru i sur. (2022), koji su istraživali mogućnost korištenja voćnih vrsta u urbanim sredinama, dud je stablo koje i nakon 40 godina ne prestaje s rastom već može doseći i visinu od preko 14 metara. Zaključili su da tijekom starenja drveća njihov potencijal za sekvestraciju ugljikova dioksida se ne smanjuje već povećava. Prema njihovim procjenama tridesetogodišnje stablo crnog duda može sekvestrirati 1,27 tona CO₂, a nakon 50 godina sekvestracija će iznositi i do 2,40 tona.

7. Dud u industrijskoj proizvodnji

7.1. Proizvodnja svile

Jedna od najvažnijih i najpoznatijih uloga dudu u svijetu je za proizvodnju finih niti svile. Dvije najbitnije komponente potrebne za proizvodnju svile su listovi *Morus albe* (bijelog dudu) i jajašca *Bombyx mori* - dudovog svilca (Zelić, 2001). U svijetu je poznata proizvodnja više vrsta svile (Muga svila, Eri svila, Tasar svila), ali najkvalitetnija i najvažnija je svila koja se dobiva od listova bijelog dudu, zbog čega se već tisućama godina naziva „kraljicom“ među tkaninama (Saha i sur., 2022).

Riječ *svila* odmah asocira na daleku Kinu gdje su 2600 god. pr. Kr. stanovnici provincije Shantung zamijetili da na stablu dudu „raste vuna“ koju su počeli presti i od nje tkati platna (Zelić, 2001). Važnost svile kao tkanine od pamtiviljeka je poznata te se očituje u „Putu svile“. Put svile nije samo označavao razmjenu svile sa istoku u zamjenu za plemenite metale sa zapada već je doveo i do razmjene kultura, religija i ostalog.

Dudov svilac, zajedno s pčelama, smatra se jednim od najkorisnijih insekata korištenih u poljoprivrednoj proizvodnji, a svrstava se u sitnu stoku, tj. u porodicu prelaca (Brunšek i sur., 2017). Uzgoj dudovog svilca je jedino u svrhu proizvodnje svile, a danas postoje različiti hibridi koji su proizvedeni laboratorijski kako bi randman iskoristivosti od jajašca do svilene niti dudovog svilca bio bolji (Zelić, 2001).

Prema Brunšek i sur. (2017) razvojni ciklus dudovog svilca započinje brigom uzgajivača o jajašcima u prostorijama gdje su svi parametri za uzgoj (temperatura, svjetlost, vlažnost zraka) zadovoljeni. Nakon otprilike šest dana inkubacije jaja postepeno se reguliraju parametri te dolazi do izlaganja gusjenica. Jedan gram jajašaca bijelog dudu može dati i do 1300 gusjenica. Gusjenice dudovog svilca se u ranoj fazi hrane lišćem bijelog dudu 6-8 puta na dan, dok u fazi pred čahurenje hrane se 3-4 puta. U razvojnem ciklusu gusjenice imaju četiri presvlačenja, a u razdoblju do mjesec dana masa gusjenice se poveća deset do dvanaest tisuća puta. Predenje svilenih niti (obavijanja gusjenice nitima i stvaranja čahure) je nakon zadnjeg presvlačenja a traje 3-4 dana nakon čega dolazi do aktivacije svilenih žlijezda. Izlučuju se fibroinske niti koje su obavijene sericinom koji služi za sljepljivanje niti u međusobno jednu nit koja se na zraku skrućuje i nastaje čahura. Dio čahura (kokon) ostavlja se za nastavak uzgoja dudovog svilca dok se ostatak mora usmrtiti (vodena para, namakanje, zamrzavanje, otrovi) prije nego dođe do preobraženja u leptira.

Prerada kokona (sirove svile) nastavlja se u svilanama gdje se nakon usmrćivanja gusjenica provodi degumiranje, odnosno uklanjanje sericina. Nakon toga se svila odmotava kako se dobile pojedinačne niti svile bijele boje, sjaja i intenzivne mekoće. Potom se provodi sukanje svilenih niti u konac za tkanje tkanina. Odrasla zdrava gusjenica zaprede oko 1500-2000 m svilenih niti (Zelić, 2001).

Prema International Sericultural Commission (ISC) 90 % ukupne svjetske proizvodnje svile čini dudova svila, također proizvodnja svile zabilježena je u 60 zemlja među kojima prednjače azijske zemlje Kina i Indija koje proizvedu oko 90 % ukupne proizvodnje dudove svile. U Kini u serikulturi je zaposleno oko milijun radnika, dok je u Indiji 7,9 milijuna, a procjenjuje se da na Tajlandu postoji oko 20 tisuća tkalačkih obitelji. Godine 2021. ukupna svjetska proizvodnja svile iznosila je 86,311 Mt, od toga Kina je proizvela 46,700 Mt, Indija 34,903 Mt, a treća zemlja po proizvodnji je bio Uzbekistan sa 2,037 Mt. Najveći potrošači svile su SAD, Italija, Japan, Indija, Francuska i druge. Teško je procijeniti postotak koji svila zauzima u tekstilnoj industriji jer mnoge zemlje ne vode pouzdane podatke o proizvodnji proizvoda od svile, ali procjenjuje se na manje od 0,2 %. Serikulturom se uglavnom bavi ruralno stanovništvo kojima proizvodnja svile omogućava zaposlenost, sprječava migraciju u urbana područja te zahtjeva mala ulaganja, a osigurava cijenjenu sirovinu u tekstilnoj industriji.

Prema Roheli i sur. (2020) integrirani sustav marikluture i serikulture pokazao se kao idealan za održivi razvoj, tj. potrošnju nusproizvoda uzgoja dudova svilca. Naime, tijekom četiri presvlačenja gusjenica dudovog svilca dolazi do stvaranja velike količine izmeta koji se u proizvodnji redovito mora čistiti. Taj organski otpad pokazao se kao dobra hrana u uzgoju ribe, gdje se 40-50 kg otpada pretvara u jedan kilogram ribe. Također, ribe se mogu hraniti i kukuljicom dudova svilca. Ovakva praksa osim što rezultira potpunim recikliranjem otpada proizvodnje svile i stvaranjem dodatnih prihoda omogućava i održivu vezu između kopnenih i vodenih ekosustava. Listovi bijelog duda koje ne iskoriste dudovi svilci mogu se koristiti u farmaceutskoj industriji, što proizvođačima također omogućava dodatni prihod. Nadalje, kukuljica dudova svilca može se koristiti kao proteinska dijeta u ljudskoj prehrani, pogača kukuljice može se iskoristiti kao riblje brašno, a ulje koje je ekstrahirano iz kukuljica može se koristiti u farmaciji. Legla dudovih svilaca koriste se kao kompost na poljoprivrednim površinama dok se sericin, koji se odvaja tijekom proizvodnje svile, sve više istražuje u svrhe medicinske i kozmetičke industrije.

Jian i sur. (2012) izvještavaju da se u okrugu Qianjiang (Kina) s ciljem kontrole deziritifikacije u kamenitim područjima počeo uzgajati dud u svrhu serikulture. Taj okrug je bio jedan od 200 kineskih demonstracijskih okruga koji su se koristili za deziritifikaciju. Stabla duda uzgajaju se kao dudovi u kamenjaru, a trenutno okrug posjeduje oko 66 ha pod nasadom duda i oko 30 tisuća seoskih domaćinstava koja posjeduju stabla duda. Ovakav način deziritifikacije je omogućio i ruralnom stanovništvu trajno zaposlenje. Tijekom 2011. zabilježeno je oko 16 tisuća domaćinstava koja se bave uzgojem dudova svilca, a proizvedeno je oko 3 006 600 km čahura. Osim uzgoja duda i dudova svilca uspostavljeni su i integrirani uzgoj povrća između nasada duda, kao i iskorištavanje otpada bijelog duda za proizvodnju gljiva.

7.2. Dud u prehrambenoj industriji

Dud se kao i ostale voćne vrste koristi u ljudskoj prehrani, bilo da se konzumiraju svježi ili suhi plodovi različitih vrsta duda. Osim konzumiranja u svježem stanju moguće je plodove duda, bogate antocijanima, koristiti za proizvodnju džemova, vina, rakija, sokova, želea itd. U nekim okruzima Seučana u Kini berba dudova označava veliki događaj za lokalnu zajednicu nakon čega slijedi priprema džemova, sokova ili sušenje plodova duda, a ostatak otkupljuju neka poduzeća sa ciljem proizvodnje rakija, vina, sokova itd. (Jian i sur., 2012). Turska je jedna od zemalja koja uzgaja dud upravo u svrhu proizvodnje prehrambenih proizvoda. Najpoznatiji proizvodi od duda na turskom tržištu su marmelada –“Mulberry Pekmez”, sušena voćna pulpa “Mulberry Pestil” i orah obložen voćnom pulpom duda “Mulberry Kome” (Karlidag i sur., 2012).

Prema Baciú i sur. (2023) skupina istraživača preradom plodova bijelog duda dobila je vino bogato fenolnim spojevima. Izvještavaju da je proizvedeni ocat od bijelog duda osim korištenja u prehrambene svrhe imao antioksidativno i antibakterijsko djelovanje. Nadalje, proizvedena je i obogaćena tjestenina i žele od duda, koji su također osim prehrambenih vrijednosti imali i terapijske učinke na ispitanicima.

Prema Dhiman i sur. (2019) suhi plodovi duda i voćni prah koristili su se za pripremu kruha i keksa. Najbolji postotak suhog voća i praha za pripremu keksa bio je 15 % i 2 %, a za procjenu keksi su čuvani 18 dana od toga 10 dana su zadržali teksturu. Za pripremu kruha postotak suhog voća bio je također 15 % dok je praha bio 4 %, a otvrdnuće kruha primijećeno je četvrti dan dok je suhoća se pojavila šestog dana. Također pripremljen je i voćni jogurt korištenjem različitih koncentracijama duda od 2,5 % do 10 %.

Osim plodova duda moguće je korištenje i prerađenih listova duda u ljudskoj prehrani. Prema Sánchez-Salcedo i sur. (2015) listovi duda bogati su fenolnim spojevima i imaju antioksidativno djelovanje te imaju potencijal u proizvodnji funkcionalne hrane te bi se osim korištenja za pripremu čaja ekstrakti listova mogli koristiti kao dodatci za pripremu musli pločica, jogurata i slično. Neka istraživanja pokazala su da se od ekstrakta listova duda, aronije i heljedinog brašna može pripremiti pecivo koje ima nisku kalorijsku vrijednost te visok sadržaj dijetalnih vlakna koji se smatra idealnim za prehranu pretilih osoba (Dhiman i sur., 2019).

8. Dud u stočarstvu

Porastom svjetskog stanovništva i sve većom industrijalizacijom ograničavaju se poljoprivredne površine za proizvodnju zelene krme koja se koristi u stočarstvu. Stoga se traži alternativa u drveću koje ima hranidbene vrijednosti te ne zahtjeva veliku brigu i novčana sredstva oko navodnjavanja i gnojenja. Osim ishrane dudova svilca bijelim dudom dud se pokazao kao dobra ishrana u stočarskoj proizvodnji, posebno za preživače, međutim treba imati na umu da ne pruža potpunu uravnoteženu prehranu nego djeluje kao dopunska hrana za životinje (Rohela i sur., 2020). Prema Wani i sur. (2017) polje duda može dati otprilike oko 500-800 kg suhog lišća koje sadrži oko 6 % sirovih masti i 25 % topljivih ugljikohidrata, a hranjiva vrijednost listova duda veća je od leguminoznih pašnjaka i trava. O važnosti duda kao novoj hrani u stočarskoj proizvodnji govori i činjenica da je 2000. godine Organizacija za hranu i poljoprivredu (FAO) održala internetsku konferenciju na temu „Mulberry for Animal Production“ (Jian i sur., 2012).

Mlado lišće duda obiluje proteinima (20-23 % sirovih proteina), mineralima (12–18 %) i ugljikohidratima (8–10 % ukupnog šećera), nadalje listovi imaju visoku probavljivost i ukusnost što ih čini pogodnima za ishranu mliječnog goveda i monogastričnih životinja (Rohela i sur., 2020). Korištenjem lišća kao dodatka prehrani mliječnog goveda dovelo je do poboljšanja u proizvodnji mlijeka, a kasnije i maslaca (Dhiman i sur., 2019). Prema Guvenu (2012) ispitivani listovi duda imali su potencijal da zadovolje potrebe preživača tijekom kritičnih razdoblja kada nedostaje visokokvalitetne krme te da je sadržaj kondenziranog tanina bio manji od onog koji se smatra štetnim za preživače. Prema Roheli i sur. (2020) istraživanjem u kojem su se krave i koze hranile 60 dana lišćem duda došlo je povećanja sadržaja mliječnih proteina i do 36,75 %.

Listovi duda mogu se koristiti i kao prehrana kod svinja i peradi u obliku koncentrata. U slučaju kod hranjena kunića listovima duda došlo je do smanjenja koncentrata s 100 g dnevno na 17,5 g (Rohela i sur., 2020). Listovi duda koriste se i za ishranu peradi zbog visokog sadržaja karotena što dovodi do poboljšanja proizvodnje jaja i izvor je vitamina A (Dhiman i sur., 2019).

9. Zaključak

Sve veći razvoj industrijalizacije i porast svjetskog pučanstva dovodi do sve većeg ekološkog otiska. S aspekta poljoprivredne proizvodnje sve više se traže kulture čija namjena neće biti samo prehrambena već će naći svoju vrijednost i u drugim granama gospodarstva. Velika se važnost pridaje i kulturama koje će se zajedno s drugim biljnim ili životinjskim vrstama integrirati u ekološki i ekonomski isplative ekosustave. Nadalje, jedan od najvećih globalnih problema je zagađenja okoliša zbog sve veće potrebe za iskorištavanjem prirodnih resursa kako bi se zadovoljile potrebe modernog čovjeka. Sve veća popularnost biomedicine i prirodnih lijekova vraća nas na izvore ljekovitost koje su naši predci koristili, a istraživanja omogućuju da se ispituju sve farmakološke sastavnice tih biljaka.

Dud je danas u svijetu prepoznat ne samo kao voćna vrsta i temelj serikulture već je njegova upotreba višestruka. Uspijevajući u različitim klimatskim uvjetima kao višegodišnje stablo našao je svoju primjenu ne samo u poljoprivredi već i u tekstilnoj, prehrambenoj, farmaceutskoj, kozmetičkoj i drvnoj industriji. Prepoznat je kao kultura koja se može iskoristiti u „urbanim šumama“ za pročišćavanje zraka, u sprječavanju erozije i oporavku tala od teških metala. Nutritivne vrijednosti dudu nisu samo prepoznate u ljudskoj prehrani već i u stočarskoj proizvodnji. Brojnim istraživanjima našao je primjenu u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji zbog svojih farmakoloških sastavnica kako u plodovima i listovima tako i u kori korijena.

Najveća rasprostranjenost dudu je na području azijskih zemalja koje su ga od davnina prepoznale kao važnim dijelom svojeg gospodarstva. Mnogim zemljama uzgoj dudu pomogao je u smanjenju nezaposlenosti i ekonomskoj stabilnosti. Na području Europe nekad davno sađeni dud pomalo je već i zaboravljena kultura. Većina mladih njegov okus ne poznaje, a starijim generacijama vraća se kroz sjećanja o djetinjstvu. Međutim, zbog svega navedenog možemo reći da je dud jedna od najprikladnijih vrsta za održivi razvoj. U budućnosti će zasigurno biti i daljnjih istraživanja, a njegova upotreba i važnost mogla bi biti prepoznata i u mnogim drugim zemljama.

10. Literatura

1. Andreu G.M., Friedman H.M., McKenzie M., Quintana V.H. (2010.). *Morus rubra*, Red Mulberry. FOR 264, one of a series of the School of Forest, Fisheries, and Geomatics Sciences, UF/IFAS Extension. [online]: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FR326> pristupljeno 19.7.2023.
2. Aree A., Hishiar S., Honar S. M., Sami Y. (2018.). Towards the establishment of a site-species-specific table for carbon sequestration of *Morus nigra* And *Salix alba* in Duhok province, Kurdistan region. *Journal of Duhok University* [online]: 22(1), 107-121. <https://doi.org/10.26682/avuod.2019.22.1.11> pristupljeno 12.8.2023.
3. Baci E.D., Baci G.M., Moise A.R., Dezmiorean D.S.(2023.). A Status Review on the Importance of Mulberry (*Morus* spp.) and Prospects towards Its Cultivation in a Controlled Environment. *Horticulturae*. [online]: 9 (4), 444 <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/4/444> pristupljeno 18.7.2023
4. Begum N., Kiran B.R., Purushothama R. (2018.). Mulberry cultivation practices and diseases: an overview. *International Journal of Current Engineering And Sceintific Reasearch*. [online]: 2394-0697, 61-68 <http://troindia.in/journal/ijcesr/vol5iss2part3/61-68.pdf> pristupljeno 4.7.2023.
5. Blitek K., Pruchniewicz D., Babelewski P., Czaplicka-Pedzich M., Kubus M. (2022.). Dependence of the Distribution and Structure of the White Mulberry (*Morus alba*) Population in Wrocław on the Intensity of Anthropopressure and Thermal Conditions. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. [online]: 19 (2), 838 <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/2/838> pristupljeno 18.7.2023.
6. Brunšek R., Andrassy M., Jakirčević A. (2017.). Svila u Hrvatskoj – nekad i danas. *Tekstil*. [online]: 66 (11-12) 297-309 <https://dokumen.tips/documents/svila-u-hrvatskoj-a-nekad-i-danas-ttfunizghr-tekstilsvila-u-svilarstvo.html?page=1> pristupljeno 3.7.2023.
7. Carretero E.M., Moreno G., Duplancic A., Abud A., Vento B., Jauregui J.A. (2017.). Urban forest of Mendoza (Argentina): the role of *Morus alba* (Moraceae) in carbon storage. *Carbon Management*. [online]: 8:3, 237-244. <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/17583004.2017.1309206?scroll=top&nedAccess=true&role=tab> pristupljeno 14.8.2023.
8. Dhiman S., Kumar V., Mehta CM., Gat Y., Kaur S. (2019.). Bioactive compounds, health benefits and utilisation of *Morus* spp.– a comprehensive review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. [online]: 95:1, 8-18. <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1644969> pristupljeno 10.8.2023.
9. Ercisli S., Orhan E. (2006.). Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food Chemistry*. [online]: 103 (2007) 1380–1384 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814606008387?via%3Dihub> prustupljeno 20.7.2023.
10. Europska agencija za zaštitu okoliša (EEA) [online]: <https://www.eea.europa.eu/hr/themes/air/intro> pristupljeno 12.8.2023.

11. Europski podatkovni centar za tlo (ESDAC) <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/global-soil-erosion> pristupljeno 11.7.2023
12. Formaciri M., Marrapodi S., Proietti C., Ruga L., Orlandi F. (2022.). Evaluation of the productive, economic, and ecosystem potential of fruit species in urban settings. PREPRINT (Version 1) available at Research Square. [online]: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://assets.researchsquare.com/files/rs-2097122/v1/609ffdd5-2f00-48e9-a5ba-d16daf4f65ba.pdf?c=1670949874 pristupljeno 13.8.2023.
13. Gundogdua M., Muradoglua F., Gazioglu Sensoy R.I., Yilmaz H. (2011.). Determination of fruit chemical properties of *Morus nigra* L., *Morus alba* L. and *Morus rubra* L. by HPLC. *Scientia Horticulturae*. [online]: 132: 37–41 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423811005085?via%3Dihub> pristupljeno 19.7.2023.
14. Guven I. (2012.). Effect of Species on Nutritive Value of Mulberry Leaves. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. [online]: 18(5): 865-869. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://vetdergikafkas.org/uploads/pdf/pdf_KVFD_1188.pdf pristupljeno 20.7.2023.
15. H, Ma ZF, Luo X, Li X. (2018.). Effects of Mulberry Fruit (*Morus alba* L.) Consumption on Health Outcomes: A Mini-Review. *Antioxidants*. [online]: 7(5):69. <https://doi.org/10.3390/antiox7050069> pristupljeno 19.7.2023.
16. Herman J. (1971.). Šumarska dendrologija: priručnik za šumarske, drvno-industrijske i hortikulturene stručnjake. Stanbiro. Zagreb
17. Hussain F., Rana Z., Shafique H., Malik A., Hussain Z. (2017.). Phytopharmacological potential of different species of *Morus alba* and their bioactive phytochemicals: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. [online]: 7(10): 950–956. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2221169117309814> pristupljeno 13.7.2023.
18. Idžojić M. (2009.). Dendrologija: list. Sveučilišni udžbenik. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Zagreb
19. Idžojić M. (2013.). Dendrologija: cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilišni udžbenik. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Zagreb
- International Sericultural Commission (ISC). [online]: <https://inserco.org/en/statistics>
20. Iqbal S., Younas U., Sirajuddin, Chan K.W., Sarfraz R.A., Uddin M.K. (2012.). Proximate Composition and Antioxidant Potential of Leaves from Three Varieties of Mulberry (*Morus* sp.): A Comparative Study. *Int. J. Mol. Sci.* [online]: 13, 6651-6664. <https://www.mdpi.com/1422-0067/13/6/6651> pristupljeno 21.7.2023.
22. Jian Q., Ningjia H., Yong W., Zhonghuai X. (2012.). Ecological Issues of Mulberry and Sustainable Development. *Journal of Resources and Ecology*. [online]: 3(4), 330-339 [https://www.researchgate.net/publication/280988510 Ecological Issues of Mulberry and Sustainable Development](https://www.researchgate.net/publication/280988510_Ecological_Issues_of_Mulberry_and_Sustainable_Development) pristupljeno 13.7.2023.

23. Jiang Y., Huang R., Yan X., Jia C., Jiang S., Long T. (2017.). Mulberry for environmental protection. *Pakistan Journal of Botany*. [online]: 49(2), 781-788, [https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/49\(2\)/50.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/49(2)/50.pdf) pristupljeno 12.7.2023.
24. Karlidag H., Pehlivan M., Turan M., Eyduran S.P. (2012.). Determination of Physicochemical and Mineral Composition of Mulberry Fruits (*Morus alba* L.) at Different Harvest Dates. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* [online]: 2(3): 17-22. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/89183 pristupljeno 23.7.2023.
25. Leigh M.B., Fletcher J.S., Fu X., Schmitz F.J. (2002.). Root turnover: An important source of microbial substrates in rhizosphere remediation of recalcitrant contaminants. *Environ. Sci. Technol.*, [online]: 36(7): 1579-1583 https://people.ucsc.edu/~wxcheng/envs161/PDFs_supplemental/Reading_phyto_remd.pdf pristupljeno 16.7.2023.
26. Lochyńska M., Oleszak G. (2011.). Multi-use of the white mulberry (*Morus alba* L.). *Renewable Resources and Biotechnology for Material Applications*. [online]: 59-66. https://www.researchgate.net/publication/270259507_Multi-use_of_the_white_mulberry_Morus_alba_L pristupljeno 16.7.2023.
27. Milčić N., Findrik Blažević Z., Vuković Domanovac M. (2019.). Fitoremedijacija – pregled stanja i perspektiva. *Kemija u industriji/ Journal of Chemists and Chemical Engineers*. [online]: 68 (9-10), 447–456 <https://hrcak.srce.hr/file/328367> pristupljeno 15.7.2023.
28. Mohan R., Qamar S., Raina A.K. (2022.). Carbon dioxide sequestered by trees in an urban institution: A case study. *Environment Conservation Journal*. [online]: 23 (1 i 2): 385-391 <https://doi.org/10.36953/ECJ.0211305.2371> pristupljeno 12.8.2023.
29. Radulovića N.S., Miljković V., Mladenovića M.Z., Nikolić G. (2016.). Essential Oils of *Morus alba* and *M. nigra* Leaves: Effect of Drying on the Chemical Composition. *Natural Product Communications*. [online]: 12(1): 115 - 118 <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1934578X1701200133> pristupljeno 22.7.2023.
30. Razdan M., Thomas D. (2021.). *Mulberry: Genetic Improvement in Context of Climate Change*. CRC Press, Taylor & Francis Group. [online]: https://www.researchgate.net/publication/353944877_Mulberry_Genetic_improvement_in_context_of_climate_change pristupljeno 17.7.2023.
31. Rohela G.K., Shukla P., Muttanna, Kumar R., Chowdhury S.R. (2020.). Mulberry (*Morus* spp.): An ideal plant for sustainable development. *Trees, Forests and People*. [online]: ISSN 2666-7193 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266671932030011X?via%3Dihub> pristupljeno 3.7.2023.
32. Saha S., Kumar P., Raj S., Choudhury B.M (2022.). Sericulture: management and practices of mulberry silkworm. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*. [online]: 2456-4494, 35-46, https://www.researchgate.net/publication/359199491_Sericulture_management_and_practices_of_mulberry_silkworm pristupljeno 4.7.2023.

33. Sanchez M.D. (2002.). Mulberry for animal production. FAO. Rome https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=uVoOZyqE5o4C&oi=fnd&pg=PR7&dq=mulberry+leading+world+production&ots=L_ZvYDggf7&sig=3sfjwyktW7L--VdA_0lUtOIB0sQ&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false pristupljeno 3.7.2023.
34. Sánchez-Salcedo E.M., Mena P., García-Viguera C., Hernández F., Martínez J.J. (2015.). (Poly)phenolic compounds and antioxidant activity of white (*Morus alba*) and black (*Morus nigra*) mulberry leaves: Their potential for new products rich in phytochemicals. *Journal of Functional Foods*. [online]: 18, 1039–1046. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175646461500170X?via%3Dihub> pristupljeno 21.7.2023.
35. Sathyanarayana K., Sangannavar P. A. (2020.). Stability analysis and genotype x environment interaction (Unreclaimed and reclaimed) for bioassay parameters in Mulberry (*Morus alba* L.) under alkali affected soils. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. [online]: 8(5): 504-510. <https://www.entomoljournal.com/archives/?year=2020&vol=8&issue=5&ArticleId=7551> pristupljeno 22.7.2023.
36. Singh R., Bagachi A., Semwal A., Satinder Kaur, Abhishek Bharadwaj (2012.). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Morus alba* Linn.: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*. [online]: 7(9):461-469. https://www.researchgate.net/publication/272942109_Traditional_uses_phytochemistry_and_pharmacology_of_Morus_alba_Linn_A_review pristupljeno 14.8.2023.
37. Wani M.Y., Mir M.R., Baqual M.F., Ganie N.A., Bhat Z.A., Qayoom A.G. (2017.). Roles of mulberry tree. *The Pharma Innovation Journal*. [online]: 6(9), 143-147, <https://www.thepharmajournal.com/archives/2017/vol6issue9/PartC/6-9-29-124.pdf> pristupljeno 12.7.2023.
38. Zafar, M.S., F. Muhammad, I. Javed, M. Akhtar, T. Khaliq, B. Aslam, A. Waheed, R. Yasmin and H. Zafar (2013.). White mulberry (*Morus alba*): A brief phytochemical and pharmacological evaluations account. *Int. J. Agric. Biol.* [online]: 15(3):1560-8530. https://www.researchgate.net/publication/263926583_White_Mulberry_Morus_alba_A_Brief_Phytochemical_and_Pharmacological_Evaluations_Account pristupljeno 19.7.2023.
39. Zelić J. (2001.). Uloga dudovog svilca (*Bombyx mori*) i bijelog duda (*Morus alba*) u svilgojstvu i svilarstvu. *Šumarski list*. [online]: 7-8 (CXXV), 413-423. <https://www.sumari.hr/sumlist/gootxt.asp?id=200107&s=51&s2=61> pristupljeno 16.8.2023.
40. Zhao S., Shang X., Duo L. (2013.). Accumulation and spatial distribution of Cd, Cr, and Pb in mulberry from municipal solid waste compost following application of EDTA and (NH₄)₂SO₄. *Environ. Sci. Pollut. Res.* [online]: 20(2), 967-975 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22661279/> pristupljeno 15.7.2023.

Životopis

Ana Marić rođena je 15. kolovoza 1997. godine u Slavonskom Brodu. 2012. godine upisuje Prirodoslovno – matematičku gimnaziju u Slavonskom Brodu, koju pohađa do 2016. godine. Nakon završetka srednje škole volontira u ustanovi za rehabilitaciju i odgoj djece Zlatni cekin u Slavonskom Brodu. Tijekom osnovne škole pohađa tečaj *Osminka* za sviranje gitare. Godine 2017. upisuje preddiplomski studij Ekološka poljoprivreda na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, te 2021. godine stječe akademski naziv sveučilišne prvostupnice inženjerke ekološke poljoprivrede (univ. bacc. ing. agr.). Iste godine upisuje i diplomski studij smjer Ekološka poljoprivreda i agroturizam.