

## Estimation of agronomic traits of Burley tobacco with nitrogen microcapsules top-dressing

### Procjena agronomskih svojstava duhana tipa burley pri prihrani mikrokapsulama s dušikom

Jasminka BUTORAC<sup>1</sup>, Ankica BUDIMIR<sup>2</sup> (✉), Marko VINCEKOVIĆ<sup>1</sup>, Mateo PAPAC<sup>1</sup>, Krešimir LJUBIČIĆ<sup>1</sup>, Larisa JELAK<sup>1</sup>, Milan POSPIŠIL<sup>1</sup>, Marko VISKIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia

<sup>2</sup> Croatia Tobacco & BAT, Zagrebačka 52, Kutjevo 3430, Croatia

✉ Corresponding author: [ana\\_budimir@bat.com](mailto:ana_budimir@bat.com)

Received: May 5, 2021; accepted: October 1, 2021

#### ABSTRACT

From 2018 to 2020, an experiment on effects of nitrogen top-dressing was conducted with Burley tobacco on the Zagreb experimental field at the Faculty of Agriculture. The experiment was set up according to the RCBD in four replications. Nitrogen was added to the top-dressing in five different variants: 1) control 100% from CAN; 2) 90% from CAN + 10% from microcapsules; 3) 80% from CAN + 20% from microcapsules; 4) 90% from CAN + 10% from microcapsules with chitosan; and 5) 80% from CAN + 20% from microcapsules with chitosan. During vegetation, number of leaves, length and width of the 9th leaf, topping height, and days to flowering were determined. After drying, the yield was determined, and the tobacco was classified into six classes. According to the analysis of variance, significant differences were established for share of I class, width of 9th leaf, topping height days to flowering in 2018, yield, share of VI class in 2019, yield, share of V class, and leaf number in 2020. Significantly, the highest yield had control compared to the variants 80% from CAN + 20% from microcapsules with chitosan in 2019 and the variants 80% from CAN + 20% from microcapsules in 2020. The control had the significantly highest share of I class in 2018. The highest leaf number in 2020 had the control and variant 90% from CAN + 10% from microcapsules with chitosan compared to the variant 80% from CAN + 20% from microcapsules with chitosan. The effect of microencapsulation has not given the expected results.

**Keywords:** tobacco, Burley, nitrogen top-dressing, microcapsules

#### SAŽETAK

Na Pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu (2018. -2020.) postavljen je gnojidbeni pokus s duhanom tipa burley. Pokus je postavljen prema metodi SBR u četiri ponavljanja. U prihranjivanju je dodan dušik u pet različitih varijanti: 1. kontrola – 100% iz KAN gnojiva; 2. 90% iz KAN gnojiva+10% iz mikrokapsula; 3. 80% iz KAN gnojiva +20% iz mikrokapsula; 4. 90% iz KAN gnojiva+10% iz mikrokapsula s kitozanom; 5. 80% iz KAN gnojiva+20% iz mikrokapsula s kitozanom. Tijekom vegetacije određen je broj listova, dužina i širina 9. lista, visina biljke nakon zalamanja i početak cvatnje. Listovi su ručno ubrani i osušeni na zraku u hladu. Nakon sušenja određen je prinos i duhan je klasiran u VI klasa. Na osnovi provedene statističke analize varijance utvrđene su signifikantne razlike u udjelu prve klase, širini 9. lista, visini biljke nakon zalamanja i početku cvatnje u 2018., u prinosu i udjelu VI. klase u 2019., te prinosu, udjelu V. klase i broju listova u 2020. godini. Signifikantno najveći prinos imala je kontrola u odnosu na varijantu 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom u 2019. odnosno varijante s 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula u 2020. godini. Signifikantno najveći udio prve klase imala je kontrola u 2018. godini. Signifikantno najveći broj listova u 2020. godini imala je kontrola i varijanta 90% prihrane iz KAN-a + 10% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom u odnosu na varijantu 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom. Učinak mikrokapsuliranja nije dao očekivane rezultate.

**Ključne riječi:** duhan, burley, prihrana dušikom, mikrokapsule

## DETAILED ABSTRACT

Nitrogen has the greatest impact on tobacco nutrition. When tobacco is better supplied with nitrates, the yield and quality of the leaves, the percentage of calcium in the dry leaf and the total amount of calcium and potassium increase. Proper nitrogen fertilization of tobacco involves almost complete depletion of nitrogen reserves from the soil during the flowering phase. The Burley tobacco type requires large amounts of nitrogen, and lack of this nutrient is immediately evident on lower leaves, which do not mature. The amounts of nitrogen added vary according to local conditions and are generally above 100 kg/ha and must not significantly reduce the yield and quality of tobacco. In recent years, the use of microcapsules made of biodegradable polymers has been used to improve the release, prolong the fertilizing effect, and to reduce the number of necessary treatments, i.e. passage through the parcel. It allows better conditions for growth and development of roots, and gives farmers less field work and thus lower production costs. The aim of our investigations was to evaluate the impact of nitrogen top-dressing with the use of CAN and nitrogen microcapsules on agronomic traits of Burley tobacco.

The experiment was conducted at the Maksimir experimental field at the Faculty of Agriculture in Zagreb (Croatia) between 2018 and 2020. Here, the soil is eutric cambisol, anthropogenized, on slightly swampy loam, and well supplied with nitrogen (Table 1). Mean temperatures show that during the experimental period the months were warmer than the multi-year average, except in May 2019 and May 2020 (Table 2). Monthly precipitation amounts varied depending on the year of investigation and the stage of tobacco development from deficiency to excess (Table 3). In the production of seedlings and tobacco cultivation, standard agrotechnics for Burley type tobacco were utilized. Two types of microcapsules were used in the investigation: sodium alginate microcapsules with calcium nitrate 4-hydrate and sodium alginate microcapsules with calcium nitrate 4-hydrate with a chitosan coating layer.

Based on the obtained results, there are variations in tobacco leaf yield, share of tobacco classes, number of leaves, length and width of 9<sup>th</sup> leaf, plant height after topping, and days to flowering (Tables 4-10) depending on the fertilization variant. There was no evidence of the effect of microencapsulation on better release and longer fertilizing effect of the added nitrogen. The lower values of the investigated tobacco traits are the result of extreme weather conditions that accompanied the growth and development of tobacco in the field (higher average air temperatures in all three years of investigation; extremely heavy hail in June and lack of soil moisture in August 2018 (deficit of 55.5 mm), much lower May temperatures than the multi-year average and nitrogen leaching due to large amounts of precipitation (157.7 mm) at the time of tobacco top-dressing, and again high precipitation in September of the same year (150.1 mm), as well as in July 2020 (159.6 mm). Tobacco does not tolerate high standing water that suffocates it so that air, more precisely oxygen, is not available to the root. Thus in 2019, tobacco received the largest amounts of water in the earliest and latest stage of its development, when it has the lowest evapotranspiration and the need for water. Heavy rains in the initial stages of growth lead to weakened roots of the plant, which can be seen in the later stages of growth as the plants suffered from water stress due to insufficient water intake. Considering dehydration, the most delicate phase of tobacco in the intensive growth phase is between 2 to 3 weeks before the flowering phase, i.e. 50 to 65 days after transplanting into the field, which equals our climatic conditions in July. On the other hand, tobacco is a plant of subtropical regions and tolerates high temperatures, but is somewhat more sensitive to low temperatures, especially in the rooting phase in May when low temperatures adversely affect the quality of tobacco as it was the case in 2020 with our experiment.

This type of study was performed for the first time on Burley tobacco and considering the obtained results, further investigation is proposed in other locations where this type of tobacco is grown, but we also propose new studies for the Flue-cured tobacco.

## UVOD

Glavni preduvjet za postizanje visokih prinosa i kvalitete lista duhana je optimalna gnojidba. Uloga gnojidbe je opskrba usjeva dovoljnom količinom raznih vrsta hranjiva u najdjelotvornijem obliku, u najpoželjnije vrijeme i na najpogodnijem mjestu, uz što nižu cijenu, za postizanje najvišeg prinosa i kvalitete (Hawks i Collins, 1994).

Najveći utjecaj u ishrani duhana ima dušik. Prema općim postavkama povećanje opskrbljenosti sa dušikom od nedostatka do suviška povećava veličinu lista, smanjuje debljinu i punoću tkiva (Hawks i Collins 1994). Rezultat daljnjeg povećanja dušika bit će formiranje tanjih i lakših listova, i obratno. Povećanje dušika također utječe na kasniju zriobu. Od nedovoljnih preko potrebnih pa do suviška dušika boja se kreće od blijedožute, žute i narančaste do smeđe. Povećana količina dušika uzrokuje obilnije stvaranje zaperaka, te jaču pojavu nekih insekata (duhanski rogati crv) i bolesti (peronospora i smeđa pjegavost). Opadanje i lomljenje lista jače je pri prekomjernoj gnojidbi dušikom (Butorac, 2009).

Ako se duhan više opskrbljuje nitratima povećava se prinos i kvaliteta lista, postotak kalcija u suhom listu te ukupno iznošenje kalcija i kalija. Pretvorba dušika iz amonijaka u nitrata protječe brzo uz pomoć autotrofnih bakterija u povoljnim vremenskim prilikama i odgovarajućim uvjetima u tlu. Williams i Minner (1982) navode da se kompletna razgradnja uree i nitrifikacija  $\text{NH}_4^+$  u  $\text{NO}_3^-$  završi unutar 4 do 6 tjedana, ovisno o klimatskim uvjetima godine i lokaciji. Pretvorbu usporava nizak pH, previsoka vlažnost tla, slabo prozračivanje tla i niska temperatura tla. U sušnim uvjetima adekvatnom obradom tla (Zou i sur., 2017) i navodnjavanjem bolje se iskorištava dodani dušik u prihrani (Sifola i Postiglione, 2003; Sifola i Cuocolo, 2003).

Prinos i kvaliteta duhana ovise o pristupačnom dušiku u tlu koji mora biti unutar prilično velikih granica, kao i mineralnom dušiku dodanom gnojidbom. Kod toga treba voditi računa da duhan u prvih 5 do 6 tjedana nakon presađivanja, u normalnim uzgojnim uvjetima, akumulira 50% dušika, u 9 tjedana oko 90% dušika, a do kraja

vegetacije akumulira ukupni dušik. Prema tome, ispravna gnojidba duhana dušikom uključuje skoro potpuno iscrpljenje rezervi dušika iz tla u fazi cvjetanja. Mjerenje koncentracije nitrata u biljci koristan je dijagnostički način za određivanje optimalne količine dušika i koncentracije nitrata kod suhog lista u svrhu boljeg menadžmenta gnojidbe dušikom i većeg prinosa. Koncentracija nitrata u biljnom soku u donjih 10 cm glavnog rebra potpuno razvijenog lista, ne bi trebala biti veća od 5 000 mg/L kod posljednje kultivacije, a veća od 3 000 mg/L kod cvatnje (Lyons i sur., 1996).

Za razliku od flue-cured duhana, burleyu odgovaraju duboka tla dobre plodnosti. Burley je dobar primjer iznimki od općeg pravila po kojemu lagana svijetla tla daju duhane tankog lista, svijetle boje, a teža tla daju debeo i težak list tamnih nijansi. Taj tip duhana ima relativno tanak i lagan list dobre izgorljivosti i na teksturno težim tlima. To je posljedica genskih svojstava burleya (Butorac, 2009). Prema tome, burley zahtijeva znatno veće količine dušika, a nedostatak tog hraniva odmah se očituje na donjim listovima, koji ne sazrijevaju. Količine dušika koje se dodaju različite su, a ovise o lokalnim uvjetima i uglavnom se kreću iznad 100 kg/ha. Važnost količine gnojidbe dušikom na duhanu tipa burley među prvima u Hrvatskoj utvrdio je Devčić (1975.) povećanjem količine dušika u gnojidbi KAN-om (27% N) od 0 do 150 kg dušika/ha. Dobio je gotovo linearno povećanje prinosa i značajne razlike između svih količina dušika. Prinos je u odnosu na varijantu bez prihrane rastao 14,6%, 21,8% i 27,7% prve i za 14%, 21,1% i 28,2% druge pokusne godine. Mustapić i sur. (1992.) navode kako količina dodanog dušika kod nas ne bi smjela prelaziti 150 kg/ha. Dušik se može dodati 2 puta, a prihrana se obično provodi 2 do 3 tjedna nakon sadnje u redove.

Najbolji duhani tog tipa proizvode se na crvenkastosmeđim težim ilovačama Tennesseeja i Kentuckyja. Vapnenog su podrijetla i dobrog vodozračnog režima (Butorac, 2009). U brojnim istraživanjima koja su provedena u SAD-u preporučuju se različite količine dušika u gnojidbi burleya ovisno o području uzgoja, s time da dodane količine dušika signifikantno ne smanjuju prinos i kvalitetu duhana (Evanylo i Sims, 1987; MacKown

i sur., 2000; Waynick, 2007). Tako se preporučuje dodati od 70 - 115 kg/ha dušika u Tennesseeju, odnosno do 180 kg/ha dušika u Kentuckyju (Atkinson i Sims, 1973). Neki autori preporučuju i veće količine. Rathbone (2008.) i Ritchey i sur. (2014) preporučaju količinu od 224 kg/ha dušika za signifikantan prinos bez smanjenja kvalitete lista. Kako potencijal prinosa duhana prelazi 3 000 kg/ha količina potrebnog dušika za razvoj tolike biomase lista se povećava. Također količine primijenjenog gnojiva i kultivar zajedno igraju važnu ulogu u vremenu potrebnom da biljka dozrije. U Tennesseeju (SAD), burley se gnoji i stajskim gnojem. Prema Nicholšu i sur. (1956.) stajsko gnojivo koje se koristilo u količini od 10 t/ha bilo je vrlo učinkovito u povećanju prinosa duhana za 505 kg/ha. Međutim, to gnojivo sadržava klor, te se stoga ne smije dodavati više od 25 do 30 t/ha (Butorac, 2009).

Inkapsulacija aktivnih komponenata nova je tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji tako da se još uvijek istražuje učinak mikrokapsula na rast i razvoj biljaka kod kojih se primjenjuje. Mikrokapsule se počinju koristiti kod primjene gnojiva radi poboljšanja otpuštanja, odnosno dužeg učinka gnojidbe i smanjenja broja potrebnih tretmana, odnosno prohoda što korijenu omogućuje bolje uvjete za rast i razvoj (Vinceković i sur., 2016), a poljoprivrednim proizvođačima manje rada u polju te samim time niže troškove proizvodnje. Primjena mikrokapsula je sigurna i vrlo jednostavna za korištenje, te se ovisno o veličini mikročestica može odrediti željena brzina otpuštanja. Veća sigurnost za korisnika i bolja zaštita okoliša čini ih potencijalnim alatom za ekološki i održiv način uzgoja biljke (Vinceković i sur., 2017).

Za izradu mikrokapsula važno je koristiti biorazgradive polimere. Osim što su netoksični i prihvatljive cijene, biopolimeri se nalaze u dovoljnim količinama u prirodi. Za potrebe provedenih pokusa utrošeno je 100-tinjak kn/god. Najviše se koriste polisaharidi kitozan i alginat, dobiveni iz ljuski rakova ili poljoprivrednih sirovina (Racovića i sur., 2009.). Imaju vrlo dobru sposobnost formiranja mikrokapsula ionskim geliranjem (svojstvo geliranja polisaharida u vodenim otopinama uz prisutstvo dvovalentnih i trovalentnih iona). Metodom inkapsulacije se dobivaju mikročestice, a to je proces kojim se čvrsti,

tekući ili plinoviti aktivni sastojci imobiliziraju u matrikse ili jezgre, koje kontrolirano otpuštaju aktivne sastojke (Gallo i Corbo, 2010). Do sada ovakva istraživanja u Hrvatskoj nisu provedena na duhanu.

Cilj ovih istraživanja bio je procijeniti utjecaj prihrane dušikom uz primjenu KAN- a i mikrokapsula s dušikom na agronomska svojstva duhana tipa burley u tri vegetacijske sezone (2018. – 2020.).

## MATERIJAL I METODE

Na Pokušalištu Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta u Maksimiru (45°49'26" S, 16°02'07" I) od 2018. do 2020. godine postavljeni su gnojidbeni pokusi s duhanom tipa burley.

Tlo pokusnog polja Maksimir je eutrično smeđe, antropogenizirano, na slabo zamočvarenoj ilovači. Prema teksturnoj oznaci je praškasta ilovača koja je karakteristična po visokom sadržaju frakcija praha zbog čega je tlo sklono stvaranju pokorice (Pospišil, 1990).

Na temelju prikupljenih uzoraka tala (prije osnovne obrade tla) sa dubine 0 do 30 cm, u razdoblju od 2018. do 2020. godine, provedene su kemijske analize svojstava tla (HRN ISO 10390:2004, HRN ISO 11464:2004, HRN ISO 13878:2004, HRN ISO 14235:2004, ISO/TS 14256-1:2003) koje su prikazane u Tablici 1. Tla pokusnih površina su bila neutralna (7,08 pH), slabo kisela (6,47 pH) i kisela (5,34 pH). Temeljem njihova sadržaja u mg/100 g tla, 49,5 i 40,0 za P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 25,7 i 25,5 za K<sub>2</sub>O, vrlo je bogato opskrbljeno bilo biljci pristupačnim fosforom i kalijem u 2018. i 2019. godini. U 2020. godini tlo je bilo bogato opskrbljeno fosforom i kalijem. U sve tri godine istraživanja tlo je bilo slabo humozno i dobro opskrbljeno dušikom.

Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda (2021.) u Tablici 2. prikazane su srednje temperature zraka za 2018., 2019. i 2020. godinu te višegodišnji prosjek (1981. – 2010.) za meteorološku postaju Zagreb – Maksimir za vegetacijsko razdoblje duhana. Srednje temperature izmjerene tijekom vegetacijske sezone duhana pokazuju da su mjeseci bili topliji od višegodišnjeg prosjeka, izuzev u svibnju tijekom

2019. i 2020. godine. U vrijeme presađivanja, te početnog porasta duhana u svibnju u tim godinama temperature su bile niže od višegodišnjeg prosjeka za 2,8 °C odnosno 0,8 °C. U nastavku vegetacije u vrijeme formiranja nadzemne mase duhana temperature su bile više od višegodišnjeg prosjeka u lipnju za 1,8 °C, 4,2 °C odnosno 0,7 °C, a u srpnju za 1,0 °C, 1,4 °C odnosno 0,3 °C. I u vrijeme sukcesivnog dozrijevanja duhana u kolovozu temperature

su bile veće za 2,9 °C, 2,7 °C odnosno 2,1 °C, a u rujnu za 1,4 °C, 0,9 °C odnosno 1,8 °C od višegodišnjeg prosjeka.

U Tablici 3. prikazane su mjesečne količine oborina za meteorološku postaju Zagreb Maksimir za 2018., 2019. i 2020. godinu, te višegodišnji prosjek (1981. – 2010.). Količine oborina u svibnju u vrijeme sadnje duhana bile su na razini višegodišnjeg prosjeka u 2018. godini, u 2019. više za 89,1 mm, a u 2020. za 28,1 mm.

**Table 1.** The chemical analysis of soil

**Tablica 1.** Kemijska analiza tla

Year/ Godina	pH 1M KCl (1:2,5)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g	K <sub>2</sub> O mg/100 g	Organic matter (%) Humus	Total nitrogen (%) Ukupni dušik	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /kg mg/100g	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /kg mg/100g
2018.	7,08	49,5	25,7	2,1	0,120	41,0	13,5
2019.	6,47	40,0	25,5	1,9	0,163	73,3	9,1
2020.	5,34	22,9	21,3	1,6	0,105	33,0	14,0

**Table 2.** Mean monthly air temperatures for 2018, 2019, and 2020 and the long-term mean temperatures (°C) for Zagreb - Maksimir (Meteorological and Hydrological Services of the Republic of Croatia, 2021)

**Tablica 2.** Srednje temperature zraka za 2018., 2019. i 2020. godinu te višegodišnji prosjek (°C) za Zagreb - Maksimir (Državni hidrometeorološki zavod, 2021)

Month/ Mjesec	Year/ Godina			Long term mean/ Višegodišnji prosjek 1981.-2010.
	2018.	2019.	2020.	
May/Svibanj	19,5	13,7	15,7	16,5
June/Lipanj	21,4	23,8	20,3	19,6
July/Srpanj	22,5	22,9	21,8	21,5
August/ Kolovoz	23,7	23,5	22,9	20,8
September/ Rujan	17,7	17,2	18,1	16,3

**Table 3.** Mean monthly precipitation amounts for 2018, 2019, and 2020 and the long-term mean (mm) for Zagreb - Maksimir (Meteorological and Hydrological Services of the Republic of Croatia, 2021)

**Tablica 3.** Mjesečne količine oborina za 2018., 2019. i 2020. godinu, te višegodišnji prosjek (mm) za Zagreb - Maksimir (Državni hidrometeorološki zavod, 2021)

Month/ Mjesec	Year/ Godina			Long term mean/ Višegodišnji prosjek 1981.-2010.
	2018.	2019.	2020.	
May/Svibanj	68,7	157,7	96,7	68,6
June/Lipanj	127,8	70,8	104,4	97,4
July/Srpanj	85,2	76,8	159,6	71,4
August/ Kolovoz	40,7	56,7	98,8	96,2
September/ Rujan	59,0	150,1	100,7	94,1



U 2018. godini u lipnju je palo više oborina od višegodišnjeg prosjeka za 30,4 mm i u dva navrata je tek ukorijenjeni duhan jako oštetila tuča. Tijekom lipnja 2019. godine palo je manje oborina od prosjeka (26,6 mm), dok su u 2020. godini oborine bile neznatno veće od prosjeka (7 mm). U vrijeme najveće potrebe za vodom u fazi intenzivnog rasta u srpnju količine oborina od 13,8 mm i 5,4 mm više od višegodišnjeg prosjeka u 2018. i 2019. godini. Bile su dostatne za rast i razvoj duhana. U 2020. godini u srpnju palo je 88,2 mm više oborina od prosjeka što je prouzročilo zaustavljanje rasta i propadanje duhana. U kolovozu 2018. i 2019. godine nedostatak oborina, za čak 55,5 mm odnosno 39,5 mm, nepovoljno je djelovao na kvalitativni razvoj duhana. U rujnu 2018. godine se nastavio trend manjka oborina (35,1 mm) od višegodišnjeg prosjeka, dok je rujna 2019. godine bio izrazito kišovito (višak od 56 mm).

Pokus je postavljen prema metodi slučajnog blokno rasporeda u četiri ponavljanja. Veličina pokusne parcele je iznosila 10,5 m<sup>2</sup> (10,5 m x 1 m). Razmak između parcela iznosio je 1,0 m. S obje strane pokusne parcele nalazio se zaštitni pojas u širini od 1,0 m. Ukupna površina pokusa iznosila je 705 m<sup>2</sup> (15,0 m x 47,0 m). Svaki pokusni red bio je zastupljen s 22 biljke duhana (prva i posljednja biljka u redu bila je zaštitni pojas). Razmak između biljaka u redu iznosio je 50 cm.

U pripremi tla za sadnju duhana krajem studenog izvršeno je oranje na dubinu od 30 cm. Otvorena brazda ostavljena je preko zime. U tlo je prije sadnje (8. svibnja, 2018., 15. svibnja 2019. i 13. svibnja 2020.) na svim parcelama uneseno 500 kg/ha NPK gnojiva formulacije 0 - 5 - 30 (25 kg/ha fosfora i 150 kg/ha kalija). Pred samu sadnju (9. svibnja, 2018., 20. svibnja 2019. i 14. svibnja 2020.) obavljena je finalna obrada tla sjetvospremačem u jednom prohodu. 10. svibnja, 2018., 21. svibnja 2019. i 14. svibnja 2020. napravljene su gredice za sadnju duhana visine 30 cm. Rasad je dobiven od Hrvatskih duhana d.d. U istraživanju je korišten F1 hibrid BH 4. Hibrid BH 4 ima cilindričan oblik biljke. Nakon zalamanja visina stabljike je 140 cm. Na biljci se formira oko 25 širokih listova (tip 4) za berbu. Cvijet je ružičaste boje. Cvatnja započinje

65 dana nakon sadnje. Posjeduje visoki potencijal prinosa (oko 3 500 kg/ha) i zadovoljavajuću otpornost na PVY i polijeganje. Osušeni listovi imaju mahagonij do kestenjasto smeđu boju (Butorac, 2009).

Rasad duhana uzgojen je u plastenicima u vodenoj otopini dubine bazena od 15 cm. Pilirano sjeme duhana je posijano ručno u stiroporne plitice dimenzija 50 cm x 30 cm x 6 cm sa 170 otvora. Nakon sjetve plitice su postavljene u vodu u razdoblju od 18. do 20. ožujka tekuće godine. U vodu su dodana sredstva za zaštitu kao i hranjiva. Za zaštitu je dodan Previcur 607 SL (propamokarb h.), Kidan (iprodion) i Ridomil Gold MZ 68 WP (metalaksil + mankozeb), u količini od 10g/m<sup>3</sup> vode. Od gnojiva dodano je PK gnojivo formulacije (12:20) u količini od 750 g/m<sup>3</sup> vode i AN gnojivo s 33,5% N u količini od 448 g/m<sup>3</sup>. U fazi porasta kad je duhan formirao četiri listića u prihrani je dodan dušik (50 ppm). Prije sadnje duhani su ošišani 4 do 5 puta pomoću travokosilice radi dobivanja ujednačenog rasada i razvoja korijenove mase.

Sadnja duhana obavljena je ručno 11. svibnja 2018., 24. svibnja 2019. i 15. svibnja 2020. godine.

U istraživanju korištene su dvije vrste mikrokapsula: mikrokapsule natrijevog alginata s kalcijevim nitrat 4-hidratom i mikrokapsule natrijevog alginata s kalcijevim nitrat 4-hidratom sa slojem omotača od kitozana.

Mikrokapsule su pripremljene tehnikom ionskog geliranja. Izrada mikrokapsula provedena je dokapavanjem otopine nosača aktivne tvari, natrijevog alginata inkapsulatorom Büchi - Encapsulator B-390 (BÜCHI Labortechnik AG, Švicarska) u otopine kalcijevog nitrata 4-hidrata (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O). Koncentracija natrijevog alginata je 1,5% (w/v). Otopina natrijevog alginata propušta se kroz mlaznicu veličine 1 mm pri frekvenciji vibracija od 40 Hz i tlaku od 35 mbar Encapsulator Büchi-B390 (BÜCHI Labortechnik AG, Švicarska). Za drugi tip mikrokapsula, 1250 g mikrokapsula miješaju se 1h u 2,5 litre otopine s 0,5% kitozana.

Prihranom je dodan dušik (ukupno 100 kg/ha) u pet različitih varijanata: 1. kontrola – 100% iz KAN gnojiva; 2.9% iz KAN gnojiva + 10% iz mikrokapsula; 3,80% iz KAN

gnojiva + 20% iz mikrokapsula, 4,90% iz KAN gnojiva + 10 % iz mikrokapsula s kitozanom; 5. 80 % iz KAN gnojiva + 20 % iz mikrokapsula s kitozanom. Prihrana je obavljena dva tjedna nakon sadnje duhana. U prvoj varijanti dodano je 370 g KAN-a/10 m<sup>2</sup>, u drugoj i četvrtoj varijanti 333 g KAN-a/10 m<sup>2</sup>, a u trećoj i petoj varijanti 296 g KAN-a/10 m<sup>2</sup>. Razlika je dodana iz mikrokapsula.

Duhan je nekoliko puta tijekom vegetacije okopavan zbog pojave korova i ručno zalomljen pri pojavi prvih pupova. Zaperci su odstranjeni ručno.

Na uzorku od 10 biljaka tijekom vegetacije određen je broj listova, dužina i širina 9. lista (cm), visina biljke nakon zalamanja (cm), a na cijeloj parceli početak cvatnje (dana od sadnje). Listovi su ručno ubrani u sedam berbi i osušeni na zraku u hladu u sušari Agronomskog fakulteta. Nakon sušenja određen je prinos (kg/ha) i duhan je klasiran u šest klasa (I-VI).

Dobiveni podaci za svaku godinu zasebno obrađeni su analizom varijance, a razlike između srednjih vrijednosti su testirane t-testom (Onofri, 2007; Onofri i Pannacci, 2014).

## REZULTATI I RASPRAVA

Prema rezultatima analize varijance utvrđeno je da su različite varijante prihrane dušikom imale značajan utjecaj na prinos lista duhana u 2019. i 2020. godini istraživanja (Tablica 4). Analizom varijance utvrđeno je da postoji statistički opravdana razlika za prinos lista duhana u odnosu na kontrolu. Kontrola prihranjena samo s KAN-om i prinosom od 2 796,93 kg/ha, odnosno 3 201,83 kg/ha, koji su ujedno i najveći od svih pet varijanti prihrane u 2019. i 2020. godini, jedini su imali signifikantno veći prinos od varijante s 80% prihranom iz KAN-a + 20% prihranom iz mikrokapsula s kitozanom u 2019. odnosno s 80% prihranom iz KAN-a + 20% prihranom iz mikrokapsula u 2020. U 2018. godini najveći prinos lista duhana imala je varijanta s 90% prihranom iz KAN-a + 10% prihranom iz mikrokapsula s kitozanom i on je iznosio je 3 119,71 kg/ha. Svi ostvareni prinosi bili su ispod genetskog potencijala BH 4 hibrida od 3 500 kg/ha (Butorac, 2009). Međutim, u našim proizvodnim uvjetima

prinos BH 4 hibrida većinom se kreće od 2 500 do 3 000 kg/ha. Prema tome, sve varijante prihrane nalaze se u granicama navedenih vrijednosti za prinos, a razlog nižim prinosima lista duhana od genetskog potencijala su ekstremni vremenski uvjeti koji su pratili rast i razvoj duhana u polju (više prosječne temperature zraka u sve tri godine istraživanja; izrazito jaka tuča u lipnju i nedostatak vlage u tlu u kolovozu 2018. godine (manjak od 55,5 mm); puno niže svibanjske temperature od višegodišnjeg prosjeka i ispiranje dušika radi velikih količina oborina (157,7 mm) u vrijeme prihrane duhana, te ponovo velike oborine u rujnu iste godine (150,1 mm), kao i u srpnju 2020. godine (159,6 mm). Duhan ne podnosi visoke stajace vode koje ga guše tako da zrak, točnije kisik, nije dostupan korijenu. Najveće štete stajaca voda uzrokuje u vrijeme ukorjenjivanja biljaka, kada se duhan presađuje u polje. Tako je duhan u 2019. godini primio najveće količine vode u najranijem i najkasnijem stadiju razvoja, kada ima najnižu evapotranspiraciju i potrebu za vodom. Da bi stanice održale tvrdoću i pravilan razvoj, široki duhanski listovi zahtijevaju značajnu količinu vode, a s druge strane duhan je osjetljiv na suvišak vode. Obilne kiše u početnim fazama rasta dovode do slabljenja korijena biljke, što se vidi u kasnijim fazama rasta jer radi nedovoljnog unosa vode biljka trpi vodni stres. Najosjetljivija faza rasta duhana na dehidraciju je od 2 do 3 tjedna prije faze cvatnje, tj. od 50 do 65 dana nakon presađivanja u polje, u fazi intenzivnog rasta, što je u našim klimatskim uvjetima u srpnju kada mu je svakih 7 – 10 dana potrebno 25 - 38 mm oborina (Butorac, 2009.). S druge strane, duhan je biljka suptropskih krajeva i podnosi visoke temperature, ali je nešto osjetljivija na niske temperature, posebno u fazi ukorjenjivanja u svibnju kada niske temperature nepovoljno utječu na kvalitetu duhana što je bio slučaj u 2020. godini.

Stoga su i prisutna variranja prinosa lista duhana ovisno o varijanti prihrane (nije došlo do poboljšanog otpuštanja i dužeg učinka gnojidbe) i godini istraživanja. I na svjetskoj razini istraživanja, prosječni prinosi lista duhana kreću se od 2 500 do 3 000 kg/ha (Atkinson i Sims, 1973; Evanylo i Sims, 1987; Waynick, 2007; Ritchey i sur. 2014).

**Table 4.** Tobacco leaf yield (kg/ha)**Tablica 4.** Prinos lista duhana (kg/ha)

Top-dressing treatment/ Varijanta prihrane dušikom	Year / Godina		
	2018.	2019.	2020.
100% CAN (control)/ 100% KAN (kontrola)	2 913,30	2 796,93	3 201,83
90% CAN + 10% mikrocapsules/ 90% KAN + 10% mikrokapsula	3 020,97	2 527,94	2 954,46
80% CAN + 20% mikrocapsules/ 80% KAN + 20% mikrokapsula	3 029,27	2 530,92	2 618,67
90% CAN + 10% mikrocapsules with chitosan/ 90% KAN + 10% mikrokapsula s kitozanom	3 119,71	2 572,71	2 936,52
80% CAN + 20% mikrocapsules with chitosan/ 80% KAN + 20% mikrokapsula s kitozanom	2 627,16	2 506,57	2 936,52
LSD <sub>0,05</sub>	n.s.	290,36	490,17

n.s. - nema značajnosti/not significant

Rathbone (2008) i Ritchey i sur. (2014) u svome istraživanju navode kako je za prinos burleya od 3 000 kg/ha potrebno gnojiti sa 224 kg N/ha. Mustapić i sur. (1992) navode kako je za isti prinos potrebno nešto manja količina dušičnih gnojiva, oko 150 kg/ha.

U Tablici 5. prikazan je udio klasa listova duhana svih varijanti prihrane. Analizom varijance utvrđeno je da postoje signifikantne razlike u udjelu prve klase u 2018. godini, šeste klase u 2019. godini, te pete klase u 2020. godini. Promatrajući sve tri godine istraživanja najveći udio prve klase listova imala je kontrola od 10,87% (2018.) i bila je signifikantno bolja od svih ostalih varijanata u pokusu. Signifikantno najveći udio šeste klase u odnosu na kontrolu u 2019. godini imala je varijanta s 80 % prihranom iz KAN-a + 20% prihranom iz mikrokapsula, a signifikantno najmanji udio pete klase u odnosu na kontrolu i varijantu 80% prihrane iz KAN-a + 20 % prihrane iz mikrokapsula s kitozanom imale su varijante 90% prihrane iz KAN-a + 10% prihrane iz mikrokapsula i 80 % prihrane iz KAN-a + 20 % prihrane iz mikrokapsula. Najveći zbroj udjela najkvalitetnijih klasa, prve do treće imala je kontrola (57,06% odnosno 52,26%) i varijanta 90% prihrane iz KAN-a + 10% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom (56,62% odnosno 52,28%) u 2018. i 2019.

godini. U posljednjoj godini istraživanja ostvarena je najniža kvaliteta duhanskog lista, prvenstveno zbog velikih količina oborina koje su pale tijekom nekoliko dana u srpnju i prouzročile su velika oštećenja na listovima i zaostajanje u rastu duhana, te njegovo gušenje i djelomično propadanje. Najveći zbroj udjela najkvalitetnijih klasa, imale su varijante 80% prihrane iz KAN-a + 20 % prihrane iz mikrokapsula i 90% prihrane iz KAN-a + 10% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom od svega 30,70% odnosno 30,59%.

Varijante prihrane dušikom signifikantno su utjecale na broj ubranih listova po biljci jedino u 2020. godini (Tablica 6). Signifikantno najveći broj listova u 2020. godini imala je kontrola (25,70) i varijanta 90% prihrane iz KAN-a + 10% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom (25,17) u odnosu na varijantu 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom (22,09). U svim godinama i varijantama prihrane najveći broj ubranih listova ostvaren je u 2019. godini kod varijante 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom i iznosio je 26,17 listova. Zalamanje duhana tipa burley vrši se najčešće na visini između 20. i 22. lista (Butorac, 2009). Međutim, istraživani hibrid obično ima 25 listova za berbu tako da je u drugoj godini ubrano prosječno listova.



**Table 5.** Share of tobacco classes (%)**Tablica 5.** Udio klasa duhana (%)

Top-dressing treatment Varijante prihrane dušikom	2018						2019						2020						
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
Control 100% CAN Kontrola -100% iz KAN-a	10,87	23,48	22,71	19,15	12,01	11,78	2,77	14,72	34,77	27,90	15,13	4,71	0,43	5,14	17,00	34,14	26,79	16,50	
90% CAN + 10% microcapsules 90% iz KAN-a + 10% iz mikrokapsula	7,93	20,28	21,71	22,55	17,17	10,35	1,89	13,20	28,43	29,44	17,06	9,98	1,26	6,97	20,19	36,60	21,75	13,28	
80% CAN + 20 % microcapsules 80% iz KAN-a + 20% iz mikrokapsula	7,25	23,11	22,68	21,47	14,04	11,36	1,59	13,20	30,80	25,35	17,71	11,35	1,56	6,28	22,86	33,98	21,25	15,08	
90 % CAN + 10 % microcapsules with chitozan 90% iz KAN-a + 10% iz mikrokapsula s kitozonom	5,37	25,80	25,45	20,54	12,65	10,19	1,97	17,72	32,59	22,26	15,26	10,20	1,67	6,68	22,24	30,48	23,16	15,78	
80% CAN + 20% microcapsules with chitozan 80% iz KAN-a + 20% iz mikrokapsula s kitozonom	4,07	16,11	27,01	22,29	15,57	14,95	1,77	13,93	30,37	26,66	18,66	8,61	1,58	4,19	17,41	36,13	26,44	15,25	
LSD <sub>0,05</sub>	2,19	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	5,41	n.s	n.s	n.s	n.s	4,23	n.s

Least significant difference at p&lt;0.05 respectively

LSD<sub>0,05</sub> značajna razlika na razini značajnosti p<0,05

n.s. - not significant/nema značajnosti

**Table 6.** Leaf number**Tablica 6.** Broj listova

Top-dressing treatment/ Varijanta prihrane dušikom	Year / Godina		
	2018.	2019.	2020.
100% CAN (control)/ 100% KAN (kontrola)	20,99	25,54	25,70
90% CAN + 10% mikrocapsules/ 90% KAN + 10% mikrokapsula	22,66	24,96	23,59
80% CAN + 20% mikrocapsules/ 80% KAN + 20% mikrokapsula	22,10	26,17	22,90
90% CAN + 10% mikrocapsules with chitosan/ 90% KAN + 10% mikrokapsula s kitozanom	22,48	25,57	25,17
80% CAN + 20% mikrocapsules with chitosan/ 80% KAN + 20% mikrokapsula s kitozanom	22,76	25,15	22,09
LSD <sub>0,05</sub>	n.s.	n.s.	2,80

n.s. - not significant /nema značajnosti

Broj ubranih listova nije se odrazio na veći prinos u toj godini, što objašnjavamo relativno manjom razvijenom dimenzijom listova zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta za rast i razvoj duhana.

Analizom varijance utvrđeno je da varijante prihrane nisu imale signifikantan utjecaj na dužinu 9. lista duhana (Tablica 7). Deveti list na duhanu tipa burley je uglavnom najveći među srednjim najkvalitetnijim listovima, a kod

ovih tipova duhana u prosjeku se kreće između od 50 do 70 cm (Butorac, 2009). U odnosu na kontrolu sve su varijante imale veće prosječne vrijednosti dužine 9. lista u 2018. Najduži 9. list imala je varijanta 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula (58,28 cm) u 2018. godini, a najkraći 9. list imala je ista varijanta u sljedećoj godini (48,23 cm).

**Table 7.** Length of 9<sup>th</sup> leaf (cm)**Tablica 7.** Dužina 9. lista (cm)

Top-dressing treatment/ Varijanta prihrane dušikom	Year / Godina		
	2018.	2019.	2020.
100% CAN (control)/ 100% KAN (kontrola)	55,23	51,50	52,88
90% CAN + 10% mikrocapsules/ 90% KAN + 10% mikrokapsula	55,75	49,00	53,85
80% CAN + 20% mikrocapsules/ 80% KAN + 20% mikrokapsula	58,28	48,23	51,83
90% CAN + 10% mikrocapsules with chitosan/ 90% KAN + 10% mikrokapsula s kitozanom	56,71	50,20	53,48
80% CAN + 20% mikrocapsules with chitosan/ 80% KAN + 20% mikrokapsula s kitozanom	57,38	49,08	53,83
LSD <sub>0,05</sub>	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. - not significant /nema značajnosti

Iz dobivenih vrijednosti može se zaključiti da su sve varijante bile u donjim vrijednosnim granicama. S obzirom da su dobivene vrijednosti za dužinu 9. lista kraće i bliže su 50 cm, prvenstveno u 2019. godini i dobiveni prosječni prinosi u toj godini bili su najniži.

Prema analizi varijance utvrđeno je da je način prihrane dušikom imao signifikantan utjecaj na širinu 9. lista samo u 2018. godini (Tablica 8). U odnosu na kontrolu sve su varijante prihrane imale veće signifikantne vrijednosti, izuzev 90% prihrane iz KAN-a + 10% prihrane iz mikrokapsula.

Kao i kod dužine 9. lista, najširi listovi dobiveni su tijekom 2018., a najuži tijekom 2019. godine. Prosječna širina 9. lista za duhan tipa burley iznosi 30 do 35 cm (Butorac, 2009). Sve varijante prihrane imale su prosječne vrijednosti svojstvene ovom tipu duhana u 2018. godini s naglaskom da je varijanta 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom s prosječnom širinom 35,43 cm bila malo iznad prosjeka. S druge strane, u druge dvije godine istraživanja sve varijante prihrane imale su širinu listova ispod 30 cm. Već je prije naglašeno da je u te dvije godine istraživanja zbog ekstremnih vremenskih uvjeta došlo do propadanje duhana (puno niže svibanjske temperature od višegodišnjeg prosjeka i ispiranje dušika radi velikih količina oborina (157,7 mm)

u vrijeme prihrane duhana, te ponovo velike oborine u rujnu iste godine (150,1 mm), kao i u srpnju 2020. godine (159,6 mm).

U prosjeku je visina biljke nakon zalamanja kod hibrida BH4 140 cm (Butorac, 2009.). Analizom varijance utvrđeno je da varijanta prihrane ima signifikantan utjecaj na visinu biljke nakon zalamanja u 2018. godini (Tablica 9). Visina biljke nakon zalamanja u kontrole i tri varijante prihrane bila je iznad 148 cm. Signifikantno najniže biljke nakon zalamanja izmjerene su u varijante 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom (138,84 cm). U druge dvije godine istraživanja prosječna visina nakon zalamanja kretala se je između 101,18 i 124,30 cm.

Kultivaru BH4, u prosjeku je potrebno 65 dana od sadnje za ulazak u fazu početka cvatnje. U sve tri godine istraživanja broj dana do početka cvatnje bio je znatno veći u svih varijanti u pokusu (od 73 do 95 dana), kao što je već ranije naglašeno zbog ekstremnih vremenskih uvjeta. Prema rezultatima analize varijance ustanovljena je signifikantna razlika u početku cvatnje samo u 2018. godini (Tablica 10). Signifikantno najkasniji početak cvatnje u toj godini zabilježen je kod biljaka s varijantom 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom (82 dana).

**Table 8.** Width of 9<sup>th</sup> leaf (cm)

**Tablica 8.** Širina 9. lista (cm)

Top-dressing treatment/ Varijanta prihrane dušikom	Year / Godina		
	2018.	2019.	2020.
100% CAN (control)/ 100% KAN (kontrola)	31,74	27,58	29,90
90% CAN + 10% mikrocapsules/ 90% KAN + 10% mikrokapsula	32,14	27,15	28,43
80% CAN + 20% mikrocapsules/ 80% KAN + 20% mikrokapsula	33,74	26,53	27,83
90% CAN + 10% mikrocapsules with chitosan/ 90% KAN + 10% mikrokapsula s kitozanom	33,40	28,28	27,80
80% CAN + 20% mikrocapsules with chitosan/ 80% KAN + 20% mikrokapsula s kitozanom	35,43	28,35	28,33
LSD <sub>0,05</sub>	0,87	n.s.	n.s.

n.s. - not significant /nema značajnosti

**Table 9.** Topping height (cm)**Tablica 9.** Visina biljke nakon zalamanja (cm)

Top-dressing treatment/ Varijanta prihrane dušikom	Year / Godina		
	2018.	2019.	2020.
100% CAN (control)/ 100% KAN (kontrola)	148,63	107,33	120,38
90% CAN + 10% mikrocapsules/ 90% KAN + 10% mikrokapsula	148,09	101,28	120,13
80% CAN + 20% mikrocapsules/ 80% KAN + 20% mikrokapsula	148,08	101,18	107,18
90% CAN + 10% mikrocapsules with chitosan/ 90% KAN + 10% mikrokapsula s kitozanom	149,83	101,73	121,43
80% CAN + 20% mikrocapsules with chitosan/ 80% KAN + 20% mikrokapsula s kitozanom	138,84	101,85	124,30
LSD <sub>0,05</sub>	6,62	n.s.	n.s.

n.s. - not significant /nema značajnosti

**Table 10.** Days to flowering (days from planting)**Tablica 10.** Početak cvatnje (dana od sadnje)

Top-dressing treatment/ Varijanta prihrane dušikom	Year / Godina		
	2018.	2019.	2020.
100% CAN (control)/ 100% KAN (kontrola)	75	76	95
90% CAN + 10% mikrocapsules/ 90% KAN + 10% mikrokapsula	76	74	90
80% CAN + 20% mikrocapsules/ 80% KAN + 20% mikrokapsula	75	76	94
90% CAN + 10% mikrocapsules with chitosan/ 90% KAN + 10% mikrokapsula s kitozanom	73	79	90
80% CAN + 20% mikrocapsules with chitosan/ 80% KAN + 20% mikrokapsula s kitozanom	82	76	94
LSD <sub>0,05</sub>	5,66	n.s.	n.s.

n.s. - not significant /nema značajnosti

## ZAKLJUČAK

Na osnovu trogodišnjih istraživanja prihrane sa dušikom na duhanu tipa burley provedenih na pokušalištu Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta u Maksimiru mogu se donijeti sljedeći zaključci.

Na osnovi provedene statističke analize varijance utvrđene su signifikantne razlike u udjelu prve klase, širini 9. lista, visini biljke nakon zalamanja i u početku cvatnje u 2018. godini, u prinosu i udjelu VI klase u 2019. godini, te prinosu, udjelu V klase i broju listova u 2020. godini.

Kontrola prihranjena samo s KAN-om i prinosom od 2 796,93 kg/ha, odnosno 3 201,83 kg/ha, koji su ujedno i najveći od svih pet varijanti prihrane u 2019. i 2020. godini, jedini su imali signifikantno veći prinos od varijante s 80% prihranom iz KAN-a + 20% prihranom iz mikrokapsula s kitozanom u 2019. odnosno s 80% prihranom iz KAN-a + 20% prihranom iz mikrokapsula u 2020. U pokusu je najveći udio prve klase listova imala kontrola od 10,87 % i bila je signifikantno bolja od svih ostalih varijanata u pokusu u 2018. godini. Signifikantno najveći broj listova u 2020. godini imala je kontrola (25,70) i varijanta 90% prihrane iz KAN-a + 10% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom (25,17) u odnosu na varijantu 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom (22,09). U odnosu na kontrolu sve su varijante prihrane imale veće signifikantne vrijednosti, izuzev 90% prihrane iz KAN-a + 10% prihrane iz mikrokapsula u 2018. godini. Signifikantno najniže biljke nakon zalamanja izmjerene su u varijante 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom (138,84 cm) u 2018. godini. Signifikantno najkasniji početak cvatnje u 2018. godini zabilježen je kod biljaka s varijantom 80% prihrane iz KAN-a + 20% prihrane iz mikrokapsula s kitozanom (82 dana).

Godine istraživanja s obzirom na klimatske prilike bile su dosta neujednačene i zbog toga je bilo teško utvrditi djelotvornost mikrokapsuliranja kao i učinak dušika dodanog u vidu mikrokapsula. Ovaj tip istraživanja je prvi put izveden na duhanu tipa burley i s obzirom na dobivene rezultate predlažu se daljnja istraživanja na drugim lokacijama gdje se uzgaja ovaj tip duhana, ali i na

duhanu tipa flue-cured.

## LITERATURA

- Atkinson, W.O., Sims, J.L. (1973) The influence of variety and fertilization on yield and composition of burley tobacco. *Tobacco Science*, 17-58, 175-176.
- Butorac, J. (2009) Duhan. Kugler d.o.o., Zagreb.
- Devčić, K. (1975) Reakcija duhana burley na količinu i vrijeme upotrebe kalcijskoamonijске salitre (KAN-a) i uree. Disertacija, Zagreb, pp.1-152.
- DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod. [Online] Dostupno na: <https://meteo.hr> - [pristupljeno 10. veljače 2021]
- Encapsulator Büchi-B390, BÜCHI Labortechnik AG, Švicarska. [Online] Dostupno na: <https://www.buchi.com/en/products/instruments/encapsulator-b-390-b-395> [pristupljeno 20. svibnja 2020]
- Evanylo, G.K., Sims, J.L. (1987) Nitrogen and Potassium Fertilization Effects on Yield and Quality of Burley Tobacco. *Soil Science Society of America Journal*, 51, 1536-1540. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1987.03615995005100060024x>
- Gallo, M., Corbo, M.R. (2010) Mikroencapsulation as a new approach to protect active compounds in food. U: Application of Alternative Food. Preservation technologies to enhance food safety and stability. Bentham Science Publisher, 188-195. DOI: <https://doi.org/10.2174/978160805096311001010188>
- Hawks, S.N., Collins, W.K. (1994) Načela proizvodnje virginijskog duhana. Ceres, Zagreb.
- HRN ISO 10390:200 - određivanje pH. [Online] Dostupno na: <http://31.45.242.218/HZN/Todb.nsf/wFrameset2?OpenFrameSet&Frame=Down&Src=%2FHZN%2FTodb.nsf%2F66011c0bda2bd4dfc1256cf300764c2d%2F0e782f7e2e6cb750c1256fbd002d42ec%3FOpenDocument%26AutoFramed> [pristupljeno 15. srpnja 2020]
- HRN ISO 11464:2004 - priprema uzorka. [Online] Dostupno na: <http://31.45.242.218/HZN/Todb.nsf/wFrameset2?OpenFrameSet&Frame=Down&Src=%2FHZN%2FTodb.nsf%2Fcd07510acb630f47c1256d2c006ec863%2F6a1dc151c271f96bc1257443002ee854%3FOpenDocument%26AutoFramed> [pristupljeno 15. srpnja 2020]
- HRN ISO 13878:2004 - određivanje ukupnog dušika; ekstrakcijom s 1 M KCl (1:10 w/v) spektrofotometrijski kadmijska redukcija Nessler - modificirana. [Online] Dostupno na: <http://31.45.242.218/HZN/Todb.nsf/wFrameset2?OpenFrameSet&Frame=Down&Src=%2FHZN%2FTodb.nsf%2Fcd07510acb630f47c1256d2c006ec863%2F6a1dc151c271f96bc1257443002ee854%3FOpenDocument%26AutoFramed> [pristupljeno 15. srpnja 2020]
- HRN ISO 14235:2004 (metoda po Tjurin-u ili bikromatna metoda)- određivanje humusa. [Online] Dostupno na: <http://31.45.242.218/HZN/Todb.nsf/wFrameset2?OpenFrameSet&Frame=Down&Src=%2FHZN%2FTodb.nsf%2Fcd07510acb630f47c1256d2c006ec863%2F6a1dc151c271f96bc1257443002ee854%3FOpenDocument%26AutoFramed> [pristupljeno 15. srpnja 2020]
- ISO/TS 14256-1:2003 - određivanje NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N i NH<sub>4</sub><sup>-</sup> N. [Online] Dostupno na: <https://www.iso.org/standard/36706.html> - [pristupljeno 15. srpnja 2020]
- Lyons, D.L., Compton, B.L., Victor, P. (1996) A petiole nitrate test for management of nitrogen status and harvest initiation of flue-cured tobacco. *Tobacco Science*, 40, 130-136.



- MacKown, C.T., Crafts-Brandner, S.J., Sutton, T.G. (2000) Relationships among soil nitrate, leaf nitrate and leaf yield of burley tobacco: Effects of nitrogen management. *Agronomy Journal*, 91, 613-621. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1999.914613x>
- Mustapić, Z., Bajtek, M., Pospišil, M. (1992) Utjecaj gnojidbe dušikom na prinos i kvalitetu duhana tipa burley. *Tutun*, 42 (7-12), 119-137.
- Nichols, B.C., Bowman, D.R., McMurtrey J.E. Jr. (1956) *Fertilizer Tests with Burley Tobacco*. University of Tennessee, Knoxville Trace: Tennessee Research and Creative Exchange, pp. 44.
- Onofri, A. (2007) Routine statistical analyses of field experiments by using an Excel extension. *Proceedings 6<sup>th</sup> National Conference Italian Biometric Society: "La statistica nelle scienze della vita e dell'ambiente"*, Pisa, 20-22 June 2007, 93-96.
- Onofri, A., Pannacci, E. (2014) Spreadsheet tools for biometry classes in crop science programmes. *Communications in Biometry and Crop Science*, 9 (2), 43-53.
- Pospišil, M. (1990) Reakcija šećerne repe na način dorade sjemena i gnojdbu nekim organskim gnojivima. Magistarski rad, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
- Racoviță, S., Vasiliu, S., Popa, M., Luca, C. (2009) Polysaccharides based on micro- and nano particles obtained by ionic gelation and their applications and drug delivery systems. *Revue Roumaine de Chimie*, 54 (9), 709-718.
- Rathbone, D.K. (2008) Effects of nitrogen Rate and Cultivar on Burley Tobacco Yield and Leaf Quality. Master of Science thesis. The University of Tennessee.
- Ritchey, E.L., Miller, R.D., Ellis, R.L. (2014) Influence of nitrogen rate and foliar fertilization on yield, quality and leaf chemistry in burley tobacco. *Tobacco Science*, 51, 8-12. DOI: <https://doi.org/10.3381/14-036>
- Sifola, M.I., Cuocolo, B. (2003) Dry matter accumulation, leaf development and stem elongation in tobacco plants grown under different regimes of nitrogen fertilization and irrigation. *Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare. Agrochimica -Pisa*, 47 (1), 40-53.
- Sifola, M.I., Postiglione, L. (2003) The effect of nitrogen fertilization on nitrogen use efficiency of irrigated and non-irrigated tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Plant and Soil*, 252 (2), 313-323. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1024784020597>
- Vinceković, M., Jalšenjak, N., Topolovec-Pintarić, S., Đermić, E., Bujan, M., Jurić, S. (2016) Encapsulation of biological and chemical agents for plant nutrition and protection: chitosan/alginate microcapsules loaded with copper cations and *Trichoderma viride*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64 (43), 8073-8083. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02879>
- Vinceković, M., Jurić, S., Đermić, E., Topolovec-Pintarić, S. (2017) Kinetics and mechanisms of chemical and biological agents release from biopolymeric microcapsules. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (44), 9608-9617. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04075>
- Waynick, M.R. (2007) Rate and timing of nitrogen fertilization in burley tobacco. Master of Science thesis. The University of Tennessee.
- Williams, L.M., Miner, G.S. (1982) Effect of urea on yield and quality of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Agronomy Journal*, 74, 457-62. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400030015x>
- Zou, C., Pearce, R.C., Grove, J.H., Coyne, M.S. (2017) No-tillage culture and nitrogen fertilizer management for burley tobacco production. Cambridge University Press. *The Journal of Agricultural Science*, 155 (4), 599-612. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859616000733>