

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Miha MAROVT

**Vpliv gostote in razporeditve rastlin na rast, razvoj in
kakovost hmelja (*Humulus lupulus* L.) kultivarja
279D112**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Miha MAROVT

**VPLIV GOSTOTE IN RAZPOREDITVE RASTLIN NA RAST,
RAZVOJ IN KAKOVOST HMELJA (*Humulus lupulus* L.),
KULTIVARJA 279D112**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**IMPACT OF PLANT DENSITY AND DISPOSAL ON GROWTH,
DEVELOPEMENT AND QUALITY OF HOP (*Humulus lupulus* L.),
CULTIVAR 279D112**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu. Poljski poskus je bil opravljen na njihovem poskusnem posestvu v Žalcu, analize kakovosti hmelja pa so potekale v laboratoriju Oddelka za agrokemijo in pivovarstvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Antona Tajnška, za somentorico pa doc. dr. Barbaro Čeh Brežnik.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Ivan KREFT
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Anton TAJNŠEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Barbara ČEH BREŽNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Lučka KAJFEŽ BOGATAJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora: 12.10.2007

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Miha Marovt

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn
DK VDK 633.791:631.53.048:631.526.32:631.524.6.8(043.2)
KG hmelj/*Humulus lupulus*/tehnologije pridelovanja/gostota setve/razporeditev
rastlin/rast/razvoj/kakovost/ cv. 279D112/cv. Aurora/cv. Magnum
KK AGRIS F01
AV MAROVT, Miha
SA TAJNŠEK, Anton (mentor)/ČEH BREŽNIK, Barbara (somentorica)
KZ SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI 2007
IN VPLIV GOSTOTE IN RAZPOREDITVE RASTLIN NA RAST, RAZVOJ IN
KAKOVOST HMELJA (*Humulus lupulus* L.) CV. 279D112
TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP VIII, 40, 17 pregl., 22 sl., 25 vir.
IJ sl
JI sl/en
- AI Namen raziskave je bil ugotoviti najboljšo tehnologijo pridelave za kultivar 279D112. Poskus smo zasnovali na hmeljišču Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu. Namen raziskave je bil primerjati višino rasti in nastop posameznih faz razvoja med obravnavanji z različno razporeditvijo rastlin pri prvoletnem nasadu. Poskus smo zasnovali na dveh hmeljiščih (medvrstna razdalja 2,4 m in 2,8 m) z gostoto rastlin 3200 rastlin/ha in 2800 rastlin/ha. Primerjati smo želeli tudi kakovost kultivarja 279D112 v primerjavi s kultivarjem Aurora, ki je v Sloveniji najbolj razširjen, ter s kultivarjem Magnum, ki je po morfoloških lastnostih primerljiv s kultivarjem 279D112. V obeh sistemih gospodarjenja nismo zaznali vpliva razporeditve in gostote rastlin na končno višino rastlin in hitrost priraščanja hmelja. Prirast kultivarja 279D112 se je značilno razlikoval od priraščanja kultivarja Aurora. Prirast je bil pri kultivarju Aurora v povprečju vse obdobje višji. Boljša rast kultivarja Aurora je bila lahko posledica močnejših in krepkejših sadik B certifikata, ki so bile uporabljene pri sajenju Aurore v primerjavi z šibko sadiko A certifikata, ki so bile uporabljene pri sajenju 279D112. Vsebnost α - kislin je bila pri 279D112 mnogo višja kot pri Aurori in je vsekakor bolj primerljiva s kultivarjem Magnum kot z Auroro. Vsebnost β - kislin se med kultivarji ni bistveno razlikovala. Sestava olj kultivarja 279D112 je dokaj podobna sestavi eteričnega olja kultivarjev Aurora in Magnum.

KEY WORDS DOKUMENTATION

- DN Dn
DC UDC 633.791:631.53.048:631.526.32:631.524.6.8(043.2)
CX hops/*Humulus lupulus*/agrotechnical arrangements/plant
density/cultivars/growth/development/quality/cv. 279D112/cv. Aurora/cv. Magnum
CC AGRIS F01
AU MAROVT, Miha
AA TAJNŠEK, Anton (supervisor) / ČEH-BREŽNIK, Barbara (co-supervisor)
PP SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Agronomy Department
PY 2007
TI IMPACT OF PLANT DENSITY AND DISPOSAL ON GROWTH,
DEVELOPEMENT AND QUALITY OF HOP (*Humulus lupulus* L.) CV. 279D112
DT Graduation Thesis (University Studies)
NO VIII, 40 p., 17 tab., 22 fig., 25 ref.
LA sl
AL sl/en
AB With the aim to get the best technology for 279D112 the experiment was conducted on the experimental field of Slovenian Institute for Hop Research and Brewing. We wanted to determine the best plant density and disposal of plants, compare plant growth among different variants, observing phenophases and compare quality of new variety to the most common cultivar in Slovenia Aurora and to the cultivar Magnum, which has very similar attributes with 279D112. The experiment was conducted in two different fields (2.4 m and 2.8 m between the rows) with two different plant densities in both fields (3200 plants/ha and 2800 plants/ha). During the growth season we observed phenophases, in the time of maturity we measured quality of hop (moisture content, α – acids content, essential oils content and structure). Statistical analysis showed that in the case of the first growth season for hop there are no differences between management systems in plant height, speed of growing and occurrences of phenophases. But we can conclude that there is a difference between cultivars 279D112 and Aurora. Growth of Aurora was all along faster in average. One of the reasons for that could be stronger plants of B certificate, that were used in the case of Aurora, compared with weak plants of A certificate used in the case of 279D112. α -acids content in 279D112 was more comparable with Magnum than Aurora. β -acids content was similar in all cultivars. Essential oils analysis results showed that the content of oil was very similar for all tree cultivars.

KAZALO VSEBINE

	Ključna dokumentacijska informacija (KDI).....	III
	Key words documentation (KWD).....	IV
	Kazalo vsebine.....	V
	Kazalo preglednic.....	VII
	Kazalo slik.....	VIII
1	UVOD	1
1.1	POVOD ZA RAZISKAVO.....	1
1.2	NAMEN RAZISKAVE.....	1
1.3	DELOVNA HIPOTEZA.....	2
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	MORFOLOŠKE LASTNOSTI HMELJA.....	3
2.2	FENOLOGIJA HMELJNE RASTLINE.....	6
2.3	AGROKOLOŠKE ZAHTEVE ZA PRIDELAVO HMELJA.....	6
2.3.1	Temperatura	8
2.3.2	Preskrbljenost z vodo	8
2.3.3	Osvetlitev	8
2.3.4	Veter	9
2.3.5	Toča	9
2.4	PEDOLOŠKE ZAHTEVE.....	10
2.5	TEHNOLOGIJA SAJENJA.....	10
2.6	ŽLAHTNJENJE HMELJA.....	12
2.7	OPIS KULTIVARJEV.....	12
2.7.1	Kultivar Aurora	12
2.7.2	Kultivar Magnum	13
2.7.3	Kultivar 279D112	13
2.8	TEHNOLOŠKA ZRELOST IN KAKOVOST HMELJA.....	14
3	MATERIAL IN METODE	16
3.1	MATERIAL.....	16
3.2	METODE.....	17
3.2.1	Zasnova poskusa	17
3.2.2	Tla	19
3.2.3	Vremenske razmere	19
3.2.4	Opazovanje in beleženje razvojnih faz	21
3.2.5	Meritve tehnološke zrelosti in kakovosti pridelka	21

4	REZULTATI	23
4.1	VIŠINA RASTLIN IN NASTOP POSAMEZNIH FENOFAZ.....	23
4.2	KAKOVOST HMELJA.....	26
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	34
5.1	RAZPRAVA.....	34
5.2	SKLEPI.....	35
6	POVZETEK	36
6.1	POVZETEK.....	36
6.2	SUMMARY.....	37
7	VIRI	39
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1:	Opis fenoloških razvojnih faz hmelja po BBCH skali (Rossbauer, 1995)...	7
Pregl. 2:	Vpliv razdalje sajenja na življenjski prostor rastline ter število sadik na 1 ha (Friškovec, 1998).....	11
Pregl. 3:	Povprečna sestava zračno suhega hmelja (Verzele, 1985, cit. po Hrastar, 2006).....	14
Pregl. 4:	Rezultati kemične analize tal (7.4.2006).....	19
Pregl. 5:	Povprečne dekadne temperature in padavine v letu 2006 v primerjavi s 40-letnim povprečjem (1952 - 1992), (Interno gradivo IHPS, 2007).....	20
Pregl. 6:	Povprečna višina rastlin pri kultivarju 279D112 po obravnavanjih, primerjava s kultivarjem Aurora.....	23
Pregl. 7:	Prirast kultivarja 279D112 v cm/dan.....	24
Pregl. 8:	Opazovanje fenofaz hmelja kultivarjev 279D112 in Aurore v letu 2006....	26
Pregl. 9:	Podatki o alfa kislinah (%), vlagi (%), masi 100 suhih storžkov (g) in povprečni dolžini storžkov za kultivar 279D112 (2006).....	27
Pregl. 10:	Podatki o alfa kislinah (%), vlagi (%), masi 100 suhih storžkov (g) in povprečni dolžini storžkov za kultivar Magnum (2006).....	28
Pregl. 11:	Podatki o alfa kislinah (%), vlagi (%), masi 100 suhih storžkov (g) in povprečni dolžini storžkov pri kultivarju Aurora (2006).....	29
Pregl. 12:	Vsebnost α - in β - kislin za kultivarja 279D112 in Aurora (2006).....	30
Pregl. 13:	Vsebnost alfa in beta kislin (%) v storžkih hmelja pri kultivarjih 279D112 in Magnum, na lokacijah Žalec in Šmartno pri Slovenj Gradcu, po preskusni metodi alfa in beta kisline v hmelju s HPLC (MKH 08).....	30
Pregl. 14:	Sestava eteričnega olja (deleži aromatskih komponent v %) in indeksi aromatskih komponent v eteričnem olju pri kultivarju Aurora in 279D112 (Žalec, 2006).....	31
Pregl. 15:	Sestava eteričnega olja kultivarjev 279D112 in Magnum na lokaciji Šmartno pri Slovenj Gradcu, analiza opravljena po metodi MKH 12 (vsebnost eteričnega olja v hmelju in GC analiza) in po DNK 12.01. V 1. stolpcu so navedeni piki kromatografa (v relativnih %), v 2. stolpcu pa dolgoletne maksimalne vrednosti komponent.....	32
Pregl. 16:	Pridelek 10 naključno izbranih rastlin (v treh ponovitvah), vsebnost alfa kislin - KVH-TE (odstotek v SS) ter ostale značilnosti kultivarjev Magnum ter 279D112 na lokaciji Žalec, 5. 9. 2006.....	33
Pregl. 17:	Pridelek 10 naključno izbranih rastlin (v treh ponovitvah), vsebnost alfa kislin - KVH-TE (odstotek v SS) ter ostale značilnosti kultivarjev Magnum ter 279D112 na lokaciji Šmartno pri Slovenj Gradcu, 14. 9. 2006.....	33

KAZALO SLIK

Slika 1:	Moško socvetje in zgradba moškega cveta (Kišgeci in sod., 1984)...	3
Slika 2:	Žensko socvetje: 1 – zunanji videz socvetja, 2 in 3 – par ženskih cvetov na prilistu (Kišgeci in sod., 1984).....	3
Slika 3:	Podzemni organi hmelja (Kišgeci in sod., 1984).....	4
Slika 4:	Vejica hmelja (foto: Marovt, 2006).....	5
Slika 5:	Oblike listov hmelja: 1 - rahlo deljeni, 2 - trikrpati, 3 – petkrpati (Majer in sod., 2002).....	5
Slika 6:	Podrta žičnica (foto: Marovt, 2007).....	9
Slika 7:	Posledice toče (foto: Marovt, 2007).....	9
Slika 8:	Rastlinica hmelja kultivarja 279D112 ob sajenju.....	16
Slika 9:	Kultivar 279D112 v tehnološki zrelosti.....	16
Slika 10:	Sadika kultivarja Aurora, certifikata B.....	17
Slika 11:	Rastlinica hmelja, kultivarja Aurora ob vzniku.....	17
Slika 12:	Skica poskusa, ki prikazuje statistično zasnovano poskusa.....	18
Slika 13:	Vremenske razmere v rastni sezoni hmelja, letnika 2006, v primerjavi s 40- letnim povprečjem (1952- 1992) (Interno gradivo IHPS, 2007).....	20
Slika 14:	Merjenje višine rastlin v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,4 m (19. maj 2006, foto: Marovt).....	21
Slika 15:	Merjenje višine rastlin v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,8 m (30. junij 2006, foto: Marovt).....	21
Slika 16:	Dinamika rasti hmelja v letu 2006 pri kultivarju 279D112.....	24
Slika 17:	Primerjava rasti hmelja kultivarja 279D112 in Aurore v letu 2006 (razporeditev rastlin 2,4 m x 1,3 m).....	25
Slika 18:	Višina hmelja kultivarjev 279D112, Magnum in Aurora v večletnem nasadu tekom rastne dobe v letu 2006.....	25
Slika 19:	Spremembe vsebnosti alfa kislin in vlage v fazah dozorevanja kultivarja 279D112 (Žalec, 2006).....	27
Slika 20:	Spremembe vsebnosti alfa kislin in vlage v času dozorevanja kultivarja Magnum (Žalec, 2006).....	28
Slika 21:	Spremembe vsebnosti alfa kislin in vlage v času dozorevanja kultivarja Aurora (Žalec, 2006).....	29
Slika 22:	Aromatske komponente v eteričnem olju pri kultivarjih Aurora in 279D112 (Žalec, 2006).....	33

1 UVOD

1.1 POVOD ZA RAZISKAVO

Znanje in nove tehnologije pridelave so danes izrednega pomena pri uspešnem kmetovanju. Pridelati več pridelka z večjo kakovostjo in manjšimi stroški je cilj, ki ga bomo dosegli le ob stalnem izobraževanju ob hkratni prožnosti in dojemljivosti za nova spoznanja. Le kmetovanje na osnovi znanja in hitrega sledenja trgu ter uvajanja novih tehnologij pridelovanja nas bo lahko postavilo ob bok svetovnim pridelovalcem hmelja.

Novе zahteve svetovnega trga zahtevajo tudi žlahtnjenje novih kultivarjev hmelja. Za potrebe slovenskega pridelovanja nove kultivarje hmelja žlahtnijo na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu. V zadnjih letih je z žlahtnjenjem nastal nov križanec, katerega so vpisali v sortno listo 16.5.2007 kot kultivar 279D112.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Ker so pri vsakem kultivarju določene posebnosti v tehnologiji pridelave, da dobimo kar največji in čim bolj kakovosten pridelek, je potrebno za vsak nov kultivar določiti tehnologijo pridelave, še preden gre v širšo pridelavo. S tem namenom smo v letu 2006 zasnovali poskus, s katerim smo želeli določiti najbolj primerno gostoto in razporeditev rastlin pri 279D112, v kasnejših letih pa bodo preučili tudi, kolikšno je ustrezno število napeljanih poganjkov na vrvice. Namen raziskave je bil, primerjati višino rasti in nastop posameznih faz razvoja pri prvoletnem nasadu kot tudi kakovost novega kultivarja v primerjavi s kultivarjem Aurora, ki je v Sloveniji najbolj razširjen, ter s kultivarjem Magnum, ki je po lastnostih primerljiv s kultivarjem 279D112.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Predvidevamo, da gostota in razporeditev rastlin prvo leto po zasnovi nasada nimata večjega vpliva na višino rastlin, njihov razvoj in kakovost, ker rastline še niso tako bujne, da bi to pri preveliki gostoti ali napačni razporeditvi vplivalo na preučevane parametre.

Višina rastlin, nastop posameznih fenofaz in kakovost se pri novem kultivarju razlikujejo v primerjavi s kultivarjem Aurora.

Kultivar 279D112 bo tehnološko zrel kasneje kot kultivar Aurora zaradi genetske sorodnosti s kultivarjem Magnum, ki tehnološko dozori kasneje kot kultivar Aurora.

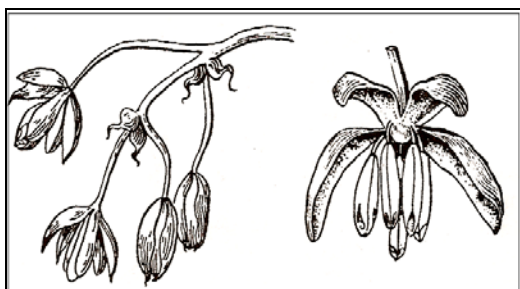
Vsebnost α -kislín bo pri kultivarju 279D112 višja kot pri kultivarju Aurora in primerljiva s kultivarjem Magnum. Kakovost, ki jo zahtevajo pivovarji, pa bo dosežena tako pri kultivarju 279D112 kot pri kultivarju Aurora.

2 PREGLED OBJAV

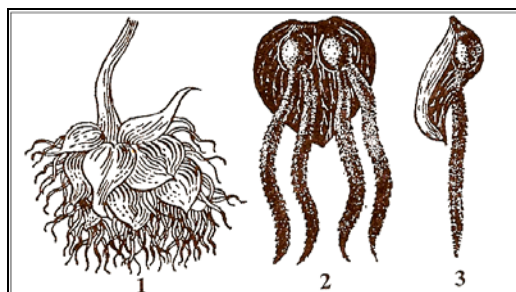
2.1 MORFOLOŠKE LASTNOSTI HMELJA

Hmelj (*Humulus lupulus* L.) je uvrščen v družino konopljevok (Cannabaceae). Od številnih opisanih vrst rodu *Humulus* sta danes splošno poznani le dve: večletni *Humulus lupulus* L. in enoletni *Humulus japonicus* Sieb. and Zucc. (Hacin, 1989). Obe vrsti sta danes citogenetsko stabilni, vsaka s svojim osnovnim številom kromosomov. Vrsta *Humulus lupulus* L. ima diploidno število kromosomov, $2n = 20$, *Humulus japonicus* ima pri ženskih rastlinah $2n = 16$, pri moških pa $2n = 17$. Med obema vrstama obstaja genska izolacija in ne prihaja do križanj (Šuštar-Vozlič, 1998).

Divji hmelj raste na istem mestu dvajset do trideset in več let, gojeni pa od petnajst do petindvajset let. Divji in gojeni hmelj sta si morfološko podobna, prav tako ni velikih razlik v morfologiji vegetativnih organov pri moški in ženski rastlini. Hmelj je dvodomna rastlina. Moška in ženska rastlina se razlikujeta po zgradbi generativnih organov (slika 1), v vegetativnih stadijih razvoja pa je determinacija spola možna s citološko analizo (Šuštar-Vozlič, 1998).



Slika 1: Moško socvetje in zgradba moškega cveta (Kišgeci in sod., 1984)

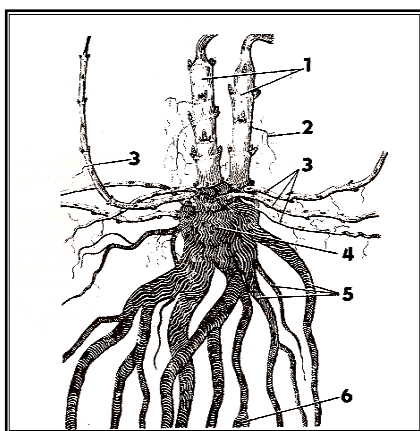


Slika 2: Žensko socvetje: 1 – zunanji videz socvetja, 2 in 3 – par ženskih cvetov na prilistu (Kišgeci in sod., 1984)

Žensko socvetje (slika 2) je sestavljeno iz osrednje osi in kratkih nodijev. Na vsakem nodiju je par krovnih lističev (brakteje). Vsak krovni listič podpira par prilistov (brakteole). Na dnu vsakega prilista je zelo poenostavljen cvet, ki je sestavljen iz plodnice in dveh brazd, na katere se ujame cvetni prah. Skupinica dveh krovnih listov, štirih prilistov in štirih cvetov se imenuje klasek. Krovni lističi in prilisti se povečajo, se opekasto prekrijejo in oblikujejo značilno obliko hmeljevega storžka (Wagner, 1968).

Pridelek pri hmelju je storžek, ki je dozorelo žensko socvetje. Storžki so običajno veliki od 20 do 30 milimetrov. V hmeljiščih pridelujemo le ženske rastline, moške rastline zatiramo, saj je oprашitev nezaželena, ker oplojeni ženski cvetovi znižujejo kakovost pridelka. Zgodi se lahko, da storžki vsebujejo tudi razvita semena (Rode in sod., 2002).

Rastlino hmelja sestavljajo podzemni vegetativni deli (slika 3), nadzemni vegetativni deli in generativni organi. Nadzemni del rastline na koncu vsake rastne sezone propadejo, prezimijo le podzemni deli rastline (Šuštar-Vozlič, 1998).



Legenda:

1. podzemno steblo
2. adventivne korenine
3. rizomi (roparji - »laufarji«)
4. korenika (glava hmelja)
5. trajni koreninski sistem
6. koreninske odebelitve

Slika 3: Podzemni organi hmelja (Kišgeci in sod., 1984)

Novi nadzemni deli se razvijejo iz brstičev na razvejanem stebelnem tkivu, ki leži tik pod površino. Na njem je veliko spečih brstičev (očesc). Spomladi 15–50 očesc začne hitro odganjati. Ker potrebujemo za pridelovanje le dve do štiri trte, ostale poganjke v tem stadiju porežemo (Šuštar-Vozlič, 1998).

Vegetativne nadzemne dele predstavljajo steblo, stranski poganjki in listi (slika 4). Glavno steblo ali hmeljna trta se razvije iz očesca, in je najprej belo, ko prodre na površino, ozeleni. Ko zraste v višino okoli 50 centimetrov, dobi zmožnost ovijanja. Ob opori se trta zavija v smeri urinega kazalca in se nanjo opira s kljukastimi dlačicami (Rode in sod., 2002).

Steblo je šesterorobo v prerezu in je razdeljeno na kolenca ali nodije. Barva je zelena do rdečkasta in je odvisna od kultivarja in rastnih razmer. V obdobju najhitrejše rasti rastlina hmelja prirašča tudi 25 centimetrov na dan. Steblo je na začetku zelnato in kasneje oleseni. Ima premer od 7 do 14 milimetrov. Rastlina hmelja zraste 7–9 metrov visoko. Ko pride do vrha opore, se začne razraščati še v širino (Rode in sod., 2002).

Stranski poganjki, zalistniki ali panoge se razvijejo iz rastnih vršičkov v zalistjih na vsakem nodiju stebela. Po zgradbi so podobni stebelu in so razvejani. Na njih se razvijejo dodatni stranski poganjki. Na stranskih poganjkih spodnjega dela stebela se cvetovi ne razvijejo popolnoma (Wagner, 1968).



Slika 4: Vejica hmelja (Foto: Marovt, 2007)

Listi so na stebelu in stranskih poganjkih razporejeni parno na vsakem kolencu in ležijo nasprotno. Ko rastlina doseže določeno starost, se listi razvijejo premenjalno. Listi so na isti rastlini različno oblikovani (heterofilija). Mladi listi so le redko deljeni, starejši listi so običajno trikrpati ali petkrpati (sliki 4 in 5). Rob je vedno nazobčan, listne žile so lepo vidne in površina listov je dlakava (Wagner, 1968).



Slika 5: Oblike listov hmelja: 1 - rahlo deljeni, 2 - trikrpati, 3 – petkrpati (Majer in sod., 2002)

2.2 FENOLOGIJA RASTLINE HMELJA

Hmelj je večletna rastlina. Fenološki razvoj gojenega hmelja so strokovnjaki različno opredelili. Tako je Rybáček (1963, cit. po Zmrzlak, 1991) razdelil letni razvoj cikla hmelja na dve obdobji (mirovanje, rast in razvoj), štiri podobdobja (latentna, vegetativna, generativna, regenerativna), šest stadijev (prikrita vegetacija, prvi poganjki, oblikovanje vegetativnega dela, cvetenje, oblikovanje storžkov in odmiranje) in 15 morfoloških stadijev. Sovjetski agroekolog Nečiporčuk je vegetacijski cikel razdelil na deset fenofaz, na Češkem pa ga je Vent s sodelavci razdelil na šest fenofaz (Vent, 1963, cit. po Zmrzlak, 1991).

Sedaj je za gojen hmelj, kakor tudi za ostale kulturne rastline, najbolj razširjena razvrstitev fenoloških faz po BBCH skali (preglednica 1). Po omenjeni razvrstitvi so fenološki razvoj hmelja izdelali Rossbauer in sod. (1995) in opredelili devet osnovnih razvojnih faz hmelja, ki so naprej razdeljene še v sekundarne razvojne faze (Zmrzlak, 1997).

2.3 AGROKOLOŠKE ZAHTEVE ZA PRIDELAVO HMELJA

Možnost in uspeh pridelave je odvisen predvsem od ekoloških razmer. Na rast in razvoj rastlin vplivajo v okolju številni neživi in živi (bolezni, škodljivci, človek) dejavniki. Med nežive dejavnike, ki pomembneje vplivajo na pridelavo rastlin, prištevamo vrsto tal, toplotne razmere, količino in razporeditev padavin, osvetlitev, veter in še nekatere druge dejavnike (Rode in sod., 2002).

Preglednica 1: Opis fenoloških razvojnih faz hmelja po BBCH skali (Rossbauer, 1995)

Koda	Opis
0	Odganjanje - vznik
00	Dormanca: Korenika brez poganjkov (neobrezana)
01	Dormanca: Korenika brez poganjkov (obrezana)
07	Brsti na koreniki začno z brstenjem
08	Odganjanje: Poganjki prodirajo iz tal (neobrezani)
09	Odganjanje: Poganjki prodirajo iz tal (obrezani)
1	Razvoj listov
11	Razvit je prvi par listov
12	Razvit je drugi par listov (možnost navijanja) <i>razvoj listov se nadaljuje do...</i>
19	Razvitih je devet ali več parov listov
2	Nastajanje stranskih poganjkov
21	Viden je prvi par stranskih poganjkov
22	Viden je drugi par stranskih poganjkov <i>razvoj stranskih poganjkov s nadaljuje do...</i>
29	Razvitih je devet ali več parov stranskih poganjkov, razvijejo se sekundarni stranski poganjki
3	Rast glavnih poganjkov
31	Poganjki dosežejo dolžino 10% višine žičnice
32	Poganjki dosežejo dolžino 20% višine žičnice <i>rast se nadaljuje do...</i>
38	Rastline dosežejo vrh žičnice
39	Rast glavnih poganjkov je zaključena
4	-
5	Pojavljanje generativnih organov
51	Cvetni nastavki so vidni
55	Cvetni nastavki se večajo
6	Cvetenje
61	Začetek cvetenja: odprtih je okrog 10% cvetov
65	Polno cvetenje: odprtih je okrog 50% cvetov
69	Konec cvetenja
7	Razvoj storžkov
71	Začetek razvoja storžkov: 10% od generativnih organov je storžkov
75	Napol razviti storžki: storžki so vidni, medli in še imajo stigme
79	Razvoj storžkov je zaključen: storžki so dosegli končno velikost
8	Dozorevanje storžkov
81	Začetek dozorevanja: kompaktnih in čvrstih je 10% storžkov
85	Nadaljevanje dozorevanja: kompaktnih in čvrstih je 50% storžkov
87	Kompaktnih in čvrstih je 70% storžkov
89	Storžki so dozoreli za obiranje, so zaprti, lupulin je zlato rumen, aroma je popolnoma razvita
9	Staranje, prehod v stanje mirovanja (dormance)
92	Prezrelost: storžki so razbarvani, rumeno-rjava, aroma je pokvarjena
97	Mirovanje: Listi in poganjki so odmrli

2.3.1 Temperatura

Temperatura zraka je pomemben ekološki dejavnik, od katerega je odvisna tudi dinamika rasti in razvoja rastlin. Potek osnovnih bioloških procesov v rastlinah je odvisen med drugim tudi od mejnih temperaturnih vrednosti (minimum, optimum in maksimum). Biološki procesi se pri hmelju začnejo spomladi z dnem, ko je povprečna dnevna temperatura zraka več dni zaporedoma (5-6 dni) višja od 4°C do 5°C. Spodnja temperatura zraka za normalo rast hmelja med rastno dobo je 10°C. Optimalna rast hmelja je pri temperaturah zraka med 15°C in 18°C (Kišgeci, 1974). Schpirhanzl (1934, cit. po Zmrzlak, 1991) je dokazal, da je 10°C spodnja meja za normalno rast. Pri temperaturi zraka pod 5°C se rast popolnoma ustavi.

Hmelj potrebuje od rezi do nastopa tehnološke zrelosti vsoto efektivnih temperatur zraka (nad 5°C) 2700-2900°C (Mohl, 1924, cit. po Zmrzlak, 1991). V ekoloških razmerah Spodnje Savinjske doline znaša v obdobju od aprila do avgusta efektivna vsota temperatur zraka 2400°C do 2500°C. V obdobju 1995–1990 je bila od datuma nastopa temperaturnega praga 5°C, do tehnološke zrelosti hmelja povprečna vsota aktivnih temperatur za kultivar Savinjski golding 2490°C, za Auroro pa 2560°C. Za temperaturni prag 5°C so določili tudi povprečno efektivno vsoto temperatur, ki je pri Savinjskem goldingu 1699°C, pri Aurori pa 1751°C (Zmrzlak, 1997).

Julijske temperature vplivajo na število cvetov, v avgustu pa na kakovost storžkov. Premočno nihanje temperature med dnevom in nočjo v stadiju cvetenja povzroča nižji pridelek (Wagner, 1975).

2.3.2 Preskrbljenost z vodo

Hmelj je glede potreb po vodi zahtevna rastlina, ki jo zato številni strokovnjaki uvrščajo med rastline humidnih območij. Ocenjujejo, da potrebuje hmelj v rastni dobi 500–600 mm padavin (Wagner, 1968). Na območju Spodnje Savinjske doline pade v rastni dobi (od aprila do septembra) povprečno 690 mm padavin. Dolgoletno povprečje kaže, da je največ padavin junija (142 mm), najmanj pa aprila (88 mm) (Interno gradivo IHPS, 2007). Seveda pa oskrba rastlin z vodo ni odvisna le od količine padavin, ampak tudi od njihove razporeditve. Hmelj ne prenaša visoke talne vode. Če je talna voda visoka, se korenine razrastejo le bočno in ne v globino. Rastline so šibke, rumenijo, štori zgodaj shirajo (Kralj, 1962).

2.3.3 Osvetlitev

Intenzivnost in dolžina osvetlitve sta prav tako pomembna dejavnika za rast in razvoj rastlin. Hmelj je med najzahtevnejšimi rastlinami glede potreb po svetlobi, kar moramo upoštevati tako pri sajenju hmelja kot kasneje pri pridelavi. Dolžina dneva vpliva na rastline na več načinov, najbolj pa je znana njihova reakcija na začetek cvetenja. Hmelj je rastlina kratkega

dne, začetek cvetenja pa je odvisen tudi od temperature zraka. Začetek nastajanja cvetov določa tudi hitrost rasti hmelja spomladi. Pri prehitri rasti poganjkov, zaradi nadpovprečno toplega vremena v maju, se začne razvoj cvetov prezgodaj, rastline so šibkega izgleda in pridelek je v takih letih slabši. Pri počasnejši rasti poganjkov je začetek nastajanja cvetov pomaknjen v daljši dan, kar omogoči rastlinam, da razvijejo močnejše trte z večjim številom socvetij, kar vpliva na pridelek pozitivno (Rode in sod., 2002).

2.3.4 Veter

Veter ima pri pridelavi rastlin pomembno vlogo, ki pa je večkrat negativna kot pozitivna. Rahel veter vpliva na zračenje hmeljišča, povečuje transpiracijo in s tem pospešuje gibanje vode in hranilnih snovi v rastlini. Pospešuje izhlapevanje vode s talne površine, zato lahko začnemo z izvajanjem spomladanskih opravil v hmeljiščih prej. Kasneje je veter pri pridelavi hmelja manj zaželen. Dvigovanje polipropilenske vrvice od tla ovira napeljavo vodil, sproščanje vpetih vrvic v tla pa lahko v vetrovnem vremenu povzroča odvijanje napeljanih poganjkov in včasih tudi poškoduje hmeljeve rastne vršičke. Hmelj oblikuje visoko rastlinsko odejo, ki predstavlja velik upor, zato lahko močnejši sunki vetra v obdobju po cvetenju žičnico tudi podrejo (slika 6). Neurja zmanjšujejo tudi kakovost pridelka. Veter prenaša cvetni prah moških rastlin in s tem se lahko oplodijo ženski cvetovi, kar ni zaželeno (Wagner, 1968).

2.3.5 Toča

Toča je dejavnik, proti katerem v hmeljarstvu zaenkrat še ni ukrepov, lahko pa močno poškoduje rastlino. Stopnja poškodbe je odvisna od razvojne faze, v kateri se rastlina nahaja, in od jakosti ter gostote toče. Najbolj ranljiv je zgornji del stebela, ki se zaradi krhkosti ob udarcu toče zlomi (slika 7). Pri tem se rast v višino ustavi, hmelj pa na tistem mestu požene praviloma dva stranska poganjka. V fazi rasti so poškodbe manjše kot v stadijih cvetenja in storžkanja (Wagner, 1968).



Slika 6: Podrta žičnica (foto: Marovt, 2007)



Slika 7: Posledice toče (foto: Marovt, 2007)

2.4 PEDOLOŠKE ZAHTEVE

Pri zasnovi nasada moramo veliko pozornost nameniti tudi izbiri tal. Tla morajo biti kakovostna z ugodnimi vodno – zračnimi razmerami. Hmelj najbolje uspeva v dovolj globokih in rodovitnih, rahlo kislih do nevtralnih tleh, ilovnato peščene ali peščeno ilovnate teksture. Globoka tla omogočajo dobro ukoreninjanje in dovolj vodnih ter hranilnih rezerv za prehrano rastlin. Globina tal naj bo vsaj 50–60 cm. Do te globine morajo biti tla dobro prepustna in brez zbitih plasti (Friškovec in sod., 2002).

Voda in zrak se v tleh izmenjujeta. Ob večjih količinah padavin je v talnih porah več vode in manj zraka, v sušnih razmerah pa je v porah predvsem zrak. Če so presežki vode dolgotrajni, prihaja do negativnih posledic, saj koreninam primanjkuje zraka, ki v skrajnem primeru tudi odmrejo, največkrat pa je oviran predvsem sprejem hranil oziroma je prizadeta rast zaradi pomanjkanja zraka. V peščenih in plitvih tleh se srečujemo z obratnimi problemi. Tla so sicer zračna, vendar je rast korenin oziroma celotne rastline ovirana zaradi pomanjkanja vode. V obeh primerih lahko z melioracijskimi ukrepi pripomoremo k izboljšanju prvotnih fizikalnih talnih lastnosti do te mere, da takšna tla postanejo primerna za pridelovanje hmelja (Knapič, 1997).

K rodovitnosti tal pa pripomorejo tudi kemične in biotične lastnosti tal. Na obe lastnosti lahko praviloma lažje vplivamo kot na fizikalne lastnosti tal. Osnovne lastnosti lahko delno spremenimo z dodajanjem hranil. Za nemoteno rast hmelja so nujno potrebne zadostne količine makro in mikrohranil v tleh, zaželeno je ustrezna vsebnost humusa in sicer v mejah 2,5–4%, odvisno od teksture tal. Organska snov v tleh izboljšuje fizikalne lastnosti tal, saj v težjih tleh odločilno vpliva na večjo poroznost tal in zaradi tega na večjo zračnost tal. Zadostna količina organske snovi v tleh vpliva tudi na dostopnost hranil, predvsem na sprejem mikrohranil (Friškovec in sod., 2002).

2.5 TEHNOLOGIJA SAJENJA

Tehnologija zasnove novega nasada je zelo širok pojem, ki zahteva veliko znanja s področja hmeljarstva, še posebej v primeru novega, nepoznanega kultivarja.

Novo hmeljišče zasnujemo jeseni ali spomladi, vendar se jesenskega sajenja izogibamo, še posebno na težkih tleh, ker lahko poslabšamo strukturo tal. Priporočljivo ni tudi pozno pomladansko sajenje, ki da slab nasad. Pozno sajene rastline se slabše ukoreninijo. Optimalni čas sajenja je pomladi, najkasneje do 15. aprila (Friškovec, 1998).

Zelo pomemben dejavnik pri zasnovi nasada je tudi gostota sajenja, ki vpliva tako na pridelek kot na stroške pridelave. Z gostoto sajenja je mišljena medvrstna razdalja in razdalja v vrsti.

Večje razdalje praviloma omogočajo večji pridelek na rastlino z večjo vsebnostjo alfa kislin, vendar pa je rastlin na hektar manj. Seveda pridelek ni edino merilo, ki ga moramo upoštevati, ko izbiramo razdalje sajenja. Pregosto sajenje nas ovira pri obdelavi tal, potrebujemo več delovne sile za napeljavo vodil in poganjkov. V gostih nasadih je hitrejše širjenje bolezni, probleme pa lahko imamo tudi z dozorevanjem hmelja, zaradi slabše osvetlitve ostanejo storžki majhni in medli (Friškovec, 1998).

Na zasnovi nasada vpliva vrsta kultivarja, tehnologija nasada, uporabljena mehanizacija. Najpogostejša medvrstna razdalja hmelja v Sloveniji je 2,4 m, razdalja v vrsti je 0,7–1,3 m. Temu primerno različen je tudi življenjski prostor rastline (preglednica 2). Višina žičnic je različna, od 6 m do 7 m.

Gostota sajenja je odvisna tudi od kultivarja. Za kultivarja Savinjski golding in Aurora se priporoča največ 4000 sadik/ha, za kultivarja Bobek in Celeia največ 3200 sadik/ha. Gostota brezvirusnih nasadov naj bi bila manjša (Friškovec, 1998).

Preglednica 2: Vpliv razdalje sajenja na življenjski prostor rastline ter število sadik na 1 ha (Friškovec, 1998)

Razdalja sajenja (cm)	Življenjski prostor rastline (m ² /rastlina)	Število rastlin na hektar
240 x 100	2,40	4166
240 x 110	2,64	3787
240 x 120	2,88	3472
240 x 130	3,12	3205
240 x 140	3,36	2976
240 x 150	3,60	2777
280 x 110	3,08	3246
280 x 120	3,36	2976
280 x 130	3,64	2747
300 x 110	3,30	3030
300 x 120	3,60	2777
300 x 130	3,90	2564

Pri enakomerni razporeditvi drogov na 16,8 m x 10,4 m priporočajo za slovenske kultivarje saditev na razdaljo 240 cm x 130 cm, kar znaša 3205 rastlin/ha (Wagner, 1981).

2.6 ŽLAHTNJENJE HMELJA

Metode žlahtnjenja hmelja so v posameznih hmeljarskih državah različne, odvisne so tudi od zastavljenega cilja. Na Češkem večinoma dajejo prednost klonski selekciji, ker so želeli obdržati žateški tip hmelja. V večini držav, tudi v Sloveniji, pa je najpogostejša metoda za vzgojo novih kultivarjev predvsem križanje.

Križanje izvajamo na ustreznih rastlinah v hmeljiščih. Ženska in moška socvetja nekaj dni pred oprraševanjem izoliramo z zrak prepustnim papirjem oziroma pergamin papirjem. Naberemo pelod, s katerim nameravamo izvesti križanje. Ob primernem času odpremo žensko izolacijsko vrečko in izvedemo opráševanje. Opráševanje ponovimo dvakrat v razmiku enega tedna, da bi bila oprášitev čim popolnejša. Dva do tri tedne po zadnjem opráševanju izolacijske vreče odstranimo. Po 45 do 50 dneh storžke oberemo, posušimo, izluščimo seme in ga shranimo. Seme po čiščenju jaroviziramo in ga pred kalitvijo razkužimo. Kalivost semen izboljšamo s predhodnim namakanjem v raztopini z dodatkom hormona giberelinske kisline (GA3). Ko sejančki razvijejo drugi par listov, jih umetno okužimo s sporami peronospor. S tem izločimo občutljive genotipe, ki propadejo. Preživele sejančke posadimo v nasad in naslednje leto začnemo z individualno selekcijo. V potomstvu opravimo predizbiro, ki traja tri leta. V rastni dobi opazujemo rast in razvoj rastlin, nastop posameznih razvojnih faz, odpornost proti boleznim in škodljivcem. V tehnološki zrelosti pa ugotavljamo pridelek, količino lupolina in aramo, ocenimo izgled in zraščeno storžka. Za nadaljnjo selekcijo izberemo rastline, ki so bile vsa tri leta ali vsaj zadnji dve leti predizbire najboljše. Selekcijo v primerjalnem poskusu izvajamo v primerjavi z drugimi izbranimi kultivarji in traja tri leta. V rastni dobi opazujemo rast in razvoj rastlin, odpornost proti boleznim in škodljivcem ter določamo in analiziramo pridelek. Poleg trgovske ocene naredimo tudi mehanično in kemično analizo (analiza hmeljnih smol po Wöllmerju, analiza eteričnih olj). Superiorne klone nato vegetativno razmnožimo za poskus na površini 0,5 ha ter jih hkrati prijavimo na Sortni urad za preizkušanje. Uradno preizkušanje nato traja najmanj tri leta na treh različnih lokacijah v Sloveniji. Na osnovi obdelanih triletnih rezultatov se genotipi, ki zadostujejo predpisanim pogojem, priznajo kot nov kultivar, primeren za pridelovanje v Sloveniji (Šuštar-Vozlič in sod., 2002).

2.7 OPIS KULTIVARJEV

2.7.1 Kultivar Aurora

Aurora je križanec med Northern Brewerjem in moško rastlino TG neznanega porekla (Kralj in Wagner, 1977). Je srednje zgoden kultivar. Vegetacijska doba traja okrog 138 dni. Rastlina ima cilindrično obliko, okrog 60 cm dolge zalistnike, ki odganjajo tudi na spodnjem delu trte. Trta je srednje debela, rahlo vijoličasta in ima 27 internodijev, povprečne dolžine 26,4 cm.

Socvetje je enakomerno porazdeljeno po vsej rastlini in se ne združuje v šope. Storžki dobro prenašajo strojno obiranje in imajo obstojno, intenzivno zeleno barvo. Storžki so povprečno dolgi 25 mm, 100 suhih storžkov tehta 15 g (Šuštar-Vozlič in sod., 2002).

Aurora ima žlahtno in intenzivno hmeljsko aromo. Eteričnih olj je 1,1–1,8 ml/100g, alfa kislin je nad 9%, kohumulona je 24%. Razmerje med alfa humulenom in beta kariofilenom je 3, med alfa kislinami in beta frakcijo okrog 1,2, med alfa in beta kislinami okrog 2, med količino eteričnega olja in alfa kislinami pa okrog 0,2 (Šuštar-Vozlič in sod., 2002). Aurora ima odlično skladiščno obstojnost. Pivo, varjeno iz Aurore, je finega okusa (Kralj in Wagner, 1977).

2.7.2 Kultivar Magnum

Magnum je tuj kultivar hmelja v slovenski sortni listi. Je križanec med ameriškim kultivarjem Galena in moškim križancem 75/5/3. V Sortno listo Slovenije je bil vpisan v letu 1998. Spada med srednje pozne kultivarje in je uvrščen med grenčične kultivarje. Rastlina ima valjasto obliko. Zalisticniki so dolgi, viseči. Trta je groba, zelene barve. Razporeditev socvetja na rastlini je enakomerna, socvetje je srednje veliko. Storžek je velik, valjaste oblike, temno zelene barve. Storžki so dolgi 35 mm, 100 suhih storžkov tehta 37 g (Šuštar-Vozlič in sod., 2002).

Aroma je srednja in je po nemški lestvici (1-30 točk) ocenjena z 20. Eteričnih olj je 1,80 ml/100g vzorca. Vsebnost alfa kislin je 14,0%, kohumulona je 24–25%, razmerje med alfa kislinami in beta kariofilenom je 1,3, razmerje med alfa kislinami in beta kislinami 2,8, razmerje med eteričnim oljem in alfa kislinami 0,15. Magnum ima zelo dobro skladiščno obstojnost. Z Magnumom hmeljeno pivo ima visoko grenčično vrednost in dobro kakovost grenčice (Ferant in Šuštar-Vozlič, 1998).

2.7.3 Kultivar 279D112

Z žlahtnjenjem križanca 279/112 so začeli na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v letu 1997. Cilj žlahtniteljskega programa je bil nov domač kultivar z visoko vsebnostjo alfa kislin in hkrati tudi dobro aromo, s čimer naj bi slovenski hmeljarji zadovoljili nove zahteve svetovnega trga po hmelju z visoko stopnjo alfa kislin. Križanec je bil pridobljen s križanjem nemškega kultivarja Magnum s slovenskim moškim divjim hmeljem 2/1. V letu 2006 so žlahtnjenje in uradne preizkuse novega kultivarja zaključili in začeli postopek vpisa v sortno listo. V sortno listo je bil vpisan 16.5.2007 pod imenom 279D112 (Čerenak, 2007).

2.8 TEHNOLOŠKA ZRELOST IN KAKOVOST HMELJA

Določitev tehnološke zrelosti je zelo pomembna za doseganje največje trgovske kakovosti storžkov hmelja. Storžki pridobivajo v fazah razvoja na masi in dolžini, v njih se zmanjšuje vsebnost vode, povečuje pa količina greničnih smol in hmeljnega olja, stopnjuje se aroma. Količina alfa kislin in eteričnega olja se povečujeta do maksimuma, ki ga dosežeta v tehnološki zrelosti, s staranjem storžka pa počasi upadata, s čimer storžek izgublja trgovsko vrednost. Značilne spremembe v teži in dolžini storžkov ter vsebnosti vode in alfa kislin v storžkih (parametri tehnološke zrelosti) v fazah dozorevanja hmelja lahko služijo za kratkoročno napoved zrelosti posameznih kultivarjev (Majer in sod., 2002).

V obdobju formiranja storžkov vsebujejo le-ti 83–86% vode. Ko se storžki dokončno oblikujejo, začne vsebnost vode v njih hitro upadati (približno za 1% na tri dni). Upadanje vlažnosti se znatno upočasni z nastopom tehnološke zrelosti (0,8% na tri dni) in se nato nadaljuje v fazah prezrelosti. Pri večini kultivarjev nastopi tehnološka zrelost, ko vlažnost storžkov pade na 80% (Majer in sod., 2002).

V obdobju dozorevanja se močno povečujeta tudi masa in dolžina storžkov. V obdobju tehnološke zrelosti dosežejo storžki za kultivar določeno težo in dolžino. Oba parametra ostajata v obdobju tehnološke zrelosti bolj ali manj konstantna, počasi pa začneta upadati v obdobju dozorevanja. Znano je, da ima najdaljše in najtežje storžke kultivar Magnum, najmanjši in najlažji pa so storžki kultivarja Bobek (Majer in sod., 2002).

Storžki hmelja vsebujejo snovi, ki dajejo pivu okus, vonj in obstojnost. Najvažnejše sestavine storžka hmelja (preglednica 3) so hmeljne smole, eterično olje in polifenolne sestavine, ki dajejo hmelju specifično uporabnost, predvsem za proizvodnjo piva (Majer in sod., 2002).

Preglednica 3: Povprečna sestava zračno suhega hmelja (Verzele, 1985, cit. po Hrastar, 2006)

Snov	Vsebnost (%)	Relativna pomembnost za pivovarstvo*
Alfa-kisline	2 – 12	3
Beta-kisline	1 – 10	2
Eterično olje	0,5 – 1,5	2
Polifenoli	2 – 5	2
Olja in maščobne kisline	0 – 2,5	2
Parafini in steroidi	/	1
Celuloza	40 – 50	
Voda	8 - 12	
Pepel	10	

*3- zelo pomembno, 2- pomembno, 1- manj pomembno

Hmeljne smole so nosilci grenkega okusa piva. Delimo jih na mehke smole in trde smole. Najpomembnejše sestavine mehkih smol so alfa- in beta-kisline, medtem ko trde smole poleg ksantohumola v glavnem sestavljajo oksidacijski produkti alfa- in beta-kislin (Palamand in Aldenhoff, 1973). Alfa kisline so sestavljene iz petih sorodnih spojin, med katerimi je največ humolona, kohumulona in adhumolona. Vsebnost alfa-kislin je primaren podatek o kakovosti hmelja, ker so alfa-kisline najpomembnejše sestavine hmeljnih smol, saj so izvor grenkega okusa v pivu (Knorr in Kremkow, 1972, cit. po Zupanec, 1992). Delež kohumulona v alfa-kislinah ima izrazit vpliv na kakovost grenkega okusa piva. Večji je delež kohumulona, bolj groba, bolj neakovostna je grenkoba piva (Rigby, 1972, cit. po Zupanec, 1992).

Beta kisline so zmes sorodnih spojin, od katerih so najpogosteje zastopani lupulon, kolupulon in adlupulon. V vodi so slabo topne, v sladici in pivu pa še slabše, zato je njihova količina v končnem produktu majhna (Zupanec, 1992). Beta-kisline so bolj občutljive za oksidacijo kot alfa-kisline in se pri skladiščenju pri sobni temperaturi oksidirajo, pri čimer nastanejo grenki oksidacijski produkti (De Keukeleire, 1982, cit. po Zupanec, 1992).

Hmelj vsebuje tudi približno 1% eteričnega olja. Hmeljevo eterično olje ima pestro sestavo, v njem je bilo identificiranih več sto različnih sestavin (Maier, 1982). Najpomembnejše so mircen, humulen in kariofilen, ki skupaj tvorijo do 90% eteričnega olja. Ker je eterično olje hlapno, se njegova vsebnost med sušenjem in skladiščenjem zmanjšuje. Pri daljšem nepravilnem skladiščenju pa pride tudi do oksidacije sestavin olja, kar povzroči neprijeten vonj (Virant, 2002).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

Poljski poskus smo izvedli s kultivarjema 279D112 (slika 8) in Aurora. Pri 279D112 smo uporabili sadike s certifikatom A. To so sadike, ki jih vzgojimo iz zelenih potaknjencev matičnih rastlin. Te sadike so osnovni pogoj, da je posajen nasad matičen in lahko v njem režemo sadike s certifikatom B. Sadike so bile po vzgojitvi nekaj časa v zasenčenem rastlinjaku, z namenom prilagoditve na vremenske razmere. Ob sajenju so imele od 10 cm do 15 cm dolge zelene poganjke.



Slika 8: Rastlinica hmelja kultivarja 279D112 ob sajenju (foto: Marovt, 2006)



Slika 9 : Kultivar 279D112 v tehnološki zrelosti (foto: Marovt, 2006)

Kultivar Aurora je bil posajen s sadikami certifikata B. Te sadike predstavljajo del enoletnega lesa podzemnega dela trte, ki ga vsako pomlad odrežemo, ne glede, če pridobivamo sadike ali ne. Ta del stebela ima očesa in koreninice. Uporabljene so bile sadike z dvema vencema brstov (slika 10).



Slika 10: Sadika kultivarja Aurora, certificata B (foto: Marovt, 2006)



Slika 11: Rastlinica hmelja, kultivarja Aurora ob vzniku (foto: Marovt, 2006)

3.2 METODE DELA

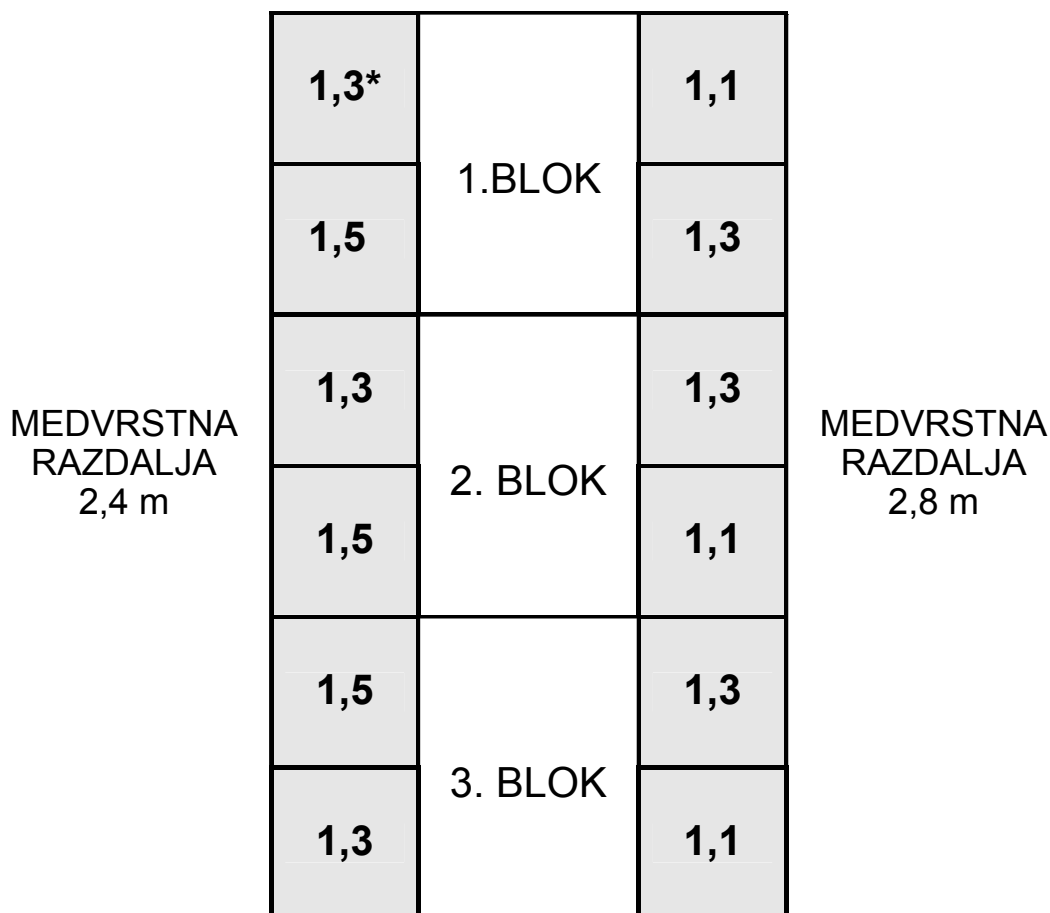
3.2.1 Zasnova poskusa

Poskus smo zasnovali 25. in 26. aprila 2006 na poskusnem hmeljišču Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu. Vključil sem se v poskus, izveden na IHPS, pod vodstvom somentorice doc. dr. Barbare Čeh Brežnik, ki se bo nadaljeval še v naslednjih letih, ko bodo preučevali še vpliv napeljave različnega števila poganjkov na vrstico na pridelek in njegovo kakovost.

Poskus je v obeh hmeljiščih zasnovan kot bločni poskus v teh ponovitvah (slika 12). V enem hmeljišču je medvrstna razdalja 2,4 m, v drugem 2,8 m. Velikost osnovne parcele je okrog 200 m²; 7 vrst hmelja v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,8 m in 8 vrst hmelja v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,4 m, dolžina parcel 10 m. V žičnici z medvrstno razdaljo 2,4 m sta razdalji sajenja v vrsti 1,3 m in 1,5 m, v žičnici z medvrstno razdaljo 2,8 m pa 1,1 m in 1,3 m. Tako smo v vsakem hmeljišču preučevali po dve obravnavanji:

- gostota rastlin na hektar 3200,
- gostota rastlin na hektar 2800.

Pri vsakem obravnavanju smo po parcelah (ponovitvah) merili višino desetih naključno izbranih rastlin enkrat na teden od faze rezi (slika 11) do tehnološke zrelosti (slika 9) in pri posameznem obravnavanju izračunali povprečno višino rastlin po določenem časovnem intervalu. Robne vrste hmelja so bile pri meritvah izključene. Tedensko smo beležili tudi nastop razvojnih faz po obravnavanjih. V času tehnološke zrelosti smo izmerili kakovost storžkov hmelja (vsebnost vlage in vsebnost alfa kislin).



*1,3 – razdalja v vrsti je 1,3 m; 1,5 – razdalja v vrsti je 1,5 m; 1,1 – razdalja v vrsti je 1,1 m

Slika 12: Skica poskusa, ki prikazuje statistično zasnovano poskusa

Kot kontrolo in za primerjavo z novim kultivarjem hmelja (279D112) smo spremljali rast in razvoj ter kakovost tudi pri prvoletnem nasadu kultivarja Aurora, ki je v Sloveniji najbolj razširjen. Te meritve so potekale v hmeljišču kmetije Ocvirk na Vranskem. Nasad je bil nasajen po klasičnem sistemu v Sloveniji, z medvrstno razdaljo 2,4 m in razdaljo v vrsti 1,3 m (gostota 3200 rastlin/ha).

Rezultate kakovosti pridelka pri 279D112 smo v istem letu zaradi podobne kakovosti primerjali tudi s kakovostjo pri kultivarju Magnum.

3.2.2 Tla

Poskus je bil zasnovan v hmeljišču, v katerem prevladujejo evtrična, rjava, srednje globoka tla na peščeno prodnati osnovi. Talni profil je sestavljen iz horizontov Ap (0 – 15 cm), A₂ (15 – 30 cm), B₁ (30 – 50 cm), B₂C (50 – 70 cm) in C (od 70 cm naprej) (Interno gradivo IHPS, 2007).

Rezultati kemične analize tal po AL metodi (preglednica 4), ki so bili opravljeni v laboratoriju Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu, so pokazali, da je reakcija tal v obeh hmeljiščih nevtralna, saj je bila vrednost pH na globini tal 0–25 cm 6,8 oziroma 6,9. Založenost s kalijem je bila v obeh hmeljiščih v razredu C, založenost s fosforjem pa je bila v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,4 m v razredu D (34,0 mg P₂O₅/100 g tal), v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,8 m pa v razredu E (44,0 mg P₂O₅/100 g tal).

Preglednica 4: Rezultati kemične analize tal (7.4.2006)

Glob. (cm)	Oznaka vzorca	pH v KCl	pH v Ca-acetatu	P ₂ O ₅ * mg/100 g tal	K ₂ O* mg/100 g tal	Org. snov (%)
0-25	Hmeljišče – 2,4 m	6,8	-	34,0 D	24,2 C	2,9
0-25	Hmeljišče – 2,8 m	6,9	-	44,0 E	29,8 C	3,2

*črke ob številčnih vrednostih označujejo stopnjo založenosti tal s hranili:

D : Pretirano preskrbljena tla

E : Ekstremno preskrbljena tla

C : Dobro preskrbljena tla

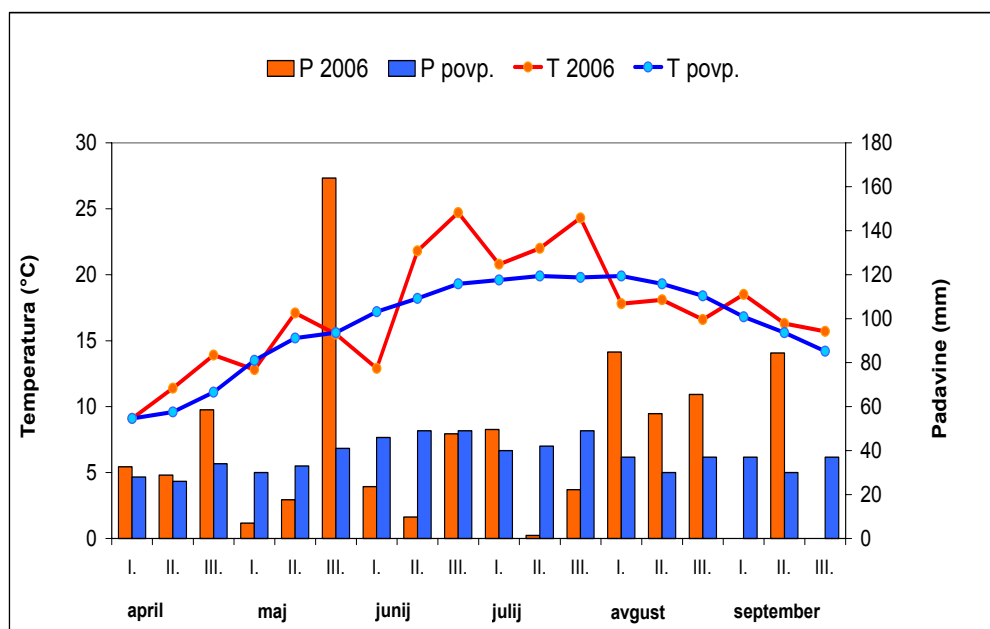
3.2.3 Vremenske razmere

V obdobju rasti hmelja od aprila do avgusta je bilo vreme v letu 2006 precej različno od 40-letnega povprečja (1952 – 1992). Rastno sezono so zaznamovale tako relativno nizke temperature v posameznih obdobjih kot zelo visoke temperature v juliju (preglednica 5). Neugodno so vplivali tudi temperaturni skoki.

Pomlad v letu 2006 je bila relativno mrzla in mokra, kar je vplivalo na slabo rast hmelja. V začetku junija je bila obilna količina padavin. Po otoplitvi, ki je sledila, so rastline hmelja nekaj časa zelo intenzivno rasle, vendar pa so nadpovprečno visoke temperature v drugi polovici junija in v juliju ter pomanjkanje padavin v tem obdobju (slika 13) rast ponovno upočasnili, hmelj pa je hitreje prehajal skozi fenofaze, hkrati pa je bila zavrta tudi fotosinteza. Po vročem in suhem juliju je sledil relativno hladen in deževen začetek avgusta (Čeh Brežnik in Friškovec, 2006).

Preglednica 5: Povprečne dekadne temperature in padavine v letu 2006 v primerjavi s 40- letnim povprečjem (1952- 1992), (Interno gradivo IHPS, 2007)

		Temperatura (°C)				Padavine (mm)			
	Dekada	2006	40 letno povprečje	Odklon	% odklona	2006	40 letno povprečje	odklon	% odklona
APR	I.	9,1	9,1	0	0	33	28	5	18
	II.	11,4	9,6	1,8	19	29	26	3	12
	III.	13,9	11,1	2,8	25	59	34	25	74
MAJ	I.	12,8	13,5	-0,7	-5	7	30	-23	-77
	II.	17,1	15,2	1,9	13	18	33	-15	-45
	III.	15,5	15,6	-0,1	-1	164	41	123	300
JUN	I.	12,9	17,2	-4,3	-25	24	46	-22	-48
	II.	21,8	18,2	3,6	20	10	49	-39	-80
	III.	24,7	19,3	5,5	28	48	49	-1	-2
JUL	I.	20,8	19,6	1,2	6	50	40	10	25
	II.	22	19,9	2,1	11	1	42	-41	-98
	III.	24,3	19,8	4,5	23	22	49	-27	-55
AVG.	I.	17,8	19,9	-2,1	-11	85	37	48	130
	II.	18,1	19,3	-1,2	-6	57	30	27	90
	III.	16,6	18,4	-1,9	-10	66	37	29	78
SEPT.	I.	18,5	16,8	1,7	10	0	37	-37	
	II.	16,3	15,6	0,7	4	84	30	54	180



Slika 13: Vremenske razmere v rastni sezoni hmelja, letnika 2006, v primerjavi s 40- letnim povprečjem (1952-1992) (Interno gradivo IHPS, 2007)

3.2.4 Opazovanje in beleženje razvojnih faz

V obeh hmeljiščih smo na vsaki osnovni parceli naključno izbrali po 10 rastlin, pri katerih smo med rastno sezono merili višino in beležili nastop razvojnih faz po BBCH skali. Rastlin je bilo skupaj 120. Meritve smo izvajali z merilnim trakom, kasneje pa z merilno palico (sliki 14 in 15). Višino rastlin smo merili od točke, kjer je bila rastlina zasuta.



Slika 14: Merjenje višine rastlin v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,4 m (19. maj 2006)
(foto: Marovt, 2006)



Slika 15: Merjenje višine rastlin v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,8 m (30. junij 2006)
(foto: Marovt, 2006)

Za primerjavo s prvoletnim nasadom smo merili tudi višino rastlin v večletnem nasadu (slika 18).

3.2.5 Meritve kakovosti pridelka in tehnološke zrelosti

Meritve kakovosti in določanje tehnološke zrelosti je potekalo v laboratoriju Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu. Zaradi natančne določitve nastopa tehnološke zrelosti smo z merjenjem količine alfa kislin v vzorcih storžkov začeli že 31. julija. Kakovost pridelka smo določali pri kultivarjih 279D112, Aurora in Magnum.

Vsebnost vlage v storžkih smo določali z gravimetrično metodo (Interno gradivo IHPS, 2007). Vsebnost α -kislin v pridelku smo določali s konduktometrično metodo (titracija α -kislin v ekstrakcijski raztopini) (Interno gradivo IHPS, 2007). Za določevanje vsebnosti eteričnega olja v hmelju smo uporabljali postopek destilacije z vodno paro. Eterično olje je hlapna komponenta, zato se oddestilira skupaj z vodo skozi hladilni del destilacijskega nastavka, kjer se hlapi utekočinijo. Voda in eterično olje se nato na podlagi različnih specifičnih tež ločita (Interno gradivo IHPS, 2007). Nadaljnja analiza eteričnega olja pa je potekala z metodo plinske kromatografije (Interno gradivo IHPS, 2007).

Raziskovalna skupina na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije je v letu 2006 merila tudi količino pridelka pri 279D112 v primerjavi z Magnumom in Auroro. Meritve so potekale na lokacijah Žalec in Šmartno pri Slovenj Gradcu. Vrednotenje pridelka je na obeh lokacijah potekalo po enaki metodi ter z isto merilno napravo (tehtnica Libela Pikolos – special, merilno območje 2,5 - 100 kg z ločljivostjo 50 g).

4 REZULTATI

4.1 VIŠINA RASTLIN IN NASTOP POSAMEZNIH FENOFAZ

V preglednicah 6 in 7 so navedene višine in prirasti pri kultivarjih 279D112 (obe obravnavanji) in Aurora, merjenih v sedemdnevni presledkih v letu 2006.

Preglednica 6: Povprečna višina rastlin pri kultivarju 279D112 po obravnavanjih, primerjava s kultivarjem Aurora

	HMELJIŠČE 2,4 m		HMELJIŠČE 2,8 m		AURORA 3200 rastlin/ha
	3200 rastlin/ha Razd. v vrsti 1,3 m	2800 rastlin/ha Razd. v vrsti 1,5 m	3200 rastlin/ha Razd. v vrsti 1,1 m	2800 rastlin/ha Razd. v vrsti 1,3 m	
12. maj	38 a [#]	36 a	41 a	41 a	28
19. maj	44 a	43 a	48 a	48 a	54
26. maj	56 a	55 b	63 a	65 a	80
2. jun	74 a	77 a	88 a	91 a	113
9. jun *	90 a	95 a	102 a	105 a	141
16. jun *	122 a	129 a	140 a	147 a	203
23. jun	170 a	187 a	201 a	216 a	292
30. jun	247 a	280 a	274 a	285 a	362
7. jul	307 a	343 a	357 a	364 a	436
14. jul	322 a	358 a	423 a	436 a	486
21. jul	372 a	401 a	467 a	470 a	515

[#] enaka črka v vrsti znotraj istega hmeljišča označuje, da med obravnavanjema ni statistično značilne razlike (Duncanov test, $p \leq 0,05$)

* 9. junija je bilo hmeljišče s kultivarjem Aurora obsuto s 15 cm zemlje

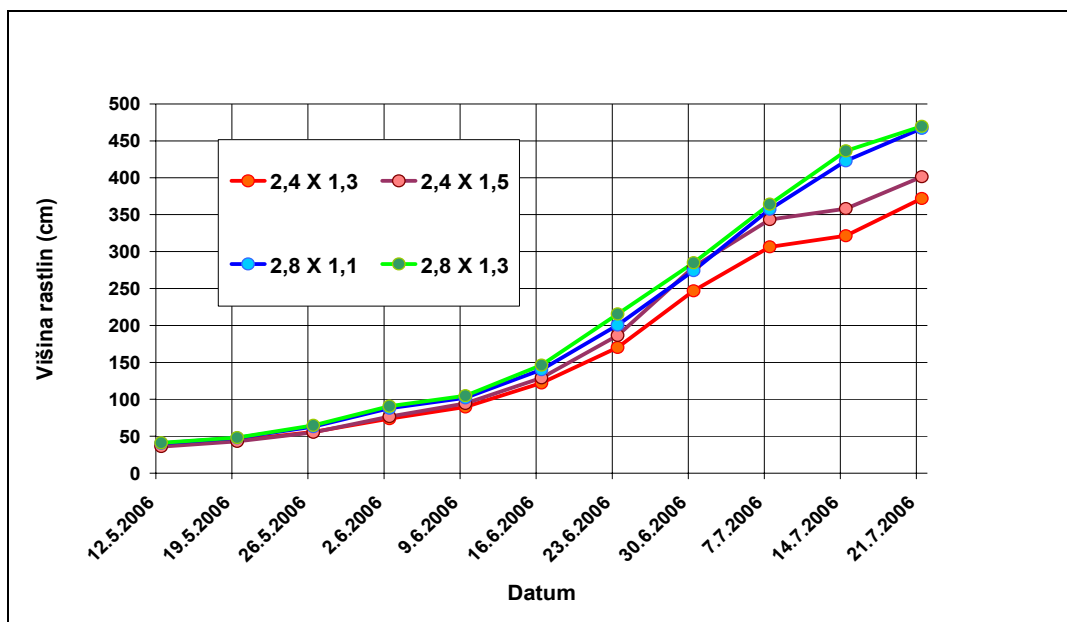
* 16. junija sta bili hmeljišči na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije obsuti s 15 cm zemlje

Kultivar 279D112 je v maju priraščal v povprečju 1 cm/dan. Z dvigom temperature sredi junija so bili dnevni prirasti 4,6–5,9 cm/dan (preglednica 7). V času od 16. junija do 7. julija je hmelj najbolj intenzivno priraščal (v povprečju 5–11 cm/dan). Proti koncu julija se je rast hmelja počasi zaključila in je priraščal le še 5–6 cm/dan. V prirastu hmelja nismo zaznali večjih razlik med obema hmeljiščema. Razlika, ki se je pojavila 14. julija, je posledica poškodb po toči na hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,4 m; le-ta je znižala višino rastlin (odbiti vršički hmelja) in tudi vplivala na nadaljnje počasnejše priraščanje hmelja (slika 16).

Spremljali smo tudi rast hmelja v večletnem nasadu kultivarja 279D112 in jo primerjali z rastjo kultivarja Aurora in Magnum v večletnih nasadih. Večjih razlik v intenzivnosti rasti med omenjenimi kultivarji nismo zaznali (slika 18).

Preglednica 7: Prirast kultivarja 279D112 v cm/dan

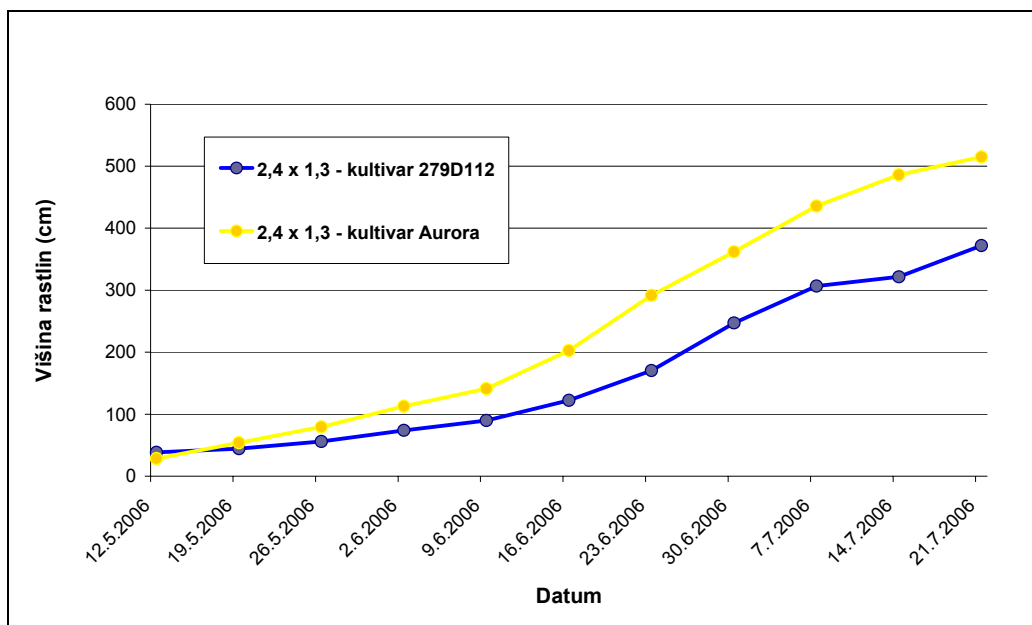
	HMELJIŠČE 2,4 m		HMELJIŠČE 2,8 m		AURORA 3200 rastlin/ha
	3200 rastlin/ha	2800 rastlin/ha	3200 rastlin/ha	2800 rastlin/ha	
	Razd. v vrsti 1,3 m	Razd. v vrsti 1,5 m	Razd. v vrsti 1,1 m	Razd. v vrsti 1,3 m	
12. maj	/	/	/	/	/
19. maj	0,9	1,0	1,0	1,0	3,7
26. maj	1,7	1,8	2,2	2,4	3,7
2. jun	2,6	3,0	3,6	3,7	4,8
9. jun	2,3	2,6	2,0	2,0	4,0
16. jun	4,6	4,9	5,5	5,9	8,8
23. jun	6,9	8,2	8,6	9,9	12,7
30. jun	10,9	13,3	10,5	9,9	10,0
7. jul	8,5	9,1	11,9	11,3	10,5
14. jul	2,1	2,1	9,4	10,3	7,2
21. jul	7,2	6,1	6,3	4,8	4,1



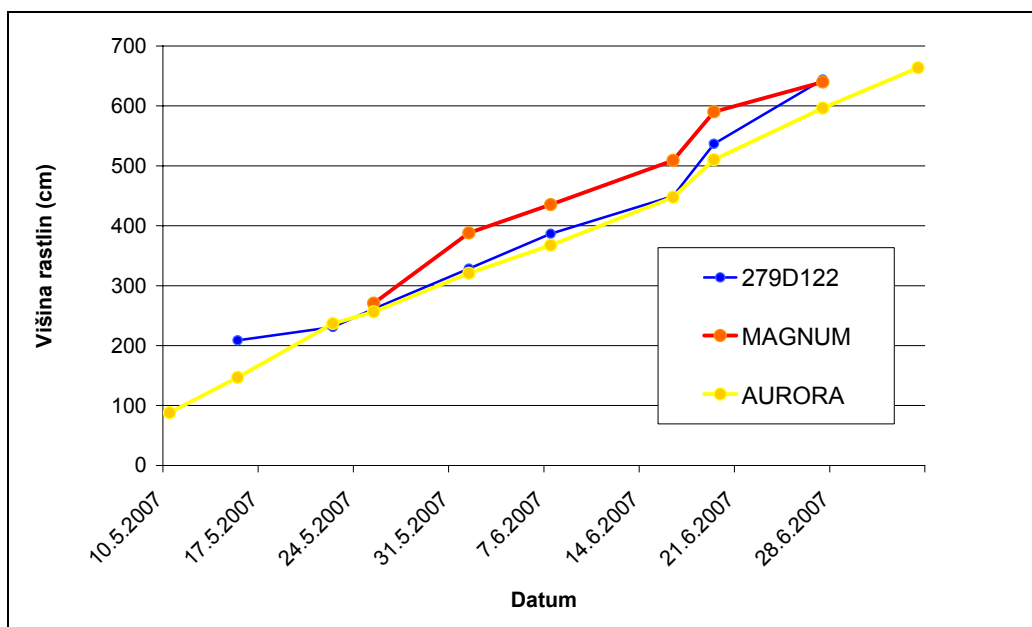
Slika 16: Dinamika rasti hmelja v letu 2006 pri kultivarju 279D112

Prirast kultivarja Aurora se je značilno razlikoval od priraščanja kultivarja 279D112. Prirast je bil pri kultivarju Aurora v povprečju ves čas višji, kar je bilo najbrž posledica drugačne kakovosti uporabljenih sadik (sadike s certifikatom B), ki so bile močnejše od sadik 279D112 (sadike s certifikatom A).

Na sliki 17 je prikazana rast kultivarja Aurora v primerjavi z 279D112, v primeru medvrstne razdalje 2,4 m in razdalje med sadikami v vrsti 1,3 m.



Slika 17: Primerjava rasti hmelja kultivarja 279D112 in Aurore v letu 2006 (razporeditev rastlin 2,4 m x 1,3 m)



Slika 18: Višina hmelja kultivarjev 279D112, Magnum in Aurora v večletnem nasadu tekom rastne dobe v letu 2006

Preglednica 8: Opazovanje fenofaz hmelja kultivarjev 279D112 in Aurore v letu 2006

	279D112	AURORA
Poganjki dosežejo dolžino 10% višine žičnice *	26. maj	19. maj
Poganjki dosežejo dolžino 20% višine žičnice	14. junij	4. junij
Rastline dosežejo vrh žičnice	#	#
Cvetni nastavki so vidni	30. junij	23. junij
Cvetni nastavki se večajo	7. julij	30. junij
Začetek cvetenja, odprtih je 10% cvetov	21. julij	14. julij
Polno cvetenje, odprtih je 50% cvetov	30. julij	21. julij
Konec cvetenja	7. avgust	28. julij
Začetek razvoja storžkov, 10% storžkov	11. avgust	3. avgust
Napol razviti storžki, storžki so vidni, medli	13. avgust	10. avgust
Razvoj storžkov je zaključen, storžki so dosegli končno velikost	16. avgust	15. avgust
Začetek dozorevanja, kompaktnih je 10% storžkov	17. avgust	17. avgust
Nadaljevanje dozorevanja, kompaktnih je 50% storžkov	19. avgust	19. avgust
Kompaktnih je 70% storžkov	21. avgust	22. avgust
Storžki so dozoreli za obiranje	24. avgust	25. avgust

* višina žičnice = 7m

rastline ne dosežejo vrha žičnice

Nastop razvojnih faz se je med kultivarjema Aurora in 279D112 precej razlikoval. Aurora je skozi celotno rastno dobo hitreje priraščala kot 279D112. Nastop posamezne fenofaze se je pri Aurori pojavil približno 7 dni prej kot pri 279D112. Vendar se je ta časovna razlika proti koncu rastne dobe čedalje bolj zmanjševala. Začetek dozorevanja storžkov je pri obeh kultivarjih nastopil relativno hkrati. Nadaljnje dozorevanje in sama tehnološka zrelost pa se je nekoliko hitreje pojavila pri kultivarju 279D112 (preglednica 8).

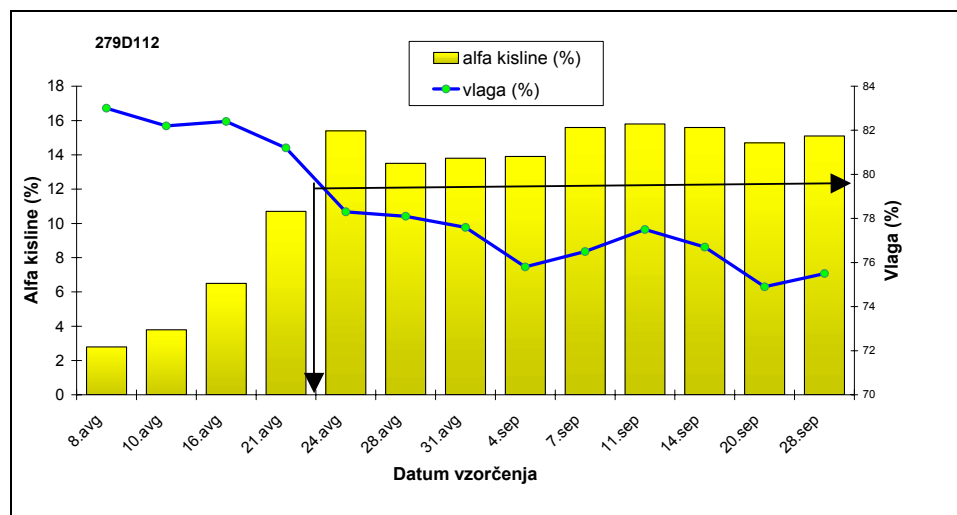
4.2 KAKOVOST HMELJA

V preglednicah 9, 10 in 11 so prikazani rezultati laboratorijskih meritev kakovosti hmelja za kultivarje 279D112, Magnum in Aurora. Z laboratorijskimi meritvami smo ugotovili, da je pri kultivarju 279D112 tehnološka zrelost nastopila 24. avgusta (slika 19). Tedaj je vlaga v storžkih padla pod 80%, vsebnost alfa kislin v storžkih pa se je ustalila (preglednica 9).

Magnum je tehnološko dozorel 5. septembra (slika 20). Storžki so takrat vsebovali povprečno 12,5% alfa kislin v suhi snovi in imeli 76,5% vlažnost. Povprečna dolžina storžkov je bila 40 mm, masa 100 suhih storžkov pa 33 g (preglednica 10).

Preglednica 9: Podatki o alfa kislinah (%), vlagi (%), masi 100 suhih storžkov (g) in povprečni dolžini storžkov za kultivar 279D112 (2006)

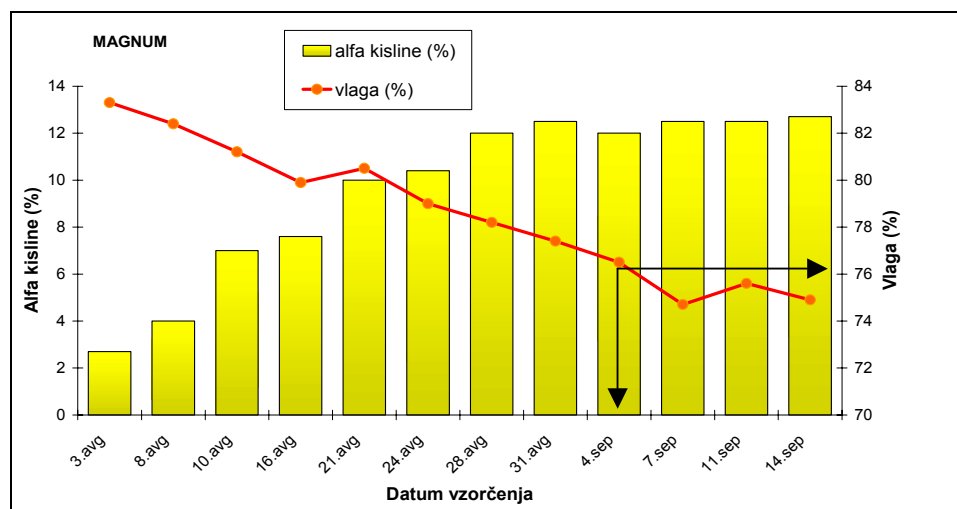
279D112				
Datum	Alfa kisline (%)	Vlaga (%)	Masa 100 suhih storžkov (g)	Povprečna dolžina storžkov (mm)
8. avg	2,8	83	8,5	21,1
10. avg	3,8	82,2	10,2	23,1
16. avg	6,5	82,4	17,4	35,5
21. avg	10,7	81,2	15,58	30,7
24. avg	15,4	78,3	19,65	32,6
28. avg	13,5	78,1	22,4	34,6
31. avg	13,8	77,6	20,3	32,2
4. sep	13,9	75,8	28,5	35,7
7. sep	15,6	76,5	21,4	31,6
11. sep	15,8	77,5	22,8	34,6
14. sep	15,6	76,7	27,8	37,6
20. sep	14,7	74,9	31,4	31,4
28. sep	15,1	75,5	27,2	36,6



Slika 19: Spremembe vsebnosti alfa kislin in vlage v fazah dozorevanja kultivarja 279D112 (Žalec, 2006)

Preglednica 10: Podatki o alfa kislinah (%), vlagi (%), masi 100 suhih storžkov (g) in povprečni dolžini storžkov za kultivar Magnum (2006)

MAGNUM				
Datum	Alfa kisline (%)	Vlaga (%)	Masa 100 suhih storžkov (g)	Povprečna dolžina storžkov (mm)
3. avg	2,7	83,3	11,5	26,8
8. avg	4	82,4	17,11	34,6
10. avg	7	81,2	19,15	34,8
16. avg	7,6	79,9	25,14	39,6
21. avg	10	80,5	23,54	37,5
24. avg	10,4	79,0	25,4	38,7
28. avg	12	78,2	25,2	33,8
31. avg	12,5	77,4	30,8	40,0
4. sep	12	76,5	32,7	40,2
7. sep	12,5	74,7	33,1	40,3
11. sep	12,5	75,6	37	44,3
14. sep	12,7	74,9	27,9	36,9

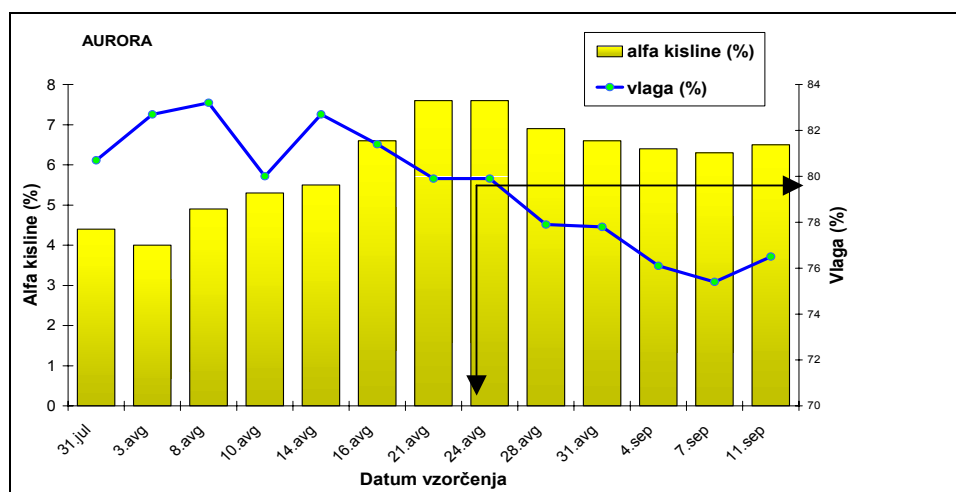


Slika 20: Spremembe vsebnosti alfa kislin in vlage v času dozorevanja kultivarja Magnum (Žalec, 2006)

Aurora je tehnološko dozorela 25. avgusta (slika 21). Vsebnost alfa kislin se je ustalila pri 7,6%, vlaga je padla pod 80%, masa 100 suhih storžkov je bila dobrih 9 gramov, dolžina storžkov pa 25 mm (preglednica 11).

Preglednica 11: Podatki o alfa kislinah (%), vlagi (%), masi 100 suhih storžkov (g) in povprečni dolžini storžkov pri kultivarju Aurora (2006)

AURORA				
Datum	Alfa kisline (%)	Vlaga (%)	Masa 100 suhih storžkov (g)	Povprečna dolžina storžkov (mm)
31. jul	4,4	80,7	5,68	16,7
3. avg	4,0	82,7	5,41	18,3
8. avg	4,9	83,2	5,47	19,6
10. avg	5,3	80,0	5,65	19,8
14. avg	5,5	82,7	5,50	21,5
16. avg	6,6	81,4	8,48	26,9
21. avg	7,6	79,9	9,2	24,9
24. avg	7,6	79,9	9,15	24,7
28. avg	6,9	77,9	10,6	24,5
31. avg	6,6	77,8	9,80	24,4
4. sep	6,4	76,1	10,2	24,7
7. sep	6,3	75,4	9,80	22,6
11. sep	6,5	76,5	8,80	22,2



Slika 21: Spremembe vsebnosti alfa kislin in vlage v času dozorevanja kultivarja Aurora (Žalec, 2006)

Z metodo KVH-TE (določanje konduktometrične vrednosti) smo določili od 2,8–15,8% α – kislin v suhi snovi pri cv. 279D112 in 2,7–12,5 % pri cv. Magnum.

V preglednici 12 so prikazane vrednosti α - in β - kislin ob tehnološki zrelosti za kultivar 279D112 in Aurora. Vsebnost α - kislin je bila pri 279D112 mnogo višja kot pri Aurori, medtem ko se vsebnost β - kislin ni razlikovala veliko.

Preglednica 12: Vsebnost α - in β - kislin za kultivarja 279D112 in Aurora (2006)

Kultivar	Vsebnost α -kislin (%)	Vsebnost β -kislin (%)
279D112	14,16	4,23
Aurora	7,83	4,63

V preglednici 13 navajamo podatke o α - in β – kislinah v večletnih nasadih kultivarjev Magnum in 279D112, ki smo jih spremljali na lokacijah v Žalcu in Šmartnem pri Slovenj Gradcu. Iz preglednice je razvidno, da so α – kisline pri obeh kultivarjih približno enako zastopane, medtem ko je vsebnost β – kislin pri kultivarju Magnum precej višja.

Preglednica 13: Vsebnost alfa in beta kislin (%) v storžkih hmelja pri kultivarjih 279D112 in Magnum, na lokacijah Žalec in Šmartno pri Slovenj Gradcu, po preskusni metodi alfa in beta kisline v hmelju s HPLC (MKH 08)

HPLC (ut. %)	279D112		Magnum	
	Žalec	Šmartno	Žalec	Šmartno
Kohumulon	4,60	4,68	3,70	3,85
n+adhumolon	10,09	9,77	11,43	9,83
Kolupolon	2,54	2,92	3,49	4,20
N+adlupolon	2,02	2,12	3,86	4,34
Alfa kisline	14,70	14,46	15,14	13,68
Beta kisline	4,56	5,04	7,35	8,54
Co-alfa v alfa kisl.	31,32	32,40	24,47	28,16
Co-beta v beta kisl.	55,70	57,91	47,43	49,14
Alfa/beta	3,22	2,87	2,06	1,60

V laboratoriju Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije smo določili tudi sestavo eteričnega olja hmelja pri kultivarjih Aurora in 279D112. Rezultati so prikazani v preglednici 14 ter na sliki 22.

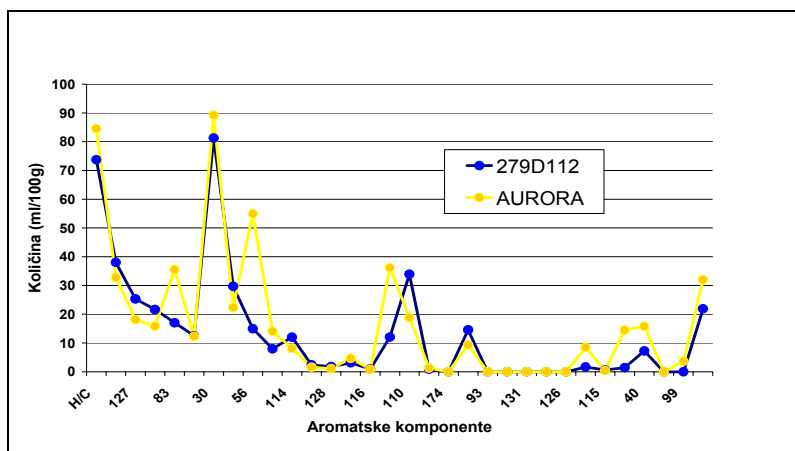
Preglednica 14: Sestava eteričnega olja (deleži aromatskih komponent v odstotkih) in indeksi aromatskih komponent v eteričnem olju pri kultivarju Aurora in 279D112 (Žalec, 2006) (Interno gradivo IHPS, 2007)

Aromatske komponente	Oznaka komponente	Delež aromatskih komponent v odstotkih		Indeksi aromatskih komponent v eteričnem olju	
		Aurora	279D112	Aurora	279D112
Alfa-humulen	108	16,93	19,60	32,87	38,05
Delta-kadinen	127	0,78	1,09	18,14	25,35
Geranil acetat	98	0,19	0,26	15,83	21,67
Metil-nonil-keton	83	1,23	0,59	35,55	17,05
Metil-deka-4-enoat	85	0,60	0,61	12,35	12,55
Mircen	30	57,92	52,74	89,24	81,26
Beta-kariofilen	104	5,31	7,05	22,39	29,72
Metil oktanoat	56	0,44	0,12	55,00	15,00
Geraniol	77	0,23	0,13	14,11	7,98
Germakren-D	114	0,38	0,56	8,15	12,02
Selina-4(14), 7(11)-dien	130	0,08	0,12	1,58	2,38
Gama-kadinen	128	0,07	0,12	1,06	1,82
Alfa-selinen	118	0,79	0,52	4,71	3,10
Beta-selinen	116	0,12	0,15	0,80	1,00
neznana komponenta	71	0,21	0,07	36,21	12,07
Farnesen	110	4,43	7,96	18,89	33,94
Humulen epoksid-1	142	0,20	0,13	1,32	0,86
Neidentificiran	174	0,00	0,00	0,00	0,00
Kurkumen	113	0,09	0,14	9,38	14,58
Neril acetat	93	0,00	0,00	0,00	0,00
Santalen	112	0,00	0,00	0,00	0,00
Selina-3,7(11)-dien	131	0,00	0,00	0,00	0,00
Neidentificiran	94	0,00	0,00	0,00	0,00
Alfa-muurolen	126	0,00	0,00	0,00	0,00
Metil-dekanoat	88	0,10	0,02	8,47	1,69
Kalamenen	115	0,04	0,06	0,42	0,63
Neidentificiran	33	0,10	0,01	14,49	1,45
Trans - ocimen	40	0,37	0,17	15,81	7,26
Neidentificiran	132	0,00	0,00	0,00	0,00
Alfa-kopaen	99	0,02	0,00	3,64	0,00
Skupna količina olja	(ml/100 g)	1,45	2,60		

Preglednica 15: Sestava eteričnega olja kultivarjev 279D112 in Magnum na lokaciji Šmartno pri Slovenj Gradcu, analiza opravljena po metodi MKH 12 (vsebnost eteričnega olja v hmelju in GC analiza) in po DNK 12.01.

V 1. stolpcu so navedeni piki kromatografa (v relativnih %), v 2. stolpcu pa dolgoletne maksimalne vrednosti komponent (Interno gradivo IHPS, 2007)

Aromatske komponente	Oznaka komponente	Maks. vrednosti	279D112	Magnum
			vse	
			2,79	3,42
104/108	H/C	3,77	15,95	24,39
Alfa-humulen	108	51,51	0,91	1,07
Delta-kadinen	127	4,30	0,22	0,27
Geranil acetat	98	1,20	0,65	0
Metil-nonil-ke-ton	83	3,46	1,12	1,11
Metil-deka-4-enoat	85	4,86	55,39	53,8
Mircen	30	64,90	5,72	7,13
Beta-kariofilen	104	23,72	0,14	0,19
Metil oktanoat	56	0,80	0,14	0,06
Geraniol	77	1,63	0,48	0,53
Germakren-D	114	4,66	0,10	0,1
Selina-4(14), 7(11)-dien	130	5,05	0,09	0,11
Gama-kadinen	128	6,59	0,61	0,49
Alfa-selinen	118	16,77	0,15	0,19
Beta-selinen	116	14,95	0,12	0,11
neznana komponenta	71	0,58	7,64	0,26
Farnesen	110	23,45	0,15	0,2
Humulen epoksid-1	142	15,19	0	0
Neidentificiran	174	3,53	0,11	0,16
Kurkumen	113	0,96	0	0
Neril acetat	93	0,17	0	0,05
Santalen	112	0,71	0	0
Selina-3,7(11)-dien	131	1,80	0	0
Neidentificiran	94	0,06	0	0
Alfa-muurolen	126	1,12	0,04	0,1
Metil-dekanoat	88	1,18	0	0
Kalamenen	115	9,58	0,03	0,15
Neidentificiran	33	0,69	0,16	0,21
Trans - ocimen	40	2,34	0	0
Neidentificiran	132	7,27	0	0
Alfa-kopaen	99	0,55	2,79	3,42



Slika 22: Aromatske komponente v eteričnem olju pri kultivarjih Aurora in 279D112 (Žalec, 2006)

Preglednica 16: Pridelek 10 naključno izbranih rastlin (v treh ponovitvah), vsebnost alfa kislin - KVH-TE (odstotek v SS) ter ostale značilnosti kultivarjev Magnum ter 279D112 na lokaciji Žalec, 5. 9. 2006

Vzorec	Število vodil	Skupno število trt	Povprečje trt/vodilo	Masa svežih storžkov (kg)	Masa* (kg)	Vsebnost alfa k. (% SS)
Magnum	19,6	50,6	2,5	24,00	28,69	12,5
279D112	20,3	61,3	3,0	31,16	30,58	13,6

* teoretični preračun količine pridelka ob predpostavki, da imamo dosledno 2 vodili na eno rastlino, z napeljanimi 3 trtami na vodilo.

Preglednica 17: Pridelek 10 naključno izbranih rastlin (v treh ponovitvah), vsebnost alfa kislin - KVH-TE (odstotek v SS) ter ostale značilnosti kultivarjev Magnum ter 279D112 na lokaciji Šmartno pri Slovenj Gradcu, 14. 9. 2006

Vzorec	Število vodil	Skupno število trt	Povprečje trt/vodilo	Masa svežih storžkov (kg)	Masa* (kg)	Vsebnost alfa k. (% SS)
Magnum	22	55,6	2,5	25,30	27,14	10,9
279D112	21,6	46,0	2,1	25,53	33,78	10,9

* teoretični preračun količine pridelka ob predpostavki, da imamo dosledno 2 vodili za eno rastlino, z napeljanimi 3 trtami na vodilo.

Rezultati so pokazali (preglednici 16 in 17), da je bil poskus na lokaciji Šmartno pri Slovenj Gradcu obran prepozno, tu je bila višja vsebnost grenčic dosežena nekaj dni pred pravilom, nato je odstotek α -kislin že pričel padati. Na obeh lokacijah je bil pridelek višji pri kultivarju 279D112 kot pri Magnumu, vsebnost α - kislin pa je bila ob merjenju na obeh poskusnih lokacijah približno enaka.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Na podlagi rezultatov in statistične analize lahko pri 5% tveganju sklepamo, da v okviru istega hmeljišča ni bilo statistično značilnih razlik med obravnavanimi parametri (višina rastlin, hitrost priraščanja, nastop posamezne fenofaze). Rastne razmere v okviru posameznega hmeljišča so bile dokaj homogene, saj se je statistična razlika med bloki pojavila le pri meritvi 26. maja in sicer v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,4 m, kasneje pa razlike niso bile statistično značilne. Med vso rastno dobo pa je bilo moč opaziti razlike v višini rastlin med hmeljem v hmeljišču z medvrstno razdaljo 2,4 m in hmeljiščem z medvrstno razdaljo 2,8 m. Čeprav sta obe hmeljišči sorazmerno blizu eno poleg drugega, pa lahko na različno rast hmelja vpliva več različnih dejavnikov, kot so: različne pedološke lastnosti tal, drugačna založenost z hranili (preglednica 4), smer padavin in vetra, intenzivnost osvetlitve (vpliv smeri vrst v hmeljišču) itd. Na končno velikost rastlin je vplivala tudi toča, ki je 7. julija prizadela le nasad z medvrstno razdaljo 2,4 m. Od takrat naprej je ta nasad priraščal manj, kar se je poznalo tudi na višini rastlin ob koncu merjenj.

Pri količinah hmeljnih smol so predvsem zanimive skupne količine α – kislin in v njihovem okviru delež kohumulona. Skupna vsebnost α – kislin pri novem kultivarju 279D112 je vsekakor bolj primerljiva s sorto Magnum kot z Auroro, ki jo je v letu 2006 še dodatno prizadela suša in visoke temperature. Skupna količina β - kislin je primerljiva tako z Auroro kot z Magnumom (pri vseh treh znaša okoli 4%). Opazen je tudi večji delež kohumulona v primerjavi z Auroro in z Magnumom. Pri kultivarju 279D112 je delež kohumulona 32%, medtem ko je pri Aurori oziroma Magnumu okoli 24%.

V okviru analize rezultatov, pridobljenih s plinsko kromatografijo eteričnih olj kultivarjev 279D112, Aurore in Magnuma, smo opravili primerjavo podobnosti njihove sestave. Sestava olj križanca 279D112 je dokaj podobna sestavi eteričnega olja kultivarjev Aurora in Magnum. Pri 279D112 je malo nižja vsebnost metil-nonil-ketona (pik 83), ki pa je relativno visok pri kultivarju Aurora, kar je njegova posebnost. Nekoliko manjša, vendar ne bistveno, pa sta še vsebnosti trans-o-cimena (pik 40) in metil-kaprilat-okotanoat (pik 56). Vsebnost linalola je 0,51%. Pri Aurori so povprečne vsebnosti linalola sicer nekoliko višje (0,7% do 1,3%) kot pri 279D112, pri Magnumu pa nižje, saj znašajo le 0,2% do 0,4%.

5.2 SKLEPI

Gostota in razporeditev rastlin ne vplivata na višino rastlin pri prvoletnem nasadu ($p \leq 0,05$), kar smo tudi predvidevali v delovni hipotezi. Gostota rastlin in njihova osvetlitev, kot pomemben dejavnik rasti, pri prvoletnih nasadih hmelja ne igra pomembne vloge, ker ne vpliva na hitrost rasti hmelja ter na končno višino rastlin. Zaradi majhnega habitusa rastlin v prvoletnih nasadih svetloba ni omejujoč dejavnik rasti.

Ugotovili smo, da se kakovost novega kultivarja 279D112 razlikuje od kakovosti kultivarja Aurora. Vsebnost α – kislin je pri kultivarju 279D112 mnogo višja kot pri kultivarju Aurora in je bolj primerljiva z genetsko sorodnim kultivarjem Magnum. Vsebnost β – kislin je pri obeh kultivarjih podobna.

Nastop zgodnejših fenofaz (spomladanski razvoj listov do začetka razvoja storžkov) se je pri kultivarju Aurora pojavil približno 7 dni prej kot pri kultivarju 279D112. Nastop tehnološke zrelosti pa se je v nasprotju s pričakovanji pojavil prej pri kultivarju 279D112 kot pri Aurori. Verjetno gre za lastnost kultivarja 279D112, da v času pred tehnološko zrelostjo hitreje izgublja vlago iz storžkov hmelja kot kultivar Aurora. Druga možna razlaga je različna lokacija opazovanja in različni agrotehnični ukrepi skozi rastno sezono. Kultivar 279D112 smo opazovali na hmeljišču Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo v Žalcu, kultivar Aurora pa v hmeljišču kmetije Ocvirk na Vranskem.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

Novе zahteve svetovnega trga zahtevajo tudi žlahtnjenje novih kultivarjev hmelja. V zadnjih letih je na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije nastal nov križanec, ki so ga vpisali v sortno listo 16.5.2007 kot kultivar 279D112.

Za izvedbo najboljše tehnologije pridelave za ta kultivar smo 25. in 26. aprila 2006 na poskusnem hmeljišču Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu zasnovali poskus s ciljem, da določimo najbolj primerno gostoto in razporeditev rastlin pri 279D112. Namen raziskave je bil, da bi ugotovili razlike v višini rasti in pojavu posameznih faz razvoja pri prvoletnem nasadu - kot tudi kakovost novega kultivarja v primerjavi s kultivarjem Aurora, ki je v Sloveniji najbolj razširjen, ter s kultivarjem Magnum, ki je po morfoloških lastnostih primerljiv s kultivarjem 279D112.

Poskus smo zasnovali na dveh hmeljiščih kot bločni poskus v treh ponovitvah. V enem hmeljišču je medvrstna razdalja 2,4 m, v drugem 2,8 m. V žičnici z medvrstno razdaljo 2,4 m sta razdalji sajenja v vrsti 1,3 m in 1,5 m, v žičnici z medvrstno razdaljo 2,8 m pa 1,1 m in 1,3 m. Tako smo v vsakem hmeljišču preučevali po dve obravnavanji:

- gostota rastlin na hektar 3200,
- gostota rastlin na hektar 2800.

Pri vsakem obravnavanju smo po parcelah (ponovitvah) merili višino desetih naključno izbranih rastlin enkrat na teden od faze rezi in pri posameznem obravnavanju izračunali povprečno višino rastlin po določenem časovnem intervalu. Tedensko smo opazovali tudi nastop razvojnih faz po obravnavanjih. V času tehnološke zrelosti smo izmerili kakovost storžkov hmelja (vsebnost vlage in alfa kislin ter količino in sestavo eterična olja).

Kot kontrolo in za primerjavo z novim kultivarjem hmelja 279D112 smo spremljali rast in razvoj ter kakovost tudi pri prvoletnem nasadu kultivarja Aurora. Meritve kakovosti in določanje tehnološke zrelosti je potekalo v laboratoriju Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu.

Kultivar 279D112 je v maju priraščal v povprečju 1 cm/dan. Z dvigom temperature sredi junija so bili dnevni prirasti 4,6–5,9 cm/dan. V obdobju od 16. junija do 7. julija je hmelj priraščal najbolj intenzivno (v povprečju 5–11 cm/dan). Proti koncu julija se je rast hmelja počasi zaključila, in je priraščal le še 5–6 cm/dan. V prirastu hmelja nismo zaznali večjih razlik med obema v poskus vključenima hmeljiščema.

Prirast kultivarja Aurora se je značilno razlikovala od priraščanja kultivarja 279D112. Prirast je bil pri kultivarju Aurora v povprečju vse obdobje višji, na kar je zelo vplivala tudi vrsta sadike. Pri Aurori so bile uporabljene sadike B certifikata, ki so bile močnejše od sadik A certifikata, katere smo uporabili pri 279D112. Sadike B certifikata pri kultivarju Aurora so bile morda eden od razlogov za hitrejšo rast kultivarja Aurora.

Nastop zgodnejših fenofaz (spomladanski razvoj listov do začetka razvoja storžkov) se je med kultivarjema Aurora in 279D112 precej razlikoval. Aurora je skozi celotno rastno dobo hitreje priraščala kot 279D112. Nastop posamezne fenofaze se je pri Aurori pojavil približno 7 dni prej kot pri 279D112. Vendar se je ta časovna razlika proti koncu rastne dobe čedalje bolj zmanjševala. Začetek dozorevanja storžkov je pri obeh kultivarjih nastopil sorazmerno hkrati. Nadaljnje dozorevanje in sama tehnološka zrelost pa se je nekoliko hitreje pojavila pri kultivarju 279D112.

Z laboratorijskimi meritvami smo ugotovili, da je pri kultivarju 279D112 tehnološka zrelost nastopila 24. avgusta. Magnum je tehnološko dozorel 5. septembra, Aurora pa 25. avgusta.

Vsebnost α - kislin je bila pri 279D112 mnogo višja kot pri Aurori, medtem ko se vsebnost β - kislin ni bistveno razlikovala.

Na podlagi rezultatov in statistične analize lahko pri 5% tveganju sklepamo, da v okviru istega hmeljišča ni bilo statistično značilnih razlik med obravnavanimi parametri (višina rastlin, hitrost priraščanja, nastop posamezne fenofaze).

Skupna vsebnost α - kislin pri novem kultivarju 279D112 je vsekakor bolj primerljiva s kultivarjem Magnum kot z Auroro. Skupna količina β - kislin pa je primerljiva tako z Auroro kot z Magnumom (pri vseh treh znaša okoli 4%). V okviru analize rezultatov, pridobljenih s plinsko kromatografijo eteričnih olj kultivarjev 279D112, Aurore in Magnuma, smo opravili primerjavo podobnosti njihove sestave, pri čemer smo ugotovili, da je sestava olj kultivarja 279D112 dokaj podobna sestavi eteričnega olja kultivarjev Aurora in Magnum.

6.2 SUMMARY

New requirements on the world market demand new varieties of hop. In the last years new cultivar of hop has been introduced by the Slovenian Institute for Hop Research and Brewing. Chosen name for new variety was 279D112.

With the aim to get the best technology for 279D112 the experiment was conducted in April 2006 on the test field of Slovenian Institute for Hop Research and Brewing. We wanted to determine the best plant density and disposal of plants, compare plant growth among different variants, observing phenophases and compare quality of new variety to the most common

cultivar in Slovenia Aurora and with the cultivar Magnum, which has very similar attributes with 279D112.

The experiment was conducted in two different fields, one with the 2,4 m between the rows and another with the 2,8 m between the rows. In the field with the 2,4 m between the rows the distances among plants in the row were 1,3 m and 1,5m. In the field with the 2,8 m between the rows the distances among plants were 1,1 m and 1,5 m to achieve to different plant density in both fields:

- 3200 plants/ha,
- 2800 plants/ha.

In all cases we measured plant heights of ten random sampled hop plants in each management system once per week. We calculate the average height in the time intervals. All along we also observed phenophases and in the time of maturity we measured quality of hop (moisture content, Alfa – acids content, essential oils content and structure).

For the comparison cultivar Aurora was considered. Measuring of quality was carrying out on the Slovenian Institute for Hop Research and Brewing in Žalec.

Cultivar 279D112 was growing in the average 1 cm/day in May. With the warmer weather in June the growth was 4,6-5,9 cm/day. Maximum growth was between 16th June and 7th July (5-11 cm/day in the average). At the end of July the growth was slow, only 5-6 cm/day. Between two different plant densities we did not find the differences in growth speed. But we can conclude that there is a difference between cultivar 279D112 and Aurora. Growth of Aurora was all along faster in average. In case of Aurora we used plants with B certificate, which were stronger than plants A certificate, that were used in case of 279D112. B certificate plants are maybe one of the reasons of faster growth of cultivar Aurora.

Occurrences of phenophases differ between 279D112 and Aurora. Occurrence of particular phenophase was in case of Aurora approximate 7 days before 279D112. But this time difference was at the end of the season smaller. Beginning of maturity began at the same time for both cultivars. At the end cultivar 279D112 reached technological maturity before Aurora. With laboratory measurements we found out that technological maturity of cultivar 279D112 was reached on 24th August, 5th September for cultivar Magnum and 25th August for Aurora. Alfa-acids content was much higher in case of 279D112 than in case of Aurora. Content of Beta-acids was in both cultivars similar.

Statistical analysis showed that the case of first growing season for hop there are no differences between management systems in plant height, speed of growing and occurrences of phenophases. Alfa-acids content in 279D112 is more comparable with Magnum than Aurora. Beta-acids content is similar in all cultivars (around 4%). Essential oils analysis results showed that the content of oil is very similar for all tree cultivars.

7 VIRI

Čeh Brežnik B., Friškovec I. 2006. Hmelj v letu 2006. Kmečki glas, 63: 10.

Čerenak A. 2007. »Žlahtnjenje hmelja«. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (osebni vir)

Ferant N., Šuštar-Vozlič J. 1998. Magnum - nov kultivar hmelja, vpisan v sortno listo Slovenije. Hmeljar, 87-88.

Friškovec I. 1998. Kolobar in sajenje hmelja. V: Interno gradivo za 4. hmeljarsko šolo, november 1998. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije: 1-2.

Friškovec I., Zmrzlak M., Knapič M., 2002, Zasnova novega nasada. V: Priročnik za hmeljarje. Majer D (ur.). Žalec, IHPS: 137-150.

Hacin J. 1989. Prispevek k poznavanju vpliva dejavnikov okolja na rast in razvoj ter na pridelek in vsebnost alfa kislin pri hmelju. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 114 st.

Hrastar R. 2006. Vpliv sorte in rastišča na vsebnost ksantohumola v hmelju. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 72 str.

"Interno gradivo IHPS". 2006. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (interno gradivo – podatki, laboratorijska metodika)

Kišgeci J. 1974. Vodni režim biljaka hmelja u različitim uslovima navodnjavanja i mineralne ishrane. Bilten za hmelj i sirak, 6, 20-21: 35-37.

Kišgeci J., Mijavec A., Aćimović M., Spevak P., Vučić N. 1984. Hmeljarstvo. Poljoprivredni fakultet – Institut za ratarstvo i povrtarstvo: 123 st.

Knapič M. 1997. Izbira tal za hmeljne nasade. V: Brezvirusne sadike v hmeljarstvu. Žalec. IHPS: 9-12.

Kralj D. 1962. Vpliv toplote in padavin na razvoj in rast Savinjskega goldinga. V: 1. jugoslovanski simpozij za hmeljarstvo. Velenje, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec: 7-18.

- Kralj D., Wagner T. 1977. Žlahtnjenje hmelja: elaborat. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec: 180 st.
- Maier J. 1982. Hopfenqualität heute. Brauwelt, 11: 435 – 440.
- Majer D. 1996. Vpliv nekaterih agrotehničnih ukrepov na pridelek in kakovost hmelja. Hmeljar, 1-2: 10-13.
- Majer D., Zmrzlak M., Knapič M., 2002, Žlahtnjenje hmelja in hmeljni kultivarji. V: Priročnik za hmeljarje. Majer D (ur.). Žalec, IHPS: 185-194.
- Palamand S.R., Aldenhof J.M. 1973. Bitter tasting compounds of beer. Chemistry and taste properties of some hop resin compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 21: 535 – 543.
- Rode J., Zmrzlak M., Kovačević M., 2002, Hmeljna rastlina. V: Priročnik za hmeljarje. Majer D (ur.). Žalec, IHPS: 21-30.
- Rossbauer I., 1995. Compendium of growth stage identification keys for mono- and dicotyledonous plants, extended BBCH scale. 2nd Edition. Bayer, Novartis: 1-2.
- Sadar V. 1928. Hmeljarstvo. Maribor: 160 str.
- Šuštar – Vozlič J. 1998. Botanična klasifikacija in izvor hmelja ter morfološke lastnosti hmeljne rastline. V: 4. Hmeljarska šola, 1998. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije: 1-15.
- Šuštar-Vozlič J., Čerenak A., Ferant N., 2002, Žlahtnjenje hmelja in hmeljni kultivarji. V: Priročnik za hmeljarje. Majer D (ur.). Žalec, IHPS: 31-50.
- Virant M., 2002, Žlahtnjenje hmelja in hmeljni kultivarji. V: Priročnik za hmeljarje. Majer D (ur.). Žalec, IHPS: 211-222.
- Wagner T. 1968. Hmeljarstvo. 1. del – skripta. Kmetijski kombinat Žalec: 115 str.
- Wagner T. 1975. Vpliv temperature in vlage na pridelek hmelja v Sloveniji. Hmeljarski bilten, 3: 81-88.

Zmrzlak M. 1991. Dinamika fenološkega razvoja hmelja (cv. Savinjski golding, Aurora) v odvisnosti od temperature zraka v spodnji Savinjski dolini. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 82 str.

Zmrzlak M. 1997. Fenologija. Hmeljar, 8-9: 126-127.

Zupanec J. 1992. Vpliv procesnih parametrov pri optimizaciji sušenja in seperkrični ekstrakciji na kvaliteto hmeljnega ekstrakta. Doktorska disertacija. Maribor, Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta Maribor, Oddelek za kemijsko tehnologijo: 119 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju
prof. dr. Antonu Tajnšku
za pomoč pri zasnovi naloge, za napotke ter popravke.

Iskreno se zahvaljujem tudi somentorici
doc. dr. Barbari Čeh Brežnik
za odgovor na vsako moje vprašanje in pomoč skozi celotno diplomsko nalogo.

Zahvala gre tudi vsem uslužbencem Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije,
za opravljene analize kakovosti hmelja, interna gradiva ter podatke.

Hvala tudi tebi Darija za pomoč pri tedenskih meritvah višine rastlin,
bilo mi je veliko lažje.

Vsem še enkrat najlepša hvala!