

1. PŘEDMLUVA	12
2. HISTORIE A VÝZNAM CHMELAŘSTVÍ	14
2.1 CHMEL JAKO LÉČIVÁ ROSTLINA	14
2.2 CHMEL JAKO SUROVINA PRO VÝROBU PIVA	15
2.3 CHMEL V ČESKÝCH ZEMÍCH	17
3. BOTANIKA CHMELE	33
3.1 BOTANICKÉ ZAŘAZENÍ A PŮVOD CHMELE	33
3.2 ANATOMICKÁ A MORFOLOGICKÁ STAVBA CHMELOVÉ ROSTLINY	40
3.2.1 Podzemní orgány	40
3.2.1.1 Chmelová babka	41
3.2.1.2 Kořenový systém	42
3.2.2 Nadzemní orgány	47
3.2.2.1 Vegetativní orgány	47
3.2.2.2 Generativní orgány	56
3.3 ONTOGENEZE CHMELE A RŮSTOVÉ FÁZE BBCH	65
4. AGROTECHNIKA CHMELE	72
4.1 CHMELNICOVÉ KONSTRUKCE	72
4.1.1 Historie	72
4.1.2 Vysoké konstrukce	74
4.1.3 Chmelnicové konstrukce v zahraničí	78
4.1.4 Nízké konstrukce	80
4.2 CHMELOVÁ SADBA	82
4.2.1 Množitelský cyklus a výroba chmelové sadby	82
4.2.2 Druhy sadby	84
4.2.2.1 Množení z chmelových sádí	84
4.2.2.2 Množení zelenými řízkami, vytvoření matečnice	85
4.2.2.3 Množení pomocí kultur <i>in vitro</i>	86
4.2.2.4 Množení pomocí vlků, klíčů a výhonů	87
4.2.3 Kategorie a stupně rozmnožovacího materiálu	88
4.2.4 Uznávací řízení	89
4.2.5 Výroba prostokořenné a balíčkové sadby	90
4.2.6 Množení chmele v zahraničí	91
4.3 AGROTECHNIKA PĚSTOVÁNÍ CHMELE	93
4.3.1 Zakládání chmelnic a agrotechnika výsazů chmele	93
4.3.2 Jarní agrotechnika ve chmelnicích	98
4.3.3 Letní agrotechnika ve chmelnicích	122
4.3.4 Podzimní agrotechnika ve chmelnicích	126
4.4 VÝŽIVA CHMELE	132
4.4.1 Půdní reakce, vliv pH na příjem živin	133

4.4.2 Vztahy mezi prvky.....	134
4.4.3 Význam jednotlivých prvků ve výživě rostlin	135
4.4.3.1 Dusík.....	135
4.4.3.2 Fosfor	139
4.4.3.3 Draslík.....	141
4.4.3.4 Vápník.....	144
4.4.3.5 Hořčík	146
4.4.3.6 Síra.....	147
4.4.3.7 Železo.....	148
4.4.3.8 Mangan.....	149
4.4.3.9 Měď	150
4.4.3.10 Zinek	150
4.4.3.11 Molybden.....	150
4.4.3.12 Bór	150
4.4.3.13 Chlor	151
4.4.3.14 Ostatní prvky.....	151
4.4.3.15 Projevy deficitu základních biogenních prvků na listech dvouděložných rostlin	151
4.4.4 Analýzy půd a biomasy	151
4.4.5 Aplikace hnojiv ve chmelnicích	152
4.4.6 Organická hnojiva.....	154
4.4.6.1 Hnůj	154
4.4.6.2 Močůvka.....	156
4.4.6.3 Kejda.....	156
4.4.6.4 Kompost	156
4.4.6.5 Zelené hnojení (ozelenění meziřadí)	157
4.4.7 Minerální hnojiva nejčastěji používaná ve chmelnicích.....	158
4.4.7.1 Dusíkatá hnojiva.....	159
4.4.7.2 Fosforečná hnojiva.....	161
4.4.7.3 Draselná hnojiva.....	161
4.4.7.4 Vápenatá hnojiva	161
4.4.7.5 Hořečnatá hnojiva.....	162
4.4.7.6 Kombinovaná hnojiva	162
4.4.7.7 Hnojiva jako vedlejší procesní produkty	162
4.5 PLEVELE	166
4.5.1 Metody regulace plevelů ve chmelnicích.....	167
4.5.2 Nejvýznamnější plevel ve chmelnicích.....	171
4.6 APLIKAČNÍ TECHNIKA V OCHRANĚ CHMELE.....	178
4.6.1 Historický přehled	178
4.6.2 Vývojové trendy v konstrukci postřikovačů	180
4.6.3 Základní části technického provedení rosičů	180

4.6.4 Základní konstrukční typy	182
4.6.5 Současný stav aplikační techniky	185
4.7 ZÁVLAHY	188
4.8 PĚSTOVÁNÍ CHMELE NA NÍZKÝCH KONSTRUKCÍCH	198
4.8.1 Historie vzniku zakrslých chmelů	198
4.8.2 Přednosti pěstování chmele na nízkých konstrukcích	199
4.8.3 Odrůdy	201
4.8.4 Práce spojené s přípravou pozemku a výstavba nízké konstrukce	201
4.8.5 Výsadba a kultivace během vegetace	205
4.8.6 Sklizeň a sušení	209
4.8.7 Podzimní agrotechnika	209
4.8.8 Současný stav pěstování chmele na nízkých konstrukcích	210
4.9 INTEGROVANÁ PRODUKCE CHMELE	220
4.9.1 Zásady integrované produkce chmele	222
4.9.2 Integrovaná produkce chmele v Evropě a ve světě	227
4.10 PĚSTOVÁNÍ CHMELE V EKOLOGICKÉM ZEMĚDĚLSTVÍ	231
4.10.1 Pěstování biochmele ve světě	233
4.10.2 Ekologické pěstování chmele v ČR	234
4.10.3 Agrotechnika chmele v ekologickém zemědělství	235
4.10.4 Ochrana chmele v ekologickém zemědělství	240
4.10.5 Sklizeň a zpracování chmele	242
4.10.6 Přechod na ekologickou produkci	242
4.10.7 Kontrola a certifikace biochmele	243
4.11 SKLIZEŇ CHMELE	246
4.11.1 Sklizeň na chmelnicích s vysokou konstrukcí	247
4.11.2 Sklizeň na chmelnicích s nízkou konstrukcí	249
4.11.3 Česání a separace chmele	252
4.11.4 Základní části česacích linek	252
4.11.5 Česací linky české výroby	260
4.11.6 Zahraniční česací linky	260
4.12 SUŠENÍ CHMELE	264
4.12.1 Pásová sušárna chmele PCHB-750	267
4.12.2 Komorová žaluziová sušárna chmele 4KSCH	269
4.12.3 Komorová boxová sušárna chmele	271
4.12.4 Lisování a balení chmele	275
5. VYBRANÉ KAPITOLY Z FYZIOLOGIE CHMELE	278
5.1 FOTOSYNTÉZA CHMELOVÉ ROSTLINY	278
5.2 TRANSPIRACE CHMELOVÉ ROSTLINY	280
5.3 CHMEL A VODNÍ DEFICIT	285
5.4 FYZIOLOGIE CHMELE NAPADENÉHO ŠKŮDCI A CHOROBAMI	286
5.5 FENOLOGIE CHMELE	288

5. VIROVÉ CHOROBY A VIROIDY CHMELE	294
6.1 VIROVÉ CHOROBY CHMELE	294
6.1.1 Kreslená mozaika chmele.....	297
6.1.2 Zborcení listů	297
6.1.3 Nettlehead	298
6.1.4 Anglická mozaika chmele.....	299
6.1.5 Současné názvosloví viróz chmele.....	299
6.2 DIAGNOSTIKA VIROVÝCH CHOROB	300
6.2.1 Sérologické metody	300
6.2.2 Molekulárně-genetické metody.....	301
6.3 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÝCH VIRŮ	304
6.3.1 Skupina carlavirů	304
6.3.1.1 Latentní virus chmele – <i>Hop latent virus</i> (HpLV).....	304
6.3.1.2 Americký latentní virus chmele – <i>American hop latent virus</i> (AmHLV).....	305
6.3.1.3 Virus mozaiky chmele – <i>Hop mosaic virus</i> (HpLV).....	305
6.3.2 Skupina ilarvirů.....	306
6.3.2.1 Virus mozaiky jabloně – <i>Apple mosaic virus</i> (ApMV)	306
6.3.2.2 Virus nekrotické kroužkovitosti třešně – <i>Prunus necrotic ringspot virus</i> (PNRSV).....	307
6.3.3 Skupina nepovirů	308
6.3.3.1 Virus mozaiky huseníku – <i>Arabidopsis mosaic virus</i> (ArMV)	309
6.3.3.2 Virus latentní kroužkovitosti jahodníku – <i>Strawberry latent ringspot virus</i> (SLRSV)	310
6.3.4 Ostatní viry.....	311
6.4 MOŽNOSTI OCHRANY CHMELE PROTI VIROVÝM CHOROBÁM	311
6.4.1 Ochrana proti plevelům	311
6.4.2 Ochrana proti mšicím	311
6.4.3 Izolační vzdálenosti	312
6.4.4 Riziko mechanického přenosu.....	312
6.4.5 Rezistentní odrůdy	312
6.4.6 Pěstování zdravého sadbového materiálu	313
6.5 VIROIDY CHMELE	313
6.5.1 Viroid zakrslosti chmele – <i>Hop stunt viroid</i> (HSVd).....	314
6.5.1.1 Přenos a prostorový model šíření HSVd	315
6.5.1.2 Vliv HSVd na výnos a obsah pivovarsky účinných látek.....	316
6.5.2 Latentní viroid chmele – <i>Hop latent viroid</i> (HpLVd)	316
6.5.2.1 Rozšíření HpLVd	318
6.5.2.2 Přenos a šíření HpLVd	319
6.5.2.3 Vliv HpLVd na kvalitu a výnos chmele	321
6.5.3 Viroid vrásčitosti plodu jabloně – <i>Apple fruit crinkle viroid</i> (AFCVd)	322
6.5.4 Viroidy citrusů	322
6.6 DIAGNOSTIKA VIROIDŮ	326

7. MIKROBIOLOGIE CHMELE	332
7.1 RHIZOSFÉRA	332
7.2 FYLOSFÉRA	333
7.3 IDENTIFIKACE MIKROORGANISMŮ	336
8. HOUBOVÉ CHOROBY CHMELE	341
8.1 PLÍSEŇ CHMELE	341
8.1.1 Původce	341
8.1.2 Popis a bionomie patogena	343
8.1.3 Epidemiologie	345
8.1.4 Vnitrodruhová variabilita	346
8.1.5 Příznaky napadení	347
8.1.6 Ochrana chmele proti plísni chmelové	349
8.1.7 Krátkodobá prognóza a signalizace plísně chmele	351
8.2 PADLÍ CHMELE	353
8.2.1 Původce	353
8.2.2 Popis a bionomie patogena	354
8.2.3 Epidemiologie	355
8.2.4 Příznaky napadení	357
8.2.5 Ochrana proti padlí chmele	359
8.3 VERTICILIOVÉ VADNUTÍ CHMELE	360
8.3.1 Původce	360
8.3.2 Popis a bionomie patogena	361
8.3.3 Epidemiologie	361
8.3.4 Příznaky napadení	362
8.3.5 Ochrana proti verticiliovému vadnutí chmele	363
8.4 BAZÁLNÍ KORO VÁ NEKRÓZA CHMELE – FUZARIÓZA	364
8.4.1 Původce	364
8.4.2 Ochrana proti fuzariózám chmele	367
8.5 MINORITNÍ HOUBOVÉ CHOROBY A BAKTERIÓZY CHMELE	367
8.5.1 Fytoftorová hniloba babky a kořenů	367
8.5.2 Šedá plísňovitost hlávek chmele	369
8.5.3 Alternariová skvrnitost hlávek	371
8.5.4 Cladosporiová skvrnitost hlávek	372
8.5.5 Cerkosporová skvrnitost listů	373
8.5.6 Sklerotiniové vadnutí	373
8.5.7 Černě	374
8.5.8 Fómová listová skvrnitost	375
8.5.9 Askochytová skvrnitost listů	375
8.5.10 Kořenomorka bramborová	375
8.5.11 Hniloby kořenů a babky	376
8.5.12 Bakteriální nádorovitost sazeček	377

8.6 OBECNÉ ZÁSADY NECHEMICKÉ OCHRANY PROTI CHOROBÁM CHMELE.....	378
8.7 DOPORUČENÍ PŘI POUŽÍVÁNÍ FUNGICIDŮ	379
8.7.1 Načasování fungicidního ošetření a bionomie patogena	379
8.7.2 Management rezistence k fungicidům	380
9. ŠKŮDCI CHMELE	386
9.1 MŠICE (<i>Aphidoidea</i>)	386
9.1.1 Mšice chmelová (<i>Phorodon humuli</i> Schrank)	387
9.1.2 Jednotlivé generace mšice chmelové	387
9.1.3 Monitorování a stanovení doby přeletu, prognóza výskytu	392
9.1.3.1 Monitorování a stanovení doby přeletu mšic s využitím metody SET	392
9.1.3.2 Signalizace ochranného zásahu na základě SET	393
9.1.3.3 Populační dynamika mšice chmelové a signalizace ochranného zásahu.....	394
9.1.4 Monitoring rezistence mšice chmelové k používaným insekticidům	395
9.1.5 Selektivita používaných zoocidů na přirozené nepřátele mšice chmelové	398
9.1.6 Alternativní metody ochrany chmele proti mšici chmelové.....	401
9.1.7 Přirození nepřátelé mšice chmelové.....	401
9.1.7.1 Druhové složení.....	401
9.1.7.2 Možnosti regulace mšice chmelové přirozenými nepřáteli	407
9.1.8 Hospodářská škodlivost mšice chmelové	412
9.1.9 Chemická ochrana chmele proti mšici chmelové	414
9.1.10 Importní omezení.....	418
9.2 SVILUŠKA CHMELOVÁ (<i>Tetranychus urticae</i> Koch)	418
9.2.1 Roztoči (<i>Acarina</i>)	418
9.2.2 Postembryonální vývoj	419
9.2.3 Popis	420
9.2.4 Škodlivost a bionomie	421
9.2.5 Monitoring rezistence svilušky chmelové k používaným akaricidům	422
9.2.6 Přirození nepřátelé svilušky chmelové.....	423
9.2.7 Ochrana chmele proti svilušce chmelové.....	429
9.3 ŠKŮDCI Z ŘÁDU BROUKŮ (<i>Coleoptera</i>)	432
9.3.1 Dřepčící (<i>Alticinae</i>)	433
9.3.1.1 Dřepčík chmelový (<i>Psylliodes attenuatus</i> Koch)	434
9.3.2 Nosatcovití (<i>Curculionidae</i>).....	439
9.3.2.1 Lalokonosec libečkový (<i>Otiorhynchus ligustici</i> L.).....	440
9.3.3 Kovaříkovití (<i>Elateridae</i>)	447
9.3.4 Chroust obecný (<i>Melolontha melolontha</i> L.).....	448
9.4 ŠKŮDCI Z ŘÁDU DVOUKŘÍDLÝCH (<i>Diptera</i>)	448
9.4.1 Plodomorka chmelová (<i>Contarinia humuli</i> Tolg.).....	449
9.4.2 Muchnice (<i>Bibionidae</i>).....	449
9.5 ŠKODLIVÉ DRUHY MOTÝLŮ (<i>Lepidoptera</i>).....	450
9.5.1 Šedavka luční (<i>Hydraecia micacea</i> Esper)	451

9.5.2 Zavíječ kukuřičný (<i>Ostrinia nubilalis</i> Hübner)	455
9.5.3 Hrotnokřídlec chmelový (<i>Hepialus humuli</i> L.).....	457
9.5.4 Osenice (<i>Agrotis</i> Spp.).....	457
9.5.5 Vzprímenka chmelová (<i>Caloptilia onustella</i> Hübner).....	457
9.5.6 Zobonosec chmelový (<i>Hypena rostralis</i> L.)	458
9.5.7 Obaleč rmenový (<i>Cnephasia pasiuana</i> Hübner)	459
9.5.8 Ostatní housenky	459
9.6 OSTATNÍ ŠKŮDCI CHMELE	461
9.6.1 Ploštice (<i>Heteroptera</i>).....	461
9.6.2 Fytofágní ploštice z čeledi klopouškovitých (<i>Miridae</i>).....	461
9.7 HÁĎÁTKA (<i>Tylenchida</i>)	464
9.8 PIDIKŘÍSEK ZELENÁVÝ (<i>Empoasca vitis</i> Goethe)	466
9.9 TŘÁSNĚNKY	467
9.10 STONOŽENKY (<i>Symphyla</i>)	469
9.11 ŠKVOŘI (<i>Dermaptera</i>)	469
9.12 OCHRANA CHMELE V EKOLOGICKÉM ZEMĚDĚLSTVÍ	470
10. CHEMIE CHMELE	481
10.1 SLOŽENÍ CHMELE	481
10.2 CHMELOVÉ PRYSKYŘICE	485
10.2.1 Specifické složky chmelových pryskyřic, α -kyseliny, β -kyseliny.....	485
10.2.1.1 Kohumulon	492
10.2.2 Nespecifické měkké pryskyřice.....	492
10.2.3 Tvrdé pryskyřice.....	492
10.2.4 Faktory ovlivňující množství a složení chmelových pryskyřic.....	493
10.2.4.1 Vliv počasí	493
10.2.4.2 Zdravotní stav rostlin	496
10.2.5 Metody analytického stanovení chmelových pryskyřic	499
10.2.5.1 Skupinové metody	500
10.2.5.2 Specifické metody.....	501
10.2.5.3 Další analytické metody	503
10.3 CHMELOVÉ SILICE	508
10.3.1 Uhlovodíková frakce	508
10.3.2 Kyslíkatá frakce, terpenoidy	513
10.3.3 Sirná frakce	515
10.3.4 Faktory ovlivňující množství a složení silic	517
10.3.5 Senzorické testy	518
10.3.6 Analýza chmelových silic	521
10.4 CHMELOVÉ POLYFENOLY	528
10.4.1 Rozdíly v obsahu a složení chmelových polyfenolů	536
10.4.2 Biosyntéza chmelových polyfenolů	538

10.4.3 Analýza chmelových polyfenolů	538
10.5 NEŽÁDOUCÍ A CIZORODÉ SLOŽKY CHMELE	544
10.5.1 Dusičnany	544
10.5.2 Těžké kovy	546
10.5.3 Radionuklidy	548
10.5.4 Rezidua pesticidů	549
10.5.4.1 Pesticidy a chmel	550
10.5.4.2 Analýza reziduí pesticidů	552
10.6 STÁRNUTÍ CHMELE	555
10.7 CHMELOVÉ VÝROBKY	560
10.7.1 Neizomerované výrobky	561
10.7.2 Preizomerované výrobky	564
10.7.3 Speciální výrobky	568
10.8 VÝROBA PIVA	572
10.9 TRANSFORMACE CHMELOVÝCH LÁTEK PŘI VÝROBĚ PIVA	578
10.9.1 Izomerace α -kyselin	578
10.9.2 Oxidační produkty α -kyselin	581
10.9.3 Transformace β -kyselin a dalších složek měkkých a tvrdých pryskyřic	583
10.9.4 Izomerace prenylflavonoidů	585
10.9.5 Přeměny chmelových polyfenolů	590
10.9.5.1 Horká fáze výroby piva	590
10.9.5.2 Studená fáze výroby piva	591
10.9.5.3 Závěrečné úpravy	592
10.9.6 Chmelové aroma piva	595
10.9.6.1 Změny aromatických složek chmele při chmelovaru	595
10.9.6.2 Změny aromatických složek chmele při kvašení piva	596
10.9.6.3 Studené chmelení	601
10.9.6.4 Důsledky transformací chmelových složek na sensorické vlastnosti piva	604
10.10 CHMEL JAKO LÉČIVÁ ROSTLINA	611
10.10.1 Antioxidační účinky	612
10.10.2 Antimikrobiální účinky	614
10.10.3 Sedativní účinky	618
10.10.4 Neurobiologické aktivity	620
10.10.5 Antikarcinogenní účinky	621
10.10.6 Protizánětlivé účinky	623
10.10.7 Estrogenní a antiosteoporotické účinky	627
10.10.8 Účinky související s obezitou, diabetem a kardiovaskulárními chorobami	628
11. ŠLECHTĚNÍ CHMELE	644
11.1 ŠLECHTITELSKÉ CÍLE	644
11.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ŠLECHTITELSKÝ PROCES	646

11.2.1 Heterozygotnost chmele	646
11.2.2 Dvoudomost chmele	647
11.2.3 Vliv vnějšího prostředí	647
11.3 VÝCHOZÍ ŠLECHTITELSKÝ MATERIÁL	648
11.3.1 Genetické zdroje chmele a metody jejich uchování	648
11.3.2 Plané chmele	649
11.3.3 Samčí rostliny chmele.....	652
11.4 HODNOCENÍ ŠLECHTITELSKÉHO MATERIÁLU	654
11.4.1 Hodnocení výchozího materiálu.....	655
11.4.2 Hodnocení materiálu F1 generace.....	656
11.4.3 Hodnocení materiálu II generace.....	657
11.4.4 Hodnocení pohlaví v F1 a II generaci.....	658
11.4.5 Heritabilita hodnocených znaků	658
11.5 ŠLECHTITELSKÉ METODY	659
11.5.1 Klonová selekce	659
11.5.2 Křížení.....	660
11.5.3 Mutageneze	667
11.5.4 Polyploidie	668
11.6 NOVÉ ŠLECHTITELSKÉ SMĚRY	669
11.6.1 Odolnost k abiotickým stresům, především k suchu	669
11.6.2 Šlechtění na specifické vůně	671
11.6.3 Šlechtění na nízké konstrukce	672
11.6.4 Šlechtění na vysoký obsah xanthohumolu	673
11.7 VYUŽITÍ BIOTECHNOLOGICKÝCH METOD A MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE VE ŠLECHTĚNÍ CHMELE	674
11.7.1 Využití biotechnologických metod	674
11.7.1.1 Ozdravování chmele od virových chorob	674
11.7.1.2 <i>In vitro</i> množení (mikropropagace)	675
11.7.1.3 Kryokonzervace v <i>in vitro</i> podmínkách	676
11.7.1.4 Transformace chmele	678
11.7.2 Využití metod molekulární biologie	679
11.7.2.1 Délkový polymorfismus restričních fragmentů (RFLP)	680
11.7.2.2 Náhodně amplifikovaný polymorfismus DNA (RAPD)	680
11.7.2.3 Opakující se mikrosatelitní a minisatelitní sekvence (SSR).....	681
11.7.2.4 Amplifikovaný délkový polymorfismus restričních fragmentů (AFLP)	682
11.7.2.5 Molekulární hybridizace rozdílných sekvencí umístěných na chipu (DArT)	683
11.7.2.6 Mikrosatelitní sekvence a polymorfismus v genových sekvencích (EST-SSR)	683
11.7.2.7 Jednonukleotidový polymorfismus (SNP).....	684
11.7.3 Studium genetické variability odrůd a planých chmelů	686
11.7.3.1 Lokalizace markerů pohlaví chmele	686
11.7.3.2 Lokalizace markerů kvantitativních znaků (QTL)	689

11.8 ŠLECHTĚNÍ CHMELE V ČESKÉ REPUBLICE	692
11.8.1 Historie	692
11.8.2 České odrůdy chmele	701
11.9 ŠLECHTĚNÍ CHMELE VE SVĚTĚ	711
11.9.1 Historie	711
11.9.2 Světový sortiment odrůd chmele	715
 12. VĚCNÝ REJSTŘÍK	 760
13. AUTOŘI FOTOGRAFIÍ, OBRÁZKŮ A KRESEB	766