

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA

Katedra biometeorológie a hydrológie

**Stanovenie agroklimatických ukazovateľov rajonizácie viniča
hroznorodého v zmenených klimatických podmienkach Slovenska**

Autoreferát dizertačnej práce
na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor
vo vednom odbore: 41-42-9 Záhradníctvo

Ing. Martin Gálik

Nitra, 2004

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre biometeorológie a hydrológie Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Doktorand: Ing. Martin Gálik
Katedra biometeorológie a hydrológie
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vedúci dizertačnej práce: prof. Ing. František Špánik, CSc.
Katedra biometeorológie a hydrológie
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Oponenti: doc. Ing. Štefan Hronský, PhD.
Katedra ovocinárstva vinohradníctva a vinárstva
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

prof. RNDr. Ján Tomlain, DrSc.
Katedra meteorológie a klimatológie
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského v Bratislave

doc. Ing. Vendelín Mucha, CSc.
Emiritný docent SPU Nitra

Autoreferát bol odoslaný dňa

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra biometeorológie a hydrológie, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Obhajoba doktorandskej dizertácie sa koná dňa o h pred komisiou pre obhajobu dizertačných práce vedného odboru 41-42-9 Záhradníctvo na Fakulte záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Miesto konania: Katedra biometeorológie a hydrológie
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Mariánska 10, 949 01 Nitra

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva.

Predseda komisie pre obhajoby vo vednom odbore 41-42-9 Záhradníctvo

.....
prof. Ing. Ivan Hričovský, DrSc.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Obsah

| | |
|----------------------------------|----|
| Abstract | 4 |
| Úvod | 5 |
| Stav riešenej problematiky | 6 |
| Cieľ práce | 12 |
| Materiál a metodika | 13 |
| Výsledky práce | 18 |
| Záver | 24 |
| Návrhy pre prax | 25 |
| Zoznam použitej literatúry | 26 |
| Zoznam publikovaných prác | 27 |

Abstract

The temperature and water regimes, generated according to the CCCM (Canadian Climate Centre Model) global circulation model outputs under the conditions of Slovakia, will significantly influence the duration of vegetative period of grapevine.

The study was devoted to evaluation of agroclimatic characteristics of grapevine regionalization in Slovakia. These characteristics are influenced by climate change. The modeling variety '*Rizling vlašský*' represents a group of medium late varieties. Active air temperature sum for grapevine growing (2500 °C - 2800 °C) was given by the mean air temperature $t \geq 10,0$ °C.

Global warming will cause a prolongation of vegetative period of grapevine in horizon of year 2075 by about 18 - 25 % (in average 33 days). In the southern part of Slovakia 18% (from 189 - 219 days) and by about 25 % (from 138 to 172 days) in the northern part. This could be used for shifting of growing areas of '*Rizling vlašský*' up to time this horizon (2075) toward altitude 490 m, 375 m in the year 2030, 290 m in the year 2010.

According to climate change scenarios there is supposed increase of productive potentiation of grapevine. We expect its rising by about 12 - 20% higher than it is now in Slovakia. Global radiation is used by plants only on 0,89 % in experimental conditions (Hlohovec) at this time.

Abstrakt

Teplotné podmienky a vodný režim stanovený podľa scenára klimatickej zmeny CCCM (Canadian Climate Centre Model) v podmienkach Slovenska výrazne ovplyvnia trvanie a priebeh vegetačnej periódy viniča hroznorodého.

Táto práca je zameraná na zhodnotenie agroklmatických ukazovateľov rajonizácie viniča hroznorodého na Slovensku. Dané charakteristiky sú ovplyvnené klimatickou zmenou. Modelovou odrodou je '*Rizling vlašský*', ktorý reprezentuje skupinu stredne neskorých odrôd. Suma aktívnych teplôt (2500 °C - 2800 °C) bola stanovená podľa hraničnej teploty vzduchu $t \geq 10,0$ °C.

Globálne otepľovanie bude mať za následok predĺženie vegetačnej periódy viniča hroznorodého k časovému horizontu roku 2075 o 18 - 25 % (v priemere 33 dní). Pričom v južných lokalitách Slovenska je to 18 % (od 189 do 219 dní) a 25 % (od 138 do 172 dní) v severných oblastiach. To umožní posun pestovateľských plôch odrody '*Rizling vlašský*' k tomuto časovému horizontu (2075) do nadmorskej výšky 490 m, 375 m k roku 2030, 290 m k roku 2010.

Podľa scenárov klimatickej zmeny sa predpokladá zvýšenie produkčného potenciálu viniča hroznorodého o 12-20 %. V rámci lokálnych podmienok (lokalita Hlohovec) bolo v súčasnosti zistené využívanie žiarenia iba na 0,89 %.

Úvod

Atmosféra, ako časovo premenlivá zložka prírodného prostredia, je v mnohom limitujúcim faktorom živej prírody - teda aj vinohradníckej výroby.

Pre život v prírode je dôležitý tzv. rovnovážny stav "klimatického systému". To znamená vyvážený obsah látok nevyhnutných k životu ako sú kyslík, dusík, oxid uhličitý a iné, ale aj únosný podiel škodlivých látok v ovzduší. Klimatický systém však narúšajú rôzne antropogénne činnosti a socioekonomické skutočnosti. Napríklad za posledných 200 rokov sa počet obyvateľov Zeme zvýšil viac ako 5 násobne, za posledných 100 rokov sa skultivovala väčšia výmera pôdy ako za celú predchádzajúcu históriu ľudstva, spotreba fosílnych palív je v súčasnosti 30 krát väčšia ako v roku 1900.

Uvedené skutočnosti, ale aj ďalšie antropogénne činnosti, sú príčinou neustále sa zvyšujúcej koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére (CO₂, N₂O, freóny, metán a iné) spôsobujúce zmeny skleníkového efektu atmosféry, zmenu energetickej rovnováhy Zeme, zmeny vodného režimu a ďalšie. Tieto zmeny môžu rôzne, raz pozitívne, inokedy negatívne, ovplyvniť rôzne oblasti všeobecnej i špeciálnej rastlinnej výroby.

Globálna klimatická zmena a jej dopad na rôzne oblasti ľudských činností je stredobodom záujmu svetových vedeckých inštitúcií, ale aj pospolitej verejnosti a praxe. Týmto problémom sa venuje predovšetkým Svetová meteorologická organizácia, ktorá riadi Svetový klimatický program (SKP) s cieľom ochrany klímy pre ľudstvo. SKP je členený do Národných klimatických programov (NKP). Slovensko sa zapojilo do Svetového klimatického programu v roku 1993. Výskumom vplyvu klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo bola poverená Slovenská poľnohospodárska univerzita - gestorské pracovisko Katedra biometeorológie a hydrológie Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva. V rámci tohto programu boli v ostatných rokoch overované scenáre zmien základných klimatických prvkov a charakteristík vo vzťahu k viacerým skupinám rastlín všeobecnej i špeciálnej rastlinnej výroby.

Do analýz tohto druhu nebol doteraz zaradený vinič hroznorodý aj napriek tomu, že táto teplomilná rastlina mimoriadne citlivo reaguje na energetickú zložku prostredia, ale aj ostatné jeho charakteristiky. Vzhľadom na národohospodársky význam viniča bola táto rastlina zaradená do výskumu KBH FZKI formou ČÚ 02 VTP 2719 riešenej v rokoch 1997-2001 a grantového projektu G 1/8172/01 riešeného v rokoch 2001 až 2003. Súčasťou tohto projektu bola aj predložená dizertačná práca. Význam riešenia uvedenej témy zvyrazňuje aj skutočnosť, že doterajšie rozpracovanie rajonizácie viniča v našich agroklimatických podmienkach (cca pred 40 rokmi) a členenie územia do pásiem vhodnosti podľa agroklimatických ukazovateľov už nezodpovedá súčasným poveternostným pomerom.

Pestovaním viniča a výrobou vína na našom území sa zaoberá už asi 40 až 50 generácií. Každá z nich sa snažila zlepšovať pestovateľské podmienky viniča aj kvalitu vína. Ale na cieľavedomé zvyšovanie úrovne vinohradníctva u nás sú potrebné okrem praktických skúseností aj hlbšie teoretické znalosti z biológie, fyziológie a ekológie viniča, aby jeho pestovanie bolo úspešné aj v menej priaznivých ekologických podmienkach. Uvedomujeme si a často aj pripomíname, že naše vinohradnícke oblasti sú pri severnej hranici ekonomického pestovania viniča. Pre prax to znamená, že o čo menej priaznivé sú ekologické podmienky v porovnaní s južnejšími vinohradníckymi krajinami, o to väčšiu pozornosť treba venovať výberu stanovišťa a pre nové výsadby vinohradov, výberu vhodných odrôd, ako aj uplatňovaniu vhodných pestovateľských technológií.

V Rozvojovom programe vinohradníctva a vinárstva na Slovensku (1996) sa uvažuje pre najbližšie obdobie s hektárovými úrodami muštových odrôd 5,5 – 6,0 ton. Novovybudované vinohrady by mali produkovať opäť 8 – 10 ton na hektár kvalitného hrozna. Takúto zmenu v kvantite a kvalite úrody je možné zabezpečiť len dôsledným využívaním klimatických, pôdných a orografických podmienok pri rozmiestňovaní viniča, optimálnym využívaním biologických vlastností viniča a výberom najvhodnejších pestovateľských technológií viniča pre danú lokalitu (Hronský, 2000).

Stav riešenej problematiky

Klimatická zmena

Pod klimatickou zmenou (zmenou klímy) rozumieme len taký výkyv klimatických prvkov od dlhodobého priemeru (klimatického normálu), ktorý vzniká v dôsledku antropogénnej činnosti (**Lapin, 1992**).

Klíma (syn.: podnebie) danej oblasti sa vyznačuje určitou stálosťou. To však nevylučuje významné zmeny klímy, ku ktorým došlo v priebehu geologických epoch Zeme, ale ani miernejšie výkyvy klímy v priebehu kratších časových etáp. V tejto spojitosti možno rozlišovať dva pojmy:

- Klimatické zmeny, čiže kolísanie a premenlivosť klímy nezávisle od aktivít človeka
- Klimatická zmena, alebo zmena klímy, ktorá je zapríčinená antropogénne podmieneným rastom skleníkového efektu atmosféry.

Klimatický systém Zeme prešiel v svojej histórii hlbokými zmenami s klimatickými cyklami trvajúcimi státisíce až milióny rokov. Striedali sa teplejšie obdobia s chladnejšími, kontinentálne ľadovce a morské ľady sa rozširovali k nízkym zemepisným šírkam a potom v interglaciáloch ustupovali k polárnym oblastiam. Počas týchto dlhodobých výkyvov klímy sa výrazne menilo rozloženie pevnín, oceánov, zloženie atmosféry, flóra, fauna a iné.

Svedkami týchto zmien sú predovšetkým skameneliny živočíchov a rastlín, vykopávky peľu a spór a i. Od štvrtohôr, keď sa objavuje človek sa pripájajú archeologické poznatky, ale tiež letopisy a kroniky o mimoriadnych javoch počasia, povodniach, úrodách a pod. Epocha meteorologických pozorovaní pomocou prístrojov sa začala pred 2 až 3 storočiami.

Pre klimatické zmeny bolo vypracovaných niekoľko hypotéz odvodených napríklad od:

- kolísania solárnej konštanty v závislosti od prechodu slnečnej sústavy cez oblasti s rôznym množstvom medzihviezdnej hmoty
- kolísania slnečnej aktivity
- kolísania priepustnosti atmosféry v dôsledku vulkanickej činnosti a koncentrácie CO₂
- zmien excentricity dráhy Zeme
- zmien rozloženia pevnín a oceánov a i.

(**Šiška - Špánik - Tomlain, 2002**).

Na pozadí uvedených dlhotrvajúcich cyklov sme v súčasnosti svedkami tzv. klimatickej zmeny, ktorej pôvod je v nepretržite rastúcom skleníkovom efekte atmosféry vyvolanom antropogénnou činnosťou, teda činnosťou obyvateľov Zeme a ich aktivitami.

Vplyvom antropogénnych činností dochádza k narušovaniu tzv. rovnovážneho stavu klimatického systému Zeme:

- počet obyvateľov sa za posledných 200 rokov zvýšil viac ako päťnásobne
- spotreba fosílnych palív je v súčasnosti 30 násobne väčšia ako v roku 1900

- za posledných 100 rokov sa skultivovala väčšia výmera pôdy ako za celú predchádzajúcu históriu ľudstva
- spotreba vody v rokoch 1941 - 2000 vzrástla takmer štvornásobne (**Šiška - Špánik - Tomlain, 2002**)

V dôsledku antropogénnej činnosti nastala alebo ešte môže nastať významná zmena klímy a dôjsť k iným negatívnym javom (**Watson, 2001**):

- Globálny priemer teploty zemského povrchu je predpokladaný na zvýšenie o 1,4 - 5,8 °C
- Hladina svetového oceánu bude rásť o 0,09 až 0,88 m v rokoch 1990 - 2100
- V celosvetovom priemere sa bude zvyšovať hodnota výparu a zrážok počas 21. storočia
- V nižších zemepisných šírkach sa budú vyskytovať regionálne zvýšenia a zníženia úhrnov zrážok nad pevninou. V oblastiach s predpokladaným priemerným zvýšením zrážok sú pravdepodobné väčšie výkyvy ročných úhrnov zrážok.
- Súčasné klimatické modely neposkytujú dostatočné informácie o extrémnych udalostiach a ich územných detailoch, ktoré sú potrebné na presvedčivejšie predpovede. Napríklad búrky, tornáda, ľadovce a blesky nie sú simulované v klimatických modeloch.
- Ďalšie znižovanie snehovej pokrývky na severnej pologuli a zmenšovanie objemu oceánskych ľadovcov.
- Pokračovanie rozsiahleho ústupu pevninských ľadovcov.

Podľa väčšiny uvedených procesov otepľovanie za posledných 50 rokov súvisí s ľudskými aktivitami.

Atmosférické prostredie Zeme je charakterizované tromi zložkami: plynnou, kvapalnou a tuhou. Plynná zložka tvorí rozhodujúcu masu atmosféry, avšak i zložky kvapalná a tuhá výrazným spôsobom ovplyvňujú fyzikálne vlastnosti atmosféry a následne i väzby medzi atmosférou a biosférou. Najvýznamnejším fyzikálnym dôsledkom zmien v zastúpení jednotlivých zložiek atmosféry je nárast skleníkového efektu atmosféry. Dôsledkom tohto javu je zmena cirkulačných systémov atmosféry, ktoré sa vo väzbe na biosféru prejavujú predovšetkým v zmenách radiačných, teplotných a vlhkových pomerov (**Lapin, Nieplová, Faško, 1996**).

Klimatickú zmenu a premenlivosť klímy na Slovensku možno opísať na základe meteorologických pozorovaní. Na Slovensku bol zaznamenaný za posledných 100 rokov trend rastu priemernej ročnej teploty vzduchu o 1,1 °C a pokles ročných úhrnov atmosférických zrážok o 5,6 % v priemere (na juhu bol pokles aj o viac ako 10 %, na severe a severovýchode ojedinele aj rast do 3 % za celé storočie). Zaznamenal sa aj významný pokles relatívnej vlhkosti vzduchu (do 5 %), najmä na juhozápade Slovenska a pokles charakteristík snehovej pokrývky takmer na celom Slovensku. Najmä juh Slovenska sa postupne vysušuje (rastie potenciálna evapotranspirácia a klesá vlhkosť pôdy), no v charakteristikách slnečného žiarenia nenastali podstatné zmeny, okrem prechodného zníženia v období rokov 1965 - 1985. (**Tretia národná správa o zmene klímy, 2001**)

Veľmi vážnym rizikovým faktorom, ktorý úzko súvisí s činnosťou človeka je trvalý rast koncentrácií plynov spôsobujúcich skleníkový efekt atmosféry. Ku skleníkovým plynom sa zaraďujú okrem antropogénne neovplyvňovanou vodnou parou a stratosférickým ozónom hlavne: CO₂, CH₄, N₂O a freóny. Podiel Slovenska na globálnej antropogénnej emisii skleníkových plynov tvorí cca 0,2 %. Ročná emisija CO₂ pripadajúca na 1 obyvateľa (11 t/rok) zaraďuje Slovensko medzi 20 štátov na svete s najvyššími emisiami.

Celkové antropogénne emisie skleníkových plynov na Slovensku v rokoch 1990-1999 podľa Tretej národnej správy o klimatickej zmene (2001) vyplývajú z nasledovného prehľadu:

- CO₂ - oxid uhličitý: najvýznamnejšími zdrojmi je spaľovanie fosílnych palív, asi 95 %. Na bilanciu CO₂ majú tiež vplyv zmeny vo využívaní pôdneho fondu a technologické zdroje
- CH₄ - metán: hlavnými zdrojmi sú poľnohospodárstvo, ťažba a transport palív a manipulácia s odpadmi
- N₂O - oxid dusný: hlavnými zdrojmi sú poľnohospodárstvo, manipulácia s odpadmi, energetika a doprava.
- Freóny - halogénové uhľovodíky: sú výsledkom ľudských činností, využívané v sprayoch, chladiacich zariadeniach a pod. (**Šiška - Špánik - Tomlain, 2002**)

Skleníkový efekt atmosféry spočíva v tom, že skleníkové plyny (podobne ako sklo skleníka) prepúšťajú krátkovlnné slnečné žiarenie, to zohrieva zemský povrch. Dlhovlnné (tepelné) žiarenie Zeme je skleníkovými plynmi zachytávané a z veľkej časti spätne vrátené k zemskému povrchu (**Špánik - Šiška - Repa, 1993**).

Priemerná teplota prízemnej vrstvy atmosféry dôsledkom tohto procesu je o 33 °C vyššia ako by bola pri absencii skleníkových plynov.

Na skleníkovom efekte atmosféry sa podieľajú: vodná para cca 67 %, CO₂ cca 30 % a ostatné plyny cca 3 %.

To znamená, že z antropogénne vznikajúcich plynov najväčší podiel pripadá na CO₂. K tomuto plynu sa preto najčastejšie stanovujú prognózy koncentrácie v budúcnosti. Vyplýva to aj z tzv. Bernského modelu, ktorým sa stanovila koncentrácia CO₂ na základe bilancie uhlíka (**Šiška - Špánik, 1998**).

Rast koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére vedie k zosilňovaniu skleníkového efektu a tým k narušovaniu rovnovážneho stavu energetickej bilancie, t.j. globálnemu otepľovaniu, ktoré sa stalo jedným s najvýznamnejších enviromentálnych problémov v doterajšej histórii ľudstva (**Špánik - Šiška - Repa, 1994**).

Za posledných 100 rokov sa priemerná ročná teplota vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry Zeme zvýšila o 0,3 až 0,6 °C, v Európe o 0,8 °C a na Slovensku o 0,9 až 1,1 °C. Zmena teploty ovplyvňuje aj ďalšie charakteristiky atmosférického prostredia:

- atmosférické zrážky
- slnečné žiarenie
- evapotranspirácia: potenciálna, aktuálna a deficit
- vlhkosť pôdy a iné.

(**Šiška - Špánik - Tomlain, 2002**)

Svetový klimatický program a Národný klimatický program

Prehľbujúce sa rozpory medzi klímou ako prírodného zdroja a ekonomickým rozvojom v globálnom meradle dali podnet aby Svetová meteorologická organizácia ustanovila v roku 1979 Svetový klimatický program (WCP).

Vyvrcholením úsilia početných medzinárodných organizácií a vlád bolo prijatie Rámcového dohovoru OSN o klimatickej zmene na konferencii OSN o životnom prostredí v Rio de Janeiro v roku 1992. Tento dokument bol prijatý 160 prítomnými vládnymi delegáciami a Národná rada SR ho ratifikovala 18. 8. 1994.

V rámci Svetového klimatického programu sa zriadili Národné klimatické programy.

Scenáre klimatickej zmeny

Scenárom klimatickej zmeny sa rozumie vedecky zdôvodniteľný predpoklad (alternatíva) zmien atmosférického prostredia, pričom pod týmto predpokladom sa nerozumie predpoveď, ktorá sa v určitom časovom horizonte musí naplniť.

Porovnávacím obdobím pre zhodnotenie klimatickej zmeny býva zvyčajne perióda rokov 1951-1980 (**Lapin et al., 1995**). Toto obdobie je považované za referenčné, nakoľko sa predpokladá, že koncentrácia skleníkového aktívnych plynov nebola natoľko vysoká, že by ovplyvnila chod klimatických prvkov a všeobecnú cirkuláciu atmosféry.

Scenáre klimatickej zmeny vychádzajú z analýz fyzikálnych parametrov atmosféry v dlhých časových radoch resp. modelovania vplyvov zmeny koncentrácie radiačne aktívnych plynov (GHGs - greenhouse gases) na fyzikálne vlastnosti atmosféry.

Od začiatku 20. storočia sa u nás pozoroval rast priemernej ročnej teploty vzduchu (T) asi o 1,0 °C a pokles ročných úhrnov atmosférických zrážok (R) asi o 15 % na juhu a asi o 5 % na severe Slovenska. Tiež sa pozoroval významný pokles relatívnej vlhkosti vzduchu (U) na juhozápade Slovenska a pokles charakteristík snehovej pokrývky takmer na celom Slovensku.

S výstupov modelovania klímy, ktoré sú dostupné (získané v rámci riešenia U.S. Country Study Program) sa v podmienkach Slovenskej republiky uplatnili najmä modely CCCM a GISS (Goddard Institute for Space Studies). My sme vo svojej práci využili scénař CCCM (Canadian Climate Centre Model), ktorý dobre simuluje teploty vzduchu v letnom a jesennom období, zimné hodnoty sú nadhodnotené.

Napriek odlišnostiam v udávaných odchýlkach klimatických prvkov od dlhodobých priemerov možno pozorovať v publikovaných scenároch klimatickej zmeny i určité spoločné črty. Všeobecne sa predpokladá nárast teploty vzduchu a tiež nárast zrážok hlavne v chladnom polroku, v teplom polroku sú predpokladané menej výrazné zmeny teploty a úbytok zrážok v porovnaní s referenčným časovým radom rokov 1951 – 1980 (**Lapin, 1996**).

Vinič ako rastlina arídnych oblastí môže profitovať z nárastu koncentrácie CO₂ za predpokladu dostatočného zásobovania vlhkosťou. Dlhodobé vystavenie viniča zvýšenému obsahu CO₂ v ovzduší môže mať na rastlinu a jej jednotlivé odrody rozdielne účinky. Bol pozorovaný nárast veľkosti listovej plochy o 35 % a sušiny vegetatívnych orgánov kôry o 49 %, sušiny reprodukčných orgánov o 21%, ak koncentrácia CO₂ stúpila na 700 ppm, a to za stavu dostatočnej vlhkosti pôdy. Zvyšovaním teploty ovzdušia sa bude pri nerovnomernosti zrážok zvyšovať aj vlhkosťový deficit v pôde. To bude mať na celkový asimilačný výkon rastliny viniča obmedzujúci účinok, tým viac, že teplotné maximum pre zvyšovanie rastu intenzity fotosyntézy je pri viniči 33 °C. Po jeho prekročení sa dostavuje asimilačná depresia na konto prehriatia listu.

Vinič ako aj iné rastliny má veľký potenciál adaptability k zmeneným prírodným podmienkam. Ako sa ukazuje, nie v každom prípade musí ísť nevyhnutne o nepriaznivý vplyv na rastlinu a jej produkciu. Mnohé z vplyvov na výkonnosť rastliny a kvalitu vína nie je možné pri dnešnej úrovni poznatkov prognózovať. Veľké zmeny v budúcnosti budú závisieť aj od činnosti človeka a jeho schopnosti reflektovať na tie nepriaznivé vplyvy, ku ktorým svojim postojom k zmenám životného prostredia prispel (**Valachovič - Argay, 2001**).

Vplyv koncentrácie CO₂ na skleníkový efekt atmosféry je všeobecne známy. Dejiny chladných a teplých období na Zemi by sa zjednodušene dali nazvať aj dejinami zmien koncentrácií CO₂. Zatiaľ čo v minulosti súviseli zmeny koncentrácie CO₂ pravdepodobne s prírodnými geofyzikálnymi javmi (napr. zvýšená, resp. znížená sopečná aktivita), v súčasnosti sa predpokladá nárast koncentrácie CO₂ predovšetkým v dôsledku antropogénnej činnosti (výroba energie spaľovaním fosílnych palív, doprava, priemysel, poľnohospodárstvo, ničenie tropických pralesov, a pod). Na základe predpokladaného tempa industrializácie predovšetkým rozvojových krajín je možné predvídať i zmeny koncentrácie CO₂.

Dopady klimatickej zmeny

Agroklimatické analýzy posledných desaťročí potvrdzujú vzrastajúci vplyv počasia na rôzne oblasti ľudskej činnosti.

Podľa správy "Globálny ekologický výhľad v rámci Programu OSN na ochranu životného prostredia" sa uvádza, že podľa najhoršieho scenára vývoja životného prostredia na Zemi hrozí o 30 rokov situácia pri ktorej vyše polovica ľudstva bude žiť v trvalom nedostatku vody. V Európe to bude až 45 % obyvateľov. Predpokladá sa tiež degradácia lesov, znižovanie kvality pôdy a celkové zhoršovanie životného prostredia, vyhynutie niektorých živočíšnych druhov a niektorých druhov hmyzu a rastlín.

Narušenie energetického a vodného režimu ovplyvní rôzne oblasti pôdohospodárstva:

1. Zmena teplotnej zabezpečnosti
Regionálne scenáre podľa modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry (hlavne CCCM) a analógové scenáre umožňujú pre Slovensko do roka 2075 oproti priemerom z obdobia 1951 - 1980 predpokladať rast priemernej ročnej teploty o 2,0 - 4,0 °C, pritom väčší rast v zime (3,0 - 7,0 °C) a menší v lete (1,0 - 4,0 °C).
2. Zmeny vlhovej zabezpečnosti
Dôsledkom zvyšovania teploty vzduchu sa v stredných zemepisných šírkach a predovšetkým v nižších nadmorských polohách predpokladá pokles zrážkových úhrnov. Vo vyšších nadmorských polohách sa vplyvom vysokého objemu vodnej pary predpokladá zvyšovanie zrážkovej činnosti, hlavne formou miestnych dažďov.
3. Zmena fenologických pomerov
Zvýšené teploty urýchľujú intenzitu fyziologických procesov rastu a vývinu rastlín, menia nástupy fenofáz a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období. Pre vegetačné obdobie ohraničené fyziologicky významnými teplotami všeobecne platí uskorenie nástupu a oneskorenie ukončenia a tým aj ich predĺženie.
4. Zmena charakteristík evapotranspirácie
K najdôležitejším charakteristikám patrí evapotranspiračný deficit vyjadrený rozdielom potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie ($d_E = E_0 - E$ v mm). K roku 2075 sa predpokladá zvyšovanie d_E .
5. Zmeny agroklimatického produkčného potenciálu
Potenciálnou úrodou plodiny sa chápe úroda odpovedajúca maximálnemu využitiu faktorov vonkajšieho prostredia, alebo úrod dosiahnutých pri maximálnej rýchlosti fotosyntézy. Z faktorov vonkajšieho prostredia k rozhodujúcim patrí príkon fotosynteticky aktívneho žiarenia do biologickej sústavy. Podľa jeho časopriestorových zmien sa menia aj potenciálne úrody plodín.
6. Zmeny podmienok prezimovania
Zima je obdobie v ktorom na rastliny pôsobí komplex faktorov počasia. Agroklimatické analýzy ukázali, že podmienky prezimovania interakčne ovplyvňujú extrémne minimálne teploty, výška a trvanie snehovej pokrývky a hĺbka premrzania pôdy.
7. Zmeny vo výskyte chorôb, škodcov a burín
Teplota patrí k najdôležitejším faktorom prostredia ovplyvňujúcim biologické systémy patogénov a živočíšnych škodcov rastlín. Je regulátorom intenzity ich reprodukčných procesov a tým aj ich výskytu a stupňa škodlivosti. Pri vyšších teplotách v budúcnosti sa predpokladá vyšší výskyt hniloby jadrového ovocia, múčnatky viniča, múčnatky jablonovej, vyšší výskyt vírusových ochorení. Pre výskyt škodcov majú význam teplotné extrémny zimy. Nízke teploty v zime znižujú napr. výskyt vrtivky čerešňovej, ale aj iných škodcov. Vysoká vlhkosť vzduchu môže opačne podporovať výskyt vošiek ako prenášačov šarky sliviek. Otepľovanie spôsobí zvýšenie vzchádzania

semien a plodov burín z hlbších vrstiev pôdy, zvýši sa podiel teplomilných druhov burín, predpokladá sa zmena účinnosti herbicídov.

(Špánik - Šiška - Tomlain, 2002; Špánik at al., 1997)

Fenológia

Fenológia sa zaoberá štúdiom časového priebehu základných životných prejavov rastlín a živočíchov v prírode vo vzťahu k podmienkam vonkajšieho prostredia. Prírodné prostredie pôsobí na organizmy a ich životné prejavy ako celok komplexov činiteľov. Pre fenologické javy, ich nástupy a priebeh majú z činiteľov prírodného prostredia najväčší význam geografická poloha, cirkulačné pomery, orografia, typ a druh pôdy a tiež energetický a vodný režim prostredia. Časový priebeh životných prejavov rastlín – fenofáz ovplyvňujú hlavne teplota a voda. Zmeny teploty, úhrnov zrážok, ale aj iných faktorov prostredia menia nástupy fenofáz a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období plodín.

V našich ekologických podmienkach vinič z relatívneho vegetačného kľudu vstupuje do aktívneho života – vegetácie – na jar po definitívnom ústupe nízkych teplôt a dostatočnom prehriatí vzduchu a pôdy. Teplotný prah pre nástup aktívnej vegetácie je pri jednotlivých odrodách viniča a pri druhoch podpníka rozdielny. Všeobecne sa za aktívnu vegetačnú nulu pre vinič považuje 10,0 °C (Vereš, 1984).

Fenologická stupnica BBCH

Skratka BBCH je odvodená od **B**IOLÓGISCHE **B**UNDESANSTALT FÜR **L**AND- UND **F**ORSTWIRTSCHAFT (Biologický spolkový ústav pre poľnohospodárstvo a lesníctvo), **B**UNDESSORTENAMT (Spolkový odrodový inštitút) und **C**HEMISCHE **I**NDUSTRIE (Chemický priemysel), (Hack et al., 1992).

Rozšírená BBCH-stupnica je určená k jednotnému kódovaniu fenologických vývinových štádií jedno- a dvojkľíčolistových rastlín. V spolupráci s Biologickým spolkovým ústavom pre poľnohospodárstvo a lesníctvo, Spolkovým odrodovým inštitútom, Priemyselného združenia Agrar a Inštitútu pre zeleninárstvo a okrasné sadovníctvo. BBCH stupnica je decimálna, rozdelená na makro- a mikroštádia, ktorá bola vytvorená podľa vzoru **Zadoks et al. (1974)** na základe fenologickej stupnice obilnín (**Chmielewski, 2003**).

Stupnica BBCH je vytvorená na popisoch charakteristických znakov jednotlivých rastlín. Jej význam je hlavne v možnosti spresňovania jednotlivých fenofáz pri hnojení, aplikácii postrekov a pod. Výhodou stupnice je používanie rovnakých kódov fenofáz pri rôznych rastlinách (**Liebig - Zühlke, 2002**).

Základné princípy stupnice:

- Všeobecná stupnica vytvára skupinový rámec v individuálnych stupniciach. Môže pri rôznych rastlinných druhoch vždy nájsť použitie, keď nie je použiteľná žiadna iná stupnica.
- Rastliny s rovnakými fenologickými fázami budú označené rovnakým kódom.
- Každé štádium má presný popis a k niektorým dôležitým štádiám sú pridelené označenia.
- Jednoznačné a ľahko rozpoznateľné morfológické znaky sú pre popis fenologických vývinových štádií vyzdvihnuté.
- V pravidlách je popísaný vývinový proces na hlavnom výhonku.
- Súčasťou popisu sú reprezentatívne jednotlivé rastliny.
- Mikroštádia s označením od 0 do 8 sú prislúchajúcimi poradovými číslami alebo percentami spojené, ktoré vyjadrujú napr. 3 listy, 30 % atypickej dĺžky, alebo 30 % kvetov je rozkvitnutých.
- Zber a pozberové spracovanie sa označuje kódom 99.

- Osivo pred sejbou sa označuje kódom 00.
(Wagner, 2003)

Rajonizácia viniča hroznorodého

Rajonizácia je proces cieľavedomého rozmiestnenia produkcie v záujme dosiahnutia optimálneho výkonu pestovanej plodiny v daných agroekologických podmienkach. Zabezpečuje čo možno najúplnejšie využitie pôdnoklimatických podmienok určitého produkčného areálu vhodnou odrodou, poskytujúcou v nich najvyššie kvalitatívne parametre produkcie. Množstvo produkcie pritom do značnej miery ovplyvňuje intenzita pestovania, agrotechnika a voľba správneho pestovateľského systému vychádzajúceho z daných podmienok (Valachovič, 1996).

Vereš a Hronský (1998) sa v svojej práci zaoberali rozmiestnením vinohradníckej výroby, rajonizáciou viniča, kategorizáciou vinohradníckych plôch a tvorbou vinohradníckych zón. Uvádzajú, že prvú rajonizáciu vypracoval v 50-tych rokoch Výskumný ústav vinohradnícky a vinársky v Bratislave. V 80-tych rokoch sa vytvorili 4 zóny vhodnosti podmienok pre vinič, podľa sumy aktívnych teplôt. Začiatkom 90-tych rokov bolo 35 000 ha vinohradníckych plôch zatriedených do 5 kategórií podľa energetickej bilancie, vyjadrenej v MJ.cm⁻² za vegetáciu. Prvú kategóriu tvoria plochy do 160 MJ a piatu nad 225 MJ.

Keď sa pri klasifikácii vinohradníckych plôch začalo uplatňovať hľadisko potenciálnej tvorby obj. % alkoholu z prirodzeného cukru v hrozne, naše vinohrady sa zaradili do zóny B a vinohradnícke katastre (obce) do kategórií B1, B2 a B3.

Členenie odrôd viniča hroznorodého podľa nárokov na sumu aktívnych teplôt a dĺžky vegetačného obdobia od pučania do zberu hrozna (Hronský, 2000):

Tab. 1 Členenie odrôd viniča hroznorodého podľa skorosti dozrievania

| Dozrievanie | Dĺžka VO v dňoch | Suma At v °C za VO | Odrody |
|------------------------------|------------------|--------------------|---|
| 1. veľmi skoré | do 120 | do 2000 | V, CP |
| 2. skoré | 121 – 130 | 2001 – 2200 | IO, KV, DA, OL, OA |
| 3. stredne skoré | 131 – 140 | 2201 – 2500 | FA, JUB, PK, MAL, BOU, DT, PK, AU |
| 4. strednej doby dozrievania | 141 – 160 | 2501 – 2700 | DN, CH, VČS, MT, RŠ, MO, MM, N, P, RR, PM |
| 5. stredne neskoré | 161 – 170 | 2701 – 2800 | RB, CH, RM, ZW, TČ, VČS, S, PAL, NEU, SAU, RV, SZ, DJ |
| 6. neskoré | 171 – 180 | 2801 – 2900 | VZ, SHEU, CS, DH, FM, MŽ, N, GK |
| 7. veľmi neskoré | nad 180 | nad 2900 | ALI, A, EZ MŽ, FU, GK, LI |

Cieľ práce

Cieľom dizertačnej práce bolo stanovenie energetickej a vlhovej zabezpečnosti, fenologických pomerov a produkčného potenciálu viniča hroznorodého k referenčnému časovému radu rokov 1951-1980 a zmien uvedených charakteristík vplyvom meniacej sa klímy k časovým horizontom rokov 2010, 2030 a 2075 na Slovensku.

Ciele pre prvú etapu riešenia:

1. Vytvoriť databázu meteorologických a fenologických údajov z 26 klimatických staníc na Slovensku

2. Vytypovať najoptimálnejšie ukazovatele hodnotenia energetickej a vlhovej zabezpečenia viniča.
3. Vytypovať dva vinohradnícke rajóny (lokality) pre hodnotenie produkčného potenciálu a fenologických pomerov viniča

Ciele pre druhú etapu riešenia:

1. Celoplošne na území Slovenska k referenčnému časovému radu rokov 1951-1980 a k budúcim časovým horizontom rokov 2010, 2030 a 2075 prehodnotiť vinič hroznorodý z hľadiska:
 - energetickej a vlhovej zabezpečenia
 - fenologických pomerov
 - produkčného potenciálu
2. Lokálne na vytypovanom vinohradníckom rajóne (lokality) zhodnotiť produkčný potenciál viniča
3. Lokálne na vytypovanom vinohradníckom rajóne (lokality) prehodnotiť metodiku fenologických meraní a pozorovaní viniča.

Materiál a metodika

Práca tematicky nadväzuje na ČU 02 VTP 2719 riešeného v rokoch 1997 - 2001 a GP 1/8172/01 riešeného v rokoch 2001 - 2003 na Katedre biometeorológie a hydrológie FZKI SPU v Nitre. Priestorovo bolo riešenie problematiky lokalizované:

- celoplošne na vinohradnícky región Slovenska; priestorové a časové hodnotenie charakteristík energetickej a vlhovej zabezpečenia, fenologických pomerov a produkčného potenciálu viniča
- na hlohovecký vinohradnícky rajón - vinohradnícka obec Hlohovec; analýza miestnych aktuálnych a potenciálnych úrod viniča
- na radošínsky vinohradnícky rajón - vinohradnícka obec Radošina; analýza miestnych aktuálnych fenologických pomerov

Agroklimatické začlenenie záujmových území

A) Vinohradnícky región Slovenska

Vinohradnícky región Slovenska sa podľa agroklimatických ukazovateľov (Kurpelová-Coufal-Čulík, 1975) priestorovo rozprestiera na nasledovných územných celkoch:

- Agroklimatická **makrooblasť teplá** ($\sum T_{10} = 2\,400 - 3\,100\text{ °C}$)
- Agroklimatická **oblasť veľmi teplá** ($\sum T_{10} = 3\,000\text{ °C}$ a viac), kde sú teplotné podmienky priaznivé pre pestovanie kultúr náročných na teplo. Dostatok tepla je tu pre skoré odrody viniča s viac ako 90 % zabezpečenosťou), neskorým odrodám však hrozí v 40 - 60 % rokov nedozretie. **oblasť prevažne teplá** ($\sum T_{10} = 2\,800 - 3\,000\text{ °C}$) je pre vinič hornou hranicou pestovania, pričom iba skoré odrody možno pestovať s 80 % zabezpečenosťou dozretia v priaznivých expozičných a pôdnych podmienkach. Vinič sa u nás výnimočne pestuje i v **oblasti dostatočne teplej** ($\sum T_{10} = 2\,600 - 2\,800\text{ °C}$)
- Agroklimatická **podoblasť veľmi suchá** ($K_{VI-VIII} = 150\text{ mm}$ a viac) až **prevažne suchá** ($K_{VI-VIII} = 100 - 150\text{ mm}$). Vlhová bilancia najsuchšej podoblasti - **veľmi suchej** je v dlhodobom priemere i v jednotlivých rokoch kladná. To znamená, že príjem vlhky v podobe zrážok cez leto je menší ako výdaj. Zásoba vlhky na začiatku jari býva v priemere 150 - 160 mm a v jarných mesiacoch v apríli až máji sa pri zvyšovaní

radiačnej bilancie a sýtostného doplnku prejavuje už nedostatok vlhky (60 - 90 mm). V **oblasti prevažne suchej** na konci zimy činí prebytok vlhky 170 až 200 mm. V jarnom období je nedostatok vlhky 50 až 70 mm.

- Agroklimatický **okrsok prevažne miernej zimy** ($T_{\min} \geq -18,0$ °C). Z hľadiska podmienok prezimovania patrí k najpriaznivejším. Iba 1-2 krát za 10 rokov sa vyskytuje teplotné minimum nižšie ako $-20,0$ °C. Niektoré vinohradnícke oblasti patria do **okrsku pomerne miernej zimy** ($T_{\min} = -18,0$ °C až $-20,0$ °C). V tomto prípade býva na jeho hornej hranici absolútne minimum pod $-20,0$ °C už každý druhý rok, takže vhodné podmienky na pestovanie teplomilných ovocných druhov ale aj viniča sa nachádzajú iba vo výhodných expozičných polohách. Len malá časť vinohradníckych rajónov zasahuje okrajovo do **okrsku mierne chladnej zimy** ($T_{\min} = -20,0$ °C až $-22,0$ °C).

Geograficky zasahuje do n. v. cca 200 m, regionálne sem patria nížiny Záhorská, Podunajská, Východoslovenská, ďalej nízko položené kotliny: Ipeľská, Lučenská, Rimavská a zo stredne položených kotlín: Hornonitrianska, Žiarska, Pliešovská, Zvolenská a Rožňavská.

B) Experimentálna lokalita - vinohradnícka obec Hlohovec

Experimentálna lokalita vinohradnícka obec Hlohovec sa nachádza v Malokarpatskej vinohradníckej oblasti na južne exponovanom svahu pohoria Považský Inovec v nadmorskej výške 170 m. Podľa agroklimatického členenia lokalita patrí do:

- Agroklimatickej **makrooblasti teplej** ($\sum T_{10} = 2\,400 - 3\,100$ °C)
- Agroklimatickej **oblasti prevažne teplej** ($\sum T_{10} = 2\,800 - 3\,000$ °C). Pre vinič hroznorodý je to horná hranica možného pestovania, pričom iba skoré odrody sú teplotne zabezpečené s 80 % pravdepodobnosťou výskytu požadovaných teplotných súm.
- Agroklimatickej **oblasti veľmi suchej** ($K_{VI-VIII} \geq 150$ mm). Na Slovensku patrí k najsuchším, v dlhodobom priemere chýba v letných mesiacoch až 150 mm vlhky. Nedostatok vlhky sa začína prejavovať už v apríli a máji.
- Agroklimatického **okrsku prevažne miernej zimy** ($T_{\min} > -18,0$ °C). Z hľadiska podmienok prezimovania patrí k najpriaznivejším. Iba 1-2 krát za 10 rokov sa vyskytuje teplotné minimum nižšie ako $-20,0$ °C

Klimatické podklady k analýzám boli získané z Agrometeorologickej stanice Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, priamočiaro vzdialenej 12 km a ležiacej v rovnakej nadmorskej výške ako experimentálna plocha.

C) Experimentálna lokalita - vinohradnícka obec Radošina

Experimentálna lokalita vinohradnícka obec Radošina sa z geografického hľadiska nachádza v severovýchodnej časti západného Slovenska na rozhraní pohoria Považský Inovec a Nitrianskej pahorkatiny. Zemepisná poloha je charakterizovaná súradnicami $17^{\circ} 56'$ a $48^{\circ} 33'$ a nadmorskou výškou 230 m.

Podľa agroklimatického členenia Slovenskej republiky lokalita patrí do:

- Agroklimatickej **makrooblasti teplej** ($\sum T_{10} = 2\,400 - 3\,100$ °C)
- Agroklimatickej **oblasti dostatočne teplej** ($\sum T_{10} = 2\,600 - 2\,800$ °C). Pre vinič hroznorodý je to horná hranica možného pestovania, pričom iba skoré odrody sú teplotne zabezpečené s 80 % pravdepodobnosťou výskytu požadovaných teplotných súm.

- Agroklimatickej **podoblasti veľmi suchej** ($K_{VI-VIII} \geq 150$ mm). Na Slovensku patrí k najsuchším, v dlhodobom priemere chýba v letných mesiacoch 150 mm vlahy. Nedostatok vlahy sa začína prejavovať už v apríli a máji.
- Agroklimatického **okrsku mierne chladnej zimy** ($T_{\min} = -20,0$ až $-22,0$ °C). V tomto okrsku je výskyt absolútneho minima pod $-20,0$ °C v 5 až 8 rokoch z 10-tich, čo poskytuje málo vhodné podmienky pre prezimovanie ovocných druhov a viniča. Absolútne minimum pod $-25,0$ °C sa vyskytuje iba raz za 10 rokov.

Modelové odrody viniča hroznorodého

Pre celoplošné analýzy energetickej a vlhovej zabezpečivosti, fenologických pomerov a produkčného potenciálu na vinohradníckom regióne Slovenska a na lokalite Hlohovec bola vytypovaná odroda viniča Rizling vlašský.

Na lokalite Radošina boli fenologické pomery analyzované na odrode Veltlínske červené skoré.

Agroklimatické analýzy

Klimatické podklady (teplota vzduchu, globálne žiarenie, atmosférické zrážky) potrebné k analýzám sme získali z archívu Slovenského hydrometeorologického ústavu v Bratislave za referenčný časový rad rokov 1951-1980.

K časovému a priestorovému rozloženiu agroklimatických a biologických charakteristík bolo na Slovensku vytypovaných 26 klimatických staníc tak, aby horizontálne i vertikálne pokrývali všetky časti územia k predpokladanému pestovaniu viniča hroznorodého.

Vybrané meteorologické stanice boli zvolené tak, aby ich počet a rozloženie na území Slovenska zodpovedali čo najširšiemu spektru možných podmienok. To znamená, že korešpondujú so širokým intervalom nadmorských výšok a zemepisných polôh.

Agroklimatické charakteristiky boli analyzované za vegetačné obdobie viniča (VOV) ohraničené nástupom a ukončením $T \geq 10,0$ °C.

Scenáre klimatickej zmeny

Predpokladané zmeny agroklimatických, ale aj biologických a fenologických charakteristík k časovým horizontom 2010, 2030 a 2075 sme stanovili matematicko-štatisticky podľa scenárov klimatických zmien, ktoré pre naše územie spracovali Lapin, Nieplová, Faško. Špecifickým podmienkam Slovenska najlepšie zodpovedajú scenáre modelu CCCM (Canadian Climate Centre Model). Scenáre zmeny teploty, zrážok a slnečného žiarenia podávajú tab.2, 3 a 4.

Tab. 2 Scenár zmien teploty podľa modelu CCCMprep30

| CCCM _{prep30} | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Rok |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T 2010 | 0,76 | 0,75 | 0,97 | 0,71 | 0,32 | 0,66 | 1,05 | 1,06 | 1,01 | 1,12 | 1,15 | 0,96 | 0,88 |
| T 2030 | 1,33 | 1,49 | 1,55 | 1,04 | 0,78 | 1,19 | 1,43 | 1,45 | 1,57 | 1,60 | 1,48 | 1,35 | 1,35 |
| T 2075 | 2,59 | 2,90 | 2,80 | 2,22 | 2,16 | 2,82 | 3,40 | 3,68 | 3,59 | 3,27 | 2,88 | 2,54 | 2,90 |

T – teplota v rokoch 2010, 2030, 2075; odchýlka v °C

Tab. 3 Scenár zmien úhrnu zrážok podľa modelu CCCMprep30

| CCCM _{prep30} | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Rok |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| R 2010 | 0,981 | 1,002 | 1,042 | 1,022 | 1,027 | 1,069 | 0,995 | 0,893 | 0,885 | 0,969 | 1,050 | 1,024 | 1,001 |
| R 2030 | 1,026 | 1,044 | 1,078 | 1,068 | 1,073 | 1,095 | 1,013 | 0,932 | 0,933 | 1,031 | 1,129 | 1,083 | 1,038 |
| R 2075 | 1,179 | 1,151 | 1,088 | 1,031 | 1,003 | 0,964 | 0,935 | 0,924 | 0,898 | 0,992 | 1,176 | 1,217 | 1,035 |

R – úhrn zrážok v rokoch 2010, 2030, 2075; odchýlka (koeficient)

Tab. 4 Scenár zmien sumy globálneho žiarenia podľa modelu CCCM_{prep30}

| CCCM _{prep30} | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Rok |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| G 2010 | 0,981 | 1,002 | 1,042 | 1,022 | 1,027 | 1,069 | 0,995 | 0,893 | 0,885 | 0,969 | 1,050 | 1,024 | 1,001 |
| G 2030 | 1,026 | 1,044 | 1,078 | 1,068 | 1,073 | 1,095 | 1,013 | 0,932 | 0,933 | 1,031 | 1,129 | 1,083 | 1,038 |
| G 2075 | 1,179 | 1,151 | 1,088 | 1,031 | 1,003 | 0,964 | 0,935 | 0,924 | 0,898 | 0,992 | 1,176 | 1,217 | 1,035 |

G – sumy globálneho žiarenia v rokoch 2010, 2030, 2075; odchýlka (koeficient)

Kartografické spracovanie rajonizácie viniča hroznorodého

Vstupné dáta

Dáta pre riešenie kartografického výstupu nám poskytla Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP) v digitalizovanej podobe a niektoré sme vytvorili digitalizáciou starších už existujúcich máp.

Podľa podkladových máp súm teplôt za hlavné vegetačné obdobie (HVO) sme zostavili mapy teplotnej zabezpečenia viniča hroznorodého na Slovensku pre roky 1951-80 a časové horizonty 2010, 2030, 2075. Pri zakresľovaní izolínií do máp sme použili metódu interpolácie. Ako modelová odroda bol spracovaný Rizling vlašský, ktorá sa zaraďuje medzi stredne neskoré až neskoré odrody s požiadavkou na termickú konštantu (sumu teplôt) 2800 °C. Po interpolácií a zakreslení hraníc možného pestovania tejto odrody na Slovensku, sme ich následne digitalizovali programom ArcView GIS 3.2

Využitím ďalších vrstiev (shape files) a ich vzájomnou kombináciou sme hodnotili ukazovatele rajonizácie v programe ArcView. K tomu boli použité nasledovné vrstvy:

- vrstevnice nadmorskej výšky 200 m
- vrstevnice nadmorskej výšky 300 m
- vrstevnice nadmorskej výšky 400 m
- vrstevnice nadmorskej výšky 500 m
- lesy SR
- pôdne typy
- vinohradnícke oblasti
- priemerné ročné úhrny potenciálnej evapotranspirácie (1961-1990)
- priemerné ročné úhrny zrážok (1961-1990)
- priemerné ročné sumy globálneho žiarenia (1961-1990)
- priemerná ročná teplota vzduchu (1961-1990)

Agroklimatické a geografické pomery Slovenska

Rajonizáciu viniča hroznorodého podľa matematických analýz sme doplnili aj o kartografické spracovanie pomocou počítačového programu ArcView GIS.

Prostredníctvom Geografického informačného systému (GIS) sme analyzovali celé územie Slovenskej republiky z pohľadu vhodnosti na pestovanie viniča hroznorodého v súčasnosti a k budúcim časovým horizontom 2010, 2030 a 2075 pri zmene klímy podľa scenárov CCCM.

S ArcView je možné načítať ľubovoľné dáta, ktoré sú prepojené s geografickými miestami a zobraziť ich ako mapy, grafy, tabuľky (Šimonides, 2000). Údaje sú editovateľné, je možné meniť spôsob ich zobrazenia, pridať nové a vytvoriť svoje vlastné dáta, ktoré sa ďalej analyzujú štatisticky aj priestorovo. Výsledné informácie sú prezentované týmto programom ako kvalitné grafické výstupy, určené k tlači alebo publikovaniu v digitálnej podobe.

Fenologické pozorovania

Fenofázy sme sledovali podľa najnovšej rozšírenej fenologickej stupnice BBCH.

Tab. 5 Popis rastových štádií viniča hroznorodého

| Kód | Popis |
|---|--|
| Makroštádium 0: Vývoj púčika a pučanie | |
| 00 | Vegetačný pokoj: zimné púčiky špicaté až okrúhle; svetlo alebo tmavo hnedé podľa kultivaru; púčikové šupiny viac alebo menej zatvorené v závislosti od kultivaru |
| 01 | Začiatok nadúvania púčikov: púčiky sa začínajú vo vnútri pod púčikovými šupinami rozpínať |
| 03 | Koniec nadúvania púčikov: púčiky zväčšené, ale ešte nie zelené |
| 05 | "Fáza vlny": hnedá "vlna" viditeľná |
| 07 | Začiatok praskania púčika: jemne viditeľné zelené špičky letorastov |
| 09 | Púčik prasknutý: zelené končeky letorastov jasne viditeľné |
| Makroštádium 1: Vývin listov | |
| 11 | Prvý list je rozvinutý a rozprestiera sa von od letorastu |
| 12 | Dva listy rozvinuté |
| 13 | Tri listy rozvinuté |
| 1. | Štádiá od štvrtého až do ôsmeho rozvinutého listu |
| 19 | Deväť alebo viac listov rozvinutých |
| Makroštádium 5: Vývin kvetenstva | |
| 53 | Základy súkvetí jasne viditeľné |
| 55 | Základy súkvetí sa nadúvajú, kvety tesne stlačené k sebe |
| 57 | Základy súkvetí plne vyvinuté, kvety sa oddeľujú |
| Makroštádium 6: Kvitnutie | |
| 60 | Prvé kvetné čiapočky sa oddaľujú od kvetného kalicha |
| 61 | Začiatok kvitnutia: 10% kvetných čiapočiek opadnutých |
| 62 | 20 % kvetných čiapočiek opadnutých |

| | |
|-----------|---|
| 63 | Skoré kvitnutie: 30 % kvetných čiapočiek opadnutých |
| 64 | 40 % kvetných čiapočiek opadnutých |
| 65 | Plné kvitnutie: 50 % kvetných čiapočiek opadnutých |
| 66 | 60 % kvetných čiapočiek opadnutých |
| 67 | 70 % kvetných čiapočiek opadnutých |
| 68 | 80 % kvetných čiapočiek opadnutých |
| 69 | Koniec kvitnutia |

Pokračovanie Tab. 5

| Kód | Popis |
|---|--|
| Makroštádium 7: Vývin bobúľ | |
| 71 | Násada plodov: mladé plody sa začínajú nadúvať, pozostatky častí odkvitnutých kvetov |
| 73 | Bobule veľkosti obilky, strapce začínajú ovisieť |
| 75 | Bobule veľkosti hrachu, strapce ovisnuté |
| 77 | Bobule sa začínajú dotýkať |
| 79 | Väčšina bobúľ sa dotýka |
| Makroštádium 8: Dozrievanie plodov | |
| 81 | Začiatok dozrievania: bobule začínajú nadobúdať farbu špecifickú pre danú odrodu |
| 83 | Bobule sa vyfarbujú |
| 85 | Mäknutie bobúľ |
| 89 | Bobule zrelé pre zber |
| Makroštádium 9: Vegetačný pokoj | |
| 91 | Po zbere: koniec vyzrievania dreva |
| 92 | Začiatok straty listového farbiva |
| 93 | Začiatok opadávania listov |
| 95 | 50 % listov opadnutých |
| 97 | Koniec opadávania listov |
| 99 | Ukončenie vegetácie - začiatok zimného odpočinku |

Fenofázy sme sledovali v 2 - 5 dňových intervaloch (podľa potreby) počas celého vegetačného obdobia roka 2003 od pučania až do opadu listov. Sledovanou odrodou je *'Veltlínske červené skoré'* (VČS) v Radošinskom vinohradníckom rajóne.

Počas celého obdobia vegetácie bola spracovávaná fotodokumentácia, z ktorej sme zostavili obrazovú schému - atlas fenologických fáz viniča hroznorodého podľa BBCH-škály.

Výsledky práce

Analyza agroklimatických charakteristík odrody *'Rizling vlašský'*

Regionálna charakteristika teplotných pomerov

Teplota ako základná charakteristika energetickej zložky prostredia podmieňuje také životné funkcie viniča hroznorodého ako je fotosyntéza, dýchanie, príjem živín, transpirácia a iné, teda tie ktoré rozhodujú o produkcii organickej hmoty – úrode.

Charakteristiky teploty boli preto povýšené do úrovne ukazovateľov všeobecnej poľnohospodárskej, ale aj špeciálnej – vinohradníckej výroby. Predpokladané otepľovanie

výrazne ovplyvní aj súčasnú regionalizáciu vinohradníctva a pásmovitost' rozmiestnenia jednotlivých odrôd viniča.

Z charakteristík teploty vzduchu pre účely analýz produkčného procesu rastlín a v nadväznosti ich možnej regionalizácie sa najčastejšie používa suma priemerných denných teplôt vzduchu ($\sum T$) za obdobie ohraničené nástupom a ukončením priemernej dennej teploty vzduchu $T \geq 10,0$ °C. Obdobie ohraničené $T \geq 10,0$ °C sa všeobecne označuje pojmom hlavné vegetačné obdobie (HVO), ktoré sa v podstate zhoduje s vegetačným obdobím viniča (VOV). Ak sa za toto obdobie nahromadí požadovaná suma teplôt, potrebná na dozretie viniča, v tom prípade sa táto teplotná suma označuje pojmom vegetačná termická konštanta (VTK). V našom popise budeme pre zjednodušenie ďalej používať označenie $\sum T$ VOV.

Modelová odroda '*Rizling vlašský*' vyžaduje pre úspešné pestovanie na danej lokalite vegetačnú termickú konštantu rovnajúcu sa alebo vyššiu ako 2800 °C (šedé polia v tab. 4.1).

Všeobecne platí pokles $\sum T$ VOV s rastúcou nadmorskou výškou, ale súčasne vzostup teplôt k časovým horizontom rokov 2010, 2030 a 2075. Na základe analytických funkčných vzťahov medzi $\sum T$ VOV a nadmorskou výškou možno stanoviť hranice posunu zabezpečenia produkčného procesu '*Rizlingu vlašského*' nasledovne:

$\sum t$ VOV: ≥ 2800 °C

| | | |
|---------|-----------|---------------------------|
| Za roky | 1951-1980 | do nadmorskej výšky 170 m |
| k roku | 2010 | do nadmorskej výšky 290 m |
| k roku | 2030 | do nadmorskej výšky 375 m |
| k roku | 2075 | do nadmorskej výšky 490 m |

K najpriaznivejším vinohradníckym oblastiam pre skupinu neskorých až veľmi neskorých odrôd patria územia v nadmorských výškach cca 110 - 200 m. Patria sem Záhorská nížina Podunajská nížina a Východoslovenská nížina.

Postupná zmena pásmovitosti pestovateľských plôch nastáva v rokoch 2010, 2030 a 2075. Je tu podstatný posun možného pestovania modelovej odrody do vyšších nadmorských polôh. K roku 2010 je to do nadmorskej výšky 290 m, k roku 2030 do 375 m a k roku 2075 do 490 m.

V nadväznosti na regionalizáciu viniča podľa sumy teplôt vyjadrenej vegetačnou termickou konštantou, možno posun hranice pestovania viniča hroznorodého definovať aj nadmorskou výškou. Nadmorská výška zodpovedá v daných časových horizontoch určitým charakteristikám energetickej bilancie, ktoré musia dosahovať požadované hodnoty na úspešné pestovanie viniča. So zmenou nadmorskej výšky v budúcnosti dôjde súčasne aj k posunu hranice vinohradníckeho regiónu do severnejších oblastí Slovenska. Pre modelovú odrodu '*Rizling vlašský*' boli tieto zmeny pre roky 1951 - 1980 a k rokom 2010, 2030 a 2075 zdigitalizované podľa teplotných nárokov analyzovanej odrody viniča a vyjadrené v kartografickej podobe. Pri vzájomnom porovnaní zostrojených máp môžeme vyvodiť záver, že posuny pestovania odrody '*Rizling vlašský*' zistené výpočtami sa zhodujú so zistením pomocou ArcView v grafickej podobe. Severná hranica pre modelovú odrodu v období 1951 - 1980 zodpovedá približne nadmorskej výške 200 m, pre obdobie 2010 nadmorská výška 300 m, pre obdobie 2030 nadmorská výška 400 m a roku 2075 nadmorská výška 500 m. Všetky vyššie uvedené vrstvy sú v digitálnej podobe (shape files) a preto v programe ArcView navzájom ľubovoľne kombinovateľné.

Regionálna charakteristika radiačných pomerov

Slnčné žiarenie dopadajúce na zemský povrch je základným zdrojom energie pre všetky fyziologické a biochemické procesy, odohrávajúce sa v ekosystémoch pri produkcii organickej hmoty.

Dopad radiačnej energie na zemský povrch závisí od nadmorskej výšky stanovišťa, expozície, oblačnosti a trvania vegetačnej periódy rastliny.

V budúcich časových horizontoch sa podľa scenárov klimatickej zmeny očakáva nárast sumy fotosynteticky aktívneho žiarenia. Napr. pre Hurbanovo bude tento vzostupný trend z hodnoty 446 na 503 kWh.m⁻², t.j. o 13 %. Tieto hodnoty súm fotosyntetického žiarenia boli použité v ďalších výpočtoch pre stanovenie produkčného potenciálu viniča hroznorodého.

Regionálna charakteristika zrážkových pomerov

Voda je základnou stavebnou zložkou rastlinných orgánov v ktorých plní významné životné funkcie. V bunkách rastlín vytvára disperzné prostredie pre koloidné plazmy, v ktorých prebiehajú všetky biochemické procesy látkovej výmeny, rastu a ďalšie procesy ich životnej činnosti. Voda sprostredkováva transport živín i vznikajúcich zlúčenín. Významnou je tiež jej termoregulačná funkcia. Voda má preto v agroklimatickej rajonizácii nezastupiteľnú funkciu.

Podľa modelu CCCM predpoklady zmien zrážkových úhrnov jednotlivých mesiacov roka nie sú rovnaké. Pre mesiace letného polroka sa predpokladá prevažne pokles úhrnov zrážok, pre mesiace zimného polroka opačne vzrast. Rozdiely v úhrnoch zrážok sú tiež určené nadmorskou výškou hodnoteného územia. Pre nižšie polohy (juh) platia väčšie poklesy zrážok ako pre vyššie nadmorské polohy (sever).

Pri hodnotení zrážkových úhrnov za VOV pôsobí, podobne ako aj pri ostatných charakteristikách, faktor času. Za predlžujúce sa vegetačné periódy nahromadí sa vyšší zrážkový úhrn, ktorý však v konečnom dôsledku prehľbuje deficit zrážok vzhľadom k zvyšujúcej sa teplote a výparu.

Pri zvyšujúcich sa teplotách bude dochádzať k deficitu zrážok a je potrebné zohľadniť použitie doplnkovej závlahy. Pri zrážkach je veľmi dôležité aj ich časové rozloženie podľa priebehu jednotlivých fenologických fáz, ktoré majú rôzne nároky na ich množstvo.

Regionálna charakteristika potenciálnej evapotranspirácie

Informácie o rozložení výparu z povrchu pôdy a rastlín (evapotranspirácii) sú dôležitým vstupným údajom pre celý rad projektových akcií realizovaných aj v poľnohospodárstve.

Aj v tomto prípade pôsobí časový faktor, ktorý pri predlžujúcom sa VOV zvyšuje aj úhrn E₀. Potenciálna evapotranspirácia sa však bude v budúcich časových horizontoch, vďaka zvyšujúcej sa teplote zvyšovať bez zohľadnenia faktor

Analýza fenologických pomerov

Regionálna analýza fenologických pomerov

Časový priebeh životných prejavov rastlín – fenofáz ovplyvňujú hlavne teplota a voda. Zmeny teploty, úhrnov zrážok, ale aj iných faktorov prostredia menia nástupy fenofáz a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období plodín.

Fenologické pomery a hlavne dĺžka vegetačnej periódy viniča hroznorodého patria k významným ukazovateľom regionalizácie a agroklimatickej rajonizácie.

Pre vegetačné obdobie viniča všeobecne platí uskorenie nástupu a oneskorenie ukončenia vegetačného obdobia a tým aj jeho predĺženia.

Keďže za prahovú hodnotu aktívnej vegetácie odrody viniča *'Rizling vlašský'* je považovaná teplota 10,0 °C, dátumy ohraničujú nielen hlavné vegetačné obdobie (HVO), ale vymedzujú aj vegetačné obdobie viniča (VOV). Za toto obdobie sme vypočítali dátum

nástupu, ukončenia a dĺžku trvania vegetačného obdobia pre každú stanicu a časový horizont. Podľa sumy aktívnych teplôt potom možno definovať pre jednotlivé lokality okruh odrôd, ktoré sú schopné v daných teplotných podmienkach priniesť hospodársku úrodu.

Lokálna analýza fenologických pomerov (lokalita: Radošina)

Fenologické fázy rastlín - ich nástup, ukončenie a priebeh, sú výrazne ovplyvnené faktormi prostredia. Z toho dôvodu je zrejmé, že klimatická zmena bude zasahovať aj do fenologických pomerov viniča. V Nitrianskej vinohradníckej oblasti v radošinskom rajóne sme v roku 2003 sledovali priebeh fenofáz podľa BBCH škály na modelovej odrode 'Veltlínske červené skoré'.

Sumy teplôt a dátumy nástupu hlavných fenologických fáz, definovaných podľa doterajšej praxe podáva tab. 6. V tabuľke sú uvedené nielen výsledky priameho pozorovania, ale aj výpočtom a pomocou scenára klimatickej zmeny zistené posuny nástupu a priebehu fenofáz. Dátumy nástupu všetkých fenologických fáz, tak ako ich stanovuje podrobnejšia BBCH škála, sú uvedené v tab. 7.

Tab. 6 Nástup fenofáz v Radošine v roku 2003 a k rokom 1951-80, 2010, 2030 a 2075

| P. č. | Fenologická fáza | 1951-1980 | 2010 | 2030 | 2075 | 2003 |
|-------|--------------------|-----------|--------|--------|---------|--------|
| 1 | Slzenie | 22.III | 18.III | 15.III | 8.III | 30.III |
| 2 | Pučanie | 19.IV | 15.IV | 12.IV | 5.IV | 27.IV |
| 3 | Deviaty list | 27.V | 23.V | 20.V | 12.V | 27.V |
| 4 | 10 % kvitnutie | 4.VI | 31.V | 27.V | 19.V | 2.VI |
| 5 | 50 % kvitnutie | 8.VI | 4.VI | 31.V | 23.V | 5.VI |
| 6 | 90 % kvitnutie | 14.VI | 10.VI | 6.VI | 29.V | 9.VI |
| 7 | Veľkosť hrášku | 26.VI | 22.VI | 18.VI | 9.VI | 19.VI |
| 8 | Začiatok dotýkania | 2.VII | 28.VI | 24.VI | 15.VI | 25.VI |
| 9 | Mäknutie bobúľ | 6.VIII | 31.VII | 27.VII | 16.VII | 27.VII |
| 10 | Zber | 29.IX | 16.IX | 10.IX | 24.VIII | 7.IX |

V tab. 6 sú okrem výsledkov pozorovaní fenofáz v roku 2003 aj zaradené vypočítané dátumy nástupov pre roky 1951 - 1980 a k časovým horizontom rokov 2010, 2030 a 2075. Z tabuľky pre lokalitu Radošina vyplýva, že v budúcnosti bude dochádzať k skorším nástupom jednotlivých fenofáz a ich rýchlejšiemu priebehu. Je evidentný posun dátumu zberu do skorších termínov. V roku 2010 je to o 13 dní skôr ako pre obdobie 1951 - 1980, o 19 dní v roku 2030 a o 36 dní v roku 2075. Rovnako aj nástup vegetácie sa mení. Fenofáza pučania (nástup $t \geq 10^{\circ}\text{C}$) sa posúva do skorších termínov o 4 dni v roku 2010, o 7 dní v roku 2030 a o 14 dní v roku 2075. Tiež nastávajú zmeny v celkovej dĺžke vegetačného obdobia (od pučania do zberu). V rokoch 1951 - 1980 má tento interval dĺžku 163 dní, 154 dní v roku 2010, 151 dní v roku 2030 a 141 dní v roku 2075.

K týmto teoretickým výpočtom pre budúce časové horizonty sú pre porovnanie pripojené i skutočné termíny fenofáz pozorované v roku 2003 v Radošine. V roku 2003 na danej lokalite prevládalo počas vegetácie extrémne teplé a suché počasie, čo z pohľadu pestovania viniča možno považovať za extrém. Dátum zberu je približne na úrovni roku 2030. Celková dĺžka obdobia od pučania do zberu je len 133 dní. To je spôsobené veľmi teplými až mimoriadne teplými a veľmi suchými letnými mesiacmi (máj až august).

Tab. 7 Tabuľka nástupu fenofáz odrody 'Veltlínske červené skoré' v Radošine v roku 2003 podľa škál: BBCH, GALATI a Lorenz

| BBCH | Galati | Lorenz | Popis fenofáz viniča hroznorodého | Dátum |
|---------------------------------|--------|--------|---|--------|
| 0 Vývoj púčika a pučanie | | | | |
| 00 | 0 | 01 | Dormancia | - |
| 00.1 | 1 | | Slzenie | 30.III |
| 01 | | 02 | Začiatok zväčšovania sa púčikov | 1.IV |
| 03 | | | Koniec zväčšovania púčikov | 13.IV |
| 05 | | 03 | „Fáza vlny“ | 22.IV |
| 07 | | | Začiatok prasknutia púčika | 25.IV |
| 08 | 2 | 05 | Prasknutie púčika | 27.IV |
| 1 Vývoj listov | | | | |
| 11 | | 07 | Prvý list rozvinutý | 1.V |
| 12 | | | Druhý list rozvinutý | 3.V |
| 13 | | 09 | Tretí list rozvinutý | 5.V |
| 14 | | | Štvrtý list rozvinutý | 8.V |
| 15 | | 12 | Piaty list rozvinutý | 10.V |
| 16 | | | Šiesty list rozvinutý | 13.V |
| 17 | | | Siedmy list rozvinutý | 17.V |
| 18 | | | Ôsmy list rozvinutý | 22.V |
| 19 | 3 | | Deviaty list rozvinutý | 27.V |
| 5 Vývin kvetenstva | | | | |
| 53 | | | Základy súkvetí jasne viditeľné | 4.V |
| 55 | | 15 | Základy súkvetí sa nadúvajú | 10.V |
| 57 | 0 | 17 | Základy súkvetí plne vyvinuté | 29.V |
| 6 Kvitnutie | | | | |
| 60 | | | Prvé kvetné čiapočky sa odd'ávajú od kvetného kalicha | 1.VI |
| 61 | 4 | 19 | Začiatok kvitnutia: 10% kvetných čiapočiek opadnutých | 2.VI |
| 62 | | | 20 % kvetných čiapočiek opadnutých | 3.VI |
| 63 | | 21 | Skoré kvitnutie: 30 % kvetných čiapočiek opadnutých | 4.VI |
| 64 | | | 40 % kvetných čiapočiek opadnutých | 5.VI |
| 65 | | | Plné kvitnutie: 50 % kvetných čiapočiek opadnutých | 5.VI |
| 66 | | | 60 % kvetných čiapočiek opadnutých | 6.VI |
| 67 | | | 70 % kvetných čiapočiek opadnutých | 7.VI |
| 68 | | 25 | 80 % kvetných čiapočiek opadnutých | 8.VI |
| 69 | | | Koniec kvitnutia | 9.VI |
| 7 Vývin bobúľ, strapcov | | | | |
| 71 | | 27 | Násada plodov: mladé plody sa začínajú nadúvať | 10.VI |
| 73 | | 29 | Bobule veľkosti obilky, strapce začínajú ovisieť | 14.VI |
| 75 | 7 | 31 | Bobule veľkosti hrachu, strapce ovisnuté | 19.VI |
| 77 | 8 | 33 | Bobule sa začínajú dotýkať | 25.VI |
| 79 | | | Väčšina bobúľ sa dotýka | 6.VII |
| 8 Dozrievanie bobúľ | | | | |
| 81 | | | Začiatok dozrievania | 16.VII |
| 83 | | | Bobule sa vyfarbujú | 24.VII |
| 85 | 9 | | Mäknutie bobúľ | 27.VII |
| 89 | | 38 | Bobule zrelé pre zber | 7.IX |
| 9 Starnutie | | | | |
| 91 | | 41 | Po zbere: koniec vyzrievania dreva | 7.XII |
| 92 | | | Začiatok straty listového farbiva | 25.IX |
| 93 | | | Začiatok opadávania listov | 19.X |
| 95 | | | 50 % listov opadnutých | 26.X |
| 97 | | | Koniec opadávania listov | 30.X |
| 99 | | | Ukončenie vegetácie - začiatok zimného odpočinku | - |

V roku 2003 je nástup fenofázy slzenia a pučania výrazne posunutý do neskorších termínov v porovnaní s teoretickými výpočtami ostatných časových horizontov. Tento jav

môže byť spôsobený viacerými faktormi. Pre výpočty bola použitá priemerná prahová teplota pučania 10,0 °C, tak ako ju uvádzajú viacerí autori. (Kraus, 1967; Vereš, 1984; Hronský, 2000).

Z konkrétnych hodnôt priemerných denných teplôt vzduchu pre rok 2003 v Radošine vyplýva, že teplotný prah pučania odrody 'Veltlínske červené skoré' je vyšší - 12,0 °C. To sa zhoduje i s názorom Pospíšilovej (1981), ktorá pri danej odrode uvádza, že hoci rozkvitá medzi prvými odrodami, pučí neskoro na jar. Ďalší faktor, ktorý spôsobil neskorší nástup slzenia a pučania, sa môže pripísať chladnejšiemu a mimoriadne suchému počasiu v jarných mesiacoch (február až apríl). Nástup slzenia viniča závisí v prvom rade od teploty pôdy (6,0 - 8,0 °C), od odrody ale tiež i od vlhkosti pôdy (Kraus, 1967).

Na priebehu fenofáz roku 2003 sa výrazne prejavil vplyv klimatických podmienok. Podľa neho od februára do októbra sa nevyskytlo vlhké obdobie s výnimkou, mesiaca júl. Z celkového zrážkového úhrnu v júli (87 mm) však až 94 % zrážok (81 mm) spadlo v priebehu len 13 dní. Uvedené skutočnosti mali pozitívny vplyv na priebeh fenofáz, vyzrievanie plodov a výrazne sa podieľali na nízkom infekčnom tlaku najväznejších hubových ochorení.

Súčasťou doktorandskej práce je aj atlas fenologických fáz, ktorý bol zostavený z fotografického materiálu vyhotoveného počas fenologických pozorovaní v Radošine v roku 2003 na modelovej odrode 'Veltlínske červené skoré'. Obrazové, textové a ostatné časti doktorandskej práce sú spracované aj v digitálnej podobe ako jej súčasť vo forme multimediálneho CD a sú publikované spoločne s podrobnejšími materiálmi rozširujúcimi okruh danej problematiky na webovej stránke doktoranda (www.galik.sk).

Analýza produkčného potenciálu a aktuálnej produkcie

Regionálna analýza produkčného potenciálu

Zvyšujúcim sa hodnotám fotosynteticky aktívneho žiarenia zodpovedá aj úmerné zvyšovanie produkčného potenciálu. Potenciálnu úrodu fytomasy sme zhodnotili pre 26 lokalít Slovenska. Z výpočtov vyplýva, že produkcia celkovej fytomasy sa bude na juhu Slovenska (Hurbanovo) k roku 2075 zvyšovať od 2,88 do 3,24 kg.m⁻² t.j. cca o 12 %.

V tejto súvislosti je však významnejším posun hranice možnej produkcie viniča do vyšších nadmorských polôh podľa splnenia požiadaviek na VTK a G_{FAR} uvedených vyššie.

Lokálna analýza produkčného potenciálu a aktuálnej produkcie (lokalita: Hlohovec)

V rokoch 1999 až 2001 boli na pokusných plochách v malokarpatskej vinohradníckej oblasti, rajóne Hlohovec, pri odrode 'Rizling vlašský' sledované úrody fytomasy. Porovnaním produkčného potenciálu s aktuálnymi úrodami dosiahnutými na tejto lokalite možno tiež konštatovať, že produkčný potenciál viniča podľa príkonu G_{FAR} dáva možnosť k jeho lepšiemu využitiu ako je tomu v súčasnosti. Z toho vyplýva, že produkčný proces viniča je limitovaný vodným režimom, ale aj inými biotickými či abiotickými faktormi. Toto konštatovanie možno aplikovať aj pre ostatné regióny Slovenska.

Pri výpočtoch bol použitý energetický ekvivalent potrebný na vytvorenie 1 kg sušiny $Q_e = 4,652 \text{ kWh.kg}^{-1}$, koeficient maximálneho využitia žiarenia $\epsilon_{\text{FAR}} = 3 \%$ a prepočtový koeficient z úrody fytomasy na hospodársku úrodu $a_u = 0,76$. V období 1999 - 2001 bola nameraná v Hlohovci priemerná aktuálna úroda fytomasy (U_{af}) 0,78 kg.m⁻², vypočítaná potenciálna úroda fytomasy (U_{pf}) 2,64 kg.m⁻², aktuálna úroda hospodárska (U_{ah}) 0,52 kg.m⁻² a potenciálna úroda hospodárska (U_{ph}) 1,72 kg.m⁻² (tab. 4.12).

Z vypočítaných údajov tvorby fytohmoty vyplýva, že v súčasnosti dosiahnuté úrody tvoria iba 30 % produkčného potenciálu stanoveného podľa príkonu fotosynteticky aktívnej radiácie.

Záver

Agroklimatické analýzy posledných desaťročí ukázali, že počasie je v súčasnosti jedným zo základných limitujúcich faktorov poľnohospodárskej všeobecnej i špeciálnej výroby a v budúcnosti sa tento vplyv bude ešte výraznejšie prejavovať. Vyplýva to z tých antropogénnych činností, príčinou ktorých je produkcia plyných i tekutých prímiesí do ovzdušia (tzv. skleníkových plynov: CO₂, N₂O, CH₄, freóny a iné), ktoré spôsobujú zmeny skleníkového efektu atmosféry a tým nerovnováhu energetickej a vlhovej bilancie. Tieto zmeny majú raz pozitívne, inokedy negatívne vplyvy na rôzne oblasti ľudských činností, medzi ktoré nesporne patrí aj všeobecná či špeciálna rastlinná výroba.

V predloženej dizertačnej práci je analyzovaná problematika vplyvu klimatickej zmeny na energetickú a vlhkovú zabezpečenosť, fenologické pomery a produkčný potenciál viniča hroznorodého na Slovensku.

Modelovou odrodou bol vytypovaný '*Rizling vlašský*', reprezentujúci skupinu stredne neskorých odrôd. Pre časopriestorové agroklimatické analýzy bolo na Slovensku vytypovaných 26 klimatických staníc rozložených tak, aby rovnomerne pokrývali poľnohospodársky využívanú krajinu.

Analýzy sa vzťahujú:

- k referenčnému časovému radu rokov 1951-80, slúžiacemu na porovnanie výsledkov analýz klimatickej zmeny v rámci Svetového klimatického programu a Národných klimatických programov
- k časovým horizontom rokov 2010, 2030 a 2075 stanoveným podľa predpokladaného dvojnásobného nárastu koncentrácie CO₂. Zmeny faktorov prostredia k týmto časovým horizontom boli stanovené podľa scenára klimatickej zmeny CCCM (Canadian Climate Centre Model).

Z analýz vyplýva:

K roku 2075 sa na Slovensku predpokladá

- Zmena energetickej zabezpečnosti; za vegetačné obdobie viniča sa predpokladá nárast sumy priemerných denných teplôt vzduchu ($\sum T_{VOV}$) o 30 - 43 % a sumy fotosynteticky aktívneho žiarenia o 10 - 20 %. Podľa výsledkov získaných programom ArcView, pestovanie modelovej odrody '*Rizling vlašský*' na Slovensku sa bude môcť posunúť do severnejších a vyššie položených lokalít:

| | | |
|----------|------|---------------------------|
| - k roku | 2010 | do nadmorskej výšky 290 m |
| - k roku | 2030 | do nadmorskej výšky 375 m |
| - k roku | 2075 | do nadmorskej výšky 490 m |
- Zmena vlhovej zabezpečnosti; podľa scenára CCCM sa predpokladá v južných nižšie položených častiach Slovenska pokles zrážkových úhrnov, vo vyšších nadmorských polohách častejšie miestne dažde. Percentuálna evapotranspirácia sa zvýši cca o 28 - 35 %
- Zmena fenologických pomerov; všeobecne sa predpokladá predĺženie vegetačného obdobia viniča cca o 33 dní, t.j. o 18 - 25 %.
- Zmena agroklimatického produkčného potenciálu; všeobecne sa na území Slovenska predpokladá zvýšenie produkčného potenciálu cca o 12 - 20 %. V

rámci lokálnych podmienok (lokalita Hlohovec) bolo v súčasnosti zistené využívanie žiarenia iba na 0,89 %.

Návrhy pre prax

Klimatická zmena bude mať na poľnohospodárstvo mnohostranné dôsledky. Niektoré budú pozitívne, iné negatívne. Táto práca by mala slúžiť ako podklad k stanoveniu adaptačných opatrení na využitie pozitívnych a zmiernenie negatívnych dôsledkov klimatickej zmeny.

Na základe dosiahnutých výsledkov doktorandskej dizertačnej práce a doterajších poznatkov problematiky možno pre praktické využitie a pre ďalší vedecký výskum agroklimatických podmienok pestovania viniča hroznorodého na Slovensku odporúčať nasledovné:

- Prepracovanie agroklimatickej rajonizácie a štruktúry pestovaných druhov a odrôd:
Cieľom je najúčinnšie využitie prírodných zdrojov, hlavne energetického a vodného režimu. Potrebné bude prehodnotenie zastúpenia teplomilnejších odrôd podľa výškovej pásovitosti podmienenej klimatickou zmenou.
- Prepracovanie technológií pestovania a manažmentu viniča:
V súčasnej agronómii sa volá po návrate k tzv. "trvale udržateľnému systému hospodárenia" bez extrémov, systému s prirodzenou obnovou úrodnosti pôdy bez znehodnocovania životného prostredia. Zdôrazňuje sa znižovanie zásahov do pôdy a optimalizácia termínov uplatnenia jednotlivých operácií podľa spresnených fenologických znakov.
- Nové pohľady v manažmente a riadení výroby:
Zmena fenologických pomerov si vyžiada zmenu agrotechnických termínov, zmenu termínov aplikácie výživy, chemických prípravkov v ochrane rastlín proti chorobám, škodcom a burinám. V týchto súvislostiach je žiaduce vychádzať z fenologických pomerov napr. - podľa BBCH škály
- podľa Atlasu fenologických fáz viniča hroznorodého
- Prepracovanie šľachtiteľských zámerov:
Šľachtitelia a genetici musia na klimatickú zmenu reagovať v predstihu. Zameriavať sa musia na šľachtenie odrôd produkčného typu s dôrazom na adaptabilitu proti biotickým a abiotickým stresom. To umožní vyšľachteným odrodám menej citlivo reagovať na extrémny teplôt, sucha, chorôb a pod. Pri šľachtení treba uprednostňovať znaky zvyšujúce príjem živín (koreňový systém), intenzitu a produktivitu fotosyntézy.
- Zlepšenie vodného režimu melioráciami:
Lepšie využívať vybudované závlahové systémy predovšetkým v južných častiach Slovenska. Naliehavou je rekonštrukcia a údržba zavlažovacích zariadení a v súčasných podmienkach otepľovania a zmeny vodného režimu, budovanie nových. Regulácia vodného režimu si žiada komplexné riešenie.
- Využívanie mulčovania pri regulácii vodného a energetického režimu:
Prax v špeciálnej rastlinnej výrobe ukázala, že mulčovacie fólie a mulčovacie netkané textilie sú vhodnými prostriedkami na zvyšovanie účinnosti vody dodanej do pôdy. Zároveň môžu byť účinným regulátorom energetického režimu porastu a tým zvýšenej biologickej aktivity pôdy.
- Nové pohľady vo výžive rastlín:
V podmienkach nedostatku vody má pozitívny účinok na tolerantnosť rastlín proti suchu aplikácia organických hnojív v kombinácii s priemyselnými hnojivami, najmä dusíkatými.

Samotná výživa dusíkom vedie k znižovaniu humusu v pôde a tým k zhoršovaniu jej fyzikálnych a chemických vlastností.

- Nové pohľady v ochrane rastlín:
Do ochrany rastlín zavádzať postupy biologickej a integrovanej ochrany. V prognózovaní infekčného tlaku chorôb meteorologické podmienky metodicky stanovovať programom GALATI VITIS

Zoznam použitej literatúry

- CHMIELEWSKI, F.** 2003. Phenology and Agriculture. In: *Agrarmeteorologische Schriften* [online]. 2003, [cit. 2003-9-30]. Dostupné na internete: <http://www.agrar.hu-berlin.de/pflanzenbau/agrarmet/schrift12.pdf>
- HACK, H. et al.** 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen – Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. In: *Nachrichtenblatt*. Deut. Pflanzenschutzd. 1992, č. 44, s. 265-270.
- HRONSKÝ, Š. et al.** 2000. *Výstavba ovocných sádov a vinohradov : praktická príručka pre ovocinára a vinára*. Bratislava : Slovenská poľnohospodárska a potravinárska komora, 2000. 128 s.
- KRAUS, V.** 1967. *Vinohradníctví*. Praha : Státní pedagogické nakladatelství. 1967. 212 s. ISBN 1501-5487
- KURPELOVÁ, M. - COUFAL, J. - ČULÍK, K.** 1975. *Agroklimatické podmienky ČSSR*. Bratislava : Hydrometeorologický ústav. 1975. 270 s., ISBN 504-21-85
- LAPIN, M.** 1992. Možné dopady predpokladaných zmien klímy na vodnú bilanciu na Slovensku. In: *Národný klimatický program ČSFR*. Praha : ČHMÚ, 1992, s. 51- 87
- LAPIN, M.** 1996. Scenáre klimatickej zmeny. In: *Národný klimatický program SR*. Bratislava : MŽP SR, 1996, s. 95-96.
- LAPIN, M. - NIEPLOVÁ, E. - FAŠKO, P.** 1996. Regionálne inkrementálne scenáre klimatickej zmeny na Slovensku. In: *Country Study SR*, Bratislava : SHMÚ, 1996, s. 19-21.
- LIEBIG - ZÜHLKE.** 2002. *Kinetik und Komponenten der Ertragsbildung*. [online]. 2002, [cit. 2003-10-10]. Dostupné na internete: <http://www.unihohenheim.de/lehre370/gemuese>
- POSPÍŠILOVÁ, D.** 1981. *Ampelografia ČSSR*. Bratislava : Príroda. 1981, 352 s. ISBN 64-035-81
- ŠIMONIDES, I.** 2000. Základy geografických informačných systémov. Nitra : SPU. 2000 114 s. ISBN 80-7137-740-6
- ŠIŠKA, B. - ŠPÁNIK, F.** 1998. *Klimatická zmena a poľnohospodárstvo v SR : záverečná správa*. Nitra : SPU, 1998. 85 s.
- ŠIŠKA, B. - ŠPÁNIK, F. - TOMLAIN, J.** 2002. Rámcový dohovor OSN o klimatickej zmene z pohľadu Slovenského poľnohospodárstva. In: Očakávané globálne zmeny klímy a ich možný dopad na vodný režim, poľné a lesné hospodárstvo. Bratislava : SAPV, 2002, s. 4 - 15.
- ŠPÁNIK, F. et al.** 1997. *Aplikovaná agrometeorológia*. 2. vyd. Nitra : SPU, 1997, 194 s. ISBN 80-7137-602-7
- ŠPÁNIK, F. - ŠIŠKA, B. - REPA, Š.** 1993. *Možné dôsledky zmien klímy na rastlinnú poľnohospodársku výrobu do roku 2035 : výskumná správa*. Nitra : SPU, 1993. 18 s.
- ŠPÁNIK, F. - ŠIŠKA, B. - REPA, Š.** 1994. *Možné dôsledky zmien klímy na rastlinnú poľnohospodársku výrobu do roku 2035 : výskumná správa*. Nitra : SPU, 1994. 20 s.
- Tretia národná správa o zmene klímy : rámcový dohovor OSN o zmene klímy*. Bratislava : MŽP, 2001. 109 s.
- U.S. Country Studies Program : Guidance for Vulnerability and Adaptation Assessment*. Washington, D.C. : U.S. Country Studies Management Team. 1994, 518 s.

- U.S. Country Studies Program** : *Klimatická zmena, globálne otepľovanie, skleníkové plyny*. Bratislava : SHMÚ. 1997, 214 s.
- VALACHOVIČ, A.** 1996. Územná a odrodová rajonizácia pestovania viniča. In: *Vinohrad*. roč. 34, 1996, č. 4, s. 74-75.
- VALACHOVIČ, A. - ARGAY, M.** 2001. Globálne klimatické zmeny a ich odraz vo vinohradníctve. In: *Vinohrad*, roč. 39, 2001, č. 1/2, s. 18-20.
- VEREŠ, A. - HRONSKÝ, Š.** 1988. Optimálne využitie biologického potenciálu viniča hroznorodého pre hospodársku biologickú časť úrody. In: *Celoštátna konferencia vinohradníkov a vinárov Slovenska*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 1998, s. 48-53.
- WAGNER, F.** 2003. *Zhodnotenie vybraných faktorov prostredia a vplyvu podpníka na vzrast, úrodnosť a kvalitu vybraných odrôd čerešni v tvare štíhle vreteno : Doktorandská dizertačná práca*. Nitra : SPU, 2003. 161 s.
- WATSON, R.** 2001. *The Carbon Cycle - Policy Nexus* [online]. 2001, [cit. 2003-10-10]. Dostupné na internete: <http://www.ipcc.ch>
- ZADOKS, J. C., CHANG, T. T., KONZAK, C. F.** 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. In: *Weed Research*, 1974, č. 14, s. 415-421.

Zoznam publikovaných prác

- ŠPÁNIK, F. - VALŠÍKOVÁ, M. - REPA, Š. – GÁLIK, M.** 2001. Vplyv klimatickej zmeny na vegetačnú periódu kapusty hlávkovej bielej. In: *Celoštátny odborný seminár zeleninárov Slovenska*. Nitra : Slovenská zeleninárska únia, 2001, s. 117-120.
- ŠIŠKA, B. – ŠPÁNIK, F. – REPA, Š. – GÁLIK, M.** 2002. *Praktická biometeorológia*. 1. vyd. Nitra : SPU. 2002, 144 s. ISBN 80-8069-047-2
- REPA, Š. – GÁLIK, M.** 2002. Zmeny maximálnych teplôt vzduchu v Nitre za roky 1961 – 2000. In: *Ekofyziologické aspekty stresu rastlín*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2002, s.25-28.
- GÁLIK, M. – ŠPÁNIK, F. – HRONSKÝ, Š.** 2002. Energetické ukazovatele rajonizácie viniča hroznorodého na Slovensku. In: *Bioklíma – prostredie – hospodárstvi*. Brno : Česko-slovenská bioklimatologická spoločnosť, 2002, s. 110-116
- ŠPÁNIK, F. – ANTAL, J. – GÁLIK, M.** 2002. Výrobné podmienky v poľnohospodárstve z aspektu klimatickej zmeny. In: *K aktuálnym otázkam v PpoK v období príprav pre vstup RS do EÚ*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2002, s. 95-103.
- ŠPÁNIK, F. – GÁLIK, M. – VALŠÍKOVÁ, M.** 2002. Záhradníctvo v podmienkach klimatickej zmeny. In: *Naše pole*, roč. 6, 2002, č. 6, s. 44-46.
- ŠPÁNIK, F. – HRONSKÝ, Š. – ŠIŠKA, B. – GÁLIK, M.** 2003. Global warning as a base for a new agroclimatical regionalisation of vine in Slovakia. In: *XXVII. svetový kongres viniča a vína*. Bratislava : O.I.V., 2003, s. 246-252.
- ŠPÁNIK, F. – HRONSKÝ, Š. – GÁLIK, M.** 2003. Phytomass production of vine (*Vitis vinifera*) in agroclimatological conditions of Slovakia. In: *Functions of energy and water*

balances in bioclimatological systems. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2003, 11 s.

ŠIŠKA, B. – ŠPÁNIK, F. – REPA, Š. – **GÁLIK, M.** 2003. Praktická biometeorológia. 2. vyd. Nitra : SPU. 2003, 144 s. ISBN 80-8069-276-9.

ŠPÁNIK, F. – HRONSKÝ, Š. – ŠIŠKA, B. – **GÁLIK, M.** 2004. Global Warning as a base of a new agroklimatical regionalisation of vine in Slovakia. In: *Acta agrophysica*. Lublin : Instytut Agrofizyki, 2004, s. 179-188. ISSN 1234-4125.

GÁLIK, M. - ŠPÁNIK, F. 2004. Change of fenological relations of grapewine in condition of climate change in Slovakia. In: *Climate change - weather extremes organismis and ecosystems*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2004, s. 14-18. ISBN 80-8069-402-8.