

## **Vliv povětrnostních podmínek na vznik infekcí plísně cibulové (a možnosti jejích signalizace)**

*Tomáš Litschmann, Martin Koudela*

Plíseň cibulová je celosvětově rozšířená choroba nejen u cibule, která je vyvolaná houbou *Peronospora destructor*. Na nadzemních částech pěstovaných rostlin vznikají nejprve rozptýlené žlutozelené skvrny, které se později pokrývají šedavým nebo hnědošedým povlakem houby. Tyto skvrny se postupně zvětšují, splývají a listy usychají. Následkem redukce až úplné předčasné ztráty listů rostliny přestávají růst, vytvářejí malé cibule, které jsou velmi často i nevyzrálé a proto i neskladovatelné. Při špatně řízené chemické ochraně mohou ztráty dosahovat několika desítek procent, u cibule pěstované zejména na nat' jsou pak stoprocentní. Fungicidní ošetření je poměrně náročné a úspěšné pouze tehdy, je-li aplikováno ještě před tím, než se projeví první příznaky choroby, anebo těsně po jejich vzniku.

Jelikož je fungicidní ochrana zatím jediná možná cesta, jak úspěšně s plísní cibulovou bojovat, doporučují se preventivní ošetření v intervalu každých 7 – 10 dnů. V průběhu vegetačního období se však v některých letech mohou vyskytnout i několikátýdenní období, v nichž povětrnostní podmínky nejsou příznivé pro sporulaci a následný vznik infekce. Ošetření v tomto období jsou pak víceméně zbytečná a neodůvodnitelná jak z ekonomického, tak i z ekologického hlediska. Zejména pak i systémy integrovaného pěstování zeleniny, prosazované Zelinářskou unií Čech a Moravy, doporučují provádět ošetření na základě vhodné signalizace.

Vliv povětrnostních faktorů na uvolňování spor a infekci byl v minulých desetiletích poměrně podrobně zkoumán různými autory v různých geografických oblastech. První použitelný model na základě vlastních pozorování sestavili v roce 1987 Jesperson a Sutton v Kanadě. V literatuře je znám pod názvem DOWNCAST (z anglických výrazů DOWNy mildew foreCAST – předpověď plísně cibulové). K uvolňování spor dochází podle jejich metody v ranních hodinách po splnění všech těchto předpokladů:

1. průměrná teplota během předešlého dne v období od 6:00 do 20:00 nepřekročila 24 °C
2. průměrná hodinová teplota v průběhu noci od 20:00 do 6:00 se pohybovala v rozmezí od 4 do 24 °C
3. v období od 2:00 do 6:00 trvalo nepřetržitě období s vysokou vzdušnou vlhkostí nad 95 %
4. v období od 1:00 do 6:00 se nevyskytly srážky. Ukazuje se zde, že pro zrání spor je příznivější vysoká vzdušná vlhkost v blízkosti bodu nasycení po určitou dobu, zatímco i menší srážka ve druhé polovině noci tento proces přerušuje.

Pokud jsou splněny všechny tyto předpoklady současně, je vysoká pravděpodobnost uvolňování zralých spor a při následném splnění podmínek pro infekci i k propuknutí choroby.

V roce 1998 upravil tyto základní předpoklady pro podmínky Holandska de Visser následovně:

1. v předchozím denním období od 6:00 do 20:00 se teploty vzduchu nesmí pohybovat nad 27 °C déle než 8 hodin popřípadě nad 28 °C 6 hodin, nad 29 °C 4 hodiny a nad 30 °C déle než 2 hodiny. Pokud by se pohybovaly déle, nelze předpokládat, že by došlo i v případě následujícího nočního období s vysokými vlhkostmi vzduchu k sporulaci.
2. tato podmínka zůstala stejná
3. již v roce 1983, popř. 1984 upozorňoval Hildebrand, že kromě délky trvání období vysoké vzdušné vlhkosti závisí též na hodině, kdy tato vlhkost přesáhne určitou hranici a současně i na teplotě, jaká se během tohoto období vyskytne. Pokud nástup období vysoké vlhkosti nastane až v ranních hodinách, po 2. hodině, ke sporulaci již nedojde. Proto zřejmě v původním modelu DOWNCAST byla tato podmínka stanovena od 2. do 6. hodiny jako nejpozději možná. De Visser proto každé kombinaci hodiny nástupu období s vysokou vzdušnou vlhkostí a průměrné teploty za toto období přiřadil hodnotu indexu podle stupně závažnosti od nuly do tří. Přepis původní tabulky, tak jak ji publikoval de Visser v roce 1998, lze nalézt v tab. 1. Z ní vyplývá, že nejintenzivnější sporulace se mohou vyskytnout v případě, kdy vysoká vzdušná vlhkost nastává hned po západu Slunce a teploty se pohybují mezi 12 a 17 °C.
4. interval bez srážek byl rozšířen na období od půlnoci do 6. hodiny ranní. Dovoluje se v něm vyskyt malého množství srážek, do 0,2 mm.

Oproti původní verzi programu DOWNCAST, kdy výstupem je pouze výraz ANO – NE (ANO při splnění všech čtyř podmínek, pokud jediná z nich není splněna, je výstupem NE) umožňuje verze upravená de Visserem indikovat závažnost sporulace čtyřmi stupni 0-3. Samozřejmě, pokud jsou splněny podmínky 1,2 a 4. Jak se ukazuje, tyto tři podmínky, tj. nepřiliš vysoké letní teploty v předešlém dni, optimální teploty v průběhu noci a absence deště v její druhé polovině jsou u všech popisovaných modelů téměř shodné, rozdíly lze nalézt však v tom, jak různí autoři přistupují k řešení podmínky č. 3, tj. vlivu vysoké vzdušné vlhkosti na produkci sporangií.

Jedním z dalších používaných modelů, především v Itálii, je model sestavený v roce 1996 Battilianim s názvem ONIMIL, (pro změnu se jedná o název složený z písmen ve slovech ONIon downy MILdew). Vliv vzdušné vlhkosti (podmínka č. 3) je zde modelován poměrně složitou matematickou funkcí, obsahující v sobě jak vliv délky trvání období s vysokou vlhkostí, tak i teplotu vzduchu. Velikost sporulace je pak vyjádřena hodnotou od nuly do jedné. K ještě složitějším funkcím se uchýlili autoři programu MILIONCAST (pro zájemce – název modelu je složen z písmen ve slovech MILdew on onION foreCAST) pro podmínky V. Británie v roce 2004, simulujícím přímo množství spor uvolněných při konkrétní sporulaci v závislosti na délce trvání vysoké vzdušné vlhkosti a teplotě v tomto období. V tomto modelu se jako optimální teplota jeví 11,7 °C, kdy ke vzniku sporulace stačí trvání období s vysokou vzdušnou vlhkostí 4 hodiny, při vyšších i nižších teplotách se tato potřebná doba prodlužuje. Na obrázku 1 je znázorněn tvar křivky pro tuto optimální teplotu vzduchu, množství spor je vyjádřeno relativně.

V případě, že dojde k úspěšné sporulaci v průběhu noci, rozhodují pak povětrnostní podmínky během rána a dopoledne o tom, zdali vznikne infekce. K tomu je zapotřebí, aby povrch listů cibule byl po určitou dobu ovlhčen, přičemž tato doba závisí na teplotě vzduchu. Původní model DOWNCAST předpokládal vznik infekce, pokud ovlhčení listů trvalo v době od 6:00 do 9:00 hodin při teplotách vzduchu od 6 do 16 °C, při vyšších teplotách se potřebná

doba ovlhčení zvyšuje, pokud jsou v rozmezí 16 – 20 °C, musí ovlhčení listů trvat až do 11. hodiny a při teplotách 20 – 24 °C až do 12:00. Podobně jako u dalších modelů na signalizaci infekcí houbových chorob, běžně užívaných v zemědělské praxi, především v sadařství a vinohradnictví, rozlišovali autoři původního modelu u veličiny ovlhčení listů pouze dva stavy OVLHČENO – NEOVLHČENO. De Visser s použitím speciálního tvaru snímače ovlhčení listů, napodobujícím tvar cibulového listu, stanovoval i intenzitu ovlhčení a na základě toho stanovil další pravidla pro vznik infekce. Lze tak detailněji určit, zdali k infekci dojde či nikoliv. Jednou z variant, jak by mohl podle literárních pramenů speciální snímač ovlhčení listů určený na měření v porostu cibule vypadat, je na obrázku 2. Bude však zapotřebí dalších měření, aby se stanovily jeho parametry ve spojení s konkrétní meteorostanicí a mohla se provádět vyhodnocení i podle podmínek stanovených de Visserem.

Základní představu o tom, kdy a jaké podmínky musí být splněny pro sporulaci a vznik infekce si lze učinit z obrázku 3.

Při provádění měření teploty a vlhkosti vzduchu je zapotřebí umístit snímače přímo do porostu cibule, přibližně do výšky 10 cm, někteří autoři uvádějí 30 cm, aby se zachytily mikroklimatické podmínky porostu. Snímač ovlhčení listů se umísťuje rovněž přímo do porostu mezi jednotlivé rostliny. Srážky je pak možno měřit vedle porostu.

Doposud jsme v domácí literatuře nenašli žádné zmínky o tom, že by byla v našich podmínkách prováděna signalizace výskytu plísňe cibulové v závislosti na meteorologických veličinách. Před rokem 1989 za to zřejmě mohl nedostatek vhodné měřicí techniky, která by umožňovala detailní měření v porostu, v novější době pak neexistence specializovaného výzkumného ústavu zelinářského, který by se uvedenou problematikou zabýval. V současné době jsme již vybaveni vhodnou měřicí technikou i výpočetními prostředky, s jejichž pomocí lze měřit a vyhodnocovat potřebné veličiny přímo v porostu. Aby bylo možno provést verifikaci některého z uvedených modelů v našich podmínkách, popřípadě zvolit ten nejvýhodnější, popřípadě jejich kombinaci, byl sestaven výpočetní program, jenž pro každý den vyhodnocuje jednotlivé výše uvedené podmínky, aby bylo možno porovnat skutečný výskyt patogena v porostu s jeho signalizací. Autoři programu MILIONCAST za kontrolovaných podmínek odvodili vztah mezi průměrnou denní teplotou vzduchu a délkou inkubační doby od infekce k viditelným projevům choroby. Tuto závislost můžeme sledovat na obrázku 4, přičemž potřebná délka inkubační doby je vyjádřena pomocí své převrácené hodnoty. Např. pro teplotu 16 °C je tato hodnota 0,1, což vyjadřuje, že pokud by po celou dobu byla tato teplota konstantní, choroba by propukla za 10 dnů. Pro každý den lze tudíž stanovit s ohledem na jeho teplotu, o jak velký dílek se tento okamžik přiblíží. Postupným sčítáním příspěvků jednotlivých dnů až do okamžiku, kdy tento součet dosáhne hodnoty jedna, lze údajně poměrně přesně stanovit propuknutí projevů choroby. Tuto skutečnost lze ve verifikačním programu využít k tomu, že pro každý kalendářní den se stanoví, kdy by se teoreticky mohly projevit příznaky choroby, pokud by právě tento den proběhla infekce. Pozorováním skutečných příznaků v porostu tak lze zpětně odvodit přibližné datum s infekční periodou a posoudit, zdali podmínky sporulace (1-4) a infekce (ovlhčení) byly splněny, popřípadě je upřesnit. Program poskytuje pro každý den následující informace:

- průměrná teplota předešlého dne od 6:00 do 20:00. Pokud je menší než 24 °C, indikuje se splnění podmínky hodnotou 1, nesplnění hodnotou 0

- údajem 1 anebo 0 se indikuje splnění podrobnější podmínky o překročení teploty nad 27, 28, 29 a 30 °C po dobu 8, 6, 4, anebo 2 hodiny
- průměrná teplota od 20:00 do 6:00 hodin. Opět, pokud je v rozmezí od 4 do 24 stupňů, indikuje se splnění podmínky hodnotou 1
- úhrn srážek od půlnoci do 6. hodiny. ranní, pokud se vyskytnou srážky větší než 0,2 mm, indikuje se splnění podmínky hodnotou 1
- pokud vlhkost vzduchu v období od 2:00 do 6:00 je vyšší než 95 %, indikuje se hodnota 1
- hodina nástupu trvání období s vysokou vlhkostí nad 95 %
- délka trvání období s vlhkostí nad 95 % v hodinách
- velikost indexu podle tabulky 1
- datum, kdy by mohlo dojít k projevům choroby za předpokladu, že by daný den byly splněny podmínky pro sporulaci a infekci.

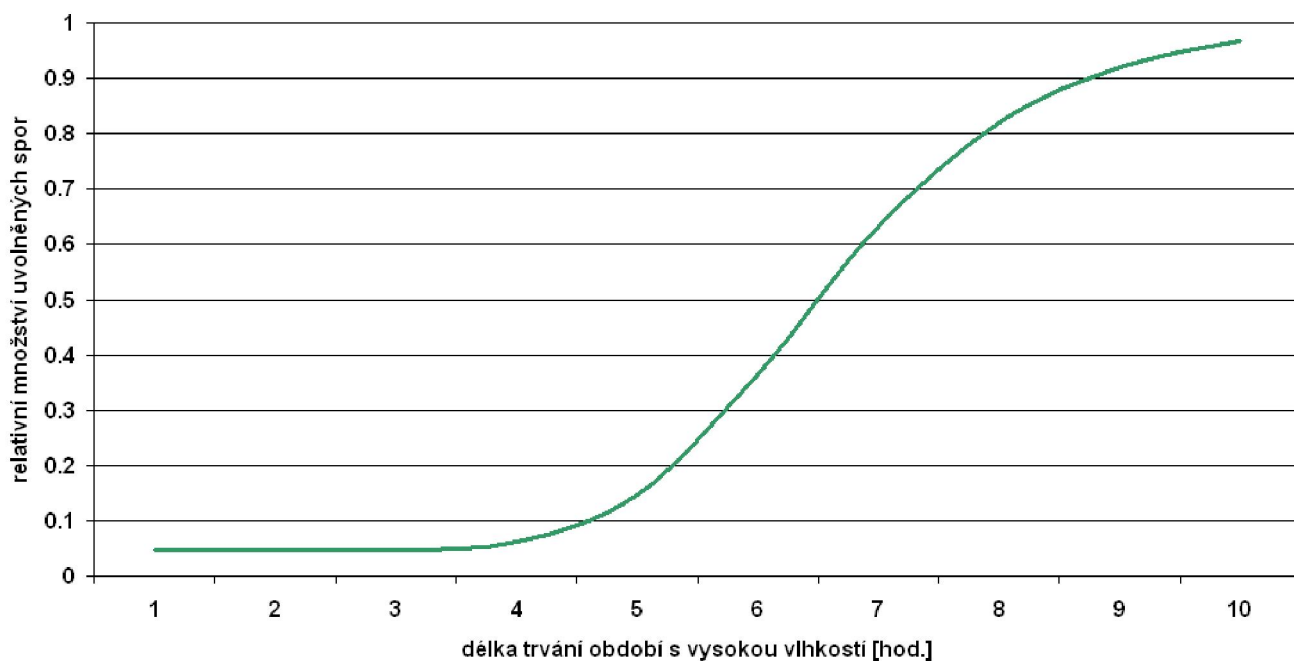
Jak je z výše uvedeného zřejmé, k tomu, aby propukla infekce plísně cibulové, musí být splněna celá řada definovaných povětrnostních podmínek v průběhu slunečné části dne, noci a ještě i následujícího dne, popřípadě několika dalších dnů, než dojde k úhynu spor (v případě, že nedojde k infekci). Program v první testovací fázi nenabízí uživateli jednoznačné řešení, pouze vyhodnocuje jednotlivé vlivy a je již na uživateli, aby na základě vlastních zkušeností posoudil jejich závažnost a provedl potřebná opatření s přihlédnutím k době účinnosti použitých přípravků a ochranných lhůt.

Pokud má navrhovaný systém fungovat s co největší mírou spolehlivosti, je zapotřebí kromě vyhodnocení, závislém na nejnovějším stupni vědeckých poznatků, též provádět kvalitní meteorologická měření přímo v porostu. Jak je z předešlých informací zřejmé, kritickým místem je zejména měření vlhkosti vzduchu, kdy se uvažuje s hodnotou 95 %. Kapacitní snímače vlhkosti, používané v automatických meteorologických stanicích, s postupem času mění své vlastnosti a proto pokud má být ve výsledcích signalizace vyloučena chyba nepřesnosti měření, je zapotřebí je pravidelně kontrolovat. Naštěstí existuje poměrně jednoduchý postup, jak je možno nejlépe před sezónou ověřit, zda-li snímač správně ukazuje právě tuto hodnotu. Umístěním snímače do uzavřené nádoby nad hladinu roztoku 1 litru vody a 87 g kuchyňské soli (NaCl) se dosáhne po určité době stavu, kdy nad tímto roztokem vznikne prostředí s vlhkostí vzduchu 95 %. Jak je zřejmé z obrázku 5, stačí opravdu poměrně jednoduché pomůcky k tomu, aby bylo možno ověřit správnou kalibraci snímače vlhkosti. Průběh hodnot vlhkosti vzduchu v tomto prostoru je pak zaznamenán na obrázku 6. Přibližně po 12-ti hodinách je v uzavřeném prostoru nad solným roztokem dosaženo požadované vlhkosti.

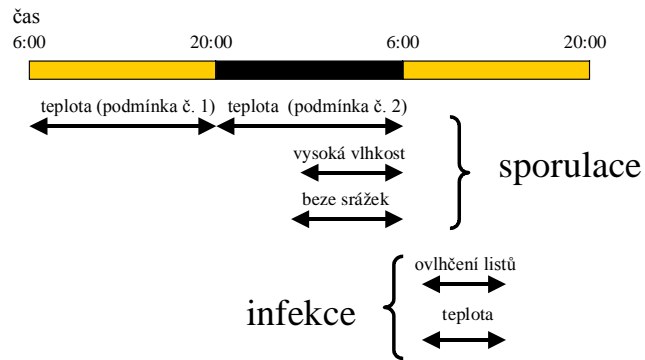
V rámci snižování zátěže prostředí rezidui fungicidů je zapotřebí i s ohledem na ekonomiku hledat nejvhodnější metody, jak tohoto cíle dosáhnout. Využívání dosavadních znalostí s využitím meteorologických měření může být jednou z nich. Je však zapotřebí si uvědomit, že popisované metody byly odvozeny a vyzkoušeny v zahraničí a je zapotřebí nejprve ověřit, zda-li platí i v našich klimatických podmínkách. Začít je však třeba v každém případě zvláště teď, kdy máme k dispozici všechny potřebné prostředky.

*Poděkování:* Práce byla podpořena projektem NAZV QJ1210165 „Vyšší nutriční a hygienicko-toxikologická kvalita hlavních druhů polní zeleniny pěstované v inovovaných systémech integrované a ekologické produkce“.

**Ukázka relativního množství uvolněných spor v závislosti na délce trvání vysoké vlhkosti při teplotě 11,7 °C podle modelu MILIONCAST**

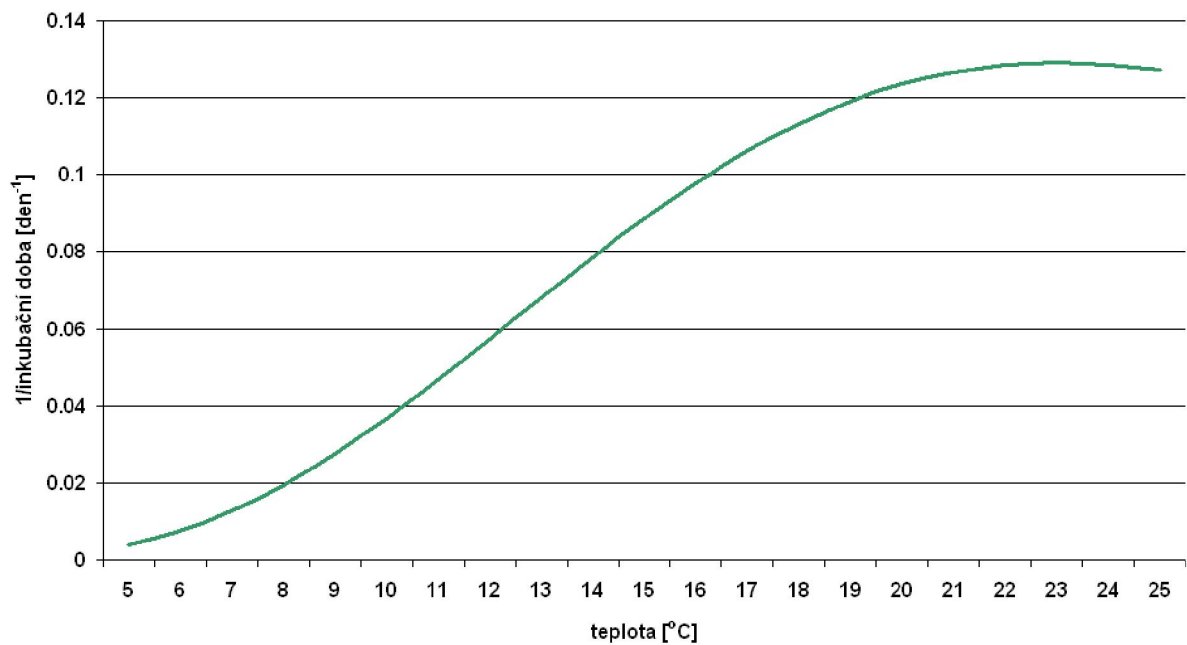


Obr. 2 Speciální snímač ovlhčení listů umístěný přímo v porostu cibule



Obr. 3 Rozložení jednotlivých podmínek v průběhu dne, nutných pro sporulaci a infekci plísně cibulové

**Závislost inkubační doby plísně cibulové na teplotě vzduchu**

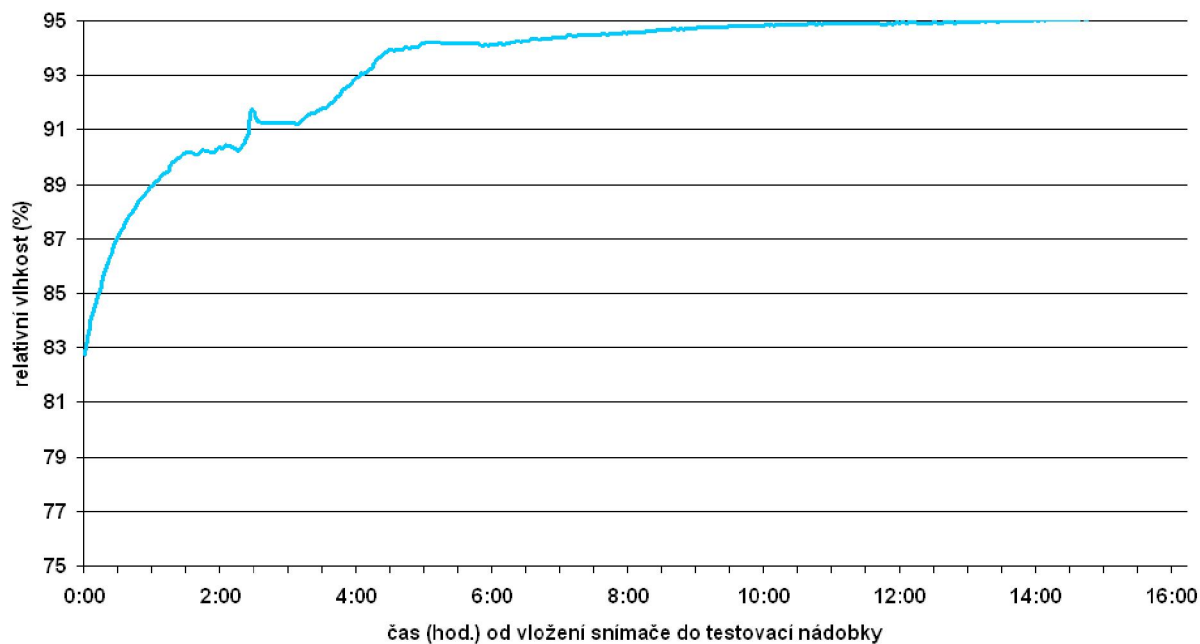


Obr. 4

hodina	Průměrná teplota během období s vysokou vlhkostí																					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
22:00	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1
23:00	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
24:00	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0
01:00	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

Tabulka 1 Závislost intenzity sporulace na hodině nástupu období s vysokou vlhkostí a teplotou vzduchu

**Změna vlhkosti vzduchu nad roztokem NaCl v testovací nádobce**



Obr. 6



Obr. 5 Jednoduchá pomůcka k ověření, zda-li snímač vlhkosti vzduchu ukazuje správně 95 %