

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Vitalita jako základní informace o kvalitě osiva

Bakalářská práce

Autor práce: Petra Pudilová

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Pazderů, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vitalita jako základní informace o kvalitě osiva" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15. dubna 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní ing. Kateřině Pazderů, Ph.D. za trpělivost a hodnotné podněty při zpracování této práce a za obětavost.

Souhrn

Kvalitní osivo je důležitou komoditou rostlinné produkce. Kvalitní osivo ovlivňuje pozitivně produkční schopnost, kvalitu a výnos. Základním kritériem kvality osiva u certifikovaného osiva je procento klíčivosti. Pro stanovení kvality osiva je důležité zjistit také vitalitu osiva. V bakalářské práci byla diskutována vhodnost využití vitality jako základní charakteristiky kvality osiva. Cílem této práce je zpracovat literární rešerše z oblasti hodnocení semenářských vlastností osiv. Součástí práce je i zhodnocení metod hodnocení vitality osiva. První část je věnována vývoji semen a v druhé části je popsána stavba semene. Třetí část je zaměřena na biologické vlastnosti semen. Další část je věnována kvalitě osiva a jsou uvedeny faktory ovlivňující kvalitu osiv. Poslední část se zabývá využitím metod hodnocení vitality v praxi. V závěru práce jsou jednotlivé metody zhodnoceny z pohledu jejich pozitivních a negativních stránek a je vyhodnoceno jejich použití v praxi.

Klíčová slova: semena, kvalita osiva, klíčivost, vitalita

Summary

Seed quality is an important commodity of crop production. Quality seed positively influences production ability of vegetation, quality and proceeds. One of the essential criteria of seed quality for certified seed is percentage of germination. For the determination of seed quality it is also important to detect seed vigor. In the thesis was discussed suitability to use a vigor as a basic seed quality characteristic. The goal of this thesis is to prepare a literature review from the field of evaluation of seeds characteristics of seeds. A part of this thesis is evaluation of methods of evaluation of seed quality. The first part focused on the development of seeds and the second part describes the construction of seed. The third part focuses on the biological properties of seeds. Next part is devoted to quality of seed and contains factors that influence the quality of seeds. The last part deals with methods of assessment of vigor in practice. In the conclusion various methods are evaluated in terms of their positive and negative aspects, and their use in practice.

Keywords: seeds, seed quality, germination, vigor

Obsah

1. Úvod.....	6
2. Cíl práce	8
3. Přehled literatury	9
3.1 Tvorba a vývoj semene	9
3.1.1 Fáze vývoje semene.....	9
3.1.2 Funkce fytohormonů při vývoji semene	11
3.2 Stavba semene	13
3.2.1 Obaly - povrch semene	13
3.2.2 Perisperm	14
3.2.3 Endosperm	14
3.2.4 Embryo.....	14
3.3 Životní projevy semene	15
3.3.1 Dormance a posklizňové dozrávání.....	15
3.3.2 Deteriorace	19
3.3.3 Klíčení semen.....	21
3.3.3.1 Faktory determinující klíčení	22
3.4 Osivo - legislativa	27
3.5 Kvalita osiva	28
3.5.1 Biologické a semenářské vlastnosti osiva.....	28
3.5.2 Faktory ovlivňující kvalitu osiv	29
3.5.3 Ukazatelé kvality osiva.....	33
4. Semenářský výzkum a využití hodnocení vitality v praxi.....	46
5. Závěr	48
6. Citace.....	49
7. Seznam obrázků	54
8. Seznam zkratk	55

1. Úvod

Zemědělství je velmi stará lidská činnost, kterou si lidé od pradávna zajišťují potravu a nejrůznější další produkty, nezbytné, nebo alespoň užitečné pro život. Přibližně před 20 tisíci lety se lidé začali postupně zajímat o to, co my dnes nazýváme naturální (samozásobitelské, soběstačné) zemědělství. Usadili se a k zajištění rostlinné potravy využívali osivo, které získali ze sklizně.

V této době bylo osivo pouze vedlejším produktem ze sklizně. Hlavní bylo zajistit potravu. Pouze část sklizně byla využita jako osivo pro výsev v dalším roce.

Až později začali vlastnímu „farmářskému“ osivu věnovat větší pozornost a na základě získaných zkušeností vybírali ze sklizně pro výsev nejkvalitnější osivo.

Osivo získávalo na významu a stalo se výhodným obchodním artiklem a předmětem výnosného a ne vždy férového obchodování. Jako reakce na obchodování s nekvalitním osivem byla vytvořena pravidla pro hodnocení čistoty a kvality osiva.

Dalším důležitým krokem bylo založení organizace ISTA (International Seed Testing Association) v roce 1924. Organizace, která schvaluje pravidla a principy hodnocení kvality osiv po celém světě. V současnosti je kvalita osiva rutinně stanovována podle mezinárodních standardů ISTA a umožňuje tak mezinárodní obchod s osivy.

Kvalitní osivo je považováno za jeden ze základních výrobních prostředků v současném zemědělství a jeho význam roste. Kvalita osiva rozhoduje o tom, zda zemědělská produkce bude z kvalitativního hlediska hodnotná a z kvantitativního hlediska rentabilní.

Význam kvalitního osiva je znám každému, pěstiteli i producentovi semen. Pěstitel si pod označením „kvalitní osivo“ zpravidla představí osivo, které má dobrou polní vzháživost a vysoký produkční potenciál odrůdy. Je to logické, jsou to charakteristiky, které zaručují rentabilitu pěstované plodiny. Pro pěstitele to jsou nejdůležitější vlastnosti. Testování těchto vlastností není možné.

Cílem produkce semen, semenářských firem, je vždy kvalitní vitální osivo. Vitalita semen je již akceptována semenářskou praxí jako důležitá součást kvality osiva, ale za základní kritérium kvality osiva je považována vysoká laboratorní klíčivost (univerzální test laboratorní klíčivosti). Tato hodnota je ve všech semenářských laboratořích

stanovována rutinně, podle pravidel ISTA. Teprve osivo, které splňuje požadavky klíčivosti, lze dále kvalitativně rozlišovat různými testy vitality. Jejich uplatnění v praxi je zatím problematické, protože vitalita vlastně nemá absolutní hodnotu, ale projevuje se jako vnitřní síla semen podle skutečných podmínek prostředí. Klíčivosti a vitalita osiva, tyto dvě vlastnosti komplexněji popisují kvalitu osiva a při hodnocení kvality osiva bychom měli zjišťovat oba tyto parametry.

2. Cíl práce

Cílem bakalářské práce je ucelené zpracování, přehled a celkový pohled na problematiku vitality osiva jako základní informace o kvalitě osiva.

Podrobněji bude rozebrána problematika klíčení semen, vztah vitality osiv ke klíčivosti a dalším semenářským parametrům a jednotlivé metody hodnocení vitality.

3. Přehled literatury

3.1 Tvorba a vývoj semene

Vývoj většiny semen se odehrává na samičí rostlině po opylení a oplození (pohlavní rozmnožování, amfimixie). V průběhu vývoje semene se květní části původně související se samičími pohlavními orgány mění na semeno a jeho obaly, probíhá přestavba pletiv vajíčka na pletiva semene. Po oplození mateřské vaječné buňky vzniká diploidní zygota jako základ zárodku (embrya) a triploidní zásobní pletivo endosperm (z oplodněného centrálního jádra). Endosperm je u některých rostlin (většina dvouděložných) zcela absorbován rostoucím embryem a zásobní látky jsou uloženy přímo v embryu. U jiných rostlin (př. obilniny) endosperm v různé míře přetrvává a je spotřebován až při klíčení. Endosperm má pro vývoj embrya životně důležitý význam. Poruchy vývoje endospermu mohou mít za následek poruchy vývoje embrya. U některých rostlin se z nucellu vyvíjí perisperm, který někdy vytěsňuje endosperm nebo se vyvíjí současně s ním (merlíkovité, hvozdíkovité). V takových případech je v semenech perisperm umístěn kolem endospermu a z vaječných obalů se vyvíjí osemení.

V některých případech vznikají embrya semenných rostlin bez oplození apomikticky. Vzniklá embrya jsou přesnou genetickou kopií mateřské rostliny. Tento způsob rozmnožování je považován za fylogeneticky nejmladší a zahrnuje dva typy reprodukce, gemetofytickou (kam řadíme diplosporii a aposporii) a sporofytickou apomixii.

3.1.1 Fáze vývoje semene

Období růstu a vývoje semen je velmi důležité a může mít vliv na další generaci, která z daných semen vznikne. Všeobecně jsou známé tři základní fáze vývoje semene (Pazderů, 2012) (Kermode, 1995).

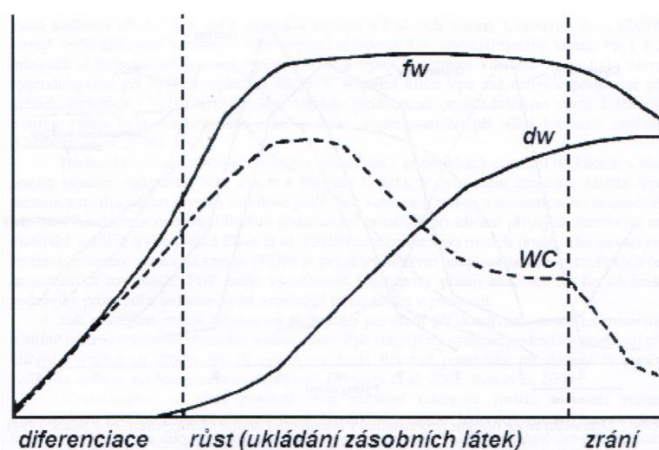
- růstová, (na konci této fáze je v podstatě určené chemické složení semene i jeho vlastnosti)
- akumulace zásobních látek, (PM fyziologická zralost neboli mass maturity - semeno dosahuje maximální hodnoty sušiny)
- redukce obsahu vody v semeni (HM sklizňová zralost neboli harvest maturity)

První fáze je pro vývoj a růst semen nejdůležitější. Tato etapa začíná oplozením a končí degenerací funikuly. Dochází k rychlému dělení buněk a jejich diferenciaci v jednotlivé části embrya (růstová osa a dělohy) a formují se zásobní pletiva (endosperm).

V další fázi (fáze expanze) dochází k růstu buněk a ukládání rezervních látek (bílkovin, tuků a sacharidů (Pazderů, 2012). Zásobní látky se ukládají buď do velkých děloh (bobovité, brukvovité) nebo do endospermu (lilkovité, lipnicovité, miříkovité). V tomto období semeno dosahuje maximální hodnoty svojí sušiny a výnosu. Tato fáze představuje fyziologickou zralost a bývá též označována termíny poměrná zralost, morfologická zralost a nově mass maturity. Ve fyziologické zralosti (PM) končí reprodukční vývoj rostliny a je prakticky přerušen přívod živin z mateřské rostliny do semen. Semeno, reprodukční orgán, má v tuto dobu nejvyšší vitalitu.

Celý proces tvorby reprodukčního orgánu je ukončen poklesem obsahu vody. V poslední fázi vývoje, ve fázi zrání, dochází k poklesu metabolické aktivity a semeno přechází do stavu quiescence, metabolicky neaktivní formy. Ze zemědělského hlediska se jedná o zralost sklizňovou (HM harvest maturity).

Jednotlivé fáze vývoje se od sebe odlišují množstvím vody v pletivě nově vznikajícího semene (obr. 1). Ve fázi dělení a diferenciacie obsah vody (WC) roste a zvyšuje se i celková hmotnost semene (fw). Ve fázi expanze je obsah vody v semeni stabilní a s narůstajícím množstvím zásobních látek v buňkách se postupně snižuje, současně se zvyšuje také sušina (dw) semene. V poslední fázi se obsah vody v semenech rychle snižuje na nízkou úroveň (10 - 15% podle rostlinného druhu) (Pazderů, 2012). Semena se sklízí až tehdy, když jsou již semena suchá (př. obilniny při vlhkosti semen 14 – 15 %).



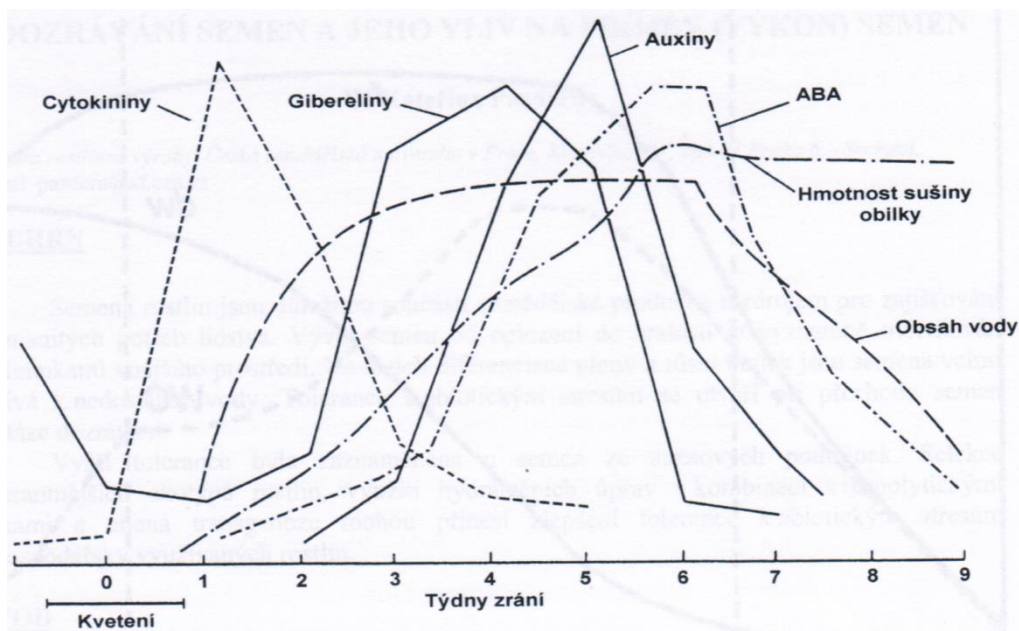
Obrázek 1 Změny celkové hmotnosti semene (fw), hmotnosti semene v sušině (dw) a obsahu vody (WC) v semeni v průběhu růstu (Pazderů, 2012, upraveno podle Kermode a Bewley 1986)

Vznik a vývoj semen je dán dědičně, ale je ovlivnitelný vnějšími podmínkami prostředí. Hlavní roli zde hraje nedostatek či nadbytek vody, vysoká teplota a nerovnováha mezi zdrojem asimilátů a skladovací kapacitou založených generativních orgánů.

Počet semen, která se na jedné rostlině vytvoří, je tak vztahu k jejich kvalitě, respektive odráží poměr zdrojů asimilátů (source) a kapacitu skladovacího prostoru pro asimiláty (semena-sink) (Pazderů, 2013).

3.1.2 Funkce fytohormonů při vývoji semene

Vývoj plodů a semen je řízen prostřednictvím fytohormonů (Obrázek 2) (Pazderů, 2013).



Obrázek 2 Dynamika změn obsahu fytohormonů v dozrávající obilce pšenice (Pazderů, 2012 podle Bewley a Black, 1994)

Fytohormony jsou organické nízkomolekulární látky, které jsou účinné již ve velmi nízkých koncentracích (10^{-6} až 10^{-9}).

Klasicky se uvádí pět základních kategorií fytohormonů – auxiny, cytokininy, gibereliny, kyselina abscisová a etylén. V posledních desetiletích se objevují další signální látky fytohormonálního charakteru – kyselina jasmonová, kyselina salicylová, brassinosteroidy a polypeptidy a oligopeptidy, např. systemin.

Podle charakteru účinku je lze rozdělit na stimulatory růstu (auxiny, gibereliny, cytokininy) a na inhibitory růstu (kyselina abscisová – ABA). Zvláštním typem je etylén, který má i ve fyziologické koncentraci smíšené účinky. V průběhu vývinu semen se obsah fytohormonů mění. Fytohormony u semen především ovlivňují:

- růst a vývin semen a plodů, řídí ukončení růstu semene před jeho zralostí
- ukládání zásobních látek v období zrání – regulují převod asimilátů do semen

- podílí se na dormanci semen a na řízení klíčení a prvních fázích růstu klíčnicích rostlin (Houba a Hosnedl, 2002).

Po oplození se uplatňují zejména cytokininy, kdy podporují dělení buněk a tím ovlivňují tvorbu úložné kapacity (sink). Později spočívá jejich hlavní funkce ve zpomalování stárnutí celé rostliny tím, že napomáhají udržovat asimilační orgány zelené, to znamená v aktivním stavu (Houba a Hosnedl, 2002).

Retardační vliv na stárnutí rostlin je očekáván taky od dalších růstových stimulantů – auxinů a giberelinů (Houba a Hosnedl, 2002).

Gibereliny jsou syntetizovány všemi rostlinnými orgány. V embryu semene se nacházejí ve vázané formě. Gibereliny podle Schoonheima at al. (2009) udržují endosperm v tekutém stavu aktivací syntézy enzymu α -amylázy. Při příjmu vody semenem, bobtnání semene, dojde k uvolnění vázané formy giberelinů a indukci hydrolytických enzymů, které v endospermu štěpí zásobní cukry a bílkoviny. Gibereliny se podle struktury, počtu uhlíků, dělí do dvou skupin na gibereliny C-19 a C-20.

Mezi růstové hormony auxiny patří kyselina indolyl-3-octová – IAA, kyselina indolyl-3-máselná – IBA, kyselina 4-chlorindolyl-3-octová – 4-Cl-IAA a kyselina fenyloctová – PAA. Auxiny stimulují dělení buněk a dále pak ovlivňují prodlužovací růst buněk pletiv semene. U nezralých semen dochází k syntéze IAA a zvýší se tak schopnost koncentrovat asimiláty.

Zvýšením hladiny kyseliny abscisové (ABA) dochází ke snížení hladiny giberelinů. Růstový hormon ABA vykazuje zpravidla opačný účinek. ABA v závislosti na koncentraci snižuje velikost úložné kapacity a podporuje stárnutí rostlin. To znamená, že v souladu s obdobím nalévání semen zkracuje období asimilace zelených částí rostliny (Houba a Hosnedl, 2002). Svým působením potlačuje aktivitu giberelinů při syntéze α -amylázy (Schoonheim, 2009). Svého maxima dosahuje v období fyziologické zralosti, při ukládání asimilátů. ABA má i další velmi významné funkce, především představuje řídicí faktor dormance semen. Vyšší obsah ABA inhibuje předčasnou klíčení semen, což je pozitivní rys bránící porůstání semen na mateřské rostlině (Houba a Hosnedl, 2002). V závěrečné fázi dozrávání klesá také hladina ABA v semenech při současném snížení obsahu vody, kdy se semeno stává quiescentním (Pazderů, 2012).

3.2 Stavba semene

Semeno rostliny je obdivuhodná, úsporná a efektivní forma přenosu genetické informace z generace na generaci, a tím i prostředkem kontinuity rostlinného druhu (Chloupek, 2008).

Semeno je rozmnožovací orgán semenných (nahosemenných, krytosemenných) rostlin, který slouží k zajištění jejich reprodukce. Vzniká zpravidla z oplozeného vajíčka.

Semeno je tvořeno čtyřmi částmi, kterými jsou **obaly** (osemení neboli *testa*), živná pletiva **perisperm** a **endosperm**, a **embryo** (klíček, zárodek). Na zralém semeni rozlišujeme také pupek (hilum) - místo, kde se oddělilo poutko (funikulus) od semene.

3.2.1 Obaly - povrch semene

Povrch semen je krytý osemením (*testa*), které vzniká přeměnou vaječných obalů (*integumentů*). Osemení především chrání zásobní látky semene a tvoří bariéru, která ovlivňuje propustnost pro vodu a plyny, a skládá se ze dvou vrstev. Vnější osemení je hrubší a vnitřní osemení je jemnější, blanité.

Na povrchu zralého semene můžeme rozlišit malou jizvičku (cikatrikula), která vznikla v místě, kde byl mikropylární otvor vajíčka. V tomto místě je osemení nejtenčí.

Dále na osemení bývá dobře viditelná, často barevně odlišná, jizva, označovaná jako pupek - hilum. Hilum je to místo, kde se oddělilo poutko od semene.

U obrácených a příčných vajíček je někdy patrný semenný šev (poutec – *raphe*), což je hrana v místě srůstu poutka s obalem vajíčka. Masitý výběžek, který vzniká zbytněním pletiv semenného švu, se nazývá hřebínek (*crista*). Vyskytuje se např. u blatouchu bahenního.

Osemení může mít složitou strukturu. Osemení zralých semen tvoří buňky nejrozmanitějších typů (dlaždicové, izodiametrické, palisádové aj). Na příčném řezu osemením lze rozlišit například slizové, sklerenchymatické a pigmentové vrstvy. Výsledkem uvedené rozmanitosti je velmi rozdílný vzhled. Povrch testy může být hladký, lesklý, rýhovaný, sametový, štětinatý nebo opatřený háčky či výrůstky, přispívající k zoochorii (rozšiřování semen pomocí zvířat).

3.2.2 Perisperm

Perisperm (vnější bílek) vzniká z buněk zárodečného vaku (nucellus) a je diploidní. Představuje zásobní pletivo pro výživu embrya. U většiny botanických druhů se v počátečních fázích vývinu zcela vyčerpá, takže v plné zralosti se vyskytuje jen u některých čeledí (př. merlíkovité). V některých případech se stává hlavním zásobním orgánem živin (Houba a Hosnedl, 2002).

3.2.3 Endosperm

Endosperm (vnitřní bílek) se vyvíjí z diploidního jádra zárodečného vaku oplozeného jednou z pohlavních buněk pylové láčky (je triploidní) (Houba a Hosnedl, 2002).

Endosperm je tvořen parenchymatickým pletivem, ve kterém je uložené velké množství škrobu, někdy i bílkoviny a tuky, které slouží jako zásobní pletivo pro výživu embrya při klíčení semena. Endosperm získává charakter zásobního pletiva postupně. Podle toho, která z látek převládla, je vnitřek semena moučný (trávy, hlavně obilniny), olejnatý (řepka olejná, mák). Součástí endospermu řady druhů lipnicovitých je aleuronová vrstva. Je utvářena jednou nebo více vrstvami buněk, které se v určité fázi zrání diferencují od dalších buněk endospermu. Dochází k vydělení obvodových buněk od buněk vnitřních a k jejich přeměně v pravidelné buňky se ztlustlými stěnami a především proteinovým obsahem. Významný rozdíl spočívá v tom, že buňky aleuronové vrstvy zůstávají stále živé narozdíl od ostatních buněk endospermu (Pavlová, 2005).

Podle stavu endospermu ve fázi zralosti se semena rozdělují na:

- semena s endospermem – endosperm je dobře vyvinutý (lipnicovité)
- semena bez endospermu – u zralých semen endosperm buď zcela chybí, nebo byl značně vyčerpán v průběhu jejich vývinu (sója). Někdy je redukován na tenkou tkáň utvářenou slabou vrstvou buněk (salát) (Houba a Hosnedl, 2002).

3.2.4 Embryo

Nejdůležitější částí je embryo (klíček, zárodek), který může spotřebovat celý nucellus a skoro i endosperm, přitom zásobní látky ukládá do svých klíčnicích lístků.

Embryo je mnohobuněčný diploidní organismus, který procesem embryogeneze vzniká z jedné buňky – zygoty.

Obvykle je embryo tvořeno embryonálním základem prvního pupenu (plumulou, pírkem), jednou nebo dvěma dělohami, základem hypokotylu, základem kořene (radikulou) se základem kořenové čepičky. V embryu si všechny buňky ponechávají schopnost se dělit, v různých oblastech se však dělí různou rychlostí, různými směry, v různých směrech se prodlužují. Tak vzniká druhově charakteristický tvar embrya (Pavlová, 2005).

3.3 Životní projevy semene

3.3.1 Dormance a posklizňové dozrávání

3.3.1.1 Klidové období

Semena kulturních i plevelných rostlin procházejí po dozrání určitým obdobím klidu. Některá semena jsou schopna klíčit ihned po dozrání, to však závisí na mnoha vnitřních i vnějších faktorech – podmínkách prostředí. Období klidu semen můžeme rozdělit na:

- *dormanci*
- *quiescenci*.

Quiescence je klidové období vynucené podmínkami prostředí. Semena neklíčí, protože nemají vhodné podmínky ke klíčení. Vynucený klid je zcela přirozeným stavem suchých semen, u kterých překážkou klíčení není dormance, ale nejsou zabezpečeny vnější podmínky klíčení, zejména není k dispozici voda potřebná k bobtnání anebo teplota nedosahuje ani potřebného minima (Houba a Hosnedl, 2002).

Dormance je období klidu, ve kterém semena neklíčí, i když jsou podmínky pro klíčení příznivé. Dormance je přirozený fyziologický stav neumožňující klíčení. (Houba a Hosnedl, 2002). Je to důležitý mechanismus, díky kterému jsou rostliny schopny adaptovat se na měnící se podmínky prostředí a dokáží tak přežít. Délka dormance je odrůdovou vlastností.

Copeland a McDonald (1995) dělí dormanci semen na:

- *primární dormanci*
- *sekundární dormanci*
- *Primární dormance (vrozená)*

Jedná se typ vrozené dormance a je určitou formou ochrany semen po dozrání.

Dormance semen způsobí, že po ukončení reprodukčního vývoje, po dozrání na mateřské rostlině, semena neklíčí. Tato semena vyklíčí po určitém stimulu, který dormanci přeruší.

Příčinou mohou být podmínky endogenní (vnitřní) a exogenní (Houba a Hosnedl, 2002).

Dormance exogenní je vyvolána nedostupností základních podmínek pro klíčení, nedostatkem vody a kyslíku, nebo ji mohou způsobit semenné obaly. Semenné obaly (testa) jsou příčinou tzv. tvrdých semen (př. u čeledi bobovité a liliovitě). Tvrdosemennost, způsobená anatomickou stavbou obalů, způsobuje nepropustnost pro vodu a plyny. Tvrdá semena při zkoušce klíčivosti sice neklíčí a neplesniví stejně jako dormantní semena, ale na rozdíl od nich ani neobobtnají. Klíčí až po delší době, někdy až po několika letech, a tak slouží k přežití druhu za nepříznivých podmínek. Jejich podíl v osivu je řízen geneticky a zvyšuje se příliš rychlým sušením ať už při posklizňovém dozrávání (během dormance), nebo při pozdějším dosoušení. Tvrdá semena se zcela nebo zčásti započítávají do klíčivých. Tvrdosemennost lze odstranit úpravou semen – narušením obalů – skarifikací, anebo chemicky, či selektivními enzymy (celuláza, pektináza). Skarifikace znamená použití obrušování semen, či šoky způsobenými střídavými teplotami apod. Z chemických látek lze použít slabý roztok kyseliny sírové, chloridu sodného, peroxidu vodíku (ten se využívá při také zkouškách klíčivosti). Semena musí být bezprostředně omyta a osušena.

Dormance endogenní je výsledkem přirozených vlastností semen, odpovídá druhovým a odrůdovým vlastnostem. Vyvolávají ji podmínky během vývoje a zrání semen. Je navozena inhibičními vlivy ABA během zrání semene na mateřské rostlině (Finch-Savage a Leubner-Metzger, 2006). Endogenní dormanci označujeme jako fyziologickou.

Semena, která se vyvíjí, málokdy klíčí. Pokud dojde u vyvíjejících se semen ke klíčení, je to důsledek nedostatečné syntézy ABA (kyseliny abscisové) nebo nedostatečné citlivosti ke kyselině abscisové (Hilhorst, 1995).

Hlavní složkou je přítomnost inhibitorů klíčení (kyselina abscisová, ferulová a další fenolové kyseliny, kumarin), nebo látky ovlivňující osmotický tlak (organické kyseliny). Fytohormon ABA – kyselina abscisová má největší podíl na dormanci. Další příčinou tohoto druhu dormance může být nevhodná délka dne v době zrání semen (př. řepa), vláhové podmínky v době zrání semen, pozice semen v květenství (př. mrkev), stáří mateřské rostliny a teplota v období zrání.

Důležitý je vzájemný podíl ABA (ale i dalších inhibitorů) k fytohormonům povahy stimulatorů růstu (gibereliny, cytokininy). Tvorbu a obsah inhibitorů klíčení a tudíž endogenní dormanci ovlivňují dle (Houba a Hosnedl, 2002):

- *délka dne v závěrečném období zrání semen* – dlouhý den může u některých plodin indukovat dormanci nebo může ovlivňovat tloušťku semenných obalů
- *vláhové podmínky* – vodní deficit může dormanci zvyšovat, nebo naopak snižovat (podle fáze zrání, sucho po kvetení dormanci aktivuje a sucho na konci zrání působí zcela opačně)
- *pozice semen na rostlině a v květenství*
- *stáří mateřské rostliny v době kvetení* (souvisí často s výživou dusíkem a vláhou)
- *teplota v období zrání*

Může být odstraněna např. stratifikací (nabobtnalá semena jsou vystavena nízké teplotě (př. semena ovocných dřevin) a obdobnými prostředky jako u dormance exogenní

- *Sekundární dormance (vyvolaná)*

Vyvolaná dormance vzniká jako reakce na určité nepříznivé životní podmínky. Vzniká u vitálních klíčivých semen, která primární dormanci nikdy neměla (vnucená dormance), nebo která ji již ukončila (indukovaná dormance). Semena s vyvolanou dormancí mohou zůstat v klidu buď krátkodobě, do období zlepšení podmínek, nebo dlouhodobě po mnoho sezón. Semeno neklíčí díky nedostatku vhodných podmínek pro růst (př. voda, přísun kyslíku, vhodná teplota) nebo naopak přítomností faktorů inhibujících další vývoj (př. vysoká koncentrace oxidu uhličitého) (Šerá, 2012). Semena ve stavu neklíčení (Murdoch a Ellis, 2000) vydrží dlouho, až desítky let. Po změně podmínek přejdou semena ze stavu neklíčení do stavu klíčení.

Sekundární dormance semen vzniká jako reakce na nepříznivé vnější podmínky u semen, která již primární dormancí prošla, nebo ji nikdy neměla. Semena jsou vystavena podmínkám, které jsou pro klíčení nepříznivé (světelné podmínky, anoxie, vodní stres, přítomnost chemických látek nebo příliš vysoká či nízká teplota). Při odstranění těchto podmínek je sekundární dormance ukončena.

Mezi nejčastěji uváděné typy sekundární dormance patří:

- *termodormance* (působení teploty přesahují maxima pro klíčení - hlavně u semen v povrchových vrstvách půdy)
- *skotodormance* (vliv světla – u semen citlivých na světlo, po umístění semen do tmy se vyvine snížená citlivost ke světlu)
- *fotodormance* (vliv prodloužené expozice dlouhovlnného červeného nebo bílého světla)

- *osmodormance* (vliv nedostatku vody při klíčení)

Zpravidla jde o nevyrovnanou bilanci obsahu látek klíčení podporujících a látek klíčení inhibujících. Semena mohou plynule přecházet mezi stavy dormance a schopností okamžitě klíčit, je možné vyzorovat roční sezónnost dormance jednotlivých druhů (Baskin a Baskin, 2001). K uvedeným příčinám dormance jsou značně citlivá semena salátu. Klíčivost semen u některých druhů může být ovlivněna určitými časovými cykly se zvýšenou dormancí. Tento fenomén se nazývá cyklická dormance. Indukce této dormance může nastat u těchto samých semen během určitého období opakovaně (Houba a Hosnedl, 2002).

Autoři Baskin a Baskin (2004) se dormanci semen věnují dlouho a vytvořili klasifikaci dormance, která má 5 tříd:

- *fyziologická dormance FD* – dále se dělí na hlubokou (deep), střední (intermediate) a nehlubokou (nondeep)
- *morfologická dormance MD*
- *morfofyziologická dormance MFD*
- *fyzikální dormance FYD* – je způsobena tvrdosemenností, vrstvou palisádových buněk v obalu, přes kterou nemůže proniknout voda
- *kombinovaná dormance FYD+FD*

Finch-Savage a Leubner-Metzger (2006) rozlišují 2 typy dormance způsobené strukturami semene.

- *dormance způsobená obaly semene (coat-imposed dormancy)*
- *dormance způsobená embryem (embryo dormancy)*

Podle metod ISTA (International Seed Testing Association) může být dormance odstraněna nízkými teplotami, předsušením, působením kyseliny gibberelové nebo dusičnanu draselného, předběžným máčením a mechanickým narušením tvrdých zrn (Hosnedl, 2003).

3.3.1.2 Posklizňové dozrávání

Podstatou je přirozené odeznění dormance suchých semen při jejich uskladnění. Charakteristické je posklizňové dozrávání obilnin, kdy jeden až dva měsíce uskladnění postačí k dosažení vyklíčení obilek v maximální míře. Tento specifický typ dormance

chrání porosty před nežádoucím porůstáním semen v klasech obilnin v období zrání a má velký význam pro uchování kvality obilí sladového ječmene (Houba a Hosnedl, 2002).

3.3.2 Deteriorace

Vše živé, tedy i semena, podléhají procesu stárnutí, který končí ztrátou životaschopnosti. Průvodním znakem stárnutí je postupné snižování kvality semen, označované jako deteriorace (Houba a Hosnedl, 2002).

Semena jsou biologický materiál a po dosažení fáze zralosti, stavu nejvyšší vitality, stárnou. Deteriorace semen začíná již na mateřské rostlině. Rychlost stárnutí závisí na vitalitě semen a na podmínkách prostředí. Dle Houby a Hosnedla (2002) závisí i na druhu a odrůdě semen. Vitální semena stárnou pomalu, na rozdíl od nekvalitních poškozených semen.

Deteriorací se postupně snižuje životaschopnost semen, snižuje se semenářská hodnota. Stárnutí neboli deterioraci nelze zaměňovat za poškození, mechanickou dezintegraci osiva. Deteriorace je zcela přirozený životní proces semen a dezintegrace semen patří k vážným příčinám rychlé deteriorace.

Semena stárnou rychleji při mechanickém poškození, které je většinou způsobeno špatnou vlhkostí semen nebo nevhodně zvolenou či seřízenou mechanizací sklizně. Vyšší vlhkost při skladování zvyšuje u semen tvorbu nežádoucích volných radikálů, které poškozují membrány semen (Chloupek, 2008).

Dříve existoval názor, že stárnutí je proces nezvratný, ale Coolbear (1995) zjistil, že semena mají zabudovaný systém, aktivní mechanismus, který může proces deteriorace zpomalit nebo i zvrátit. Rychlost deteriorace je možné zpomalit prostřednictvím optimálních podmínek (Houba a Hosnedl, 2002). Hlavními faktory prostředí, které ovlivňují stárnutí semen, jsou teplota a voda, respektive vlhkost prostředí, a vlhkost semen.

Biochemické aspekty deteriorace semen shrnuli v roce 1972 Abdul-Baki a Anderson do následujících bodů:

- snižuje se intenzita dýchání
- celkově se snižuje aktivita enzymatické činnosti
- mění se poměr zásobních látek v semeni (narůstá podíl polyfenolů)
- dochází ke změnám struktury buněčných membrán

- dochází ke změnám v syntéze nových látek
- dochází ke změnám genetického aparátu – zvyšuje se počet mutací (Houba a Hosnedl, 2002).

Hlavní příčinou ztráty vitality je poškození buněčných membrán dané biochemickými změnami anebo i mechanickým poškozením. Poškození membrán vede k vyluhování elektrolytů projevujícím se zvýšením elektrické vodivosti výluhu (Chloupek, 2009)

Šebánek (1998) říká, že deteriorace začíná degradací buněčných membrán, jejíž podstatou je oxidace membránových lipidů, a snížená aktivita mitochondrií. Dále je snížena syntéza ATP a snížena respirace. Dochází k poruchám transkripce a translace nukleových kyselin a tím i poklesu aktivity enzymů.

Na buněčné úrovni je možné dle Copelanda a McDonalda (1995) definovat symptomy stárnutí:

- změny morfologické – př. změna barvy
- změny ultrastrukturální – porušení membrány
- vyluhování elektrolytů - měřitelné konduktometricky
- změny enzymových aktivit
- změny dýchání – snížení
- změny v obsahu volných mastných kyselin – zvýšení

Houba a Hosnedl (2002) definoval symptomy procesu stárnutí takto:

- dochází k redukcí klíčivosti a především vzházivosti
- zpomalená rychlost klíčení
- s delším obdobím klíčení souvisí nevyrovnané klíčení a vzházení (prodlužuje se střední doba klíčení – MTG)
- nižší vitalita, projevující se zvýšenou citlivostí na podmínky prostředí při klíčení a vzházení
- méně vyvinuté klíčící rostliny
- anomální klíčící rostliny – v osivu se zvyšuje jejich podíl a to i v případech, kdy partie má stále ještě poměrně vysoké procento klíčivosti
- doprovodným projevem deteriorace osiva je zvyšování obsahu polyfenolických látek v suchých semenech

Jak již bylo řečeno, projevem deteriorace je snižování vitality, která vede k postupné ztrátě schopnosti klíčit. V partii osiva se v testech klíčivosti zvyšuje podíl abnormálních klíčících rostlin (vadných klíčenců). Dalšími projevy deteriorace semen mohou být viditelné barevné změny, způsobené oxidací fenolů nebo podobných sloučenin obsažených v semenných obalech. V semenech některých druhů se může zvyšovat hladina volných mastných kyselin. Do procesu deteriorace je možné zařadit také akumulaci toxických metabolitů, které fungují jako inhibitory klíčení (Houba a Hosnedl, 2002). Dalším významným faktorem, který ovlivňuje životaschopnost semen, je mikroflóra a půdní organismy.

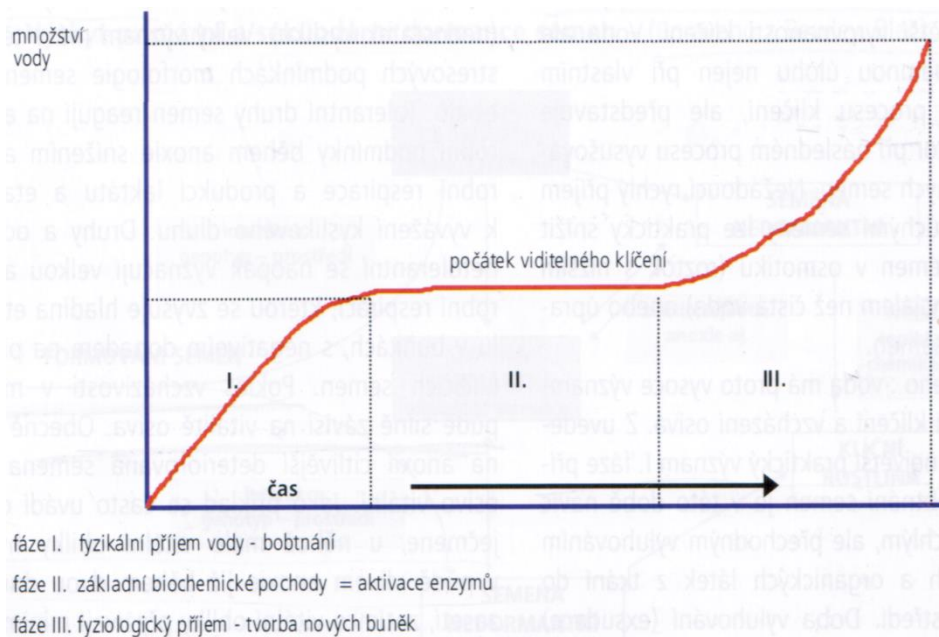
3.3.3 Klíčení semen

Klíčení dle Procházky, (1998) je obnovení metabolických procesů semen vedoucí k aktivnímu růstu embrya a k prodlužování buněk radikuly a hypokotylu. Začíná příjmem vody semenem a končí začátkem prodlužovacího růstu radikuly v embryu. (Procházka et al., 2003) Z embrya se vyvíjí orgány, které indukují schopnost vytvořit za vhodných podmínek normální životaschopnou rostlinu (Copeland a McDonald, 1995).

Na klíčení semen existují různé pohledy. Z fyziologického hlediska je představováno třemi fázemi a to:

- **I. fáze – imbibice, bobtnání** (příjmem vody semenem)
- **II. fáze - aktivace biochemických, fyzikálních a biologických pochodů** (syntéza proteinů se subcelulárními strukturálními změnami včetně zvýšené respirace)
- **III. fáze – růst klíčku** (prodlužováním buněk radikuly a hypokotylu a končí proražením obalových struktur kořínkem

(Copeland a McDonald, 1995)(Houba a Hosnedl, 2002)



Obrázek 3 Příjem vody semeny při klíčení – fáze klíčení Houba a Hosnedl, 2002 upraveno Bewley a Black, 1978)

Z pohledu semenářského se jedná o proces, kdy z embrya vznikají a vyvíjejí se takové základní struktury, které podle druhu svědčí o schopnosti vytvořit za příznivých podmínek prostředí normální rostlinu. A tento proces je završen vyořením klíčící rostliny nad povrch půdy (Procházka et al., 1998).

Za kritérium klíčení se zpravidla považuje viditelné proniknutí radikuly o semením. Podle některých autorů je klíčení ukončeno až po spotřebování všech rezervních látek. Informaci o aktivaci zásobních látek z endospermu dává embryo v odezvě na přiváděnou vodu prostřednictvím giberelinů. Gibereliny se uvolňují do endospermu a dochází tak k aktivaci genů pro syntézu enzymů, především enzymu α -amylázy, který štěpí škrob (Procházka et al., 1998). Následuje prodlužovací růst buněk radikuly. Během růstu, klíčení je aktivován také auxin.

3.3.3.1 Faktory determinující klíčení

To, zda jsou životaschopná semena schopna ihned po sklizni klíčit, závisí na mnoha faktorech vnitřních (genetických a fyziologických) a na podmínkách prostředí. Mezi nezbytné vnější podmínky prostředí patří voda, teplota a kyslík a mezi specifické podmínky patří třeba světlo nebo přítomnost určitých chemických látek (Houba a Hosnedl, 2002). Pro některá semena je důležitou podmínkou světlo.

3.3.3.1.1 Vnitřní faktory klíčení

Přestože jsou splněny vnější podmínky pro klíčení a semena jsou živá, tak nemusí klíčit. Příčinou může být nepropustnost povrchových vrstev pro vodu a plyny. Dalším vnitřním faktorem může být vysoký obsah inhibičních látek, které brzdí klíčení (př. ABA, kyselina ferulová). Přítomnost stimulátorů může naopak klíčení podporovat (př. auxiny, gibereliny a cytokininy). Z pohledu fyziologů je snížené klíčení semen záležitostí výskytu dormantních a neživých semen. V neposlední řadě je klíčivost ovlivněna kvalitou a deteriorací semen. Projevem deteriorace je snižování kvality semen a snižování kvality vede k postupné ztrátě schopnosti klíčit.

3.3.3.1.2 Vnější faktory klíčení

Voda

K nejvýznamnějším faktorům klíčení patří voda. Prvním předpokladem klíčení je příjem vody. Každý druh má specifickou potřebu množství vody a stejně tak nároky na minimální vlhkost, při které je schopný začít bobtnat. Voda je potřebná pro aktivaci enzymů, k chemickým reakcím a jako transportní médium.

Při snížené minimální vlhkosti půdy semeno nebobtná a semeno přechází do stavu klidu. Půdní vlhkost není statickým parametrem, mění se. Semena mohou proto projít několikrát cyklem hydratace a dehydratace, než začnou klíčit.

Přístupnost vody v půdě je z hlediska vnějších faktorů dána především fyzikálními vlastnostmi půd určující sorpci a hydraulickou vodivost. Voda dostupná v půdním lůžku v blízkosti zasetých semen vykazuje jistý vodní potenciál stejně tak, jako semena samotná. Gradient vodních potenciálů půdy a semena znamená vyšší či menší dostupnost vody pro semeno. Nižší vodní potenciál, tzn. nižší dostupnost vody, snižuje rychlost klíčení. Copeland a McDonald (1995) uvádí, že semena jsou málokdy schopna přijímat vodu z větší vzdálenosti než 10 mm. Absorpční schopnost semen je největší ihned po styku s vodou v půdě. Suchá semena mají velmi nízký vodní potenciál. Příjmem vody se zvyšuje vodní potenciál semene a sníží se tak gradient vodních potenciálů půda-semeno a sníží se tak rychlost příjmu vody. Základními složkami vodního potenciálu je osmotický, tlakový a matriční potenciál. Osmotický potenciál je dán přítomností osmoticky aktivních látek a má zápornou hodnotu. Tlakový potenciál souvisí s působením tlaku protoplastu na buněčnou stěnu a má kladnou hodnotu. Vyšší hodnota tlakového potenciálu znamená, že se buněčná

stěna rozpíná. Matriční potenciál má velmi nízkou hodnotu. Záporná hodnota matričního potenciálu je dána přítomností buněčných struktur v buňce (obsah vody v buněčných strukturách je vždy nižší, než v okolním roztoku). Celkový vodní potenciál semene má hodnotu zápornou. Hodnota vodního potenciálu vody je nula. Z důvodu nastolení určité rovnováhy se voda pohybuje z míst s vyšší hodnotou vodního potenciálu do míst s nižší hodnotou potenciálu. Díky rozdílným hodnotám vodních potenciálů dochází k tomu, že semena přijímají vodu.

Voda je semeny přijímána ve třech fázích, které z pohledu klíčení lze označit jako: *bobtnání, aktivace biochemických pochodů a růst klíčku* (Bradford, 1995).

Bobtnání – příjem vody semenem

Schopnost bobtnat mají jak semena dormantní a nedormantní semena, tak semena životaschopná i neživá (Houba a Hosnedl, 2002). Množství vody přijaté při bobtnání je poměrně malé a příjem vody je poměrně rychlý. Příjem vody probíhá na základě rozdílných hodnot vodních potenciálů. Se stoupající teplotou se zvýší i příjem vody.

Velký význam při bobtnání hraje i morfologie rostlinných obalů. Látky obsažené v rostlinných obalech (př. sliz, pektin či celulóza) mohou přispívat ke zbobtnání. Naopak tvrdosemennost může negativně ovlivnit proces bobtnání.

Voda může zrychlit klíčení, neboť ze semen může vyluhovat inhibiční látky (Šebánek, 1998). U buněk, které přijmou vodu, dojde k dočasnému narušení membrán a k přechodnému vyluhování anorganických a organických látek z tkání přes plasmalemu do okolního prostředí. Nadměrné uvolnění (exsudace) cukrů a aminokyselin může vést ke značné ztrátě energetických zdrojů semene. Sekundárně může přítomnost těchto látek v půdě stimulovat mikroflóru, která má na klíčení negativní vliv.

Aktivace biochemických procesů – stabilní fáze

Množství přijaté vody semeny se v této fázi nemění, působí pouze jako aktivátor, agens. V semeni se začnou aktivovat metabolické procesy a tím začíná příprava na objemový růst embryonálních buněk. Dochází k mobilizaci zásobních látek (endosperm, dělohy, perisperm). Tato fáze se týká pouze semen živých.

Růst klíčku – klíčení končí viditelným prorůstáním klíčku skrz obaly

Trvání jednotlivých fází závisí na konkrétních vlastnostech semene (velikost, semene, propustnost obalů) a na fyzikálních podmínkách (teplota, vlhkost, složení okolního substrátu).

Teplota

Vedle vody je teplota dalším významným faktorem, který ovlivňuje proces klíčení.

Teplota prostředí, respektive teplota půdy, je dána zářením dopadajícím na povrch půdy, teplotní vodivostí povrchu půdy a její tepelnou kapacitou. Teplota půdy, není statickým parametrem, mění se v souvislosti s hloubkou zasetí a s časem. Některé druhy semen potřebují ke klíčení střídání teplot (Fenner, 1985).

Klíčení je po biochemické stránce sledem chemických reakcí a metabolických pochodů, které probíhají jen při určitých teplotách prostředí. Efekt teploty pro klíčení lze vyjádřit existencí tří kardinálních bodů u každého rostlinného druhu: minimem, optimem a maximem. Teplota kardinálních bodů je závislá na botanickém druhu, odrůdě, podmínkách prostředí a též na kvalitě a stáří osiva (Houba a Hosnedl, 2002).

Teplotní minimum se obtížně stanovuje. Některé rostlinné druhy jsou schopné klíčit i při velmi nízkých teplotách blízkých 0°C (př. ruský amarant) (Copeland a McDonald, 1995). Nízké teploty klíčení zpomalují a mohou při bobtnání fyziologicky poškodit semena. Nízké teploty jsou u některých druhů semen potřebné k odstranění dormance způsobené inhibitory. Poté, co semena projdou nízkou teplotou, mrazem, mohou teprve klíčit.

Optimální teplota je definovaná jako teplota, která zajistí nejvyšší procentuální klíčivost v co nejkratší době. Maximální teplota je definována jako teplota, při které dochází k denaturaci bílkovin, které jsou nezbytné pro klíčení

Teplotní optimum pro klíčení je zpravidla o něco nižší než optimum pro růst. (Houba a Hosnedl, 2002). Optimální teplota pro většinu semen se pohybuje v rozmezí od 15°C do 30°C. Semena o vysoké kvalitě jsou schopná klíčit při větším rozpětí než semena s nízkou kvalitou (Copeland a McDonald, 1995).

Obečně platí, že rostliny mírného pásma mají nižší hodnoty kardinálních bodů než rostliny tropů a naopak, plané nekulturní druhy mají nižší teplotní nároky než kulturní domestikované rostliny (Houba a Hosnedl, 2002).

Kyslík

Klíčení je spojeno s výrazným nárůstem enzymové aktivity a pro metabolické procesy je potřeba kyslík.

Normální obsah kyslíku v půdním vzduchu neklesá pod 19% (Houba a Hosnedl, 2002). Půdní vzduch je směs plynů. Další plynné složky jsou za běžných podmínek zastoupeny v množství 0,03% CO₂ a cca 80% N₂ (Fenner, 1985). Koncentrace některých půdních plynů je pro klíčení velmi důležitá. Nedostatek kyslíku se při klíčení u semen většiny botanických druhů projevuje poklesem procenta klíčivosti. Existují botanické druhy, které mohou klíčit v podmínkách bez přístupu kyslíku (př. rýže). V půdním prostředí může klíčení a dormanci ovlivnit nejen kyslík, ale též plyny CO₂ a etylén, které se v půdě akumulují (Houba a Hosnedl, 2002). Vyšší koncentrace CO₂ vede ke zpomalení klíčení (Copeland a McDonald, 1995).

Podle reakce semen na množství kyslíku v půdní atmosféře lze rozlišovat dva typy semen – citlivá semena a semena méně citlivá na anoxii. K inhibici klíčení zpravidla dochází při poklesu obsahu kyslíku pod 1 až 3%. U semen citlivých na nedostatek kyslíku dochází již při snížení obsahu kyslíku na 9 až 10% (př. mrkev) (Houba a Hosnedl, 2002). Méně citlivá semena snižují anaerobní respiraci produkcí laktátu a etanolu k vyvážení kyslíkového dluhu. Citlivá semena se vyznačují velkou anaerobní respirací, kterou se zvyšuje koncentrace etanolu v buňkách (Hess, 1983).

Na počátku procesu klíčení spotřeba kyslíku prudce stoupá. S postupující hydratací pletiv se zvyšuje dýchání, které bylo u suchých semen velmi malé. Po dokončení hydratace pletiv stagnuje další příjem kyslíku nebo se pouze pomalu zvyšuje. K opětovnému nárůstu spotřeby kyslíku dochází ve třetí fázi klíčení v souvislosti s růstem embryonální osy (Houba a Hosnedl, 2002).

Na začátku klíčení probíhá anaerobní dýchání a v průběhu klíčení semen se zvyšuje aerobní dýchání semen. Dýchání, buněčné dýchání, probíhá v organelách – mitochondriích. Jedná se o systém postupných oxidoredukčních reakcí, při kterých dochází k uvolnění chemické energie z organických látek a ta je vázána chemicky v podobě ATP.

O dýchání proto mluvíme jako o dýchacím řetězci. Dýchací řetězec, a tím i fosforylace spojená s dýcháním, vyžaduje kyslík.

Světlo

U většiny plodin není světlo nezbytnou podmínkou klíčení. Citlivost na světlo a tmu se začíná projevovat až při nabobtnání semen (Houba a Hosnedl, 2002). Podle to lze rozdělit druhy na kladně fotoblastické, u kterých světlo stimuluje klíčení (př. některé druhy salátů), a na druhy negativně fotoblastické. Semena kladně fotoblastická zpravidla mají méně zásobních látek a klíční rostliny proto musí rychle dosáhnout podmínek, které jsou vhodné pro jejich autotrofní existenci.

Na klíčení působí světlo prostřednictvím fytochromového systému. U semen stimulovaných světlem je fytochrom P_R krátkovlnným červeným světlem převáděn na aktivní formu pigmentového systému P_{FR} , která pak může klíčení indukovat (Houba a Hosnedl, 2002).

3.4 Osivo - legislativa

Semena určená k výsevu se označují za osivo. Pojem osivo je definován v zákoně č.219/2003 Sb., o uvádění osiva a sadby do oběhu pěstovaných rostlin. Dle tohoto zákona se osivem rozumí semena určená k rozmnožování nebo pěstování rostlin, ale i sadba. Zákon č. 219/2003 Sb., vymezuje skupiny rozmnožovacího materiálu a druhový seznam, to znamená registraci odrůd druhů pěstovaných rostlin.

Rozmnožovací materiál, osivo a sadba pěstovaných rostlin, prochází uznávacím řízením. Uznáváním a registrací odrůd je u nás pověřen Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). V České republice se tak do oběhu dostane pouze uznaný rozmnožovací materiál registrovaných odrůd uvedených ve státní odrůdové knize.

Uvádění do oběhu rozumíme ve smyslu zákona „skladování, prodej, dovoz nebo jiný způsob převodu či přechodu rozmnožovacího materiálu na jinou osobu, pokud jsou tyto činnosti prováděny za účelem obchodního využívání“.

Pro vlastní spotřebu si může pěstitel vyprodukovat vlastní rozmnožovací materiál, tzv. farmářské osivo, které nevyžaduje registraci a ani není vyžadována ohlašovací povinnost. Ale toto osivo podléhá zvláštnímu režimu (viz. Zákon č.408/2000 Sb., o ochraně práv

k odrůdám, ve znění pozdějších předpisů). Farmářské osivo nesmí být předmětem uvádění do oběhu.

Certifikace je pojem častěji užívaný v zahraničí. U nás je v obdobném smyslu vžitý pojem uznávání, přestože nejde o zcela shodný obsah. Certifikace v semenářství je program, jehož cílem je udržet vysokou jakost osiva a sadby se zárukou zachování druhové a odrůdové čistoty a pravosti (Houba a Hosnedl, 2002). Certifikované osivo zaručuje dobrou klíčivost a kvalitu pěstovaných rostlin.

V současnosti se využívají v zemědělství různé druhy osiv od certifikovaných až po farmářská s různou kvalitou.

3.5 Kvalita osiva

3.5.1 Biologické a semenářské vlastnosti osiva

Kvalitu osiva je nutné chápat jako komplex biologické a semenářské hodnoty (Hosnedl, 1997).

Biologická hodnota vyjadřuje vnitřní vlastnosti osiva dané kvalitou živé hmoty semen. Základem jsou genotypově zafixované vlastnosti odrůdy (chemická, morfologická a morfologická stavba), které mohou být modifikovány prostředím, ve kterém bylo osivo pěstováno, (Bláha et al., 2001) tj. ovlivněno přírodními podmínkami (provenience) a stresory (pH, teplota, vodní režim, dostupné živiny a přítomnost škůdců). Biologická hodnota může být do jisté míry ovlivněna vlastní technologií výroby osiva (úroveň agrotechniky, kvalitou sklizně a posklizňového ošetření, podmínkami uskladnění a konečnou úpravou osiva). Nelze ji komplexně vyjádřit žádným laboratorním testem narozdíl od hodnoty semenářské. Biologická hodnota osiva představuje potenciální produkční hodnotu osiva dané odrůdy za určitých podmínek prostředí.

Semenářská hodnota je vyjadřována vlastnostmi biologickými, fyzikálními a mechanickými, které lze změřit laboratorním rozбором vzorku (Hosnedl, 1995). K základním semenářským hodnotám náleží procento klíčivosti a životaschopnosti, čistota, hmotnost 1000 semen a vlhkost osiva. Mimořádný význam nabývá hodnocení zdravotního stavu osiva, respektive výskytu významných patogenů přenosných osivem. Uvedené semenářské hodnoty osiva ovlivňují kvalitu založených porostů i výsledný výnos a jakost produkce a to tím více, čím plodina a odrůda má menší autoregulační a kompenzační schopnost.

Kvalitní osivo ovlivňuje pozitivně produkční schopnost porostu, kvalitu, vitalitu a celkový výnos. Jak uvádí Basu, osivo, resp. kvalitní osivo, je nejdůležitějším vstupem pro rostlinnou výrobu (Basu, 1995). Vysoká úroveň semenářství je nezbytným předpokladem k zajištění kvalitního osiva.

Dle Hosnedla (2009) spočívají výhody vysoké kvality vysévaného osiva v následujících faktorech:

- lepší rezistence vůči patogenům
- rychlejší vytvoření struktury vzešlého porostu a ve změně ranosti
- tolerance vůči časnému období stresů z chladu, zamokření, marginální vlhkosti půdy
- tolerance vůči větší hloubce setí
- omezení nutnosti přesevů
- dosažení optimální hustoty při nižším výsevku
- rychlejší vzcházení, které zabezpečí produktivnější rostliny
- lepší sklizňový index při větší uniformitě vzcházení
- snazší ochrana proti hmyzu a plevelům
- lepší sklizeň vyrovnaných porostů

3.5.2 Faktory ovlivňující kvalitu osiv

Vazba mateřské rostliny a semene, která je kontrolována z části genomem rostliny a částečně podmínkami prostředí, je nejdůležitějším vztahem, který ovlivňuje formování semene (Houba a Hosnedl, 2002).

Mezi základní faktory, které ovlivňují kvalitu osiva, patří dle Šťastného (2005) lokalita, ročník, odrůda. Za rozhodující faktory lze považovat i odpovídající množitelskou agrotechniku, povětrnostní podmínky v době zrání, podmínky vlastní sklizně, posklizňové ošetření a úprava semen a skladování osiva (Houba a Hosnedl, 2002).

Přírodní podmínky – agroekologické podmínky a půdní vlivy

K základním přírodním podmínkám patří půdní, klimatické a meteorologické podmínky.

Přednosti dobrých půdních podmínek pro jakost osiv jsou dobře známé. Vyvážená výživa ovlivňuje hlavně tvorbu výnosu, ale podílí se i na kvalitě, např. na velikosti semen v osivu (větší semena mají více zásobních látek a zpravidla i větší zárodek), na chemické

skladbě (Houba a Hosnedl, 2002). Půdní podmínky jsou stálějšího charakteru a lze je přesně definovat (Hosnedl, 1997).

Rozhodující vliv pro kvalitu osiv je oprávněně přisuzován meteorologickým podmínkám (Houba a Hosnedl, 2002). Mezi hlavní meteorologické faktory náleží podmínky teplotní a srážkové. Teplotní a srážkové podmínky ovlivňují délku období vývoje semen a jejich hormonální činnost (Hosnedl, 1997). Dále mezi meteorologické faktory, které ovlivňují vývoj semene, patří i sluneční záření. Vliv působení na kvalitu semen je složitý. Podstatné je stabilní počasí a jistá konformita v jednotlivých letech.

Je třeba důsledně rozlišovat mezi pojmy meteorologické a klimatické podmínky. Klimatické podmínky jsou dány konkrétní zeměpisnou polohou, dlouhodobým průměrem teplot, vodních srážek, délky slunečního svitu apod. Důležitá je stabilita klimatických podmínek (Houba a Hosnedl, 2002).

Vhodná odrůda a provenience

Odrůdu lze definovat jako soubor rostlin náležející k nejnižšímu stupni botanického třídění, který lze vymezit projevem znaků vyplývajících z určitého genotypu nebo kombinace genotypů, odlišitelných od každého jiného souboru rostlin projevem nejméně jednoho z těchto znaků a považovaný za jednotku rozmnožovatelnou beze změny (Houba a Hosnedl, 2002).

Dle Šťastného (2005), je produkční schopnost osiva v porostu významně utvářena charakterem odrůdy. Některé odrůdy mají schopnost při tvorbě výnosu kompenzovat nižší úroveň vitality osiva. Odrůdy, které nevykazují z pohledu kvality osiv výrazné ročníkové kolísání, poskytují stabilní a odpovídající výnos.

Provenience – původ osiva. Řada prací v 90 letech minulého století prokázala, že u nás se dosáhne sklizně vitálnějšího a po všech stránkách kvalitnějšího osiva, př. pšenice nebo ječmene, pokud množení probíhá v nejpříznivějších oblastech, tj. tam, kde i na plochách běžného pěstování je dosahováno nejlepších parametrů výnosu i kvality (Houba a Hosnedl, 2002). V pokusech bylo opakovaně prokázáno, že vliv provenience osiva pšenice může být vyšší než vliv odrůdy a může zvýšit či snížit výnos zrna o 8 i více procent (Velikovský V., 1985).

Stresové podmínky

V zásadě platí, že kvalitní množení plodin je možné v oblastech s menší frekvencí podmínek stresových.

Stresové podmínky ve vegetativním období jsou většinou méně závažné. Kvalitu osiva ovlivňují nepřímo v podobě špatně vyvinutých, anebo přerostlých a přehoustlých porostů. Méně vyvinutá semena nebo porosty méně odolávají tlaku infekčních chorob (Houba a Hosnedl, 2002).

Stresy v generativním období mají větší vliv na vývin semen a formování jejich vitality, anebo na deteriorizaci semen při dozrávání porostů. Rozhodující je délka působení stresových podmínek a zejména pak fáze vývinu semen, ve které se stres nevyskytuje. Odlišně reagují nejen jednotlivé druhy plodiny, ale i odrůdy. Kritickým faktorem bývá počasí při sklizni, které má dopad na vlhkost semen a na související potřebu rychlé úpravy vlhkosti sklizených semen sušením (Houba a Hosnedl, 2002).

Pěstební technologie - výběr pozemku, agrotechnika a pěstitelské podmínky

Komplexně působí při vzcházení osiva i další agrotechnické faktory související se střídáním plodin, zaplevelením, s přípravou půdy a způsobem setí. Vše začíná výběrem vhodného pozemku (vhodná předplodina, půdní vyrovnanost, minimální zaplevelenost, vhodná expozice). Nevhodná předplodina může způsobit špatný zdravotní stav kultury, zvýšit zaplevelení a výskyt příměsí. Nevhodná předplodina znamená neodstranitelnou závadu, která je spojena se zamítnutím porostu v uznávacím řízení (Houba a Hosnedl, 2002).

Důležitá je včasná a kvalitní příprava půdy. Je nutné vytvořit podmínky pro rozvoj půdní mikroflóry. Půda nesmí být hrudkovitá a přeschlá a pro osivo by mělo být připraveno „seťové lůžko“. Lůžko by mělo být mírně utužené tak, aby byla zajištěna kapilární vzlínavost vody. Setí, sadba, výsevek a vhodná doba setí, mají svá pravidla, která jsou uvedena v semenářských příručkách. Pro hloubku setí se obvykle udává, že vrstva zeminy nad semenem by měla odpovídat dvou až pětinasobku rozměru semene (Houba a Hosnedl, 2002).

Dostatek živin přístupných pro rostliny hraje významnou roli. Je důležité, aby byl v půdě dostatek organické hmoty a humusu (především z hlediska potřeb vázání jednotlivých živin pro rostlinu) a optimální půdní reakce (hodnota pH 6 - 7 pro většinu druhů). Průmyslová hnojiva se obvykle aplikují v několika dělených dávkách podle druhu plodiny (Houba a Hosnedl, 2002).

Nezbytnou povinností množitele je udržovat porost čistý (minimální výskyt plevelů nebo jiných kulturních plodin) a udržovat dobrý zdravotní stav (uplatnění vhodných forem

ochrany rostlin při respektování zásad ochrany životního prostředí) (Houba a Hosnedl, 2002).

Termín a způsob sklizeň

Předčasně provedená sklizeň může způsobit nižší biologickou hodnotu osiva. Na druhé straně, pozdní sklizeň znamená, že budou vyšší ztráty způsobené výdolem. Sklizená semena musí být v co nejkratší době zbavena nečistot a uskladněna (Houba a Hosnedl, 2002).

Ošetření sklizeného osiva a úpravy

Bezprostředně na sklizeň navazují další postupy, tj. čištění, sušení, třídění a různé způsoby následného ošetřování a zpracování a tržní úpravy rozmnožovacího materiálu, včetně balení a skladování.

Technologické úpravy osiva:

- přečištění – následuje co nejdříve po sklizni, očištění od příměsí na čističce (u omlatu hrozí zapaření)
- sušení – musí být šetrné, aby nedošlo ke snížení klíčivosti a vitality osiva (roštové sušárny), snížení vlhkosti v jednom cyklu nesmí převýšit 3%
- čištění – dočištění od příměsí, slouží ke kalibraci osiva (separace podle specifické hmotnosti, velikost a tvaru semen)
- moření – ošetření osiva proti patogenům
- speciální úprava semen – předseťové úpravy (hydratační úpravy, obalování, moření horkou vodou, biologické úpravy) (Houba a Hosnedl, 2002).
- Při technologických úpravách osiva je nutné dbát na to, aby nedocházelo k mechanickému poškození osiva.

Skladování

Osivo neboli rozmnožovací materiál je možné skladovat s respektováním druhových rozdílů několik let. Skladovatelnost je ovlivněna geneticky. Některá semena jsou pro dlouhodobé skladování lépe vybavena. Příkladem mohou být tvrdosemenná semena.

Před skladováním musí být dodržena obecná doporučení vyplývající z biologického charakteru materiálu:

- snížení vlhkosti na potřebnou bezpečnou hodnotu před uzavřením obalů

- skladování při co nejnižší vzdušné vlhkosti a nižší, pokud možno stabilní teplotě (vždy pod 20°C)
- dobré větrání
- zabezpečení proti hlodavcům, ptákům a jiným škůdcům
- umístění obalů na suché podlaze, lépe na dřevěných paletách
- zajištění provětrávání u skladování v silech nebo ohradových paletách

Osivo je nejčastěji skladováno v silech, ohradových paletách nebo kontejnerech. Ke krátkodobému skladování je ideální využívat prostory s možností nastavení vlhkosti a teploty (vlhkost pod 11% a teplota nepřevyšující 20°C) (Copeland a McDonald, 1995). Při dlouhodobém skladování většího množství je dobré mít klimatizované prostory a zabezpečené proti vodě (Bewley a Black, 1994). Pro dlouhodobé uchování vysušených semen (obsah vody v semenech 5-8%) v genobankách se využívají hermeticky uzavřené skleněné kontejnery se vzduchotěsným „twist“ uzávěrem.

3.5.3 Ukazatelé kvality osiva

Kvalita osiva je dána mnoha ukazateli. Odrůdovou kvalitou (geneticky), odrůdovou pravostí a odrůdovou čistotou, klíčivostí, vitalitou osiva, čistotou osiva, zdravotním stavem apod. (Chloupek, 2000).

3.5.3.1 Odrůdová kvalita

Odrůdová kvalita osiva vzniká při šlechtění zvýšením frekvence požadovaných genů, kódujících adaptabilitu odrůdy, kvalitu produktů, odolnost k chorobám a škůdcům apod. Na základě toho se cena osiv kvalitních odrůd výrazně liší (hybridní odrůdy). Během množení může docházet ke snížení odrůdové kvality (Chloupek, 2000).

Pravost odrůdy a čistota odrůdy jsou další charakteristiky kvality osiva, které se hodnotí podle laboratorních testů osiv (vzhledu a barvy semen, obsahu látek typických pro odrůdu), vegetačních polních testů (podíl odlišných rostlin) a polních přehlídek uznávaného porostu (zpravidla v době kvetení).

3.5.3.2 Čistota osiva

Vyjadřuje se procentickým podílem čistých semen příslušné plodiny vzorku. Kontrola čistoty zajišťuje odstranění nežádoucích nečistot a příměsí z osiva. K těmto nečistotám náleží semena jiných rostlin, plevelných i kulturních. Ze semenářského hlediska se posuzuje, zda je možno z porostu sklídit kvalitní osivo a nejenom kvalitní produkt.

Za příměsi se považují jen příměsi takových druhů, které lze odstranit ze sklizeného materiálu s obtížemi, nebo jsou čištěním neodstranitelné (Jelínková, 1978).

3.5.3.3 Zdravotní stav

Při hodnocení zdravotního stavu se přihlíží k přítomnosti chorob přenosných osivem nebo sadbou. Dobrý zdravotní stav umožňuje omezení používání pesticidů. Prvořadý význam má při výsevu nemořeného osiva (alternativní systém hospodaření). Základním opatřením k zabránění přenosu chorob je dobrý zdravotní stav porostu. Laboratorní zkouška osiva by měla být samozřejmostí.

3.5.3.4 Klíčivost

Klíčivost patří k základním hodnotám, ukazatelům kvality osiva, a stanovuje se za optimálních teplotních a vlhkostních podmínek v laboratoři.

Klíčivost je definována jako schopnost semene poskytnout v optimálních podmínkách stanovenou dobu normálně vyvinuté klíčence, u nichž je předpoklad, že se v příznivých podmínkách v půdě vyvinou v normální rostliny (Pazdera, 2005).

Klíčivost se stanovuje laboratorní zkouškou během stanovené doby na substrátu (filtrační papír, písek). V první etapě se nejprve stanovuje energie (rychlost) klíčení, ve druhé etapě se stanovuje vlastní klíčivost.

3.5.3.4.1 Zkouška klíčivosti

Metodika klíčivosti vydaná ÚKZÚZ (2014) definuje klíčivost jako „Klíčivost osiva stanovená laboratorní zkouškou je schopnost semen poskytnout v optimálních podmínkách za stanovenou dobu maximální počet normálně vyvinutých klíčících rostlin, u nichž je předpoklad, že v příznivých podmínkách v půdě se vyvinou v normální rostliny.“

Test klíčivosti patří k základním testům semenářské kontroly a cílem této semenářské kontroly je dosažení co nejvyššího stupně standardizace. Výsledky testu bývají rozhodujícím kritériem kvality při certifikaci osiv.

Základními požadavky na test klíčivosti jsou objektivita, rychlost, nízká cena, reprodukovatelnost, uniformita a dobrá vysvětlitelnost (Hosnedl, 2003).

ISTA a AOSA postupně zpřesňují metodiky testů klíčivosti tak, aby bylo dosahováno co největšího stupně standardizace. Pravidla také stanoví možnost předběžné úpravy osiva před testem, pokud jde o odstranění dormance (Houba a Hosnedl, 2002).

Laboratorní testy klíčivosti u nás má na starosti Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) a laboratoře provádějí zkoušky klíčivosti dle metodik ISTA. Nejnovější vydání je z roku 2014 (Metodika zkoušení osiva a sadby, 2014). Testy jsou cíleně stanovovány za optimálních podmínek pro semena každého botanického druhu. Výsledkem testu je stanovení absolutního počtu klíčivých semen ve vzorku.

Procento klíčivosti udává počet klíčivých semen ze vzorku. Metodika klíčivosti ÚKZÚZ (2014) uvádí, že „Procento klíčivosti udává ve výsledku rozboru početní podíl semen, která ve stanovených podmínkách a ve stanovené době vytvořila normální klíčící rostlinu“.

Při vyhodnocování klíčenců je nezbytný dostatečný vývin důležitých orgánů, aby bylo možno zjistit všechny abnormality, které mají praktický význam pro vytváření rostlin v porostu.

Za normální klíčící rostlinu se považuje klíčenec, který vykazuje schopnost trvale se vyvíjet v normální rostlinu, pokud se pěstuje v půdě dobré kvality a za příznivých vlhkostních, teplotních a světelných podmínek. Klíčenec, který toho není schopen, je považován za abnormálního (vadného) klíčence (Klasifikace: poškození klíčenci, deformovaní a nevyvážení klíčenci a shnilí klíčenci).

Semena, která během testování do konce zkušebního období nevyklíčila, jsou označena za nevyklíčená semena (Klasifikace: tvrdá semena, svěží nevyklíčená semena, mrtvá semena a jiné kategorie).

Jako substrát sloužící k zásobování semen vodou se používá filtrační papír, písek, cihlová drť nebo zemina. Pro klíčení se používají klíčící stoly, skříně, klimatizační komory nebo Jacobsenovo klíčidlo. Na začátku testu se z vhodného substrátu odpočítá 100 semen. V průběhu testování je nutné mít zajištěno větrání a příslušnou vlhkost, teplotu, případně světlo (dle druhové charakteristiky). I doba testování je druhově charakteristická.

Výpočet procenta klíčivosti je dán jako průměr čtyř opakování po 100 semenech.

Klíčovost se vyjadřuje jako podíl počtu normálních klíčenců. V tabulce se dle průměrné hodnoty klíčení vyhledá maximální přípustný rozdíl a porovná se s rozdílem mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou.

Údaje o klíčivosti osiva by především měli být kritériem k prvotnímu rozdělení partií osiva podle kvality (Houba a Hosnedl, 2002).

Vysoké procento klíčivosti je nejlepší vizitkou každé semenářské firmy (Houba a Hosnedl, 2002).

3.5.3.4.2 Faktory ovlivňující klíčivost, klíčení

Klíčivost zahrnuje řadu velmi složitých biochemických, fyzikálních a biologických procesů, jejichž vlivem se z klidového dehydratovaného stavu embrya transformuje do stadia s životaschopným metabolismem, které je završeno růstem (Houba a Hosnedl, 2002).

Klíčivost je ovlivňována kvalitou vyšetého osiva nejen v důsledku genetických faktorů, ale i vlivem mateřských pletiv (endospermu) v semeni (Chloupek, 2008). Příčin snížení klíčivosti semen může být mnoho. Může jít třeba o poruchy ve vývinu semen v souvislosti s nedostatkem v oplodnění, nevyrovnané zrání, anebo poškození semen při sklizni, posklizňovém ošetření či skladování.

Klíčivost závisí nejen na mnoha faktorech vnitřních (genetických a fyziologických), ale i na podmínkách prostředí. Mezi tyto faktory patří dormance semen, deteriorace semen, voda, teplota, kyslík, světlo nebo přítomnost určitých chemických látek.

3.5.3.4.3 Klíčivost a vzcházivost osiva

Zkouška klíčivosti je ověřením životaschopného osiva a měla by být vyhotovena před každým výsevem.

Hodnota standardní klíčivosti osiva může za optimálních podmínek pro klíčení daného druhu představovat hodnotu polní vzcházivosti. V běžných podmínkách, odlišných od optimálních, ovšem standardní klíčivost není dostatečným vyjádřením semenářské hodnoty osiva, neodpovídá skutečné polní vzcházivosti.

Rozdíl mezi laboratorně stanovenou klíčivostí a polní vzcházivostí může být dán nízkou úrovní přípravy půdy. Další roli hraje doba setí a způsob ošetření osiva. Další příčinou může být i nepřítomnost kyslíku. Existují i rozdíly v reakci na světlo u klíčících semen jednotlivých druhů. Neméně významnou roli má i volba správné odrůdy do dané lokality (Bláha, 2007).

Jak uvádí Dornbos, (1995), pro stanovení kvality osiva je důležité kromě klíčivosti zjistit také vitalitu osiva.

Klíčivost a vitalita, tyto vlastnosti charakterizují kvalitu osiva. Každá popisuje kvalitu osiva z jiného pohledu (Pazdera, 2005).

Stanovení klíčivosti představuje potenciální hodnotu, jaké je možné dosáhnout, a vitalita představuje realizovatelnou potenciální hodnotu.

Hodnota klíčivosti je ve všech semenářských laboratořích stanovována rutinně, podle pravidel ISTA. V současnosti se firmy orientují nejen na klíčivost samotnou, ale na schopnost její realizace v různých podmínkách prostředí. V tomto případě pak hovoříme o vitalitě osiva, o schopnosti semen realizovat klíčení v podmínkách obvykle méně příznivých, než při jakých je stanovována klíčivost. (Pazderů, Visingerová, 2009)

3.5.3.5 Vitalita

Vitalitu osiva lze definovat jako přirozenou vnitřní sílu zdravých semen, zabezpečující rychlé klíčení po zasetí, a jeho dokončení i za rozmanitých přírodních podmínek (Houba a Hosnedl, 2002). Obecně lze popsat vitalitu jako schopnost vyrovnaně klíčit a vzházet i za méně příznivých podmínek. Vitální semena vzházejí rychleji a jsou lépe skladovatelná. Vysoce vitální osivo lépe odolává stresovým podmínkám (Honsová a Hosnedl, 1999). Jen zdravá semena mohou být vitální. Cílem každého pěstitele je mít vitální osivo. Proto, aby množitelé získali osivo s nejvyšší vitalitou, musí:

- vytvořit pozitivní růstové podmínky pro vývoj vitálních semen
- sklídit semena v co nejkratším termínu po fyziologické zralosti
- provádět posklizňové úpravy semen a skladování, tak aby minimalizovali poškození semen
(Dornbos, 1995)

3.5.3.5.1 Vlivy ovlivňující vitalitu

Mezi hlavní faktory, které ovlivňují vitalitu, patří dědičné založení, vnější podmínky při růstu a vývoji semen a způsob skladování (Bláha, 2007).

Vitalita může být determinována podmínkami prostředí, jak v období před fyziologickou zralostí, tak po dosažení fyziologické zralosti. Zpravidla jde o vliv teplot a vlhkosti. Největší vliv teplot a vlhkosti je v závěrečné fázi, ve fázi zrání semen, ale může ovlivnit i v raném období, bezprostředně po opylení. Například vysoké teploty v období zrání mohou ovlivnit další následné fyziologické procesy, které mají za následek odlišný růst klíčících rostlin. U partií osiva produkovaných za zvýšených teplotních režimů byla zjištěna odlišná charakteristika klíčení a růstu klíčících rostlin. Chloupek at al. (2003) zjistili, že nedostatek srážek v květnu snižoval klíčivost i vitalitu obilek ječmene. To znamená, že vitalita je ovlivňována růstovými faktory.

Bylo zjištěno, že vitalita osiva je ovlivněna ročníkem a původem osiva (Honsová a Hosnedl, 1999) a odrůdou (Hrstková, 2004). Optimální je pěstování plodin v oblastech s minimálním výskytem stresových podmínek.

Vitalita bývá snižována fyziologickou deteriorací i mechanickou dezintegrací, poškozením (Houba a Hosnedl, 2002). Negativně bývá ovlivněna termínem a způsobem sklizně - předčasnou sklizní, nebo naopak pozdní sklizní (sklizení za deštivého počasí). Může být ovlivněna nevhodnými agronomickými zásahy. Vitalita může být snížena při ošetření a úpravě sklizeného osiva (př. samozahřívání vlhkého obilí, sušení příliš vlhkého obilí).

Vitalita také souvisí s dormancí a posklizňovým dozráváním. Významný vliv na délku posklizňového dozrávání má termín sklizně (Houba a Hosnedl, 2002). V případě, že je sklizeno v plné zralosti (ideální pro semenářské účely), je posklizňové dozrávání nejkratší. V případě nepříznivých podmínek (př. chladné a vlhké počasí) v době dozrávání se posklizňové dozrávání prodlužuje.

Semena u nás pěstovaných rostlin si za vhodných podmínek zachovávají svou vitalitu poměrně dlouho (Chloupek, 2009).

Je známo, že i malý podíl infikovaných semen chorobami může snížit vitalitu (Hrstková at al., 1999).

Nejvyšší potenciální vitalitu mají semena v období fyziologické zralosti, kdy se semeno odděluje od mateřské rostliny. Jiní autoři však zjistili nejvyšší vitalitu ještě dříve. Pak až do období sklizňové zralosti prodělává biochemické změny, vysychá a dochází k poklesu vitality (Chloupek, 2009).

Hlavní příčinou ztráty vitality je poškození buněčných membrán, dané biochemickými změnami anebo i mechanickým poškozením. Poškození membrán vede k vyuhování elektrolytů, projevující se zvýšením elektrické vodivosti výluhu ze semen (Houba a Hosnedl, 2002). Při ztrátě vitality se snižuje syntéza ATP a respirace. Degradace membrán začíná oxidací membránových lipidů, vyvolanou sníženou aktivitou mitochondrií. Volné radikály z peroxidace tuků denaturují DNA, brání translaci a transkripci a oxidují některé aminokyseliny. Při deterioraci semen dochází i ke genetickým změnám – k aberacím chromozomů, k menší mitotické aktivitě aj. Snížená prostupnost membrán vede k proděravění buněčných organel a dochází k vyuhování živin do roztoku, jehož vodivost se zvyšuje (Chloupek, 2009).

3.5.3.5.2 Vitalita a vzcházivost osiva

Z interakcí mezi vnitřní kvalitou semen a kvalitou podmínek prostředí vychází stav založeného porostu, který se často liší od požadovaného optima. Problémy spočívají v tom, že definice vnitřní kvality semen je obtížná a predikce podmínek prostředí, které se budou vyskytovat po výsevu osiva, je omezená (Hosnedl, 2003). Příčinou může být nízká úroveň přípravy půdy. Další roli hraje správná doba setí a způsob ošetření osiva. Další příčinou může být i nepřítomnost kyslíku. Existují i rozdíly v reakci na světlo u klíčících semen jednotlivých druhů. Neméně důležitou roli má i volba správné odrůdy do dané lokality – tedy do správných podmínek použít kvalitní osivo (Bláha, 2007). Z vnitřních vlastností osiva má rozhodující význam vitalita semen (Hosnedl, 2003).

Vitalitu lze definovat jako schopnost obilky vyrovnaně klíčit a vzcházet za různých, i méně příznivých, podmínek, které se běžně vyskytují, jak v době setí, tak i během skladování semen (Hrstková a Chloupek, 2001).

Vitalita má podle Hamptona a Coolbeara (1990) zásadní význam v těchto případech:

- u plodin s malou autoregulační a kompenzační schopností, kde pro dobré využití výnosového potenciálu odrůdy je nezbytný přesně vymezený počet rostlin na jednotce plochy (př. kukuřice)
- u plodin vysévaných na přesnou vzdálenost – nebezpečí mezerovitosti při špatné vzcházivosti osiva přímo limituje pěstební technologie s omezením nebo vyloučením ruční práce (Hosnedl, 2001)

Charakteristickým projevem snížené vitality osiva může být větší redukce počtu rostlin při vzcházení a pomalejší a méně vyrovnané vzcházení (Hosnedl, 2003).

Pro pěstitelskou praxi je důležitá polní vzcházivost semen a vyrovnanost vzcházení. Polní vzcházivost je silně ovlivňována podmínkami prostředí, zejména kvalitou přípravy půdy (fyzikálními vlastnostmi půdy), její teplotou, vláhovými podmínkami a vzdušným režimem půdy. Do jisté míry můžeme tyto podmínky ovlivnit prostě tím, že počkáme na lepší počasí, ale optimální podmínky pro polní výsev prakticky neexistují (Pazderů, 2011).

Rychlé vzcházení přispívá k lepšímu zakořenění rostlin a maximalizuje růstové období. Rostliny vzešlé se zpožděním jsou zpravidla méně konkurenceschopné k rostlinám dříve vzešlým. Při pomalém a nevyrovnaném vzcházení tak narůstá variabilita produktivity jednotlivých rostlin v porostu. Navíc porosty s vyrovnaným vzcházením lze účinněji ošetřovat během vegetace a tyto porosty jsou předpokladem vyrovnanější jakosti sklizené produkce (Hosnedl, 2003).

Zkouška vzházivosti se zpravidla používá jako doplňková zkouška ověření vitality. Na základě této zkoušky lze vyjádřit relativně objektivní stav chování osiva v přirozených polních podmínkách, narozdíl od klíčivosti. Hodnota klíčivosti udává maximální možnou schopnost semen konkrétní partie klíčit a vytvořit novou rostlinu v optimálních podmínkách. V podmínkách na poli může být realizace tohoto maximálního potenciálu odlišná (Pazderů, 2011). Proto je hodnocení kvality osiva na základě vitality přínosné. Vitální osivo zabezpečí založení porostu s odpovídající hustotou, i když podmínky nebudou příznivé (Pazdera, 2005).

Ke zlepšení predikce jsou různě modifikovány laboratorní testy vitality, do kterých jsou vkládány určité stresující faktory, metodicky se nejčastěji porovnává klíčivost osiva čerstvého a osiva deteriorovaného. Vysoká predikční přesnost může být i na základě laboratorní klíčivosti, ale pouze za ideálních polních podmínek a snižuje se v podmínkách narůstajících půdních stresů (Hosnedl, 2003).

3.5.3.5.3 Hodnocení vitality – metody stanovení vitality

Vzájemné vztahy kvality osiv (vitality a zdravotního stavu) a podmínek prostředí mají bezprostřední význam jak pro pěstitele (otázka založení kvalitního a vyrovnaného porostu), tak pro množitele a semenářskou kontrolu. Semenářský výzkum hledá stále objektivnější metody k vyjádření kvality osiva, které budou mít vysokou korelaci s polní vzházivostí. Přes značné úsilí ISTA a AOSA je pokrok ve vývinu rutinně použitelných testů v semenářské kontrole, zejména k vyjadřování vitality osiva, značně pomalý (Houba a Hosnedl, 2002). Testy vitality mají problém s opakovatelností, kontrolou, anebo jsou založené na subjektivním hodnocení. Nejlepší výsledky hodnocení vitality přinesly kombinace testů, což je však nákladné.

Mezi metody stanovení vitality, které splnily podmínky validace a jsou uznány ISTA, patří:

- **TUS – test urychleného stárnutí** pro sóju luštinatou
- **test kontrolované deteriorace** pro druhy rodu *Brassica*
- **konduktometrický vodivostní test** pro pro hrách polní, fazol a sóju luštinatou

Dle Hamptona (1995), Pazdery (2005) je metody stanovení vitality možné rozdělit do tří skupin dle využívaného principu na:

- jednoduché testy založené na některém aspektu projevu klíčivosti
- **chladový test** – zkouška klíčivosti při nízkých teplotách

- **Hiltnerův test** – test laboratorní vzházivosti
- **test urychleného stárnutí - TUS** (AA – accelerated ageing)
- **kontrolovaná deteriorace** (CD – controlled determination)
- **výpočty energie klíčení a střední doby klíčení**
- testy využívající určité fyziologické nebo biochemické vlastnosti
- **konduktometrický vodivostní test**
- **topografický tetrazoliový test** – shodný s TTC testem životaschopnosti, s rozdílem využití přísnějších kritérií hodnocení
- **aleuronový tetrazoliový test** – obdoba TTC, ale je hodnocena aleuronová vrstva
- kombinované a více faktorové testy

Charakteristika jednoduchých testů

Test urychleného stárnutí – TUS (AAT – accelerated ageing test)

- byl původně navržen jako test skladovatelnosti semen
- test je založen na faktu, že semena o vysoké kvalitě stárnou pomaleji
- v současnosti je využíván jako uznávaný test pro testování vitality sóji
- podstatou testu je pozorování rozdílů klíčivosti semen – zkouška klíčivosti u vzorku semen ovlivněných TUS (zvýšená teplota a vlhkost) a semen nezestárlých
- TUS - vzorek navážených semen je umístěn nad misku s vodou do klimatizačního boxu na několik hodin (dle metodik ISTA testy probíhají v rozmezí teplot 41 – 45°C po dobu 48 – 144 hodin při absolutní relativní vlhkosti).

Pokud se klíčivost nezmění (mezi vzorky jsou malé rozdíly v klíčivosti), lze říci, že osivo je vitální. Naopak u osiva málo vitálního dojde k výraznému poklesu klíčivosti (velké rozdíly mezi vzorky).

TUS vystavuje semena po krátkou dobu dvěma faktorům prostředí, které jsou příčinou rychlého stárnutí, vysoké teplotě a vysoké relativní vlhkosti. Semena o vysoké vitalitě budou odolávat těmto stresovým faktorům a stárnutí bude pomalejší.

Test urychleného stárnutí může být ovlivněn nedodržením stanovených podmínek stárnutí, následným procesem dehydratace po vystavení semen vlhkosti (Houba a Hosnedl, 2002). Semena za vysoké vlhkosti prostředí hydratují dle běžných fyzikálních zákonů, jejich vlhkost narůstá. Právě kontrola procent vlhkosti semen na konci působení stanovených podmínek teplotních a vlhkostních je velmi významným kritériem toho, zda test proběhl za standardních podmínek. TeKrony (1995) uvádí řadu dalších faktorů, které

musí být kontrolovány, protože by mohly pozměnit výsledky. Je důležitá technika testů (síla vrstvy semen nad vodní hladinou a jejich vzdálenost od ní), velikost semen a odlišnost teploty.

TUSM – test urychleného stárnutí bez úpravy vlhkosti

- princip testu je shodný s TUS, změna je následném hodnocení vlastnosti deteriorovaných semen
- podstatou testu je pozorování rozdílů klíčivosti semen – zkouška klíčivosti u vzorku vlhkých semen ovlivněných TUS a semen nezestárlých

Kontrolovaná deteriorace (CD – controlled determination)

- je založena na krátkodobém vystavení semen vysoké teplotě a vlhkosti (Hrstková at al, 2006)
- kontrolovaná, neboli řízená deteriorace se podobá předešlému testu; na semena působí zvýšená vlhkost a teplota
- vzorek navážených semen je ovlhčen destilovanou vodou na požadovanou vlhkost 20% a poté se semena zabalí do obalu (hliník-polyethylen), obal se semeny se ponoří do lázně o teplotě 40-45°C na dobu 24-48h, po skončení se vyhodnocuje procento klíčivosti deteriorovaných semen
- deteriorace (z lat. *deterior*, horší, slabší) znamená obecně zhoršování jakosti, degradaci kvality semen

Vitalita souvisí s deteriorací semen. Ukazuje se, že, růst deteriorovaného embrya nebo polní vzházivost deteriorovaného osiva spolu souvisí. Hodnoty klíčivosti získané při CD testu korelují s polní vzházivostí a skladovacím potenciálem (Van de Venter, 2001).

Zkouška řízené deteriorace je u *Brassica spp.* zkouškou životnosti, která se vztahuje jak k polní vzházivosti, tak ke skladovacímu potenciálu. Tato zkouška není validována pro mořené osivo, namoření osiva by mohlo ovlivnit výsledek zkoušení.

Měření energie klíčení

- jednoduchý test vitality stanovovaný rutinně jako součást laboratorní klíčivosti v termínu tzv. prvního počítání (Pazderů, 2009)

Měření rychlosti klíčení a růstu klíčenců, MTG (střední doba klíčení)

- hodnota MTG je vypočtena z denních přírůstků klíčivých semen při testech klíčivosti

Měření růstu kořínků

- měření růstu kořínků za určité časové období (kritickým faktorem je teplota); používá se u kukuřice, při teplotě 20°C – po 66 hodinách, při teplotě 13°C po 144 hodinách

Test citlivosti na vodu

- zkoušky klíčivosti na křemičitém písku, zavlažení 60% a 100%; citlivost se vypočítává jako rozdíl klíčivosti, vyjádřený jeho podílem ke klíčivosti při zavlažení lůžka na 60%

Chladový test

- zjišťují se hodnoty klíčivosti za chladu a sucha, např. 10°C a v roztoku polyetylen glykolu ve vodě (koncentrace odpovídá -2 barům, což odpovídá bodu trvalého vadnutí rostlin)

Hiltnerův test (test laboratorní vzcházivosti)

- klíčení v substrátu z cihlové drti nebo v písku v hloubce odpovídající setí (v písku př. obilky v hloubce 30mm, semena hrachu 50mm)

Charakteristika testů, využívající určité fyziologické nebo biochemické vlastnosti

Konduktometrický vodivostní test

- je založen na měření elektrické vodivosti výluhu konduktometrem
- patří k nepřímým metodám hodnocení vitality a představuje základní test vitality u velkých semen (př. hrách setý, fazol a sója)
- tato metoda stanovení vitality se nevztahuje na odrůdy hrachu dřeňového
- vychází z biologické podstaty vitality
- při bobtnání v důsledku příjmu vody dochází k dočasnému narušení membrán a k vyluhování anorganických a organických látek z tkání přes plasmolemu do okolního prostředí a dojde tak ke zvýšení vodivosti roztoku
- poškození semen během bobtnání je monitorováno měřením konduktometrické hodnoty vody, je měřena vodivost v mS (mikrosiemens), výsledky se přepočítávají na jednotku suchých semen před měřením

Při ztrátě vitality dochází k degradaci membrán, snižování tvorby ATP a snížení respirace. Díky tomu v buněčných organelách, mitochondriích, začnou oxidovat membránové lipidy a vzniklé volné radikály denaturují DNA, znemožňují translaci a transkripci a oxidují některé aminokyseliny. Díky snížené propustnosti membrán dochází k proděravění buněčných organel, a tím se živiny vyluhují do roztoku, jehož vodivost se zvyšuje (Chloupek, 2008).

Konduktometrie, vyluhovatelnost látek ze semen, je ovlivňována genotypem, zralostí a termínem sklizně, změnou semen ve vývinu, teplotou a rychlostí vysychání, stupněm poškození mikroby, membrán a stupněm stárnutí. Také je ovlivňuje počáteční vlhkost semen, jejich velikost, teplota a doba bobtnání, množství vody při bobtnání, propustnost a neporušenost osetí a technickým vybavením (Houba a Hosnedl, 2002).

Na základě testování semen různých odrůd, velikostí a za rozdílných hodnot vlhkostí semen docházelo ke standardizaci konduktometrických metod. Hampton (1995) studoval vliv vlhkosti semena u konduktometrické metody a zjistil, že nízká hodnota vlhkosti semen zvyšuje konduktometrickou hodnotu (v důsledku většího příjmu vody, poškození v důsledku bobtnání).

Topografický tetrazoliový test - TTC

- biochemická zkouška životnosti semen
- podstatou testu TTC je barevná reakce, která je důsledkem redukčních pochodů probíhající v živých buňkách
- indikátorem těchto reakcí je bezbarvý roztok 2,3,5-trifenyltetrazolium chloridu nebo bromidu, který při bobtnání semene proniká do pletiv v živých buňkách a působením dehydrogenáz uvolňuje vodík, který reaguje s TTC za vzniku stabilní nedifundující červené látky – trifenylformazanu
- test TTC je užíván hlavně pro druhy, které mají dlouhou dobu klíčení, u semen s dormancí a u vzorků s vysokým podílem svěžích nevyklíčených semen

Výhodou biochemické zkoušky je rychlý odhad životaschopnosti osiva, a to zejména u takových druhů, které mají dlouhou dobu klíčení nebo u semen vykazujících dormanci.

Na životaschopném semeni se obarví tkáň, které jsou nezbytné pro vývoj normálního klíčence. Některé drobné oblasti těchto tkání mohou být neobarvené a semeno lze stále považovat za životaschopné (v závislosti na zkoušeném druhu).

Aleuronový tetrazoliový test

- obdoba TTC, ale je hodnocena aleuronová vrstva (vnější vrstva endospermu obsahující aleuronová zrna – obilka)

Existuje celá řada dalších metod, kterými lze charakterizovat vitalitu osiva. Jsou to však metody časově a pracovně náročné. Pouze málo testů je doporučeno mezinárodní asociací testování semen (ISTA - International Seed Testing Association). Užitečné metody testování vitality jsou takové, které rychle, spolehlivě a kvantifikovatelně stanoví kvalitu osiva a jsou relevantní k polním podmínkám (Dornbos, 1995). ISTA uvádí, že vhodné jsou pouze testy, které mají vztah k polnímu výnosu nebo skladovacímu potenciálu. Ideálem je, když mají laboratorní testy těsnější vztah, než je mezi laboratorní klíčivostí a výnosem na poli (Van de Venter, 2001).

4. Semenářský výzkum a využití hodnocení vitality v praxi

Semenářský výzkum prochází v posledních letech významným pokrokem. Přesto stále zůstává mnoho neobjasněných otázek, vyplývajících jak z rozmanitosti botanických druhů, tak ze vzájemných vztahů kvality semen a podmínek prostředí. Vztah kvality semen a kvality prostředí je velmi široký a zasahuje jak do formování kvality osiva (v období zrání), tak do uchování kvality při uskladnění, a zejména ovlivňuje klíčení a vzházení. Uvedený vztah prostředí a kvality semen se prakticky podílí i na výsledcích některých semenářských testů, především značně komplikuje standardizaci a vývoj nových objektivních metodik hodnocení kvality osiva. Semenářský výzkum hledá objektivní metody k vyjádření kvality osiva, které budou mít vysokou korelaci s polní vzházivostí (Hosnedl, 2001).

K nejvýznamnějším složkám kvality osiva patří jeho životaschopnost, potenciál vzházení a zdravotní stav. Hodnota klíčivosti a výsledek biochemického testu, to jsou informace běžně dostupné u certifikovaných osiv a u osiv jsou tyto informace považovány za základní parametr kvality. Chybějící informace, kritérium, které by lépe vystihlo kvalitu osiv, je potenciál polní vzházivosti. K vyjádření polní vzházivosti je zapotřebí mít informace o vitalitě osiva. U nás bohužel není brána jako jeden ze základních ukazatelů kvality, není akceptována semenářskou praxí.

Testy vitality jsou využívány ve značné míře v USA. Běžnou praxí v USA je, že u certifikovaných osiv je udávána informace o vitalitě osiva. Vitalita osiva se v současné době plošně hodnotí u sóji luštinaté. Dalšími metodami stanovení vitality, které splnily podmínky validace, jsou tyto testy vitality, test kontrolované deteriorace pro druhy rodu *Brassica* a konduktometrický vodivostní test pro hrách polní, fazole a sóju luštinatou.

Konduktometrické vodivostní testy mají největší využití v praxi. Jedná se o nepřímé hodnocení vitality, založené na odolnosti semen k trvalému poškození membrán při bobtnání. Metoda konduktometrického testu dle ISTA dobře charakterizuje změny kvality osiva velkých semen a je založena na měření elektrické vodivosti výluhu pomocí konduktometru. Konduktometrická hodnota, dle testu vitality, vyjadřuje vztah mezi vyluhováním látek ze vzorků semen a jejich schopností klíčit v polních podmínkách. Nízká konduktometrická hodnota znamená, že je osivo vysoce klíčivé. Konduktometrie je do značné míry ovlivněna genotypem, zralostí semen a termínem sklizně osiva. Na základě studií Hamptona (1995) se zjistilo, že výsledky hodnocení jsou ovlivněny vlhkostí semen na počátku bobtnání a velikostí semen. Konduktometrické hodnocení semen není

nejvhodnější metodou k hodnocení vitality malých semen. U konduktometrických testů s malými semeny jsou pozorovány menší korelace se vzcházivostí. Za objektivní kritérium vitality malých semen je nezbytné považovat procento laboratorní vzcházivosti (LVZ) v definovaných standardních podmínkách prostředí. Výzkum prokázal vysokou vypovídající schopnost testů laboratorní vzcházivosti u osiv zeleniny a obilnin v písku. Nevýhodou metody LVZ je pracovní náročnost a především délka zkoušky (Hosnedl a Honsová, 2001).

Z přímých metod má význam test urychleného stárnutí za standardních podmínek. Problémem metody je v semenářské kontrole jeho standardizace pro různé botanické druhy. Otázkou je dehydratace semen na závěr testu. (TUSM – test urychleného stárnutí bez úpravy vlhkosti semen. TUS test urychleného stárnutí s následnou dehydratací.) Pro semenářskou kontrolu obilnin má větší rozlišovací schopnost vlastností osiva metoda TUSM (př. pro obilky ječmene, ovsu). Pro zhodnocení vitality osiva hrachu je vhodnější metoda TUS – test urychleného stárnutí s následnou dehydratací. Test urychleného stárnutí vystavuje semena po krátkou dobu dvěma faktorům prostředí, které jsou příčinou rychlého stárnutí – vysoké teplotě a vysoké relativní vlhkosti. Semena o vysoké vitalitě budou odolávat těmto stresovým faktorům a stárnou pomaleji. Testem urychleného stárnutí lze v semeni vyvolat změny podobné přirozenému stárnutí.

Mezi důvody, proč není vitalita plošně testována a využívána při hodnocení, patří složitý a pomalý vývoj vhodných metod, které poskytnou záruku a korelaci výsledků testů s polní vzcházivostí. Příčinou pomalého vývoje metod je různorodost rostlinných druhů. Velký počet rostlinných druhů a jejich různorodost představuje pro testování vitality jisté modifikace a je tak omezená jejich univerzálnost.

Aby byla vitalita osiva přijata jako všeobecně užívaný koncept pro hodnocení kvality, je nutné najít jednoduchou metodu, kterou by bylo možné standardizovat. Takovou metodou by mohla být energie klíčení, která představuje fyziologickou klíčivost partie v termínu prvního počítání klíčivosti podle ISTA (Pazderů, 2011).

5. Závěr

Základním životním projevem semen je schopnost klíčit. Za hlavní charakteristiku definující kvalitu je považována laboratorní klíčivost, ale standardní test laboratorní klíčivosti osiva nedokáže vyjádřit vnitřní kvalitu semen označovanou jako vitalita semen.

Vitalita semen vyjadřuje vnitřní biologickou sílu semen a má významný vliv na počáteční růst a vývin v reálných, neoptimálních podmínkách prostředí, a na proces stárnutí semen. Je ovlivněna genetickými a vnějšími podmínkami.

Vitalita není jednoduše měřitelná vlastnost, nelze ji vyjádřit jedním stresovým biologickým testem. Testy vitality, které měří pouze jedním faktorem, určují vitalitu osiva nespolehlivě. Pouze kombinace několika faktorů může dát dobrou předpověď vitality.

Semenářský výzkum hledá stále objektivnější metody k vyjádření kvality osiva. Testů vitality je hodně, ale mnoho testů vitality má problém s opakovatelností, kontrolou anebo jsou založené na subjektivním hodnocení. Nejlepší výsledky hodnocení vitality přinesly kombinace testů, což je však nákladné.

Z metod hodnocení vitality mají nejlepší uplatnění konduktometrické vodivostní testy. Je to nepřímé hodnocení vitality, založené na odolnosti semen k trvalému poškození membrán při bobtnání. Konduktometrická metoda má lepší perspektivy v hodnocení vitality než metody přímého vyjadřování odezvy klíčivosti semen na stresové podmínky.

Z přímých metod má význam test urychleného stárnutí. Metodiky testů urychleného stárnutí jsou za standardních podmínek využitelné k vyjádření vitality osiva.

Obecnější využití mají biologické testy hodnotící rychlost klíčení. Vhodnou metodou, která vypovídá o vitalitě, je především energie klíčení. Porovnáním úrovně energie klíčení a laboratorní klíčivosti lze usuzovat na celkovou kvalitu osiva. Lze ji použít k predikci, to metoda splňuje, i předpoklad jednoduché univerzální metody, protože se provádí běžně při zjišťování laboratorní klíčivosti. Nevýhodou tohoto testu představuje subjektivita počítání fyziologické klíčivosti. Řešením by mohlo být monitorování klíčení a k vyhodnocení klíčení by mohla být využita analýza obrazu. Tento test by v blízké době mohl charakterizovat kvalitu osiva.

6. Citace

1. Abdul-Baki, A. A., Anderson, J. D., 1972: Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: Seed Biology (Ed. Kozlowski T. T., Academic Press, New York, 283 – 315.
2. Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2001. Seed – Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego, Academic Press. ISBN: 01-20802635
3. Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2004. A classification system for seed dormancy. 2004. Seed Science Research 14: 1-16
4. Basu, R.N., 1995. Seed Viability. In Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implication. Basra, A.S., Haworth Press, Inc., New York 1 - 44.
5. Bewley, J.D., Black, M., 1994. Seed Physiology of Development and Germination. Plenum Press, New York. 367 s. ISBN 0-306-41687
6. Bewley, J.D., 1997. Seed Germination and Dormancy. The Plant Cell. voll. 9, issue 7, 1055 - 1066.
7. Bláha, L., Hnilička, F., Hořejš, P., Matoušek, J., 2001. Vliv vnějších faktorů na vlastnosti osiva a nutnost jeho každoroční obměny. Agro 2, únor 2001, ročník VI.. 18 - 21.
8. Bláha, L., 2007. Stárnutí semen a změny kvality osiv během skladování. In: Osivo a sadba, Odborný a vědecký seminář 2007, 8.2.2007, ČZU, Praha, 54 - 61, ISBN 978-80-213-1610-2.
9. Bradford, K. J., 1995. Water relations in seed germination. Seed Development and Germination. Marcel Dekker. NY. 351 - 396.
10. Coolbear, P., 1995. Mechanisms of seed deterioration. In Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implication. Basra, A.S., Haworth Press, Inc., New York 223 - 277.
11. Copeland, L.O., McDonald, M. B. 1995. Principles of Seed Science and Technology. Chapman & Hall. 252 - 276. ISBN: 0-412-06301.
12. Dornbos, J.D.L., 1995. Seed Vigor. In: Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implication. Basra, A.S., Haworth Press, Inc., New York. 45 - 80.
13. Fiala, F., 1987. Report of the vigour test committee 1983-1986 Seed Science and Technology, 15: 507 - 522.
14. Fenner, M. 1985. Seed Ecology. Biology Department, University of Southampton. Chapman and Hall, London, New York, 1985. 146 s.

15. Finch-Savage, W.E., Leubner-Metzger, G., 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* 171: 501 - 523
16. Hampton, J. G., 1995. Methods of Viability and Vigor Testing: A Critical Appraisal. In *Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implication*. Basra, A.S., Haworth Press, Inc., New York. 81 - 118
17. Hilhorst, H.W.M., 1995. A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy. *Seed Science Research* vol. 5, issue 02: 61 - 73.
18. Hess, D. 1983. *Fyziologie rostlin*. Vydání 1. Academia Praha 1983, nakladatelství ČSAV, 348 s.
19. Holec, J., Dobrev P. I., 2005. Indukce osmodormnce u semen ozimé řepky. Vliv abiotických a biotických sgresorů na vlastnosti rostlin. VÚRV, Praha Ruzyně. ISBN: 80-86555-63-1
20. Honsová, H., Hosnedl, V., 1999. Životní projevy deteriorovaného osiva ječmene. In: *Osivo a sadba, Odborný a vědecký seminář 1999, 11.2.1999, ČZU, Praha, 93 - 96, ISBN 80-213-0479-0.*
21. Hosnedl, V., 1995 Semenářská a biologická hodnota osiva. In: *Osivo a sadba. Sborník referátů. ČZU Praha. 38 - 47. ISBN 80-213-0212-7*
22. Hosnedl, V., 1997 Význam podmínek množení a deteriorizace semen pro kvalitu osiva. In: *Osivo a sadba, III. Národní seminář k polním plodinám. Sborník referátů. 11. 3. 1997, ČZU, Praha, s 55 - 62. ISBN 978-8021-303-249.*
23. Hosnedl, V., 2009 Kvalita osiva obilnin, její hodnocení a význam pro využití výnosového potenciálu odrůd. In: *Osivo a sadba, IX. Odborný a vědecký seminář 2009, 10. 2. 2009, ČZU, Praha, 49 - 54, ISBN 978-80-213-1891-5.*
24. Houba, M., Hosnedl, V. 2002. *Osivo a sadba. Nakladatelství Ing Martin Sedláček. 186 s. 19 - 50, 118 - 130, 137 - 150. ISBN 80-902413-6-0.*
25. Hrstková, P., Chloupek, O., Jurečka, D., 1999. Vitalita obilek ječmene In: *Osivo a sadba, Odborný a vědecký seminář 1999, 11. 2. 1999, ČZU, Praha, 98 - 101, ISBN 80-213-0479-0.*
26. Hrstková, P., Chloupek, O., 2001. Vitalita a vzházivost obilek ječmene In: *Osivo a sadba, Odborný a vědecký seminář 2001, 14. 2. 2001, ČZU, Praha, 104 - 107, ISBN 80-213-0717-X.*
27. Hrstková, P., Chloupek, O., Bébarová, J., 2004. Effects of cultivar and provenance on vigour of barely seed. In: *Czech journal of genetics and plant breeding. 2004, sv. 40, s. 168.*

28. Hrstková, P., Chloupek, O., Bébarová, J., 2006. Estimation of Barley Seed Vigour with Respect to Variety and Provenance Effects. Czech journal of genetics and plant breeding. 2006, v. 42, s. 44 - 49.
29. Chloupek, O., 2000 Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Academia Praha, 311 s ISBN 80-200-0779-2.
30. Chloupek, O., Hrstková, P., Jurečka, D. 2003. Tolerance of barley seed germination to cold- and drought-stress expressed as seed vigour. Plant Breeding 3: 199 - 203.
31. Chloupek, O., 2008. Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Academia Praha, 226, 238 - 244. ISBN 978-80-200-1566-2.
32. Jelínková, E., 1978. Semenářství a semenářská kontrola. SZN Praha, 331 s.
33. Kermode, A.R., 1995 Regulatory mechanisms in the transition from seed development to germination: interactions between the embryo and the seed environment. In: Galili, G. Kigel, J. (eds.) Seed development and Germination. New York, 273 - 332.
34. Kuchtová, P., Vašák, J., 2004. The effect of rapeseed stand density on the formation of generative organs (Vliv hustoty porostu ozimé řepky na tvorbu generativních orgánů). Plant Soil Environment, Vol. 50, 78 - 83.
35. Lhotská, M.; Kropáč, Z.; Maget, J., 1985 Kapesní atlas semen/plodů a klíčnicích rostlin. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 548 s. ISBN 14-120-85.
36. Mareček, F. et al. 2001. Zahradnický slovník naučný 3 R-Ž. 1997. Praha: UZPI Praha, 2001. 674 s. ISBN 80-7271-075-3.
37. Murdoch, A.J., Ellis, R.H.: Dormancy, viability and longevity. In: Fenner, M. (ed.), Seeds. the ecology of regeneration in plant communities. (2nd ed.) CABI, Wallingford 2000,
38. Nadeau, C. D., Ozga, J.A., Kurepin, L. V., Jin, A., Pharis, R. P., Reinecke, D. M. (2011). Tissue-Specific Regulation of Gibberellin Biosynthesis in Developing Pea Seeds. Plant Physiol, 156:897 - 912.
39. Pavlová, L. 2005. Fyziologie rostlin, Karolinum Praha, 253 s. 208-242. ISBN 80-246-0985-1.
40. Pazdera, J., 2005. Klíčivost a vitalita – dvě tváře kvality osiva. Osivo a sadba, příloha časopisu zahradnictví 1/2005. 43 - 44.
41. Pazderů, K., 2009. Význam energie klíčení pro hodnocení kvality osiva. In: Osivo a sadba, IX. Odborný a vědecký seminář 2009, 10. 2. 2009, ČZU, Praha, 56 - 60, ISBN 978-80213-1891-5.

42. Pazderů, K., 2011. Vitalita jako základní informace o kvalitě osiva. In: Osivo a sadba, Odborný a vědecký seminář 2011, 10. 2. 2011, ČZU, Praha, 44 - 48, ISBN 978-80-213-2153-3.
43. Pazderů, K., 2012. Dozrávání semen a jejich vliv na projev (výkon) semen. In: Bláha, L., Šerá, B. et al., Vybrané kapitoly z fyziologie rostlin a zemědělského výzkumu, Powerprint Praha 124 - 129.
44. Pazderů, K., 2013. Od semene po rostlinu. In: Bláha, L., Šerá, B. et al., Význam celistvosti rostliny ve výzkumu, šlechtění a produkci rostlin, Powerprint Praha 58 - 64.
45. Pazderů, K., 12/2010 Od klíčivosti osiva k jeho vitalitě, Zahradnictví.
46. Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J., 1998. Fyziologie rostlin. 1. vydání. Academia Praha. 484 s. 348 - 357. ISBN 80-200-0586-2.
47. Procházka, S., et al., Botanika - morfologie a fyziologie rostlin. Brno: MZLU, 2003. 241 s. ISBN 80-7157-313-2.
48. Schoonheim, P.J., Pereira, D.D.C., De Boer, A.H. (2009). Dual role for 14-3-3 proteins and ABF transcription factors in gibberellic acid and abscisic acid signalling in barely (*Hordeum vulgare*) aleurone cells. *Plant cell Environ*, 32:439 - 447.
49. Simmonds N.W.: Evolution of Crop Plants. Longman, London and New York.1995. 531 s. ISBN 0-582-08643-4.
50. Šebánek, J.: 1998. Klíčení semen. In: Procházka, S. a kol.: Fyziologie rostlin. 1. vyd. Praha: Academia, 1998. s. 348 - 357. ISBN 80-200-0586-2.
51. Šerá, B., 2012. Dormance semen u planě rostoucích druhů se zřetelem k problematice plevelů. In: Bláha, L., Šerá, B. et al., Vybrané kapitoly z fyziologie rostlin a zemědělského výzkumu, Powerprint Praha 130 - 137.
52. TeKrony, D. M., 1995. Accelerated ageing In: ISTA vigour test seminar (Ed. Van de Venter, H.A.), ISTA, Copenhagen, 55 - 72.
53. Torices, R., Méndez, M., Fruit size decline from the margin to the center of capitula is the result of resource competition and architectural constraints. *Oecologia*, Vol. 16, 2010. 949 - 958.
54. Trnka, Z., 2004. Metodika zkoušení osiva a sadby, MZe, 2004, 190 - 200.
55. Uhlíř. P. 1961. Meteorologie klimatologie v zemědělství. ČSAZV, Státní zemědělské nakladatelství, 402 s.
56. Velikovský, V., 1985. Vliv vhodné provenience a velikostního podílu semen na zvýšení výkonu zrna obilovin. 1985, *Rostlinná výroba*, 31, s 227 - 236.

57. Van de Venter, A., 2001. Seed vigour Testing. ISTA News Bulletin 122, September 2001: 12 - 14.

Elektronické zdroje:

Hosnedl, V., 2001. Kvalita osiva ve výzkumu a praxi. Agris, agrární portál [online] 14.02.2001 Dostupné na:

http://www.agris.cz/zemedelstvi?id_a=109962

Hosnedl, V., Honsová, H., 2001. Možnosti hodnocení vitality osiva a zelenin a květin. Agris, agrární portál [online] Dostupné na:

http://www.agris.cz/Content/files/main_files/64/142105/hosned.pdf

Hosnedl, V., 2003. Klíčivost a vzcházivost osiva. Dostupné na:

<http://www.agris.cz/clanek/125695>

Chloupek, O., 2009. Vitalita osiva. Šlechtitelské listy [online] 30.10.2009 Dostupné na:

http://www.druvod.cz/files/aktuality/slechtit_listy_podzim_20091_copy.pdf

Pazderů, K., Visingerová, D., 2009 Klíčivost a vitalita osiva aster. Zahradnictví [online] 13.8.2009 Dostupné na:

<http://zahradaweb.cz/klicivost-a-vitalita-osiva-aster/>

Šťastný, J., Hosnedl, V., 2005. Semenařská kvalita osiva odrůd pšenice jarní. In: Osivo a sadba, sborník referátů 2005. [online] 10.2.2005, ČZU, Praha, s.1-5

http://www.agris.cz/Content/files/main_files/64/142110/stastny.pdf

Potyšová, H., 2014. Metodika zkoušení osiva a sadby. ÚKZÚZ [online] 22.5.2014 Dostupné na:

http://eagri.cz/public/web/file/306737/Metodika_zkouseni_osiva_a_sadby.pdf

7. Seznam obrázků

Obrázek 1 Změny celkové hmotnosti semene (fw), hmotnosti semene v sušině (dw) a obsahu vody (WC) v semeni v průběhu růstu (Pazderů, 2012, upraveno podle Kermode a Bewley 1986).....	10
Obrázek 2 Dynamika změn obsahu fytohormonů v dozrávající obilce pšenice (Pazderů, 2012 podle Bewley a Black, 1994)	11
Obrázek 3 Příjem vody semeny při klíčení – fáze klíčení Houba a Hosnedl, 2002 upraveno Bewley a Black, 1978).....	22

8. Seznam zkratk

ABA - kyselina abscisová

AOSA - Association of Official Seed Analysts of North America (Sdružení úředních analytiků osiv Severní Ameriky)

ATP - adenosintrifosfát

CD - kontrolovaná deteriorace

DNA - kyselina deoxyribonukleová

FD - fyziologická dormance

FYD - fyzikální dormance

FYD+FD - kombinovaná dormance

HM - Harvest maturity (Sklizňová zralost)

IAA - kyselina Indolyl-3-octová

IBA - kyselina Indolyl-3-máselná

ISTA - International Seed Testing Association (Mezinárodní sdružení pro zkoušení osiv)

LVZ - test laboratorní vzházivosti

MD - morfologická dormance

MFD - morfofyziologická dormance

MTG - střední doba klíčení

PAA - kyselina fenylloctová

PM - fyziologická zralost

TTS - topografický tetrazoliový test

TUS - test urychleného stárnutí

TUSM - test urychleného stárnutí bez úpravy

ÚKZÚZ - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský