

Využití fenologické stupnice BBCH a jejích modifikací při hodnocení vývoje svazenky

Using of the BBCH phenological scale and its modification in the evaluation of
development of *Phacelia*

*Zuzana Kubíková¹, Hana Smejkalová², Pavlína Kadaňková², Helena Hutýrová², Jan
Pelikán²*

Výzkumný ústav pícninářský spol. s r. o.¹, Zemědělský výzkum spol. s r. o.²

Abstrakt

Studium ontogenetického vývoje je významnou součástí studia rostlin. Velmi vhodnou a univerzální metodou pro sledování vývoje je zaznamenávání fenologických fází rostlin pomocí kódu fenologické stupnice BBCH. V této práci byl pomocí obecné stupnice BBCH hodnocen vývoj dvou druhů svazenky (*Phacelia tanacetifolia* Benth. a *P. congesta* Hook.) od vyklíčení přes vegetativní vývoj až po kvetení a dozrávání semen. Na tomto příkladu byly popsány možnosti využití obecné stupnice BBCH pro hodnocení vývoje svazenky, včetně modifikací stupnice BBCH a možností hodnocení výsledků.

Klíčová slova: fenologické fáze, svazenka vratičolistá, svazenka shloučená

Abstract

The study of ontogenetic development is an important part of the study of plants. The recording of phenological stages by two-digit code of BBCH scale is very suitable and universal method for evaluating of plant development. The development of two species of phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth. a *P. congesta* Hook) was evaluated in this study from germination, vegetative development to flowering and ripening of seeds. The possibilities of using of the general BBCH scale for study of *Phacelia* development, the useful modification of this BBCH scale and possibilities of data evaluation was described on this example.

Key words: phenological stages, *Phacelia tanacetifolia*, *Phacelia congesta*

Úvod

Fenologie je nauka o časovém průběhu základních životních projevů živých organismů, které se nazývají fenologické fáze (fenofáze) a jsou ovlivňovány místními podmínkami a environmentálními změnami. Je definována jako studium viditelných projevů růstového cyklu a zasahuje do širokého rozmezí oborů a vědních disciplín. Fenologické fáze byly tradičně

spojovány se sledováním vývoje počasí a nástupu jednotlivých ročních období. Jejich sledování bylo důležité zejména pro farmáře, kteří pěstovali rostliny a všímali si jejich růstu a vývoje. Brzy si také začali uvědomovat spojení mezi podmínkami prostředí a vývojem rostlin. Dnes je sledování fenologických fází rostlin nejen významnou součástí zemědělské praxe, ale také základního a aplikovaného výzkumu.

V minulosti bylo pro hodnocení fenologických fází u nejrůznějších druhů rostlin sestaveno mnoho různých stupnic popisujících a kódujících jednotlivé fáze růstu a vývoje. Fenologická stupnice BBCH byla poprvé publikována Bleiholderem et al. v roce 1989 a ihned vzbudila velký zájem. Zkratka BBCH je odvozena od **B**iologische **B**undesanstalt, **B**undessorenamt and **C**hemical industry (Meier et al. 2009). Rozšířená fenologická stupnice BBCH (Hack et al. 1992) je systém pro jednotné hodnocení fenologicky podobných vývojových fází všech jednoděložných i dvouděložných druhů rostlin. Dnes je to jedna z nejrozšířenějších fenologických stupnic. K jejímu mezinárodnímu rozšíření významně přispělo také povinné používání BBCH kódů pro hodnocení pokusů na ochranu rostlin (dle metodik EPPO).

Jedná se o decimální kód, který dělí vývoj rostliny na deset oddílů podle základních vývojových (růstových) fází (growth stages) (Meier et al. 2009), které jsou označovány číslicemi 0 až 9 (viz Tab. 1).

<i>Kód</i>	<i>Popis fáze</i>
0	klíčení
1	vývoj listů
2	tvorba postranních výhonů
3	prodlužování hlavního stonku (rozvoj listové růžice)
4	vývoj sklíditelných vegetativních částí
5	vývoj květenství
6	kvetení
7	vývoj plodů
8	dozrávání
9	ukončování vegetace

Hodnocení vývojových fází probíhá na hlavním stonku. Každá základní vývojová fáze (principal growth stage) je dále rozdělena do dalších deseti sekundárních fází (secondary stages) také označovaných číslicemi 0 až 9. Celkově je tak pomocí fenologické stupnice BBCH možné zachytit 100 různých vývojových fází, které označujeme číslicemi 00 až 99. Fenologická stupnice BBCH je více méně univerzální a je možné ji použít jak pro dvouděložné, tak pro jednoděložné rostliny. Pro popis fenologických fází jsou používány snadno rozpoznatelné morfologické charakteristiky. Podobným fenologickým fázím u různých druhů je přidělován stejný kód. To umožňuje mezidruhové srovnávání.

Rostlinný materiál je velmi různorodý. Na zemi existuje přes 300 000 druhů rostlin, které se od sebe liší nejen svou morfologií, ale také vývojovým cyklem a délkou života. Jednotlivé vývojové fáze se u nich proto projevují odlišně a v různou dobu. Některé vývojové fáze mohou být vynechány, případně se objevují v jiném pořadí, než je členění fenologické stupnice BBCH. Pro vytvoření stupnice BBCH byla použita struktura ze starší dekadické stupnice, kterou popsali Zadoks et al. (1974), a která byla určena pro hodnocení vývoje obilnin. Proto členění fenologické stupnice BBCH nejlépe odpovídá vývoji obilnin, ze kterého původně vychází. Bylo vytvořeno mnoho modifikací fenologické stupnice BBCH určených pro hodnocení různých druhů rostlin (Meier 2001). V této práci jsme se zaměřili na možnosti využití obecné stupnice BBCH (Hack et al. 1992) a jejích modifikací při hodnocení růstu a vývoje svazenky.

Materiál a metody

Hodnocení vývoje dvou druhů svazenky (*Phacelia tanacetifolia* Benth. a *P. congesta* Hook.) bylo prováděno v laboratorních pokusech (stanovení klíčivosti), skleníkových nádobových pokusech (hodnocení vzházivosti a vegetativního vývoje) a v polních pokusech (hodnocení vzházivosti, vegetativního a reprodukčního vývoje). V metodice jsou popsána jednotlivá hodnocení s ohledem na využití obecné stupnice BBCH a také její modifikace vhodné pro účely konkrétního hodnocení.

1/ Hodnocení klíčivosti

Vývoj semene (a také rostliny) začíná klíčením, během kterého přechází zárodek (embryo) z klidového stádia do stádia aktivního růstu. Klíčivost je jedním ze základních stanovení nejen při výzkumu vývoje rostlin, ale také ve šlechtění, semenářství a zemědělské praxi. K hodnocení klíčivosti existují dva přístupy: 1/ fyziologický přístup, kdy je za klíčící semeno považováno semeno s vyvinutým kořínkem minimálně 1-2 mm dlouhým; a 2/ ekologický přístup, který je mnohem přísnější a kritériem je vytvoření zdravé, životaschopné rostliny bez anomálií (Šerá 2014).

Ve fenologické stupnici BBCH je klíčení věnován první oddíl (základní vývojová fáze: klíčení) s kódy 00 až 09 (Hack et al. 1992) (viz Tab. 2).

Tab. 2: Fáze BBCH vhodné pro hodnocení klíčení dvouděložných rostlin s epigeickým vzházením	
Kód	Popis fáze
00	suché semeno
01	začátek bobtnání
03	konec bobtnání
05	objevení kořínku

06	prodlužování kořínku, tvorba kořenových vlásků
07	hypokotyl s dělohami proráží semenné obaly
08	hypokotyl s dělohami roste k povrchu
09	vzcházení – hypokotyl s dělohami proráží povrch půdy

Svazenka vratičolistá i svazenka shloučená patří mezi dvouděložné rostliny s epigeickým klíčením a vzcházením. Pro hodnocení klíčivosti byla použita modifikovaná Metodika zkoušení osiva a sadby (2014). Tato metodika využívá ekologický přístup hodnocení klíčivosti. Z fenologického hlediska bylo provedeno rozdělení semen a klíčících rostlin (klíčenců) do čtyř kategorií: 1/ Vyvinutí klíčenci – plně vyvinuté rostliny s kořínkem a hypokotylem s děložními lísky (tato kategorie odpovídá fázi BBCH 07 až 08); 2/ Částečně vyvinutí klíčenci – mají pouze kořínek delší než 5 mm, mohou se objevovat kořenové vlásky (BBCH 06); 3/ Stěží vyklíčená semena – kořínek prorazil obaly a je kratší než 5 mm bez kořenových vlásků (BBCH 05); 4/ Nenabobtnalá semena – nepřijala vodu a jsou zdravá beze změn konzistence či zjevné infekce (BBCH 00). Další kategorií, které neodpovídala žádná fáze BBCH, byla mrtvá semena. Tento systém umožňuje nejen hodnocení klíčivosti rostlin, ale zachycení poměru jednotlivých vývojových fází v průběhu klíčení a lepší srovnání rychlosti klíčení.

2/ Hodnocení vzcháživosti a počátečního vývoje rostlin

Při vzcházení dělohy klíčící rostliny proráží povrch půdy a objevují se nad povrchem. Záleží při něm nejen na vlastnostech semene, ale také na vlastnostech substrátu a dalších podmínkách (Hosnedl 2003). Vzcháživost byla součástí hodnocení jak u nádobových pokusů (tzv. laboratorní testy vzcháživosti), tak u polních pokusů (tzv. polní vzcháživost). Hodnocení vzcháživosti a počátečního vývoje je věnován konec prvního oddílu a druhý oddíl stupnice BBCH (Hack et al. 1992) s následujícími kódy (viz Tab. 3):

Tab. 3: Fáze BBCH vhodné pro hodnocení počátečního vývoje dvouděložných rostlin s epigeickým vzcházením	
Kód	Popis fáze
08	hypokotyl s dělohami roste k povrchu (při pěstování rostlin v půdě je tato fáze rozpoznatelná ve chvíli, kdy je vrcholový háček vidět těsně pod povrchem půdy)
09	vzcházení – hypokotyl s dělohami proráží povrch půdy (dosažení této fáze je možné určit i v Petriho miskách bez substrátu, a to změřením délky hypokotylu. Fáze je dosaženo, když délka hypokotylu přesáhne předpokládanou hloubku setí. Toto stanovení je pouze orientační, protože zde není interakce klíčící rostliny s půdou.)
10	děložní listy jsou kompletně rozvinuté
11	první pravý list (pár listů, přeslen) je rozvinutý
12	druhý pravý list (pár listů, přeslen) je rozvinutý
až 19	devět a více pravých listů (párů listů, přeslenů) je rozvinutých

Pro hodnocení polních pokusů byla používána výše uvedená obecná stupnice BBCH pro dvouděložné rostliny. Pro účely hodnocení vývoje klíčnicích rostlin v nádobových pokusech svazenky pak byla stupnice BBCH modifikována tak, aby lépe vyhovovala účelům pokusu. Pro podrobnější sledování počátečního vývoje, zde byly mezi jednotlivé sekundární fáze popisující vývoj listů přidány další dvě mezifáze (tertiary stages): 1/ Objevení se pupenu pravého listu s kódem 10,3; 11,3 atd. a 2/ Objevení se pravého listu (list je viditelný, ale zatím není rozvinutý) s kódy 10,7; 11,7 atd. U prvních šesti listů, které se objevovaly téměř současně a nebylo možné u nich rozeznat pořadí, ve kterém se objevily, byly hodnoceny páry listů. Od sedmého listu byly hodnoceny jednotlivé listy. Vzhledem k tomu, že u svazenky nastává nejdříve prodlužovací růst a pak teprve větvení, byly nevyužité kódy 20 až 29 sloužící k popisu větvení použity k podrobnějšímu popisu vývoje listů (viz Tab. 4).

Tab. 4: Modifikovaná stupnice BBCH určená pro hodnocení vývoje svazenky v nádobových pokusech	
<i>Kód</i>	<i>Popis fáze</i>
08	téměř nezatelný náznak vzcházení, háček ještě neprorazil půdu, ale je pozorovatelný těsně pod povrchem
09	vzcházení, proráží povrch půdy, vrcholový háček je ohnutý, děložní lístky nerozvinuté
10	děložní lístky rozvinuté
10,3	pupeny prvního páru listů jsou viditelné
10,7	první pár listů je viditelný
11	první pár listů je rozvinutý
11,3	pupeny druhého páru jsou viditelné
11,7	druhý pár listů je viditelný
12	druhý pár listů je rozvinutý
12,3	pupeny třetího páru listů jsou viditelné
12,7	třetí pár listů je viditelný
13	třetí pár listů je rozvinutý
13,3	viditelný pupen 7. listu
13,7	viditelný 7. list
14	7. list rozvinutý
až 29	22. list rozvinutý
30 až 39	prodlužovací růst
50 až 59	tvorba poupat
60 až 69	kvetení

Tento systém umožňoval nejen podrobnější hodnocení vývoje listů, ale také souběžné hodnocení vývoje listů a prodlužovacího růstu, kdy byl zároveň zaznamenáván vývoj listů i prodlužování (výška rostlin).

3/ Hodnocení vegetativního vývoje

Vegetativní vývoj byl sledován jak v nádobových tak v polních pokusech. K vegetativnímu vývoji patří, kromě už zmíněného klíčení, vzcházení a vývoje prvních listů, ještě větvení a tvorba postranních výhonů a prodlužovací růst. U svazenky nastává obvykle nejdříve

prodlužovací růst a rostliny se větví teprve později. Oddíl stupnice BBCH věnovaný větvení s kódy 20 až 29 u ní proto nebyl využíván. Pro hodnocení prodlužovacího růstu jsou určeny kódy 30 až 39. Pro určení jednotlivých fází prodlužovacího růstu ve stupnici BBCH existuje více přístupů. Je možné používat buď procenta celkové délky nebo vývoj jednotlivých nodů (Hack et al. 1992), případně vývoj prodloužených internodií (Weber, Bleiholder 1990; Feller et al. 1995). Popis jednotlivých fází uvádí Tab. 5:

Tab. 5: Fáze BBCH vhodné pro hodnocení prodlužovacího růstu dvouděložných rostlin:	
Kód	Popis fáze
31	Stonk dosáhl 10 % konečné délky/první nod rozeznatelný/jedno viditelně prodloužené internodium
32	Stonk dosáhl 20 % konečné délky/druhý nod rozeznatelný/dvě viditelně prodloužená internodia
až 39	maximální délka stonku/devět a více nodů rozeznatelných/devět a více viditelných prodloužených internodií

Hodnocení nodů se používá hlavně u hodnocení obilnin a trav, kde se prodlužování stébla hodnotí podle jednotlivých kolének. U dvouděložných rostlin se nejvíce používá hodnocení podle procenta celkové délky, případně podle prodloužených internodií (např. hrách, Weber, Bleholder 1990; Feller et al. 1995). Pro určení fází BBCH u svazenky jsme v nádobových i polních pokusech využívali hodnocení podle procenta celkové délky. Je však možné využít i hodnocení podle počtu prodloužených internodií, které je vhodné zejména u krátkodobých nádobových pokusů, kde je často obtížné přesně určit konečnou délku rostlin.

4/ Hodnocení generativního (reprodučního) vývoje

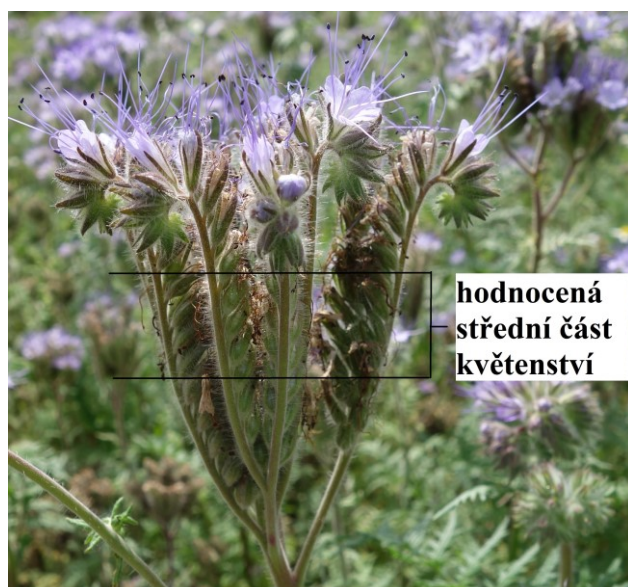
Ke generativnímu vývoji patří tvorba pupat, květů a plodů a jejich dozrávání. Ve stupnici BBCH jsou mu věnovány oddíly se základními fázemi 5, 6, 7 a 8 (Hack et al. 1992). Popis jednotlivých sekundárních fází pro dvouděložné rostliny uvádí Tabulka 6:

Tab. 6: Fáze BBCH vhodné pro hodnocení reprodukčního vývoje dvouděložných rostlin:	
Kód	Popis fáze
Základní vývojová (růstová) fáze 5: tvorba pupat	
51	květenství nebo květní pupeny jsou viditelné
55	první jednotlivé květy viditelné (stále zavřené)
59	první okvětní lísky jsou viditelné
Základní vývojová (růstová) fáze 6: kvetení	
60	první květy se otvírají
61 až 64	10 až 40 % květů otevřených
65	plné kvetení, 50 % květů otevřených, první okvětní lístky opadávají
67	dokvétání, většina okvětních lístků opadala nebo je suchá
69	konec květu, viditelné první plody
Základní vývojová (růstová) fáze 7: tvorba plodů	
71	10 % plodů dosáhlo konečné velikosti nebo plod dosáhl 10 % své velikosti
až 78	80 % plodů dosáhlo konečné velikosti nebo plod dosáhl 80 % své velikosti
79	téměř všechny plody dosáhly konečné velikosti
Základní vývojová (růstová) fáze 8: dozrávání	
81	začátek dozrávání nebo zbarvování plodů

85	pokročilé dozrávání nebo zbarvování plodů
89	plně dozrálé plody

Celkově je možno při hodnocení fenofází reprodukčního vývoje zaujmout dva přístupy. U hodnocení tvorby květů a kvetení lze hodnotit buď procento květů rozkvetlých na jedné rostlině nebo procento rozkvetlých rostlin v celém porostu. Hodnocení rostlin v celém porostu se využívá zejména k hodnocení porostů některých zemědělských plodin (např. mák, Fejér 2015). K hodnocení tvorby plodů a dozrávání lze opět přistupovat dvěma způsoby. První způsob hodnocení je podle množství (%) plodů, které dosáhly konečné velikosti (plné zralosti), to se využívá převážně u druhů, které tvoří větší množství postupně dozrávajících plodů, (např. řepka, Weber, Bleiholder, 1990; Lancashire et al. 1991). Druhý způsob hodnocení je podle zvětšování (% konečné velikosti) plodů, změn konzistence a vlhkosti jednoho nebo více plodů na hlavním stonku. Tento způsob se používá u obilnin (Wirzenberger et al. 1989; Lancashire et al. 1991) a je vhodný u těch rostlin, kde se na hlavním stonku plod nebo plody tvoří najednou nebo s relativně malým časovým odstupem a dozrávají stejnoměrně (obilniny, mák setý). Pro popis fenofáze celé rostliny se hodnocení kvetení a dozrávání provádí na hlavním stonku. Hodnocení jednotlivých větví lze využít jako doplňující informaci. U svazek byl reprodukční vývoj hodnocen v polních pokusech. Kvetení bylo hodnoceno podle procenta kvetoucích rostlin v porostu. Tvorba semen a dozrávání byla hodnocena podle vývoje semen v květenství na hlavním stonku. Aby se předešlo případné chybě v hodnocení způsobené nestejným vývojem semen v různých částech květenství, byla vždy hodnocena semena ve střední části květenství (Obr. 1).

Obr. 1: Květenství svazenky



Výsledky

Hodnocení klíčivosti

Pro hodnocení klíčivosti bylo srovnáno a statisticky vyhodnoceno procentické zastoupení jedinců v jednotlivých kategoriích pro jednotlivé termíny hodnocení. Pro srovnání fyziologického a ekologického přístupu byl vyhodnocen také celkový počet vyklíčených semen (bez ohledu na vývojové stádium). Hodnocení výsledků proběhlo v programu STATISTICA 12 metodou analýzy variance. Pro následné testování byl použit Tukeyův HSD test na hladině významnosti $\alpha=0,05$. V Tab. 8 jsou uvedeny statistické rozdíly pro jednotlivé kategorie.

<i>Druh</i>	<i>Den hodnocení</i>	<i>Vyvinutí klíčenci (%)</i>	<i>Částečně vyvinutí klíčenci (%)</i>	<i>Stěží vyklíčená semena (%)</i>	<i>Nenabobtnalá semena (%)</i>	<i>Mrtvá semena (%)</i>	<i>Vyklíčená semena celkem (%)</i>
		BBCH 08	BBCH 06	BBCH 05	BBCH 00		
Svazenka vratičolistá	3	98a	0a	0a	2a	0a	98a
	7	98a	0a	0a	0a	2a	98a
	11	98a	0a	0a	0a	2a	98a
Svazenka shloučená	3	3b	25b	67b	5a	0a	95a
	7	96a	2a	0a	2a	0a	98a
	11	98a	0a	0a	2a	0a	98a

Jak je patrné z tabulky, třetí den hodnocení byly zjištěny průkazné rozdíly mezi oběma druhy svazenky v počtu vyvinutých klíčenců, částečně vyvinutých klíčenců a stěží vyklíčených semen. U svazenky shloučené bylo klíčení pomalejší a třetí den u ní bylo průkazně méně vyvinutých klíčenců než u svazenky vratičolisté. Při hodnocení celkového počtu vyklíčených rostlin (fyziologický přístup) nebyly v žádném termínu hodnocení mezi oběma druhy svazenky rozdíly v klíčivosti.

Hodnocení vzházivosti a vegetativního růstu v nádobových pokusech

Každé rostlině v nádobě (A, B, C) bylo přiděleno pořadové číslo (1 až 14) a vývojové fáze byly hodnoceny pro každou rostlinu zvlášť. Každý den od výsevu byl označen pořadovým číslem (1, 2, 3 až 81, den výsevu=0) a každému termínu hodnocení bylo přiděleno pořadové číslo (počet dní od zasetí). Pro každý termín hodnocení byl vyhodnocen počet vzešlých rostlin. Za vzešlou rostlinu byla považována každá rostlina hodnocená kódem BBCH 09 a více. Celkový počet rostlin vzešlých v jednotlivých termínech byl pak statisticky vyhodnocen v programu STATISTICA 12 metodou analýzy rozptylu. Pro následné testování byl použit Tukeyův HSD test na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Výsledky vzházivosti uvádí Tab. 9.

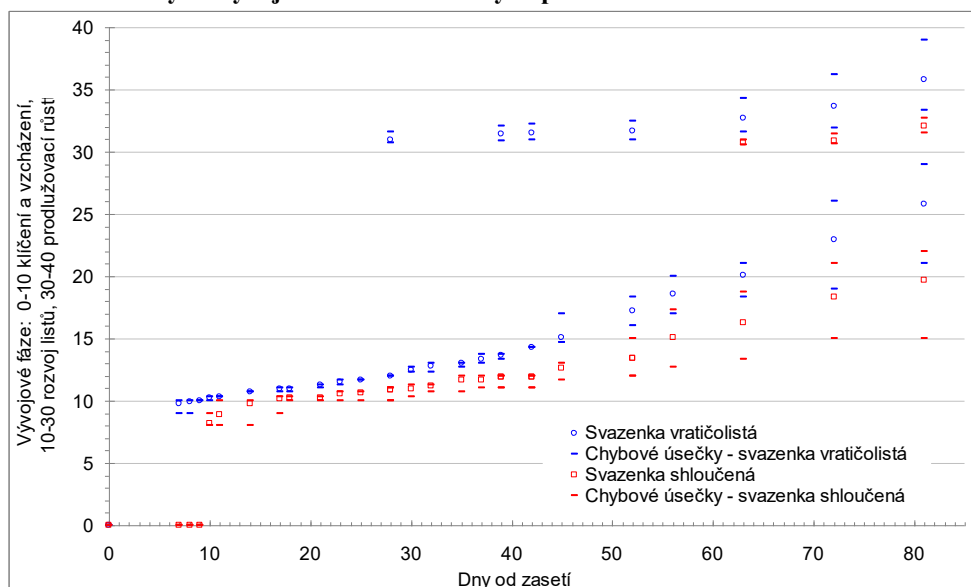
Tab. 9: Rozdíly ve vzházivosti svazenek

Datum hodnocení	15.1.2018	22.1.2018	23.1.2018	24.1.2018	25.1.2017	26.1.2018	29.1.2018
Počet dní od zasetí	0	7	8	9	10	11	14
Druh	Průměrná vzcházivost v %						
Svazanka vratičolistá	0a	86c	95c	95c	95c	95c	98c
Svazanka shloučená	0a	0a	0a	0a	12ab	29b	88c

Svazanka vratičolistá vzcházela rychleji než svazanka shloučená. Byly zde zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi vzcházením. 7. až 11. den vzešlo u svazenky vratičoliste průkazně více rostlin než u svazenky shloučené. 14. den obě svazenky plně vzešly a mezi počtem vzešlých rostlin nebyly rozdíly.

Pro vyhodnocení vegetativního růstu byly ze zaznamenaných vývojových fází pro jednotlivé rostliny pro jednotlivé termíny vypočítány vývojové průměry (Cornelius et al. 2011) a zjištěny maximální a minimální fáze pro určení variačního rozpětí. Výsledky byly vyneseny do grafu. Z hodnocení byly vyřazeny abnormální, deformované a nestandardně se vyvíjející rostliny. Rozdíly ve vývoji obou druhů jsou znázorněny v Obr. 2. Variační rozpětí je znázorněno chybovými úsečkami. V tabulce 10 jsou u vybraných vývojových fází (2, 4, 6 a 10 pravých listů a začátek prodlužovacího růstu) uvedeny hodnoty po kolika dnech od zasetí byly jednotlivé fáze poprvé zaznamenány. Také byl vyhodnocen počet prodloužených internodií u obou druhů.

Obr. 2: Rozdíly ve vývoji rostlin v nádobových pokusech



Tab. 10: Počet dní do dosažení dané vývojové fáze

Vývojová fáze	dva pravé listy	čtyři pravé listy	šest pravých listů	deset pravých listů	začátek prodlužování (BBCH 31)

Svazanka vratičoslístá	17	28	32	45	35
Svazanka shloučená	28	35	45	56	63
Rozdíl v počtu dní	11	7	13	11	28

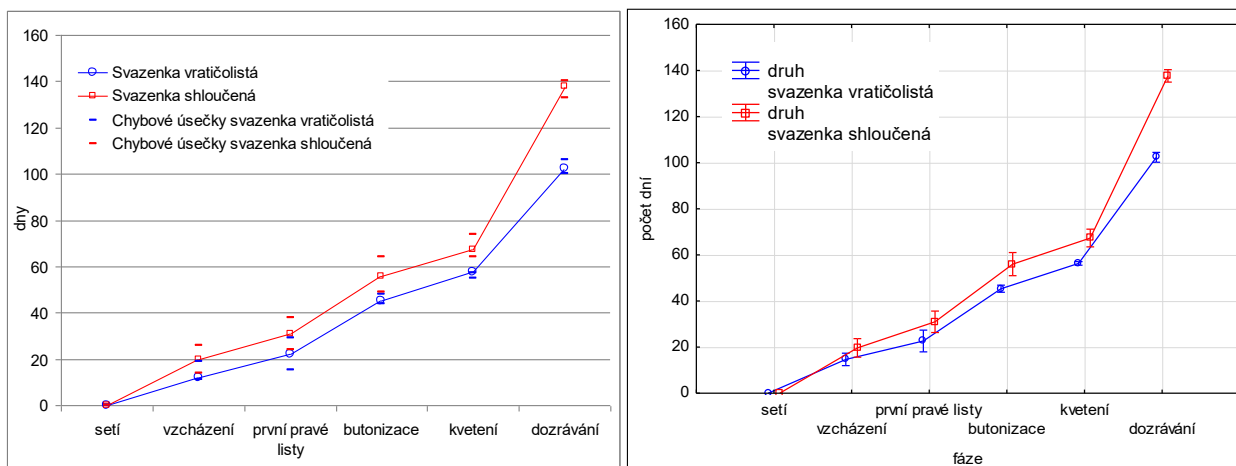
Počáteční vývoj obou svazenek byl celkově velmi vyrovnaný a byla zde poměrně nízká variabilita. Postupně během vývoje docházelo ke zvyšování vývojové variability (viz Obr. 2). Celkově byl vývoj u svazanky shloučené pomalejší než u svazanky vratičolisté. Nástup jednotlivých fází byl u svazanky shloučené o 7 až 28 dní opožděn. Největší rozdíl byl v zahájení prodlužovacího růstu, protože svazanka vratičolistá začala prodlužovat internodia už ve fázi 6 až 7 pravých listů (35 den), kdežto svazanka shloučená až ve fázi 10 až 11 pravých listů (63 den).

Průměrný počet prodloužených internodií u svazanky vratičolisté byl 10,8 prodloužených internodií, což by při hodnocení dle prodloužených internodií odpovídalo fázi BBCH 39 (vývojový průměr podle % celkové délky vycházel 35,5). U svazanky shloučené byl průměrný počet prodloužených internodií 1,8, což odpovídá BBCH 32 (vývojový průměr podle % celkové délky byl také 32).

Hodnocení vegetativního a generativního růstu v polních pokusech

V polních pokusech byl vývoj svazanky hodnocen u tří následných výsevů (opožděných cca o 14 dní). U všech výsevů byly ve třech opakováních sledovány a zaznamenávány vývojové fáze porostu. U obou druhů byl vyhodnocen a srovnán průměrný počet dní, kdy bylo dosaženo jednotlivých vývojových fází. Byl vyhodnocen maximální a minimální počet dní pro jednotlivé výsevy a zjištěno variační rozpětí. Výsledky byly vyneseny do grafu (viz Obr. 3). Variabilita a rozdíly mezi druhy byly vyhodnoceny také analýzou rozptylu. Pro následné testování byl použit Tukeyův HSD test na hladině významnosti $\alpha=0,05$. (viz Obr. 4).

Obr. 3 (vlevo) a 4 (vpravo): Rozdíly ve vývoji rostlin v polních pokusech



Oběma metodami hodnocení byly zjištěny rozdíly ve vývoji svazenek. Svazenka vratičolistá dříve tvořila poupata, kvetla i dozrávala. Ve vzcházení a tvorbě prvních listů nebyly v polních podmínkách zjištěny významné rozdíly.

Diskuze

Fenologickými fázemi a jejich hodnocením ve vědecko-výzkumné činnosti se zabývali Šedá et al. (2014). Srovnávali dvě metodiky hodnocení fenologických fází a upozorňovali na možné rozdíly v chápání některých pojmů využívaných ve fenologii, kdy stejný pojem může být chápán odlišně a může označovat dvě různá stadia vývoje. Při srovnání prodlužovacího růstu dvou druhů svazenky podle různých postupů (podle % konečné délky a podle prodloužených internodií) se ukázalo, že tento problém může nastat i v rámci hodnocení podle stupnice BBCH. U svazenky vratičolisté byly různými postupy zjištěny různé kódy BBCH pro stejné fenologické fáze, což bylo způsobeno tím, že celkový poměr prodloužených internodií k celkové výšce byl vyšší než 1. Při hodnocení podle prodloužených internodií tak byl zjištěn vyšší kód BBCH než při hodnocení podle % celkové délky. Proto je vždy vhodné v metodice přesně uvést, jaká stupnice BBCH byla použita, případně, pokud stupnice u některých fází (prodlužovací růst, kvetení, dozrávání) nabízí více možností hodnocení, podrobněji rozvést a popsat použité postupy.

Vzcházení a kvetení svazenky vratičolisté v polních podmínkách sledoval Zehnálek (2007, 2012, 2013, 2015) a k hodnocení rozdílů mezi odrůdami svazenky také používal metodu analýzy rozptylu (následné testování pomocí minimální průkazné diference hladině významnosti $\alpha=0,05$). V naší práci byly při použití metody analýzy rozptylu (následné testování Tukeyho testem na hladině významnosti $\alpha=0,05$) a metody grafického znázornění variačního rozpětí zjištěny stejné závěry, i když hodnocení pomocí variačního rozpětí bylo přísnější.

Fenologická stupnice se obvykle nevyužívá v běžných testech hodnocení klíčivosti, ale Šerá (2014) ve své práci věnované studiu klíčivosti uvádí, že přísnější ekologický přístup je pro hodnocení klíčivosti zemědělských plodin správnější, protože kritériem hodnocení je zde vytvoření zdravé rostliny bez anomálií, což dává lepší představu o jejich vývoji a životaschopnosti. Při využití tohoto přístupu lze jednotlivé kategorie klíčících rostlin označit kódy podle stupnice BBCH. Ekologický přístup se osvědčil i při studiu vývoje svazenky, kdy byly zjištěny rozdíly v počtu vyvinutých klíčenců, ale nikoli rozdíly v počtu naklíčených semen s kořínkem 0,5 mm dlouhým (fyziologický přístup). Při hodnocení celkového počtu

vyklíčených semen bez ohledu na vývojovou fázi nebylo možné zjistit mezi oběma druhy svazenky rozdíly. Klíčivosti svazek ve své práci srovnávali Hutýrová et al. 2018. Ke statistickému hodnocení také využívali metodu analýzy rozptylu s následným testováním Tukeyho testem na hladině významnosti $\alpha=0,05$. V této práci byly také zjištěny rozdíly mezi klíčením svazenky shloučené a vratičolisté.

Závěr

Fenologická stupnice BBCH je užitečným nástrojem pro sledování fenologických fází a pro hodnocení vývoje svazenky. Lze ji využít při studiu vlivu různých faktorů ovlivňujících ontogenezi od klíčení a počátečního vývoje až po dozrávání semen. V této práci jsou popsány jednotlivé metodické přístupy k hodnocení fenologických fází pomocí stupnice BBCH. Jsou zde zhodnoceny možnosti využití těchto přístupů pro hodnocení vývoje svazenky, včetně možností hodnocení získaných dat.

Použitá literatura

BLEIHOLDER H., VAN DEN BOOM T., LANGELÜDDECKE P., STAUSS R., 1989. Einheitliche Codierung der phänologischen Stadien bei Kultur- und Schadpflanzen. *Gesunde Pflanzen.*, 41: 381-384.

CORNELIUS CH., PETERMEIER H., ESTRELLA N., MENZEL A., 2011. A comparison of methods to estimate seasonal phenological development from BBCH scale recording. *Int J Biometeorol.* 55: 867–877.

FEJÉR J., 2015. *Morfologicko – biologická diverzita druhu mak siaty (Papaver somniferum L.) a jej hodnotenie*, Prešov, s115. ISBN 978-80-555-1334-8.

FELLER C., BLEIHOLDER H., BUHR L., HACK H., HESS M., KLOSE R., MEIER U. STAUSS R., VAN DEN BOOM T., WEBER E., 1995. Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: II. Fruchtgemüse und Hülsenfrüchte. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 47: 217-232.

HACK H., BLEIHOLDER H., BUHR L., MEIER U., SCHNOCK-FRICKE U., WEBER E., WITZENBERGER A., 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen - Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein -. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 44: 265-270.

HOSNEDL V., 2003. Klíčivost a vzházivost osiva. Tisková zpráva Agrární komory ČR. Agris [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: www.agris.cz/clanek/125695

HUTYROVÁ H., KUBÍKOVÁ Z., KADAŇKOVÁ P., KINTL A., PELIKÁN J. , 2018. Vliv předchlazení osiva na klíčivost svazenky shloučené a vratičolisté. *Úroda* 12, roč. LXVI, vědecká příloha, s. 289 - 292, ISSN 0139-6013

KUBÍKOVÁ Z., SMEJKALOVÁ H., HUTYROVÁ H., 2018. Rozdíly ve vývoji u tří druhů svazenek. *Úroda* 12, roč. LXVI, vědecká příloha, s. 223 - 226, ISSN 0139-6013

LANCASHIRE P. D., BLEIHOLDER H., LANGELÜDDECKE P., STAUSS R., VAN DEN BOOM T., WEBER E. WITZEN-BERGER A., 1991. An uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. appl. Biol.*, 561-601.

MEIER U., 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants, BBCH Monograph. *Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.*

MEIER U., BLEIHOLDER H., BUHR L., FELLER C., HACK H., HEß M., LANCASHIRE P. D., SCHNOCK U., STAUB R., VAN DEN BOOM T., WEBER E., ZWERGER P., 2009. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications. *Journal für Kulturpflanzen.*, 61(2): 41 – 52. ISSN 0027-7479.

Mze 2014: Metodika zkoušení osiva a sadby (2014)

REITSCHLAGER J.D., ŠERÁ B., HÁJKOVÁ L., 2014. Fenologické fáze zemědělských plodin ve vztahu k vědecko-výzkumné činnosti. *Příspěvky k problematice zemědělského pokusnictví.* 2014. ISSN 978-80-7427-153-3, 978-80-7394-460-5

ŠERÁ., 2014. *Klíčivost jako běžný test v botanickém pozorování, šlechtění a experimentech.*, s9-17. ISBN 978-80-7427-153-3, 978-80-7394-460-5.

WEBER E., BLEIHOLDER H., 1990. Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse - mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen.*, 42: 308-321.

WITZENBERGER A., HACK H., VAN DEN BOOM T., 1989. Erläuterungen zum BBCH-Dezimal-Code für die Entwicklungsstadien des Getreides - mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen.*, 41: 384-388.

ZADOKS J. C., CHANG T. T. KONZAK C. F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research.*, 14: 415-421 and *Eucarpia Bulletin.* 7: 49-52.

ZEHNÁLEK P., 2007, 2012, 2013, 2015. Výsledky zkoušek užité hodnoty. Svazanka vratičolistá – meziplodina letní výsev. ÚKZÚZ, Národní odrůdový úřad, Brno

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO1719.

Kontakt

Zuzana Kubíková, Ing. Ph.D.

Výzkumný ústav pícninářský spol. s r. o.

Zahradní 1

Troubsko 664 41

kubikova@vupt.cz