

DOPADY VYBRANÝCH KLIMATICKÝCH ZMĚN NA ROSTLINY – UČEBNÍ ÚLOHY

Impact of Selected Aspects of Climate Change on Plants—Learning Tasks

JANA NEDĚLOVÁ, VĚRA ČÍŽKOVÁ, ZDENĚK OPATRNÝ, Univerzita Karlova,
Přírodovědecká fakulta, Katedra experimentální biologie rostlin, Janina.
Nedelova@seznam.cz, vera.cizkova@natur.cuni.cz, zdenek.opatrný@natur.cuni.cz

Abstract

Global climate change is an important and topical issue that the public, and especially the younger generation, should be well acquainted with. However, relatively little attention is paid to this issue in the currently valid biology textbooks and in the Framework Educational Programme (FEP) for Czech grammar schools. It is not beneficial to pass on knowledge about this issue to students only in the form of bare facts that would have to be memorized. On the contrary, it is desirable that pupils themselves actively acquire information on the issue, think about it critically and understand it. Therefore, the aim of this paper is to follow up on the article “Water and Plant Stress” published in issue number 4/2019 of this journal in order to elaborate the given topic in a didactic manner, in the form of nineteen active learning tasks intended primarily for pupils at upper secondary schools. Pupils have to draw upon information from introductory texts, graphs, tables or pictures to solve them correctly and critically think about them and to some extent can apply previously acquired knowledge and experience. Such acquired knowledge can then be applied more convincingly not only at school but also outside of it. The author’s solutions are attached to the tasks. The proposed tasks were selected from a set of 30 tasks elaborated on the given topic, which were tentatively tested during pedagogical practice at a grammar school.

Klíčová slova

Globální klimatická změna, rostliny, stres, voda, sucho, zasolení, výuka, učební úlohy, genetické modifikace, šlechtění rostlin

Keywords

Global climate change, plants, water, drought, salinity, teaching, learning tasks, genetic modifications, plant breeding, stress

ÚVOD

Globální klimatické změny patří v současné době mezi hlavní celosvětové problémy lidstva. Ovlivní mimo jiné i hospodaření se sladkovodními zdroji a rostlinnou výrobu, která má zásadní význam pro zabezpečení potravin. Do popředí zájmu politiků i vědců se tak dostává studium vlivu tzv. abiotických a biotických stresorů. Těmi klíčovými jsou v tomto kontextu extrémní teploty a je provázející sucho.

Zemědělství již v současnosti spotřebovává kolem 2/3 veškeré vody využívané lidmi. Se suchem je často spojen i problém zasolení půd. Vzrůstající salinita souvisí zejména s umělým zavlažováním zemědělské půdy, především v semi-aridních a aridních oblastech. Oba tyto abiotické stresory mají přímý vliv na růst a vývoj rostlin a následně tak na jejich výnos. Nepřímo pak posilují neblahé účinky rostlinných chorob, škůdců či plevelů.

Jedním ze zásadních řešení je příprava nových rostlinných odrůd se zvýšenou stresovou tolerancí nebo rezistencí. Vedle klasických šlechtitelských postupů (pohlavní křížení, mutagenese a selekce) využívá zemědělská praxe více jak třicet let jejich moderní alternativy, vycházející z poznatků molekulární biologie, obecně pojmenované jako genové inženýrství resp. genetické modifikace. Jejich „produktem“ jsou tzv. geneticky modifikované (GM) plodiny. Principům jejich přípravy a příkladům jejich nejčastějšího celosvětového použití byl věnován prostor např. ve 2., 3. a 4. čísle 25. ročníku tohoto časopisu, v příspěvku *Transgenní rostliny I a II* (Andrová et al., 2016a, b, c).

V tomto příspěvku se zaměříme cíleně na jejich přínos v řešení problematiky různých typů vodního deficitu v kontextu klimatických změn. Navazujeme tak v didaktické rovině na článek *Geneticky modifikované rostliny odolné k suchu či zasolení* (Opatrný et al., 2019) uveřejněný v čísle 4/2019 tohoto časopisu, který je věnován vlastnímu teoretickému vysvětlení problematiky. Chceme ukázat, že nové poznatky není nutné žákům předávat pouze v podobě holých faktů, která by museli memorovat. Naopak je žádoucí, aby žáci sami aktivně získávali informace o dané problematice, kriticky nad nimi přemýšleli a porozuměli jim. Proto bylo cílem tohoto příspěvku zpracovat dané téma formou aktivizujících učebních úloh. Žáci k jejich správnému vyřešení musí samostatně získávat informace z úvodních textů, grafů, tabulek nebo obrázků a zároveň nad nimi kriticky přemýšlet a do jisté míry i uplatňovat dříve, ve škole i mimo školu, získané poznatky a zkušenosti.

Prezentované úlohy byly vybrány ze souboru třiceti úloh, které byly orientačně ověřovány při pedagogických praxích. Získané postřehy (zjednodušení textu, přidání dalších informací i formulační úprava) byly zapracovány do konečného znění. Jedenáct úloh pak bylo v rámci výzkumného projektu ověřováno formou testu na 142 žácích z osmi gymnázií. Výsledky výzkumu ale nejsou součástí tohoto příspěvku. Předkládané úlohy si kladou dva hlavní cíle – prvním je seznámit žáky netradiční formou s problematikou geneticky modifikovaných rostlin a do jisté míry i s dopady klimatických změn. Druhým cílem je umožnit žákům přemýšlet a osvojovat si nové poznatky vlastní aktivitou a tempem místo pamětního učení.

UKÁZKA UČEBNÍCH ÚLOH

Otázka 1: GM rostliny

Za geneticky modifikované (GM) jsou považovány takové rostliny, jejichž dědičná informace uložená v DNA byla změněna vnesením cizorodého genu cestou tzv. transgenoze. Vzniká tak geneticky modifikovaný organizmus (GMO).

Cílem genetických modifikací je získání vhodných vlastností, mezi které mj. patří například odolnost vůči škodlivým činitelům (škůdcům, chorobám, pesticidům, suchu aj.), zlepšení nutriční nebo chutové hodnoty zemědělských plodin, možnosti jejich skladování apod.

Na základě předešlého textu rozhodněte, zda jsou uvedená tvrzení pravdivá.

GM plodiny mohou obsahovat DNA z různých organismů kromě bakterií, protože bakterie jsou mnohem menší organismy než rostliny.	ANO / NE
GM rostliny obsahují jeden či několik genů, které by se nemohly do daných rostlin přenést pohlavním rozmnožováním.	ANO / NE
Transgenoze umožňuje do dědičného materiálu rostliny vnášet geny nezávisle na příbuznosti dárce.	ANO / NE
Tolerance vůči nepříznivému klimatu patří k žádaným vlastnostem u zemědělských plodin.	ANO / NE

Otázka 2: GM rostliny

V rámci kategorie GM můžeme od transgenních rostlin odlišit tzv. cisgenní rostliny. Za cisgenní jsou považovány rostliny, do jejichž dědičné informace byl, včetně přirozených regulačních sekvencí, přenesen jeden nebo více genů, jež jsou vlastní danému rostlinnému druhu, nebo pocházejí z blízké příbuzného druhu, který se může s daným druhem přirozeně křížit a z kterého by tak rostliny mohly získat tentýž gen i metodami tradičního šlechtění.

Proces cisgenoze se však od křížení liší tím, že nejde o spojení dvou genomů jako při pohlavním rozmnožování, ale pouze o přenos cíleně vybraného genu nebo několika genů. Výsledkem tak není rozsáhlý „genový mix“ potomka, ale jen jeho obohacení o jednu či několik požadovaných vlastností. Výrazně je tak zkráceno jinak nezbytné selekční období u hybridů a tím i celý šlechtitelský proces.

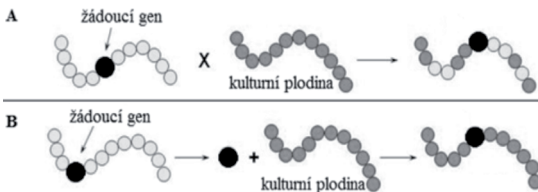
Na základě přečteného textu rozhodněte, které tvrzení je **NESPRÁVNÉ**.

- A. Tvorba transgenních i cisgenních rostlin je založena na přenosu cíleně vybraného genu nebo několika genů metodami genového inženýrství do dědičné informace rostliny.
- B. Cisgenní rostliny jsou vytvářeny přenosem genů, které pocházejí z téhož rostlinného druhu nebo z blízkce příbuzného druhu, z kterého by rostliny mohly získat tentýž gen procesem nepohlavního rozmnožování.
- C. Při tvorbě cisgenní rostliny je přenášena pouze žádoucí varianta genu, což je jedna z hlavních výhod cisgenozy ve srovnání s metodami tradičního šlechtění rostlin.
- D. Šlechtění využívající tvorbu cisgenních či transgenních rostlin je ve srovnání s tradičním křížením rostlin podstatně rychlejší.

Otázka 3: GM rostliny

Které z následujících schémat (A nebo B) znázorňuje šlechtění rostlin pomocí metod genového inženýrství? Svůj názor zdůvodněte.

.....
.....



Obr. 1 Šlechtění rostlin (Převzato a upraveno z: <https://gmocotton.weebly.com/>)

Otázka 4: GM rostliny

Dostala se vám do rukou část rozhovoru novináře s vědcem na téma GM plodiny. Rozhodněte, kdy vědec odpověděl přímo a jednoznačně na položenou otázku a kdy naopak neodpověděl přesně, na co se novinář ptal.

Odověděl vědec na otázku?

Novinář: Jsou potraviny z geneticky modifikovaných plodin nebezpečné pro zdraví lidí? Vědec: Zdravotní rizika jiná nebo vyšší než při konzumaci srovnatelných běžných potravin nebyla zatím nikde ve světě prokázána, tedy můžeme říct, že nejsou.	ANO / NE
Novinář: Slouží produkty z GM plodin v Evropě pouze jako krmivo pro hospodářská zvířata, nebo se z nich vyrábějí i potraviny určené pro člověka? Vědec: Všechny geneticky modifikované plodiny jsou před uvolněním do oběhu posuzovány z hlediska zdravotních rizik pro člověka i zvířata, bez ohledu na to, pro jaký účel byly vyvinuty. Produkty z GM plodin podléhají podle evropské legislativy tzv. labelingu (označování) z důvodu svobody volby spotřebitele (nesouvisí nijak se zdravotním nebo jiným rizikem).	ANO / NE
Novinář: Je pro malého českého zemědělce ekonomicky výhodné pustit se do pěstování GM plodin? Vědec: Kromě jiného záleží na tom, které plodiny zemědělec pěstuje. V ČR jsou zatím povoleny k pěstování pouze kukuřice s rezistencí k zavíječi kukuřičnému a průmyslové brambory.	ANO / NE
Novinář: Mohly by GM plodiny, <u>na rozdíl</u> od běžných plodin, vážně narušit životní prostředí? Vědec: GM plodiny nepřinášejí pro ekosystémy větší rizika než ostatní velkoplošné technologie používané v zemědělství, naopak je prokázána i celá řada přínosů z hlediska ochrany životního prostředí. Jisté problémy mohou nastat, pokud zemědělci nebudou dodržovat zásady správné zemědělské praxe. Příkladem může být vznik rezistence plevelů k herbicidům – to však není otázka samotné GM plodiny s tolerancí k herbicidu, ale neuváženého používání herbicidu. Do problémů s rezistencí plevelů se dostávají i pěstitelé pěstující konvenční plodiny.	ANO / NE

(Převzato a upraveno z: <http://ekonom.ihned.cz/c1-47345040-ptali-jste-se-na-geneticky-modifikovane-plodiny>)

Otázka 5: GM rostliny

Anička byla při návštěvě Rakouska svědkem průvodu, kde aktivisté hlásali hesla jako „Rakousko bez genů!“, „Stop GM plodinám!“. Když se Anička jednoho z aktivistů zeptala, proč odmítá GM plodiny, odpověděl jí následovně: „Nechci jíst žádné geny!“.

Je jeho argument odborně správný? Svoji odpověď zdůvodněte.

.....

.....

Otázka 6: Klimatické změny

Rostliny jsou v průběhu svého života vystaveny velmi proměnlivým podmínkám vnějšího prostředí. Ty mohou nejen zpomalovat jejich životní funkce, ale také poškozovat jednotlivé orgány a v krajním případě vést i k jejich uhynutí. Nepříznivé vlivy vnějšího prostředí ohrožující rostlinu označujeme jako stresové faktory neboli stresory. Stresem pak označujeme stav, ve kterém se rostlina nachází pod vlivem stresorů.

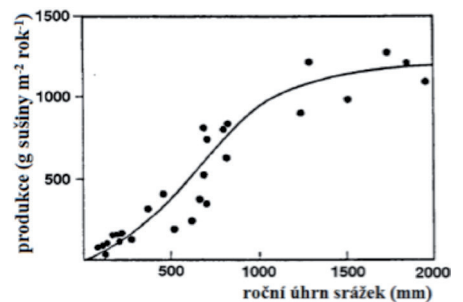
Najděte kritérium, podle něž lze následující stresory rozdělit do dvou skupin, a stresory rozdělte.

- extrémní teploty (nízké i vysoké)
- nedostatek vody
- zaplavení vodou vedoucí k nedostatku kyslíku
- konkurenční druhy rostlin
- nízké či vysoké pH půdy
- škůdci
- nedostatek živin v půdě
- patogeny
- nadbytek iontů solí v půdě

Otázka 7: Klimatické změny

Růst rostlin a množství biomasy, kterou rostliny vytvoří (produkce, úroda), jsou ovlivňovány především nedostatkem vody. Dokazují to i údaje o růstu rostlin, získané ve velkém měřítku. Graf 1 ukazuje produkci různých ekosystémů (v grafu vyznačeno body) a roční úhrn srážek. Produkci se zde míní nahromadění nadzemní suché biomasy rostlin za 1 rok.

Než rostliny vytvoří 1 kg své biomasy vyjádřené hmotností sušiny, pohltní a zase do atmosféry vydají několikrát více vody. Pokud je rostlina nedostatečně zásobena vodou (výdej převyšuje příjem), dochází u ní ke stresu z vodního deficitu.



Graf 1 Produkce různých ekosystémů a roční úhrn srážek (Převzato a upraveno z: Procházka et al., 1998, Nátr, 2011)

Které tvrzení je podloženo údaji uvedenými v grafu 1?

- A. Produkce rostlin závisí na jejich zásobení dostatečným množstvím srážek.
- B. Teplé klima a dostatečný roční úhrn srážek může pozitivně ovlivnit růst rostlin.
- C. Čím větší je roční úhrn srážek, tím je pravděpodobnější výskyt povodní.
- D. Bude-li na určitém území roční úhrn srážek menší než 250 mm, rozšíří se zde pouště.
- E. Produkce ekosystémů závisí na jejich zavlažování pomocí umělých závlah.

Otázka 8: Klimatické změny

Máme se bát klimatických změn?

Klimatické změny budou mít dopad mimo jiné na hospodaření se sladkovodními zdroji či výnos zemědělských plodin. Rostliny budou s velkou pravděpodobností vystaveny nepříznivým podmínkám prostředí, jako je například sucho a zasolení půd.

Dopady klimatických změn nebudou rozloženy rovnoměrně, nejdříve a nejvíce budou postiženy nejchudší země. Rozvojové regiony mají již nyní v průměru teplejší podnebí než rozvinuté regiony a trpí také velkou proměnlivostí srážek.

V současnosti zemědělství v celosvětovém měřítku spotřebovává kolem 70 % veškeré vody využívané lidmi (zbytek připadá na průmysl a domácnosti), přitom nejvíce vody je určeno na zavlažování zemědělské půdy. Zavlažovaná půda zaujímá zhruba 1/6 z celkové plochy orné půdy, ale vyprodukuje se na ní více než 1/3 světových potravin. V mnoha oblastech však dosáhla již současná spotřeba vody na zavlažování konečné hranice.

Rostoucí lidská populace bude navíc poptávku po potravinách a po vodě stále více zvyšovat. Podle současných odhadů by kolem roku 2050 mělo na planetě žít přes 9 miliard lidí.

(Převzato a upraveno z: IPCC, 2007a, b; Moldan, 2009)

Na základě přečteného textu rozhodněte, zda jsou uvedená tvrzení pravdivá.

Problematika nedostatku potravin a vody úzce souvisí se suchem, které může ohrozit zemědělskou činnost a také zdroje pitné vody.	ANO / NE
Největší podíl na spotřebě vody má v současné době zemědělství, které spotřebovává kolem 1/6 veškeré vody využívané lidmi.	ANO / NE
Již dnes je zemědělství největším spotřebitelem vody a právě nedostatek vody nedovolí v mnoha oblastech další rychlé rozšiřování zavlažovaných ploch.	ANO / NE
Země třetího světa budou pravděpodobně nejvíce ovlivněny klimatickými změnami, které zde mohou ohrozit pěstování plodin a produkci potravin.	ANO / NE
Zatímco počet obyvatel rozvojových zemí zůstává prakticky beze změny, v určitých rozvinutých zemích bude populace dále strmě narůstat.	ANO / NE
Afrika je jeden z nejzranitelnějších kontinentů vůči klimatickým změnám, které zde mohou nepříznivě ovlivnit dostupnost potravin a zhoršit podvýživu na kontinentě.	ANO / NE

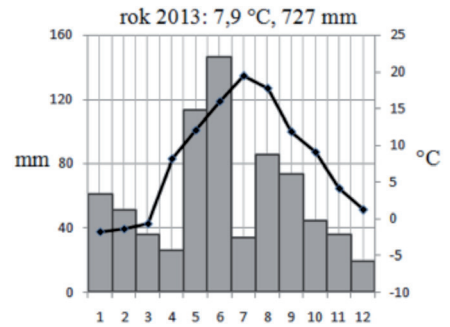
Otázka 9: Klimatické změny

Česku hrozí nedostatek vody, dešť to nespraví

Pokud bude v následujících letech teplo a sucho jako v roce 2013, hrozí podle odborníků v české krajině nedostatek vody. Pršet bude pravděpodobně méně často, ale o to vydatněji, takže je riziko, že voda v půdě nezůstane a odečte povrchově.

Z pohledu sezónního průměru se např. léto roku 2013 nevyvíjelo průměrně, protože srážkově bohatou první polovinu léta vystřídala na srážky chudá druhá polovina.

Graf 2 znázorňuje úhrn srážek (pomocí sloupců) a průměrnou teplotu vzduchu (pomocí čáry) na území České republiky v jednotlivých měsících roku 2013.



Graf 2 Úhrn srážek a průměrná teplota vzduchu v r. 2013. (Převzato a upraveno z: <http://www.chmi.cz/>)

Lze na základě grafu 2 odpovědět na následující otázky?

Jaké množství srážek spadlo v České republice v období od března do června?	ANO / NE
Mohly se na území České republiky vyskytnout mrazy v listopadu?	ANO / NE
Byl v České republice měsíc srpen měsícem s nejvyšší průměrnou teplotou?	ANO / NE
Ve kterém měsíci hrozilo ve Středočeském kraji ČR nejvyšší riziko sucha?	ANO / NE

Otázka 10: Klimatické změny

Data z r. 2018

Pokud by se naplnila očekávání modelů, které předpokládají výrazné zvýšení teplot s výrazným snížením srážek v některých měsících roku, pak by důsledky pro českou krajinu byly dramatické. Problémy by měla především zemědělská výroba.

Následující tabulka uvádí průměrné množství srážek, které spadlo v ČR v jednotlivých měsících roku 2018 (S), a srovnává je s dlouhodobým srážkovým normálem (N).

Územní srážky v roce 2018

		Měsíc											
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Česká republika	S	48	14	32	20	62	76	42	37	66	35	18	72
	N	44	38	48	42	69	79	88	80	58	43	49	50
	%	109	37	67	48	90	96	48	46	114	81	37	144

Vysvětlivky: S = úhrn srážek 2018 [mm], N = dlouhodobý srážkový normál 1981–2010 [mm], % = úhrn srážek v % normálu 1981–2010

Tab. 1 Územní srážky v roce 2018 (podklady: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>)

Na základě údajů uvedených v tabulce 1 zodpovězte následující otázky.

10.1 Ve kterém měsíci roku 2018 došlo v ČR k největšímu absolutnímu rozdílu od dlouhodobého srážkového normálu?

.....

10.2 Který měsíc roku 2018 v ČR nejvíce odpovídal dlouhodobému srážkovému normálu?

.....

Otázka 11: Klimatické změny a zemědělské výnosy 2012

Už rok 2012 byl pro Českou republiku velmi suchý. Sucha způsobila v určitých oblastech České republiky značné ztráty na výnosech zemědělských plodin. Jeden z výzkumů sledoval výnos několika zemědělských plodin ve dvou aridních lokalitách (výpar zde převládá nad srážkami) v okrese Břeclav a okrese Kladno. Zdejší výnosy pak byly porovnány s celorepublikovým průměrným výnosem pro rok 2012, kterému byla dána hodnota 100 % (tabulka 2).

(Převzato a upraveno z: <http://www.gobbet.cz/projekt-sucho-a-ekonomicke-zhodnoceni/>)

plodina	jednotka	Břeclav / ČR	Kladno / ČR
pšenice ozimá	%	42,1	108,6
pšenice jarní	%	48,9	93,4
ječmen ozimý	%	36,9	101,5
ječmen jarní	%	49,7	95,5
žito	%	52,5	73,5
oves	%	57,3	77,1
řepka	%	49,8	98,6

Tab. 2 Výnosy plodin ve sledovaných oblastech v porovnání s průměrným výnosem ČR

Na základě údajů uvedených v tabulce 2 zodpovězte následující otázky.

- 11.1 Kolika procent dosáhly ztráty na výnosech u pšenice ozimé v okrese Břeclav ve srovnání s celorepublikovým průměrným výnosem?

- 11.2 O kolik procent byl vyšší výnos u ječmene ozimého v okrese Kladno než průměrný výnos ČR?

- 11.3 Která plodina v okrese Břeclav vykazovala nejmenší ztráty na výnosech v porovnání s průměrným výnosem ČR?

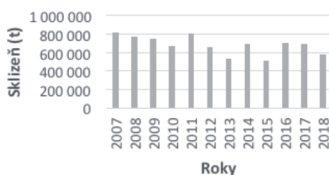
Otázka 12: Klimatické změny a zemědělské výnosy – sucho 2018

Také rok 2018 byl velmi suchý s negativním dopadem na sklizeň některých zemědělských plodin. Následující grafy informují o sklizni brambor.

Na základě informací získaných z grafů rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení.

Sklizeň brambor byla v r. 2018 nejnižší za posledních 10 let.	ANO / NE
Plocha, na které se pěstují brambory, se v r. 2018 snížila oproti r. 2010 na polovinu.	ANO / NE
Nižší průměrný výnos brambor na hektar byl v r. 2018 důsledkem snížené plochy pěstovaných brambor.	ANO / NE
Nejvyšší sklizeň brambor v posledních deseti letech byla v r. 2011, kdy byl i nejvyšší průměrný výnos na hektar.	ANO / NE

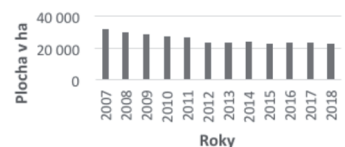
Sklizeň brambor v letech 2007–2018 (t)



Průměrné výnosy brambor (t/ha)



Plochy pěstovaných brambor



Graf 3 Sklizeň, výnosy a plocha pěstovaných brambor v r. 2018, <https://www.czso.cz/documents/10180/91232919/2701411901.pdf/893aed95-b18f-4f47-be68-51a32694411a?version=1.0>

Otázka 13: Sucho a salinita

Rostliny se mohou bránit nedostatku vody ve vlastním těle tím, že přivrou průduchy na listech, a tím sníží výdej vody transpirací (ve formě vodní páry).

Vědci připravili transgenní rostliny řepky, které se v laboratorních pokusech při omezené záливce vyznačovaly nižší transpirací než kontrolní netransgenní rostliny řepky. Při dostatečném zásobení vodou byla vodivost průduchů u transgenní řepky srovnatelná s vodivostí průduchů u netransgenní řepky.

Během polních testů v podmínkách s dostatečným množstvím vody produkovala transgenní řepka srovnatelné množství semen jako netransgenní řepka. Avšak za podmínek mírného sucha (s omezenou závlahou) v období kvetení vykazovala transgenní řepka oproti netransgenní řepce významně vyšší výnos semen.

(Převzato a upraveno z: Wang et al., 2009)

Které faktory byly ve výše zmíněném vědeckém výzkumu během laboratorních pokusů či polních testů záměrně obměňovány?

- A. množství semen řepky a množství vody poskytnuté řepce
- B. množství semen řepky a míra transpirace řepky
- C. množství semen řepky
- D. množství vody poskytnuté řepce

Otázka 14: Sucho a salinita

Transgenní rostliny pšenice, obsahující gen DREB1A z rostliny huseníčku (Arabidopsis) byly testovány ve skleníku v malých květináčích. Transgenní pšenice prokázala oproti netransgenní kontrole vyšší odolnost vůči suchu na základě zpožděného vadnutí. (Převzato a upraveno z: Ortiz et al., 2007)

Které z následujících otázek je nezbytné zodpovědět dalším výzkumem před uvolněním této transgenní pšenice pro komerční využití?

Které jiné geny mohou udělit rostlinám vyšší odolnost vůči suchu?	ANO / NE
Bude mít transgenní pšenice vyšší odolnost vůči suchu také v polních podmínkách?	ANO / NE
Kolik zemědělců pěstuje v současnosti transgenní plodiny?	ANO / NE
Vykazuje transgenní pšenice kromě vyšší odolnosti vůči suchu také nějakou nežádoucí vlastnost, jako je snížení růstu či nižší počet zrn?	ANO / NE
Poskytuje transgenní pšenice při vystavení suchu lepší výnos zrna než konvenční pšenice?	ANO / NE
Jsou rostliny huseníčku (Arabidopsis) odolné vůči suchu v polních podmínkách?	ANO / NE

Otázka 15: Sucho a salinita

Kukuřice, do jejíhož genomu byl přenesen gen pro protein CspB z půdní bakterie Bacillus subtilis, je od roku 2013 první komerčně dostupnou transgenní plodinou tolerantní k suchu. Tato kukuřice je masivně pěstována v některých oblastech USA.

CspB protein patří mezi proteiny, které se váží na RNA a udržují její správnou strukturu a funkci. Jejich množství v organismech se zvyšuje zejména působením klimatického stresu (sucho, chlad apod.).

Transgenní kukuřice produkující CspB protein byla rozsáhle testována na toleranci vůči vodnímu deficitu v pozdní vegetativní a reprodukční vývojové fázi po dobu několika let v sérii polních pokusů, které probíhaly nejen v podmínkách s kontrolovanou záhlivkou, ale i v suchých oblastech na západě USA bez dodatečné záhlivky. V těchto suchých oblastech měla transgenní kukuřice oproti netransgenní kontrole až o 15 % vyšší výnos.

(Převzato a upraveno z: Castiglioni et al., 2008; DiLeo, M., 2012)

Na základě přečteného textu rozhodněte, které tvrzení je správné.

- A. Transgenní kukuřice produkující bakteriální protein je teprve ve fázi polních pokusů v oblastech USA a do budoucna se očekává její uvedení na trh.
- B. Díky vložení bakterie *Bacillus subtilis* do buněk kukuřice získala transgenní kukuřice toleranci vůči suchu.
- C. Protein z půdní bakterie *Bacillus subtilis* udělil transgenní kukuřici vyšší toleranci k nedostatku vody.
- D. Transgenní kukuřice produkující protein CspB vykazovala vyšší toleranci vůči suchu pouze ve vegetativní vývojové fázi.

Otázka 16: Sucho a salinita

Proč byla transgenní kukuřice vykazující toleranci vůči suchu testována také v podmínkách s dostatečným množstvím vody?

.....

.....

Otázka 17: Sucho a salinita

Zemědělci, kteří by měli zájem o transgenní kukuřici tolerantní k suchu, pokládají vědcům řadu otázek. Rozhodněte, zda mohou být následující otázky zodpovězeny na základě vědeckých pokusů.

Spočívá pozitivní efekt na výnos ve zvýšeném počtu zrn nebo ve vyšší hmotnosti jednotlivých zrn?	ANO / NE
Může být transgenní kukuřice zavlažována mírně slanou vodou?	ANO / NE
Ve kterém roce bude během příštích deseti let transgenní kukuřice čelit největšímu suchu?	ANO / NE

Otázka 18: Sucho a salinita

Půdy postižené zasolením (salinitou), tedy zvýšeným obsahem rozpustných solí, znamenají pro většinu rostlin v přírodě stresové prostředí, kde se jim nedaří růst. Zasolení jde obvykle se suchem ruku v ruce a na snížení úrody se podílejí soli a sucho společně.

K zasolení půd dochází zejména v oblastech dlouhodobého zavlažování, neboť s vodou používanou k zavlažování většinou přicházejí do půdy i soli, nebo také tam, kde výpar z půdy a transpirace rostlin stačí vypařit většinu srážkové vody zpět do atmosféry, takže jen málo vody může být využito na průběžné promývání vrstev půdy.

Vysoký obsah solí v půdním roztoku zabraňuje kořenům přijímat vodu z okolního prostředí (osmotický efekt), salinita tak u rostlin vede ke stresu z vodního deficitu. Pokud nadměrné množství solí vstoupí do rostliny, mohou ionty přímo poškozovat rostlinné buňky (iontový efekt).

(Převzato a upraveno: Yadav et al., 2011; Nátr, 2011)

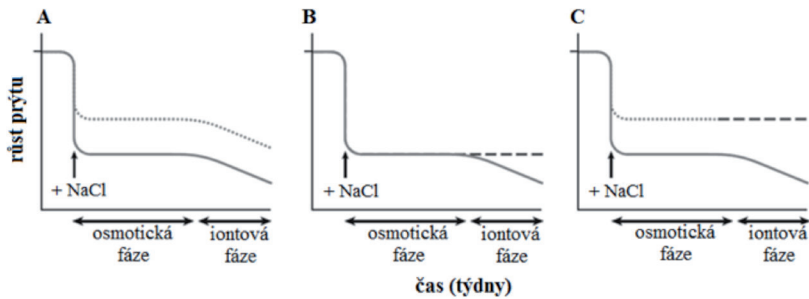
Uveďte, které jiné lidské činnosti (kromě zavlažování vodou bohatou na soli) mohou vést k zasolení půdy.

.....

Otázka 19: Sucho a salinita

Vědci v laboratoři vyzorovali, že růst rostlin odpovídá na přítomnost NaCl ve dvou fázích (viz plná čára v následujících grafech). Nejprve, bezprostředně po zvýšení koncentrace soli kolem kořenů, nastupuje osmotický efekt, který inhibuje růst především mladých listů. Iontový efekt se projevuje až po několika dnech v podobě předčasného opadávání starších listů z důvodu postupné kumulace iontů až do toxických koncentrací.

(Převzato a upraveno: Munns and Tester, 2008)



Graf 4 Zvýšení tolerance vůči NaCl (Převzato a upraveno: Munns and Tester, 2008)

Který z grafů znázorňuje přerušovanou čarou růst rostliny, u které byla zvýšena tolerance pouze vůči toxickému účinku NaCl?

ŘEŠENÍ

Otázka 1: NE; ANO; ANO; ANO

Otázka 2: B

Otázka 3: B. Pomocí metod genového inženýrství je přenesen pouze žádoucí gen (nedochází ke spojování dvou genomů jako při pohlavním rozmnožování).

Otázka 4: ANO; NE; NE; ANO

Otázka 5: NE. Tvrzení „Nechci jíst žádné geny!“ není vhodným argumentem, proč nekonzumovat právě GM plodiny. Geny jsou součástí všech organismů – rostlin, živočichů či bakterií, nalezneme je v jádře, plastidech či mitochondriích každé buňky. Proto i jakékoliv jídlo obsahuje geny. Konzumaci genů se tedy nevyhneme, pokud tedy nepřestaneme přijímat organickou potravu.

Pouze pro názornost, sníme-li misku hlávkového salátu, měli jsme k obědu stamiliony rostlinných genů. Každý člověk sní denně miliardy genů...

Otázka 6: Stresory lze rozdělit podle toho, zda jsou abiotické = „neživé“ (fyzikální či chemické povahy), nebo biotické (biologické povahy).

Abiotické – extrémní teploty (nízké i vysoké), nedostatek vody, zaplavení vodou vedoucí k nedostatku kyslíku, nízké či vysoké pH půdy, nedostatek živin v půdě, nadbytek iontů solí v půdě.

Biotické – konkurenční druhy rostlin, škůdci, patogeny.

Otázka 7: A

Otázka 8: ANO; NE; ANO; ANO; NE; ANO

Otázka 9: ANO; NE; ANO; NE

Otázka 10: 10.1 červenec, 10.2 červen

Otázka 11: 11.1 57,9%; 11.2 1,5%; 11.3 oves

Otázka 12: NE; NE; NE; ANO

Otázka 13: D

Otázka 14: NE; ANO; NE; ANO; ANO; NE

Otázka 15: C

Otázka 16: Aby se zjistilo, zda transgenní kukuřice v podmínkách s dostatečným množstvím vody nevykazuje nižší výnos či jinou nežádoucí vlastnost. (Aby se vzaly v úvahu různé podmínky, které ovlivňují růst a výnos kukuřice.)

Otázka 17: ANO; ANO; NE

Otázka 18: Solení silnic v zimě. Nadbytečná aplikace minerálních hnojiv.

Otázka 19: B

problematice. Mohly by nalézt dobré uplatnění v rámci seminářů, nebo mohou být zadány formou domácí práce. Domníváme se však, že by práce žáků s učebními úlohami neměla končit jen jejich vyřešením, ať už správným, či chybným. Učitel by měl s žáky procházet řešení jednotlivých úloh (či jim ho alespoň poskytnout), rozebírat s nimi, co jim dělalo při řešení úloh největší potíže, zda s některými poznatky nesouhlasili a podobně.

ZÁVĚR

Vytvořené učební úlohy by mohly pomoci při inovaci a aktualizaci učiva, kdy by doplňovaly výuku k tématu GM rostlin na gymnáziích. Úlohy by tak mohly například zpestřit výuku, navázat na žákův referát či být podnětem pro řízenou diskusi o dané

Problematika GM rostlin je značně kontroverzní téma, které má své zastánce i odpůrce, ať již mezi odborníky, či laickou veřejností. Dalo by se tedy předpokládat, že i názory a pohled žáků na danou problematiku budou rozdílné, a proto by se žákům měl poskytnout co největší prostor pro přemýšlení.

Poděkování – Vznik tohoto textu byl podpořen MŠMT ČR v rámci projektu NPUI LO1417.

Literatura

- ANDROVÁ, J., OPATRNÝ, Z., ČÍŽKOVÁ, V. (2016a). Transgenní plodiny I. *Biologie, chemie, zeměpis*, 25 (2): 62-68.
- ANDROVÁ, J., OPATRNÝ, Z., ČÍŽKOVÁ, V. (2016b). Transgenní plodiny II. *Biologie, chemie, zeměpis*, 25 (3): 108-113.
- ANDROVÁ, J., ČÍŽKOVÁ, V., OPATRNÝ, Z. (2016c). Učební úlohy k tématu transgenní plodiny. *Biologie, chemie, zeměpis*, 25 (4): 166-171.
- CASTIGLIONI, P., WARNER, D., BENSON, R. J., ANSTROM, D. C., HARRISON, J., STOECKER, M., ABAD, M., KUMAR, G., SALVADOR, S., D'ORDINE, R., NAVARRO, S., BACK, S., FERNANDES, M., TARGOLLI, J., DASGUPTA, S., BONIN, C., LUETHY, M. H., HEARD, J. E. (2008). Bacterial RNA chaperones confer abiotic stress tolerance in plants and improved grain yield in maize under water-limited conditions. *Plant Physiology* 147: 446–455. <https://doi.org/10.1104/pp.108.118828>
- DILEO, M. (2012). Biology Fortified. Monsanto's GM Drought Tolerant Corn, online: <http://www.biofortified.org/2012/08/monsantos-gm-drought-tolerant-corn/>, cit. 25. 1. 2014.
- IPCC (2007a). Climate Change 2007 (Fourth Assessment Report): The physical science basis. Summary for policymakers, online: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spm.html, cit. 9. 12. 2013.
- IPCC (2007b). Climate Change 2007 (Fourth Assessment Report): Impacts, adaptations and vulnerability. Summary for policymakers, online: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/spm.html, cit. 9. 12. 2013.
- MOLDAN, B. (2009). *Podmaněná planeta*. Praha: Nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-1580-6.

- MUNNS, R. AND TESTER, M. (2008). Mechanism of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- NÁTR, L. (2011). *Příroda, nebo člověk? Služby ekosystémů*. Praha: Nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-1888-3.
- NEDĚLOVÁ, J. (2014). Geneticky modifikované rostliny ve vztahu k řešení problematiky globálních klimatických změn (diplomová práce), nepublikováno. PŘF UK.
- OPATRŇÝ, Z., NEDĚLOVÁ, J., ČÍŽKOVÁ, V. (2019). Geneticky modifikované rostliny odolné k suchu a zasolení. *Biologie, chemie, zeměpis*, 28 (4):
- ORTIZ, R., IWANAGA, M., REYNOLDS, M. P., WU, H., CROUCH, J. H. (2007). Overview on crop genetic engineering for drought-prone environments. *Journal of SAT Agricultural Research* 4 (1): 1–30.
- PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J. (1998). *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0586-2.
- WANG, Y., BEAITH, M., CHALIFOUX, M., YING, J., UCHACZ, T., SARVAS, C., GRIFFITHS, R., KUZMA, M., WAN, J., HUANG, Y. (2009). Shoot-specific down-regulation of protein farnesyltransferase (α -subunit) for yield protection against drought in canola. *Molecular Plant* 2 (1): 191–200. <https://doi.org/10.1093/mp/ssn088>
- YADAV, S., IRFAN, M., AHMAD, A., HAYAT, S. (2011). Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: a review. *Journal of Environmental Biology* 32: 667–685.

Internetové zdroje použité při přípravě úloh

- <https://www.czso.cz/documents/10180/91232919/2701411901.pdf/893aed95-b18f-4f47-be68-51a32694411a?version=1.0> (12.6.2019)
- <https://gmocotton.weebly.com/> (23. 6. 2019)
- <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#> (3. 4. 2014)
- <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky> (6. 4. 2019)
- <https://gobbet.cz/projekt-sucho-a-ekonomicke-zhodnoceni/> (9. 10. 2013)
- <http://ekonom.ihned.cz/c1-47345040-ptali-jste-se-na-geneticky-modifikovane-plodiny> (12. 12. 2013)