

# Vysoké učení technické v Brně

Fakulta informačních technologií



Technická správa k projektu IMS

Okruh 5: Proces pestovania kukurice

5. Decembra 2018

Autori: Denis Dovičic, [xdovic01@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xdovic01@stud.fit.vutbr.cz)

Jozef Méry, [xmeryj00@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xmeryj00@stud.fit.vutbr.cz)

# Obsah

Úvod.....	4
Abstrakt.....	4
Autori .....	4
Zdroje informácií.....	4
Validita modelu.....	4
Rozbor témy a použitých metód/technológií .....	5
Rozbor témy.....	5
Sadenie.....	5
Zavlažovanie.....	5
Hnojenie.....	5
Zber .....	6
Použité metódy/technológie .....	6
Koncepcia modelu.....	6
Popis konceptuálneho modelu .....	7
Architektúra simulačného modelu/simulátoru .....	10
Rozbor Implementácie.....	10
Podstata simulačných experimentov a ich priebehov .....	11
Postup experimentovania.....	11
Popis jednotlivých experimentov.....	11
Experiment 1:.....	11
Experiment 2:.....	11
Experiment 3:.....	12
Experiment 4:.....	12
Experiment 5:.....	12
Experiment 6:.....	13
Experiment 7:.....	13

Experiment 8:.....	13
Záver experimentov .....	13
Záver .....	15
Referencie .....	16

# Úvod

## Abstrakt

Táto práca sa zaoberá simulačným modelom výsadby, pestovania a zberu kukurice. Pomocou daného simulačného modelu a niekoľkých experimentov bude znázornené chovanie poľnohospodárskeho procesu v rôznych situáciách. Z týchto experimentov budú vyvodené výsledky, ktoré sa využijú na overenie optimálneho zavlažovania a hnojenia kukurice vzhľadom na prírodné podmienky, a to pH pôdy, živiny a voda. Ako vstupné dáta sa využijú aj extrémne prípady, na zaistenie správnosti procesu pestovania a dosiahnutia dobrých výsledkov v dopestovaní plodiny. Pre vypracovanie modelu bolo potrebné naštudovať informácie o procese pestovania kukurice, vhodných podmienkach na výsadbu, hnojení a zavlažovaní, kvôli zabezpečeniu validnosti modelu.

## Autori

Projekt vypracoval dvojčlenný tím študentov VUT FIT Denis Dovičic a Jozef Méry.

## Zdroje informácií

Informácie sú čerpané z konzultácie s poľnohospodárom Eduard Dovičicom vo Veľkých Kostoľanoch, ktorý nám popísal celý proces pestovania kukurice, a z internetových stránok uvedených na konci práce a zo zozbieraných dát z **ukzuz.cz**.

## Validita modelu

Validita modelu bola overená porovnaním modelu s celkovým procesom pestovania plodiny z konzultácií a postupným testovaním simulačného modelu a následným porovnaním získaných dát zo simulácie so zozbieranými dátami.

Testovanie prebiehalo vytvorením podmienok pre rast kukurice, aby výsledné množstvo dopestovanej plodiny na jeden hektár odpovedalo zozbieraným dátam. Dôraz sa kládol hlavne na nevyhovujúce a vyhovujúce podmienky pestovania, čím sme dosiahli reálne hodnoty vypestovanej plodiny na jeden hektár aj pre priemerné podmienky rastu, či extrémny, ktoré sa bežne v prírode nevyskytujú.

## Rozbor témy a použitých metód/technológií

### Rozbor témy

Pre simuláciu ľubovoľného procesu je nutné poznať daný proces detailne. Zvolenou témou je poľnohospodársky proces – proces výsadby, pestovania a zberu kukurice.

#### Sadenie

Predpokladom pre úspešné pestovanie kukurice je výber správneho osiva a výber správneho obdobia pre sadenie. Kukuricu je vhodné sadiť keď teplota pôdy je v rozmedzí 8 – 12 °C, teda od polovice apríla do konca mája ([1], bod 3). Dôležitým faktorom je pH pôdy. Malo by sa držať v rozmedzí 6,0 – 7,0, vďaka čomu má plodina možnosť odčerpať z pôdy dostatočné množstvo živín ([2], odstavec 2).

#### Zavlažovanie

Dôležitú úlohu v celom procese pestovania zohráva dostatočný príjem živín. Jedným z hlavných faktorov zdravého rastu je vhodný príjem vody. Plodina potrebuje najviac vody od vzchádzania po 5. liste, 10 dní pred kvitnutím a po ožrnutí ([2], odstavec 2).

#### Hnojenie

Kukurica je plodina, ktorá potrebuje pre správny rast určité množstvo zinku. Pri aplikácii hnojív so zinkom, je nutné sa zaoberať pH pôdy. Pri kyslejších pôdach, teda pH 0,0 - 5,0 sa hnojivo aplikuje do pôvy, pri zásaditejších 8,0 – 14,0 sa aplikuje

postrekom na listy. Pri optimálnom pH pôdy, teda pH 6,0 – 7,0 sa hnoji postrekom bez zinku ([2], odstavec 5).

### Zber

Pri dodržaní optimálnych podmienok je reálne vyprodukovateľných 15 ton kukurice na jeden hektár. Pri priemerných podmienkach 10 - 12 ton na jeden hektár([5], odstavec 3).

### Použité metódy/technológie

Kedže knižnica simlib je ideálna na simuláciu nášho modelu, použiteľné programovacie jazyky sú C alebo C++. Uprednostnili sme C++ z toho dôvodu, že je modernejší, ponúka lepšie abstrakcie kódu a štandardná knižnica obsahuje obrovské množstvo užitočných prvkov, ktoré značne prispievajú ku kvalite výsledného kódu a sú veľmi priaznivé na dobu vývoja.

K implementácií sme využili:

- C++ - <http://www.cplusplus.com>
- knižnica SIMLIB - <https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
- GCC - <https://gcc.gnu.org/> (konkrétne driver g++)
- Ubuntu 18.04 - <http://releases.ubuntu.com/18.04/>

## Koncepcia modelu

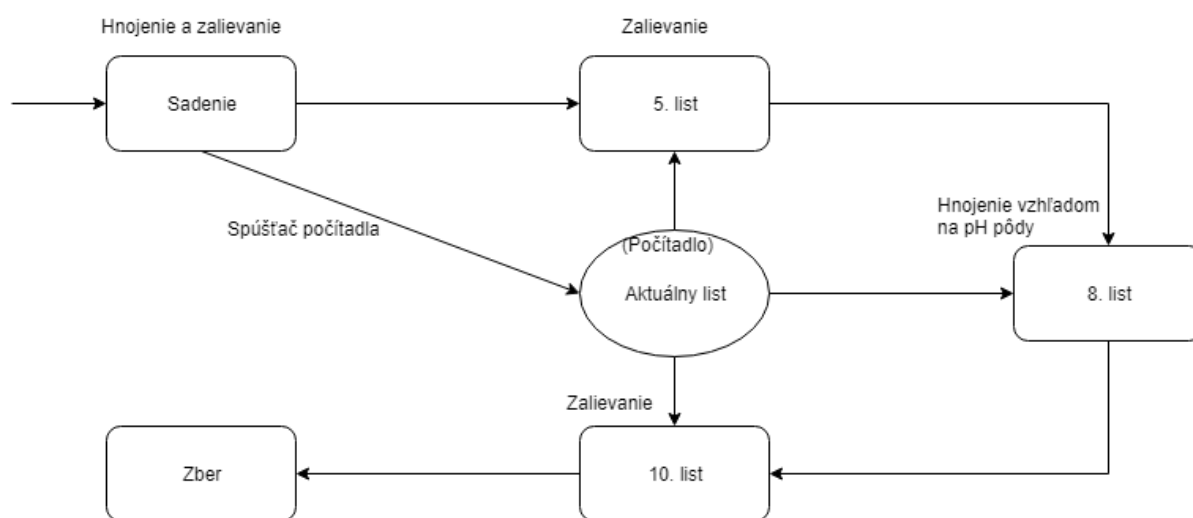
Cieľom tejto práce je simulácia vplyvu hnojenia a zalievania kukurice v jednotlivých fázach rastu na zistenie výslednej hmotnosti dopestovanej plodiny na jeden hektár.

V simulácií bolo zanedbané aktuálne obdobie v roku, pretože nie je podstatné pre zaistenie výsledkov ohľadne pravidelnosti hnojenia alebo zalievania. Ďalej boli zanedbané prírodné podmienky ako počasie alebo škodci, či umiestnenie poľa na suchom priestranstve alebo pri rieke. PH pôdy bolo stanovené na optimálnu mieru 6,0

- 7,0 . Nepodstaným údajom pre simuláciu je aj doba trvania jednotlivých úkonov, ako hnojenie alebo polievanie, pretože to nemá vplyv na zámer simulácie.

Množstvo vypestovanej kukurice je stanovené na hmotnosť zrna na jeden hektár. Proces pestovania je rozdelený do niekoľkých období rastu, ktoré sú pre plodinu najkritickejšie na živiny. Sú to obdobia sadenie, 5. list, 8. list, 10. list a zber. Jeden list je doba rovná približne 4 - 9 dňom. Hnojenie a zalievanie v týchto obdobiach má najväčší vplyv na množstvo dopestovanej plodiny.

### Popis konceptuálneho modelu

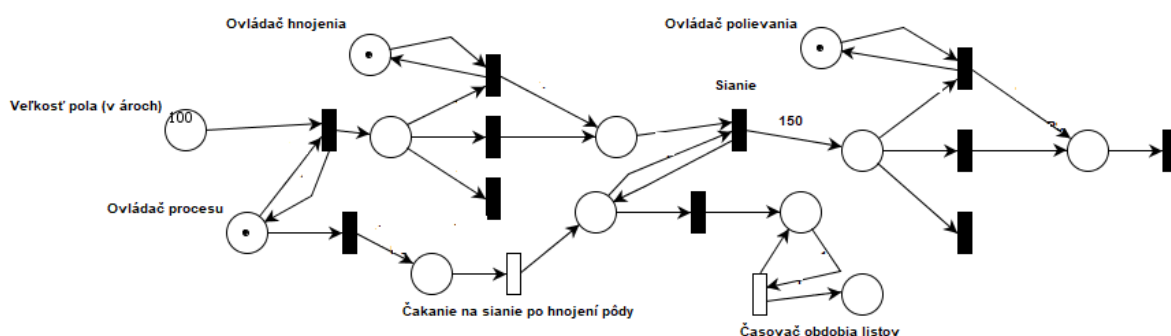


Obrázok (1): Abstraktný model

Na popis modelu je využitá petriho sieť [4]. Abstrakcia petriho siete na Obrázku (1) zobrazuje celkový postup postovanie plodiny. Celý proces začíná hnojením pôdy organickým hnojivom a následným zasadením plodiny (Obrázok (2)). Potom proces čaká na obdobie piateho listu (Obrázko (3)), kedy začne plodina vzchádzať. Toto obdobie je kritickým obdobím na vodu, kedy plodina potrebuje dostatok tekutiny na rast. Nasleduje obdobie 8. listu (Obrázko (4)), ktoré je zhruba 8-12 dní pred kvitnutím, kedy plodina potrebuje dostatok živín pre bohatú tvorbu plodov. Hnojenie závisí od pH pôdy, ak pH pôdy nie je optimálne, do organického hnojiva sa pridá zinok. V období 10. listu (Obrázku (3)) je pre plodinu opäť potrebné

zalievanie, pretože proces je v období ozrnenia. Po zhruba 15 dňoch začína začína zber, kedy sa vyhodnotia výsledky pestovania.

Vykonanie vyššie spomenutých úkonov v kritických obdobiach má vplyv na výsledné množstvo vypestovanej plodiny. Vynechaním, sa predpoklad pre množstvo dopestovanej plodiny na jeden hektár zníži, a vykonaním určitého úkonu sa tento predpoklad zvyšuje.

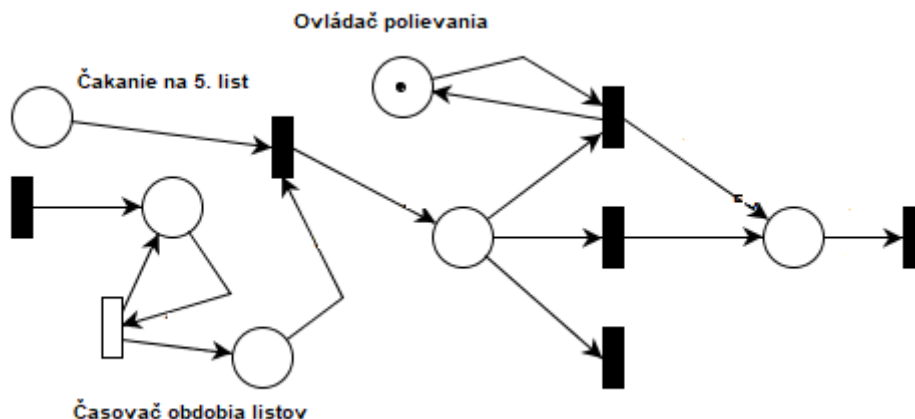


Obrázok (2): Zjednodušený model siania

(Model slúži len na ilustráciu úkonu, obsahuje chyby)

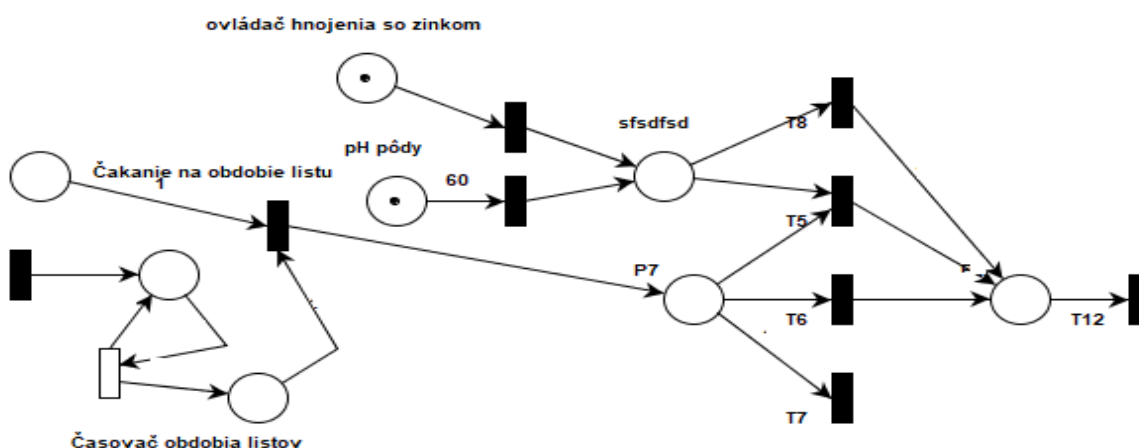
Veľkosť pola je určená na 100 árov, kde signalizácia ovládača procesu spúšťa hnojenie. Po uplynutí doby 10 dní po hnojení, sa zasadí plodina. Po výsadbe jedného áru sa vytvorí predpoklad na dopestovanie 150kg plodiny na jeden ár, pošle sa signál časovaču obdobia listov a vysadená plocha sa zaleje. V prípade že sa nevykoná nejaký z vyššie spomenutých úkonov (hnojenie, polievanie), predpoklad na dopestované množstvo plodiny sa zníži.





Obrázok (3): Zjednodušený model polievania  
(Model slúži len na ilustráciu úkonu, obsahuje chyby)

Časovač spúšťa signál obdobia listu (v prípade polievania 5. alebo 10.) a následne sa zaleje vysadená plocha. V prípade že sa polievanie nevykoná predpoklad na dopestované množstvo sa zníži.



Obrázok (4): Zjednodušený model hnojenia so zinkom  
(Model slúži len na ilustráciu úkonu, obsahuje chyby)

Časovač spúšťa signál 8. obdobia listu, v prípade že je pH pôdy optimálne a pohnojí sa vysadená plocha, predpoklad na dopestované množstvo kukurice sa zvýši. V prípade, že pH pôdy je optimálne a nepohnojí sa vysadená plocha, predpoklad na dopestované množstvo kukurice sa nemení. V prípade že pH sa vychýlilo z normy

a vysadená plocha sa nepohne, predpoklad na dopestované množstvo kukurice sa znižuje.

## Architektúra simulačného modelu/simulátoru

Model je implementovaný v jazyku C++ s využitím prvkov štandardnej knižnice (C++17). Jediná externá závislosť programu je knižnica simlib 3.07. Simuláciu je možné parametrizovať cez príkazový riadok, vďaka čomu je možné pozorovať výstupné hodnoty vzhľadom na simulované činnosti. Pre podrobný popis a zoznam parametrov je nutné program spustiť s parametrom "-h" alebo "--help". Kompilácia a spustenie programu sú popísané v súbore README v anglickom jazyku.

### Rozbor Implementácie

Hlavným prvkom, ktorý vykonáva simuláciu, je objekt Field, ktorého základom je Process z knižnice simlib. Po úspešnom spracovaní parametrov z príkazového riadku sa tieto informácie odovzdajú objektu Field, na základe ktorých rozhoduje o vykonávaní jednotlivých činností. Celá simulácia prebehne jediným volaním metódy Behavior objektu Field, ktorá sekvenčne volá pomocné metódy, čím postupne transformuje veľkosť poľa na výslednú úrodu. Výpočet výslednej úrody vychádza z takmer ideálneho predpokladu kvôli čomu vykonanie nejakej činnosti nemení výsledok. Výsledok sa znižuje vynechaním činností. Výnimkou je prípad, keď sa použije hnojenie zinkom na pôdu, ktorá má priaznivé pH. V tomto prípade dochádza k rastu výslednej úrody.

Okrem výslednej úrody sa simuluje aj doba potrebná na vyrastenie. Táto doba je ovplyvňovaná polievaním v kritických obdobiach. Primárnou jednotkou času sú dni, pričom sa môže objaviť hodnota dňa s desatinným miestom napr. 6,5. Na tejto jednotke je založená "doba jedného listu", ktorá sa generuje náhodne z istého intervalu za použitia funkcie Random z knižnice simlib. Na simuláciu čakania je použitá zdedená metóda Wait. Výsledkom je výpis potrebného času a výslednej úrody na

stdout príkazového riadku. Použitím parametru "-v" alebo "--verbose" sa vypisujú extra informácie o priebehu simulácie.

## Podstata simulačných experimentov a ich priebehov

Cieľom simulačných experimentov je snaha preveriť podstatu jednotlivých úkonov (hnojenie, polievanie) na množstvo dopestovanej plodiny a doby trvania rastu. Hodnoty sú uvedené po vykonaní/nevykonaní úkonu v kilogramoch na 100 árov (100 árov = 1 hektár).

### Postup experimentovania

Ako prvé sa zozbierali referenčné údaje zo simulácie dodržania všetkých úkonov, podľa údojov z priebehu pestovania z konzultácie s poľnohospodárom Eduardom Dovičicom. Následne boli vykonané experimenty, pri ktorých sa určité úkony zanedbávali, čo viedlo k rozličným množstvám dopastovanej plodiny.

### Popis jednotlivých experimentov

#### Experiment 1:

Vykonanie všetkých činností, pri pH pôdy vychýlenej z normy (pH = 4,0).

	Hnojenie	Zalievanie	Zalievanie (5. list)	Hnojenie so zinkom (8. list)	Zalievanie (10. list)	Zber
	✓	✓	✓	✓	✓	
Predpoklad	14942	14942	14942	14942	14942	14942
Deň	0	10	47	65	79	88

#### Experiment 2:

Vykonanie všetkých činností, pri pH pôdy v norme (pH = 6,5).

	Hnojenie	Zalievania	Zalievania (5. list)	Hnojenie so zinkom (8. list)	Zalievania (10. list)	Zber
	✓	✓	✓	✓	✓	
Predpoklad	14069	14069	14069	16798	16798	16798
Deň	0	10	42	60	72	84

#### Experiment 3:

Vynechanie zalievania v kritických obdobiach, pri pH pôdy vychýlenej z normy (pH = 4,0).

	Hnojenie	Zalievania	Zalievania (5. list)	Hnojenie so zinkom (8. list)	Zalievania (10. list)	Zber
	✓	X	X	✓	X	
Predpoklad	14066	9811	7793	7793	6232	6232
Deň	0	10	47	72	90	113

#### Experiment 4:

Vynechanie zalievania v kritických obdobiach, pri pH pôdy v norme (pH = 6,0).

	Hnojenie	Zalievania	Zalievania (5. list)	Hnojenie so zinkom (8. list)	Zalievania (10. list)	Zber
	✓	X	X	✓	X	
Predpoklad	14736	10388	8291	9957	8015	8015
Deň	0	10	47	73	91	112

#### Experiment 5:

Vynechanie hnojenia v kritických obdobiach, pri pH pôdy vychýlenej z normy (pH = 4,5).

	Hnojenie	Zalievania	Zalievania (5. list)	Hnojenie so zinkom (8. list)	Zalievania (10. list)	Zber
	X	✓	✓	X	✓	
Predpoklad	7741	7741	7741	4636	4636	4636
Deň	0	10	40	58	70	78

### Experiment 6:

Vynechanie hnojenia v kritických obdobiach, pri pH pôdy v norme (pH = 6,3).

	Hnojenie	Zalievanie	Zalievanie (5. list)	Hnojenie so zinkom (8. list)	Zalievanie (10. list)	Zber
	X	✓	✓	X	✓	
Predpoklad	7616	7616	7616	7616	7616	7616
Deň	0	10	43	60	70	82

### Experiment 7:

Vynechanie všetkých úkonov, pri pH pôdy vychýlenej z normy (pH = 8,9).

	Hnojenie	Zalievanie	Zalievanie (5. list)	Hnojenie so zinkom (8. list)	Zalievanie (10. list)	Zber
	X	X	X	X	X	
Predpoklad	8296	5790	4595	2711	2196	2196
Deň	0	10	51	77	97	122

### Experiment 8:

Vynechanie všetkých úkonov, pri pH pôdy v norme (pH = 6,7).

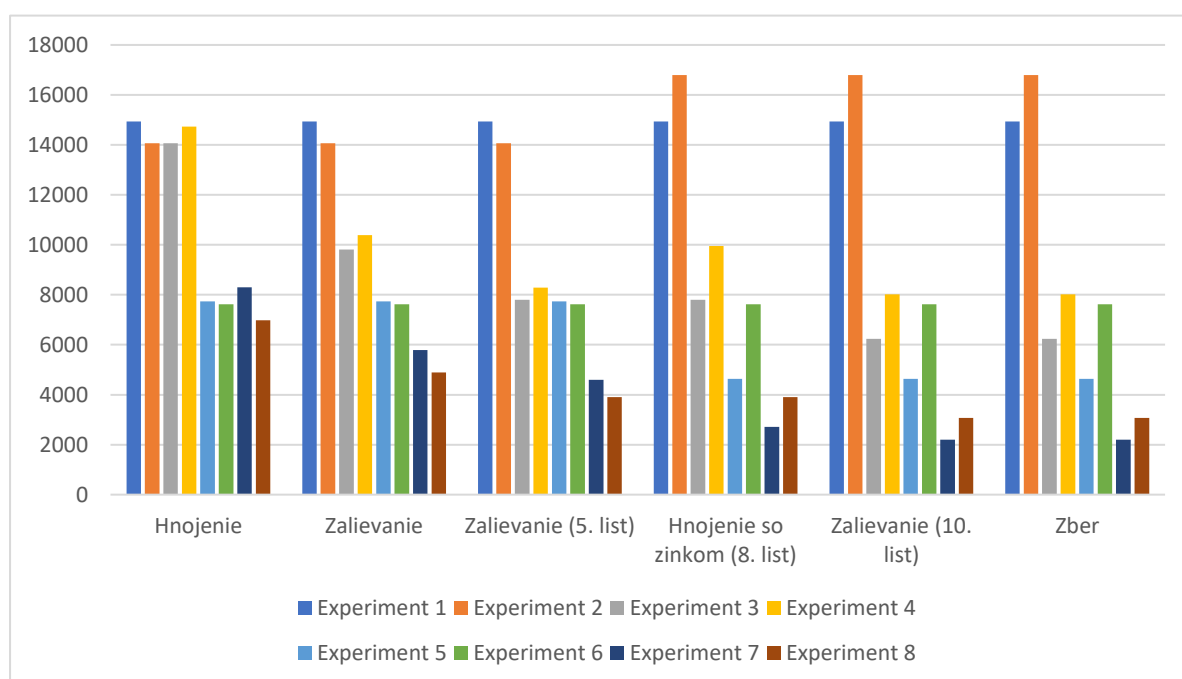
	Hnojenie	Zalievanie	Zalievanie (5. list)	Hnojenie so zinkom (8. list)	Zalievanie (10. list)	Zber
	X	X	X	X	X	
Predpoklad	6985	4887	3910	3910	3074	3074
Deň	0	10	53	81	100	119

## Závery experimentov

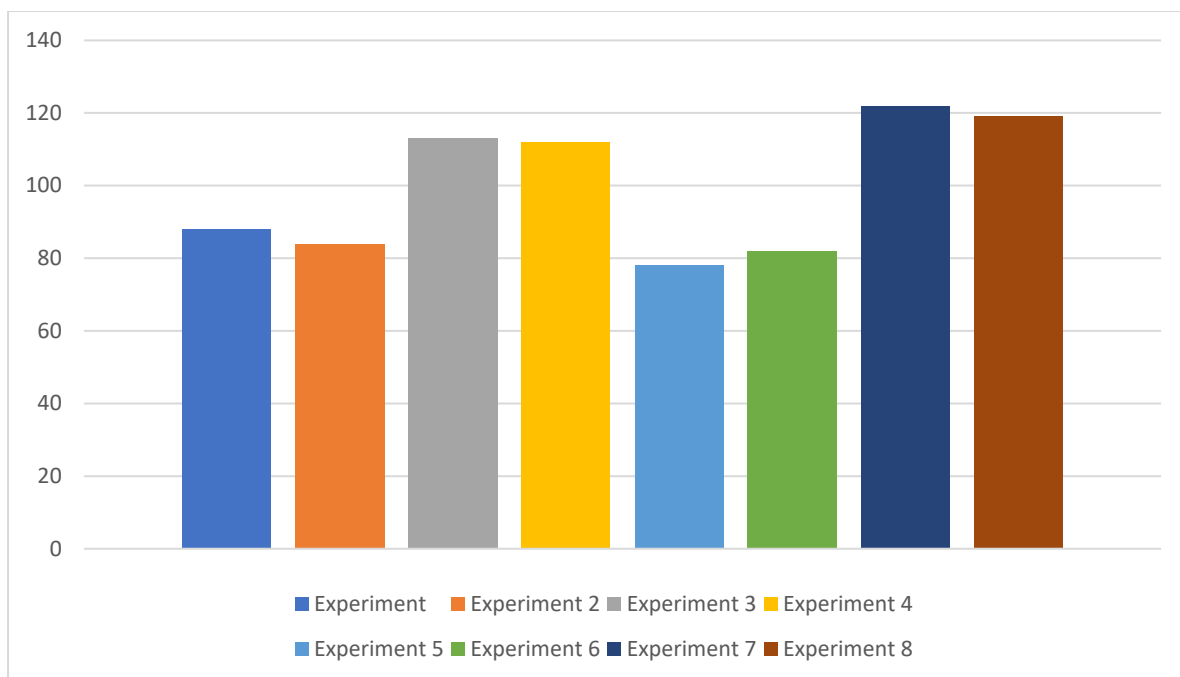
Bolo vykonaných 8 experimentov, z ktorých sa zozbierali údaje o dopestovanom množstve a dobe pestovania plodiny. Z experimentov **1** a **2** je vidieť, že pri dodržaní všetkých úkonov v kritických obdobiach a pri pH pôdy v norme, je možno za kratší čas dopestovať väčšie množstvo plodiny. Na druhú stranu, pri vynechaní hnojenia sa dopestované množstvo rapídne znižuje, pretože rastlina nemá dostatok živín pre

tvorbu plodov (experiment 3 a 4). V prípade vynechania zavlažovania v kritických obdobiach, nie len že klesá dopestované množstvo plodiny, ale aj sa predlžuje čas pestovania ako je vidieť na experimentoch 5 a 6. V experimentoch 7 a 8, boli vynechané všetky úkony. Následkom bola veľmi nízka produkcia plodov, a najdlhšia doba pestovania. Okrem úkonov v kritických obdobiach má vplyv na množstvo dopestovanej plodiny aj pH. V jednotlivých experimentoch bol vždy daný prípad vykonaný s pH v norme a pH vychýleného z normi. V prípade že pH bolo v norme, množstvo vypestovanej plodiny vzrástlo.

Na nasledujúcich grafoch Graf (1) a Graf (2) sú štatisticky znázornené výsledky:



Graf (1): Štatistika dopestovaného množstva plodiny v kg/ha



Graf (2): Štatistika doby pestovania

## Záver

V tejto práci bol skúmaný proces pestovania kukurice a vplyv pH pôdy, zavlažovania a hnojenia na jednotlivé kritické obdobia rastu kukurice. Celý proces bol konzultovaný s poľnohospodárom z Veľkých Kostolian. Po naštudovaní podrobnejších informácií sa vytvoril simulačný model, ktorého výstupy boli porovnávané s dátami zozbieranými z konzultácie a niektorých online zdrojov. Po vykonaní niekoľkých experimentov, je z výsledkov vidieť že v kritických obdobia je plodina výrazne ovplyvnená vynechaním jedného z úkonov, či nevhodným pH pôdy. Zalievanie hlavne pôsobí na rýchlosť rastu, hnojenie poskytuje rastline dostatok živín pre bohatú tvorbu plodov a pH ovplyvňuje schopnosť rastliny vstrebávať živiny z pôdy. Takže pre dosiahnutie dobrých výsledkov vypestovaného množstva je nutné sa zaoberať pH pôdy a v prípade vychýleného z normy, viac hnojiť a zabezpečiť rastline dostatok vody pre jej zdravý rast a bohatú tvorbu plodov.

## Referencie

[1] Jak pěstovat kukuřici. <https://www.jaktak.cz/jak-pestovat-kukurici.html>

[2] Efektívne pestovanie kukurice. <https://rno.sk/efektivne-pestovanie-kukurice/>

[3] Principy hnojení kukuřice. <https://uroda.cz/principy-hnojeni-kukurice/>

[4] Petriho síť. [https://cs.wikipedia.org/wiki/Petriho\\_s%C3%AD%C5%A5](https://cs.wikipedia.org/wiki/Petriho_s%C3%AD%C5%A5)

[5] Kukuřice – plodina třetího tisíciletí.

<https://uroda.cz/kukurice-plodina-tretiho-tisicileti/>