

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Vliv výsevku a hybridu na výnos a kvalitu silážní kukuřice**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Karolína Kupcová**

**Obor studia: Rostlinná produkce**

**Vedoucí práce: Ing. Pavel Fuksa, Ph.D.**

**© 2020 ČZU v Praze**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Vliv výsevku a hybridu na výnos a kvalitu silážní kukuřice" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Pavlu Fuksovi, Ph.D. za odborné a vstřícné vedení práce, trpělivost, a za přínosné rady a informace. Dále bych ráda poděkovala Ing. Ludce Kernerové za čas, pomoc při práci a její cenné názory.

# Vliv výsevku a hybridu na výnos a kvalitu silážní kukuřice

## Souhrn

Cílem teoretické části diplomové práce je zhodnocení vlivu výsevku a hybridu na výnos a kvalitu silážní kukuřice.

V současné době je na výběr velké množství hybridů kukuřice, proto je velmi důležité zvolit takový hybrid, který svými vlastnostmi nejlépe vyhovuje našim požadavkům. Je nutné zvážit všechny hospodářské vlastnosti s důrazem na výnos silážní hmoty a délku vegetační doby, která podmiňuje jeho jistotu.

Dalším nepostradatelným pěstitelským opatření je stanovení správného výsevku. Je velmi důležité stanovit optimální hranici, jelikož zbytečně podhodnocený nebo nadhodnocený výsevek se negativně projeví ve výsledném výnosu i kvalitě produkce.

V praktické části diplomové práci jsou uvedeny výsledky experimentu, který byl založen na pokusném stanovišti v Sobotce (okres Jičín) v roce 2017 a 2018. Pokus byl proveden za účelem zhodnocení vlivu rozdílných výsevků a hybridů na výnos a kvalitu produkce. Pro pokus byly použity dva hybridy RGT Volumixx a RGT Direxxion, který byly vysety ve dvou různých výsevcích 92 000 rostlin/ha a 111 000 rostlin/ha. Každá ze 4 variant byla založena ve 4 opakováních. Mezi hodnocenými parametry byla výška rostlin během vegetace, LAI, výnos čerstvé a suché hmoty. Z kvalitativních parametrů byl hodnocen obsah sušiny, obsah dusíkatých látek, vláknina, NDF, škrob, stravitelnost organické hmoty a stravitelnost NDF. Dále byly vypočteny základní ekonomické ukazatele pěstování silážní kukuřice. Z výsledků vyplývá prokazatelný vliv hybridů na výšku rostlin, kdy hybrid RGT Direxxion byl vyšší než hybrid RGT Volumixx. Vyšší rostliny byly naměřeny při vyšší hustotě 111 000 rostlin/ha. Vliv hybridů a výsevků se na hodnotách LAI neprojevil. Rozdíl nebyl ani ve výnosu čerstvé a suché hmoty. Obsah sušiny nebyl ovlivněn hybridy ani výší výsevků. Na obsah dusíkatých látek měly vliv rozdílné výsevky, kdy vyšší obsah byl prokázán u nižší hustoty 92 000 rostlin/ha. Vyšší obsah vlákniny byl zjištěn u hybridu RGT Volumixx, rozdílné výsevky neměly na tento parametr zásadní vliv. Na obsah NDF se projevil vliv hybridu, vyšší obsah byl stanoven u hybridu RGT Volumixx. Hybrid RGT Direxxion obsahoval více škrobu než hybrid RGT Volumixx. Byl prokázán i vliv výsevků na obsah škrobu, vyšší hodnoty byly získány ve prospěch hustoty 111 000 rostlin/ha. Na stravitelnosti organické hmoty se prokázal vliv výsevků. Vyšší stravitelnost byla ve prospěch navýšené hustoty 111 000 rostlin/ha. Na stravitelnost NDF neměly vliv hybridy ani rozdílné výsevky. Z ekonomické analýzy vyplývá, že přijatelnější bylo založení porostu s nižším výsevkiem 92 000 rostlin/ha s ohledem na výnos čerstvé i suché hmoty silážní kukuřice.

**Klíčová slova:** hustota porostu; hybridy; LAI; kvalita biomasy; ekonomická analýza

# Effect of seeding rate and hybrid on the yield and quality of silage maize

## Summary

The aim of the diploma thesis is to evaluate the effect of seeding rate and hybrid on the yield and quality of silage maize.

There are plenty of hybrids of the silage maize on the market nowadays; therefore, it is crucial to choose that one that fulfils our requirements as good as possible.

We have to take into account all of the economic attributes and emphasize the yield and the length of growing season, which determines yield's certainty.

Determination of the optimal seeding rate is another important agro-technological issue, because overestimated and also underestimated rate leads to worse yields and quality of the production.

The experimental part of the thesis presents the results of the experiment from the experimental site in Sobotka (Jičín county) in 2017 and 2018.

The experiment evaluates the effect of different seeding rates and different hybrids on the yield and quality of silage maize. Two maize hybrids RGT Volumixx and RGT Direxxion were chosen for the experiment. Each of the them was cultivated in two different seeding rates, which were 92 000 seeds/ha and 111 000 seeds/ha. Each of the four variants was seeded in four repetitions. The evaluated criterions of the maize were plant heights during the vegetation, LAI, green mass yield and dry mass yield. The evaluated quality indicators were content of dry matter, content of proteins, content of fibre, NDF, starch, digestibility of organic matter and digestibility of NDF. Basic economic indicators were calculated as well.

There is a clear effect of hybrids on heights of plants (RGT Direxxion was higher than RGT Volumixx). Taller plants were observed while planted in the higher seeding rate (111 000 plants/ha). The effect of the hybrids on LAI was not observed as well as the difference between hybrids of the yield of dry and green matter. Also, the content of dry matter was not affected by hybrid neither the seeding rate. According to the observation the differences in proteins were caused by the different seed rates, where the rate 92 000 plants/ha reaches lower contents of protein. From the point of fibre content, RTG Volumixxx provided the higher content without any effects of different seed rates. The differences between hybrids were observed in the contend of NDF, where RTG Volumixxx provided better results, on the other hand RTG Direxxion contents more starch. The content of starch was also affected by the seed rate, where the higher contents were observed when the seed rate was higher (111 000 plants/ha). The digestibility of organic matter was affected by the seeding rate (111 000 plants/ha provides higher digestibility). However, the digestibility of NDF was not affected by hybrids neither the seeding rates.

The economic analysis showed that the seeding rate 92 000 plants/ha was economically more effective considering the yield of green and dry matter.

**Key words:** plant density, hybrids, LAI, quality of the bio-mass, economic analysis

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a hypotézy</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Hustota porostu</b> .....	<b>3</b>
3.1.1	Vliv hustoty na výnos silážní kukuřice .....	3
3.1.2	Vliv hustoty na kvalitativní parametry.....	4
3.1.3	LAI.....	4
3.1.3.1	Vliv LAI na výnos silážní kukuřice.....	5
<b>3.2</b>	<b>Silážní hybridy</b> .....	<b>5</b>
3.2.1	Kritéria volby hybridu .....	5
3.2.1.1	Ranost a číslo FAO .....	5
3.2.1.2	Suma efektivních teplot.....	6
3.2.2	Hybridy silážní kukuřice .....	6
3.2.3	Vliv hybridů na výnos silážní hmoty .....	6
3.2.4	Vliv hybridů na kvalitativní parametry .....	7
<b>3.3</b>	<b>Kvalita kukuřice</b> .....	<b>8</b>
3.3.1	Konzervace kukuřice.....	8
3.3.2	Kvalitativní parametry silážní kukuřice .....	9
3.3.2.1	Stravitelnost kukuřičné siláže a obsah sušiny .....	9
3.3.2.2	Obsah a stravitelnost škrobu.....	9
3.3.2.3	Obsah a stravitelnost vlákniny.....	9
3.3.3	Hodnocení kvalitativních parametrů kukuřičné siláže.....	10
3.3.4	Sklizňové stádium .....	11
<b>3.4</b>	<b>Biotické a abiotické faktory ovlivňující výnos a kvalitu produkce</b> .....	<b>12</b>
<b>3.5</b>	<b>Ekonomika pěstování silážní kukuřice</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Materiál a metodika</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika pokusného stanoviště rok 2017</b> .....	<b>14</b>
4.1.1	Založení pokusu 2017 .....	14
4.1.2	Agrotechnická opatření .....	15
<b>4.2</b>	<b>Charakteristika pokusného stanoviště 2018</b> .....	<b>15</b>
4.2.1	Založení pokusu 2018 .....	16
4.2.2	Agrotechnická opatření .....	16
<b>4.3</b>	<b>Charakteristika hybridů použitých v roce 2017 a 2018</b> .....	<b>17</b>
<b>4.4</b>	<b>Hodnocené parametry</b> .....	<b>17</b>
<b>4.5</b>	<b>Statistické vyhodnocení dat</b> .....	<b>18</b>
<b>4.6</b>	<b>Ekonomické vyhodnocení</b> .....	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>19</b>
5.1	Výška rostlin.....	19
5.2	LAI .....	22

<b>5.3</b>	<b>Výnos čerstvé hmoty .....</b>	<b>23</b>
<b>5.4</b>	<b>Výnos suché hmoty .....</b>	<b>24</b>
<b>5.5</b>	<b>Podíly rostlin .....</b>	<b>25</b>
5.5.1	Hmotnost jedné rostliny.....	25
5.5.2	Hmotnost jednotlivých částí rostlin.....	26
5.5.3	Procentuální podíl jednotlivých částí rostlin .....	27
5.5.4	Sušina jednotlivých částí rostlin .....	28
<b>5.6</b>	<b>Obsah sušiny .....</b>	<b>29</b>
<b>5.7</b>	<b>Obsah dusíkatých látek.....</b>	<b>30</b>
<b>5.8</b>	<b>Obsah vlákniny .....</b>	<b>30</b>
<b>5.9</b>	<b>Obsah neutrálně detergentní vlákniny.....</b>	<b>31</b>
<b>5.10</b>	<b>Obsah škrobu .....</b>	<b>32</b>
<b>5.11</b>	<b>Stravitelnost organické hmoty .....</b>	<b>33</b>
<b>5.12</b>	<b>Stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny.....</b>	<b>34</b>
<b>5.13</b>	<b>Hodnocení ekonomických ukazatelů.....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>Seznam grafů a tabulek .....</b>	<b>47</b>

# 1 Úvod

Pokud není správně založen porost kukuřice je negativně ovlivněn výnos a kvalita výsledné biomasy. Stanovení optimálního výsevku není snadná záležitost, neboť se musí zohlednit ranost zvoleného hybridu pro konkrétní lokalitu. Dále je nutné zohlednit půdní podmínky intenzitu hnojení. Zda byl výsevek zvolen v optimální výši, bude dále záviset na průběhu ročníku, především na dostupnosti vody a průběhu teplot. Pokud je příliš vysoký počet rostlin, sníží se obvykle kvalita produkce, a naopak nižší počet rostlin sníží výsledný výnos silážní kukuřice.

Správná volba hybridu může ovlivnit výnos až ze 30 %. Pro dosažení maximálního využití potenciálu rostlin, je nutné pro dané podmínky zvolit správný hybrid s požadovanými vlastnostmi. Důležitým kritériem pro výběr hybridu je jeho ranost, která je charakterizována hodnotou FAO. Pro výběr vhodně raného hybridu na konkrétní lokalitu je nutné zohlednit délku vegetačního období. Pro tyto účely je vhodné využít ukazatel sumy efektivních teplot.

Pro silážní účely volíme hybridy s vysokým výnosem silážní hmoty, vysokým podílem palic, maximálním výnosem energie z jednotky plochy a maximální koncentrací energie v 1 kg sušiny a vysokou stravitelností vlákniny nebo NDF.

Kvalita hybridů kukuřice se stále zlepšuje, a to především jejich produkční účinnost, která se odvíjí od zvyšující se stravitelnosti organické hmoty. Zvyšuje se jak vlastní stravitelnost stébla, tak i zvýšený podíl škrobu vyprodukovaného z hektaru. Tuto skutečnost však mohou velmi ovlivnit klimatické podmínky, které jsou každým rokem rozdílné.



## **2 Cíl práce a hypotézy**

Cílem diplomové práce je vyhodnocení vlivu odlišných výsevků a různých hybridů na výnosové a kvalitativní parametry silážní kukuřice. Součástí práce je i základní ekonomická analýza.

### **Hypotéza:**

Odlišné výsevky v interakci s použitým hybridem mají vliv na výnos, kvalitativní parametry a ekonomické ukazatele pěstování silážní kukuřice.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Hustota porostu

V současnosti se kukuřice v našich podmínkách pěstuje jako tzv. širokořádková plodina s meziřádkovou vzdáleností 0,70 nebo 0,75 m, což při výsevku 80 000–90 000 jedinců na hektar odpovídá vzdálenosti rostlin v řádku 0,14–0,17 m (Smutný et al. 2017). Jak zmiňuje Vrzal et al. (1995) tato šířka řádků je kompromisem mezi potřebami rostlin a použitou mechanizací. Pokud výsevek dále navyšujeme, rostliny se dostávají k sobě blíže než 0,14 m, což je považováno za hranici, kdy se začíná negativně projevovat konkurence rostlin v řádku. Pokud není správně založen porost, je negativně ovlivněn výnos biomasy. Pokud je příliš vysoký počet rostlin, sníží se kvalita, a naopak nižší počet rostlin sníží výsledný výnos (Havlíčková et al. 2008).

Fuksa et al. (2006) zmiňují, že výsevek kukuřice záleží na ranosti použitého hybridu, půdních podmínkách a na intenzitě hnojení. V praxi pak platí, že při horších podmínkách stanoviště se volí nižší hustota porostu. Naopak při vhodných podmínkách můžeme hustotu porostu navýšit i o 20 %. Obecně lze odezvu výnosu na narůstající počet rostlin popsat parabolickou funkcí. Při velmi nízkém výchozím počtu rostlin na jednotce plochy si rostliny vzájemně nekonkurují a jejich hmotnost je maximální, ale celkový výnos sušiny je nízký. Navyšování počtu rostlin vede k nárůstu výnosu biomasy, ale z důvodu vyšší konkurence o sluneční záření, vodu a živiny začíná klesat hmotnost jednotlivých rostlin. Po dosažení vrcholu výnosové křivky následuje při dalším zvyšování hustoty rostlin pokles výnosu, a to z důvodu rapidního snížení hmotnosti jednotlivých rostlin (Fuksa et al. 2018). Jak uvádí Sangoi (2001) populace rostlin pro dosažení maximálního výnosu rostlin se pohybuje mezi 30 000–90 000 rostlin na hektar v závislosti na dostupnosti vody, úrodnosti půdy, termínu setí apod.

Jak zmiňuje Fuksa et al. (2017) změnou výsevku lze ovlivnit prostorové uspořádání porostu pro optimální využití slunečního záření. Gullickson (2015) uvádí, že při technologii užších řádků lze do určité míry zvýšit výsevek, aniž by vznikl stres rostlin v důsledku vyšší hustoty porostu, s potenciálem vyššího výnosu biomasy. Takového rozmístění rostlin lze docílit s využitím alternativních technologií, jako je pěstování kukuřice v úzkých řádcích (37,5 cm) či ve dvouřádcích tzv. „twin-row“ systém, kdy meziřádková vzdálenost je obvykle 20 cm a vzdálenost mezi středy dvouřádků je 50 cm (Smutný et al. 2017). Podle Bullocka et al. (1998) v užších řádcích rostliny lépe využívají dostupnost slunečního záření. Podle Sharratta et McWilliamse (2005) musí rostliny zachytit alespoň 95 % fotosynteticky aktivního záření ve fázi tvorby zrna, aby mohlo dojít k maximalizaci výnosu. Škoda et al. (1998) zase uvádějí, že vyšší hustota rostlin omezuje neproduktivní výpar z půdy

#### 3.1.1 Vliv hustoty na výnos silážní kukuřice

Jak uvádí Dahmardeh (2011) vyšší hustota rostlin vede k vyššímu výnosu zrna na základě vzrůstajícího fotosynteticky aktivního záření, ale při hustotě nad 140 000 rostlin na hektar se výrazně snižuje ožrnění palic, tím i tedy celkový výnos energie. Podle Fuksy et al. (2017)

podhodnocený, tj. pro konkrétní podmínky zbytečně nízký výsevek, není dostatečně kompenzován vyšší hmotností jednotlivých rostlin, což vede k nižším výnosů biomasy.

Widdicombe et al. (2002) provedli pokus se třemi různými hustotami porostu s ohledem na výnos silážní kukuřice. Nejvyšších výnosů bylo dosaženo u nejvyšší hustoty. Naopak Sangoi et al. (2001) uvádí, že u zvýšených hustot došlo ke snížení hmotnosti rostlin, a tudíž ke snížení výsledného výnosu.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že stanovení optimálního výsevku se odvíjí od konkrétní lokality. Je nutné zohlednit ranost daného hybridu, dostupnost živin a intenzitu hnojení. Zda byl výsevek zvolen v optimální výši, bude dále záviset na průběhu ročníku, tedy na úhrnu srážek a průběhu teplot (Fuksa et al. 2017)

### **3.1.2 Vliv hustoty na kvalitativní parametry**

V pozdějších fázích růstu nejsou u nadměrně hustých porostů redukovány pouze podmínky pro fotosyntézu a z tohoto procesu vyplývající tvorbu sušiny, ale dochází i k poklesu podílu palic (resp. snížení hmotnosti zrn) na rostlině zejména vlivem zpoždění v objevování blizen, což vede ke snížení kvality silážní hmoty. Současně se zvyšuje obsah NDF a ADF, naopak dochází k poklesu obsahu bílkovin a stravitelnosti hmoty. Çarpici et al. (2010) prokázali, že se zvyšující se hustotou porostu se zvyšuje výnos sušiny, koncentrace acidodetergentní vlákniny (ADF) a podíl stonku.

### **3.1.3 LAI**

Index listové plochy (LAI; leaf area index) je nejběžněji používaný indikátor charakterizující strukturu porostu (Mikita et al. 2014). Index listové plochy je bezrozměrná proměnná, jež je charakterizována jako ucelená jednostranná plocha fotosyntetizující tkáň na jednotku půdorysné plochy (Watson 1947). V porostech kulturních rostlin se často setkáváme s hodnotami LAI okolo 4 až 6 (Larcher 1988). Nguy-Robertson et al. (2014) uvádějí, že LAI je vysoce variabilní. Během vegetační doby se u jedné rostliny může hodnota LAI různě lišit. U kukuřice se od zasetí po zralost index listové plochy pohybuje v rozmezí od 0 do 6 LAI. Podle Fuksy et al. (2017) je výnos kukuřice značně závislý na velikosti listové plochy. Optimální hodnoty LAI pro dosažení nejvyšších výnosů se pohybují v rozmezí 3-4. Hustota by proto měla být taková, aby bylo dosaženo uvedené rozpětí velikosti rozpětí listové plochy. Další zvětšování listové plochy, zejména v důsledku zvýšených výsevků, znamená na jednu stranu intenzivnější absorpci záření a využití CO<sub>2</sub> porostem, na druhou stranu dochází k vzestupu konkurence o živiny, vodu a sluneční záření. Zvyšování LAI nad hodnotu 4 proto obvykle nepřináší zásadní navýšení výnosu biomasy. Jak uvádí Jonckheere et al. (2004), LAI závisí na vývojové etapě rostlin, stanovištních faktorech, sezónnosti a způsobu hospodaření. Jedná se o dynamický parametr, který se mění ze dne na den. Fuksa et al. (2017) uvádějí, že stanovení hodnoty LAI vychází z výpočtu plochy jednotlivých listů a jejich počtu na rostlině s ohledem na počet rostlin na jednotku plochy. Počet listů na rostlině je v pozitivní korelaci s délkou vegetační doby hybridů. Předpokladem využití slunečního záření ve fotosyntéze je jeho absorpce asimilačními pletivy. Z toho vyplývá základní požadavek na minimální velikost asimilační plochy, která by měla úplně pokrývat půdu po celou dobu vegetace.

Tímto úplným pokrytím se obvykle míní taková hustota, kdy na povrch půdy dopadá méně než 5 % záření dopadajícího na porost (Liang et al. 2012). Pro optimální využití slunečního záření je důležité uspořádání porostu. Pronikání slunečního záření do porostu a míra jeho využití v procesu fotosyntézy je do značné míry ovlivněna i architekturou listového zápoje, tedy především prostorovým uspořádáním listů. To vychází jednak z úhlu, který svírají listy se stéblem a dále z podélného tvaru listové čepele, tj. zda jsou listy vzpřímené po celé délce nebo se v určitém místě listy ohýbají. Teoreticky platí, že nejlépe sluneční záření proniká do porostu s rostlinami, které mají horní listy vzpřímené (erektofilní) a spodní horizontálně tvarované (planofilní) (Fuksa et al. 2017).

### **3.1.3.1 Vliv LAI na výnos silážní kukuřice**

Hlavní výnosové prvky kukuřice jsou počet rostlin na jednotku plochy, počet palic na jedné rostlině, počet zrn v palici, hmotnost zrna v palici a HTS. Jednotlivé prvky výnosového potenciálu jsou ve vztahu jeden k druhému a jsou v korelaci.

Kukuřice náleží mezi rostliny typu C4, a proto využívá velmi dobře sluneční energii. S tím je spojeno i efektivní využití přijatých živin na tvorbu výnosu. Obsah živin v rostlinách je ovlivněn především půdně – klimatickými podmínkami, úrovní hnojení a pěstovaným hybridem, a proto i odběr živin se může významně lišit (Balík et al. 2010). Podíl orgánů na tvorbě sušiny zrna je závislý na rychlosti fotosyntézy, velikosti plochy pro fotosyntézu, životnosti orgánů a podílu translokace živin z vlastní sušiny orgánu. Tvorba biologického a hospodářského výnosu je závislá na půdě, vlastnostech listů, LAI, délce aktivity listové plochy, klimatických faktorech, translokaci asimilátů a práci kořenové soustavy. LAI musí být dostatečně vysoký, aby bylo dobře využito záření dopadající na porost, a nesmí být příliš vysoký, aby nesnižoval hospodářský výnos (Petr et al. 1987).

## **3.2 Silážní hybridy**

Dle Schittenhelma (2008) je jeden z významných faktorů ovlivňující výnos volba správného hybridu. V neposlední řadě důležitým faktorem ovlivňující výnos jsou klimatické podmínky a průběh počasí (Fischer et al. 1989). Sangoi (2001) zmiňuje, že i samotná výška rostlin může mít vliv na konečný výnos kukuřice. Odrůdy s nižším vzrůstem neefektivně využívají sluneční záření a často vytvoří pouze jednu palici na rostlinu.

### **3.2.1 Kritéria volby hybridu**

#### **3.2.1.1 Ranost a číslo FAO**

Jak uvádí Svoboda (2004) správná volba hybridu může ovlivnit výnos až ze 30 %. Podle Tatarčíkové et al. (2011) pro dosažení maximálního využití potenciálu rostlin, je nutné pro dané podmínky zvolit správný hybrid s požadovanými vlastnostmi. Důležitým kritériem pro výběr hybridu je jeho ranost, která je charakterizována hodnotou FAO. Jde o číslo hybridu, které je vypočítáno na základě středního obsahu sušiny v palici v době zralosti kukuřice na siláž ve srovnání s kontrolními hybridy. Odchylna v obsahu sušiny o 1 % přitom odpovídá 10 FAO jednotkám (Zimolka et al. 2008). Hodnota vychází z předpokladu, že jedním z rozhodujících faktorů prostředí pro kukuřici je teplota. U nás zkoušené a pěstované hybridy mají číslo FAO

v rozmezí 190–400. Čím je toto číslo nižší, tím je odrůda ranější (Třináctý et al. 2013). Rané hybridy s kratší vegetační dobou se vyznačují vyšším podílem palic ke zbytku rostliny, ale celkový výnosový potenciál rostlin je oproti pozdějším hybridům nižší. Naopak pozdní hybridy mohou dosahovat v teplotně a půdně příznivých podmínkách výrazně vyšších výnosů, obvykle však s nižším podílem palic (Fuksa 2018). Také Nik et al. (2011) zmiňuje vyšší výnosy u hybridů s vyššími hodnotami číslo FAO.

### **3.2.1.2 Suma efektivních teplot**

Další možností pro výběr vhodného hybridu je použití perspektivního ukazatele – suma denních efektivních teplot (SET) (Třináctý et al. 2013). Jak uvádí Fuksa et al. (2006) výpočet se provádí sčítáním denních středních teplot, od kterých je odečtena fyziologická minimální teplota 6 °C. Na základě znalosti teplotního úhrnu pro optimální stadium zralosti je možné sestavit poměrně přesnou prognózu doby sklizně silážní kukuřice pro určitou oblast. Využívání SET pro hodnocení ranosti jednotlivých hybridů se jeví jako podstatně přesnější než používání čísla FAO (Zimolka et al. 2008). Silážní hybridy mají požadavky na SET v rozmezí 1350 °C až 1650 °C (Ježková 2012). V USA se pro odhad míry zralosti hybridu používá systém Growing Degree Days (GDD). Princip je podobný systému SET, pouze s rozdílem spodní hranice teplot, kdy je používána hodnota 10 °C (Třináctý et al. 2013). Podle Ježkové (2012) pro rozlišení ranosti hybridů z hlediska zralosti zrna je systém Relative Maturity (RM). Systém od sebe odlišuje hybridy s různou vegetační dobou na základě celkové potřeby tepla nutného pro dosažení jednotlivých fází růstu.

### **3.2.2 Hybridy silážní kukuřice**

Hybridní odrůdy vznikají vzájemným kontrolovaným prokřížením dvou, tří nebo čtyř rodičovských komponent (většinou linií), vynikajících kombinačních schopností. Výhodou hybridních odrůd je nejen vyšší produktivnost, ale i ekonomické důvody. Rozlišujeme tři typy hybridů: jednoduché či dvouliniové (A x B), tříliniové (A x B) x R, dvojitě či čtyřliniové (A x B) x (R x S). Výhoda hybridů spočívá ve větší fyziologické výkonnosti, projevující se vyššími výnosy, a ve větší odolnosti k nepříznivým podmínkám prostředí. V hybridech lze kombinovat rezistenci rodičovských komponent k chorobám, a tak lze lépe dosáhnout komplexní rezistence u hybridů (Chloupek 2008). Pro silážní účely volíme hybridy s vysokým výnosem silážní hmoty, vysokým podílem palic, maximálním výnosem energie z jednotky plochy a maximální koncentrací energie v 1 kg sušiny a vysokou stravitelností vlákniny nebo NDF (Fuksa et al. 2006). Znalost charakteristik jednotlivých hybridů umožní sklízet ve správném termínu rychleji zrající hybridy. Posun sklizňové zralosti při použití jednoho hybridu lze dosáhnout volbou pozemku s různou expozicí, výhřevností půdy a intenzitou dusíkatého hnojení – vyšší dávky N oddalují zrání (Fuksa et al. 2006).

### **3.2.3 Vliv hybridů na výnos silážní hmoty**

Je patrné, že je nutné posuzovat každý hybrid kukuřice jednotlivě. Některé odrůdy mohou zahuštění snášet lépe, například díky lepšímu postavení listů na rostlině, záleží také na tom, k jakému účelu je hybrid pěstován nebo také na způsobu založení porostu (Tokatlidis et Koutroubas 2004). Sangoi et al. (2001) ve svém pokusu zjistili, že vyšších výnosů

je dosahováno u novějších typů hybridů na rozdíl od starších. Jak zmiňuje, je to způsobeno větší odolností novějších typů hybridů vůči stresovým podmínkám. U novějších typů hybridů, které představují zlepšení výnosu od padesátých let k osmdesátým létům se ukázalo, že zlepšení genetického výnosu bylo 2,5 % za jeden rok, a že většina genetického výtěžku je díky zvýšené stresové toleranci. Rozdíly ve stresové toleranci mezi staršími a novějšími hybridy byly prokázány při vysoké hustotě rostlin. Zvýšená tolerance stresu je spojena s nižší variabilitou mezi rostlinami a zvýšená variabilita mezi rostlinami vede k nižší toleranci ke stresům (Tollenaar et al. 1997).

Šuk et al. (1998) zmiňuje vyšší výnosy u hybridů typu stay green. Nik et al. 2011 ve svých pokusech porovnávali vliv hybridů na výnos v závislosti s hodnotami FAO. Výsledky ukázaly, že nejvyšší výnosy biomasy a hmotnost tisíce zrn bylo získáno z hybridu pozdní zralosti (FAO 700).

#### **3.2.4 Vliv hybridů na kvalitativní parametry**

Kvalita hybridů kukuřice se stále zlepšuje, a to především její produkční účinnost, která se odvíjí od zvyšující se stravitelnosti organické hmoty. Zvyšuje se jak vlastní stravitelnost stébla, tak i zvýšený podíl škrobu vyprodukovaného z hektaru. Tuto skutečnost však mohou velmi ovlivnit klimatické podmínky, které jsou každým rokem rozdílné (Mikyska 2011).

Pro silážování se doporučuje volit hybridy kukuřice s tvrdým typem zrna (flint). Typ zrna je dán rozdílným poměrem sklovitého a moučnatého endospermu v zrně. Pěstitelé zrnové kukuřice se zaměřují na pěstování hybridů typu koňský zub (dent) s rychlým uvolňováním vody ze zrna (Loučka et Tyrolová 2013).

Z hlediska fyziologických vlastností rozlišujeme následující typy hybridů: Rychle dozrávající hybridy, kde nastává rychlý nárůst sušiny. Obsah škrobu v zrně se zpočátku navyšuje velmi rychle, později dochází ke zpomalení nárůstu. Jsou vhodné pro pěstování v chladnějších a vlhčích oblastech. Rovnoměrně dozrávající hybridy jsou hybridy s postupným dozráváním. Stay green hybridy vyznačují se dlouho zelenými rostlinami, které zůstávají fotosynteticky aktivní až do sklizňové zralosti. Jejich předností je kontinuální tvorba škrobu a vyšší výnos zrna (Šuk et al. 1998). Lze se i setkat se speciálními druhy hybridů zařazovaných do stejné kategorie podle určité vlastnosti. Jsou to tzv. BMR hybridy s nižší koncentrací ligninu a vyšší stravitelností NDF. TMF hybridy jsou vysoké, bohatě olistěné rostliny s měkkým škrobem v zrně (Ballard et al. 2001). Tyto hybridy nejsou zatím v našich podmínkách využívány.

Bt-hybrid kukuřice je geneticky modifikovaná kukuřice odolná vůči housenkám zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*). Bt je označení pro kukuřici obsahující vnesený gen pro tvorbu Bt-toxinu s insekticidním účinkem. Tento gen pochází z bakterie *Bacillus thuringiensis* (Čeřovská 2005). Pro pěstování Bt-kukuřice a obecně jakékoliv GM plodiny v ČR platí specifická pravidla, vyplývající z nutnosti označovat v EU produkci GM plodin jako GMO, a tedy i oddělovat od produkce klasické. Lze také konstatovat, že při pěstování Bt-kukuřice čeští pěstitelé v průměru dosahují vyšších výnosů než při pěstování konvenčních hybridů a sklizený produkt je kvalitnější vzhledem k nižšímu zaplísnění houbami rodu *Fusarium*. Velkou roli přitom hraje míra lokálního výskytu zavíječe kukuřičného a alternativní přístupy v ochraně konvenční kukuřice (Křepelka

2010). Papst et al. (2005) uvádí na základě svých pokusů vyšší kvalitu produkce u Bt-hybridů oproti klasickým hybridům. Vyšší kvalita byla způsobena nižším výskytem mykotoxinů.

### **3.3 Kvalita kukuřice**

Silážní kukuřice je objemné glycidové krmivo s vysokým energetickým potenciálem. Netto energie laktace (NEL), která se nejčastěji uvádí pro energetickou bilanci krmiv pro dojnice u nás, bývá kolem 7 či 8 MJ.kg<sup>-1</sup> sušiny (Loučka et Hák 2009). Zimolka et al. (2008) uvádí, že kukuřičná siláž tvoří často až 50 % podílu sušiny v krmné dávce. Je hlavním zdrojem škrobu, který se oproti jiným obilovinám vyznačuje nižší úrovní bacherové degradovatelnosti.

Z hlediska využití obsahuje dvě velmi odlišné části: zrno a nadzemní část rostliny. Složení a podíl těchto částí ovlivňuje výslednou kvalitu produkce (Loučka et al. 2015). Vysoký podíl palic je podmínkou pro získání kvalitní silážní píce. Palice se na celkovém výnosu živin podílejí 60-75 %. Z toho důvodu je nutno pro každou výrobní oblast volit hybrid, který nasazuje dostatečné množství palic a dozrává pravidelně do mléčné voskové zralosti (Novák et Vrzal 1995). Při velmi vysokých hustotách porostu se může snižovat podíl palic na rostlině. Nižší podíl palic se nepříznivě odráží na kvalitě silážní hmoty. Klesá podíl škrobu a bílkovin, a naopak narůstá obsah ADF a NDF. Pokles kvalitativních charakteristik v důsledku zvýšení výsevků bývá v absolutních hodnotách nízký (Fuksa 2018).

#### **3.3.1 Konzervace kukuřice**

Silážovatelnost je vlastnost krmiva zkvasit tak, aby ztráty jeho hmotnosti, kvality a dietetických vlastností byly co nejmenší. Je závislá na mnoha faktorech, zejména obsahu sušiny, zkvasitelných sacharidů a tlumivých látek (Lád 2006). Kukuřice je dobře silážovatelná, má nízkou pufrací kapacitu (nízký obsah dusíkatých látek, bazických prvků a dusičnanů) (Loučka et al. 2015). Důležitá je alespoň minimální přítomnost laktobakterií v silážované hmotě. Jinak je možno využít silážních aditiv ve formě inokulantu (laktobakterií) s celulolytickými enzymy. Na fermentačním (kvasném) procesu záleží výsledná kvalita siláže, jak v živinovém obsahu, tak i jeho stravitelnosti (Joanning et al. 1981). Stravitelnost ve značné míře ovlivňuje využitelnost živin v siláži (Oba et Allen 1999). Jak uvádí Třináctý et al. (2013) konzervace kukuřice silážováním se vyznačuje rychlým snížením hodnoty pH. Pro úspěšný průběh silážování je rozhodující nejen dostatečné množství mléčných bakterií, ale také stanovení správného termínu sklizně o obsahu sušiny. Kvalita je hodnocena z různých hledisek pomocí řady ukazatelů a několika odlišných systémů hodnocení. Kvalita siláží se hodnotí jak z hlediska, tak i hygienického nebo zdravotního, tj. z hlediska zkrmitelnosti výsledné siláže (Loučka 2015). Jak zmiňuje Zeman et al. (2006) o kvalitě siláže rozhoduje obsah dusíkatých látek, vlákniny, sušiny, stravitelnost organické hmoty, obsah pufracích látek, obsah a složení epifytní mikroflóry. Při silážování nekvalitní píce nelze očekávat kvalitní siláže ani při vysoké technologické kázni (Zeman et al. 2006).

### 3.3.2 Kvalitativní parametry silážní kukuřice

#### 3.3.2.1 Stravitelnost kukuřičné siláže a obsah sušiny

Kukuřičná siláž obsahuje 8 % dusíkatých látek, 3 % tuku, 31,5 % škrobu, obsah vlákniny ve formě NDF tvoří 40–50 % (Jambor 2014). Jak zmiňuje Buxton et al. (2003) stravitelnost siláže souvisí se stravitelností NDF i celkovým příjmem sušiny. Weller et al. (1985) uvádí, že stravitelnost organické hmoty kukuřičné siláže je okolo 72 % a mění se v závislosti na použitém hybridu s tím, že hybridy kukuřice s vysokým podílem zrna mají vyšší stravitelnost organické hmoty než hybridy s nízkým podílem zrna. Podle Mitríka et Vajdy (2011) energetická hodnota klesá se snižováním stravitelnosti v důsledku lignifikace pletiv. Lignifikace se zintenzivňuje s přechodem do voskové zralosti zrna, zejména ve stéble rostliny. Zjištěné hodnoty jsou také ovlivněny výběrem metody měření.

Opsi et al. (2012) označili jako optimální obsah sušiny při sklizni celé rostliny 28 až 35 %. Komainda et al. (2018) uvádějí termín sklizně jako významný faktor ovlivňující výnos sušiny. U časně sklizně může dojít ke snížení obsahu až o 13 %. Stravitelnost sušiny kukuřice při zrání rostliny postupně klesá, což je vlastnost běžná u trav, mezi které patří (čeleď *Poaceae*). Pokles stravitelnosti sušiny celé rostliny se však zastavuje ve fázi růstu palice. Z hlediska stravitelnosti sušiny celé rostliny je nejvyšší stravitelnosti dosaženo v období, kdy je mléčná linie v polovině zrna. To je optimální období pro sklizeň (Třináctý et al. 2013).

#### 3.3.2.2 Obsah a stravitelnost škrobu

Zrno obsahuje okolo 60 % škrobu se stravitelností 96 %. V celé rostlině je 15 až 35 % škrobu (Loučka et al. 2015). Škrob je nejvýznamnějším sacharidem a hlavním zdrojem energie v kukuřičné siláži a zásadně ovlivňuje zvyšování užitkovosti dojníc. Obsah škrobu kolísá v závislosti na řadě činitelů. Všechny faktory snižující fotosyntézu jsou příčinou menšího nalévání zrna a nižšího hromadění škrobu (Zimolka et al. 2008). Owens (2008) zmiňuje, že se zvyšujícím obsahem sušiny nad optimální rozpětí stravitelnost škrobu klesá. Stravitelnost škrobu se je obecně považována za vysokou a v běžných systémech pro hodnocení krmiv se tento parametr často paušalizuje. Důvodem jsou chybějící nástroje, které by jeho aktuální hodnotu umožnily stanovit, protože je ovlivněna řadou obtížně postižitelných faktorů (Třináctý et al. 2013). Jak uvádí Ferreira et Martens (2005) nejvýznamnějším faktorem ovlivňující stravitelnost škrobu je velikost částic. Stravitelnost škrobu je závislá také na typu zrna (dent nebo flint). Zrno kukuřice genotypu flint obsahuje vyšší podíl sklovitého endospermu, který snižuje stravitelnost škrobu (Třináctý et al. 2010). Schwab et al. (2003) na základě pokusů doporučují použití mačkače při sklizni, neboť se tím zvyšuje dostupnost škrobu.

#### 3.3.2.3 Obsah a stravitelnost vlákniny

Do popředí hodnocení kvality, nejen objemných, ale i jaderných krmiv, se začíná prosazovat systém hodnocení vlákniny, tedy strukturálních sacharidů, pomocí tzv. detergentní vlákniny (ADF a NDF) (Mikyska 2011). Základní hodnoty stravitelnosti NDF při hodnocení hybridů se většinou získávají pomocí metody *in vitro*. Metoda NIRS je pak podle výsledků této metody kalibrována (Třináctý et al. 2013). Podle analýzy Owense (2008) metoda *in vitro* umožňuje dobrou použitelnost při hodnocení hybridů. Acidodetergentní vláknina (ADF) vyjadřuje obsah



celulózy, ligninu a lignifikovaných dusíkatých složek rostlin. Je relativně rychlou, často používanou metodou stanovení vlákniny, ale není tak přesná, jelikož nereprezentuje celkový obsah buněčných stěn v krmivech, protože není analyticky stanovena frakce hemicelulózy. Neutrálně detergentní vláknina (NDF) vyjadřuje obsah acidodetergentní vlákniny a hemicelulózy. Je nejpřesnějším ukazatelem celkového obsahu vlákniny, resp. stavebních složek buněčných stěn rostlin (Pozdíšek et al. 2008). V kukuřičných silážích se běžně vyskytuje NDF v sušině kolem 45 % a ADF v sušině kolem 23 % (Loučka et al. 2015). Obsah NDF v rostlině klesá se stářím vlivem zvyšujícího se obsahu škrobu v palici. V období sklizně už pokles obsahu NDF bývá nízký. S postupujícím vegetačním obdobím roste i obsah ligninu v pletivech rostlin, a to negativně ovlivňuje stravitelnost NDF (Wiersma et al. 1993). Cox et Cherney (2005) uvádějí jako hlavní zdroj variability ve stravitelnosti NDF fenotyp vlastního hybridu. Jak také uvádějí Loučka et al. (2015) stravitelnost celkové vlákniny je ovlivněna genotypem hybridu a interakcí s pěstitelskými podmínkami, termínem a technikou sklizně. Tyto faktory mohou stravitelnost obou základních zdrojů energie, tedy škrobu a NDF, zásadně ovlivnit. Podle Çarpıcı et al. (2010) navýšená hustota porostu vede ke zvýšení obsahu vlákniny. Třináctý et al. (2013) zmiňuje výskyt vyšší stravitelnosti NDF u hybridů typu BMR (brown midrib) v důsledku významně nižšího obsahu ligninu.

### 3.3.3 Hodnocení kvalitativních parametrů kukuřičné siláže

Hodnocení krmiv vychází ze systému monitoringu analytických rozborů. V ČR se přešlo z dřívějšího stanovení výživné hodnoty škrobovými jednotkami a stravitelnými dusíkatými látkami k mnohem detailnějšímu systému, jehož výsledkem je určení energetické hodnoty vyjádřené v netto energii (NEL – netto energie laktace – pro dojnice 15 a NEV – netto energie výkrmu (Ball et al. 1995). ÚKZÚZ standardně stanovuje u kukuřice škrob (podle Ewerse), cukr (redukující podle Luff-Schoorla), ADF a NDF (podle van Soesta), bílkoviny (N-látky), popel a výpočtem ME a NEL, současně tyto hodnoty stanovuje i spektrofotometricky s využitím přístroje NIRs. Stravitelnost vlákniny je v ÚKZÚZ hodnocena systémem DINAG a ELLOS dělané na NIR (Loučka et Jambor 2011).

Metody používané k hodnocení kvality kukuřičné siláže jsou chemické metody, jako je analýza vlákniny, biologické metody jako je hodnocení fermentační aktivity bacherových mikroorganismů a pomocné metody, jako je spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIR), která spíše určí živiny v krmivu než měřením přímo (Ball et al. 1995). Metoda NIR je založena na principu využití infračerveného záření, jehož vlnové délky jsou delší, než je rozsah viditelného světla. Při správné kalibraci přístrojů NIR dokážeme detekovat infračervené záření a definovat přítomnost různých druhů organických sloučenin. Tato metoda je rychlá, nedestruktivní a vyžaduje minimální přípravu vzorků. (Ibáñez et Aloman 2008). Čížmár (2007) zmiňuje jako významnou přednost této metody možnost stanovení široké škály parametrů pro různé matrice v rámci jednoho měření vzorku. Proces kalibrace je však poněkud složitější a vyžaduje dodržení základních pravidel. Pro kalibraci je důležité, aby vzorky byly odebrány, pokud možno ze stejných souborů, které se budou měřit (Shenk et al. 2007).

Systém NRC pracuje se stravitelnostmi jednotlivých živin individuálně, na rozdíl od francouzského systému INRA, kde se pro výpočet obsahu netto energie používá hodnota

stravitelnosti organické hmoty (Sommer et al. 1994). Vzhledem ke specifičnosti kukuřičné siláže v podobě vysokého obsahu škrobu představujícího majoritní zdroj energie nebyl systém NRC dostatečně citlivý na podchycení jeho stravitelnosti. Na základě toho vznikl systém, který je pravidelně aktualizován (Milk 1991, 1995, 2000, 2006) (Třináctý et al. 2013).

Nejkomplexnějším systémem pro hodnocení silážních hybridů je systém Milk 2006, jehož výstupem je vyjádření kvality a výnosu hybridů silážní kukuřice jako tzv. indexu ve formě produkce mléka na hmotnostní jednotku sušiny siláže a po zohlednění výnosu též na jednotku výměry. Tento způsob vyjádření je z hlediska praxe názornější než například obsah energie. V systému se jednoznačně upřednostňuje metoda *in vitro*, která dává přesnější výsledky a slouží následně pro výpočty související s predikací příjmu sušiny (Třináctý et al. 2013).

#### **3.3.4 Sklizňové stádium**

Za optimální sklizňové stádium se považuje obsah sušiny celé rostliny 28–34 % (obsah sušiny palic v rozmezí 45–55 %). Při tomto stupni zralosti má zrno obsah sušiny 60–65 % (Opsl et al. 2012). Pozdější termín sklizně, než je optimální, nevede již k žádnému zvýšenému ukládání živin a tím ani ke zvýšení výživné hodnoty, zejména energie. Naopak dochází pouze k přestavbě a přesunu látek ze stébla do zrna, které jsou pak hůře fermentovatelné. Při příliš časně sklizni, kdy sušina kukuřice je menší než 28 %, se ochuzujeme o výnos sušiny, energie a koncentraci energie ve sklizené kukuřičné siláži (Třináctý et al. 2013). Podle Zimolky (2008) obsah sušiny pro sklizeň má pouze informativní význam, důležitý je pak fyziologický stupeň zralosti zrna. Existují rozdíly v obsahu sušiny podle typu hybridů, zdravotního stavu, ale i další faktory na to mohou mít vliv. Pro stanovení optimálního termínu sklizně silážní kukuřice se doporučuje využití součtu efektivních teplot podle ranosti hybridů a výrobních oblastí (Wheaton 1967). Pro silážování zrna se jeho zralost určuje objevením tzv. černé skvrny, která signalizuje ukončení přísunu živin z rostliny do zrna (White et Johnson 2003). Délka řezanky se musí přizpůsobit obsahu sušiny, stupni zralosti a způsobu zpracování. Je dostatečně ověřeno, že s rostoucím obsahem sušiny je potřeba bezpodmínečně zkracovat délku řezanky (Doležal 2011). Při sušině nižší než 30 % se doporučuje řezanka delší (cca 15–20 mm), při sušině 30–34 % by měla být 10–15 mm a při sušině vyšší než 35 % se doporučuje řezanka kratší cca 6–8 mm (Třináctý et al. 2013).

Kromě tradičního způsobu sklizně celých rostlin řezačkou, se kukuřice sklízí i metodami tzv. dělené sklizně, které poskytují krmivo s různou koncentrací energie. Produkty jsou: LKS (Lieschen Kolben Schrott) tj. zpracování palic s listeny (50 % sušiny), CCM (Corn Cob Mix) tj. zpracování palic bez listenů (60 % sušiny) nebo HMGC (High Moisture Grain Corn) tj. zpracování zrna, které se dosouší, nebo zpracovává vlhké (60–70 % sušiny) (Loučka et Jambor 2009). Tyto druhy krmiv se vyznačují vysokou koncentrací energie a nízkým obsahem vlákniny. Obvykle platí, že při sklizni metodou LKS je dosaženo ve srovnatelných podmínkách z jednoho hektaru vyšší výnos energie, a to zhruba o 5–10 % (Třináctý et al. 2013).

### 3.4 Biotické a abiotické faktory ovlivňující výnos a kvalitu produkce

Kukuřice je rostlinou, která v krátké době vegetace vytvoří velké množství hmoty s vysokým obsahem energie. Pro úspěšný vývoj a růst potřebuje kukuřice harmonické působení jednotlivých vegetačních faktorů (Vrzal et al. 1995).

Pro produkci je vodní stres kritický především ve fázích vzcházení, odnožování, růstu a reprodukční fáze. Může mít za následek významný pokles výnosu nebo dokonce úhyn plodiny (Saini et Westgate 1999). Vodní deficit ovlivňuje tvorbu biomasy rostlin, ale i tvorbu kvality rostlinné produkce. (Kúdela et al. 2013). Lai et al. (2019) uvádějí, že sucho mělo velký dopad na výsledný výnos kvalitu produkce silážní kukuřice. Barutçular et al. (2016) na základě svých pokusů zjistili, že nedostatek vláhy způsobil významné snížení kvalitativních vlastností. Výrazně poklesla i hmotnost zrna. Gaile et Arhipova (2015) označili sucho jako limitující faktor pro výnos. Podle Goodinga et al. (2003) sucho zkracuje dobu plnění zrn, odráží se na výnosu a ovlivňuje obsah škrobu.

Pro kukuřici je velmi důležitá teplota. Řadí se mezi teplomilné rostliny. Průměrná teplota by měla být 13 °C. Suma teplot v průběhu životního cyklu by měla být od 1700 °C do 3210 °C (Vrzal et al. 1995). S teplotou 6 °C není růst kukuřice možný. Také teploty přes 30 °C nejsou efektivně využívány k asimilaci (Prokop, 2008). Bal et al. (2000) uvádějí, že příliš vysoké teploty během vegetace měly za následek snížení stravitelnosti sušiny v důsledku zvyšující se buněčné stěny. Zhang et al. (2007) zjistili, že vyšší teploty snížily výnos zrna až o 46 %. Došlo i ke snížení obsahu škrobu téměř o 10 %.

Jak uvádí Fuksa et al. (2006) konečný výnos kukuřice je silně redukován případným výskytem plevelů. Kukuřice je plodinou, která má v počátečních fázích růstu slabou konkurenční schopnost vůči plevelům (Smutný 2017). Tollenaar et al. (1997), získali v ošetřených porostech herbicidy vyšší výnosy zrna o 65 %. Z toho vyplývá, že včasná regulace plevelů je velmi důležité opatření, které má významný vliv na výnosy biomasy. Z hlediska výběru optimální strategie plevelů v kukuřici je velmi důležitá znalost druhového spektra, potažmo jeho intenzity. Je třeba si uvědomit, že jednotlivé plevelné druhy vykazují odlišné cykly vzcházení během vegetace (Jursík et Soukup 2010).

Ze škůdců je nejzávažnější napadení housenkami zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*). Způsobují ztráty na výnosu o 5–40 % v závislosti na napadení. Poškozuje kvalitu zrna a způsobuje lámavost stébel, což znamená sklizňové ztráty. Úspěšná ochrana je závislá na přesném termínu aplikace biologických nebo chemických prostředků (Kazda et al. 2010).

Mezi významné choroby patří obecná snětivost kukuřice (*Ustilago maydis*). Při silném napadení může dojít ke snížení výnosů. Přítomnost teliospor v siláži může také ovlivňovat kvalitu fermentačního procesu a způsobit horší kvalitu výsledného produktu (Nedělník 2013). Hospodářsky nejvýznamnější chorobou kukuřice jak z pohledu poškození, tak především v produkci mykotoxinů je napadení fuzárií (Nedělník et Konečná 2015). Produkce toxinů je nebezpečná jak pro člověka, tak pro zvířata. U přežvýkavců mají mykotoxiny vliv na snížení příjmu sušiny a snížení vstřebávání nutričních látek (Rossi et al. 2009).

### 3.5 Ekonomika pěstování silážní kukuřice

Pěstování silážní kukuřice je ekonomicky výhodné, jelikož dosahuje při relativně nízkých nákladech vysokých výnosů živin. Ekonomické hodnocení je významně ovlivněno pěstitelskými a povětrnostními podmínkami (Mikyska 2010). Zimolka et al. (2008) uvádí jako nejvýznamnější faktor vliv ročníku. Pro kukuřici je nejvhodnější vlhký a teplý průběh klimatu. Při takových podmínkách může silážní kukuřice dosáhnout rentabilního výnosu s nižší úrovní agrotechnických opatření i v bramborářské výrobní oblasti. Jak zmiňuje Kreysová et al. (2001) celkové náklady pěstování kukuřice na siláž jsou zhruba o 30% nižší než u kukuřice na zrno. Nižší náklady se týkají hlavně mzdových, osobních nákladů, ostatních přímých nákladů a služeb. Dle struktury nákladů je zřejmé, že intenzifikační faktory, kterými jsou hnojiva, pesticidy a osivo, činí zhruba 40% z celkových nákladů vynaložených na hektar. Zbývajících 60% jsou náklady vnitropodnikové, kde je úspora nákladů většinou malá. Posoudit výnosovost kukuřice na siláž je obtížné, neboť zpravidla není tržně realizována, ale je využívána jako krmivo v daném zemědělském podniku (Zimolka et al. 2008). Nákladovost silážní kukuřice je uvedena v tabulce 1.

**Tabulka 1: Nákladovost silážní kukuřice**

Ukazatel	Měrná jednotka	Výrobní oblast			Šetření celkem
		K a Ř	B	BO a H	
Osivo (nakupované)	Kč/ha	4 069	3 949	4 055	4 003
Hnojiva (nakupovaná)	Kč/ha	3 384	3 400	3 184	3 349
Hnojiva (vlastní)	Kč/ha	1 390	1 006	688	1 037
Prostředky ochrany rostlin	Kč/ha	1 806	1 876	1 634	1 806
Ostatní přímý materiál	Kč/ha	719	1 460	1 067	1 182
<b>Přímé materiálové náklady celkem</b>	<b>Kč/ha</b>	<b>11 368</b>	<b>11 691</b>	<b>10 627</b>	<b>11 377</b>
<b>Ostatní přímé náklady a služby</b>	<b>Kč/ha</b>	<b>4 751</b>	<b>2 115</b>	<b>2 263</b>	<b>2 832</b>
<b>Mzdové a osobní náklady celkem</b>	<b>Kč/ha</b>	<b>4 624</b>	<b>5 373</b>	<b>4 822</b>	<b>5 059</b>
<b>Vlastní náklady celkem</b>	<b>Kč/ha</b>	<b>30 089</b>	<b>30 201</b>	<b>27 575</b>	<b>29 605</b>
<i>Podíl hlavního výrobku</i>	%	100	100	100	100
Vlastní náklady výrobku	Kč/ha	30 089	30 201	27 575	29 605
Hektarový výnos	t/ha	33	31	35	33
Vlastní náklady výrobku	Kč/t	924	924	797	895

Zdroj: (www.uzei.cz)

## 4 Materiál a metodika

Pokusy se silážní kukuřicí byly založeny v letech 2017 a 2018

### 4.1 Charakteristika pokusného stanoviště rok 2017

Pokusné stanoviště je situováno ve Stankově Lhotě obec Sobotka (okres Jičín). Je lokalizován v obilnářské zemědělské výrobní oblasti v nadmořské výšce 380 m. Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd jsou uvedeny v tabulce 2. Meteorologická data pokusného stanoviště jsou zmíněna v tabulce 3.

*Tabulka 2: Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd (rok 2015)*

	<b>pH</b>	<b>P</b> (mg/kg)	<b>K</b> (mg/kg)	<b>Mg</b> (mg/kg)	<b>Ca</b> (mg/kg)
<b>Hodnoty</b>	6,4	90	178	265	2140

*Tabulka 3: Meteorologická data pokusného stanoviště (Sobotka, 2017)*

<b>Měsíc</b>	<b>Průměrná měsíční teplota [°C]</b>	<b>Měsíční úhrn srážek [mm]</b>
Leden	-5,0	79,7
Únor	2,1	38,1
Březen	6,7	41,0
Duben	7,8	77,8
Květen	15,0	33,0
Červen	18,6	55,7
Červenec	19,0	100,8
Srpen	19,5	53,4
Září	12,7	68,2
Říjen	10,1	99,5
Listopad	4,2	43,8
Prosinec	1,2	56,0
<b>Průměrná roční teplota [°C]</b>		<b>9,3</b>
<b>Roční úhrn srážek [mm]</b>		<b>747</b>
<b>Dlouhodobý teplotní normál (1961–1990) [°C]</b>		<b>7,8</b>
<b>Dlouhodobý srážkový normál (1961–1990) [mm]</b>		<b>760</b>

#### 4.1.1 Založení pokusu 2017

Pokus byl založen 1.5.2017 na pozemku podniku Agrochov Sobotka, a. s. Přesný výsev byl proveden secím strojem Monosem.

Pro pokus byly použity dva hybridy (RGT Volumixx a RGT Direxxion), které byly vysety ve dvou různých hustotách (92 000 a 111 000 jedinců na hektar). Každá ze 4 variant byla založena ve 4 opakováních. Velikost parcel byla 6 m x 150 m = 900 m<sup>2</sup>. Na jedné parcele bylo vyseto 8 řádků, meziřádková vzdálenost byla 0,75 m. Varianty pokusu silážní kukuřice jsou uvedeny v tabulce 4.

**Tabulka 4: Varianty pokusu silážní kukuřice**

Varianta	Výsevek (rostlin/ha)	Hybrid
1	92 000	Volumixx
2	111 000	Volumixx
3	92 000	Direxxion
4	111 000	Direxxion

#### 4.1.2 Agrotechnická opatření

Jako předplodina byla zvolena pšenice ozimá. Na pokusný pozemek byla na podzim aplikována kejda v dávce 30 t/ha. Na jaře bylo aplikováno 300 kg/ha močoviny. Na podzim bylo provedeno orebné zpracování půdy. Na jaře byl pozemek ošetřen smykováním, a dále byl před setím použit kombinátor. Proti plevelům byl porost ošetřen přípravky Maister 150 g/ha a Mero 2 l/ha.

## 4.2 Charakteristika pokusného stanoviště 2018

Pozemek je situován u obce Sobotka (okres Jičín). Je lokalizován v obilnářské zemědělské výrobní oblasti v nadmořské výšce 380 m. Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd jsou uvedeny v tabulce 5. Meteorologická data pokusného stanoviště jsou zmíněna v tabulce 6.

**Tabulka 5: Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd (rok 2015)**

	pH	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)
<b>Hodnoty</b>	6,9	54	123	140	3490

**Tabulka 6: Meteorologická data pokusného stanoviště (Sobotka, 2018)**

Měsíc	Průměrná měsíční teplota [°C]	Měsíční úhrn srážek [mm]
Leden	2,92	66,4
Únor	0,45	3,7
Březen	4,0	33,8
Duben	16,89	32,6
Květen	21,22	35,0
Červen	22,11	74,0
Červenec	24,47	33,7
Srpen	25,77	16,3
Září	19,43	34,0
Říjen	13,84	39,2
Listopad	7,71	10,7
Prosinec	2,50	88,0
<b>Průměrná roční teplota [°C]</b>	<b>13.4</b>	
<b>Roční úhrn srážek [mm]</b>	<b>467.4</b>	
<b>Dlouhodobý teplotní normál (1961 – 1990) [°C]</b>	<b>7,8</b>	
<b>Dlouhodobý srážkový normál (1961 – 1990) [mm]</b>	<b>760</b>	

#### 4.2.1 Založení pokusu 2018

Pokus byl založen 27.4.2018 na pozemku podniku Agrochov Sobotka, a. s. Přesný výsev byl proveden secím strojem Monosem. I v tomto roce byly použity stejné hybridy RGT Volumixx a RGT Direxxion, které byly vysety ve dvou různých hustotách (92 000 a 111 000 jedinců na hektar). Každá ze 4 variant byla založena ve 4 opakováních. Velikost parcel byla 6 m x 150 m = 900 m<sup>2</sup>. Na jedné parcele bylo vyseto 8 řádků, meziřádková vzdálenost byla 0,75 m. Varianty pokusu se silážní kukuřicí jsou uvedeny v tabulce 7.

**Tabulka 7: Varianty pokusu silážní kukuřice**

Varianta	Výsevek (rostlin/ha)	Hybrid
1	92 000	Volumixx
2	111 000	Volumixx
3	92 000	Direxxion
4	111 000	Direxxion

#### 4.2.2 Agrotechnická opatření

Jako předplodina byla zvolena silážní kukuřice. Na podzim byl na pozemek aplikován chlévský hnůj v dávce 28,6 t/ha. Na jaře bylo aplikováno 20,7 t/ha kejdy a 20,7 t/ha močoviny.

Na podzim bylo provedeno orebné zpracování půdy. Na jaře byl pozemek ošetřen smykováním, a dále byl před setím použit kombinátor. Proti plevelům byl použit přípravek Adengo v dávce 0,44 l/ha, dále Maister v dávce 135 g/ha a Mero 2l/ha.

### **4.3 Charakteristika hybridů použitých v roce 2017 a 2018**

Hybridy RGT Volumixx a RGT Direxxion nejsou výrazně odlišné rostliny. Rozdíl je pouze v postavení listů, kde hybrid RGT Volumixx je planofilní a hybrid RGT Direxxion erektofilní. Dále je odlišnost ve výšce, kdy hybrid RGT Direxxion bývá vyšší než hybrid RGT Volumixx.

#### **Volumixx – registrace v roce 2014, FAO (250)**

- Ranný dvouliniový hybrid
- Tvrdý typ zrna
- Rovnoměrně dozrávající
- Plastický hybrid k vysoké produkci hmoty
- Velmi vysoká, bohatě olistěná rostlina
- Rychlý start na jaře
- Dobrá krmná hodnota ve všech ukazatelích
- Dobře opylené palice
- Pevné stéblo, velmi dobrý zdravotní stav

#### **Direxxion – registrace v roce 2016, FAO (260)**

- Ranný dvouliniový hybrid
- Tvrdý typ zrna
- Rovnoměrně dozrávající
- Velmi vysoká, bohatě olistěná rostlina
- Vhodný pro intenzivní podmínky
- Dobře vyvážený poměr obsahu škrobu a stravitelné vlákniny (DINAG)
- Dobrý zdravotní stav

### **4.4 Hodnocené parametry**

U kukuřice byl stanoven výnos čerstvé hmoty, výnos suché hmoty, obsah sušiny, hodnoty LAI, výšky rostlin, podíly rostlin, obsah dusíkatých látek, obsah vlákniny, obsah NDF, obsah škrobu, obsah SOH a SNDF. Kvalitativní parametry byly stanoveny pomocí NIRS.

Během vegetace bylo vybráno z každé varianty 10 rostlin (celkem 160), u kterých se měřila výška rostlin. Měření proběhlo celkem 3krát. U vybraných rostlin pro měření výšky bylo provedeno na konci vegetace měření LAI pomocí přístroje SunScan.

Sklizně proběhly v době silážní zralosti rostlin. Sklizeň probíhala ručně vysekáním rostlin v délce 5 metrů z každé varianty pokusu. U těchto rostlin proběhlo zvažení a vyhodnocení



výnosu. Ostatní rostliny byly sklizeny sklízecí řezačkou. Dále z každé parcely byla odebrána jedna rostlina a byly u ní stanoveny jednotlivé podíly rostliny.

#### **4.5 Statistické vyhodnocení dat**

Dosažené výsledky byly statisticky vyhodnoceny dvoufaktorovou analýzou rozptylu (Tukey HSD test,  $\alpha = 0,05$ ) v programu Statistica 12.

#### **4.6 Ekonomické vyhodnocení**

Byla provedena základní ekonomická analýza cenových nákladů vzhledem k finální produkci čerstvé a suché hmoty pro jednotlivé roky, hybridy a výsevky.

## 5 Výsledky

V tabulce 8 jsou prezentovány výsledky výšky rostlin, LAI, výnosu čerstvé hmoty a výnosu suché hmoty.

*Tabulka 8: Výška rostlin, LAI, výnos čerstvé a suché hmoty silážní kukuřice.*

Rok	Hybrid	Výsevek	Výška rostlin	LAI	Výnos čerstvé hmoty	Výnos suché hmoty
			(m)	(m <sup>2</sup> /m)	(t/ha)	(t/ha)
<b>2017</b>			1,71 <sup>a</sup>	5,79 <sup>a</sup>	59,91 <sup>a</sup>	22,25 <sup>a</sup>
<b>2018</b>			1,74 <sup>b</sup>	4,75 <sup>b</sup>	44,17 <sup>b</sup>	17,27 <sup>b</sup>
<i>P</i>			0,028	<0,000	<0,000	<0,000
	<b>RGT Volumixx</b>		1,69 <sup>a</sup>	5,35	51,96	19,51
	<b>RGT Direxxion</b>		1,76 <sup>b</sup>	5,22	52,12	20,01
<i>P</i>			<0,000	0,39	0,951	0,616
		<b>92 000</b>	1,70 <sup>a</sup>	5,18	51,36	19,94
		<b>111 000</b>	1,75 <sup>b</sup>	5,36	52,72	19,58
<i>P</i>			<0,000	0,131	0,596	0,719
<b>RGT Volumixx</b>	<b>92 000</b>		1,64 <sup>a</sup>	5,16	52,41	19,64
	<b>111 000</b>		1,74 <sup>b</sup>	5,48	51,51	19,38
<b>RGT Direxxion</b>	<b>92 000</b>		1,76	5,19	53,03	20,23
	<b>111 000</b>		1,76	5,24	51,21	19,78
<i>P</i>			<0,000	0,264	0,858	0,927

### 5.1 Výška rostlin

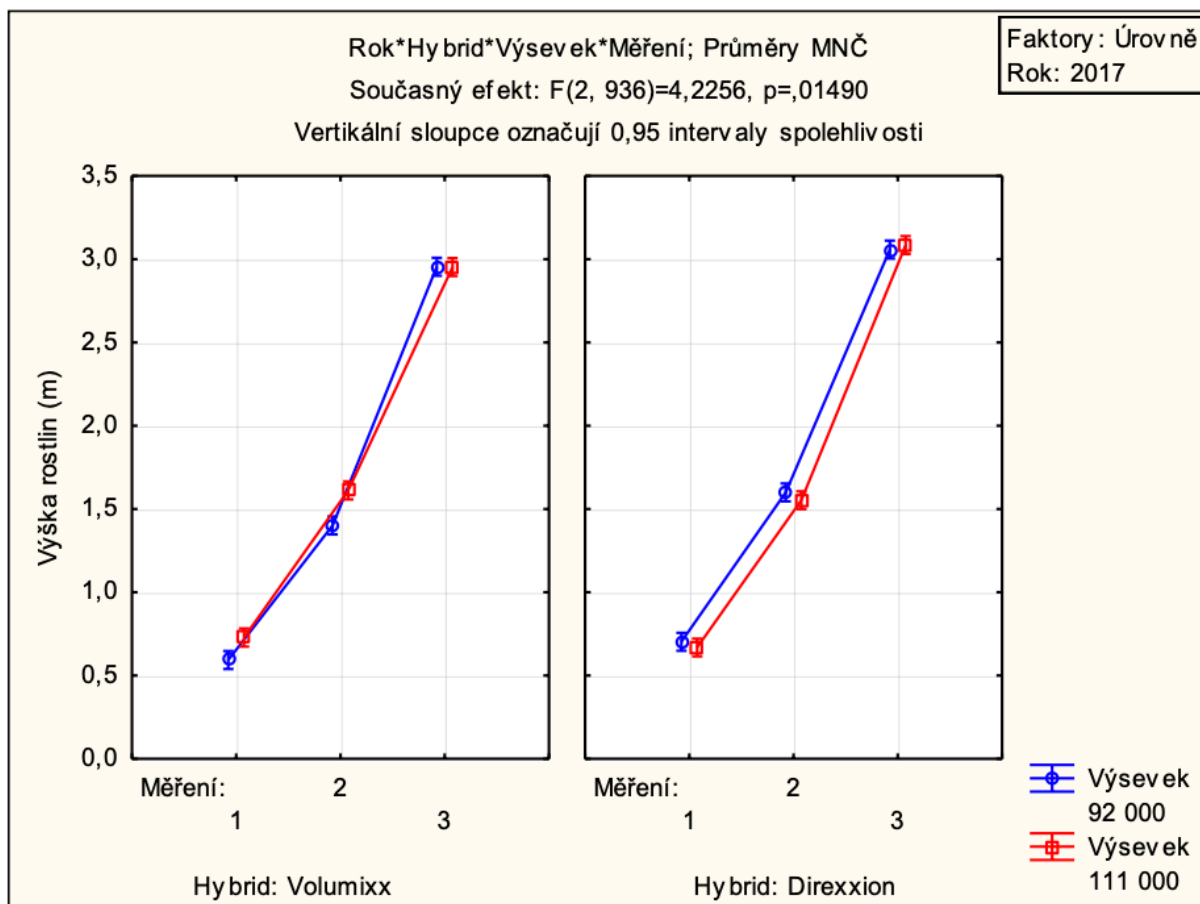
Hodnoty uvedené v tabulce 8 pro výšku rostlin jsou průměrné hodnoty získané ze 3 měření během vegetace.

Statistické výsledky prokazují vliv ročníku na výšku rostlin. Z výsledků jsou patrné vyšší rostliny v roce 2018. U hybridů byl také statisticky prokázán vliv hybridů na výšku rostlin, kde hybrid RGT Direxxion vykazoval vyšší průměrnou výšku než hybrid RGT Volumixx. Dále byl také shledán vliv výsevků na výšku rostlin kukuřice. U navýšeného výsevku 111 000 rostlin/ha byly naměřeny vyšší rostliny, než u základního výsevku 92 000 rostlin/ha. Dále je z hodnot patrné, že rozdílné výsevky měly vliv na výšku rostlin u hybridu RGT Volumixx, vyšší rostliny byly získány při navýšené hustotě. U hybridu RGT Direxxion nebyl shledán vliv výsevku na výšku rostlin.

Jak je patrné z Grafu 1 změna výsevku se na výšce rostlin projevila ve prospěch navýšené hustoty 110 000 rostlin/ha. Dále u hybridu RGT Direxxion 92 000 rostlin/ha je patrné, že byly rostliny ve všech třech termínech měření vyšší, než u hybridu RGT Volumixx 92 000 rostlin/ha.

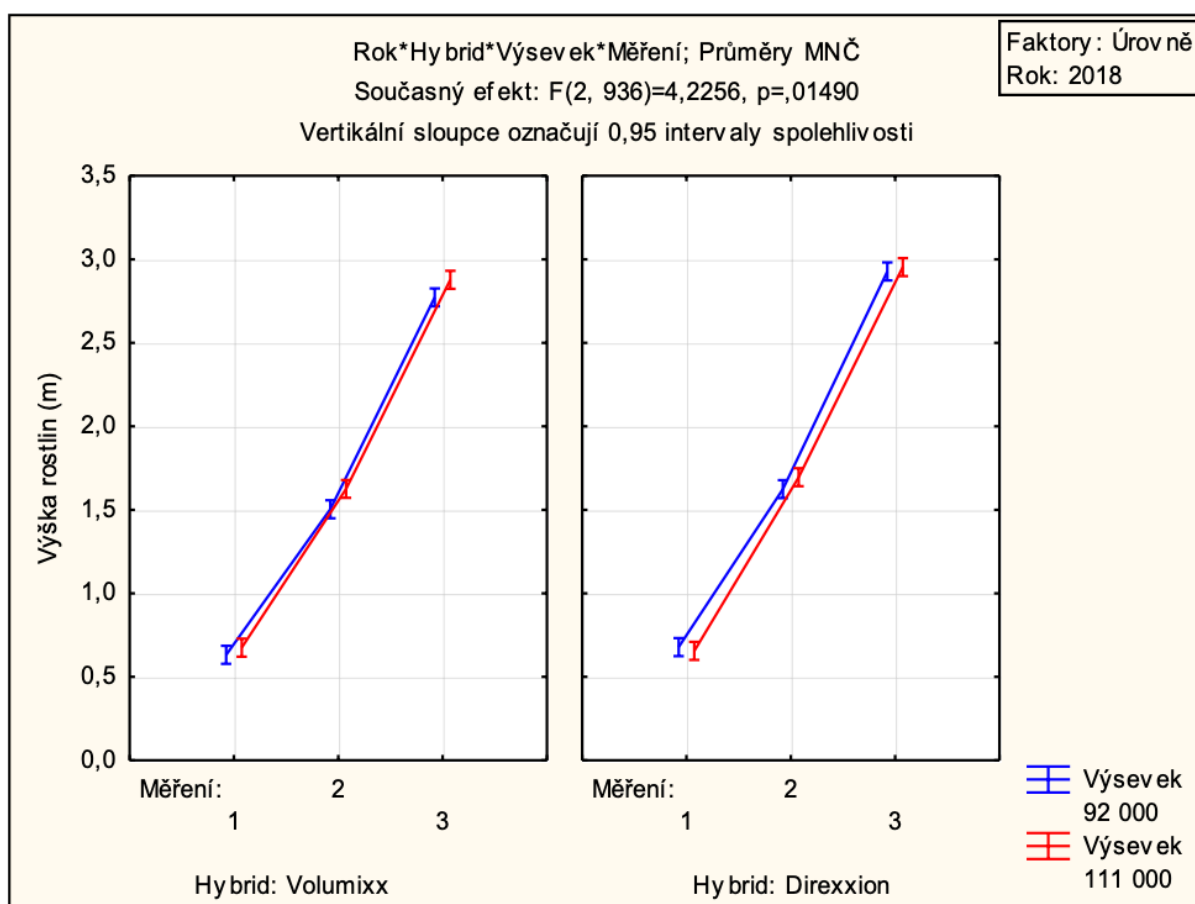
U hybridu RGT Volumixx 111 000 rostlin/ha byly naměřeny v 1. a 2. termínu vyšší rostliny, než u hybridu RGT Direxxion 111 000 rostlin/ha.

**Graf 1: Průměrná výška rostlin během vegetace 2017**



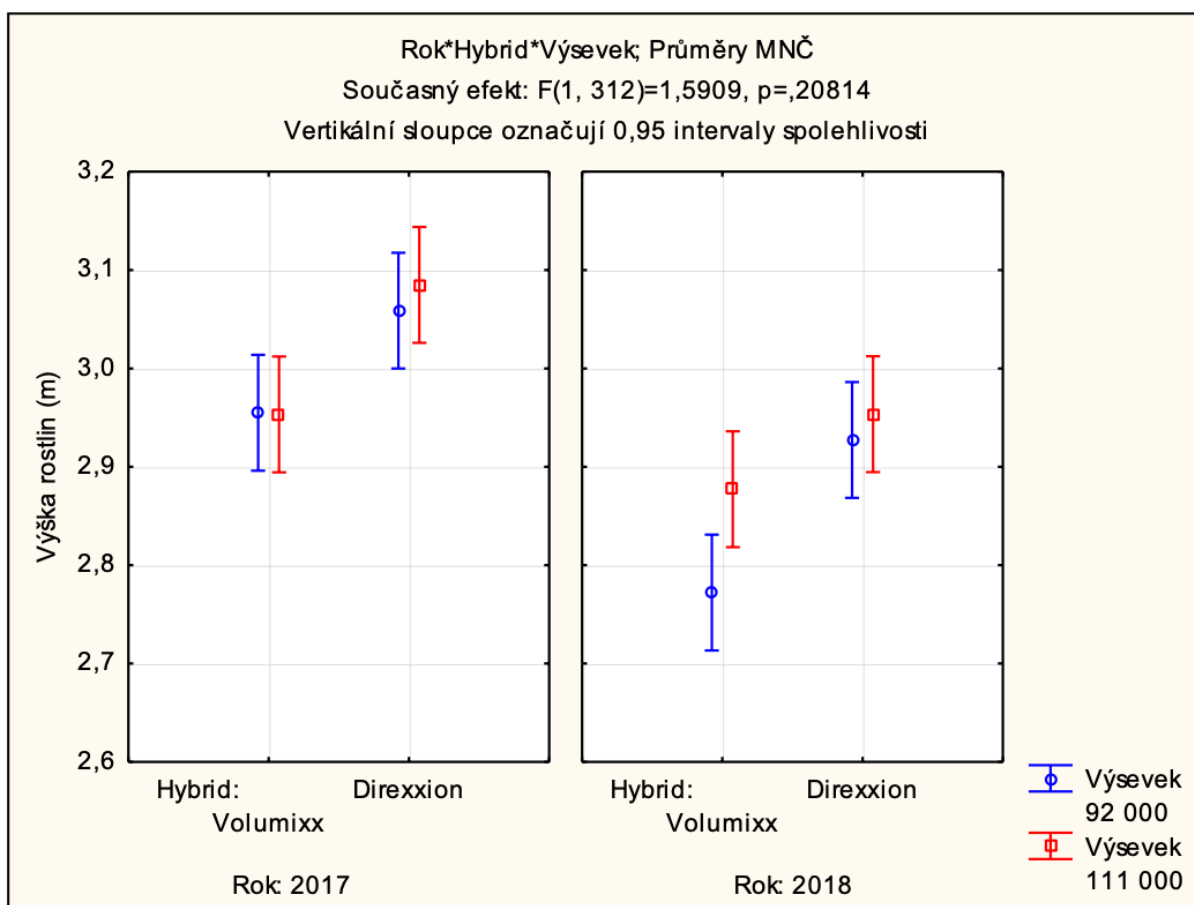
Z grafu 2 lze vyčíst, že vyšší rostliny se vyskytovaly při vyšší hustotě porostu. Hybrid RGT Volumixx 111 000 rostlin/ha reagoval vyššími rostlinami ve všech třech termínech měření. Hybrid RGT Direxxion 111 000 rostlin/ha vykazoval vyšší rostliny v 1. a 2. termínu měření.

Graf 2: Průměrná výška rostlin během vegetace 2018



Z grafu 3 vyplývá, že v roce 2017 byly naměřeny vyšší rostliny, než v roce 2018. Rozdíl ve výšce rostlin byl i mezi použitými hybridy, kde hybrid RGT Direxxion dosahoval v obou letech vyšších naměřených hodnot. V roce 2017 se změna výsevku na výšce rostlin projevila pouze u hybridu RGT Direxxion, kde v navýšené hustotě dosahoval vyšších naměřených hodnot. V roce 2018 lze vidět poměrně značný rozdíl ve výšce rostlin u hybridu RGT Volumixx, kde opět navýšená hustota přispěla k vyšším rostlinám kukuřice.

**Graf 3: Průměrná výška rostlin na konci vegetace v roce 2017 a 2018**



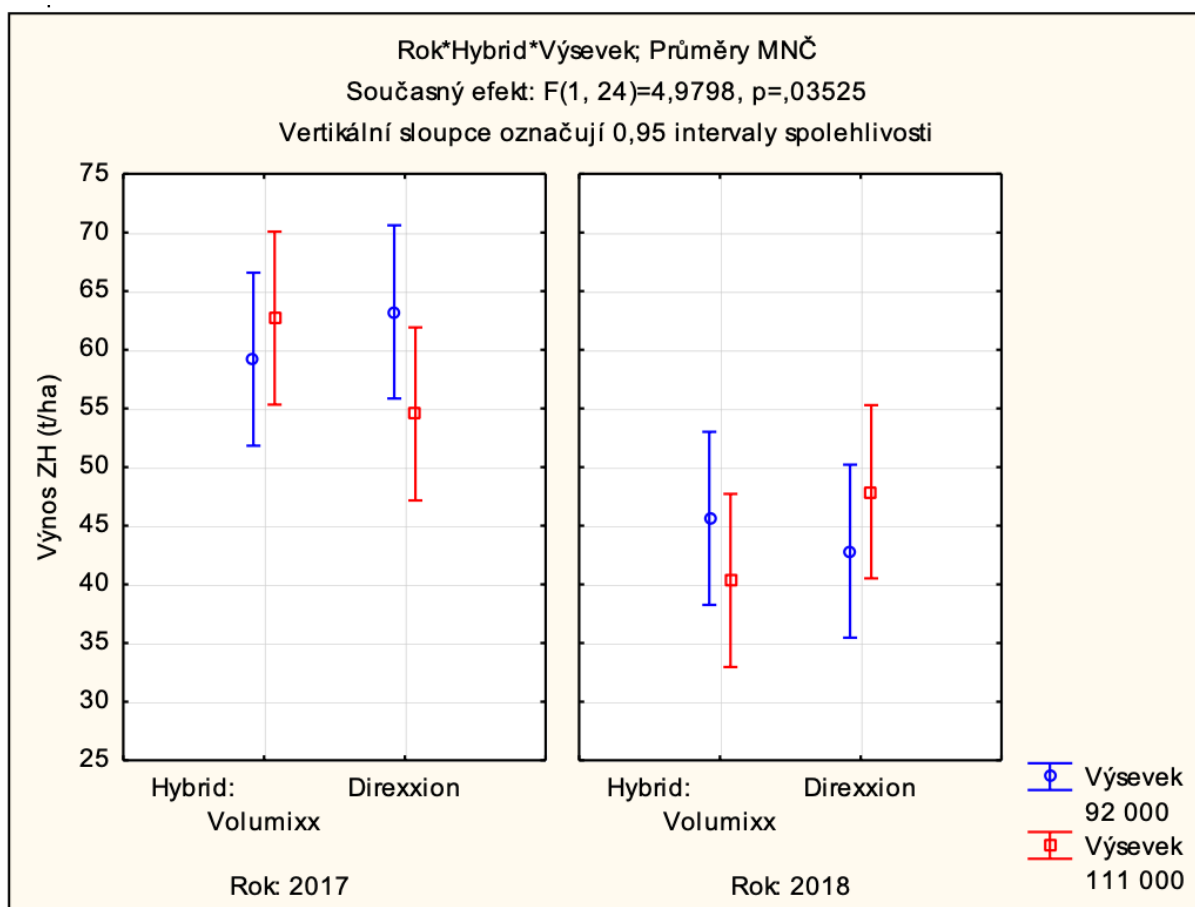
## 5.2 LAI

Ze statistických hodnot viz. Tabulka 8 je zřejmý průkazný rozdíl mezi jednotlivými lety.

V roce 2017 byly naměřeny vyšší hodnoty LAI. Mezi jednotlivými hybridy a výsevkami nebyly zaznamenány žádné markantní rozdíly. Ani mezi jednotlivými kombinacemi hybrid\*výsevek nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.



Graf 5: Výnos čerstvé hmoty v roce 2017 a 2018

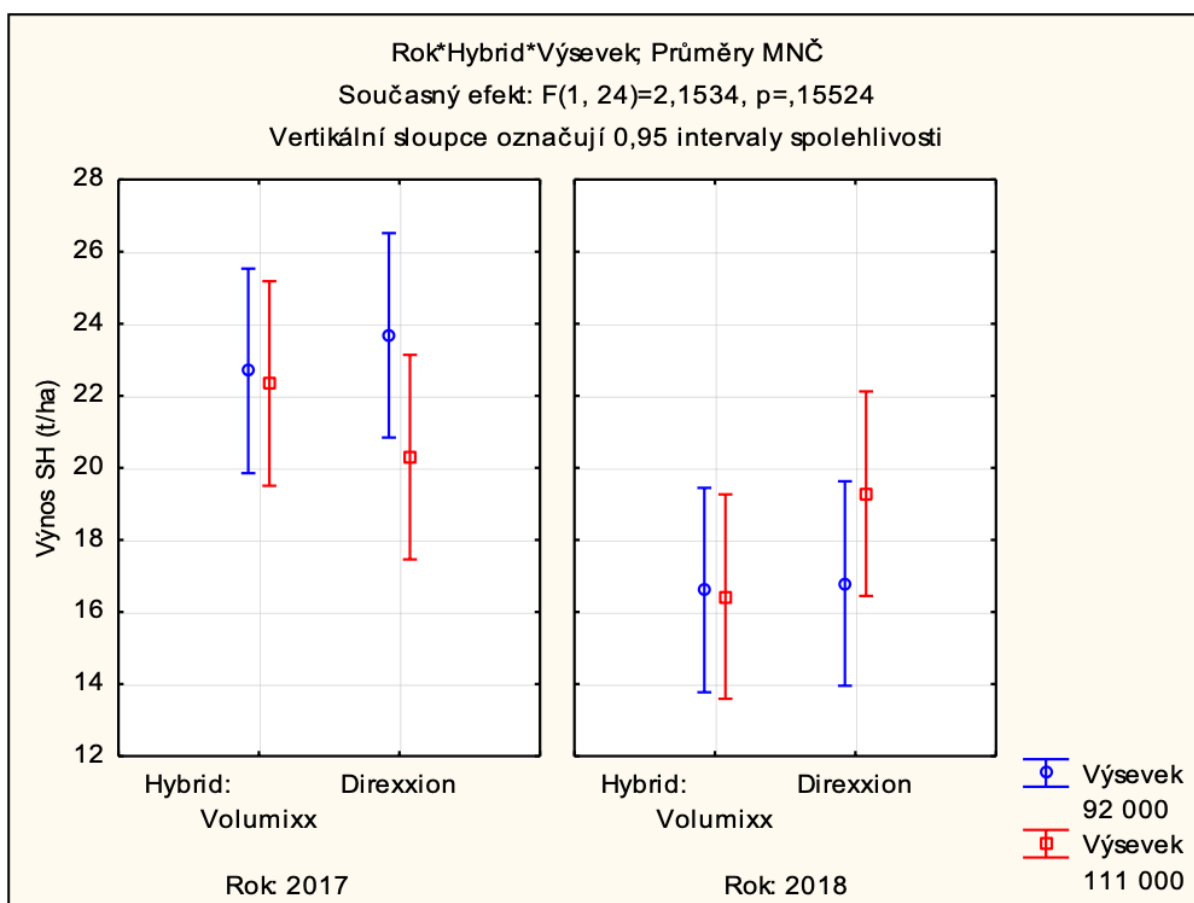


Z uvedeného grafu 5 vidíme, že v jednotlivých letech se lišil vliv kombinace hybridu a výsevku na výnos čerstvé hmoty. Nelze tedy jednoznačně říci, že by použité hybridy poskytovaly vyšší výnosy v nižších či vyšších hustotách porostu.

#### 5.4 Výnos suché hmoty

Z pozorování výnosu suché hmoty (tabulka 8) je statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými roky. V roce 2017 dosahoval výnos suché hmoty vyšších hodnot 22,25 t/ha a v roce 2018 byl výnos 17,27 t/ha. Na základě hodnot výnosu suché hmoty nebyl shledán vliv hybridu, výsevku ani jednotlivých kombinací na výsledný výnos suché hmoty.

Graf 6: Výnos suché hmoty v roce 2017 a 2018



V grafu 6 je patrné, že u hybridu RGT Volumixx nejsou v daných letech rozdíly mezi jednotlivými výsevkami. Kdežto hybrid RGT Direxxion v roce 2017 poskytoval vyšší výnos suché hmoty v hustotě 92 000 rostlin/ha a v roce 2018 vyšší výnos v hustotě 111 000 rostlin/ha.

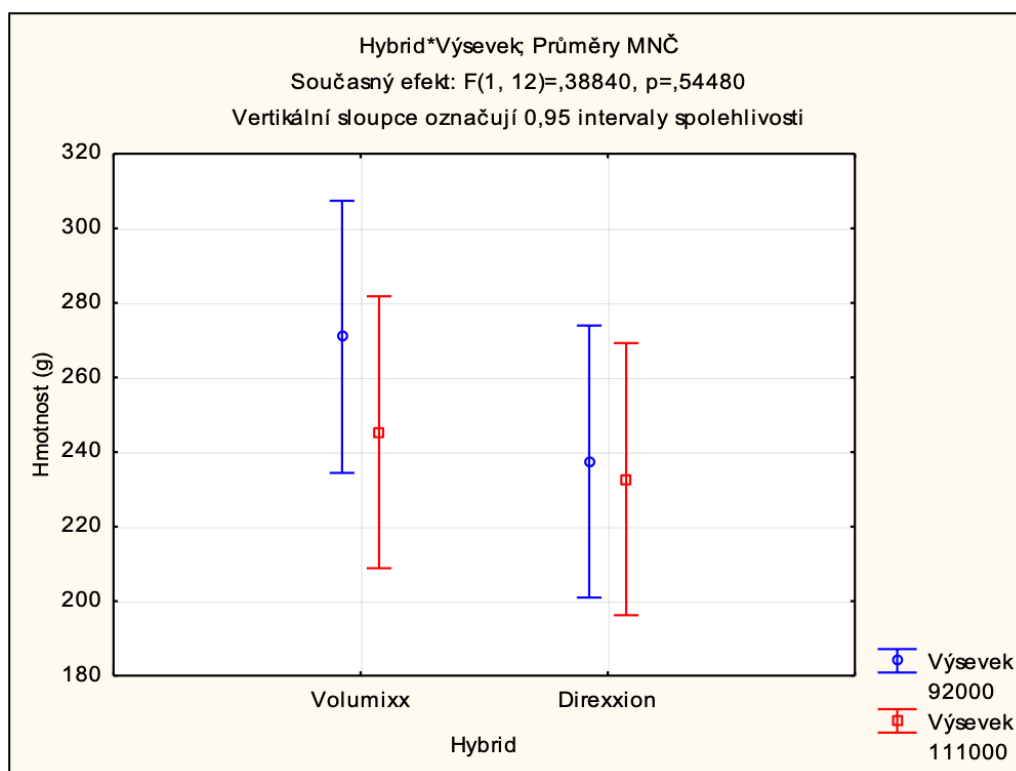
## 5.5 Podíly rostlin

### 5.5.1 Hmotnost jedné rostliny

Na základě hodnot hmotnosti jedné rostliny (g) nebyl statisticky prokázán vliv hybridu, výsevku ani jednotlivých kombinací na hmotnost jedné rostliny (g).

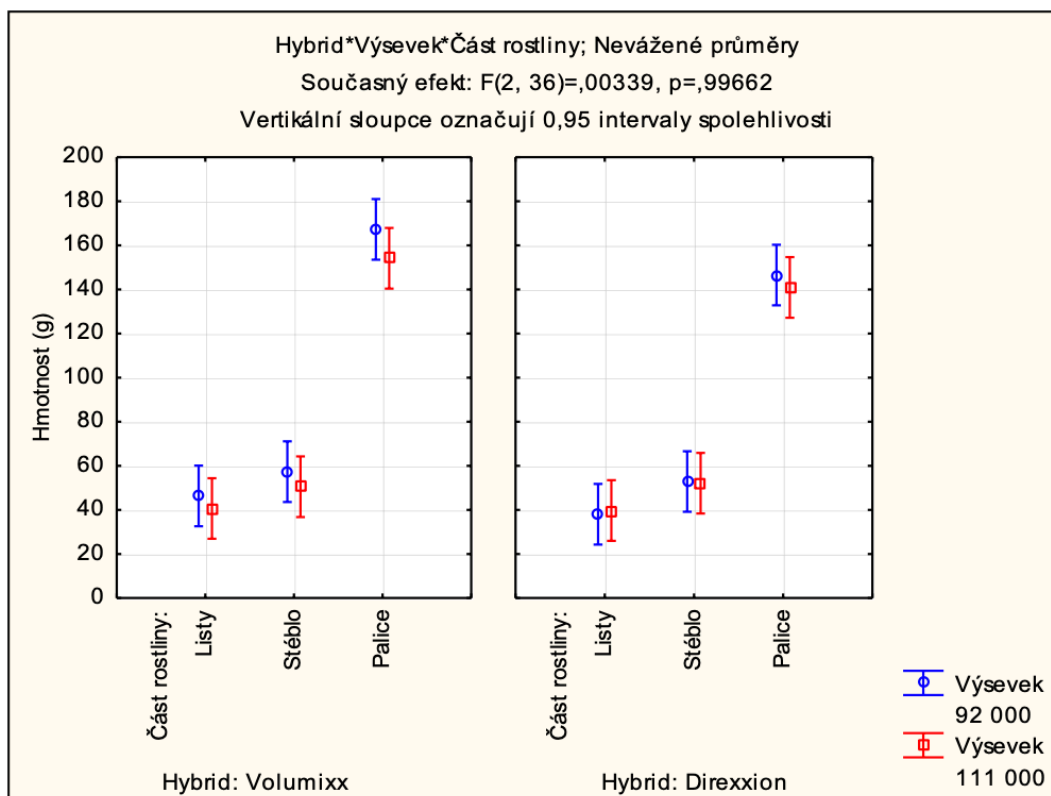


**Graf 7: Hmotnost 1 rostliny (g)**



## 5.5.2 Hmotnost jednotlivých částí rostlin

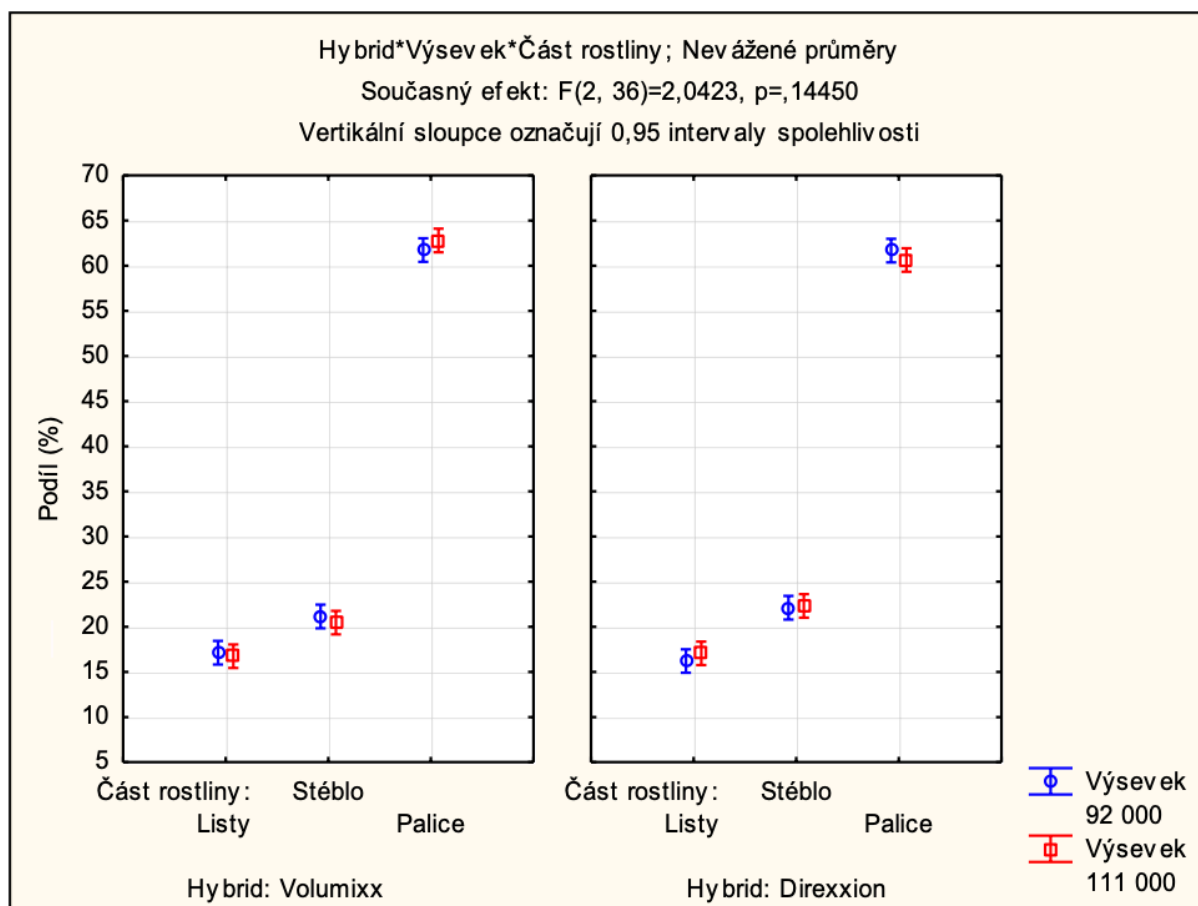
**Graf 8: Hmotnost jednotlivých částí rostlin**



Z pozorování jednotlivých hmotností částí rostlin daných hybridů je rozdíl pouze v hmotnosti palice. Hybrid RGT Volumixx poskytoval těžší palice (160,7g) než hybrid RGT Direxxion (143,73 g.) Vliv rozdílných výsevků na hmotnost jednotlivých částí se statisticky neprokázal.

### 5.5.3 Procentuální podíl jednotlivých částí rostlin

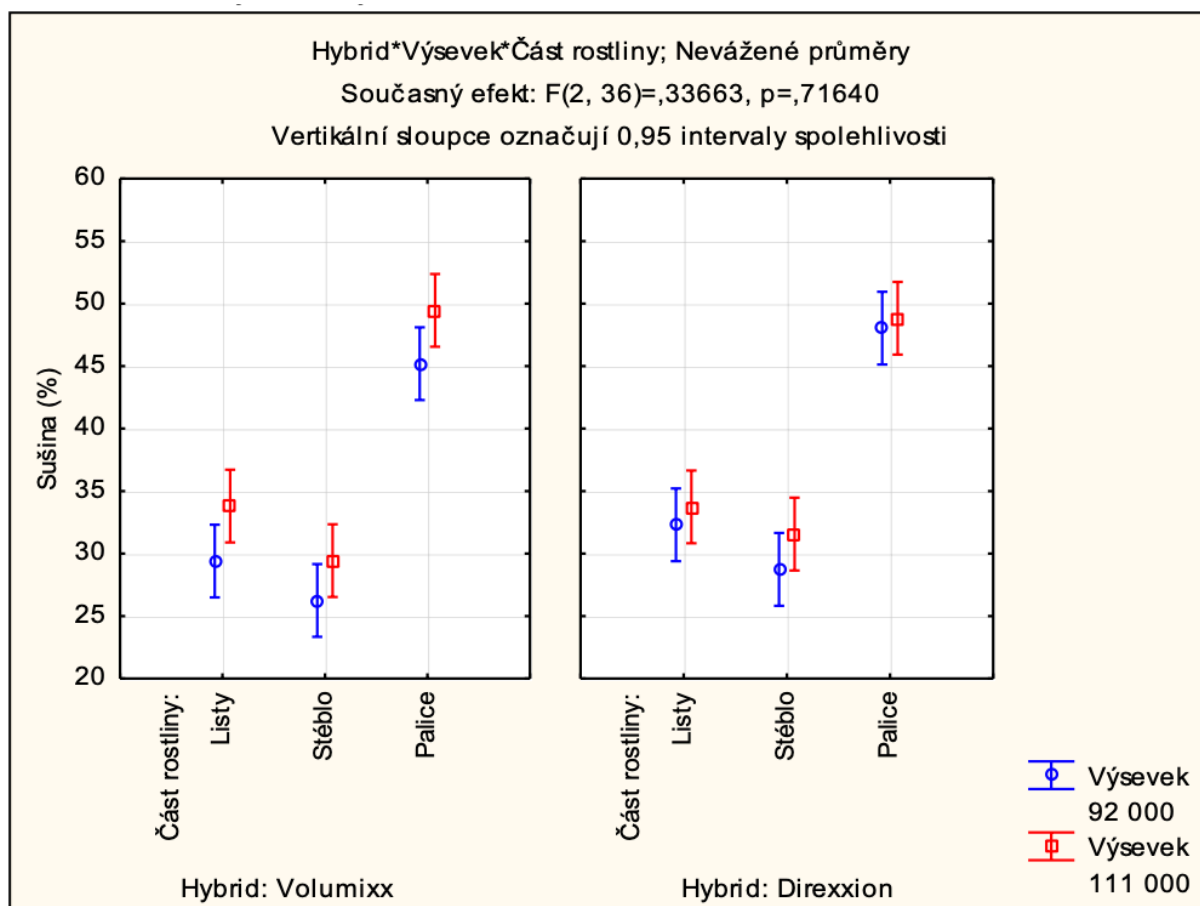
Graf 9: Procentuální podíl jednotlivých částí rostlin



Na základě statistických hodnot viz Graf 9 nebyl sledován vliv hybridu, výsevku ani jednotlivých kombinací na procentuální podíly rostlin kukuřice.

## 5.5.4 Sušina jednotlivých částí rostlin

Graf 10: Sušina jednotlivých částí rostlin



U hybridu RGT Direxxion byla zaznamenána vyšší sušina stébla 30,1 % než u hybridu RGT Volumixx 27,8 %. Hybrid RGT Direxxion vykazoval i vyšší sušinu u listů (33 %) než hybrid RGT Volumixx (31,6 %).

V tabulce 9 jsou prezentovány výsledky kvalitativních parametrů. Hodnocena byla sušina, obsah NL, vláknina, NDF, škrob, SOH a SNDF.

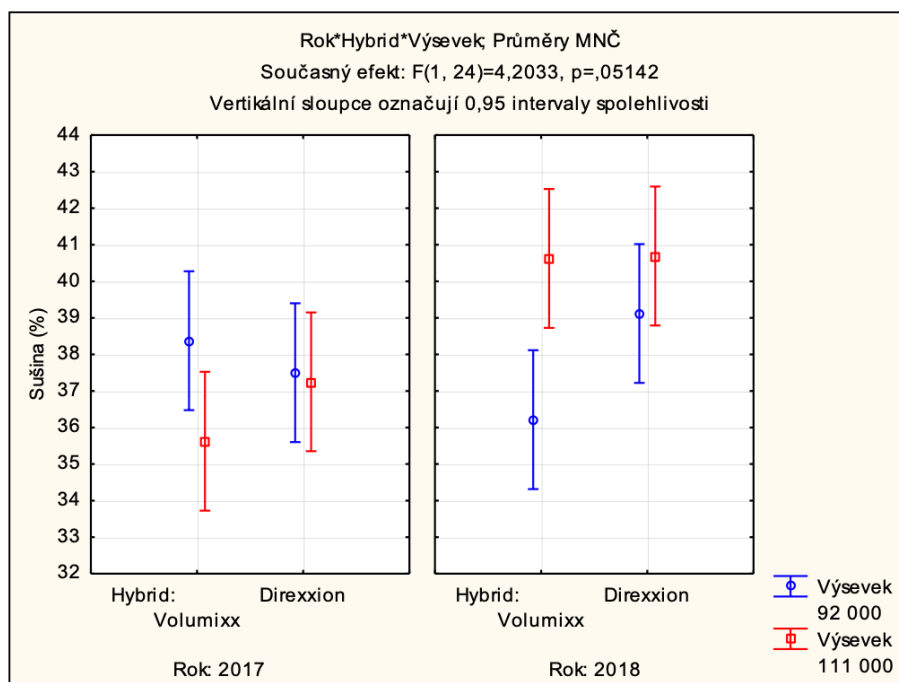
**Tabulka 9: Obsah sušiny, dusíkatých látek, vlákniny, NDF, škrobu, stravitelnost organické hmoty a NDF silážní kukuřice.**

Rok	Hybrid	Výsevek	Sušina	Obsah NL	Vláknina	NDF	Škrob	SOH	SNDF
			%	%	%	%	%	%	%
2017			37,18 <sup>a</sup>	9,15	18,97	42,41 <sup>a</sup>	31,99 <sup>a</sup>	67,28 <sup>a</sup>	49,80 <sup>a</sup>
2018			39,16 <sup>b</sup>	9,10	18,52	39,62 <sup>b</sup>	33,21 <sup>b</sup>	76,77 <sup>b</sup>	60,67 <sup>b</sup>
<i>P</i>			0,006	0,811	0,174	<0,000	0,017	<0,000	0,214
	RGT Volumixx		37,71	9,18	19,30 <sup>a</sup>	42,23 <sup>a</sup>	31,64 <sup>a</sup>	71,54	54,79
	RGT Direxxion		38,64	9,07	18,19 <sup>b</sup>	39,80 <sup>b</sup>	33,54 <sup>b</sup>	72,51	55,68
<i>P</i>			0,166	0,625	0,002	0,001	<0,000	0,206	0,713
		92 000	37,80	9,34 <sup>a</sup>	18,86	40,94	31,94 <sup>a</sup>	71,21 <sup>a</sup>	55,11
		111 000	38,54	8,91 <sup>b</sup>	18,63	41,09	33,30 <sup>b</sup>	72,84 <sup>b</sup>	55,37
<i>P</i>			0,263	0,045	0,481	0,834	0,007	0,039	0,713
RGT Volumixx	92 000		37,29	9,38	19,35 <sup>a</sup>	42,01 <sup>ab</sup>	30,92 <sup>a</sup>	70,18	53,95
	111 000		38,12	8,97	19,26 <sup>a</sup>	42,46 <sup>b</sup>	32,37 <sup>ab</sup>	72,90	55,63
RGT Direxxion	92 000		38,30	9,31	19,38 <sup>ab</sup>	39,88 <sup>ab</sup>	34,23 <sup>bc</sup>	72,24	56,26
	111 000		38,97	8,84	17,99 <sup>b</sup>	39,71 <sup>a</sup>	34,23 <sup>c</sup>	72,78	55,10
<i>P</i>			0,898	0,882	0,617	0,643	0,884	0,155	0,054

## 5.6 Obsah sušiny

Ze statistických údajů (tabulka 9) vyplývá vliv ročníku na obsah sušiny. V roce 2017 se obsah sušiny pohyboval na úrovni 37,18 % a v roce 2018 dosahovaly hodnoty 39,16 %. Nebyl zde prokázán vliv hybridu, výsevku ani kombinace hybrid\*výsevek na obsah sušiny.

**Graf 11: Obsah sušiny v roce 2017 a 2018**

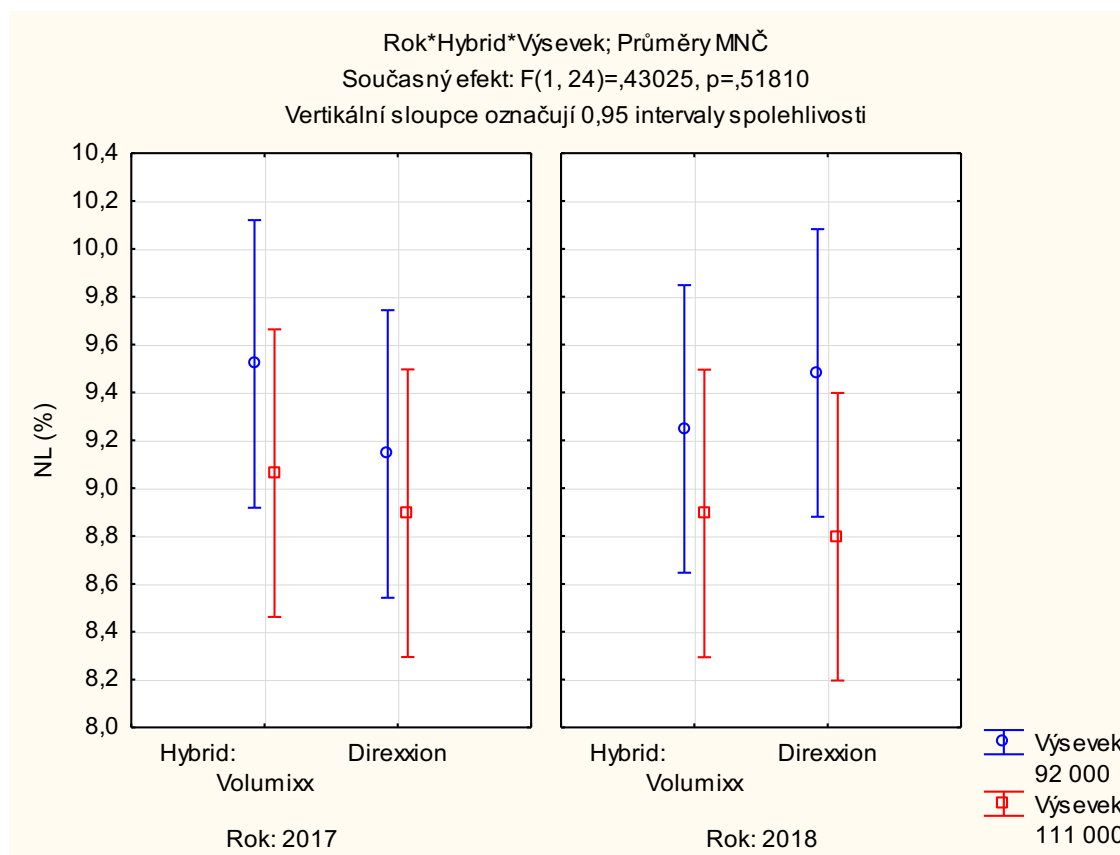


Z grafu 11 je patrné, že v roce 2017 měla nižší hustota vliv na vyšší hodnoty sušiny u hybridu RGT Volumixx, kdežto v roce 2018 se vyskytoval vyšší obsah sušiny u navýšené hustoty. Dále lze konstatovat větší rozdíly mezi jednotlivými výsevků u hybridu RGT Volumixx v obou letech.

## 5.7 Obsah dusíkatých látek

Na základě pozorování obsahu dusíkatých látek (tabulka 9) lze zmínit pouze vliv konkrétních výsevků na obsah dusíkatých látek. Vliv ročníku, hybridů ani jednotlivých kombinací nebyl statisticky prokázán.

**Graf 12: Obsah dusíkatých látek v roce 2017 a 2018**



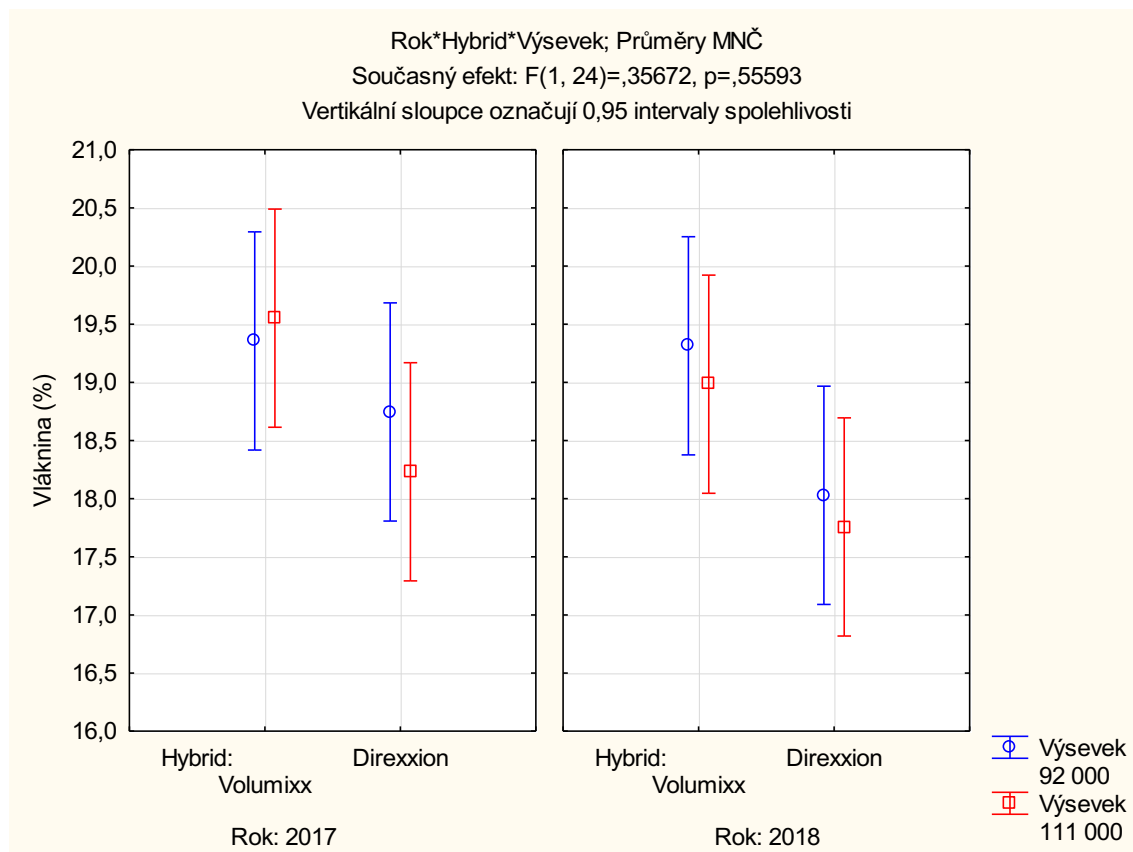
Na základě statistických hodnot graf 12 nebyl zaznamenán vliv kombinace hybridu, výsevku v jednotlivých letech na obsah dusíkatých látek v kukuřici.

## 5.8 Obsah vlákniny

U hybridu RGT Volumixx (tabulka 9) byl zaznamenán vyšší obsah vlákniny (19,30 %), než u hybridu RGT Direxxion (18,19 %). Mezi výsevků a roky nebyly prakticky žádné rozdíly v obsahu vlákniny.

Rozdíl byl statisticky prokázán u kombinace hybrid\*výsevek. Hybrid RGT Volumixx v hustotě 92 000 rostlin/ha poskytl nejvyšší obsah vlákniny (19,33 %), naopak nejmenší hodnoty byly u hybridu RGT Direxxion 111 000 rostlin/ha (17,99%) vlákniny.

**Graf 13: Obsah Vlákniny v roce 2017 a 2018**

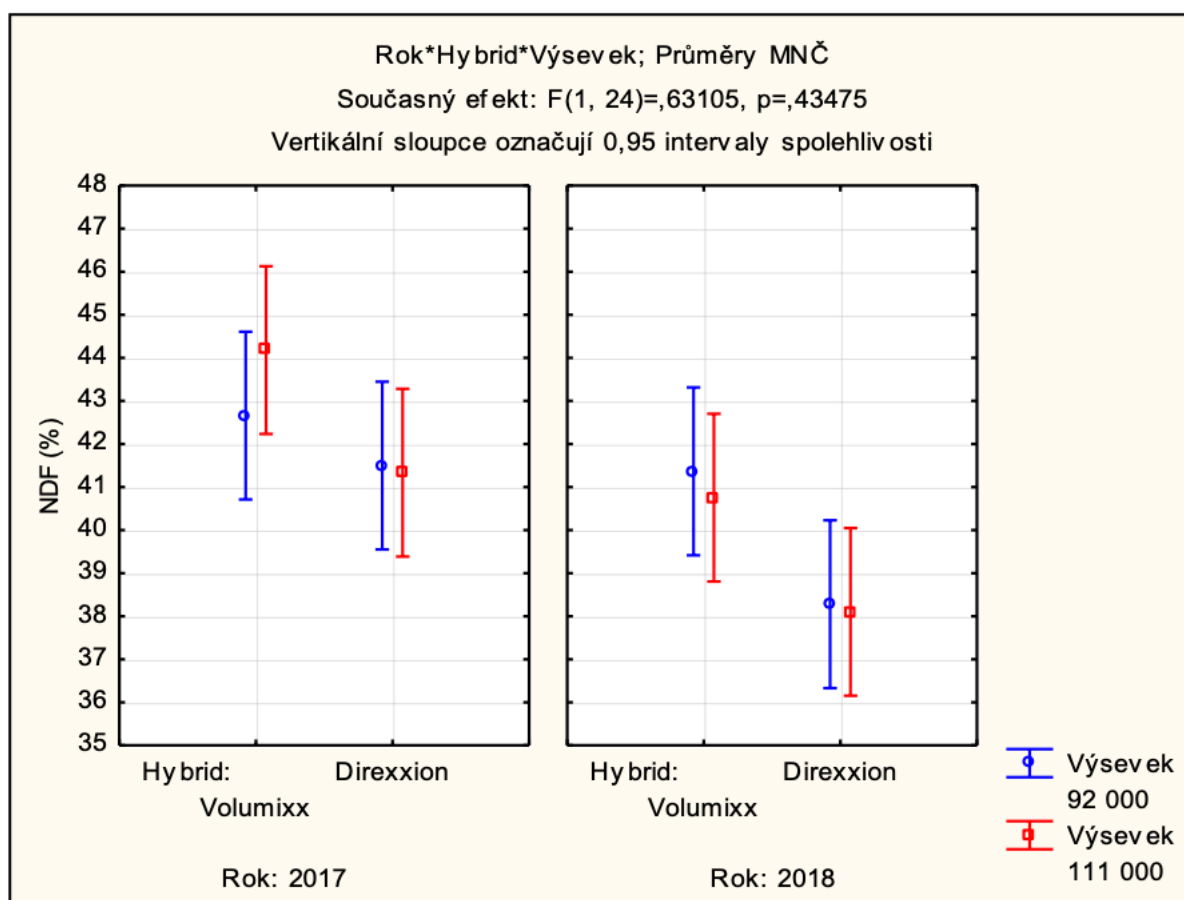


Na základě grafu 13 vyplývá, že nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v kombinaci rok\*hybrid\*výsevek v obsahu vlákniny v kukuřici.

### 5.9 Obsah neutrálně detergentní vlákniny

Na základě hodnot uvedených v tabulce 9 byl sledován vliv ročníku a hybridu na obsah NDF. V roce 2017 získány vyšší hodnoty (42,41 %) a v roce 2018 (39,62 %). U hybridu RGT byly zaznamenány hodnoty 42,23 % a u hybridu RGT Direxxion 39,80 %. Mezi výsevky nebyly statisticky významné rozdíly. Významné rozdíly nebyly ani u kombinace hybrid\*výsevek. Největší rozdíl byl zaznamenán u hybridu RGT Direxxion 111 000 rostlin/ha 39,71 % NDF a u hybridu RGT Volumixx v hustotě 111 000 rostlin/ha, kde hodnoty byly 42,46 % NDF.

Graf 14: Obsah NDF v roce 2017 a 2018



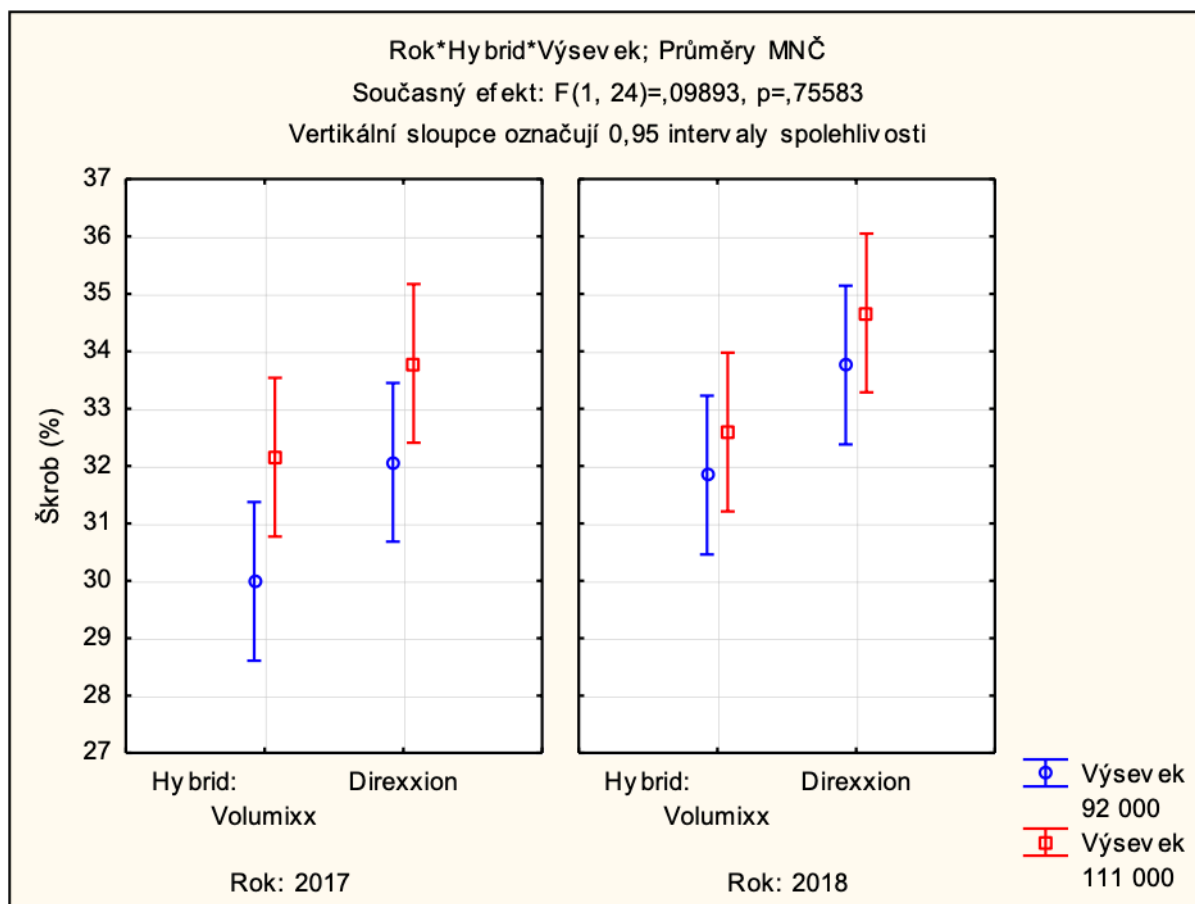
Z výše uvedeného grafu 14 vyplývá statistický rozdíl mezi jednotlivými hodnotami v obsahu NDF. Významný rozdíl byl v roce 2017 u hybridu RGT Volumixx, kde v navýšené hustotě 111 000 rostlin/ ha byly získány vyšší hodnoty (44,18 %) NDF, kdežto v u výsevku 92 000 rostlin/ ha byly hodnoty (42,65 %) NDF. I v roce 2018 byl rozdíl u hybridu RGT Volumixx mezi jednotlivými výsevkami, vyšší hodnoty byly získány u nižší hustoty 92 000 rostlin/ha.

U hybridu RGT Direxxion nebyl sledován významný rozdíl v obsahu NDF v jednotlivých hustotách v uvedených letech.

### 5.10 Obsah škrobu

Z tabulky 9 lze vyčíst rozdíl mezi jednotlivými lety v obsahu škrobu. V roce 2017 se obsah škrobu pohyboval 31,99 % a v roce 2018 33,21 %. Dále byl sledován průkazný rozdíl mezi hybridy. U hybridu RGT Volumixx byl obsah škrobu (31,64 %) a u hybridu RGT Direxxion byl (33,54 %). Byl prokázán i vliv hustoty na obsah škrobu. Vyšších hodnot bylo získáno u navýšené hustoty 111 000 rostlin/ ha, kde obsah škrobu byl (33,30 %), kdežto u základního výsevku 92 000 rostlin/ha byl obsah (31,91 %). Nejvyšší obsah škrobu byl získán u kombinace hybrid\*výsevek RGT Direxxion 111 000 rostlin/ha, kde se hodnoty pohybovaly na úrovni (34,23 %). Naopak nejméně škrobu poskytla varianta RGT Volumixx 92 000 rostlin/ha (30,92 %).

Graf 15: Obsah škrobu v roce 2017 a 2018



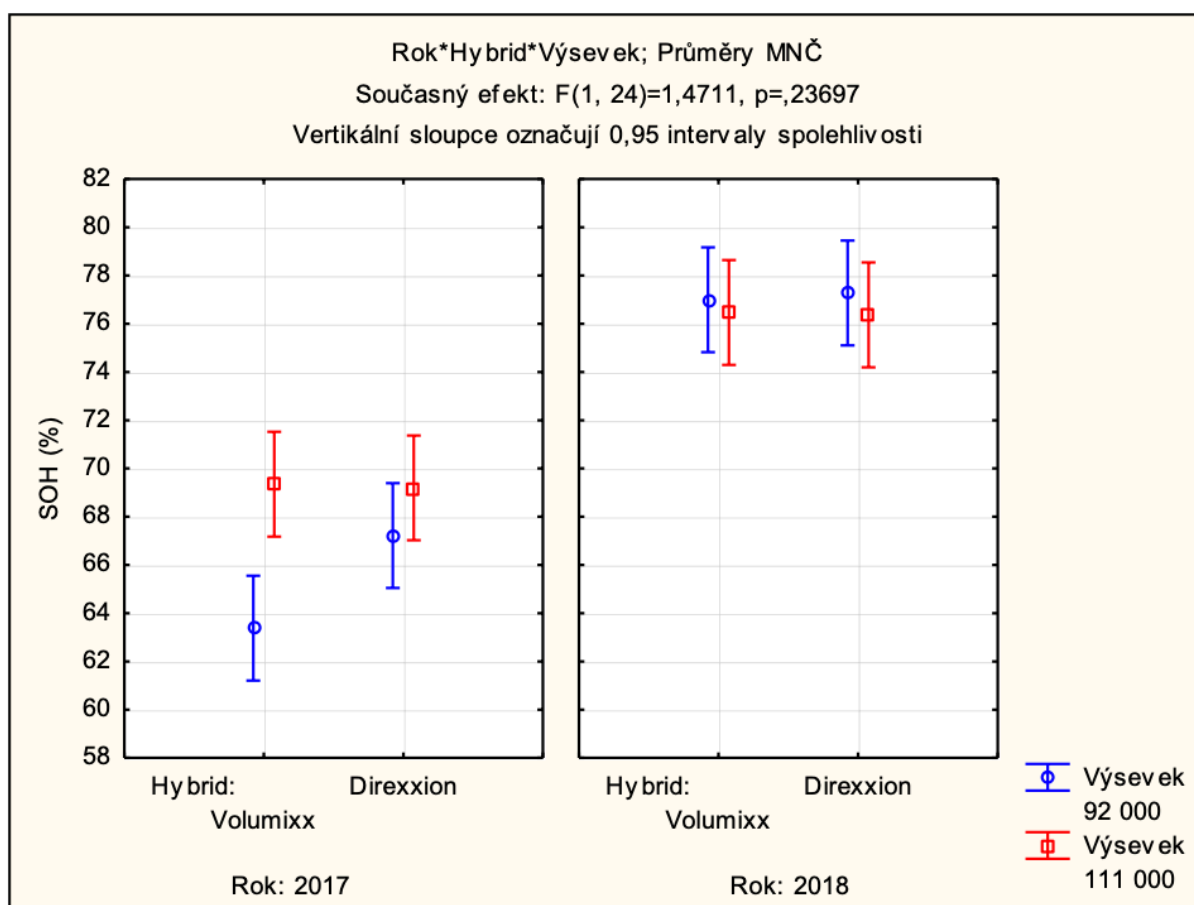
Z grafu 15 vyplývá významný vliv výsevku na obsah škrobu u použitých hybridů. Z uvedených hodnot je patrný vyšší obsah škrobu u navýšené hustoty porostu 110 000 rostlin/ha u obou hybridů v roce 2017 i 2018.

### 5.11 Stravitelnost organické hmoty

Tabulka 9 uvádí vliv ročníku na obsah stravitelné hmoty. V roce 2017 byla stravitelnost organické hmoty 67,28 % a v roce 2018 76,77 %. Vliv hybridů nebyl prokázán. Mezi výsevky byl průkazný rozdíl. V hustotě 92 000 rostlin/ha byla stravitelnost 71,21 %, kdežto v hustotě 111 000 rostlin/ha byla hodnota 72,84 %. Vliv kombinace hybrid\*výsevku na stravitelnost organické hmoty nebyl statisticky prokázán.



**Graf 16: Stravitelnost organické hmoty v roce 2017 a 2018**



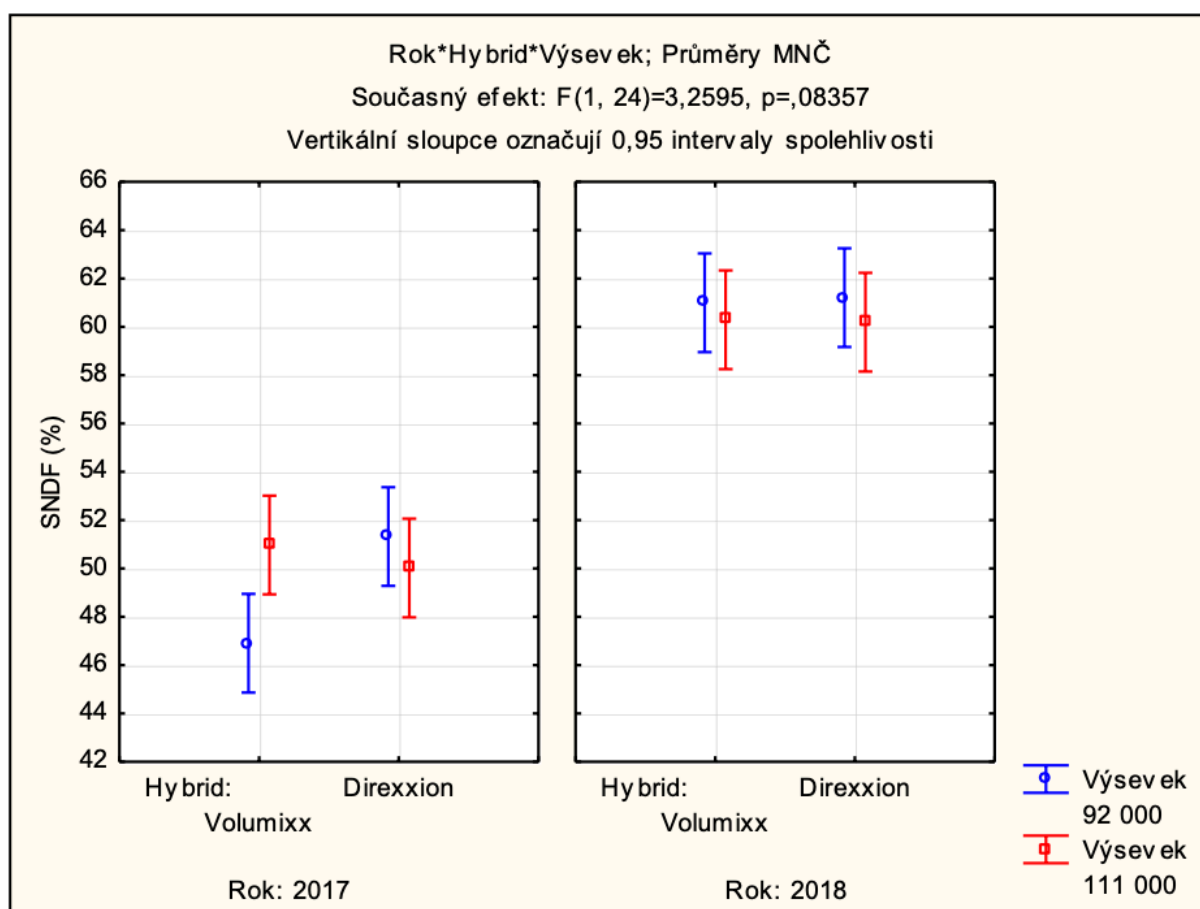
Z grafu 16 jsou patrné významné rozdíly mezi jednotlivými roky, hybridy i výsevkami ve stravitelnosti organické hmoty. Významný rozdíl se projevil v roce 2017 u hybridu RGT Volumixx, kde ve výsevku 92 000 rostlin/ha byla hodnota 63,37 % a v hustotě 111 000 rostlin/ha byla stravitelnost 69,19 %. Také u hybridu RGT Direxxion v roce 2017 byla stravitelnost vyšší ve prospěch navýšené hustoty.

Jak je patrné rok 2018 byl mezi použitými hybridy a výsevkami vyrovnanější a nebyly zde tak významné rozdíly jako v roce 2017.

### 5.12 Stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny

V jednotlivých letech (tabulka 9) byl prokázán značný rozdíl mezi stravitelností NDF. V roce 2017 byla hodnota 49,80 % a v roce 2018 byla 60,67 %. Rozdíl nebyl prokázán u jednotlivých hybridů, výsevků ani kombinace hybrid\*výsevek.

**Graf 17: Stravitelnost NDF v roce 2017 a 2018**



Z grafu 17 je patrný významný rozdíl mezi jednotlivými hybridy a výsevky v jednotlivých letech. V roce 2018 hodnoty stravitelnosti dosahovaly vyšších hodnot.

V roce 2018 byla vyšší stravitelnost NDF u obou hybridů v základním výsevku 92 000 rostlin/ha. V roce 2017 byla vyšší stravitelnost získána u hybridu RGT Volumixx 111 000 rostlin/ha, kdežto u hybridu RGT Direxxion byla vyšší stravitelnost u výsevku 92 000 rostlin/ha.

### 5.13 Hodnocení ekonomických ukazatelů

Cena za 1 výsevní jednotku (50 000 zrn) obou hybridů byla shodná a činila 2 390 Kč. Z výsledků, které jsou uvedeny v tabulce 10, je patrné, že u navýšeného výsevku 111 000 rostlin/ha jsou náklady na osivo na 1 ha vyšší a činí 5 306 Kč. Z uvedených variant v roce 2017 byly nejnižší náklady na 1 tunu výnosu čerstvé hmoty u hybridu RGT Volumixx 92 000 rostlin/ha, kde náklady činily 83 Kč. Náklady na 1 tunu výnosu suché hmoty byly nejnižší pro hybrid RGT Direxxion 92 000 rostlin/ha a činí 186 Kč.

V roce 2018 byly nejnižší náklady na 1 tunu výnosu čerstvé (103 Kč) a suché hmoty (262 Kč) opět pro základní výsevku 92 000 rostlin/ha, a to pro hybrid RGT Direxxion.

Z uvedeného tedy vyplývá, že ekonomicky přijatelnější bylo založení porostu s nižším výsevkiem 92 000 rostlin/ha s ohledem na výnos čerstvé i suché hmoty silážní kukuřice.

**Tabulka 10: Celkové ekonomické ukazatele pěstovaných variant za použití rozdílných hybridů a výsevků**

Rok	Hybrid	Výsevek	Výnos čerstvé hmoty (t/ha)	Výnos suché hmoty (t/ha)	Náklady na osivo (Kč/ha)	Náklady na 1 t výnosu čerstvé hmoty (Kč/t)	Náklady na 1 t výnosu suché hmoty (Kč/t)
2017	<b>Volumixx</b>	92 000	53,23	22,34	4 398	<i>83</i>	<i>197</i>
		111 000	55,82	20,29	5 306	<i>95</i>	<i>262</i>
	<b>Direxxion</b>	92 000	47,39	23,67	4 398	<i>93</i>	<i>186</i>
		111 000	50,96	20,29	5 306	<i>104</i>	<i>262</i>
2018	<b>Volumixx</b>	92 000	40,33	16,60	4 398	<i>109</i>	<i>265</i>
		111 000	45,63	16,43	5 306	<i>116</i>	<i>323</i>
	<b>Direxxion</b>	92 000	42,83	16,79	4 398	<i>103</i>	<i>262</i>
		111 000	47,90	19,28	5 306	<i>111</i>	<i>275</i>

## 6 Diskuze

Cílem práce na základě polního experimentu bylo zhodnotit vliv dvou hybridů RGT Volumixx a RGT Direxxion v interakci s rozdílnými výsevkami 92 000 rostlin/ha a 111 000 rostlin/ha na výnos a kvalitativní parametry silážní kukuřice.

Dle Schittenhelma (2008) je jeden z významných faktorů ovlivňující výnos volba správného hybridu. Jak uvádí Svoboda (2004) správná volba hybridu může ovlivnit výnos až ze 30 %. Lze konstatovat, že výběr vhodného hybridu není v současné době snadná záležitost, neboť v aktuálním vydání Státní odrůdové knihy je zapsáno 415 hybridů, což ve srovnání s jinými plodinami je jednoznačně nejvyšší počet. Podle Tatarčíkové et al. (2011) pro dosažení maximálního využití potenciálu rostlin, je nutné pro dané podmínky zvolit správný hybrid požadovanými vlastnostmi. Důležitým kritériem pro výběr hybridu je jeho ranost, která je charakterizována hodnotou FAO (Zimolka et al. 2008). Ve sledovaném experimentu byly zvoleny středně rané hybridy s hodnou FAO 250 a 260. Z výsledků je patrné, že rozdíl ve výnosu čerstvé hmoty mezi hybridy je téměř zanedbatelný, což může být způsobeno malým rozdílem mezi ranostmi hybridů.

Sangoi (2001) uvádí, že pro dosažení maximálního výnosu silážní hmoty je nutné zvolit takový výsevek, který odpovídá podmínkám stanoviště a koreluje s vlastnostmi použitého hybridu. Populace rostlin pro dosažení optimálního výnosu se pohybuje mezi 30 000 – 90 000 rostlin na hektar v závislosti na dostupnosti vody, úrodnosti půdy, termínu setí apod. Dahmardeh (2011) zmiňuje, že u výsevku 140 000 rostlin/ha dochází k významné redukci výnosového potenciálu rostlin. Pro pokus byl stanoven základní výsevek 92 000 rostlin/ha a výsevek navýšený o 20 %, tedy 111 000 rostlin/ha. Dle Fuksy et al. (2016) postupné navyšování výsevku vede ke zvyšování výnosu. V pokusu se toto tvrzení nepotvrdilo, jelikož výnos byl téměř shodný u obou výsevků. Z porovnání výsevků a hybridů je patrné, že ani zde nebyly mezi jednotlivými kombinacemi markantní rozdíly. Největší výnosový potenciál byl získán u kombinace RGT Direxxion 92 000 rostlin/ha. Carpici et al. (2010) prokázali, že se zvyšující se hustotou porostu se zvyšuje výnos suché hmoty. Toto tvrzení se ve sledovaném pokusu nepotvrdilo. Mezi jednotlivými výsevkami nebyly téměř žádné rozdíly ve výnosu suché hmoty.

Podle Widdicombe et al. (2002) hmotnost rostlin vychází z výnosového potenciálu daného hybridu a dále je ovlivněna podmínkami stanoviště, konkurencí mezi rostlinami a úrovní hnojení. Ze statistických hodnot je patrné, že mezi hybridy a výsevkami nebyl žádný rozdíl v hmotnosti jedné rostliny. Nejvyšší hmotnost jedné rostliny byla 270,9 g u hybridu RGT Volumixx při výsevku 92 000 rostlin/ha.

Abuzar et al. (2011) uvádí ve svém pokusu vliv hustoty na výšku rostlin. Nejvyšší rostliny byly získány z hustoty 100 000 rostlin/ha. Naopak výrazné snížení (80 000 rostlin/ha) a navýšení (140 000 rostlin/ha) vedlo k markantnímu snížení výšky rostlin. Ve sledovaném pokusu byl statisticky prokázán vliv hybridů na výšku rostlin, kde hybrid RGT Direxxion vykazoval vyšší průměrnou výšku (1,76 m) než hybrid RGT Volumixx (1,69 m), což je v souladu s očekáváním, neboť se jedná o pozdnější hybrid. Dále byl také sledován vliv výsevků na výšku

rostlin kukuřice. U navýšeného výsevu 111 000 rostlin/ha byly naměřeny vyšší rostliny (1,75 m), než u základního výsevu 92 000 rostlin/ha (1,70 m).

Výnos kukuřice je mj. závislý na velikosti listové plochy, tj. hodnotě LAI. Optimální hodnoty LAI pro dosažení optimálního výnosu se pohybují v rozpětí 3–4 (Maqbool et al. 2006). Prasad et Brook (2005) uvádí, že se zvyšující se hustotou roste index listové plochy, což se v našem pokusu nepotvrdilo a ze statistických hodnot je průkazný rozdíl pouze mezi jednotlivými roky. V roce 2017 byly hodnoty LAI 5,79 a v roce 2018 byly hodnoty 4,75.

Jak uvádějí Třináctý et al. (2013) na základě čtených experimentů, doporučený obsah sušiny kukuřice při sklizni na siláž by se měl pohybovat mezi 28–35 %. Komainda et al. (2018) zmiňuje termín sklizně jako významný faktor pro obsah sušiny. V našem pokusu byly zaznamenány hodnoty sušiny v roce 2017 37,18 % a v roce 2018 39,16 %. Tento parametr nebyl ovlivněn hybridy ani výší výsevků. Rozdíl mezi jednotlivými roky je dán termínem sklizně a odlišným počasím, kdy rok 2018 byl výrazně teplejší a sušší, než rok 2017.

Komainda et al. (2018) na základě pokusů zjistili, že výnos suché hmoty je významně ovlivněn termínem sklizně. U hybridů, které byly sklizeny dříve, došlo k poklesu výnosu suché hmoty. Z výsledků je zřejmý rozdíl mezi jednotlivými roky. V roce 2017 byl výnos suché hmoty 22,25 t/ha a v roce 2018 byl výnos 17,27 t/ha. Rok 2018 byl velmi suchý, a proto bylo nutné rostliny sklídit, co nejdříve. Sklizeň proběhla 22.8. 2018, kdežto v roce 2017 byla sklizeň 4.10. 2017.

Za optimální obsah škrobu je považováno rozmezí 25–35 % (Ferreira et Martens 2005). V našem pokusu jsme těchto hodnot dosáhli. Statisticky významný rozdíl byl mezi hybridy. Hybrid RGT Volumixx dosahoval hodnot 31,64 % a hybrid RGT Direxxion 33,54 %. Dále byl prokázán vliv výsevu na obsah škrobu. V navýšeném výsevu byly naměřeny vyšší hodnoty 33,30 % škrobu. Podle Goodinga et al. (2003) sucho zkracuje dobu plnění zrn a ovlivňuje obsah škrobu. Zhanng et al. (2007) ve svém pokusu zjistili, že v suchém a teplém roce může dojít ke snížení obsahu škrobu až o 10 %. To se v našem pokusu nepotvrdilo, přestože rok 2018 byl velmi suchý, obsah škrobu se navýšil o 0,22 % než v roce 2017.

Jak uvádí Mikyska (2011) do popředí hodnocení kvality se začíná prosazovat systém hodnocení vlákniny, tedy ADF a NDF. Çarpici et al. (2010) zjistili, že navýšená hustota vede ke zvýšení obsahu vlákniny, což se v pokusu neprojevilo, neboť hodnoty byly téměř stejné pro oba výsevky. Statisticky významný rozdíl byl mezi použitými hybridy. RGT Volumixx obsahoval 19,30 % vlákniny a RGT Direxxion 18,19 %.

V kukuřičných silážích se běžně vyskytuje NDF v sušině kolem 45 % (Loučka et al. 2015). Těchto hodnot jsme nedosáhli, v roce 2017 byl obsah NDF 42,41 % a v roce 2018 39,62 %. Nižší hodnoty NDF v roce 2018 lze vysvětlit vyšším obsahem škrobu (Wiersma et al. 1993). Významný rozdíl byl i mezi hybridy. Hybrid RGT Volumixx dosáhl 42,23% obsahu NDF a hybrid RGT Direxxion 39,80 %.

Oba et Alen (1999) uvádějí, že stravitelnost NDF se pohybuje mezi 45–64 %. Zvýšení stravitelnosti o pouhé 1 % vede ke zvýšení příjmu sušiny u dojnic o zhruba půl kilogramu (Oba et Alen, 1999). Stravitelnost by tedy měla být, co nejvyšší. V našem experimentu byl významný rozdíl mezi roky. V roce 2017 byla stravitelnost NDF 49,80 % a v roce 2018 byla 60,67 %.

Cox et Cherney (2005) uvádějí právě významný vliv pěstitelských podmínek a klimatu na stravitelnost NDF. Vliv hybridů ani výsevků se v našem pokusu neprokázal.

Weller et al. (1985) uvádí, že stravitelnost organické hmoty kukuřičné siláže je okolo 72 % a nejvíce je ovlivněna použitými hybridy. V pokuse mezi hybridy nebyl markantní rozdíl ve stravitelnosti organické hmoty. Rozdíl byl mezi jednotlivými roky, kdy v roce 2018 byla stravitelnost organické hmoty o 9,49 % vyšší než v roce předešlém. Dále se zde projevil vliv výsevků. Vyšší stravitelnost organické hmoty byla ve prospěch hustoty 111 000 rostlin/ha.

Podle Fishera et al. (1989) je nejvýznamnější faktor ovlivňující výnos silážní kukuřice průběh počasí během vegetace. Dlouhodobý teplotní normál (1961-1990) byl pro Královehradecký kraj v roce (2017) 7,8 °C. Na lokalitě Sobotka se pohybovala průměrná roční teplota nad dlouhodobým teplotním normálem. Průměrná roční teplota byla 9,3 °C. Rok 2018 byl celý nadprůměrně teplý. Průměrná teplota byla 13,4 °C.

V roce 2017 spadlo na Sobotecku průměrně 747 mm srážek. Srážky se tak blížily dlouhodobému normálu z let 1961-1990, který tvoří 760 mm srážek ročně (zdroj ČHMÚ). Kdežto rok 2018 byl významně suchým rokem. V roce 2018 spadlo 467,4 mm.

Vegetační doba díky suchému a teplému roku 2018 byla oproti jiným rokům značně zkrácena. Už 22.8.2018 proběhla sklizeň kukuřice v době silážní zralosti. Lai et al. (2019) uvádějí, že sucho má velký dopad na výsledný výnos silážní kukuřice. Což se projevilo i v našem pokusu, kdy rok 2018 vyšel jako méně výnosný rok než rok předcházející.

Pěstování silážní kukuřice je ekonomicky výhodné, jelikož dosahuje při relativně nízkých nákladech vysokých výnosů živin. Ekonomické hodnocení je významně ovlivněno pěstitelskými a povětrnostními podmínkami (Mikyska 2010). Cílem naší ekonomické analýzy bylo zjistit, zda se budou lišit náklady na 1 tunu výnosu silážní kukuřice s rozdílnými výsevky. Z výsledků je patrné, že ekonomicky přijatelnější bylo založení porostu s nižším výsevkiem 92 000 rostlin/ha s ohledem na výnos čerstvé i suché hmoty silážní kukuřice, jelikož nejnižší náklady na 1 tunu výnosu čerstvé hmoty byly u hybridu RGT Volumixx 92 000 rostlin/ha (83 Kč). Náklady na 1 tunu výnosu suché hmoty byly nejnižší pro hybrid RGT Direxxion 92 000 rostlin/ha a činily 186 Kč.

V roce 2018 byly nejnižší náklady na 1 tunu výnosu čerstvé (103 Kč) a suché hmoty (262 Kč) opět pro základní výsvek 92 000 rostlin/ha, a to pro hybrid RGT Direxxion.

## 7 Závěr

Hlavním cílem teoretické části diplomové práce bylo vypracovat literární rešerši na téma vlivu výsevku a hybridu na výnosové a kvalitativní parametry silážní kukuřice. V experimentální části byl sledován vliv hustoty porostu (92 000 a 111 000 rostlin/ha) v interakci s dvěma hybridy (RGT Volumixx a RGT Direxxion) na výnos a kvalitu silážní kukuřice.

Z výsledků vyplývá prokazatelný vliv hybridů na výšku rostlin, kdy hybrid RGT Direxxion byl vyšší než hybrid RGT Volumixx. Vyšší rostliny byly naměřeny při vyšší hustotě 111 000 rostlin/ha. Výsledky také prokázaly vliv ročníku na výšku rostlin.

Vliv hybridů a výsevků se na hodnotách LAI neprojevil. U hodnot LAI byl shledán statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými roky. V roce 2017 se hodnoty LAI pohybovaly na vyšší úrovni.

Nebyl prokázán vliv hybridů a výsevků na výnos čerstvé i suché hmoty. Rozdíl ve výnosu čerstvé a suché hmoty byl shledán mezi jednotlivými roky, kdy v roce 2017 dosahovaly výnosy vyšších hodnot.

Na obsah sušiny neměly vliv hybridy ani rozdílné výsevky. V roce 2018 byl zaznamenán vyšší obsah sušiny (39,16 %) než v roce 2017 (37,18 %).

Statisticky byl prokázán vliv výsevku na obsah dusíkatých látek. U hustoty 92 000 rostlin/ha byl vyšší obsah dusíkatých látek. Vliv hybridů nebyl prokázán.

Vyšší obsah vlákniny byl zjištěn u hybridu RGT Volumixx, rozdílné výsevky neměly na tento parametr zásadní vliv.

Na obsah NDF se projevil vliv hybridu, vyšší obsah byl stanoven u hybridu RGT Volumixx (42,23 %), než u hybridu RGT Direxxion (39,80 %). Rozdílné výsevky neměly žádný vliv na obsah NDF.

Hybrid RGT Direxxion obsahoval více škrobu (33,54 %) než hybrid RGT Volumixx (31,64 %). Byl prokázán i vliv výsevků na obsah škrobu, vyšší hodnoty byly získány ve prospěch hustoty 111 000 rostlin/ha.

Na stravitelnosti organické hmoty se prokázal vliv výsevků. Vyšší stravitelnost byla zjištěna ve prospěch navýšené hustoty 111 000 rostlin/ha. Na stravitelnost NDF neměly vliv hybridy ani rozdílné výsevky.

Z ekonomické analýzy vyplývá, že ekonomicky přijatelnější je založení porostu s nižším výsevkem 92 000 rostlin/ha s ohledem na výnos čerstvé i suché hmoty silážní kukuřice.

Z dosažených výsledků je patrný největší vliv ročníku na výnosové a kvalitativní parametry. Dále je patrný větší rozdíl mezi porovnávanými hybridy oproti vlivu odlišných výsevků na výnosové a kvalitativní parametry silážní kukuřice.

## 8 Seznam literatury

Abuzar MR, Sadozai GU, Baloch AA, Shah IH, Javaid T, Hussain N. 2011. Effect of Plant Population Densities on Yield of Maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, **21**:692-695.

Bal MA, Shaver RD, Jirovec AG, Shinnors KJ, Coors JG. 2000. Crop Processing and Chop Length of Corn Silage: Effects on Intake, Digestion, and Milk Production by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **83**:1264-1273. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030200749939>.

Balík J. 2010. Vliv hnojení na půdní vlastnosti a půdní úrodnost **2010**. Available at <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vliv-hnojeni-na-pudni-vlastnosti-a-pudni-urodnost> (accessed June 12, 2020).

Ball D, Collins M, Lacefield G, Martin N, Mertens D, Olson K, Putnam D, Undersander D, Wolf M. 1995. Understanding forage quality, 1st. American Farm Bureau Federation Publication, Park Ridge.

Ballard CS, Thomas ED, Tsang DS, Mandevvu P, Sniffen CJ, Endres MI, Carter MP. 2001. Effect of Corn Silage Hybrid on Dry Matter Yield, Nutrient Composition, In vitro Digestion, Intake by Dairy Heifers, and Milk Production by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **84**: 442-452.

Barutcular C, Dizlek H, El-Sabagh A, Sahin T, Elsabagh M, Islam MS. 2016. Nutritional quality of maize in response to drought stress during grain-filling stages in mediterranean climate condition. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* **4**: 654-652.

Bullock D, Khan S, Rayburn A. 1998. Soybean responses to narrow rows is largely due to enhanced early growth. *Crop Science, Madison* **38**: 1011-1016.

Buxton DR, Muck RE, Harrison JH. 2003. Silage Science and Technology. American Society of Agronomy-Crop Science Society of America-Soil Science Society of America, Wisconsin.

Çarpici EB, Çelik N, Bayram G. 2010. Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops* **15**:128-132.

Cox WJ, Cherney JH. 2005. Timing corn forage harvest for bunker silos. *Agronomy Journal* **97**: 142-146.

Čeřovská M. 2005. Pěstování Bt kukuřice v ČR. *Zemědělský týdeník* **11**:1-10.

Čižmár D. (2007) Aplikace NIRS v zemědělské analytice. PhD Diss. Brno, ČR Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

Dahmardeh, M. 2011. Effect of plant density and nitrogen rate on PAR absorption and maize yield. *American Journal of Plant Physiology* **6**: 44-49.

Doležal P. 2011. Jak to vidím já:silážování. *Náš chov* **3**: 39-42.



Ferreira G, Martens DR. 2005. Chemical and physical characteristics of corn silage and their effects on in vitro disappearance. *Journal of Dairy Science* **88**: 4414-4425.

Fischer KS, Edmeades GO, Johnson EC. 1989. Selection for the improvement of maize yield under moisture-deficits. *Field Crops Research* **22**: 227-243.

Fuksa P, Hakl J, Šantrůček J. 2017. Vliv hybridu a výsevu na výnos silážní kukuřice. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vlivhybridu-a-vysevu-na-vynos-silazni-kukurice> (accessed February 2019).

Fuksa P. 2018. Vliv organizace porostu silážní kukuřice na produkci bioplynu. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vliv-organizace-porostu-silazni-kukuricena-produkci-bioplynu> (accessed February 2019).

Fuksa P, Kalista J. 2006. Výběr hybridů kukuřice v roce 2006. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vyberhybridu-kukurice-v-roce-2006> (accessed February 2019).

Gaile Z, Arhipova I. 2015. Influence of meteorological factors on maize performance in Latvia. *Proceeding of the Latvian Academy of Sciences* **69**: 68-76.

Gooding MJ, Ellis RH, Shewry PR, Schofield JD. 2003. Effects of Restricted Water Availability and Increased Temperature on the Grain Filling, Drying and Quality of Winter Wheat. *Journal of Cereal Science* **37**:295-309. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521002905011>.

Gullickson G. 2015. Boost Plant Population with Twin-rows. *Successful Farming* **10**:1-5. Available at [https://www.agriculture.com/crops/corn-high-yield-team/boost-plt-population-with-twinrows\\_545-ar47526](https://www.agriculture.com/crops/corn-high-yield-team/boost-plt-population-with-twinrows_545-ar47526) (accessed July 19, 2020).

Havlíčková K, Wegner J, Boháč J, Štěrbá Z, Hutla P, Knápek J, Vašíček J, Stražil Z, Kajan M, Lhotský R. 2008. Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice, Průhonice.

Chloupek O. 2008. Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Acadamia, Praha.

Ibáñez LSM, Aloman D. 2008. Prediction of the chemical composition and fermentation parameters of pasture silage by near infrared reflectance spectroscopy (NIR). *Chilean journal of agricultural research* **68**: 352-359.

Jambor V. 2014. Co ovlivňuje výrobu kvalitní kukuřičné siláže pro vysokoprodukční dojnice. *Nutrivet* **1**:1-7.

Ježková A. 2012. Výběr hybridů kukuřice podle FAO. Available at <https://www.naschov.cz/vyber-hybridu-kukurice-podle-fao/> (accessed June 12, 2020).

Joanning SW, Johnson DE, Barry BP. 1981. Nutrient digestibility depressions in corn silage - corn grain mixtures fed to steers. *Journal of Animal Science* **53**: 1095-1103.

- Jonckheere I, Fleck S, Nackaerts K, Muys B, Coppin P, Weiss M, Baret F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology* **121**: 19-35.
- Jursík M, Soukup J. 2010. Důležité aspekty regulace plevelů v. kukuřice. *Agromanuál* **3**: 12-15.
- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. ProfiPress s.r.o. Praha.
- Komainda M, Taube F, Kluß Ch, Hermann A. 2018. The effect of maize (*Zea mays L.*) hybrid and harvest date on above – and belowground biomass dynamics, forage yield and quality – A trade-off for carbon inputs? *European Journal of Agronomy* **92**: 51-62.
- Kreysová J, Kubíková Z, Mottl V. *Ekonomika pěstování kukuřice. Úroda*, Praha. Available from: <https://www.uroda.cz/ekonomika-pestovani-kukurice/> (accessed February 2019).
- Křepelka J. *Zkušenosti s pěstováním Bt kukuřice. Zemědělec*. Praha. Available from: <https://www.zemedelec.cz/zkusenosti-s-pestovanim-bt-kukurice/> (accessed February 2019).
- Kůdela V, Ackerman P, Prášil IT, Rod J, Veverka K. 2013. *Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění*, 1st. Academia, Praha.
- Lád F. 2006. *Vliv vybraných ukazatelů na kvalitu silážovaných krmiv: vědecká monografie = The influence of choice parameters for quality of ensilage feeds: scientific monograph*. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta České Budějovice, České Budějovice.
- Lai C, Zhong R, Wang Z, Wu X, Chen X, Wang P, Lian Y. 2019. Monitoring hydrological drought using long-term satellite-based precipitation data. *Science of The Total Environment* **649**:1198-1208. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718332091>.
- Larcher W. 1998. *Fyziologická ekologie rostlin*. Československá akademie věd, Praha.
- Liang S, Wang X. 2012. Leaf Area Index. *Advanced Remote Sensing* **2012**:347-381. Elsevier. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123859549000113>.
- Loučka R, Jambor V, Hakl J. 2009. Kvalitu ovlivňuje mnoho faktorů. *Náš chov* **8**: 34-35.
- Loučka R, Jambor V. 2011. Možnosti hodnocení silážních hybridů. *Zemědělec* **47**:10.
- Loučka R, Lang J, Jambor V, Tyrolová Y, Třináctý J, Kučera J. 2015. Kritéria pro výběr hybridů kukuřice na siláž. *Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., Troubsko*.
- Loučka R, Lang J, Jambor V, Tyrolová Y, Třináctý J, Kučera J. 2015. Kritéria pro výběr hybridů kukuřice na siláž. *Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., Troubsko*.
- Loučka R, Tyrolová Y. 2013. *Správná praxe při silážování kukuřice: certifikovaná metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby, Uhřetěves*.

Maqbool MM, Tanveer A, Ata Z, Ahmad R. 2006. Growth and yield of maize (*Zea mays* L.) as affected by row spacing and weed competition durations. *Pakistan Journal of Botany* **38**:1227-1236.

Míkita T, Patočka Z, Sabol J. 2014. Výpočet indexu listové plochy (LAI) v lesních porostech na základě dat leteckého laserového skenování v podmínkách České republiky. *Zprávy lesnického výzkumu* **59**:234-242.

Mikyska, F. 2011. Kvalita objemných krmiv 2010. *Náš chov* **3**: 58-61.

Mitřík T, Vajda V. 2011. Objemové krmivá a ich kvalita. *Náš chov* **3**:17-18.

Nedělník J, Konečná K. 2015. Mykotoxiny v kukuřici. *Úroda* **12**: 39-40.

Nedělník J. (2013). Ovlivňuje napadení kukuřice houbovými patogeny kvalitu siláží?. *Agromanual.cz*, České Budějovice. Available from <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/sklizen-a-skladovani/ovlivnuje-napadeni-kukurice-houbovymi-patogeny-kvalitu-silazi.html> 2006 (accessed February 2019).

Nguy-Robertson AL, et al. 2014. Estimating green LAI in four crops: Potential of determining optimal spectral bands for a universal algorithm. *Agricultural and Forest Meteorology*. **192**: 140-148.

Nik MM, Babaeian M, Tavassoli A, Asgharzade A. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of corn hybrids (*Zea mays* L.) *Scientific Research and Essays*, **6**: 4821 - 4825.

Novák D, Vrzal J. 1995. *Základy pěstování kukuřice a jednoletých píceňin*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha.

Oba M, Allen MS. 1999. Evaluation of the Importance of the Digestibility of Neutral Detergent Fiber from Forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield of Dairy Cows, *Journal Dairy Science* **82**: 589-596.

Opsi F, Fortina R, Borreani G, Tabacco E, López S. 2012. Influence of cultivar, sowing date and maturity at harvest on yield, digestibility, rumen fermentation kinetics and estimated feeding value of maize silage. *Journal of Agricultural Science* **151**: 740-753.

Owens FN. 2008. Corn silage – facts, fantasies and the future. Florida Ruminant Nutrition Symposium, Florida.

Papst C, Utz HF, Melchinger AE, Eder J, Magg T, Klein D, Bohn M. 2005. Mycotoxins Produced by *Fusarium* spp. in Isogenic Bt vs. non-Bt Maize Hybrids under European Corn Borer Pressure. *American Society of Agronomy* **97**: 219-224.

Petr J. 1987. *Počasi a výnosy*, 1st. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Pozdíšek J. 2008. *Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých píceňin a trvalých travních porostů: metodika*, 1st. Výzkumný ústav pro chov skotu, Rapotín.

- Prasad RB, Brook RM. 2005 Effect of Varying Maize Densities on Intercropped Maize and Soybean in Nepal. *Experimental Agriculture* **41**:365-382. Available at [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0014479705002693/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0014479705002693/type/journal_article).
- Prokop M. (2008). Sklizeň kukuřice na siláž v roce 2008. *Agromanuál* **9**:44-45.
- Rossi F, Righi F, Fuochi S, Quarantelli A. 2009. Effect of mycotoxins on fertility on dairy cow. *Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma* **29**: 153-166.
- Saini HS, Westgate ME. 1999. Reproductive Development in Grain Crops during Drought:59-96. Elsevier. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065211308608433>.
- Sangoi L. 2001. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciencia Rural* **31**: 159-168.
- Sharratt BS, Williams DA. 2005. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row corn. *Agronomy Journal* **97**: 1129-1135.
- Shenk JS, Workman JJ, Westerhouse MO. 2007. Application of NIR Spectroscopy to Agricultural. CRC Press, Florida.
- Schittenhelm S. 2008. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. *Journal of Agronomy* **29**: 72-79
- Schwab EC, Shaver RD, Lauer JG, Coors JG. 2003. Estimating silage value and milk yield to rank corn hybrids. *Animal Feed and Science Technology* **109**: 1-18.
- Smutný V, Šedek A. 2017. Úzkořádková technologie pěstování kukuřice na siláž. *Agromanual.cz, České Budějovice*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/uzkoradkova-technologie-pestovanikukurice-na-silaz> (accessed February 2019).
- Sommer A, Čerešňáková Z, Frydrych Z, Králík O, Krása A, Pajdáš M, Petikovič P, Pozdíšek J, Šimek M, Třináctý J, Vencel B, Zeman L. 1994. Potřeba živin a tabulky obsahu výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce. ČZS a VÚVZ, Pohořelice.
- Svoboda M. 2004. Zakládání porostů kukuřice. *Úroda.cz, Praha*. Available from: [http://profipress.cz/archiv/uroda-32004/?text=#page/19\\_](http://profipress.cz/archiv/uroda-32004/?text=#page/19_) (accessed February 2019).
- Škoda V. 1998. Obecná produkce rostlinná. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Šuk J. 1998. Kukuřice. VP AGRO spol. s. r. o, Kněžves.
- Tatarčíková L, Jambor V, Lauer J, Balázs L, Barbi A, Stumpf F. 2011. Mezinárodně o zkušenostech s výrobou kukuřičné siláže. *Agrární obzor* **5**: 11.
- Tokatlidis IS, Koutroubas SD. 2004. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. *Field Crops Research* **88**:103-114. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429003002661>.

Tollenaar M, Aguilera A, Nissanka SP. 1997. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. *Agronomy Journal*, Madison **89**: 239-246.

Třináctý J. 2013. Hodnocení krmiv pro dojnice. AgroDigest s.r.o., Pohořelice.

Vrzal J, Kohout V, Novák D, Štráfelda J. 1995. Pěstování kukuřice a jednoletých pícnin. Institut výchovy a vzdělání MZe ČR, Praha.

Watson DJ. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany* **11**: 41-76.

WELLER RF, PHIPPS RH, COOPER A. 1985. The effect of the brown midrib-3 gene on the maturity and yield of forage maize. *Grass and Forage Science* **40**:335-339. Available at <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2494.1985.tb01761.x>.

Wheaton HN. 1967. Corn Silage. Skripta. Purdue.

White, P. J. a Johnson, L. A. 2003. Corn. Chemistry and Technology, Minnesota.

Widdicombe DW, Thelen DK. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal Abstract*. 94: 326-330.

Wiersma DW, Carter PR, Albrecht KA, Coors JG. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *Journal of Production Agriculture* **6**: 94-99.

Zeman L, Doletal P, Kopřiva A, Mrkvicová E, Procházková J, Ryant P, Skládanka J, Straková E, Suchý P, Veselý P, Zelenka J. 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Profi Press, s. r. o., Praha.

Zhang DD, Brecke P, Lee HF, He Y-Q, Zhang J. 2007. Global climate change, war, and population decline in recent human history. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**:19214-19219. Available at <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0703073104>.

Zimolka, J. (ed.) 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. ProfiPress s.r.o., Praha.

## 9 Seznam grafů a tabulek

### Seznam grafů

Graf 1: Průměrná výška rostlin během vegetace 2017 .....	20
Graf 2: Průměrná výška rostlin během vegetace 2018 .....	21
Graf 3: Průměrná výška rostlin na konci vegetace v roce 2017 a 2018.....	22
Graf 4: Hodnoty LAI v roce 2017 a 2018 .....	23
Graf 5: Výnos čerstvé hmoty v roce 2017 a 2018 .....	24
Graf 6: Výnos suché hmoty v roce 2017 a 2018.....	25
Graf 7: Hmotnost 1 rostliny (g) .....	26
Graf 8: Hmotnost jednotlivých částí rostlin .....	26
Graf 9: Procentuální podíl jednotlivých částí rostlin .....	27
Graf 10: Sušina jednotlivých částí rostlin .....	28
Graf 11: Obsah sušiny v roce 2017 a 2018 .....	29
Graf 12: Obsah dusíkatých látek v roce 2017 a 2018.....	30
Graf 13: Obsah Vlákniny v roce 2017 a 2018 .....	31
Graf 14: Obsah NDF v roce 2017 a 2018 .....	32
Graf 15: Obsah škrobu v roce 2017 a 2018 .....	33
Graf 16: Stravitelnost organické hmoty v roce 2017 a 2018.....	34
Graf 17: Stravitelnost NDF v roce 2017 a 2018 .....	35

### Seznam tabulek

Tabulka 1: Nákladovost silážní kukuřice.....	13
Tabulka 2: Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd (rok 2015) .....	14
Tabulka 3: Meteorologická data pokusného stanoviště (Sobotka, 2017) .....	14
Tabulka 4: Varianty pokusu silážní kukuřice .....	15
Tabulka 5: Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd (rok 2015) .....	15
Tabulka 6: Meteorologická data pokusného stanoviště (Sobotka, 2018) .....	16
Tabulka 7: Varianty pokusu silážní kukuřice .....	16
Tabulka 8: Výška rostlin, LAI, výnos čerstvé a suché hmoty silážní kukuřice. ....	19
Tabulka 9: Obsah sušiny, dusíkatých látek, vlákniny, NDF, škrobu, stravitelnost organické hmoty a NDF silážní kukuřice. ....	29
Tabulka 10: Celkové ekonomické ukazatele pěstovaných variant za použití rozdílných hybridů a výsevků.....	36