

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



Diplomová práce

Porovnání spotřeby paliva při pěstování brokolice

Autor: Bc. Michal Strnad

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Novák, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michal Strnad

Zemědělské inženýrství
Zemědělská technika

Název práce

Porovnání spotřeby paliva při pěstování brokolice

Název anglicky

Comparison of fuel consumption in broccoli production

Cíle práce

Cílem práce bude porovnat spotřebu paliva v různých pěstebních systémech při pěstování brokolice.

Metodika

Literární rešerše zejména cizojazyčné literatury. Vlastní práce zaměřena na porovnání spotřeby paliva při produkci brokolice z pohledu vegetačního cyklu. Data budou náležitě zpracována a okomentována.

Doporučený rozsah práce

55 stran

Klíčová slova

spotřeba paliva, pěstební systém, produkce zeleniny

Doporučené zdroje informací

BARTOŠ. Pěstování a odbyt zeleniny. Praha: Agrospoj. Semafor. ISBN 80-239-4242-5.

GARCÍA-MANSO, Antonio, Ramón GALLARDO-CABALLERO, Carlos J. GARCÍA-ORELLANA, Horacio M. GONZÁLEZ-VELASCO a Miguel MACÍAS-MACÍAS. Towards selective and automatic harvesting of broccoli for agri-food industry. Computers and Electronics in Agriculture

KUMHÁLA, František. Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.

PETŘÍKOVÁ, Kristína a Jaroslav HLUŠEK. Zelenina: pěstování, výživa, ochrana a ekonomika. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-50-2.

Předběžný termín obhajoby

2021/2022 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Novák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2022

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2022

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Porovnání spotřeby paliva při pěstování brokolice“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 31. 3. 2022

Michal Strnad

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Petru Novákovi, Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za jeho odborné rady, věcné připomínky a pomoc při řešení a zpracování diplomové práce.

Porovnání spotřeby paliva při pěstování brokolice

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je vytvořit analýzu spotřeby paliva při produkci brokolice. Zkoumá, jak se liší spotřeba paliva při produkci brokolice na dvou pozemcích. Porost na prvním pozemku byl založen na začátku pěstební sezóny a porost na druhém pozemku byl založen na konci pěstební sezóny. První část práce obsahuje rešerši, ve které jsou obsaženy obecné informace ohledně pěstování brokolice, pěstební operace, které jsou při produkci brokolice prováděny a jaká mechanizace je pro dané operace používána. Hlavní část je zaměřena na vyhodnocení spotřeby paliva jednotlivých pěstebních operací u obou pozemků a poté následuje porovnání spotřeby paliva u obou pozemků včetně popisu vlivů, které mohou spotřebu paliva ovlivnit. Práce je zakončena diskuzí, ve které jsou naměřené hodnoty porovnány s hodnotami, které jsou uváděny v normativech. Měřením bylo zjištěno, že spotřeba paliva při produkci brokolice činí 216,1 litrů na hektar zpočátku pěstební sezóny a 199,4 litrů na hektar ke konci pěstební sezóny.

Klíčová slova: spotřeba paliva, pěstební systém, produkce zeleniny

Comparison of fuel consumption in broccoli production

Summary

The aim of this diploma thesis is to create an analysis of fuel consumption in broccoli production. It examines how fuel consumption differs in broccoli production on two fields. The growth on the first field was established at the beginning of the growing season and the growth on the second field was established at the end of the growing season. Theoretical part of this thesis contains general information about the planting of broccoli, the planting operations that are performed in the production of broccoli and what mechanization is used for these operations. The main part is focused on the evaluation of the consumption of individual planting operations on both fields and then follows the comparison of consumption on both fields, including the effects that may affect consumption. Thesis ends with a discussion. There is a discussion part at the end of this thesis which contains a comparison of measured values and normative values. The measurements showed that the fuel consumption in broccoli production is 216.1 litres per hectare at the beginning of the growing season and 199.4 litres per hectare at the end of the growing season.

Key words: fuel consumption, planting system, vegetable production

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Brokolice	3
3.1	Botanická charakteristika.....	3
3.2	Výživové hodnoty.....	4
3.3	Nároky na stanoviště.....	4
3.4	Nároky na hnojení.....	5
3.5	Choroby.....	6
3.5.1	Boulovitost brukvovitých.....	6
3.5.2	Plíseň zelná.....	7
3.5.3	Alternariová skvrnitost košťálovin.....	7
3.6	Škůdci	7
3.6.1	Mšice zelná.....	8
3.6.2	Květilka zelná.....	8
3.6.3	Můra zelná.....	8
3.6.4	Dřepčící	9
3.6.5	Plodomorka zelná.....	9
3.7	Pěstování.....	10
3.8	Zavlažování.....	11
3.8.1	Závlaha rozstřikovači	12
3.8.2	Kapková závlaha	12
3.9	Sklizeň.....	14
4	Pěstební operace a mechanizace využívaná při pěstování brokolice.....	16
4.1	Energetické prostředky	16
4.2	Zpracování půdy	17
4.2.1	Podmítka.....	17
4.2.1.1	Talířové podmítače	18
4.2.1.2	Radličkové podmítače	20
4.2.1.3	Kombinované podmítače	21
4.2.2	Orba	21
4.2.3	Hloubkové zpracování půdy.....	22
4.2.4	Příprava půdy před výsadbou.....	23
4.3	Sázení.....	24
4.4	Ochrana proti chorobám, plevelům a škůdcům	26
4.5	Přihnojování tuhými průmyslovými hnojivy	28

4.6	Plečkování.....	28
4.7	Sklizeň.....	29
4.8	Mulčování porostu	32
4.9	Zavlažování.....	33
4.10	Posklizňové zpracování.....	34
5	Metodika	36
5.1	Charakteristika zemědělského podniku a pěstební oblasti.....	36
5.2	Charakteristika pozemku 1	36
5.3	Charakteristika pozemku 2	37
5.4	Metoda měření spotřeby paliva.....	38
6	Praktická část práce.....	39
6.1	Pěstební operace a použitá mechanizace	40
6.2	Spotřeba paliva u jednotlivých pěstebních operací na pozemku 1	44
6.3	Spotřeba paliva u jednotlivých pěstebních operací na pozemku 2	46
7	Zhodnocení výsledků.....	47
7.1	Celková spotřeba paliva na pozemku 1	47
7.2	Celková spotřeba paliva na pozemku 2	48
7.3	Vlivy ovlivňující spotřebu paliva.....	50
7.4	Porovnání výsledné spotřeby paliva u jednotlivých pozemků.....	51
7.5	Porovnání naměřených hodnot s normativy pomocí statistické metody	52
8	Shrnutí a diskuze.....	54
9	Závěr.....	57
	Seznam použitých zdrojů.....	58
	Seznam obrázků	62
	Seznam tabulek.....	63

1 Úvod

Produkce zeleniny má v českém zemědělství významné místo. Výměra pěstebních ploch brokolice každým rokem narůstá. Bohužel ve statistikách nemá své místo, ale je řazena do jedné kategorie s květákem. V roce 2021 byla brokolice pěstována v České republice na přibližné výměře 160 hektarů.

Brokolice je velmi ceněná zelenina pro svůj vysoký obsah různých vitamínů a zdraví prospěšných látek. Hlávky mohou dorůst průměru až 25 centimetrů a hmotnost může být i 700 gramů. Brokolice je rostlina, která je náročná na vláhu, a proto musí být v suchém období zavlažována. Pro dosažení co nejvyššího objemu a kvality sklizně je nutné pozemek dostatečně vyhnojit, aby rostliny nestrádaly. Sazenice brokolice jsou dováženy v sadbovačích z Nizozemska, kde jsou předpěstovány v obrovských sklenících.

Produkce brokolice je zajímavá i z pohledu použité mechanizace. Mechanizace, která se používá pro některé pěstební operace, může být použitelná pouze při produkci brokolice, případně i jiné košťálové zeleniny. Speciální mechanizace pochází většinou z Nizozemska, kde je vyráběna na zakázku. Tato země je domovem produkce zeleniny.

Některé pěstební operace při produkci brokolice jsou velmi energeticky náročné, to vyplývá z časové náročnosti, protože se operace provádějí při nízké pracovní rychlosti. Jako nejnáročnější operaci lze považovat sklizeň, která se provádí probírkou a jedno místo pole je sklíženo třikrát v rozmezí 14 dnů.

Do budoucna dojde k automatizaci a zrychlení některých pěstebních operací, protože jsou velmi náročné na spotřebu paliva, případně i lidskou sílu. V současné době již existují snahy o automatizaci v oblasti sázení a sklizně, ale zatím se masové rozšíření neočekává kvůli vysoké pořizovací ceně.

V této práci je provedeno měření spotřeby paliva při produkci brokolice u všech pěstebních operací na dvou pokusných pozemcích. První porost byl založen zpočátku a druhý na konci pěstební sezóny. Předpokladem je, že spotřeba paliva u prvního pozemku bude vyšší, protože zde jsou prováděny operace, které u pozdnějšího založení porostu být nemusí. Snahou je nalézt o kolik se bude spotřeba paliva lišit.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je provést měření spotřeby paliva při pěstování brokolice u všech pěstebních operací. Měření spotřeby paliva je provedeno u pozemku, kde byl porost založen zpočátku sezóny a u pozemku, který byl osázen jako poslední. Každá pěstební operace je detailně zaznamenána a výstupem práce je spotřeba paliva na jeden hektar osázené plochy. Důležitým ukazatelem je rozdíl spotřeby paliva u pozemku, který byl založen jako první, a který jako poslední v pěstební sezóně roku 2021.

3 Brokolice

Brokolice, stejně jako jiné druhy košťálové zeleniny, patří do čeledi brukvovitých. Ve srovnání s jinými druhy košťálové zeleniny má však méně výrazné aroma. Na rozdíl od příbuzného květáku listy nezakrývají brokolicevé růžičky, díky čemuž v nich vzniká chlorofyl. Existují rovněž fialové, žluté a bílé odrůdy brokolice. Hlávka brokolice může dosáhnout průměru až 25 centimetrů a průměrná hmotnost jedné hlávky je až 700 gramů. [1]

Obrázek 1: Rostlina brokolice



Zdroj: vlastní fotografie

Brokolice vznikla z planých brukví, které pocházejí z oblasti Středomořího moře. Jejím domovem je nejpravděpodobněji Apeninský poloostrov. Většího rozšíření nabyla až ve 20. století. Začala se pěstovat především v Itálii a na středomořských ostrovech, později také v západní Evropě a v USA. [5]

3.1 Botanická charakteristika

Vzhledově je brokolice nejpodobnější květáku, má však vyšší stonek. Na něm se vytváří středová dužnatá růžice, která je složená z květních pupat. Paličkovitý shluk nerozvitých pupat, společně se stonkem dlouhým asi 10-15 centimetrů, tvoří konzumní část. Odrůdy plodící ještě jednou mimo hlavní období vytvářejí v úžlabí listů vedlejší osy, které jsou ukončeny růžicemi o menším průměru (3-5 centimetrů). Po sklizni vrcholové růžice se tvoří růžice boční. Množství bočních růžic je závislé na odrůdě. Jejich celková hmotnost se může rovnat i hmotnosti vrcholové růžice. Semeno brokolice je podobné

ostatním košťálovinám. V jednom gramu osiva je podle odrůdy 150-400 semen. Klíčivost si osivo drží 4-5 let. Plodem brokolice je šešule. [3]

Brokolice se pěstuje ve dvou botanických varietách. Převážně se pěstuje brokolice výhonková. Druhou variantou je brokolice květáková, která tvoří kompaktnější, zpravidla krémově bílé růžice podobné kvěťáku. Pěstuje se v oblastech s mírnou zimou, kde se vysazuje v létě, přezimuje ve stadiu listové růžice a na jaře se sklízí těžké a pevné růžice. Úspěšně přezimuje pouze v přímořských oblastech. [4]

3.2 Výživové hodnoty

Brokolice je zdravotně velmi významná zelenina. Nutričně je jednou z nejzajímavějších zelenin pro vysoký obsah vitamínů C, E, minerálních látek, flavonoidů. Ze všech brukvovitých zelenin obsahuje v nejvyšší koncentraci látku glukosinolát sulforaphan, která brzdí rakovinné bujení. Brokolice má rovněž i antisklerotické účinky. [3]

Tabulka 1: Výživové hodnoty brokolice

Látky obsažené v brokolici	Na 100 g jedlé části	Látky obsažené v brokolici	Na 100 g jedlé části
Energie (kcal)	26	Železo (mg)	0,8
Tuky (g)	0,2	Sodík (mg)	13
Bílkoviny (g)	3,3	Vitamín A (μ)	146
Sacharidy (g)	2,5	Vitamín B1 (mg)	0,1
Vláknina (g)	3	Vitamín B2 (mg)	0,2
Draslík (mg)	256	Vitamín B3 (mg)	1,1
Vápník (mg)	58	Vitamín B6 (mg)	0,28
Hořčík (mg)	24	Vitamín C (mg)	115
Kyselina listová (μg)	114	Vitamín E (mg)	0,6

Zdroj: [1]

3.3 Nároky na stanoviště

Brokolici nejlépe vyhovují těžší vododržné půdy v řepářských oblastech. V teplejších oblastech jsou výnosy nižší, hlavy nejsou tak kvalitní a rostliny bývají více

napadány dřepčíky. Brokolice nejlépe roste při teplotě prostředí 20 °C a relativní vzdušné vlhkosti 70-80 %, a proto je nejkvalitnější sklizeň během raného léta a podzimu. Hlavy brokolice jsou, na rozdíl od kvěťáku, tolerantní k poškození mrazem, dokonce ani mrazy -5 °C nezpůsobí znehodnocení hlavy. Je však prokázán přímý vliv termínů výsevů na intenzitu vyslepnutí hlav. Rostliny, které patří mezi nejraněji zasazené, tak strádají nedostatkem světla a bývají nejvíce postiženy. Poruchy v tvorbě růžic jsou dále vyvolávány i vysokými teplotami v horkých obdobích, kdy dochází k předčasnému vykvétání a růžice jsou menšího vzrůstu. Optimální pH půdy je pro brokolici mezi 6,2-7,5. Kořenový systém je mohutnější než u kvěťáku, a proto může závlaha probíhat v delších intervalech než u kvěťáku. [3]

V osevním postupu se brokolice zařazuje po jetelovinách, luskovinách a jednoletých pícevinách. Koncem května se může vysazovat po raných odrůdách salátu, špenátu, začátkem června po ozimých směškách na zeleno a v nižších polohách po sklizni raných brambor nebo po konzervářenském hrášku. [2]

3.4 Nároky na hnojení

Brokolice patří mezi nejnáročnější plodiny na výživu, a proto se pěstuje v I. trati hnojené statkovými hnojivy v dávce 40-50 tun na hektar. Optimální obsah živin v půdním prostředí je předpokladem harmonického vývinu rostlin brokolice, proto je třeba hladinu živin udržovat v oblasti vyhovujícího až dobrého obsahu.

Tabulka 2: Odčerpané živiny pro 1 tunu brokolice

Typ živiny					
N	P	K	Ca	Mg	S
5,6 kg	1,2 kg	6,6 kg	4,3 kg	0,8 kg	0,6 kg

Zdroj: [2]

U brokolice je nutné volit dávku dusíku velmi opatrně, protože ze všech košťálovin nejvíce kumuluje nitráty. V systému integrované produkce zeleniny je maximální přípustné množství dodaného dusíku k brokolici stanoveno na 100 kg dusíku na hektar za celé vegetační období. Doporučené dělení dávek dusíku k brokolici je 70 % k základnímu hnojení a 30 % k přihnojení, které je prováděno 6 týdnů po výsadbě. Pro brokolici je optimální množství dusíku v půdě při výsadbě 70 kg.ha⁻¹ v profilu půdy do 60 cm. [2]

Brokolice patří také k velmi náročným plodinám na draslík. Při hnojení draselnými hnojivy není třeba zohledňovat jejich formu. Draselná hnojiva mohou být formy chloridové nebo síranové. Brokolice je v tomto směru indiferentní, i když má vyšší požadavky na síru, která ovlivňuje její kvalitu. Pro brokolici je také velmi důležitý hořčík, jehož hladina by měla být na úrovni dobré zásoby. [2]

3.5 Choroby

Brokolice jako každá plodina trpí mnoha chorobami. Mezi nejvýznamnější choroby brokolice patří: boulovitost brukvovitých, plíseň zelná a alternariová skvrnitost košťálovin. Jednotlivé choroby budou popsány v podkapitolách níže.

3.5.1 Boulovitost brukvovitých

Boulovitost brukvovitých se též nazývá nádorovitostí, hlenkou nebo plasmodiophorou. Původcem je půdní mikroorganismus, který způsobuje na kořenech nádory o různé velikosti a tvaru. Na průřezu jsou nádory ze začátku krémové, později hnědé a velmi brzy se vlivem druhotných bakterií rozpadají. Vlivem přeměny kořenové soustavy v nádory trpí napadené rostliny nedostatkem vody a živin, a proto zaostávají v růstu, žloutnou nebo se zbarvují do fialova, vadnou a postupně hynou. [6]

Obrázek 2: Boulovitost brukvovitých



Zdroj: <https://docplayer.cz/105902865-Brukrovita-zelenina.html>

Dodržováním vhodných osevních postupů, likvidací brukvovitých plevelů, lokálním odvodňováním nebo pravidelným vápněním lze rozvoji této choroby do jisté míry předejít. Vhodné preventivní opatření je použití dusíkatého vápna v dávce 1 000 kg.ha⁻¹. [6]

3.5.2 Plíseň zelná

Plíseň zelná škodí na brukvovitých rostlinách ve všech fázích jejího růstu. Mladé rostliny může napadat již ve fázi děložních listů. Na děložních i na pravých listech se nejdříve vytvářejí žlutozelené až žluté neohraničené skvrny, které jsou ráno nebo po deštích ze spodní strany pokryty řídkým bělavým povlakem houby. Napadené listy postupně odumírají a při silnějším výskytu odumírají i celé rostliny. U starších rostlin parazit především napadá starší listy, kde způsobuje skvrnitost listů. Silněji napadené listy žloutnou a odumírají. Choroba přežívá na posklizňových zbytcích. Ochrana před chorobou poskytuje preventivní moření osiva a dostatečné větrání a správný režim závlahy u rychlené zeleniny a sadby. [7]

3.5.3 Alternariová skvrnitost košťálovin

Alternariovou skvrnitost košťálovin způsobují dvě příbuzné houby a způsobují shodné příznaky. Na děložních i pravých listech vznikají hnědé až černé, nejprve drobné, mírně propadlé, okrouhlé skvrny. Na řapících, květních stopkách a na šešulích jsou tyto skvrny protáhlejšího tvaru. Na pletivech uvnitř skvrn jsou viditelné typické soustředné kruhy. Skvrny postupně zasychají a praskají. Silněji napadené listy žloutnou, od okrajů zasychají a opadávají. [8]

Houba se šíří infikovaným osivem, je schopna přežít na posklizňových zbytcích v podobě výtrusů. V průběhu vegetace se přenáší větrem a deštěm pomocí konidií. Přímá chemická ochrana u rostlin brokolice, které jsou určeny ke konzumu není možná. Z košťálovin lze postřik provést pouze u pekingského zelí. [8]

3.6 Škůdci

Brokolice jako každá plodina trpí mnoha škůdci. Mezi nejvýznamnější škůdce patří: mšice zelná, květilka zelná, mūra zelná, plodomorka zelná a dřepčící. Jednotliví škůdci budou popsáni v podkapitolách níže.

3.6.1 Mšice zelná

Mšice zelné žijí většinou v koloniích na spodní straně listů většiny brukvovitých rostlin. Brokolici napadají především, pokud je přehnojena dusíkem a nedostatečně zásobena draslíkem. Následkem sání mšic se listy deformují, žloutnou a při silnějším napadení dokonce zasychají. Při napadení brokolice v produktivním období může dojít k nevytvoření hlavy nebo bude snížena její kvalita. Kromě těchto škod přenášejí mšice zelné také některé virové choroby a znečišťují rostliny medovicí, která je následně přerůstána houbovými černěmi. [9]

3.6.2 Květilka zelná

Květilka zelná je jedním z nejobávanějších škůdců zeleniny. Je to druh mouchy, jejíž bílé, beznohé a bezhlavé larvy okusují kořínky mladých rostlin, později i hlavní kořen. Rostliny následkem toho zpomalují svůj růst, vadnou, některé žloutnou, jiné červenají a většinou i hynou. Vždy se dají z půdy snadno vytáhnout. Larvy druhé a třetí generace pak většinou vyžírají chodbičky v košťálech a na bázích hlavních žebířků listů. Takto poškozená pletiva velmi často, především za vlhkého nebo deštivého počasí, podléhají druhotným bakteriálním hnilobám. [10]

U tohoto hmyzu přezimují kukly a to v horní vrstvě půdy. Dospělci první generace se líhnou od půlky dubna do půlky května a jejich samičky kladou vajíčka ke kořenovým krčkům většiny brukvovitých rostlin. V současné době neexistuje žádný přípravek, který by hubil tohoto škůdce. Jediná možnost je použití bílé netkané textilie. Netkaná textilie je umístěna na pole ihned po výsadbě zeleniny. [10]

3.6.3 Můra zelná

Housenky můry zelné v listech vykousávají otvory a později jsou listy okousané tak, že z nich zůstanou jen silnější žebra. Uvnitř hlávek košťálovin vykousává chodbičky, kde následně zůstává trus spolu se zahnívajících zbytků. Takto poškozená zelenina je znehodnocena a není vhodná k prodeji. Housenky zpočátku žijí ve skupinách a až později se rozlézají. Přes den se zdržují v horní vrstvě půdy nebo pod zbytky rostlin a teprve v noci vylézají k okusu. Zpočátku okusují vnější listy, po dosažení délky 1 cm se začínají zavrtávat do růžic košťálovin. Kuklí se v půdě a tam přezimují. Proti tomuto škůdci je na trhu mnoho insekticidů, např. Ampligo, Benevia, Spintor a další. [11]

3.6.4 Dřepčici

Rozlišují se čtyři druhy dřepčίκů, kteří způsobují škody na brukvovité zelenině. Brouci jsou 2-2,5 mm dlouzí. Dřepčिका černý a dřepčίκ černonohý mají celé krovky černé, kdežto brouci dřepčिका polního a dřepčिका zelného mají na krovkách podélné žluté pruhy. Již brzy na jaře napadají brukvovitou zeleninu v jejichž listech brouci vykusují drobné, okrouhlé jamky nebo otvory o průměru 1-3 mm. Při silnějším přemnožení mohou mladé rostliny zcela zničit. Často dokonce zničí klíčící rostlinky ještě dříve než tyto rostlinky stačí vzejít. Larvy dřepčिका zelného vykusují v listech chodbičky, larvy ostatních druhů dřepčίκů okusují jemné kořínky rostlin. Největší škody jsou způsobovány při teplém a suchém počasí a u rostlin do dvou pravých listů. S ochranou je třeba začít již při vzcházení nebo bezprostředně po vysazení sazenic. Přednostně se ošetřují porosty za suchého a teplého počasí. Proti dřepčícím se využívají tyto insekticidy: Cyperkill max, Spintor, Decis protec. [12]

Obrázek 3: Dřepčık zelný



Zdroj: <https://www.biolib.cz/cz/image/id57534/>

3.6.5 Plodomorka zelná

Plodomorka zelná vykusuje srdéčka brukvovité zeleniny. Následně dochází k vyslepnutí hlav a zahnívání srdéček. Místo takto zničeného srdéčka vyrůstají z adventivních pupenů náhradní vegetační vrcholy a dochází k tzv. vícehlavosti rostlin. U brokolice jsou růžice deformované nebo se nevytváří vůbec. Může dojít i k odumření

rostlin. Fyzikální ochrana proti tomuto škůdci může spočívat ve zakrytí porostů zeleniny netkanou textilií. Proti tomuto škůdci je také účinná chemická ochrana rostlin. Kontaktní insekticidy jsou na larvy dostatečně účinné, pokud je ochrana provedena včas. Pro přímou ochranu lze použít insekticidy, které jsou registrované pro brejlomorče zelné. [3]

3.7 Pěstování

Nejčastěji se brokolice pěstuje z výsadeb. Pro první výsadby je potřeba vysévat semena ve skleníku již začátkem ledna. Sadba většinou pochází z Nizozemka. Sadba je dodávána v sadbovačích, které jsou uloženy v železných regálech. Doprava sazenic probíhá nákladním automobilem s návěsem, který má chladírenské zařízení, teplota sazenic se udržuje na 5 °C. Po příjezdu do zemědělského podniku je vhodné sazenice uložit do chladicího boxu, ve kterém jsou uloženy až do výsadby. Vzhledem k riziku možného poškození raných výsadeb se doporučuje rezerva sadby asi 15 %. Před výsadbou je taktéž vhodné sazeničky v sadbovačích zalít vodou, aby se zvýšila pravděpodobnost, že se po zasazení uchyť. [3]

Nejranější výsadby se zakrývají netkanou textilií. Netkaná textilie plní mnoho funkcí. Nejdůležitější funkcí je ochrana malých sazeniček před mrazem. Další důležitou funkcí je taktéž ochrana proti okusu zvěří, neboť v tomto období ještě nemají mnoho stravy a malé rostlinky jsou pro ně velmi chutné. Třetí důležitou funkcí je i urychlení růstu brokolice, díky čemuž může první sklizeň proběhnout i o 14 dní dříve. V neposlední řadě netkaná textilie taktéž pomáhá k ochraně proti hmyzím škůdcům, kterým zabrání v nalétnutí na rostliny a funguje jako bariéra.

Výsadba je průběžně prováděna od konce března až do konce července. Díky průběžné výsadbě je následně brokolice sklízena přibližně od půlky června až do konce října, někdy i do poloviny listopadu. Je to hodně závislé na počasí. Porosty, které nedorostou požadované velikosti jsou na konci sezóny zmulčovány.

Hustota výsadby je závislá na odrůdě, kultivační technice a na období výsadby. Běžně se vysazuje 30-60 tisíc rostlin na hektar při vzdálenosti řádků 50-65 cm. Hustotu výsadby lze zvýšit zmenšením rozestupu mezi řádky, existuje však omezení, jak blízko lze rostliny umístit, dokud nedojde ke snížení výnosu z důvodu vzájemné konkurence. Brokolici lze sázet ve dvou, tří nebo čtyřřádkových konfiguracích. Ve dvouřádkových výsadbách

se sazenice vysazují v řadě, ve tří a čtyřřadých konfiguracích jsou rostliny odsazeny od sebe a schéma výsadby je zobrazeno na obrázku níže. Úprava sponu brokolice má kladný vliv na efektivnější využití pěstební plochy. [13]

Obrázek 4: Konfigurace výsadby brokolice



Zdroj: <https://www.agric.wa.gov.au/broccoli/planting-configurations-and-densities-cauliflower-and-broccoli?page=0%2C0>

Při polní výsadbě jsou voleny dva režimy pěstování brokolice. Jeden způsob je pěstování v blocích, kdy je volena šířka jedné pěstební části 24 metrů, poté následuje pás, jehož šířka je 3 metry a slouží pro pojiždění techniky při sklizni, úvratě nejsou taktéž osázené. Druhý režim pěstování brokolice spočívá v tom, že je osázena celá plocha pole kromě úvratí. Při sklizni je nutné, aby měl traktor kultivační pneumatiky, neboť by došlo k poškození porostu.

3.8 Zavlažování

Většina u nás pěstovaných zeleninových druhů má poměrně vysoké nároky na dostatek vody v půdě. Vodu rostliny potřebují v převážné míře na transpiraci, kterou regulují svoji teplotu. V půdní vodě jsou rozpuštěny i živiny, takže transpirace zprostředkovává také výživu rostlin. Jen 0,5-5 % rostlinami spotřebované vody je využito pro stavbu jejich tkání. Různé druhy zeleniny vyžadují ke svému vývoji různě velkou zásobu vody v půdě. Rostliny s mohutnějším kořenovým systémem si dovedou lépe obstarat vodu než rostliny s kořeny mělkými. [3]

Dodatková závlaha je u většiny zelenin potřebná téměř ve všech letech, protože srážky jsou zřídka rovnoměrné. I v letech s nadprůměrným množstvím srážek se většinou vyskytují dlouhá období sucha. Pokud se nedostatek vláhy objeví brzy po založení porostu, dochází k prodloužení vegetační doby a ke snížení výnosu. Nedostatek vody v pozdějších obdobích většinou snižuje kvalitu, stejně jako výnos. Potřebná dávka vody u brokolice je 25 mm na pět dnů. Potreba zavlažování záleží na počtu srážek, případně i vlhkosti půdy. Brokolice potřebuje nejvíce závlahy v období tvorby růžic, pokud v tomto období nemá dostatek vláhy, tak dochází k nahořknutí. Vhodné způsoby závlahy jsou: postřikovač, pásový zavlažovač a kapková závlaha. Brokolice je málo odolná k suchu, takže potřebuje pravidelnou závlahu. Kořeny má v hloubce pouze 30-45 cm. [3]

3.8.1 Závlaha rozstříkovači

Systém velkoplošných závlah je určen pro zavlažování zeleniny a ostatních zemědělských plodin. U závlahy rozstříkem jsou na výběr dvě možnosti, jednak jsou to pásové zavlažovače, anebo stabilní závlaha přímo na poli, která se na konci sezony demontuje. Tento způsob se nejčastěji používá při pěstování cibule, květáku, kedluben a mrkve. [16]

Pásové zavlažovače se upevňují na kluzných podstavcích nebo na širších závlahových konzolách a jsou napojeny na hadici z PE, která se za provozu automaticky hydromotorem navíjí na buben. Závlahové konzoly jsou používány i tam, kde je třeba zajistit i nízkou intenzitu závlahy, to mohou být např. výsevy. [3]

Stabilní závlaha přímo na poli používá přenosných soustav s tenkostěnným potrubím ze stabilizovaného PVC a hliníkovými bajonetovými koncovkami. Potrubní díly se vyrábí v délkách od 6-18 m. Každý zavlažovač má bajonetový uzávěr s ventilem, takže ho lze lehce vyjmout, i když je závlaha v provozu. [3]

3.8.2 Kapková závlaha

Kapková závlaha se začala používat ve Velké Británii již ve 40. letech 20. století. Většího rozmachu však dosáhla až s rozšířením polyethylenu v zahradnické výrobě v 60. letech 20. století. Kapková závlaha je metoda, při níž se zavlažuje malými a častými dávkami vody přímo ke kořenům rostlin. Zavlažovací systém může obsahovat i součásti

sloužící k aplikaci hnojiv. Trubky s kapkovači jsou do půdy aplikovány při výsadbě sazenic. [3]

Obrázek 5: Povrchová kapková závlaha



Zdroj: <https://grekkon-eldoret.co.ke/product/1-acre-drip-irrigation-kit/>

Hlavní součásti systému tvoří:

- trubky s kapkovači,
- filtr (pískový, diskový nebo síťový),
- tlakový regulátor,
- ručně, hydraulicky nebo elektricky ovládané ventily. [3]

Přednosti kapkové závlahy:

- úspora vody až 75 % oproti zavlažování rozstříkem,
- nižší používané tlaky znamenají úsporu energie u čerpadla,
- velmi přesná regulace závlahového množství,
- snadná automatizace, nízká spotřeba lidské práce,
- zavlažuje se jen kulturní plodina, meziřadí zůstává suché, takže se nepodporuje růst plevelů,
- skrze kapkovou závlahu lze velmi efektivně a kontrolovaně provádět hnojení,
- meziřádková kultivace může být prováděna i při závlaze, protože meziřadí zůstávají suchá,
- závlahu lze uplatnit na všech typech půd,

- menší výskyt houbových chorob v zavlažovaných porostech, protože listy zůstávají suché. [3]

Kapková závlaha má příznivé účinky i na výnos brokolice, oproti systému závlah rozstříkem lze dosáhnout výnosu, který může být i o 50 % vyšší. Při použití systému závlah postříkem se dosáhlo výnosu 17,4 t.ha⁻¹, při použití kapkových závlah se dosáhlo výnosu 25,3 t.ha⁻¹. [15]

Nevýhody kapkové závlahy:

- počáteční investice do systému je přibližně dvojnásobná než při závlaze rozstříkem,
- systém vyžaduje kvalifikovanější přístup ze strany obsluhy,
- rozvody s kapkovači mohou být velmi snadno poškozeny (poškození pracovníky při okopávce nebo prokousání hlodavci),
- nároky na čistotu vody jsou daleko vyšší než při zavlažování postříkem,
- kapkovou závlahu nelze využít v protimrazové ochraně tak jako závlahu rozstříkem,
- trubky s kapkovači jsou na jedno použití a po sezóně musí být odvezeny na skládku,
- odstranění trubek s kapkovači je relativně energeticky náročné, musí být použit speciální podrývák, který vyzdvihne trubičky napovrch,
- možnost znečištění pole zbytky trubek s kapkovači. [3]

3.9 Sklizeň

Brokolice se sklízí v době, kdy je vrcholová růžice kompaktní a plně vyvinutá. Ihned po sklizni je nutné růžice zchladit a uložit v chladícím boxu. Při slunných dnech s vysokou teplotou je vhodné brokolici sklízet brzy ráno nebo pozdě večer, aby nedocházelo k rychlému vadnutí hlav brokolice. Balení a následný prodej by měly proběhnout za nízké teploty. Minimální průměr růžice by měl být 120 mm a délka konzumní části včetně košťálu 200 mm. Při teplotě 20 °C rychle vadne, žloutne a hnědne. Při opožděné sklizni vykvétá a je palčivé chuti, takže je nekonzumovatelná. Skladování je možné při teplotě 0-1 °C po dobu pět až šest týdnů, při teplotě 5 °C pět až deset dní. Výnos je obvykle 20 tun na hektar, je to ale hodně závislé, zdali se sklízí letní nebo

podzimní kultura, případně v jakém sponu byly rostliny vysázeny. Při polním pěstování se sklízí pouze hlavní hlavy brokolice, vedlejší hlavy není efektivní sklízet, z důvodu velké časové náročnosti. V dnešní době již existují i odrůdy, které boční růžice vůbec nevytvářejí. [2]

Existují dva způsoby sklizně. Jeden způsob sklizně spočívá v tom, že je celé pole sklizeno najednou a většinou se na to používají samohodné sklízeče. Nevýhodou takové sklizně jsou možné ztráty, neboť všechny hlavy brokolice najednou nedorostou požadované velikosti. Další nevýhodou je značné poškození hlav brokolice, samohodný sklízeč není k hlavám tak šetrný, ale jelikož se tato produkce používá do zeleninových směsí, které se dále zmrazují, tak to není takový problém. Obvykle tato produkce není určena pro přímý prodej čerstvé zeleniny.

Druhý způsob sklizně je realizován probírkou. Celkem jsou prováděny 3 probírky v celkovém rozsahu sklizně 14 dnů. Při první a druhé probírce dochází přibližně ke sklizení 40 % celkové produkce za jednu probírku a při poslední probírce dochází ke sklizení zbytku a to 20 % celkové produkce. Běžně je sklizeno 85-90 % porostu, zbytek buď nedosahuje potřebné jakosti nebo není ještě vhodný pro sklizeň. Probírková sklizeň se provádí za pomoci pracovníků, kteří porost procházejí a uřezávají hlavy, které vyhodnotí, že jsou vhodné pro sklizeň. Takto sklizené hlavy nejsou běžně poškozené a jsou určené pro následné zabalení do samosmrštitelné fólie. Takto zabalené hlavy se dále distribuují do oddělení s čerstvou zeleninou, kde si je může koupit konečný zákazník. [14]

V České republice nemá brokolice ve statistikách své vlastní místo, vždy je uváděna spolu s květákem, takže není přesně zjistitelné, jaká byla celková osázená výměra. Odhady uvádějí okolo 160 ha komerční pěstební plochy. Za rok 2020 je uváděno, že se brokolice spolu s květákem pěstovala na výměře 331 hektarů s průměrným výnosem 13,92 t.ha⁻¹. Za největšího pěstitele brokolice v České republice lze považovat Zemědělské družstvo Všešary, které za rok 2020 pěstovalo brokolici na výměře okolo 100 hektarů. Celkem na této rozloze bylo vysázeno přibližně 3 000 000 sazenic brokolice. [17]

4 Pěstební operace a mechanizace využívaná při pěstování brokolice

Pro produkci brokolice je potřeba mnoha různých zařízení. Některá zařízení jsou použitelná i pro jiné plodiny, ale jiná jsou pouze jednoúčelová a dají se využít jen pro produkci brokolice, případně i jiných košťálovin. Energeticky nejnáročnější polní operace jsou spojené se zpracováním půdy. Ostatní polní operace jsou již relativně energeticky nenáročné a k obsluze postačí traktory s výkonem do 150 kW.

4.1 Energetické prostředky

Traktory jsou stroje, které jsou univerzální, vhodné pro dopravu, tažení, ale i nesení strojů. Právě jejich univerzálnost činí traktor stále potřebným v zemědělském podniku. Dnešní traktory při splnění dalších požadavků dle platných vyhlášek mohou dosahovat rychlosti i 60 km.h⁻¹. [18]

Traktory lze rozdělit na kolové nebo pásové. Pásové traktory mají menší prokluz, velmi nízký měrný tlak na půdu, ale jejich pořizovací ceny jsou vyšší oproti běžným kolovým traktorům a taktéž provoz je nákladnější. Pro práci, kdy se na poli využívá hlavně tažná síla jsou výhodnější traktory, které mají pohon všech kol. Motor traktoru se nejčastěji využívá vznětový, vodou chlazený. Výkon motoru se pohybuje od 10 kW u malotraktorů až do 500 kW u velkých kolových nebo pásových traktorů. Měrná spotřeba paliva dosahuje hodnot 195-240 g.kWh⁻¹. Vznětový motor pohání taktéž kompresor, který je zdrojem stlačeného vzduchu pro pneumatický systém traktoru a přípojného zařízení. Pneumatický systém se používá jako vnější okruh pro brzdění stroje připojeného za traktor. [18]

Dnešní moderní traktory jsou již vybaveny mnoha moderními technologiemi, které usnadní obsluhu traktoru, případně přípojného zařízení. Všechny funkce traktoru lze ovládat před dotykovou multimediální obrazovku. Standardem již bývá i osazení traktoru navigačním systémem, který zapříčiní, že se dosáhne vysoké přesnosti práce a zbytečných ztrát. Při pěstování brokolice je v dnešní době nutné provádět většinu operací s pomocí navigace, protože čím přesněji bude porost založen a obhospodařován, tím menší budou pěstební ztráty.

4.2 Zpracování půdy

Operace spojené se zpracováním půdy patří mezi nejdůležitější operace, které lze v rostlinné výrobě nalézt. Mezi tyto operace patří například obracení, kypření nebo utužování půdy. V dobré, humózní a vyhnojené půdě se rostlinám daří lépe, rychleji rostou a jsou méně napadány škůdci a chorobami. Rovněž sklizeň probíhá na rovných, dobře připravených plochách mnohem lépe a s menšími ztrátami. [18]

Při pěstování brokolice je běžné schéma zpracování půdy následující: v létě nebo na podzim je provedena podmínka, jenž může být spojena i s výsevem meziplodiny, kterou může být například svazenka vratičolistá nebo hořčice bílá. Pokud je využito meziplodiny, je vhodné ji před následující operací zmulčovat. Po případném zmulčování přichází na řadu orba nebo hloubkové zpracování půdy. Brokolici je taktéž doporučováno hnojit statkovými hnojivy, hnojení se provádí na podzim. Po aplikaci hnoje dochází k orbě nebo hloubkovému zpracování půdy, je ale vhodné, aby byl stroj pro hloubkové zpracování půdy vybaven míchacími radličkami, aby byl hnůj do půdy řádně zapraven. Poslední operací ve schématu úpravy půdy je příprava půdy před výsadbou. Pro tuto operaci se především využívají stroje s poháněnými rotačními nástroji. Můžou to být například rotavátory nebo vířivé kypřiče. Příprava půdy je prováděna těsně před výsadbou, v jeden den, kdy probíhá výsadba je připravena pouze taková rozloha pozemku, kde bude probíhat výsadba, aby půda příliš neproschla a nebyla snížena pravděpodobnost uchycení rostlin.

4.2.1 Podmítka

Včasná a kvalitní podmínka je velmi důležitým faktorem při hospodaření s půdní vláhou. Při kvalitně provedené podmítce dochází k přerušení kapilárních pórů směrem k povrchu půdy. Přerušení těchto kapilár minimalizuje vzlínání vody. Zároveň dojde k lepšímu pronikání vody do půdy při srážkách. Nezanedbatelným efektem dobře provedené podmínky je i likvidace plevelů a výdrolu mechanickou cestou. Jde o vliv podmínky nejen na klíčení a vzcházení plevelů, ale i při regulaci vytrvalých, vegetativně se rozmnožujících plevelů. Ideální je provést podmínku ještě v den sklizně, neboť je půda po sklizni vlhká a tím pádem i dobře zpracovatelná. Pozdní podmínka neplní svůj účel a hůře se provádí, protože je již půda vyschlá. Dodržení termínu podmínky je závislé i na hospodaření se slámou. Pokud je sláma rozdrčena a rozhozena sklízecí mlátičkou po pozemku, tak lze podmínku provést ihned po sklizni. Pokud je sláma lisována

a odvážena, tak zde dochází ke značné prodlevě. Je nutné zajistit lisování a odvoz slámy v co nejkratším časovém horizontu. Podmítka by měla být následně provedena do 24 hodin od úklidu pozemku. [19]

Obecně spočívá význam podmítky ve:

- vytvoření lepších podmínek pro následné zpracování půdy,
- mechanické regulaci plevelů,
- zlepšení využití půdní vláhy a omezení výparu vody,
- zlepšení fyzikálního stavu půdy, vodního a vzdušného režimu půdy,
- regulaci rostlinných kulturních druhů, které se vyskytují v porostech,
- regulaci některých škodlivých organismů, které mohou způsobovat choroby,
- zlepšení podmínek pro činnost aerobní mikroflóry, uvolňování živin a rychlejší rozklad rostlinných zbytků. [19]

Z hlediska klasifikace lze podmítku rozdělit do třech kategorií, první kategorií je podmítka mělká, která se provádí do hloubky 80 mm, druhou kategorií je podmítka středně hluboká, která se provádí v rozsahu hloubky 80-120 mm a třetí kategorií je podmítka hluboká, která se provádí v rozsahu hloubky 120-150 mm. [20]

Podmítače se dělí podle pracovních orgánů na:

- talířové,
- radličkové,
- kombinované.

4.2.1.1 Talířové podmítače

Talířové podmítače jsou rozděleny podle konstrukce na dva základní typy. První typ má talíře uložené na společné hřídeli, zatímco druhý typ má talíře, které jsou samostatně uloženy.

Talířové podmítače s talíři uloženými na společné hřídeli jsou známy již poměrně velmi dlouhou dobu. Byly tak konstruovány první talířové podmítače. Talíře jsou upevněny na společné hřídeli, která je na koncích uložena v ložiscích. Hřídele jsou nakloněny vůči směru jízdy o pracovní úhel, jehož hodnota se pohybuje v rozmezí 15 až 30°. Talíře bývají obvykle uspořádány ve dvou řadách, a to v uspořádání do „V“ nebo do „X“. Průměry talířů bývají 600–800 mm. Ostří talířů bývá hladké nebo ozubené.

Ozubené talíře samostatně uložené snadněji vnikají do půdy a lépe zpracovávají rostlinné zbytky. Výhody tohoto typu podmítačů spočívají v jednoduché a robustní konstrukci a relativně nízké pořizovací ceně. V posledních letech jsou také oceňovány pro schopnost dobré práce v suchých podmínkách. Nevýhodami jsou naopak nemožnost úpravy odklonu talířů od svislé osy, potřeba vyššího tahového výkonu, absence jištění proti poškození a také větší délka stroje. Pracovní šířka v závěsném provedení dosahuje 4-8 metrů. [19]

Obrázek 6: Kuhn Discover XM2



Zdroj: <https://www.kuhn.com/en/crop/tillage-implements/disc-harrows/all-purpose-disc-harrows/discover-xm2>

U talířových podmítačů se samostatně uloženými talíři se využívá princip uložení každého talíře v ložisku na samostatné slupici. Slupice funguje jako kyvné rameno odpružené buď gumovými bloky, tvarovou pružinou, nebo vinutou pružinou. Tímto řešením je možné talíře uspořádat do řady kolmé na směr jízdy, a tím podstatně zkrátit délku stroje. Pružné uložení umožňuje bezpečné vyklopení talíře při najetí na překážku. Díky tomu, že nejsou talíře na jedné hřídeli, vzniká mezi nimi volný pracovní prostor, kudy může zpracovávaná půda a rostlinné zbytky volně procházet a nedochází k jejich ucpávání. Průměry talířů se postupně zvětšují a v současné době jsou k dispozici podmítače s průměry talířů až 800 mm. Hlavní výhody tohoto typu konstrukce spočívají v kratší délce stroje, vyšší pracovní rychlosti, která může dosahovat i $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a možnosti nastavení odklonu talíře od svislé osy. Nesené nářadí disponuje pracovním záběrem 2,5-4 m. Závěsné nářadí se dodává s pracovním záběrem od 4,5-12 metrů. [19]

4.2.1.2 Radličkové podmítače

Radličkové podmítače jsou tvořeny nosným rámem, který je osazen závěsem, slupicemi pro montáž radliček, zařízením k opětovnému utužení půdy a v některých případech rovněž nivelačními koly. Pracovní hloubka se nastavuje polohou tříbodového závěsu, respektive spodních ramen na straně jedné a na straně druhé nastavitelným válcem, který zajišťuje rovněž opětovné utužení půdy. To napomáhá kromě urovnání pozemku ke zlepšení vláhových poměrů a rovnoměrnému vzcházení plevelů a výdrolu, které se následně chemicky nebo mechanicky likvidují. Pracovními orgány jsou radličky upevněné ke slupicím šroubovými spoji, případně je využit rychloupínací systém. [20]

Obrázek 7: Nesený podmítač Pöttinger Synkro



Zdroj: https://www.poettinger.at/cs_cz/produkty/detail/syn3/synkro-nesene-trirade-radlickove-podmitace

Radličky jsou konstruovány tak, aby docházelo k plošnému zpracování půdy v celé šířce záběru a urovnání povrchu pozemku. V takovém případě mají radličky tvar křídla. Jejich dalším úkolem je promíchávání a zapracování posklizňových zbytků. Slupice s radličkami jsou většinou umístěny ve dvou, nebo čtyřech řadách, přičemž velkou úlohu hraje výška rámu a rozteč slupic s radličkami, což je velmi důležité při výskytu většího množství rostlinných zbytků na povrchu půdy. Různou podobu může mít také zařízení pro utužení půdy, zpravidla jde o různou konstrukci prutového válce, případně dvojici válců, které jsou opatřeny hřeby a výstupky různé konstrukce, nebo o pryžový pěch. Nesené podmítače většinou disponují pracovním záběrem 2-6 metrů. U závěsných

podmítačů se lze setkat s pracovní šířkou 4-18 metrů. Pracovní rychlost může dosahovat klidně i 15 km.h⁻¹. [20]

4.2.1.3 Kombinované podmítače

Mezi kombinované nářadí lze zahrnout takové nářadí, které využívá na společném rámu sekci, nebo sekce pracovních disků a radliček, případně dalších pracovních orgánů. Jde o tzv. kombinované podmítače, které nacházejí uplatnění zejména při následné podmítce, jež v případě mělkého zpracování půdy plní zároveň úlohu přípravy set'ového lůžka. Takovéto nářadí se prosazuje zejména díky rozvoji technologií s minimálním zpracováním půdy, kdy je nutné čas od času využít odlišných technologických postupů. Existují dvě skupiny kombinací pracovních orgánů. Jde o kombinaci disků a radliček, nebo disků a kypřících slupic s radličkami. [20]

4.2.2 Orba

Orba je jednou ze základních operací konvenčního zpracování půdy. Během orby dochází k nakypření půdy, čímž se zvyšuje pórovitost orníčního profilu, zejména podíl nekapilárních pórů nepravidelných tvarů. Orba za optimální půdní vlhkosti přispívá k drobení půdy na menší půdní agregáty a ovlivňování agregátového uspořádání půdy. V důsledku orby je půda zároveň obrácena. Horní vrstva půdy, která je poškozená povětrnostními vlivy a přejezdy mechanizace je při agrotechnických operacích ukládána na dno brázdy a spodní vrstva je vynášena na povrch. [21]

Z hlediska hloubky zpracování lze orbu rozlišit na:

- mělkou do 18 cm,
- střední 18-25 cm,
- hlubokou 25-30 cm,
- velmi hlubokou (rigolovací) nad 30 cm.

Nejdůležitějším pracovním nástrojem pluhu je orební těleso, které odřezává, mísí, drobí a obrací půdu při orbě. Orební tělesa jsou pomocí slupice uchycena na rám pluhu. Orební těleso obsahuje následující části:

- čepel (odřezává skývu od dna brázdy),

- odhrnovačka (podílí se na drobení, mísení, kypření a obracení odříznuté skývy, existují 4 typy odhrnovaček: válcové, kulturní, pološroubové, šroubové),
- plaz (zachycuje boční síly působící na pluh při orbě),
- krojidlo (zajišťuje dokonalé odříznutí skývy svisle před řeznou hranou odhrnovačky),
- předradlička (odkrajuje skývu a ukládá ji na dno vedlejší brázdy, orební těleso tuto skývu zakrývá spodní vrstvou zeminy, tímto postupem se prorostlá vrstva kořeny dostává na dno brázdy). [22]

4.2.3 Hlubkové zpracování půdy

Hlubší kypření půdy bez obracení ornice slouží ke zpracování celého orničního profilu. Při tomto zpracování půdy nedochází k obracení půdy jako při orbě, ale je spojeno s rozdílnou intenzitou mísení půdy či s prokypřením půdy na základě jejího nadzvednutí a opětovného poklesu po průjezdu pracovního nástroje. Intenzita promísení a prokypření půdy, včetně míry zpracování povrchu půdy je dána použitým mechanizačním prostředkem, typem pracovních nástrojů a pracovní hloubkou. [23]

Obrázek 8: Nesený dlátový kypřič Bednar Terraland TN



Zdroj: <https://www.bednar.com/terraland-tn/>

V minimalizačních technologiích se využívají kypřiče, které kypří půdu do hloubky 0,25-0,45 m bez vynášení půdy z hlubších vrstev. Tyto kypřiče jsou využívány především pro periodické kypření ztuhlejších vrstev půdy, jestliže se tyto vrstvy v ornici nebo

v podorničí vytvoří při víceletém uplatňování pouze mělkého kypření půdy charakteru podmítky. Nejvíce se používají kypřiče, které minimálně narušují povrch půdy. Rostlinné zbytky pak zůstávají na povrchu půdy a mohou plnit funkci povrchového mulče. K dispozici jsou však i kypřiče, které při hlubším prokypření půdy zapraví větší část posklizňových zbytků do půdy a promísí je se zeminou. Při hlubším kypření půdy, které má narušit zhutnělé vrstvy, je nutné zohlednit vlhkost půdy. Půda v době zásahu musí být drobivá. Pokud vlhkost půdy přesáhne mez plasticity, dochází při zásahu k plastickým deformacím. Místo zlepšení stavu půdy může dojít k poškození její struktury i nežádoucímu zhutnění. V této situaci je hlubší kypření půdy nežádoucí. [24]

4.2.4 Příprava půdy před výsadbou

Cílem přípravy půdy pro sázení je vytvořit optimální podmínky pro včasné a kvalitní založení porostů kulturních rostlin ve vztahu k jejich následnému vývoji a zajistit požadované podmínky pro práci sázecích strojů. Příprava půdy pro výsadbu sazenic musí vytvořit vhodné podmínky pro rychlé uchycení sazenic a jejich následný růst. Bez ohledu na rozdílné půdní podmínky stanoviště, technologické postupy základního zpracování a komplexní systémy zpracování půdy má příprava půdy zajistit následující požadavky:

- urovnat povrch půdy,
- vytvořit na povrchu půdy izolační nakypřenou vrstvu zamezující ztrátám vody,
- zvýšit teplotu půdy za účelem vzcházení rostlin,
- omezit rizika degradace horní vrstvy půdy abiotickými faktory,
- provést požadované uspořádání půdních agregátů v horní vrstvě půdy,
- připravit vhodné podmínky pro kvalitní práci sázecího stroje,
- přispět k regulaci plevelů. [25]

V zelinářství se ve většině případů používají pro přípravu půdy před výsadbou stroje, které mají aktivně poháněné pracovní nástroje. Jejich přednost spočívá v dokonalém rozdrobení hrud, které je žádoucí pro výsadbu sazenic. Hroudy by mohly způsobovat problémy v uchycení rostlin, neboť by se mohlo stát, že sazenice budou mít obnažené kořeny nebo nebudou správně vsazeny do půdy. Příprava půdy probíhá těsně před výsadbou, aby půda zbytečně neproschla a podpořilo se uchycení rostlin.

Nejčastěji se využívají stroje se svislou osou otáčení nástroje, které se nazývají vířivé kypřiče. Pracovní ústrojí je poháněno vývodovým hřídelem traktoru. Převodový mechanismus stroje obsahuje kola s čelním nebo kuželovým ozubením. Ozubená kola na straně příkonu jsou více namáhána než kola poslední. Rotor bývá nejčastěji vybaven dvěma noži, ale existují i stroje, které mají nože tři. Pracovní hloubka dosahuje klidně i 20 centimetrů. Kypřič bývá doplněn opěrným zubovým válcem, kterým se nastavuje pracovní hloubka. Vířivé kypřiče jsou stroje, které jsou nesené a disponují pracovní šířkou až 8 metrů. [18]

Obrázek 9: Vířivý kypřič, rotor se 3 noži



Zdroj: <https://www.farmtrader.co.nz/features/2003/moreni-power-harrows-in-nz>

4.3 Sázení

Sazenice vyžadují perfektně připravený pozemek, který neobsahuje žádné hroudy. Do takto připravené půdy musí být sazenice postaveny svisle s odchylkou nejvýše 30° od svislice. Sazenice musí mít kořenový bal zahrnutý tak, aby síla potřebná na jejich vytažení byla větší než 3 N. Odchylka vzdálenosti sazenic nesmí být větší než 10 % od střední hodnoty a poškození sazenic nesmí překročit 1 %. [18]

Podle způsobu vkládání sazenic do unašeče se rozlišují základní dva typy sazečů. U prvního typu je třeba manuálního vkládání sazenic do sázecích kotoučů, u druhého typu tento krok probíhá plně automaticky bez potřeby lidské síly. Manuální sázecí stroj obsluhuje traktorista, pracovník, který je na plošině a manipuluje se sadbovači, které obsahují sazenice, a ještě tolik pracovníků, kolika řádkový sázecí stroj to je.

Například 5 řádkový sázeční stroj musí obsluhovat 7 pracovníků. Automatické sázeční stroje jsou mnohem méně náročné na pracovní sílu, jelikož zde probíhá vkládání sazenic do sázečních kotoučů automaticky, tak zde stačí pouze obsluha dvou lidí nehledě na počtu řádků, které stroj sází. Stále jsou zde potřebné pozice v podobě traktoristy a operátora manipulujícího se sadbovači. Automatické stroje přinášejí značnou úsporu v lidské síle, jsou ale mnohem dražší než stroje pro manuální vkládání sazenic, pokud ale dochází k výsadbě nemalých výměř, tak zde svoje uplatnění určitě naleznou, protože mohou pracovat 24 hodin denně a 7 dní ve směnném režimu.

Obrázek 10: Sázeční stroj s automatickým vkládáním sazenic do sázečních kotoučů



Zdroj: <https://ferraricostruzioni.com/en/tray-transplanters/8-futura-automated-transplanter.html>

Sázeční stroje mohou být buď samojízdné nebo nesené. Základní konstrukční části sázečů jsou následující: radlice, sázeční kotouče, zamačkávací kotouče, sedadlo obsluhy a zahrnovač. U všech mechanismů na zeleninu je důležité, aby obvodová rychlost byla stejná jako rychlost pojezdová a ve spodní části měla opačný smysl, aby po uložení sazenice nemohlo dojít k jejímu dodatečnému posunutí. [18]

Sazenice pocházejí většinou z Nizozemska, kde jsou předpěstovány v obrovských sklenících, které mohou mít rozlohu i několik hektarů. Transport sazenic z Nizozemska do České republiky probíhá v kamionových návěsech, které musí disponovat chladícím zařízením. Ihned po vyložení z nákladního automobilu se musí sazenice vložit do chladícího boxu, kde jsou uchovány až do výsadby. Transport sazenic na pole musí probíhat optimálně v návěsu nebo přívěsu, který disponuje plachtou, ještě lepší je, když se jedná o přívěs, případně návěs s chladícím zařízením. Pokud by byly sazenice

na pole přepravovány v otevřeném přepravním prostoru, mohlo by docházet k vysušování kořenových balů nebo i k poškození sazenic od přímého slunce. Následně by mohlo docházet ke snížení schopnosti uchycení sazenic.

Pokud je používána k zavlažování technologie kapkové závlahy, tak se současně s výsadbou do země aplikují trubičky s kapkovači, které jsou určeny pro kapkovou závlahu. Trubičky se aplikují pod řádky se sazenicemi. Kotouče se zavlažovacími trubičkami jsou na pole přepravovány spolu se sazenicemi.

4.4 Ochrana proti chorobám, plevelům a škůdcům

Ochrana rostlin před chorobami, škůdci a plevelely je velmi důležitá. Pokud by se tyto záškodníci vymkli kontrole, mohlo by docházet ke snížení výnosů. Dříve se hlavně využívaly jednoduché technické zásahy, ale pro jejich náročnost a pracnost se postupně přešlo na použití syntetických prostředků pro hubení škodlivých organismů. Je nutné si ale uvědomit, že každá syntetická látka je přírodě vnucená, a i když přípravek sám o sobě není pro člověka, zvíře i rostlinu toxický, může přesto narušit nežádoucím způsobem, přirozený ekosystém. [26]

Pro integrovanou zemědělskou produkci jsou důležité následující faktory:

- volba stanoviště,
- střídání plodin,
- výběr odrůd,
- příprava půdy k sázení a způsob obdělávání půdy,
- termín, hustota a hloubka výsadby,
- hnojení,
- údržba okrajů pozemku,
- opatření přímé ochrany. [26]

Podle velikosti rozptýlovaných částic lze stroje pro ochranu rostlin rozdělit do následujících skupin:

- postřikovače (průměr částic 0,15-0,50 mm),
- rosiče (průměr částic 0,05-0,15 mm),
- zmlžovače (0,02-0,05 mm).

Stroje na ochranu rostlin se skládají z následujících částí: nádrž na postřikovou jíchu a vodu, zdroj proudu kapaliny (čerpadlo nebo kompresor a ventilátor), kapalinové vedení, regulační a kontrolní prvky, čističe, rozptylovače a ostatní příslušenství. [18]

Podle konstrukce se rozlišují 3 typy strojů. Prvním typem jsou stroje nesené, které dosahují záběru do 24 m a objem nádrže na postřikovou jíchu může být až 2 200 litrů. Druhým typem strojů jsou stroje návěsné, které dosahují záběru do 36 m a objem nádrže na postřikovou jíchu může být až 7 000 litrů. Posledním typem jsou stroje samojízdné, které dosahují záběru do 56 metrů a objem nádrže na postřikovou jíchu může být až 10 000 litrů. Stroje pro ochranu rostlin lze použít i pro aplikaci kapalných hnojiv. [18]

Trendem poslední doby je snižování množství aplikovaných pesticidů a lokálně diferencované zásahy. V zelinářství nebo i u širokořádkových plodin lze použít stroje, které aplikují herbicidy pouze do mezířadí nebo naopak může docházet k aplikaci insekticidů nebo fungicidů pouze na rostliny. Kladný efekt spočívá v úsporách pesticidů, které mohou dosahovat až 80 %. [28]

Obrázek 11: Stroj pro aplikaci herbicidu do mezířadí



Zdroj: [28]

4.5 Přihnojování tuhými průmyslovými hnojivy

Přihnojování tuhými průmyslovými hnojivy je pracovní operace, při které dochází k rovnoměrnému rozhozu průmyslového hnojiva po pozemku. Rostlinám jsou dodány potřebné minerální látky, které pomáhají k bujnému a zdravému růstu s konečným benefitem v podobě maximalizace výnosů.

Hlavní části rozmetadel na tuhá minerální hnojiva jsou zásobník na hnojivo, čechrač, dávkovací zařízení a rozmetací ústrojí. Rozmetadla bývají většinou nesená nebo návěsná, lze nalézt i rozmetadla samojízdná nebo instalovaná na automobilovém podvozku. Pracovní záběr rozmetadel dosahuje až 48 m. [27]

Rozmetadla tuhých minerálních hnojiv se rozdělují podle principu práce rozmetacích mechanismů na následující typy:

- odstředivá,
- vyhrnovací,
- pneumatická. [27]

4.6 Plečkování

Plečkování je pracovní operace, při které se kypří půda a podřezává se plevel rostoucí mezi širšími řádky porostu. Plečkováním se udržují meziřádkové prostory porostů některých plodin v kyprém a nezapleveleném stavu. [24]

Úkoly plečkování jsou následující:

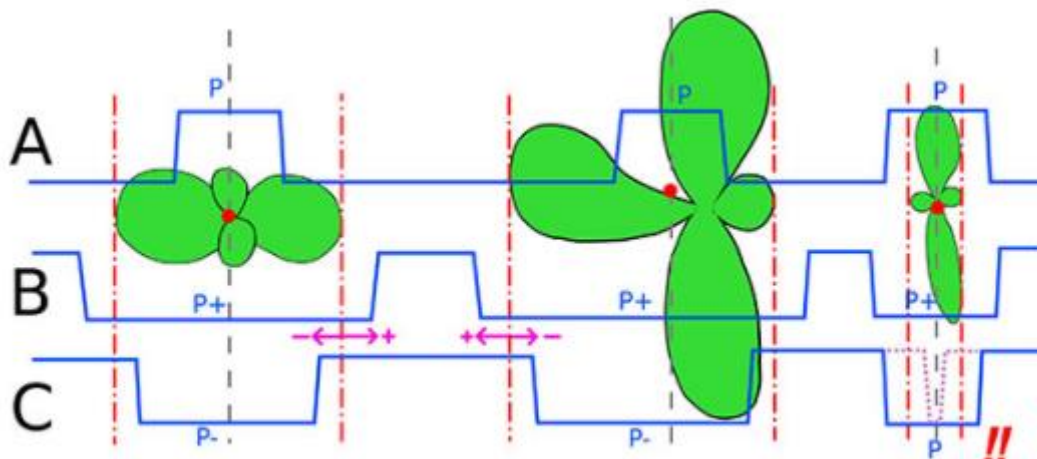
- zkyprít vrchní vrstvu v meziřádkovém prostoru,
- odstranit půdní škraloup a provzdušnit půdu,
- zapravit do půdy hnojiva, která jsou používána během vegetace,
- zničit plevele. [24]

Plečkování se v poslední době opět začíná v praxi více používat, než tomu bylo v minulosti. Používají se nová řešení, jak pasivních, tak aktivně poháněných pleček. Svě nezastupitelné místo mají i při produkci zeleniny. Pro likvidaci plevelů se tato technologie využívá u všech širokořádkových plodin. Díky této metodě se nemusí na porost aplikovat

tolik herbicidů, což vede ke značné úspoře. Spolu s mechanickým prokypřením meziřadí lze při jednom přejezdu i aplikovat hnojivo. [24]

Začínají se objevovat i plně automatické plečky, které jsou schopny narušit půdní škraloup i mezi rostlinami. Automatická plečka je opticky naváděna, aby zcela autonomně udržela směr jízdy a nevybočila z řádku. Systém pracuje na principu nepřetržitého snímání plochy listů. Kamery snímají plochu kolmo k řádku a na základě velikosti plochy shluku listů systém určuje, které rostliny budou eliminovány. Velikost této plochy určí obsluha traktoru na základě druhu a velikosti plodin. Díky systému dvou pohyblivých radliček může systém pracovat v těsné blízkosti rostlin, aniž by došlo k poškození rostliny. Radličky jsou v základní poloze uzavřené (zůstávají u sebe) a otevřou se pouze v případě, že je systémem detekována rostlina splňující danou hranici minimální velikosti plochy listů. Jestliže se v řádku vyskytne mezera a několik rostlin chybí, radličky zůstanou uzavřeny. [29]

Obrázek 12: Dráha jednotlivých radliček v závislosti na nastavení systému



Zdroj: [29]

4.7 Sklizeň

Sklizeň brokolice je nejdůležitější a zároveň nejnáročnější pracovní operací celého pěstebního postupu. Na sklizeň je vyhrazen velice krátký časový horizont, než dojde k vykvetení, a tím pádem i k znehodnocení celé sklizně. Při sklizni dochází k ručnímu nebo strojnímu oddělení hlav brokolice od zbytku rostliny. Existují dvě možnosti sklizně, v první možnosti je sklizeň prováděna probírkou a jedno místo v porostu je v přibližném

odstupu 5 dnů celkem projížďeno třikrát, protože hlavy brokolice nedorůstají požadované velikosti najednou. Druhou možností je přímá sklizeň všech hlav na jeden přejezd. Sklizené hlavy brokolice jsou vkládány nejčastěji do dřevěných boxů, které mají rozměry 1,6 x 1,2 x 1,23 (š x d x v) m.

Technologie sklizně se rozděluje podle použitých mechanizačních prostředků a využití pracovní síly na následující typy:

- přímá sklizeň všech hlav na jeden přejezd,
- probírková sklizeň, která je prováděna pracovníky,
- probírková sklizeň, která je prováděna robotickou paží.

Přímá sklizeň všech hlav brokolice na jeden přejezd je prováděna nejčastěji samohodným sklízečem, lze ji provádět i přívěsným sklízečem, který je agregován s traktorem. Samohodný sklízeč najednou sklízí 3 řádky brokolice, přívěsný pouze 1. Sklizňové stroje disponují plošinou, na které jsou obvykle 2 pracovníci, kteří provádějí selekci hlav brokolice, jež nedosahují potřebné jakosti, případně odstraňují nežádoucí předměty. Před sklizní musí být listy, které jsou nad hlavami brokolice, odstraněny. Tento krok se provádí speciálním mulčovačem. Proces sklizně spočívá ve vtažení celé rostliny včetně kořenů do stroje, kde je následně odříznuta spodní část rostliny, která padá zpět na pole. Hlavy brokolice spolu s listy jdou dále do stroje a jsou vytríděny od listů. Samotné hlavy brokolice ještě procházejí okolo pracovníků, kteří případně vyhazují nevhodné kusy. Nakonec jsou hlavy překládacím dopravníkem dopraveny do boxů na přepravním prostředku, kde jsou uloženy a určeny k transportu. Brokolice z této sklizně je určena výhradně do zeleninových směsí. Pracovní rychlost se pohybuje okolo 3,5 km.h⁻¹.

Obrázek 13: Samohodný sklízeč brokolice



Zdroj: <https://univerco.com/en/type-categorie/field-machinery/harvesters/cabbages-and-broccolis/>

Probírková sklizeň, která je prováděna lidskou silou, je nejnáročnější na pracovníky. Při sklizni je potřeba až 12 pracovníků (traktorista, pracovník na sklizňovém návěsu, 10 sběračů). Sklizeň probíhá tak, že sběrači procházejí jednotlivé řádky, každý sběrač má přiděleny obvykle dva, a vybírají hlavy brokolice, které jsou vhodné ke sklizni. Po uříznutí je hlava vložena na dopravník, který je kolmo připevněn ke směru jízdy a dosahuje délky až 12 m. Hlavy brokolice, které již nebudou vhodné pro následnou sklizeň jsou rozseknuty, aby se zrychlila identifikace vhodných hlav při následující sklizni. Sklizňový přívěs je opatřen sadou dopravníků, které dopraví brokolici do boxů. Boxy na návěsu nejsou měněny na poli, ale až na farmě, takže je vhodné vlastnit více než jeden návěs, aby nedocházelo k prostojům. Návěsy jsou obvykle dvounápravové a jsou vybavené natáčením náprav, aby na konci řádků nedocházelo k poškození rostlin.

Probírková sklizeň, která je prováděna robotickou paží, probíhá selektivním principem, kdy je kamerou nasnímán porost a software určí vhodné hlavy pro sklizeň. Tato sklizňová linka pracuje s přesností 97 % a k identifikaci, zdali je hlava vhodná pro sklizeň stačí 59 ms. Sklizeň jedné hlavy brokolice trvá 3 sekundy, což je poloviční čas oproti manuálnímu sběru. Pořizovací cena stroje je podstatně vyšší oproti sklizňovému návěsu, ale návratnost je jistá, neboť dochází k úspoře pracovní síly. V případě této sklizňové linky stačí pouze traktorista a manipulant s dřevěnými bednami. Pro porovnání tento stroj sklídí za obdobný časový horizont stejné množství brokolice jako 6 pracovníků. Proces sklizně spočívá ve vybrání hlavy, následně je k této hlavě nasměrována robotická paže, která tuto hlavu uchopí a odřízne. Hlava je následně vložena do trubky a vzduchovým proudem dopravena do boxu. Proces je opakován až do naplnění boxu, poté musí být box vyměněn. Stroj je schopen pracovat 24 hodin denně. [30], [31]

Obrázek 14: Sklizňová linka selektivní sklizně



Zdroj: [31]

4.8 Mulčování porostu

Mulčování porostu se provádí po sklizni brokolice, a to pouze u probírkové sklizně. Při přímé sklizni tato pracovní operace není potřeba, protože rostliny jsou již vytrhány a rozmělněny na menší kusy. Při mulčování porostu po probírkové sklizni se mulčují celé rostliny včetně hlav, které nesplňovaly jakostní parametry pro sklizeň.

Jako mulčovače jsou označovány stroje pro drcení zelené hmoty, které se hojně využívají v zemědělství pro drcení posklizňových zbytků. Při mulčování dochází k posečení a rozdrcení nadzemních částí rostlin na malé kousky a ty jsou rovnoměrně rozprostírány po povrchu pozemku. [32]

Na mulčovače jsou kladeny následující požadavky:

- snadné připojení k traktoru pomocí vývodového hřídele,
- rovnoměrné rozprostření podrcené hmoty po povrchu pozemku,
- možnost snadného nastavení a dodržení pracovní výšky rotoru,
- dokonalé podrcení nadzemní části rostlin. [32]

Pro mulčování porostu brokolice se nejčastěji využívají mulčovače s horizontální osou rotace, jejichž pracovním orgánem je horizontálně uložený rotor, na kterém jsou uchyceny nože nebo kladívka různého tvaru. Rotor se točí rychlostí 1 800-2 200 ot.min⁻¹.

Pracovní výška stroje se upravuje nastavením opěrných kol nebo opěrného válce. Energetická náročnost dosahuje přibližně 20 kW na metr záběru. Pracovní rychlost se pohybuje v rozmezí 3-8 km.h⁻¹. [32]

4.9 Zavlažování

Pracovní operace, které jsou spojené s tvorbou a likvidací zavlažovacího systému jsou relativně časově a technologicky náročné. Existují dva typy zavlažování porostu brokolice, prvním typem je kapková závlaha, druhým typem zavlažování rozstříkem. Pro transport funkčních částí se používají plošinové vozy, které jsou opatřeny bočnicemi, případně menší části mohou být umístěny v boxech, které se používají pro transport brokolice.

Trubičky s kapkovači se aplikují do země sázecím strojem pod řádky sazenic. Zavlažovací systém se skládá z následujících částí: přípojně místo, hadice určené pro transport vody od přípojněho místa k redukčnímu ventilu, redukční ventil, filtr, uzavírací ventil, hadice určené pro připojení trubiček s kapkovači. Když je sázení dokončeno přichází na řadu kompletace systému. Plošinovým vozem jsou v boxech přepraveny na pozemek všechny funkční části systému kromě trubiček s kapkovači, které jsou již aplikovány v půdě. Kompletace systému probíhá manuálně pracovníky a není potřeba žádné další mechanizace. Demontáž funkčních částí systému, kromě trubiček s kapkovači, probíhá po sklizni a je opět prováděna manuálně pracovníky. Transport funkčních částí zpět do zemědělského podniku probíhá opět pomocí plošinového vozu s boxy. Po sklizni a odvozu všech funkčních částí dochází ke zmulčování porostu. Po zmulčování porostu přijde na řadu vyorání trubiček s kapkovači, které se provádí parapluhy. Tyto nástroje pro tuto činnost nebyly vyvinuty, ale nejlépe se osvědčily. Až jsou trubičky vyorány, tak jsou položeny na povrchu půdy v řádcích, ve kterých byly aplikovány. Pro jejich namotání se používá naviják, který je zobrazen na obrázku níže, obvykle se motá až 5 trubiček najednou, až je řádek domotán, tak je jedna část navijáku pomocí přímočarého hydromotoru zvednuta a balík s trubičkami vypadne ven. Trubičky již znovu nelze použít, a proto jsou naloženy teleskopickým manipulátorem na přívěs a odvezeny na skládku.

Obrázek 15: Naviják na trubičky kapkové závlahy



Zdroj: <https://wrootwater.com/index.php/other-2/drip-irrigation-equipment-2/>

Tvorba a kompletace zavlažovacího systému, který zavlažuje porost rozstříkem, probíhá až po osázení pozemku. Zavlažovací systém se skládá z následujících částí: přípojné místo, hlavní silnostěnné rozvodné potrubí, plastové tenkostěnné rozvodné potrubí s rozstříkovači, uzavírací ventil. Plošinovým vozem s bočnicemi jsou na pozemek přepraveny všechny funkční části systému. Kompletace systému probíhá manuálně pracovníky. Demontáž všech prvků probíhá před sklizní a je opět prováděna manuálně pracovníky. Transport všech prvků zpět do zemědělského podniku opět probíhá pomocí plošinového vozu s bočnicemi. Tvorba a likvidace tohoto zavlažovacího systému je podstatně jednodušší, ale za cenu mnohem větší spotřeby vody na zavlažování.

4.10 Posklizňové zpracování

Po sklizni musí být brokolice v co nejkratším časovém intervalu dopravena do chladicího zařízení, neboť hlavy brokolice jsou při teplém počasí velice rychle znehodnoceny. V chladícím boxu jsou hlavy zchlazeny na 1-5 °C. Způsob zpracování rozhoduje o následném osudu sklizně. Jednou variantou je odvoz boxů s brokolicí do mrazírenských závodů, kde je tato brokolice zpracována do zeleninových směsí. Druhou variantou je zpracování brokolice na posklizňové lince přímo v zemědělském podniku.

Posklizňová linka na brokolici je složena z následujících zařízení:

- výtah (slouží k vyzvednutí a přetočení boxů s hlavami brokolice),
- dopravník (slouží k dopravě hlav brokolice od výtahu k třídícímu pracovišti),
- balící linka (hlava brokolice je při této operaci zabalena do fólie),
- pec (slouží k zapékání fólie),
- dopravník s váhou a etiketovacím strojem (každá hlava brokolice je zvážena a je na ni automaticky nalepena etiketa),
- pracovní stůl (hlavy brokolice jsou zde manuálně vkládány do přepravek).

Pro obsluhu posklizňové linky je celkem potřeba 8 pracovníků v následujícím složení: obsluha manipulačního vozíku, 2 pracovníci, kteří třídí a vkládají hlavy brokolice na podávací dopravník balící linky, 4 pracovníci, kteří vkládají zabalené hlavy brokolice do papírových nebo EPS přepravek a manipulant s přepravkami, který je ukládá na paletu. V každé přepravce je 10 kusů hlav brokolice a jedna paleta obsahuje 52 přepravek.

5 Metodika

Problematika byla řešena v průběhu celé pěstební sezóny roku 2021 na pozemcích společnosti Bohemia Fresh s.r.o. sídlící v Rozběřicích. Rozběřice se nacházejí přibližně 5 kilometrů západně od Hradce Králové. Pokus byl proveden na dvou rozdílných pozemcích. První porost brokolice byl založen zpočátku pěstební sezóny a druhý porost byl naopak založen v samotném závěru sezóny.

5.1 Charakteristika zemědělského podniku a pěstební oblasti

Zemědělský podnik Bohemia Fresh s.r.o. pěstuje pouze brokolici, a to na celkové výměře okolo 100 ha, avšak patří do skupiny Zemědělské družstvo Všešary. Jedná se o největšího pěstitele brokolice v České republice, na 100 hektarech je postupně vysázeno 3 000 000 sazenic. Pěstuje se zde brokolice v blocích, které jsou 24 m široké. Sklizeň probíhá probírkou. Brokolice je do obchodních domů dodávána od poloviny června až do konce října případně poloviny listopadu v závislosti na počasí.

Zemědělské družstvo Všešary celkem obhospodařuje okolo 3 000 hektarů. Jsou zde pěstovány následující plodiny: pšenice ozimá i jarní, brukev řepka olejka, ječmen jarní, sója luštinatá, kukuřice setá na zrno i na siláž, cibule, žito ozimé, které ale není pěstováno na zrno, nýbrž na siláž. Disponují taktéž bioplynovou stanicí o instalovaném výkonu 1,1 MW. Další významnou větví pro tento zemědělský podnik je chov skotu. Probíhá zde chov jak mléčného, tak i masného skotu.

Obhospodařované pozemky se nacházejí v řepařské výrobní oblasti České nížiny a pahorkatiny. Podle klimatických kritérií lze tuto oblast zařadit do mírně vlhké výrobní oblasti. Roční úhrn srážek se pohybuje okolo 550 mm za rok. [33]

5.2 Charakteristika pozemku 1

Pozemek 1 je ve veřejném registru půdy LPIS označen číslem 2602/22 a nachází se v katastru Předměřice nad Labem, který má územní příslušnost pod Hradec Králové. Průměrná nadmořská výška tohoto pozemku je 256 m n. m., průměrná sklonitost je 0,55°. Celková výměra činí 9,95 ha, avšak osázeno bylo 7,59 ha celkovým počtem 316 000 sazenic. Zbytek výměry tvoří úvratě pole a cesty mezi pěstebními bloky. Délka pěstebních

bloků byla okolo 320 metrů. Celkem bylo vysázeno 10 pěstebních bloků. Předplodinou na tomto pozemku byla mrkev obecná. Pozemek je od zemědělského podniku vzdálen 6 150 metrů.

Obrázek 16: Pozemek 1



Zdroj: <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

5.3 Charakteristika pozemku 2

Pozemek 2 je ve veřejném registru půdy LPIS označen číslem 4601/10 a nachází se v katastru Světí, který má územní příslušnost pod Hradec Králové. Průměrná nadmořská výška tohoto pozemku je 259,5 m n. m., průměrná sklonitost je 1,68°. Celková výměra činí 29,91 ha, avšak aktivně obhospodařováno bylo 22,6 ha, osázeno bylo 17,22 ha celkovým počtem 717 500 sazenic. Zbytek výměry obhospodařované plochy tvoří úvratě pole a cesty mezi pěstebními bloky. Délka nejdelšího pěstebního bloku byla 600 metrů. Celkem bylo vysázeno 10 pěstebních bloků. Tato parcela byla osázena jako poslední, a proto není osázena celá výměra, rozloha výsadby posledního pole je závislá na zbývajícím počtu sazenic, které se měly vysadit. Předplodinou na tomto pozemku byla brokolice. Na tomto pozemku byla brokolice pěstována 2x během jedné pěstební sezóny, předplodinou pro první výsadbu brokolice byla mrkev obecná. Pozemek je od zemědělského podniku vzdálen 5 650 metrů.

Obrázek 17: Pozemek 2



Zdroj: <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

5.4 Metoda měření spotřeby paliva

Spotřeba paliva byla změřena po každou pěstební operaci, která u daného pozemku proběhla. Měření spotřeby paliva probíhalo následujícím způsobem: před provedením pěstební operace byla u energetického prostředku dotankována nádrž, následně došlo k provedení pěstební operace a při návratu zpět do zemědělského podniku došlo opět k dotankování. Množství dotankovaného paliva bylo zaznamenáno. U pěstebních operací, které trvaly delší časový horizont (příprava půdy, sázení, sklizeň) byla spotřeba nafty zaznamenána každý den, jakmile došlo k návratu do zemědělského podniku.

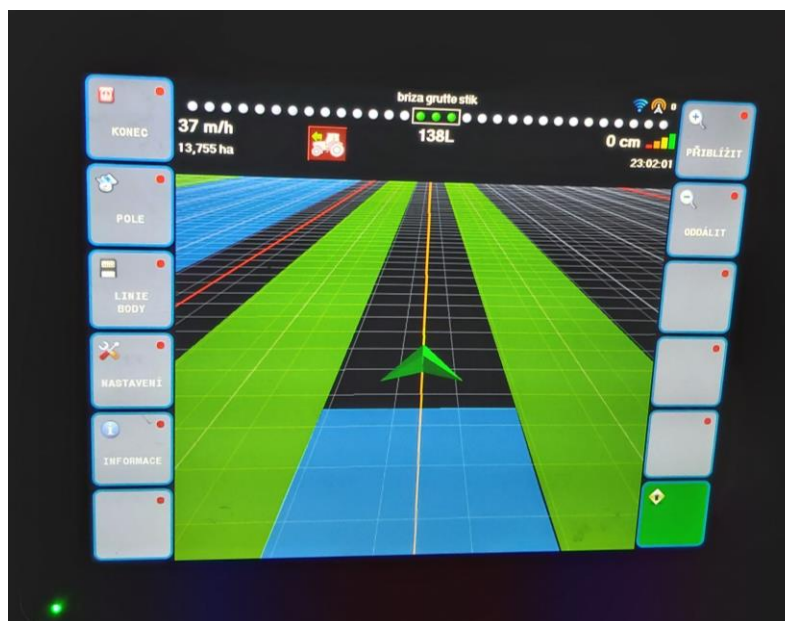
Výpočet výsledného množství spotřebovaného paliva na jeden hektar osázené plochy u jednotlivých pěstebních operací probíhal tak, že se celková spotřeba pro určitou pěstební operaci vydělila rozlohou osázené plochy. Výsledek tohoto výpočtu je spotřeba paliva pro určitou pěstební operaci na 1 hektar osázené plochy. Spotřeba paliva pro dopravu stroje na pozemek a z pozemku byla zahrnuta do výpočtu, neboť je to relativně zanedbatelný objem paliva vůči celkové spotřebě.

6 Praktická část práce

Cílem této práce je zhodnotit rozdíl spotřeby paliva při produkci brokolice na dvou porostech, které byly založeny v odlišnou dobu. První porost byl založen zpočátku a druhý na konci pěstební sezóny.

Při sledování spotřeby paliva u pěstování brokolice se v mnoha pěstebních operacích používala běžná technika, která je určena i pro jiné plodiny. Existuje zde několik strojů, které jsou použitelné pouze při pěstování brokolice nebo případně i jiné zeleniny, tyto stroje budou blíže popsány. Ke každé pěstební operaci je taktéž přiřazen stroj, případně strojní souprava, kterou byla daná operace provedena. U všech pracovních operací, u kterých to bylo možné, se používala GPS navigace, aby byly operace prováděny co nepřesněji. Jelikož byly používány traktory starších generací, tak v nich nebyla GPS navigace osazena již z výroby, ale byla zpětně dodělávána, používal se systém od nizozemské firmy Raven.

Obrázek 18: Rozhraní GPS navigace Raven



Zdroj: vlastní fotografie

Brokolice je pěstována v blocích, které jsou široké 24 metrů. Řádky jsou od sebe vzdáleny 60 centimetrů, tudíž jeden blok obsahuje 40 řádků sazenic. Jednotlivé sazenice v řádcích jsou od sebe vzdáleny 40 centimetrů. Mezi jednotlivými pěstebními bloky je vynechán pruh, který je široký 3 metry. Tento pruh slouží pro pojíždění techniky

při hnojení, chemické ochraně a sklizni. Úvratě pole kolmé k pěstebním blokům nejsou taktéž osázeny a šířka neosázeného pruhu činí okolo 10 metrů.

6.1 Pěstební operace a použitá mechanizace

Pěstební proces začíná zpracováním půdy, jsou to nejdůležitější pracovní operace, které ovlivňují celý pěstební proces. Jakmile nebude půda vhodně připravena může to vést ke zbytečným ztrátám na uchycení rostlin, případně i na kvalitě narostlých hlav brokolice. Celý proces zpracování půdy začíná podmítkou, která je provedena diskovým podmítačem o záběru 8,2 metru. Podmítka byla provedena pouze u pozemku 1, jelikož v případě druhého pozemku ihned po sklizně prvního porostu brokolice následovala orba a následně zde probíhala druhá výsadba brokolice. Druhou operací zpracování půdy je orba, je to hojně využívaná pracovní operace při pěstování zeleniny, neboť dochází k velice kvalitnímu zapravení rostlinných zbytků, které nejsou při výsadbě sazenic na povrchu půdy žádoucí. Pro orbu byl použit návěsný šestiradličný pluh. Poslední pracovní operací před výsadbou je příprava půdy. V případě pěstování zeleniny se používají pouze stroje s aktivně poháněnými nástroji, neboť dokáží lépe rozdrobit půdu než stroje s pasivně poháněnými nástroji. Pro tuto operaci byl použit vířivý kypřič o pracovním záběru 3 metry, který disponoval rotory se třemi noži. Příprava půdy vždy probíhala těsně před vysázením sazenic a byla připravena taková výměra pozemku, která byla i ten samý den osázena. Vířivý kypřič byl taktéž používán pro mechanickou likvidaci plevelů na úvratích a na cestách mezi jednotlivými pěstebními bloky v průběhu vegetačního období. Pracovní rychlost vířivého kypřiče byla 3 km.h⁻¹.

Po pracovních operacích spojených se zpracováním půdy přichází na řadu sázení sazenic. Výsadba začíná, pokud denní teplota dosáhne alespoň 10 °C. Pro výsadbu se využíval 5 řádkový sázecí stroj o pracovním záběru 3 metry s manuálním vkládáním sazenic. Traktor disponoval kultivačními pneumatikami, aby došlo ke zhutnění půdy pouze v meziřadí. Na sázecím stroji byly přidělané přídavné disky, které narušovaly zhutněnou jízdní stopu. Souběžně s výsadbou byly do země ukládány i zavlažovací trubičky s kapkovači. Pracovní rychlost stroje se pohybovala okolo 1,5 km.h⁻¹. Na obsluhu sázecího stroje bylo potřeba 7 pracovníků (traktorista, manipulant se sadbovači, 5 pracovníků, kteří vkládali sazenice do otočného kotouče). Sazenice vždy byly před výsadbou zalaty, aby se zvýšila pravděpodobnost uchycení a zamezilo se zbytečným

ztrátám. Sazenice a zavlažovací trubičky s kapkovači byly dopravovány na pole v krytém přívěsu Kögel.

Obrázek 19: Sazení brokolice



Zdroj: vlastní fotografie

U porostu brokolice, který je zakládán zpočátku sezóny, jsou pracovní operace, které se v pozdějším období nemusí vykonávat. Jedná se o pracovní operace, které jsou spojené se zakrýváním pěstební plochy netkanou textilií. Následující pracovní operace byly prováděny pouze u pozemku 1. Prvním krokem byl transport rolí s netkanou textilií na pole. Role byly na pole přepraveny v krytém přívěsu Kögel. Rozvinování netkaných textilií probíhalo manuálně za pomoci 8 pracovníků. Dočasně byla netkaná textilie na okrajích zatížena kupkami hlíny. Po zakrytí pěstebních bloků následovalo přihrnutí hlíny na okraj netkané textilie po celém obvodu, aby se zabránilo úletu. Přihrnování probíhalo nahrnovačem, který byl připojen na předním třibodovém závěsu traktoru. Pozemek byl zakryt netkanou textilií 5 týdnů, poté byla pracovníky odstraněna a smotána. Doba zakrytí je závislá na počasí. Poslední dvě operace spočívaly v naložení netkaných textilií teleskopickým manipulátorem na návěs a odvoz na skládku, která se nachází nedaleko obce Lodín. Od pozemku 1 je tato skládka vzdálena 17,1 kilometru.

Dalšími důležitými pracovními operacemi jsou hnojení průmyslovými hnojivy a chemická ochrana. Přihnojování se provádělo celkem dvakrát, první hnojení probíhalo těsně před přípravou půdy pro výsadbu a druhé hnojení probíhalo přibližně 6 týdnů od výsadby. Při chemické ochraně byly celkem 3 zásahy. První zásah byl v brzké době po výsadbě a byl aplikován insekticid, druhý zásah byl přibližně v období 7 týdnů

od výsadby a byl aplikován opět insekticid, třetí zásah proběhl 8 týdnů od výsadby a byl aplikován fungicid.

Likvidace plevelů probíhala mechanickým způsobem. Bylo využito plečky, která měla šípové radličky a disponovala pracovním záběrem 3 metry. Pracovní rychlost se pohybovala okolo $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Kvůli průjezdu v meziřadí byl traktor osazen kultivačními pneumatikami. Stejně jako na sázecím stroji byly na plečce přidělané přídatné disky, které narušovaly zhutnělou jízdní stopu.

Energeticky nejnáročnější operací celého pěstebního postupu byla sklizeň. Je to nejnáročnější operace, protože pojezdová rychlost dosahovala pouze $200\text{-}300 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$, a proto je hodinová výkonnost velmi nízká, a navíc sklizeň probíhala probírkovým způsobem a jedna část pole byla sklizena třikrát v rozmezí 14 dnů. Sklizeň probíhala pomocí dvou sklizňových návěsů. Pro obsluhu bylo potřeba celkem 14 pracovníků (traktorista, obsluha sklízecího návěsu, 12 pracovníků, kteří sklízeli brokolici).

Obrázek 20: Sklizeň brokolice



Zdroj: vlastní fotografie

Sklizňové návěsy byly na zakázku vyrobeny v Nizozemsku. Každý návěs pojme 12 dřevěných boxů, do kterých se ukládají sklizené hlavy brokolice, proces transportu z pole až do vybraného boxu probíhal plně automaticky, na návěsu bylo potřeba pouze přemísťovat ukládací zařízení mezi jednotlivými boxy. Při jednom přejezdu byla sklizena plocha o šířce 12 metrů. Pro transport brokolice z pole na sklizňový návěs se využíval

sklizňový dopravník, který byl připojen vždy po příjezdu na pole, při odjezdu z pole byl zase odpojen a mimo dobu sklizně se zde i ponechával. Pro sklizeň se používali 2 odvozové soupravy, aby byla sklizeň co nejeftivnější a nedocházelo k prostojům.

Pracovní operace, které jsou spojené se zavlažováním byly relativně časově náročné. Tvorba zavlažovacího systému započala aplikací zavlažovacích trubiček s kapkovači pod řádky sazenic. Druhým krokem bylo navedení zavlažovacích komponent, které byly potřebné ke kompletaci zavlažovacího systému. Komponenty byly na pole dopraveny ve dřevěných boxech krytým přívěsem Kögel. Následovala ruční kompletace, po tomto kroku byl již zavlažovací systém připraven na používání. Zavlažování se spouštělo, pokud byly suché dny a rostliny potřebovaly dodat vláhu. Před sklizní nebo těsně po sklizni došlo k demontáži zavlažovacích komponent mimo zavlažovacích trubiček s kapkovači. Zavlažovací komponenty byly dopraveny zpět do zemědělského podniku opět v boxech uvnitř krytého přívěsu Kögel. Po skončení sklizně proběhlo mulčování porostu brokolice, mulčování proběhlo mulčovačem s horizontální osou rotace, pracovní šířka stroje byla 3 metry. Pracovní rychlost se pohybovala okolo 6-8 km.h⁻¹. Traktor byl při této pracovní operaci opět osazen kultivačními pneumatikami, aby nedošlo k zamáčknutí trubiček do země a snáze se vytahovaly. Po zmulčování porostu přišlo na řadu vytahování trubiček ze země, tato operace proběhla pomocí parapluhu Rabe, který se na tuto operaci osvědčil nejlépe. Pracovní rychlost se pohybovala okolo 5 km.h⁻¹, ale docházelo k častým zastavením a rozjezdům z důvodů přetržení a nutnosti zpětného navázání trubiček. Při této operaci byli potřeba 4 pracovníci (traktorista, 3 pracovníci, kteří zajišťovali držení a navazování trubiček). Při jednom přejezdu došlo k vytažení 5 trubiček (5 řádků). Jakmile byly trubičky vytaženy na povrch půdy, přišlo na řadu navíjení trubiček do smotků, aby se zajistila lepší manipulace. Navíjení probíhalo navijákem na zavlažovací trubičky. V jeden okamžik bylo navíjeno celkem 5 trubiček. Jakmile došlo k navinutí celého řádku, tak se smotek s trubičkami vyložil na okraji pole a pokračovalo se dále. Poslední dvě operace spočívaly v naložení trubiček teleskopickým manipulátorem na návěs a odvoz trubiček na skládku, která se nachází nedaleko obce Lodín. Od pozemku 1 je tato skládka vzdálena 17,1 kilometru, od pozemku 2 je 16,4 kilometru.

V následující tabulce jsou uvedeny stroje, která byly pro určité pěstební operace používány.

Tabulka 3: Mechanizace používaná při jednotlivých pěstebních operacích

Typ operace	Mechanizace
Podmítka	Fendt 933 + Väderstad Carrier 820
Orba	John Deere 6250R + Kverneland 3400 S
Hnojení průmyslovým hnojivem	Kubota M7172 + Amazone ZA-M
Příprava půdy	John Deere 6920 + Moreni Compact 3 m
Sázení	John Deere 6920 + Ferrari FX TRANSPLANTER 3m
Doprava sazenic	Kubota M95GX-IV + krytý přívěs Kögel
Chemická ochrana	Fendt Rogator 655
	John Deere 6920 + Amazone UX 5200
Doprava netkané textilie	Kubota M95GX-IV + krytý přívěs Kögel
Přihrnování hlíny k netkané textili	John Deere 6920 + čelní nahrnovač
Doprava zavlažovacích komponent	Kubota M95GX-IV + krytý přívěs Kögel
Mechanická úprava cest a úvratí	John Deere 6920 + Moreni Compact 3 m
Odvoz netkané textilie na skládku	Claas Axion 850 + BulkLoada BL 750
Plečkování	John Deere 6920 + Königskilde 3 m
Sklizeň	John Deere 6920 + sklizňový návěs
	John Deere 6610 + sklizňový návěs
Odvoz zavlažovacích komponent	Kubota M95GX-IV + krytý přívěs Kögel
Mulčování	John Deere 6920 + mulčovač 3 m
Vyrývání zavlažovacích trubiček	John Deere 6920 + Rabe Combi-Digger
Navíjení trubiček navijákem	John Deere 6920 + naviják
Nakládání trubiček	JCB 541-70 Agri Super
Odvoz trubiček na skládku	Claas Axion 850 + BulkLoada BL 750

6.2 Spotřeba paliva u jednotlivých pěstebních operací na pozemku 1

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé pěstební operace včetně data provedení, a i nejdůležitějšího údaje, a to spotřeby paliva. Spotřeba paliva byla dopočítána z celkové spotřeby paliva na danou pěstební operaci ku podílu celkové osázené plochy

na pozemku 1, výsledek tohoto výpočtu ukazuje, jaká byla výsledná spotřeba paliva na jeden hektar osázené plochy. Pěstební proces na pozemku 1 byl značně složitější, neboť obsahuje i manipulaci s netkanou textilií, kterou se zakrývala pěstební plocha.

Tabulka 4: Spotřeba paliva u pěstebních operací na pozemku 1

Spotřeba paliva pěstebních operací na pozemku 1		
Typ operace	Datum provedení	Spotřeba paliva [l.ha ⁻¹]
Podmítka	Podzim 2020	6,9
Orba	Podzim 2020	22,6
Hnojení průmyslovým hnojivem	24. března 2021	1,9
Příprava půdy	25. března - 11. dubna 2021	22,5
Sázení	26. března - 11. dubna 2021	18,9
Doprava sazenic	26. března - 11. dubna 2021	4,5
Chemická ochrana	2. dubna, 12. dubna 2021	2,2
Doprava netkané textilie	2.-12. dubna 2021	1,7
Přihrnování hlíny k netkané textilií	3.-13.dubna 2021	2,1
Doprava zavlažovacích komponent	22. dubna 2021	0,6
Mechanická úprava cest a úvratí	29. dubna 2021	3,4
Odvoz netkané textilie na skládku	11. května 2021	3,3
Plečkování	11. května 2021	5,5
Hnojení průmyslovým hnojivem	16. května 2021	2,1
Chemická ochrana	18. května 2021	2,3
Chemická ochrana	24. května 2021	2,3
Mechanická úprava cest a úvratí	24. května 2021	3,8
Skližeň	16.-30. června 2021	77,2
Odvoz zavlažovacích komponent	27. června 2021	0,7
Mulčování	25. června - 3. července 2021	8,9
Vyrývání zavlažovacích trubiček	3.-5. července 2021	10,8
Navíjení trubiček navijákem	5. července 2021	7,6
Nakládání trubiček	6. července 2021	0,4
Odvoz trubiček na skládku	6. července 2021	3,9
	Celkem:	216,1

6.3 Spotřeba paliva u jednotlivých pěstebních operací na pozemku 2

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé pěstební operace včetně data provedení, a i nejdůležitějšího údaje, a to spotřeby paliva. Spotřeba paliva byla dopočítána z celkové spotřeby paliva na danou pěstební operaci ku podílu celkové osázené plochy na pozemku 2, výsledek tohoto výpočtu ukazuje, jaká byla výsledná spotřeba paliva na jeden hektar osázené plochy. Pěstební proces na pozemku 2 byl značně jednodušší, neboť vůbec neobsahuje manipulační operace s netkanou textilií, a dokonce neobsahuje ani podmítku.

Tabulka 5: Spotřeba paliva u pěstebních operací na pozemku 2

Spotřeba paliva pěstebních operací na pozemku 2		
Typ operace	Datum provedení	Spotřeba paliva [l.ha ⁻¹]
Orba	16. července 2021	24,9
Hnojení průmyslovým hnojivem	19. července 2021	2,2
Příprava půdy	19.-24. července 2021	23,8
Sázení	19.-24. července 2021	17,9
Doprava sazenic	19.-24. července 2021	4,0
Doprava zavlažovacích komponent	26. července 2021	0,5
Chemická ochrana	28. července 2021	1,9
Mechanická úprava cest a úvratí	13. srpna 2021	3,3
Plečkování	15. září 2021	5,8
Hnojení průmyslovým hnojivem	3. září 2021	2,0
Chemická ochrana	18. září 2021	2,1
Mechanická úprava cest a úvratí	20. září 2021	3,7
Chemická ochrana	30. září 2021	2,2
Mechanická úprava cest a úvratí	15. října 2021	3,1
Sklizeň	25. října - 19. listopadu 2021	70,6
Odvoz zavlažovacích komponent	23. října 2021	0,5
Mulčování	17.-23. listopadu 2021	8,3
Vyrývání zavlažovacích trubiček	18.-24. listopadu 2021	9,4
Navíjení trubiček navijákem	21.-25. listopadu 2021	8,2
Nakládání trubiček	2. prosince 2021	0,6
Odvoz trubiček na skládku	2. prosince 2021	4,4
	Celkem:	199,4

7 Zhodnocení výsledků

Na základě naměřených hodnot lze s těmito daty dále pracovat. Z naměřených hodnot jsou níže vytvořeny grafy spotřeby paliva podle jednotlivých pěstebních operací, aby bylo názorné, jaké pracovní operace jsou energeticky nejnáročnější. Pomocí jednovýběrového t-testu je taktéž na konci kapitoly provedena kontrola správnosti naměřených hodnot v porovnání s normativy.

7.1 Celková spotřeba paliva na pozemku 1

Celková spotřeba paliva během všech pěstebních operací na pozemku 1 dosáhla 216,1 l.ha⁻¹ osázené plochy. Je to relativně vysoké číslo, ale pěstování zeleniny je mnohem energeticky náročnější než pěstování běžných polních plodin. Pro srovnání spotřeba paliva při produkci pšenice ozimé činí 63,6 l.ha⁻¹. [34]

V tabulce níže jsou seřazeny pracovní operace podle náročnosti. U každé operace je uvedena i četnost, která vyjadřuje, jaký poměr z celkové spotřeby daná operace zaujímá. Operace, které byly vykonány vícekrát jsou uvedeny pouze jednou a spotřeba je sečtena, jedná se o operace: hnojení průmyslovým hnojivem, chemická ochrana, mechanická úprava cest a úvratí. Do dopravy pomocného materiálu jsou zahrnuty operace, které jsou spojené s dovozem a odvozem zavlažovacích komponent a na pozemku 1 i dovoz netkané textilie.

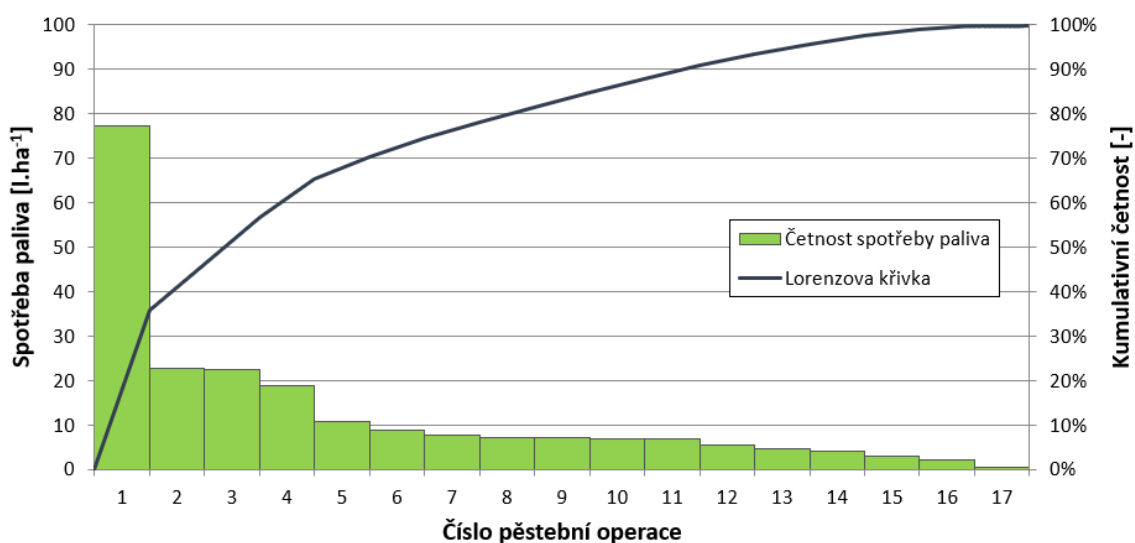
Tabulka 6: Pěstební operace seřazené podle energetické náročnosti na pozemku 1

Tabulka spotřeby paliva na pozemku 1 seřazená podle energetické náročnosti				
Číslo operace	Typ operace	Spotřeba paliva [l.ha ⁻¹]	Četnost	Kumulativní četnost
1	Sklizeň	77,2	35,72 %	35,72 %
2	Orba	22,6	10,46 %	46,18 %
3	Příprava půdy	22,5	10,41 %	56,59 %
4	Sázení	18,9	8,75 %	65,34 %
5	Vyrývání zavlažovacích trubiček	10,8	5,00 %	70,34 %
6	Mulčování	8,9	4,12 %	74,46 %
7	Navíjení trubiček	7,6	3,52 %	77,97 %

8	Mechanická úprava cest a úvratí	7,2	3,33 %	81,30 %
9	Odvoz pomocného materiálu na skládku	7,2	3,33 %	84,64 %
10	Podmítka	6,9	3,15 %	87,83 %
11	Chemická ochrana	6,8	2,55 %	90,98 %
12	Plečkování	5,5	2,08 %	93,52 %
13	Doprava sazenic	4,5	1,85 %	95,60 %
14	Hnojení průmyslovým hnojivem	4,0	1,39 %	97,45 %
15	Doprava pomocného materiálu	3,0	0,97 %	98,84 %
16	Přihrnování hlíny k netkané textilii	2,1	0,19 %	99,81 %
17	Nakládání trubiček	0,4	2,55 %	100,00 %

Obrázek 21: Graf kumulativní spotřeby paliva na pozemku 1

Paretův diagram spotřeby paliva na pozemku 1



7.2 Celková spotřeba paliva na pozemku 2

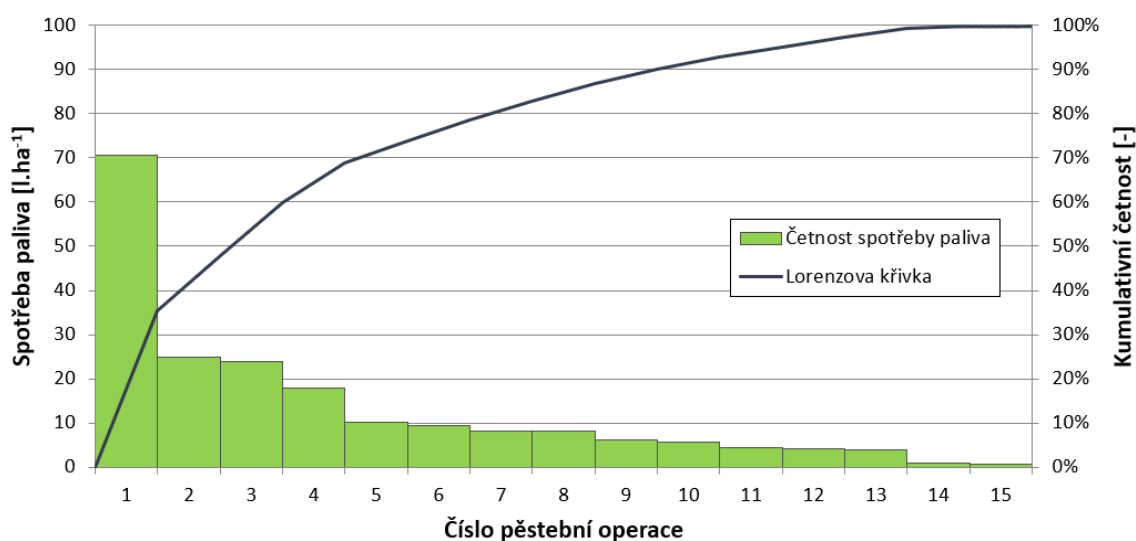
Celková spotřeba paliva během všech pěstebních operací na pozemku 2 dosáhla 199,4 l.ha⁻¹ osázené plochy. Tabulka níže je koncipována na stejném principu jako tabulka v kapitole 7.1.

Tabulka 7: Pěstební operace seřazené podle energetické náročnosti na pozemku 2

Tabulka spotřeby paliva na pozemku 2 seřazená podle energetické náročnosti				
Číslo operace	Typ operace	Spotřeba paliva [l.ha ⁻¹]	Četnost	Kumulativní četnost
1	Sklizeň	70,6	35,41 %	35,41 %
2	Orba	24,9	12,49 %	47,89 %
3	Příprava půdy	23,8	11,94 %	59,83 %
4	Sázení	17,9	8,98 %	68,81 %
5	Mechanická úprava cest a úvratí	10,1	5,07 %	73,87 %
6	Vyrývání zavlažovacích trubiček	9,4	4,71 %	78,59 %
7	Mulčování	8,3	4,16 %	82,75 %
8	Navíjení trubiček	8,2	4,11 %	86,86 %
9	Chemická ochrana	6,2	3,11 %	89,97 %
10	Plečkování	5,8	2,91 %	92,88 %
11	Odvoz pomocného materiálu na skládku	4,4	2,21 %	95,09 %
12	Hnojení průmyslovým hnojivem	4,2	2,11 %	97,19 %
13	Doprava sazenic	4,0	2,01 %	99,20 %
14	Doprava pomocného materiálu	1,0	0,50 %	99,70 %
15	Nakládání trubiček	0,6	0,30 %	100,00 %

Obrázek 22: Graf kumulativní spotřeby paliva na pozemku 2

Paretův diagram spotřeby paliva na pozemku 2



Z Paretova diagramu a tabulky v obou kapitolách je zřejmé, že nejnáročnější operací celého pěstebního procesu je sklizeň hlav brokolice, následují operace, které jsou spojené se zpracováním půdy a sázení.

7.3 Vlivy ovlivňující spotřebu paliva

Vlivů a chyb, které ovlivnily měření může být několik, tyto následující vlivy jsou nejzásadnější:

- odlišná vzdálenost pozemků,
- odlišný tvar, délka a rozloha pozemků (ovlivňuje neproduktivní čas potřebný pro otáčení strojů),
- odlišné půdní vlastnosti,
- mírný sklon jednoho pozemku,
- odlišný styl jízdy (více řidičů traktoru),
- prostoje strojů,
- technický stav strojů,
- provádění pracovních operací v nevhodný čas.

7.4 Porovnání výsledné spotřeby paliva u jednotlivých pozemků

Tabulka 8: Přehled spotřeby paliva na obou pozemcích

Přehled spotřeby paliva na obou pozemcích		
Pěstební operace	Spotřeba paliva na pozemku 1 [l.ha ⁻¹]	Spotřeba paliva na pozemku 2 [l.ha ⁻¹]
Podmítka	6,9	-
Orba	22,6	24,9
Hnojení průmyslovým hnojivem	4,0	4,2
Příprava půdy	22,5	23,8
Sázení	18,9	17,9
Doprava sazenic	4,5	4
Chemická ochrana	6,8	6,2
Doprava pomocného materiálu	3,0	1,0
Přihrnování hlíny k netkané textilií	2,1	-
Mechanická úprava cest a úvratí	7,2	10,1
Plečkování	5,5	5,8
Sklizeň	77,2	70,6
Mulčování	8,9	8,3
Vyrývání zavlažovacích trubiček	10,8	9,4
Navíjení trubiček	7,6	8,2
Nakládání trubiček	0,4	0,6
Odvoz pomocného materiálu na skládku	7,2	4,4
Celkem	216,1	199,4

Spotřeba paliva u pozemku 2 je o 16,7 l.ha⁻¹ menší než u pozemku 1. Je to způsobeno tím, že u pozemku 2 nebyla vůbec provedena podmítka a nemuselo se manipulovat s netkanou textilií. Hodnoty jsou relativně podobné a není zřejmé, že by u nějaké operace došlo k extrémním rozdílům. Pokud jsou vynechány operace, které nejsou společné pro oba pozemky, tak na pozemku 1 byla spotřeba paliva 202,1 l.ha⁻¹ osázené plochy a na pozemku 2 195,7 l.ha⁻¹ osázené plochy. V tomto případě je rozdíl pouze 6,4 l.ha⁻¹.

7.5 Porovnání naměřených hodnot s normativy pomocí statistické metody

Pro zhodnocení správnosti naměřených hodnot byly vybrány následující pracovní operace: chemická ochrana a mechanická úprava cest a úvratí. Tyto operace byly zvoleny, protože nebyly prováděny pouze jednou, ale vícekrát. Pro spolehlivé statistické zhodnocení je důležité mít co největší soubor hodnot. V případě chemické ochrany je k dispozici 6 hodnot z obou pozemků a u mechanické úpravy cest a úvratí 5. U chemické ochrany jsou již hodnoty spotřeby známy, ale u mechanické úpravy cest a úvratí se musely dopočítat, protože je potřeba znát spotřebu paliva na upravenou plochu nikoliv přepočtenou na osázenou plochu, jako tomu bylo doposud. Pro statistické zhodnocení byl vybrán jednovýběrový t-test a porovnání proběhne s hodnotami, které jsou uvedeny pro danou pracovní operaci v normativech.

Tabulka 9: Přehled spotřeby paliva vybraných operací pro statistické zhodnocení

Přehled spotřeby paliva vybraných operací pro statistické zhodnocení [l.ha ⁻¹]						
Chemická ochrana	2,2	2,3	2,3	1,9	2,1	2,2
Mechanická úprava cest a úvratí	10,9	12,2	10,6	11,8	9,9	-

Hodnota spotřeby paliva, která je uvedena v normativech pro chemickou ochranu je 2,0 l.ha⁻¹ a pro mechanickou úpravu cest a úvratí 11,0 l.ha⁻¹.

Tabulka 10: Přehled hodnot pro jednovýběrový t-test

Přehled hodnot pro statistické zhodnocení		
Pracovní operace	Chemická ochrana	Mechanická úprava cest a úvratí
Průměr \bar{x}	2,17	11,08
Rozptyl s^2	0,019	0,686
Počet členů výběrového souboru	6,0	5,0
Střední hodnota základního souboru (hodnota z normativ) μ_0	2,0	11,0
Testovací kritérium t	2,968	0,216
Testovací hladina α	0,05	0,05

Tabulková kritická hodnota $t_{0,05}$	2,015	2,132
Rovnost $ t > t_{0,05}$	$2,968 > 2,015$	$0,216 > 2,132$
Platnost rovnosti	Rovnost platí	Rovnost neplatí
Výsledek	Nulová hypotéza zamítnuta.	Nulovou hypotézu nelze zamítnout.

V případě chemické ochrany se testovala hypotéza $H_0: \mu = \mu_0$ proti oboustranné alternativě $H_1: \mu \neq \mu_0$, kde $\mu_0 = 2,0 \text{ l.ha}^{-1}$. Testovací hladiny α byla zvolena 0,05. Jelikož vypočtená hodnota testovaného kritéria t leží v kritickém oboru ($|t| = 2,968 > t_{0,05} = 2,015$) nulová hypotéza se zamítne. Odchylka výběrového průměru $\bar{x} = 2,17 \text{ l.ha}^{-1}$ od očekávané hodnoty $\mu_0 = 2,0 \text{ l.ha}^{-1}$ je tedy statisticky významná, znamená to, že analyzovaná spotřeba paliva u chemické ochrany není v rozsahu chyby.

V případě mechanické úpravy cest a úvratí se testovala hypotéza $H_0: \mu = \mu_0$ proti oboustranné alternativě $H_1: \mu \neq \mu_0$, kde $\mu_0 = 11,0 \text{ l.ha}^{-1}$. Testovací hladiny α byla zvolena 0,05. Jelikož vypočtená hodnota testovaného kritéria t neleží v kritickém oboru ($|t| = 0,216 > t_{0,05} = 2,132$), tak nulovou hypotézu nelze zamítnout. Odchylka výběrového průměru $\bar{x} = 11,08 \text{ l.ha}^{-1}$ od očekávané hodnoty $\mu_0 = 11,0 \text{ l.ha}^{-1}$ je tedy statisticky nevýznamná, znamená to, že analyzovaná spotřeba paliva u mechanické úpravy cest a úvratí je v rozsahu chyby.

8 Shrnutí a diskuze

V roce 2021 bylo provedeno měření spotřeby paliva u všech pěstebních operací při produkci brokolice. Měření probíhalo na dvou pozemcích, první na pozemku, kde byl porost založen zpočátku sezóny a druhé na pozemku, kde byl porost založen na konci sezóny. Výsledky měření potvrdily předpoklad toho, že pokud bude mít pěstební proces více pracovních operací, tak zde musí být i vyšší spotřeba paliva. Na pozemku 1 muselo dojít k zakrytí porostu netkanou textilií, aby byl porost ochráněn před mrazem a okusem, pracovní operace, které byly spojené s manipulací s netkanou textilií navýšily výslednou spotřebu paliva na pozemku 1. Pozemek 2 byl taktéž zvýhodněn, protože u něho nebyla provedena podmínka.

Výsledná spotřeba paliva na pozemku 1 byla 216,1 l.ha⁻¹, oproti tomu spotřeba paliva na pozemku 2 činila 199,4 l.ha⁻¹, rozdíl ve spotřebě paliva je 16,7 l.ha⁻¹. Porovnání lze provést pouze u některých pracovních operací s normativy, protože produkcí brokolice jako celku se nikdo dříve nezabýval. Některé pracovní operace jsou velice specifické a nelze nalézt žádný zdroj pro porovnání, zdali je naměřená spotřeba v normálu či nikoliv. Tímto případem je například sklizeň hlav brokolice, která se provádí mnoha způsoby a neexistují normované postupy, dále sázení a pracovní operace, které jsou spojené s dopravou, protože přepravovaná hmotnost není vždy přesně známa. V tabulce, která je uvedena níže, lze nalézt porovnání spotřeby paliva, která bylo naměřena a spotřeby paliva pro jednotlivé pěstební operace, kterou lze nalézt v normativech.

Tabulka 11: Porovnání naměřené a normované spotřeby paliva

Porovnání naměřené a normované spotřeby paliva			
Pracovní operace	Spotřeba paliva na pozemku 1 [l.ha ⁻¹]	Spotřeba paliva na pozemku 2 [l.ha ⁻¹]	Spotřeba paliva uvedená v normativech [l.ha ⁻¹]
Podmítka	6,9	-	5,6
Orba	22,6	24,9	17,0
Hnojení průmyslovým hnojivem	1,9	2,2	1,9
Příprava půdy	22,5	23,8	11,0
Sázení	18,9	17,9	-
Doprava sazenic	4,5	4,0	-

Chemická ochrana	2,2	1,9	2,0
Doprava netkané textilie	1,7	-	-
Přihrnování hlíny k netkané textili	2,1	-	-
Doprava zavlažovacích komponent	0,6	0,5	-
Mechanická úprava cest a úvratí	10,9	10,6	11,0
Odvoz netkané textilie na skládku	3,3	-	-
Plečkování	5,5	5,8	4,5
Hnojení průmyslovým hnojivem	2,1	2,0	1,9
Chemická ochrana	2,3	2,1	2,0
Mechanická úprava cest a úvratí	-	11,8	11,0
Chemická ochrana	2,3	2,2	2,0
Mechanická úprava cest a úvratí	12,2	9,9	11,0
Sklizeň	77,2	70,6	-
Odvoz zavlažovacích komponent	0,7	0,5	-
Mulčování	8,9	8,3	5,0
Vyrývání zavlažovacích trubiček	10,8	9,4	9,6
Navíjení trubiček navijákem	7,6	8,2	-
Nakládání trubiček	0,4	0,6	-
Odvoz trubiček na skládku	3,9	4,4	-

Z tabulky je zřejmé, že některé pracovní operace se přibližně shodují s údaji, které jsou uvedeny v normativěch, dále lze v tabulce nalézt i operace, u kterých je spotřeba paliva mírně zvýšena, a nakonec je zde i jedna extrémní hodnota, která je dvojnásobná oproti normativům, je to příprava půdy, která byla prováděna vířivým kypřičem, chyba může spočívat v pracovní rychlosti, která byla poloviční oproti rychlosti, se kterou je počítáno v normativěch. Pro porovnání byly použity hodnoty z normativů od pana Abrahama. [34]

Současné zemědělství trpí nedostatkem pracovní síly a obvykle je pracovní síla právě to, co zemědělské operace, které se provádí manuálně, prodražuje. S nástupem robotiky a automatizace zaniknou málo kvalifikovaná pracovní místa dělníků a manipulantů. Názorným příkladem je sklizeň brokolice, kterou lze provádět i plně automaticky a dojde k úspoře mnoha pracovníků. Princip spočívá v selektivní sklizni jednotlivých hlav brokolice. Kamerou je nasnímám porost a algoritmus vyhodnotí, zdali jsou hlavy vhodné či nevhodné ke sklizni, případně i jestli nejsou znehodnocené plísní nebo přerostlé, a tím pádem i nevhodné pro sklizeň. Toto řešení nemá bohužel pouze klady, ale naleznou se i zápory, pracovní rychlost je přibližně stejná jako u sklizně, která je prováděna manuálně, ale záběr sklizně je pouze 6 metrů. Ve výsledku dojde k úspoře 6 pracovníků, ale spotřeba paliva bude dvojnásobná. [30], [35], [36], [37], [38]

9 Závěr

Zelinářství má v českém zemědělství své významné místo. Zelenina je pěstována v teplých oblastech, kde je zajištěna možnost zavlažování pozemků, protože zelenina je velmi náročná na vláhu. Produkce brokolice je v České republice na vzestupu. Brokolice pocházející z českých polí je do obchodů dodávána od konce června až do začátku listopadu. Je to zdravá zelenina, která obsahuje mnoho vitamínů a zdraví prospěšných látek.

V rámci této práce byla řešena problematika pěstování brokolice, pěstebních operací a mechanizace, která je pro pěstování brokolice používána. V praktické části bylo provedeno měření spotřeby paliva u všech pěstebních operací na dvou pozemcích. Porost na prvním pozemku byl založen zpočátku pěstební sezóny a porost na druhém pozemku byl založen na konci pěstební sezóny. Spotřeba paliva za danou pracovní operaci byla přepočítána na hektar osázené plochy a po součtu všech pracovních operací se dostal výsledek, který vyjadřuje celkovou spotřebu paliva na jeden hektar osázené plochy.

Experimentální výsledky ukazují, že porosty, které jsou zakládány na začátku pěstební sezóny jsou energeticky náročnější, neboť obsahují pracovní operace, které se v pozdějším období již nevyskytují, jsou to pracovní operace, jež jsou spojené se zakrýváním pěstební plochy netkanou textilií. Produkce brokolice je energeticky velmi náročná, neboť v průběhu celé pěstební sezóny je spotřebováno trojnásobné množství paliva než při produkci pšenice ozimé. Nejnáročnější pracovní operací je sklizeň hlav brokolice, která zastupuje třetinu spotřeby paliva z celkové spotřeby. U pozemku 1, byla celková spotřeba paliva $216,1 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, u pozemku 2 byla celková spotřeba paliva $199,4 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. V diskuzi bylo provedeno porovnání naměřených hodnot spotřeby paliva s hodnotami, které jsou uváděny v normativech.

Vývojové trendy v oblasti pěstování brokolice budou spočívat v automatizaci některých pěstebních operací, které jsou náročné na lidskou sílu a spotřebu paliva. Nejnáročnější pracovní operace z hlediska potřeby lidské síly jsou sázení a sklizeň. U sázení je potřeba 7 pracovníků při záběru stroje 5 řádků. U sklizně je potřeba dokonce až 14 pracovníků. Existují určité snahy o automatizaci těchto procesů v podobě automatického sázecího stroje a stroje pro selektivní sklizeň. Tyto stroje zatím nejsou masivně rozšířeny kvůli vysokým pořizovacím nákladům.

Seznam použitých zdrojů

- [1] GESUNDHEIT.GV.AT. *Brokolice* [online]. [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/1015-brokolice>
- [2] PETŘÍKOVÁ, Kristína a Jaroslav HLUŠEK. *Zelenina: pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-50-2.
- [3] BARTOŠ. *Pěstování a odbyt zeleniny*. Praha: Agrospoj. Semafor. ISBN 80-239-4242-5.
- [4] ŠROT, Radoslav. *Zelenina: [rady pěstitelům]*. Vyd. 3. Praha: Aventinum, 2005, c1996. Rady pro chovatele a pěstitele. ISBN 80-715-1248-6.
- [5] TRONÍČKOVÁ, Eva. *Zelenina*. Praha: Atria, 1985.
- [6] Boulovitost brukvovitých. *Agromanual* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/choroby/choroba/boulovitost-brukvovitych>
- [7] Plíseň zelná. *Agromanual* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/choroby/choroba/plisen-zelna>
- [8] Alternariová skvrnitost košťálovin. *Agromanual* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/choroby/choroba/alternariova-skvrnitost-kostalovin>
- [9] Mšice zelná. *AgroBio Opava* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://agrobio.cz/poradna/clanek/187>
- [10] Květílka zelná. *AgroBio Opava* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://agrobio.cz/poradna/clanek/186>
- [11] Múra zelná. *Agromanual* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/skudci/skudce/mura-zelna>
- [12] Dřepčící. *AgroBio Opava* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://agrobio.cz/poradna/clanek/188>

- [13] Planting configurations and densities for cauliflower and broccoli. *Agriculture and food* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.agric.wa.gov.au/broccoli/planting-configurations-and-densities-cauliflower-and-broccoli?page=0%2C0>
- [14] LINDEMANN-ZUTZ, Karsten, Andreas FRICKE a Hartmut STÜTZEL. Prediction of time to harvest and its variability in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) Part I. Plant developmental variation and forecast of time to head induction. *Scientia Horticulturae* [online]. 2016, 198, 424-433 [cit. 2022-01-20]. ISSN 03044238. Dostupné z: doi:10.1016/j.scienta.2015.12.023
- [15] OLIVEIRA, Fabricio C. de, Luciano O. GEISENHOFF, Alexsandro C. dos S ALMEIDA, Joaquim A. de LIMA JUNIOR a Rogério LAVANHOLI. Economic feasibility of irrigation systems in broccoli crop / Viabilidade econômica de sistemas de irrigação no cultivo de brócolis de cabeça. *Engenharia Agrícola* [online]. 2016, 36(3), 460-468 [cit. 2022-01-21]. ISSN 18094430. Dostupné z: doi:10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p460-468/2016
- [16] Závlahy sadů, vinic a zeleniny. *AZ Aqua Czech* [online]. [cit. 2022-01-21]. Dostupné z: <https://azaqua.cz/zavlahy-sadu-vinic-zeleniny/>
- [17] *Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin - 2020* [online]. 18.02.2021 [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2020#>
- [18] KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.
- [19] POSPÍŠIL, Jiří. Podmítka a podmítače. *Agromanual: Mechanizace* [online]. 14. 09. 2021 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/podmitka-a-podmitace>
- [20] JAVOREK, Filip. Podmítka základem zpracování půdy. *Zemědělec* [online]. Profi press, 2008, 29. 02. 2008 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/podmitka-zakladem-zpracovani-pudy/>

- [21] BRANT, Václav. Základy zpracování půdy (5): Orba (I.). *Agromanual: Technologie pěstování* [online]. 2021, 04. 08. 2021 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-5-orba-i>
- [22] BRANT, Václav. Základy zpracování půdy (7): Orba (III.) - Technické prostředky pro provádění orby. *Agromanual: Technologie pěstování* [online]. 2021, 25. 09. 2021 [cit. 2022-01-26]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-7-orba-iii-technicke-prostredky-pro-provadeni-orby>
- [23] BRANT, Václav. Základy zpracování půdy (9): Hlubší kypření půdy bez obracení ornice [online]. 2021, 10. 12. 2021 [cit. 2022-01-26]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-9-hlubsi-kypreni-pudy-bez-obraceni-ornice>
- [24] KŘEN, Jan, Lubomír NEUDERT, Blanka PROCHÁZKOVÁ, Vladimír SMUTNÝ a Josef HŮLA. *Obecná produkce rostlinná*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-327-1.
- [25] BRANT, Václav. Základy zpracování půdy (10): Příprava půdy pro setí a sázení. *Agromanual: Technologie pěstování* [online]. 2022, 01. 01. 2022 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-10-priprava-pudy-pro-seti-a-sazeni>
- [26] MAŠEK, Jiří. Stroje na ochranu rostlin. *Agrojournál* [online]. 15. 4. 2016, 2016 [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.agrojournál.cz/clanky/stroje-na-ochranu-rostlin-152>
- [27] FRÍD, Milan a Václav VÁVRA. *Stroje pro hnojení* [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje_pro_hnojeni.pdf
- [28] *Steketee EC-Spray* [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.steketee.com/producten/ec-spray/>
- [29] Automatické plečky a plečkování. *Agro Inter s.r.o.* [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.agrointer.cz/index.php/automaticke-plecky-pleckovani/>

- [30] GARCÍA-MANSO, Antonio, Ramón GALLARDO-CABALLERO, Carlos J. GARCÍA-ORELLANA, Horacio M. GONZÁLEZ-VELASCO a Miguel MACÍAS-MACÍAS. Towards selective and automatic harvesting of broccoli for agri-food industry. *Computers and Electronics in Agriculture* [online]. 2021, 188 [cit. 2022-02-02]. ISSN 01681699. Dostupné z: doi:10.1016/j.compag.2021.106263
- [31] ‘Breakthrough’ automated broccoli harvester turns to FANUC for a helping hand. *Fanuc: News and events* [online]. [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/uk/en/who-we-are/news/uk-kms-automated-harvester-08-2018>
- [32] KULOVANÁ, Eliška. Stroje pro mulčování. *Mechanizace zemědělství* [online]. 2002, 18. 03. 2002 [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/stroje-pro-mulcovani/>
- [33] KRÁLOVÁ, Magdalena. *Rajonizace zemědělské výroby* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4563023-Rajonizace-zemedelske-vyroby-kategorizace-vyrobnych-oblasti-z-hlediska-vhodnosti-pro-specificke-klade.html>
- [34] ABRHAM, Zdeněk. *Technické a technologické normativy pro zemědělskou výrobu: [příručka pro praxi a poradenství]*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2007. ISBN 978-80-86884-26-4.
- [35] KARKEE, Manoj a Qin ZHANG. *Fundamentals of agricultural and field robotics / Manoj Karkee, Qin Zhang - editors*. 2021. ISBN 9783030703998.
- [36] ROSS, Larry T. a James W. MASTERSON. *Robotics: theory and industrial applications / by Larry T. Ross ... [et al.]*. 2010. ISBN 9781605253213.
- [37] VERSTEGEN, Stan. *Tumoba developing robotic broccoli harvester* [online]. 2018 [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/tumoba-developing-robotic-broccoli-harvester/>
- [38] ASFAHL, C. Ray. *Robots and manufacturing automation / C. Ray Asfahl*. 1992. ISBN 0471553913.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rostlina brokolice	3
Obrázek 2: Boulovitost brukvovitých.....	6
Obrázek 3: Dřepčík zelný	9
Obrázek 4: Konfigurace výsadby brokolice	11
Obrázek 5: Povrchová kapková závlaha.....	13
Obrázek 6: Kuhn Discover XM2.....	19
Obrázek 7: Nesený podmítač Pöttinger Synkro.....	20
Obrázek 8: Nesený dlátový kypřič Bednar Terraland TN.....	22
Obrázek 9: Vířivý kypřič, rotor se 3 noži	24
Obrázek 10: Sázecí stroj s automatickým vkládáním sazenic do sázecích kotoučů.....	25
Obrázek 11: Stroj pro aplikaci herbicidu do mezířadí.....	27
Obrázek 12: Dráha jednotlivých radliček v závislosti na nastavení systému	29
Obrázek 13: Samochodný sklízeč brokolice.....	30
Obrázek 14: Sklizňová linka selektivní sklizně.....	32
Obrázek 15: Naviják na trubičky kapkové závlahy	34
Obrázek 16: Pozemek 1	37
Obrázek 17: Pozemek 2	38
Obrázek 18: Rozhraní GPS navigace Raven	39
Obrázek 19: Sazení brokolice.....	41
Obrázek 20: Sklizeň brokolice.....	42

Obrázek 21: Graf kumulativní spotřeby paliva na pozemku 1	48
Obrázek 22: Graf kumulativní spotřeby paliva na pozemku 2	50

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výživové hodnoty brokolice	4
Tabulka 2: Odčerpané živiny pro 1 tunu brokolice	5
Tabulka 3: Mechanizace používaná při jednotlivých pěstebních operacích.....	44
Tabulka 4: Spotřeba paliva u pěstebních operací na pozemku 1	45
Tabulka 5: Spotřeba paliva u pěstebních operací na pozemku 2.....	46
Tabulka 6: Pěstební operace seřazené podle energetické náročnosti na pozemku 1	47
Tabulka 7: Pěstební operace seřazené podle energetické náročnosti na pozemku 2	49
Tabulka 8: Přehled spotřeby paliva na obou pozemcích	51
Tabulka 9: Přehled spotřeby paliva vybraných operací pro statistické zhodnocení	52
Tabulka 10: Přehled hodnot pro jednovýběrový t-test	52
Tabulka 11: Porovnání naměřené a normované spotřeby paliva.....	54