

Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta
Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin



Výnos a kvalita pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Jiří Antošovský

Brno 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci na téma Výnos a kvalita pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....
podpis

Poděkování

Velice rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Ryantovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování své diplomové práce.

Abstrakt

Hnojení mikroelementy se v praxi realizuje často až při objevujících se symptomech deficitu na porostu. Základní hnojení do půdy je z ekonomických důvodů většinou vynecháno úplně a foliární výživa již nemusí vzniklý nedostatek plně odstranit. Pokus se proto zabýval aplikací mikroelementů na osivo, což by mohla být šetrnější alternativa. Osivo s mikroelementy by mělo pšenci zajistit dostatečný přísun živin pro následný růst a vývoj. Na osivo byl aplikován samostatně mangan, zinek, molybden, měď a následně hnojivo kombinující Mn-Zn-Cu. Pro porovnání vlivu foliární výživy byla stejná hnojiva aplikována také na list. Všechny varianty byly standardně hnojeny dusíkem, kontrolní varianta nebyla hnojena mikroelementy.

Výsledky ukazují, že aplikace mikroelementů na osivo ani na list nemělo statisticky průkazný vliv na hodnoty N-testeru, výnos a ani kvalitativní parametry zrna. Současně je třeba konstatovat, že se během vegetace neprojeví žádné symptomy nedostatku mikroelementů a obsah mikropvků v listech se ve většině případů oproti kontrole mírně zvýšil. Aplikace mikroelementů na osivo tak splnila svůj preventivní efekt.

Klíčová slova: Mikroelementy, pšenice, obalování osiva

Abstract

Fertilization with microelements in a crop production is not generally important until deficiency symptoms on plants. Soil application is expensive and foliar application may not remove a deposit of microelements. Seed coating can be more economical way. Seeds with microelements should be more complex and should provide enough nutrients for growth and development. Seeds were coated by manganese, copper, zinc, molybdenum and by combination of Mn-Zn-Cu. The same fertilizers were used as foliar nutrition. There were default fertilization with nitrogen for all variants. The control observation was microelements free.

Seed coating and foliar nutrition were not statistically significant for value of N-tester, yield or grain quality. On the other site, there were no deficiency symptoms on plants. Content of micronutrients in leaves were slightly higher than control observation. Seed coating with micronutrients has fulfilled its preventive purpose.

Key words: Microelements, Micronutrients, wheat, seed coating

Obsah

1	ÚVOD	9
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1	MIKROELEMENTY.....	10
2.1.1	<i>Železo</i>	12
2.1.1.1	Železo v půdě.....	12
2.1.1.2	Železo v rostlině.....	13
2.1.1.3	Symptomy nedostatku a nadbytku železa	14
2.1.2	<i>Mangan</i>	15
2.1.2.1	Mangan v půdě.....	15
2.1.2.2	Mangan v rostlině.....	16
2.1.2.3	Symptomy nedostatku nadbytku manganu.....	17
2.1.3	<i>Měď</i>	18
2.1.3.1	Měď v půdě	18
2.1.3.2	Měď v rostlině	19
2.1.3.3	Symptomy nedostatku a nadbytku mědi.....	19
2.1.4	<i>Zinek</i>	20
2.1.4.1	Zinek v půdě	20
2.1.4.2	Zinek v rostlině	21
2.1.4.3	Symptomy nedostatku a nadbytku zinku	22
2.1.5	<i>Molybden</i>	23
2.1.5.1	Molybden v půdě.....	23
2.1.5.2	Molybden v rostlině.....	23
2.1.5.3	Symptomy nedostatku a nadbytku molybdenu.....	24
2.1.6	<i>Bór</i>	25
2.1.6.1	Bór v půdě	25
2.1.6.2	Bór v rostlině	25
2.1.6.3	Symptomy nedostatku a nadbytku bóru	26
2.2	HNOJENÍ MIKROELEMENTY.....	28
2.2.1	<i>Železo</i>	30
2.2.2	<i>Mangan</i>	30
2.2.3	<i>Měď</i>	30
2.2.4	<i>Zinek</i>	31
2.2.5	<i>Molybden</i>	31
2.2.6	<i>Bór</i>	31
2.3	APLIKACE MIKROELEMENTŮ NA OSIVO.....	32
2.3.1	<i>Hydratační úpravy</i>	32
2.3.2	<i>Obalování osiva</i>	33
2.3.3	<i>PPF systém</i>	33

2.4	PŠENICE OZIMÁ	34
2.4.1	<i>Půdně klimatické nároky pšenice</i>	34
2.4.2	<i>Zařazení pšenice v osevním postupu</i>	34
2.4.3	<i>Zpracování půdy a setí pšenice.....</i>	35
2.4.4	<i>Hnojení pšenice, ošetření během vegetace</i>	35
2.4.5	<i>Sklizeň a posklizňová úprava</i>	37
3	CÍL PRÁCE.....	38
4	MATERIÁL A METODIKA	39
4.1	CHARAKTERISTIKA LOKALITY	39
4.1.1	<i>Teplotní a srážkové poměry v době pokusu.....</i>	39
4.2	METODIKA POLNÍHO POKUSU	41
4.2.1	<i>Použité osivo a hnojiva</i>	43
4.2.2	<i>Použité analytické a statistické metody</i>	44
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	47
5.1	VÝŽIVNÝ STAV POROSTU VE FÁZI ODNOŽOVÁNÍ.....	47
5.2	VÝŽIVNÝ STAV POROSTU VE FÁZI SLOUPKOVÁNÍ	48
5.3	VÝŽIVNÝ STAV POROSTU VE FÁZI METÁNÍ	49
5.4	POČET KLASŮ NA M ²	53
5.5	VÝNOSY ZRNA PŠENICE	57
5.6	OBJEMOVÁ HMOTNOST ZRNA PŠENICE	63
5.7	OBSAH N-LÁTEK V ZRNU PŠENICE	67
5.8	OBSAH LEPKU V ZRNU PŠENICE	71
5.9	SEDIMENTAČNÍ HODNOTA ZRNA PŠENICE	75
6	ZÁVĚR	79
7	POUŽITÁ LITERATURA	81

1 ÚVOD

Lidská populace se neustále zvětšuje, díky čemuž narůstá také celková spotřeba potravin. Zemědělství se tak společně s několika dalšími obory stává žádaným oborem. V naší republice však paradoxně stále dochází ke snižování osevních ploch. Od roku 2002 tento propad činí přes 8 %, což odpovídá zhruba 217 tis. ha. V roce 2014 činila celková výměra 2 468 700 ha (ČSÚ, 2015). Obilniny zaujímaly plochu 1 411 314 ha, což je oproti roku 2013 pokles o necelých 17 tis. ha. Pšenice, jakožto naše nejpěstovanější a rozhodující obilnina se pěstovala na 835 941 hektarech. Výměra pšenice naopak oproti předešlému roku vzrostla o 7 500 ha. Výnosově byl rok 2014 velmi příznivý, celkově se odhadovaná úroda obilnin zařadila na třetí nejvyšší v historii (ČSÚ, 2015). Pšenice poskytovala výnos v průměru 6,61 t/h, což je meziroční zvýšení téměř o tunu na hektar.

Zemědělství je řízeno několika trendy – snižování osevních ploch, vysoká poptávka po „ekonomických plodinách“ a intenzifikace vstupů (hnojiva, chemická ochrana) za účelem co nejvyšších výnosů, tedy i zisků. V praxi to znamená především nedodržování či úplné opomíjení osevních postupů spojené s úzkou skladbou pěstovaných plodin. Ačkoliv podle statistik (ČSÚ, 2015) nedošlo v posledních letech k dalšímu snížení stavů hospodářských zvířat, podíl organického hnojení půdy je stále malý. Zvyšuje se pak především spotřeba minerálních hnojiv, přičemž dominantní roli hraje výživa dusíkem. Používání P a K hnojiv, popřípadě vápnění, se pak liší podnik od podniku.

Hnojení mikroelementy je nicméně spíše opomíjeno, popřípadě se k němu přistupuje až při zjevných nedostatcích, které jsou zjištěny dle symptomů během vegetace. Následná foliární aplikace je pak již opožděná, neboť vlivem deficitu mohlo dojít k redukci výnosu či kvality. Vhodné je proto preventivní hnojení mikroelementy do půdy, a to zejména na chudých půdách. Dle anorganických rozborů rostlin je možné také zjistit stav jednotlivých živin v porostu a k listovému přihnojení případně přistoupit ještě před objevením se deficitu. Hnojení mikroelementy je však ekonomicky náročné a často ustupuje aplikaci makroprvků. Proto se zkoumají šetrnější způsoby aplikace, které by mohly porostům poskytnout dobrou zásobu mikroelementy pro následný růst a vývoj.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Mikroelementy

Kromě základních faktorů – světla, tepla, vzduchu a vody – potřebují rostliny pro dobrý růst a vývoj také dostatek přístupných živin. Existuje 16 základních prvků nutných pro růst rostlin (Butzen, 2015). Uhlík, vodík a kyslík přijímají rostliny ze vzduchu a vody. Ostatní živiny, minerální prvky, pak pochází z půdy. Podle jejich obsahu v půdě a především podle jejich celkového množství potřebného pro rostliny dělíme tyto živiny na makro a mikroelementy viz tabulka 1. Mezi makroelementy, jež rostliny vyžadují ve značném množství, řadíme dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík a síru (Radulov a kol., 2009). Jako mikroelementy označujeme takové prvky, které z hlediska obsahu tvoří nepatrný podíl ve složení půd, zároveň jsou ale nenahraditelné z pohledu výživy pěstovaných plodin. Od makroelementů se tedy liší především obsahem v půdě, který je řádově menší. Také jejich potřeba pro správný vývoj rostlin je nižší, nejčastěji se pohybuje v rozmezí několika gramů na hektar za rok. Pro většinu mikroelementů je typické velmi úzké rozmezí mezi optimálním a škodlivým obsahem, přičemž již jeho mírné zvýšení může znamenat překročení fyziologicky únosné hranice rostlin (Ryant a kol., 2003). Při vyšších koncentracích tak mohou vykazovat toxický vliv na buňky a ovlivňovat kvalitu rostlinných produktů. Jejich nedostatek naopak může omezovat příjem a využití ostatních živin (Baier, Baierová, 1985). Hluboké deficity vyvolávají různé fyziologické poruchy a choroby (Hlušek a kol., 2002). Mezi esenciální mikroelementy řadíme železo, mangan, zinek, měď, bor a molybden. Podle chemické povahy dělíme tyto základní mikroelementy na skupinu tvořící kationty (Fe, Mn, Zn, Cu) a anionty (B, Mo). Další prvky, jako například chlór, sodík, křemík, hliník či selen mohou být označovány jako prvky užitečné, protože jejich výskyt v půdě příznivě ovlivňuje růst a vývoj rostlin. V rostlině je jejich přítomnost analyticky dokázána, avšak jejich přesný význam ve výživě není doposud plně objasněn (Fecenko a Ložek, 2000). V rostlinách byla prokázána přítomnost i dalších prvků (celkem asi 70), avšak dosud u celé řady nebyla zjištěna jejich skutečná nezbytnost (Neuberg a kol., 1978).

Tabulka 1: Nezbytné minerální prvky pro vyšší a nižší rostliny (Eyal a kol., 2007)

Makroelementy	Hlavní	N, P, K
	Vedlejší	Ca, Mg, S
Mikroelementy	Základní	Mn, Cu, Zn, Fe, B, Mo, Cl
	Užitečné	Na, Si, Se, Ni

Mikroelementy jsou v půdě obsaženy převážně v různých minerálech, z nichž se postupně uvolňují zvětrávacími procesy. Jejich obsah je pak přímo závislý na druhu horniny, půdy na písčitéch sedimentech jsou například co se zásoby Mn, Zn, Mo nebo Cu chudší než půdy na bazických vyvělinách (Ryant, 2003). Z hlediska fytoxicity však není celkový obsah mikroprvků v půdě rozhodující, stěžejní roli má hladina jejich přístupných forem. Ta je sice závislá na zásobě prvku v půdě, ale také na podmínkách prostředí (pH, provzdušněnost půdy, obsah organických látek vlhkost, ...), které určují jeho rozpustnost a přístupnost pro rostliny. Obecně platí, že v kyselém prostředí se zvyšuje rozpustnost, čímž stoupá přijatelnost Fe, Mn, Zn, Cu a B. U ostatních mikroelementů se rozpustnost snižuje (Fecenko a Ložek, 2000). Půdy s vysokým obsahem organických látek všeobecně vykazují nedostatek mikroelementů, což se připisuje jejich silné vazbě na organickou hmotu.

Význam a pochopení důležitosti některých mikroprvků pro rostliny pochází až z 21. století. Pouze u několika mikroelementů je známo, že jsou nezbytné pro růst a vývoj všech rostlin (Ryant a kol., 2003). Některé prvky pak mají pozitivně prokázaný stimulační vliv na rostliny, avšak jejich funkce dosud není plně objasněna. Na rozdíl od makroelementů, které v rostlině fungují především jako stavební složky, plní mikroelementy spíše funkci katalyzátorů enzymatických systémů. Rostliny obecně odčerpají z půdy asi 1 000x menší množství těchto prvků ve srovnání s makroprvky, konkrétní nároky na živiny jsou pak u různých plodin odlišné. Obsah mikroelementů v sušině obilnin znázorňuje tabulka 2, tabulka 3 představuje celkovou potřebu stopových prvků u obilnin. V současné době se díky intenzivnímu zemědělství zásoba mikroelementů v půdě snižuje (Baier a Baierová, 1985; Fecenko a Ložek, 2000). Vyšší výnosy pěstovaných plodin vedou k vyššímu odběru živin (makro i mikro). Pěstované

odruhy často vyžadují vyšší obsahy přístupných živin v půdě, protože jejich osvojovací schopnost je malá. Jednostranná výživa dusíkem, popřípadě zaměření na N, P, K hnojiva, nicméně vede ke zředění koncentrace mikroelementů v půdě a následně v rostlinách (Neuberg a kol., 1978). Intenzivní vápnění, zpracování půd, popřípadě odvodnění, mají za následek silnější imobilizaci některých prvků, například Fe, Mn, Zn nebo Cu. V praxi je pak většinou hnojení mikroelementy opomíjeno. Vysoce koncentrovaná hnojiva ne vždy obsahují tyto prvky jako doprovodné složky a navíc ubývá i organického hnojení. Častěji proto na porostech pozorujeme symptomy nedostatku. Kvůli tenké hranici mezi nedostatkem a přehnojením je nicméně vhodné znát i možné poškození z nadbytku mikroelementů.

Tabulka 2: Obsah mikroelementů v plně vyvinutých listech obilnin (Vaněk a kol. 2007)

	ppm v sušině					
	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Obilniny	25 – 100	30 – 100	20 – 60	5 – 10	6 – 12	0,1 – 0,3

Tabulka 3: Množství mikroelementů odebraných úrodou obilnin (Fecenko a Ložek, 2000)

	Potřeba na výnos (g/ha)				
	B	Mn	Cu	Zn	Mo
Obilniny	50 - 70	350 - 450	50 - 70	150 - 200	3 - 5

2.1.1 Železo

2.1.1.1 Železo v půdě

Většina našich půd vykazuje relativně vysoký obsah železa, které je obsaženo převážně v krystalické mřížce primárních (augit, biotit, amfibol. olivín, ...) a sekundárních (montmorilonit, illit, vermikulit, ...) minerálů. Vysoký podíl Fe se nachází také v oxidované formě (krevel, magnetit, goethit, hnědel). V oxidovaných formách je značně stabilní a hromadí se v půdě i při zvětrávacích procesech (Vaněk a kol., 2007). Konečným produktem zvětrávání je většinou zmíněný hnědel, který dává

půdě charakteristické rezavě hnědé zbarvení. Pouze malé množství železa se vyskytuje v komplexech s humusovými látkami a zřejmě tvoří větší část rozpustného železa v půdě. Celkový podíl vodorozpustného Fe v půdě je malý (Fecenko a Ložek, 2000). Pro anorganické sloučeniny železa je charakteristická jejich velmi nízká rozpustnost. Závisí především na pH prostředí, přičemž teprve v kyselějších oblastech ($\text{pH} < 5$) jsou ionty železa v půdním roztoku přítomny ve významnějším množství. Vyskytují se zde buď jako Fe^{2+} nebo Fe^{3+} . Jejich zastoupení se odvíjí od redoxního potenciálu půdy (Ryant, 2003). Při redukčních podmínkách prostředí (zamokřené, málo provzdušněné půdy) převažuje obsah a příjem Fe^{2+} , zatímco dostatečně provzdušněné půdy s dobrou biologickou aktivitou vykazují vyšší zásobu Fe^{3+} . Vysoké hodnoty pH, vyšší obsah CaCO_3 , vysoká aerace a biologická činnost nicméně vedou k tvorbě nerozpustných sloučenin. Na půdách bohatých na uhličitan vápenatý pak rostliny často vykazují symptomy nedostatku železa. Kvůli zmíněné velmi malé rozpustnosti anorganických sloučenin je v půdním roztoku rozhodující přítomnost železa vázaného v chelátových sloučeninách, které jsou stabilní i při vyšších hodnotách pH. Příjem železa je tak možný i za méně příznivých podmínek. Některé rostliny navíc mohou při nedostatku přístupného železa v prostředí produkovat zvýšené množství H^+ iontů a chelátů s redukčními schopnostmi v kořenových exktrétech do rhizosfery, čímž zajišťují redukcí určitého množství železa v půdním roztoku a jeho transport ke kořenům (Vaněk a kol., 2007).

2.1.1.2 Železo v rostlině

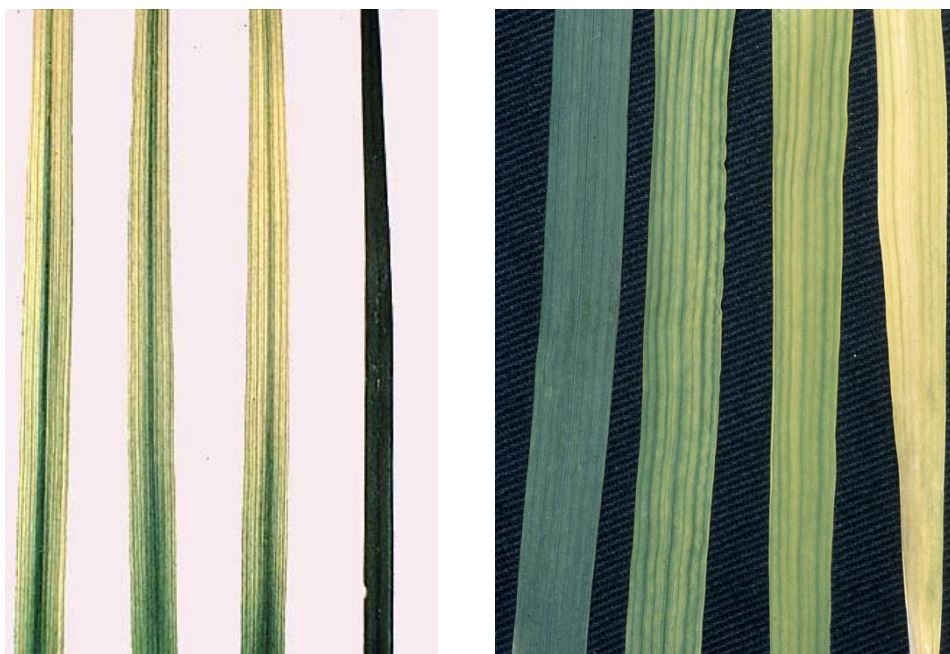
Rostlina přijímá železo téměř výhradně mladými částmi kořenového systému, především tedy kořenovými špičkami, a to ve formě Fe^{2+} , Fe^{3+} nebo chelátů (Fecenko a Ložek, 2000). Příjem je ovlivňován především hodnotou pH, ale také zrnitostí půdy nebo obsahem organických látek. Pro vyrovnanou rozpustnost i příjem železa rostlinami je vhodné rozmezí hodnot pH 5 - 6,5. Při silně kyselé reakci se zvyšuje rozpustnost železa a jeho redukce na Fe^{2+} , což může vést k nadměrnému příjmu a toxicitě. V alkalických oblastech dochází k již zmíněné tvorbě méně rozpustných sloučenin, a tedy snížení rozpustnosti a příjmu. Z hlediska konkurenceschopnosti iontů při tvorbě chelátů i při samotném příjmu železa se jako největší antagonistu ukazuje měď (Ryant, 2003). Ta je však v půdě špatně rozpustná, problémy tak působí především na půdách

s vysokou zásobou. Příjem železa negativně ovlivňují také Zn^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} nebo HCO_3^- , který kromě tvorby nerozpustných sloučenin také blokuje transport železa do mladých listů. Většina přijatého železa se soustřeďuje do chloroplastů a mitochondrií. Zde je u velké části vázáno na fosfoproteiny zvané feritin (fytoferitin) a slouží jako zásobní látka Fe pro výstavbu plastidů. Ačkoliv železo není obsaženo v chlorofylu, významně se podílí na jeho tvorbě. Účastní se také syntézy bílkovin a nukleových kyselin. Životně důležitou funkci má Fe v oxidačně-redukčních procesech, přičemž jej nemůže nahradit žádný jiný mikroelement (Veliký, 1964). Transport a distribuce železa v rostlině jsou nízké, stejně jako znovu využití ze starších sloučenin a pletiv. Největší obsah Fe je v listech, v sušině se pohybuje do 100 ppm.

2.1.1.3 Symptomy nedostatku a nadbytku železa

Jelikož většina půd v České republice disponuje dostatečnou zásobou železa, je nejčastější příčinou nedostatku jeho omezený příjem z prostředí, což způsobuje především alkalická reakce půd, popřípadě vyšší zásoba mědi. Mezi nejpatrnější příznaky deficitu patří omezená tvorba chlorofylu zejména ve vrcholových částech rostliny. Mladé listy jsou světle zelené, později žloutnou a dochází k tvorbě typické chlorózy, která postihuje celý list i v okolí nervatury, která jediná zůstává mírně zelená. Kořeny jsou krátké, hnědé, s velkým počtem postranních kořínků. Nadbytek fosforu, zinku či mědi zesilují příznaky deficitu železa (Bergmann a Čumakov, 1977).

Toxicky působí železo na rostliny pouze na silně kyselých stanovištích, kde mají jeho sloučeniny vysokou rozpustnost. Fe je proto přijímáno ve větším množství, což naopak vede ke sníženému příjmu některých ostatních iontů, například molybdenu či fosforu. Symptomem nadbytku je intenzivní modrozelené zbarvení přecházející až v nekrózu listů (Bergmann a Čumakov, 1977). Při nadbytku železa rostliny pomaleji rostou, jsou slabé a dochází ke snížení výnosu i kvality. Dochází také k utlumení fixace vzdušného dusíku (Vaněk a kol., 2007).



Obrázek 1: Deficit Fe na listech pšenice (Ryant, 2003, Department of Agriculture and Food, 2015)

2.1.2 Mangan

2.1.2.1 Mangan v půdě

Celkový obsah manganu se v půdě pohybuje v rozmezí 0,01 – 0,3 %. Nejnižší zásoba je na půdách písčitých, lehkých a propustných. Největší obsah Mn pak vykazují půdy vzniklé na vyvěřelinách a sedimentech. Téměř 94 % půd nicméně disponuje středním obsahem manganu (10 – 100 mg.kg⁻¹). Značný podíl (30 – 50 %) manganu v půdě tvoří křemičitany, uvolňuje se také zvětráváním minerálů manganitu nebo pyrolusitu. Můžeme jej také nalézt ve formě amorfních, bezvodých nebo hydratovaných oxidů. Mangan se v půdě vyskytuje v několika oxidačních stupních, a to Mn²⁺, Mn³⁺ a Mn⁴⁺ (Veliký, 1964, Ryant a kol., 2003) Pro rostliny je však dostupný pouze vodorozpustný Mn²⁺, který se ve formě iontů nachází v půdním roztoku a je sorbovaný na půdní komplex. Vícemocné sloučeniny manganu jsou málo rozpustné a rostliny z nich mohou Mn využít až po redukci na manganaté sloučeniny. Zdrojem manganu pro rostliny jsou tak sloučeniny snáze rozpustné, přičemž velký vliv na jejich rozpustnost se kromě podmínek prostředí přičítá i kořenové sekreci (H⁺, organické kyseliny). Opatření podporující oxidační procesy, jako je dobrá aerace půd, rozvoj mikroorganismů, přísun

organických látek a snížená vlhkost vedou k tvorbě vícemocných sloučenin a snížení přijatelnosti Mn (Vaněk a kol., 2007). Redukční podmínky naopak podporují tvorbu rozpustnějších, manganatých sloučenin. Nezanedbatelný je také vliv pH, přičemž se odhaduje, že změna hodnoty pH o jednu jednotku odpovídá změně rozpustnosti Mn sloučenin asi 100x.

2.1.2.2 Mangan v rostlině

Rostliny přijímají mangan jako kationt Mn^{2+} . Příjem je stejně jako rozpustnost Mn sloučenin v půdě ovlivněn především aciditními podmínkami a redoxním potenciálem půdy. Mangan je lépe přijímán na půdách kyselých, zvýšená oxidace na půdách neutrálních až alkalických vede společně s dobrým provzdušením a biologickou aktivitou k omezení příjmu, případně nedostatku. Vápnění, ale i lokální změny pH po aplikaci rozdílně působících dusíkatých hnojiv mohou příjem manganu také ovlivnit. Rozpustnost a příjem manganu může být krátkodobě zvýšena například několikadenním zamokřením. Antagonisticky na příjem manganu působí například vápník, hořčík nebo NH_4^+ , synergický vliv mají například nitráty. Obsah manganu v rostlinách značně kolísá (8 – 1 119 ppm) dle jednotlivých druhů a schopnosti získat jej z půdy. Nejvíce se hromadí v zelených listech a obalech semen a plodů. V rostlině je pohyblivost Mn malá (Ryant a kol., 2003), pouze o něco lepší než u železa. Nízká je také jeho utilizace ze starších listů. Mangan se v rostlině podílí na celé řadě fyziologických funkcí. Účastní se řízení oxidačních, redukčních a karboxylačních procesů. Uplatňuje se při tvorbě glycidů a bílkovin, podílí se také na syntéze vitamínu C. Mangan je také společně s hořčíkem aktivátorem mnoha enzymů, přičemž byla prokázána možnost jejich vzájemného zastoupení. Pozitivně podporuje například aktivitu nitrátoreduktázy. Mn je považován za nejvýznamnější aktivátor u enzymových procesů Krebsova cyklu (Vaněk a kol., 2007). Je také důležitým prvkem při fotolýze vody a nepostradatelnou součástí při výstavbě chloroplastů, čímž se nepřímo podílí na tvorbě chlorofylu.

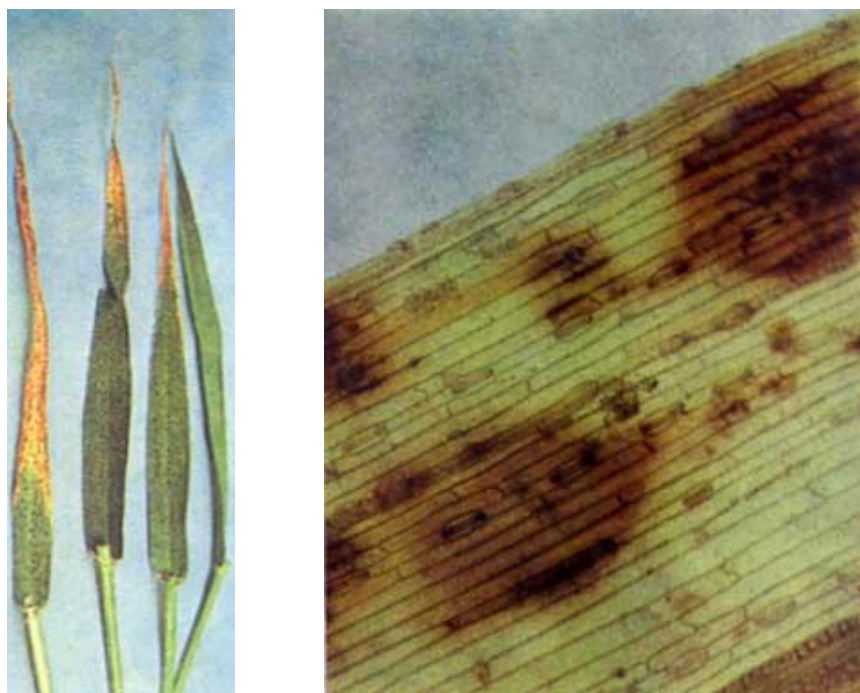
2.1.2.3 Symptomy nedostatku nadbytku manganu

Nejcitlivější orgány na nedostatek manganu jsou chloroplasty, které hrdkovatí, rozpouští se a tvoří nažloutlý roztok v cytoplazmě. Dochází také k omezení tvorby chlorofylu a vzniku listové chlorózy, která na rozdíl od deficitu železa nepostihuje celý list, tvoří se pouze listové skvrny podobné mozaice. Častá je proto záměna těchto symptomů za poškození způsobené virózami (Vaněk a kol., 2007). V pozdějších fázích se na listech mohou tvořit šedavé, někdy hnědě ohraničené skvrny. Klesá buněčný turgor a horní část listu se stáčí do středu, popřípadě i láme (Zimolka a kol., 2005). Při silném nedostatku dochází i k nekrotickým pletivům a odumírání listů. Růst je silně omezený, popřípadě úplně zastavený. V důsledku snížené aktivity nitrátreduktázy se v rostlinách hromadí nitráty, což snižuje kvalitu produktů. Snižuje se také syntéza bílkovin.



Obrázek 2: Deficit Mn na listech pšenice (Ryant a kol., 2003, Department of Agriculture and Food, 2015)

Poškození z nadbytku manganu můžeme pozorovat pouze na silně kyselých a zamokřených půdách, a to především u rostlin, které takové podmínky nesnáší. Symptomem je těžká listová chloróza napadající i nervaturu, kterou později doprovází výrazné hnědé skvrny (Bergmann a Čumakov, 1977). Při silném nadbytku listy odumírají. Nadbytek manganu u rostlin je také často spojen s nedostatkem fosforu a molybdeny.



Obrázek 3: Toxické působení Mn na listech ječmene (Ryant a kol., 2003)

2.1.3 Měď

2.1.3.1 Měď v půdě

Průměrný obsah Cu se v našich půdách pohybuje okolo 30 ppm. Měď se v půdě vyskytuje převážně jako Cu^{2+} . V anaerobních podmínkách je také možná redukce Cu^{2+} na Cu^+ . Měď se v minerální formě nachází v krystalické mřížce minerálů a v nerozpustných solích. Především je však vázána na organickou hmotu (Makovníková a kol., 2006). S organickými sloučeninami vytváří obtížně rozpustné komplexy. Měď je také velmi silně vázána na sorpční komplex. Oproti jiným kationtům je velmi špatně uvolnitelná, její pohyblivost v půdě je velmi malá. Na půdách s nízkým pH je její uvolnitelnost lepší. Největší koncentrace Cu je obsažena v humosovém horizontu, s hloubkou profilu její obsah klesá (Řehůrková, 2011). Většina půd má nicméně mědi dostatek, téměř 84 % vykazuje střední zásobu, necelých 12 % pak zásobu vysokou.

2.1.3.2 Měď v rostlině

Měď je přijímána jako kationt Cu^{2+} , a to bez výraznějších antagonistických vztahů. Potřeba Cu pro růst a vývoj je malá, v sušině rostlin se její obsah pohybuje v rozmezí 2 – 20 ppm. Rostliny nepřijímají měď ve větším množství ani při její vyšší zásobě v půdě například po nadměrném užívání měďnatých přípravků. Také v pletivech se Cu výrazně nehromadí, největší koncentrací případně disponují kořeny (Richter a Hlušek, 1994). Obsah mědi v rostlinách je nicméně dobrým ukazatelem zásobenosti v pletivech během vegetace i po sklizni. U obilnin obsah nižší než 4 ppm během sloupkování a méně než 2,5 ppm v zrně značí nedostatek. Měď je v rostlině málo pohyblivá, může však být transportována ze starých listů do mladých. V rostlině má Cu funkci katalytickou, účastní se také oxidačně – redukčních procesů. Aktivuje například oxidaci difenolů na chinony. Nejčastěji se tyto reakce týkají tyrosinů a taninů, což jsou tmavé látky vznikající při poranění rostlinných pletiv (Vaněk a kol., 2007; Řehůrková, 2011). Měď je součástí enzymových oxidáz, významně ovlivňuje kyselinu askorbovou. Důležitá je také při syntéze chlorofylu a dalších pigmentů. Podílí se také na stabilitě chlorofylu. Při dostatku Cu je chlorofyl pomaleji odbouráván, rostliny jsou delší dobu zelené a fotosyntéza tak může probíhat déle. Společně se železem se podílí na redukcii nitrátů v rostlině, neboť je složkou nitritreduktázy. Při nedostatku mědi tak může dojít ke snížení využití dusíku.

2.1.3.3 Symptomy nedostatku a nadbytku mědi

Nižší příjem mědi negativně ovlivňuje především obilniny a ovocné stromy, většina půd v ČR nicméně obsahuje mědi dostatek. Deficit se může projevit na lehkých, kyselých půdách, popřípadě na půdách s dostatkem organické hmoty, jako jsou například rašelinná stanoviště. U obilnin můžeme pozorovat příznaky již po odnožování (Zimolka a kol., 2005). Špičky listů zesvětlají, zasychají, jsou úzké a stáčí se. Růst internodií je omezen. Kořeny jsou tenké, tvoří se větší množství bílých postranních kořínků (Čumakov, 1976). U rostlin je však omezena především tvorba generativních orgánů. Při slabém deficitu může být část kvítků neplodná, při výrazném nedostatku klasy nemetají, jsou slabé a hluché. Dochází tak k výrazné redukci výnosu zrna, navíc se rozšiřuje poměr hmotnosti zrna a slámy (Fecenko a Ložek, 2000). Byla také zjištěna

stagnace výnosů na vyšší dávky dusíku (Vaněk a kol., 2007).



Obrázek 4: Deficit Cu u klasu a listů pšenice (Ryant a kol., 2003)

Poškození z nadbytku mědi se vyskytuje pouze výjimečně, například po jednostranném a častém hnojení kaly odpadních vod nebo kompostů z komunálních odpadů. Cu je velmi silně sorbována v půdě, navíc není ve velkém množství transportována do nadzemních částí rostliny. Při větší koncentraci zůstává především v kořenech. Rostliny jsou navíc při zvýšeném příjmu mědi schopny řadou mechanismů (omezený průchod membránou, aktivní výdej z cytoplazmy, uložení ve vakuolách, chelatizace v membráně) omezit mobilitu mědi (Řehůrková, 2011). Typickým symptomem nadbytku je chloróza (Vaněk a kol., 2007).

2.1.4 Zinek

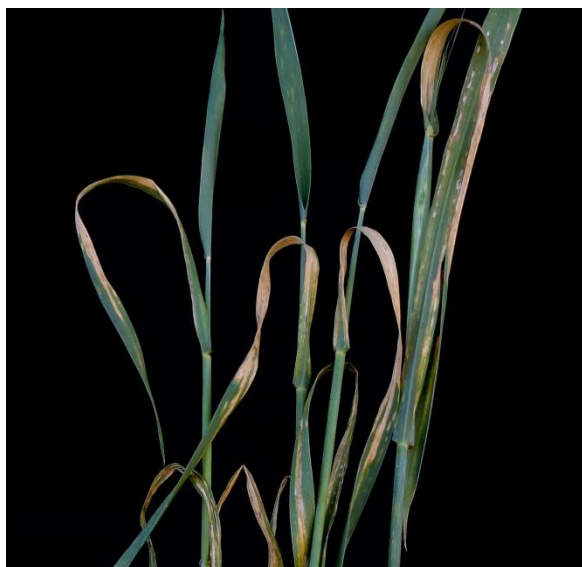
2.1.4.1 Zinek v půdě

Obsah zinku v půdě je značně rozdílný. Pohybuje se v rozmezí 10 – 300 ppm. Zinek se vyskytuje převážně v minerální formě jakožto součást mřížky minerálů, například biotitu, augitu, amfibolu a nejvíce pak sfaleritu - ZnS (Šafářová a Řehoř,

2006). Část Zn je vázána na sorpční komplex jako kationt Zn^{2+} nebo $ZnOH^+$. V organických sloučeninách je pak obsažen menší podíl Zn. Minerální sloučeniny zinku jsou v kyselém prostředí (pH = 4) dobře rozpustné, přičemž se tvoří vysoce polarizovaný Zn^{2+} . Při zvýšení pH pak dochází ke srážení na méně rozpustný hydroxid zinečnatý, další zvýšení (pH 5,5 – 6,9) již vede k tvorbě velice málo rozpustných zinečnanů. V půdním roztoku je velká část zinku vázána na aminokyseliny, fulvokyseliny a cheláty (Vaněk a kol., 2007). Antropogenním zdrojem zinku jsou taky některé průmyslové podniky barevné metalurgie. Mobilita Zn v půdě je malá (Vaněk a kol., 2007).

2.1.4.2 Zinek v rostlině

Nároky jednotlivých rostlin na zinek jsou rozdílné, jeho obsah se v pletivech pohybuje v rozmezí 20 – 100 ppm. Poklesu pod 10 ppm je již doprovázen zjevnými příznaky deficitu. Přijímán je jako kationt Zn^{2+} , případně v hydratovaných formách a chelátové vazbě (Richter a Hlušek, 1994). Příjem zinku negativně omezuje vysoké pH, ale také vyšší obsah P. Fosfor krátkodobě snižuje rozpustnost Zn (tvorba nerozpustných fosforečnanů zinečnatých). Často se proto můžou objevit symptomy deficitu po vysokých dávkách fosforu v rámci předzásobního hnojení. Fosfor také omezuje transport zinku k vegetačním vrcholům v rostlině, proto je důležitý vzájemný poměr P:Zn (50:200 ppm). Pohyblivost zinku je zejména v mladých pletivech větší než u železa či molybdenu, obecně je však nízká. Zinek aktivuje řadu enzymatických reakcí a je součástí prostetických skupin některých enzymů. Je součástí karbonátdehydrogenázy, enzymu katalyzující v chloroplastech vzájemnou přeměnu oxidu uhličitého a vody na kyselinu uhličitou. Zinek je nezbytný při syntéze bílkovin, výrazně také působí na metabolismus glycidů. Spolupůsobením s IAA (kyselinou indolyloctovou), které zajišťuje lepší integritu membrán a pomalejší odbourávání, se Zn podílí na prodlužovacím růstu rostlin (Marschner, 1995). Při nedostatku zinku je porušen normální růst rostlin, dochází k poruchám v dělení buněk. Snižuje se také počet chloroplastů a obsah chlorofylu.



Obrázek 5: Deficit Zn na listech pšenice (Department of Agriculture and Food, 2015, Ryant, 2003)

2.1.4.3 Symptomy nedostatku a nadbytku zinku

S výjimkou kukuřice jsou obilniny nejméně choulostivé na nedostatek zinku. K obecným projevům deficitu Zn patří světle žluté až bílé skvrny mezi žilnatinou mladých listů. V těchto chlorotických pásech může docházet k tvorbě zvětšujících se nekrotických skvrn, které vedou až k odumírání listů. Při hlubším deficitu jsou rostliny celkově zakrnělé a deformované. Mají zkrácená internodia, drobné krátké listy, a také slabý kořenový systém (Čumakov, 1976). Pro rostliny je také charakteristická vysoká aktivita RNAázy, což vede k nízkému obsahu proteinů a nárůstu obsahu aminokyselin (Pavlíková a kol., 2007). Nejvýznamněji se deficit zinku projevuje u chmele, kde způsobuje tzv. kadeřavost., při které dochází k výrazné redukci hlávek.

Toxické působení zinku u rostlin je ojedinělé, můžeme ho pozorovat především v okolí průmyslových podniků, kde došlo ke kontaminaci svrchní vrstvy půdy. Při nadbytku Zn dochází k silným chlorózám, zhoršuje se růst a také je omezen příjem železa (Vaněk a kol., 2007). Nadbytek zinku také omezuje proces akumulace asimilátů floémem, v následku čehož dochází ke kumulaci škrobu v listech (Pavlíková a kol., 2007).

2.1.5 Molybden

2.1.5.1 Molybden v půdě

V půdách se obsah molybdenu většinou pohybuje od 0,2 do 10 ppm. Jeho celkový obsah oproti jiným prvkům je tedy spíše nízký, avšak z hlediska rostlinných nízkých nároků na Mo vykazuje více než polovina půd ČR vysokou zásobu (Ryant a kol., 2003). Nachází se v půdě jako minerál molybdenit, molybdenan, olivín a dále ve formě oxidů. Nevýměnně je také vázán v organických sloučeninách. Tento molybden je tedy přístupný až po zvětrávání a mineralizaci. Část Mo je sorbováno jako aniont MoO_4^{2-} na koloidní micely (Ryant a kol., 2003). V půdním roztoku se nachází pouze jeho malá část. Rozpustnost i mobilita molybdenu se zvyšuje s rostoucím pH a zvyšující se zásobou vápníku, který s Mo tvoří dobře rozpustný, rostlinami využitelný molybdenan vápenatý. Vápnění je proto nejlepší prevencí nedostatku Mo.

2.1.5.2 Molybden v rostlině

Potřeba molybdenu rostlinami je malá, v sušině je běžně obsaženo cca 0,5 ppm, což bohatě poskytuje k pokrytí fyziologických potřeb. Rostliny přijímají Mo jako aniont MoO_4^{2-} , jeho příjem pozitivně ovlivňuje alkalická reakce půdy a dostatek fosforu (Vaněk a kol., 2007). Fosfor také napomáhá transportu molybdenu z kořenů do zbytku rostliny. Také bylo prokázáno spolupůsobení Mo a Fe, přičemž nedostatek jednoho prvku snižuje příjem druhého. Přihnojení naopak příjem druhého prvku stimuluje. Vhodné je dbát na jejich vyvážený poměr. Antagonisticky naopak příjem Mo ovlivňuje síra nebo měď. V rostlině je molybden málo pohyblivý. Při jeho nadměrném příjmu dochází ke hromadění v pletivech, avšak bez výraznějších známek toxicity (Facenko a Ložek, 2000). Molybden je nepostradatelný při fixaci N_2 , je totiž součástí nitrogenasového komplexu uskutečňujícího redukcí N_2 na NH_3 . Nezbytný je také při metabolismu dusíku. Podílí se na redukcí nitrátů na amoniak aktivací nitrátoreduktázy (Vaněk a kol., 2007).

2.1.5.3 Symptomy nedostatku a nadbytku molybdenu

Při nedostatku Mo jsou nitráty hůře zpracovatelné, hromadí se v pletivech, čímž snižují kvalitu produktu. Listy se lžícovitě stáčí, dochází k redukci listové čepelce a dalším deformacím. Objevuje se také chloróza zasahující i nervaturu, později se mohou vytvářet nekrotické tečky. Dochází ke snížení fixace vzdušného dusíku, rostliny jsou světleji zbarvené a obsahují méně bílkovin v produktu. Nejvíce na nedostatek Mo trpí brukvovité rostliny, u nichž často dochází k tzv. vyslepnutí. U takto postižených rostlin se nevytváří růžice (Vaněk a kol., 2007).

Rostliny jsou většinou schopny tolerovat vyšší koncentraci molybdenu v pletivech, jeho toxické působení je proto v praxi spíše ojedinělé. V rostlinách dochází k ukládání Mo do vakuol a zvyšuje se jeho obsah v zelených částech. Do semen není transportován. Díky tomu se v posklizňových zbytcích, krmivech a zelenině vyskytuje vysoké procento Mo, který se následně dostává do potravního řetězce. V posledních letech se pak objevují zprávy o možných karcinogenních účincích Mo při vysoké koncentraci, která by neměla přesáhnout 5 mg Mo v 1 kg sušiny.



Obrázek 6: Deficit molybdenu na listech obilnin (Department of Agriculture and Food, 2015)

2.1.6 Bór

2.1.6.1 Bór v půdě

Běžný obsah bóru v půdě se pohybuje mezi 30 – 40 ppm. Je značně ovlivněn půdotvornou horninou a jejím zvětráváním, půdní reakcí, ale také vlhkostí půdy a srážkovými poměry. Vlhčí oblasti například disponují vyšším obsahem B. V půdě je bór nejvíce obsažen v křemičitanech, například v turmalínu. Zvětrávání a uvolňování B z křemičitanů je pozvolné, v půdě je pak ale v podobě kyseliny borité velmi dobře pohyblivý (Vaněk a kol., 2007). Bór se vyskytuje také ve formě rozpustných boritanů, méně je pak obsažen ve vápencích či dolomitu. S mnohými organickými sloučeninami vytváří komplexy, které jsou pro rostliny v porovnání s minerálními přijatelnější (Fecenko a Ložek, 2000). Může také docházet k vyplavování B, zejména na lehkých půdách s nízkou hodnotou pH. Pro optimální příjem bóru jsou nejlepší hodnoty pH pohybující se okolo 6,3. S rostoucím pH pak příjem klesá, zřejmě v důsledku zvýšené adsorpce B na půdní částičky a tvorbě slabě rozpustných sloučenin s Ca, Al, Si nebo B (Ryant a kol., 2003).

2.1.6.2 Bór v rostlině

V sušině rostlin zásoba B kolísá mezi 20 – 100 ppm. Příjem probíhá pasivně jako u vápníku a kromě půdní reakce je ovlivňován vlhkostí. V sušších oblastech dochází ke zpevnění vazeb B v půdě a zhoršení rozpustnosti i příjmu. Rostlinami je přijímán nejčastěji jako nedisociovaná kyselina boritá (Ryant a kol., 2003). Pohyblivost a znovuvyužití bóru v rostlině je omezená, nebyla zjištěna jeho přítomnost ve floému. U bóru byl potvrzen pouze akropetální pohyb, kdy dochází k jeho transportu zejména do špiček a okrajů listů. Zde také dochází k jeho největší kumulaci (Kibalenko, 1972). Nedostatek, popřípadě nadbytek B se tak nejčastěji projeví právě v apikálních meristémích. V rostlině se výrazně nehromadí, při vyšším příjmu je však toxický. Bór v rostlině nevytváří cheláty ani nemění své mocenství, svým chováním ve fyziologických funkcích na rozdíl od ostatních mikroelementů připomíná spíše fosfor, vápník či draslík. Bór se podílí například na výstavbě buněčné blány. Podporuje růst a energetickou zásobenost kořenů, ale také tvorbu generativních orgánů a klíčivost pylu. Stimuluje

tvorbu cytokininů, čímž pozitivně ovlivňuje růst a činnost meristémů (Vaněk a kol., 2007). Významnou roli hraje také v metabolismu nukleových kyselin či transportu asimilátů z listů do zásobních orgánů. Uplatňuje se také při tvorbě a ukládání energetických látek. Dobrý obsah B příznivě ovlivňuje akumulaci P v listech.

2.1.6.3 Symptomy nedostatku a nadbytku bóru

Nedostatek bóru se objevuje nejčastěji na lehkých kyselých půdách nebo při přehnojení draslíkem (Fecenko a Ložek, 2000). Obilniny mají poměrně malou potřebu bóru (asi 3 ppm v sušině). Během vyššího deficitu je v rostlinách snížena tvorba zásobních látek, a tím i kvalita produkce. Růst nadzemní, ale i podzemní části se zpomaluje (Veliký, 1964). Omezený je tak i příjem živin z půdy. Mladé listy jsou zakrnělé, ztlustělé a mohou být svinuté. Růst vegetačního vrcholu je zpomalen. Objevuje se také chloróza a vlivem zvýšené hladiny auxinů (snížená tvorba cytokininů) i nekrózy. Dochází ke špatné tvorbě klasů a snížení výnosů. Jednou z nejnáročnějších plodin na obsah B je například mák (až 90 ppm v sušině). U řepy nedostatek bóru způsobuje tzv. Srdéčkovou hnilobu (Vaněk a kol., 2007).



Obrázek 7: Deficit bóru u pšenice (Ryant a kol., 2003)

Příznakem nadbytku B je zasychání, žloutnutí a následně nekrózy vrcholových listů. Na listech i pochvách stébel se mohou objevovat krátké hnědé skvrny. Nadbytek v praxi vzniká téměř vždy pouze nevhodným hnojením a objevuje se při obsahu vyšším než 5 mg B na kg (Fecenko a Ložek, 2000). Citlivou plodinou na nadbytek B je ječmen.

To je potřeba brát na vědomí při sestavování osevního postupu a plánu hnojení, protože cukrová řepa, jakožto nejvhodnější předplodina pro ječmen, může při nedostatku bóru trpět zmíněnou srdéčkovou hnilobou.



Obrázek 8: Nadbytek bóru na listech ječmene (Ryant a kol., 2003)

2.2 Hnojení mikroelementy

Z mikroelementů se v současnosti hnojí zejména bórem, mědí, zinkem, manganem, molybdenem a železem (Fecenko a Ložek, 2000). Průměrné dávky se pohybují v rozmezí 0,05 – 12 kg na hektar dle daného prvku a způsobu aplikace. Velmi důležitá je rovnoměrná aplikace, což může být u takto nízkých dávek obtížně dosažitelné. Jako nejvhodnější se proto ukazuje aplikace stopových prvků společně s kapalnými hnojivy, popřípadě pesticidy. Ke hnojení mikroelementy se však v běžném provozu většinou přistupuje pouze tehdy, jsou-li na stanovišti v rámci agrochemického zkoušení zemědělských půd nebo anorganických roborů rostlin zjištěny jejich vysoké nedostatky. V praxi pak ke zjištění nedostatku určitého prvku vedou především objevující se symptomy na porostu (Vaněk a kol., 2007).

Akutní hnojení mikroelementy spočívá v opakovaném postřiku na list doporučeným hnojivem během vegetace při zjištění zjevných příznaků nedostatku na rostlinách. Listová aplikace je zvláště účinná u některých prvků (např. Fe), které nejsou při aplikaci do půdy efektivně využity (Butzen, 2015). Mimokořenová výživa má ale především doplňkovou funkci a v žádném případě by neměla být považována za náhradu základního hnojení (Fecenko a Ložek, 2000). Rostliny jsou schopny přes list přijímat jen malé množství živin, což dokumentuje tabulka 4. Po sklizni plodiny je vhodné pokusit se zjistit příčinu vzniklého nedostatku a následně ji eliminovat například úpravou pH, provzdušněním půdy, organickým hnojením, ale především aplikací základní dávky daného mikroprvku.

Tabulka 4: Maximální dávky mikroživin určených na listovou plochu (Bergmann, 1972)

Živina	Max dávka (kg/ha)	Koncentrace roztoku (%)
Cu	0,5	0 – 1,0
Zn	1,8	0 – 1,0
Mn	1	0 – 1,0
Mo	0,05	0 – 0,2
B	0,8	0 – 1,0
Fe	3	0 – 1,0

Základní hnojení slouží k vyhnojení půdy na 3 – 5 let. Zvláště účelné je při pěstování náročných plodin na daný mikroelement. Realizujeme jej ale hlavně po zjištěném deficitu určité živiny (dle AZZP či symptomů na porostu během předchozího vegetačního období). Aplikace mikroelementů do půdy před startem sezóny by měla být pro většinu prvků preferována před listovou aplikací. Jak je popsáno výše, k listové aplikaci přistupujeme při viditelných příznacích deficitu, přičemž porosty mohou být trvale poškozeny než dojde k opakované aplikaci potřebné dávky. Při základním hnojení půdy je důležité je použít správné dávky (Tab. 5) doporučených hnojiv, které musí být následně na pozemku rovnoměrně rozmetány a kvalitně zapraveny. Máme-li k dispozici potřebnou mechanizaci, je vhodné zvážit, zda bude hnojivo aplikováno na celý pozemek. U některých mikroprvků se výhodněji jeví aplikace do pásů vedle řádků pěstované plodiny (Butzen, 2015). Důvodem může být lepší vyžití dané živiny, popřípadě nižší cena za aplikaci.

Tabulka 5: Doporučené dávky mikroelementů k základnímu hnojení (Vaněk a kol., 2007)

Prvek	Dávka (kg/ha)
B	1 – 2
Mn	4 – 10
Cu	3 – 5
Zn	5 – 10
Mo	1 – 2
Fe	10 - 20

Preventivní hnojení mikroelementy spočívá v předcházení vzniku deficitu, zejména na půdách s potenciální nedostatečnou zásobou. Vycházet můžeme také z předešlých výsledků rozboru půdy. Preventivní aplikace mikroelementů má taktéž pozitivní vliv na výnos a kvalitu, realizovat ji můžeme jak foliárně, tak vyhnojením půdy. Aplikujeme asi 10 % ze základní dávky (Vaněk a kol., 2007).

2.2.1 Železo

Nejúčinnějším opatřením pro odstranění symptomů nedostatku či nadbytku Fe je prevence, především pak úprava aciditních podmínek. Vhodné je však také zamezit radikálním změnám pH přehnanou alkalizací pozemku. Na již alkalických půdách se pak doporučuje aplikace kyselých hnojiv, například síranu amonného (Fecenko a Ložek, 2000). Při zjištění nedostatku železa během vegetace je pak možné tento deficit zmírnit mimokořenovou výživou. K opakovanému postřiku můžeme použít některé soli železa, popřípadě speciální hnojiva jako jsou Fytovit, Ferrovit, Tenso-Fe a další (Vaněk a kol., 2007).

2.2.2 Mangan

Většina našich půd disponuje dobrou zásobou manganu, nejúčinnějším opatřením předejití nedostatku Mn je proto především úprava pH. Optimální rozmezí hodnot se pohybuje od 5,5 do 6,8 (Řehůrková, 2011). Nedostatek může nastat na lehkých a silně kyselých půdách v humidních oblastech. Zde se doporučuje hnojení například síranem manganatým v dávce 5 kg Mn na hektar (Vaněk a kol., 2007). Mangan, který je většinou půd velmi dobře fixován a bez kořenové exkrece se stává obtížně přístupným, je vhodné aplikovat do úzkých pásů vedle řádků pěstované plodiny (Butzen, 2015). Během vegetace je pak při nedostatku doporučené opakovaně aplikovat 0,2 % roztok síranu manganatého, popřípadě speciální hnojiva jako Vegaflor, Harmavit či Mantrac. Dávka na list se při zjištěném deficitu pohybuje od 5 – 10 kg Mn na hektar (Fecenko a Ložek, 2000).

2.2.3 Měď

Pro odstranění nedostatku je doporučená aplikace například síranu měďnatého (Veliký, 1964; Fecenko a Ložek, 2000) v dávce asi 20 kg na ha. Během vegetace je možné opakovaně použít 0,1 % roztok téhož hnojiva (Vaněk a kol., 2007). Síran měďnatý může být u některých plodin využitý také jako fungicidní přípravek díky značné toxicitě Cu pro nižší organismy jako jsou plísně, bakterie a některé nižší houby

(Kafka a Punčochářová, 2002). Pro mimokořenovou výživu můžeme také použít speciální hnojiva, například Kuprosol.

2.2.4 Zinek

Nadměrný příjem zinku lze omezit vápněním. Odstranění deficitu je pak realizováno především úpravou půdních podmínek. Vhodné je omezit jednostranné dávky fosforu, z dusíkatých hnojiv je pro úpravu pH doporučen například síran amonný. Při nedostatečné zásobě Zn v půdě můžeme k obilninám hnojit síranem zinečnatým v dávce 6 – 10 kg Zn na hektar. Ke zmírnění deficitu během vegetace můžeme použít opakovaný postřik 0,1 % roztokem stejného hnojiva, popřípadě využít speciální hnojiva, kupříkladu Zinkocit či Zintrac (Vaněk a kol., 2007).

2.2.5 Molybden

Deficitu Mo předcházíme především vápněním a dobrým zpracováním půdy. Účelné je také použití ledkových hnojiv. K pokrytí potřeb běžných plodin se doporučuje hnojení molybdenanem sodným ve čtyřletých cyklech, a to v dávce 150 – 400 g na hektar. Hnojení je vhodné spojit například s aplikací dusíkatého hnojiva DAM – 390. Pro náročné plodiny nebo při vysokém nedostatku Mo hnojíme molybdenanem sodným (nebo amonným) v dávce 2 – 4 kg na ha. Při ujištění deficitu během vegetace je možné použít například Cererit, popřípadě 0,1 % roztok zmíněného molybdenanu.

2.2.6 Bór

Pro hnojení B se používá například borax, technická kyselina boritá či Veborit v dávce asi 1 – 3 kg B na hektar dle půdního druhu (Fecenko a Ložek, 2000). Vysoká koncentrace bóru může být pro osivo toxická (Butzen, 2015). Nesmíme proto překročit doporučenou dávku, přičemž je vhodné zajistit rovnoměrnou aplikaci a zapravení. Pro listovou výživu je možné použít 0,2 – 0,5 % roztoky stejných sloučenin. Dávka bóru na list se pohybuje rozmezí 0,1 – 0,3 kg na hektar.

2.3 Aplikace mikroelementů na osivo

Nejrozšířenější způsob hnojení mikroelementy je foliární výživa a aplikace do půdy. Cenová dostupnost a zajištění vysoce kvalitních hnojiv obsahujících stopové prvky však mohou být problematické, a tak může být v praxi tento zákrok opomíjen. Jako relativně jednoduchá a finančně méně nákladná alternativa se tak nabízí ošetření a úprava osiva s využitím mikroelementů. Využívá se především hydratačních úprav a obalování osiv. Podle Farooqa a kol. (2012) aplikace mikroelementů na osivo zlepšuje zakládání porostů, urychluje nástup jednotlivých fenologických fází a ve většině případů také zvyšuje výnosy a obsahy jednotlivých mikroprvků v zrnu. Z jejich výzkumu také vyplývá, že tato metoda je přinejmenším srovnatelná s ostatními způsoby aplikace, někdy dokonce lepší. Farooq a kol. (2012) také uvádí, že i když se po ošetření osiva mikroelementy neprojeví žádný zlepšující efekt, dochází pouze výjimečně k negativnímu, toxickému, působení mikroprvků rostliny.

2.3.1 Hydratační úpravy

Hydratační úpravy osiva neboli předklíčování, mají za cíl především zlepšit semenářské parametry osiva. Důraz je kladen na dosažení rychlejšího a rovnoměrnějšího vzcházení. Principem je částečné nebo úplné nabobtnání semen. Semena přijímají vodu v takovém množství, které postačí k aktivaci metabolických procesů, ale již nestačí k proražení kořínku (Houba a Hosnedl, 2002). Pro usnadnění pozdější manipulace skladování a setí je následně nutné semena po předklíčení znovu vysušit. Metody předset'ové hydratace lze rozdělit do dvou kategorií podle toho, zda je řízena rychlost příjmu vody semenem. Prehydratace, při které je příjem vody neřízený, se spíše nevyužívá. Pro aplikaci mikroelementů na osivo se používá tzv. priming (popř. nutripriming), kdy je příjem vody semenem řízen bobtnáním v osmotickém roztoku, který má vyšší vodní potenciál než čistá voda. Rychlost imbibice je proto pomalejší a množství vody dostupné pro semena je omezené. Využívá se především priming v roztoku (osmotic priming), jako osmotika jsou použity roztoky různých sloučenin obsahujících mikroelementy (Imran a kol., 2004, Singh 2007). Faktory ovlivňující nutripriming jsou mimo použité osmotikum například teplota, dostatek kyslíku, doba

ošetření, teplota a omezení mikrobiální kontaminace. Vliv má také následné sušení semen a jejich případné poškození.

2.3.2 Obalování osiva

Obalování osiv je speciální úprava umožňující aplikaci chemických přípravků, hnojiv, růstových látek či mikroorganismů přímo na semeno za pomoci lepidel. Úspěšnost a efektivita obalování osiv mikroelementy závisí především na použité živině a potahovém materiálu (Farooq a kol., 2012). Speciální úpravou v rámci obalování je peletizace a inkrustace. Peletizace představuje potažení semene vrstvou inertního materiálu, čímž dojde ke změně původního tvaru, velikosti. Zvyšuje se také hmotnost, a to 15 – 100krát. Dochází ke zlepšení vysevatelnosti, což je zvláště vhodné při zakládání porostů z přesných výsevů. Osivo je postříkáno vodou a společně s plnidlem, adhezivní látkou (lepidlo) a zlepšujícími látkami (hnojiva, fungicidy, ...) je vloženo do peletizačního bubnu. Otáčením bubnu se na vlhké osivo nalepuje plnidlo a vzniká peleta, jejíž velikost je závislá na době otáčení. Pro rovnoměrný porost je důležité, aby nedošlo k výskytu prázdných pelet (obal bez semena) nebo pelet s více semeny. Inkrustací nedochází k tak výrazné změně tvaru a hmotnosti semene. Směs polymeru, aditiva (hnojivo, fungicid,...) a barviva je na semena aplikována nástřikem, popřípadě se semeno nakrátko ponoří do vzniklého roztoku. Po aplikaci je ihned vysušeno. Celý proces může být několikrát opakován za pomoci různých aditiv, na osivu se pak vytváří několikanásobný film (Houba a Hosnedl, 2002).

2.3.3 PPF systém

Založení porostů ozimů metodou PPF může být další alternativou aplikace (nejen) mikroelementů k osivu. Jde o patentovaný způsob ukládání hnojiva přímo pod osivo při setí (Precision Placement of Fertilizer), který se uplatňuje hlavně při vynechání orby (Kulovaná, 2001). PPF pozitivně ovlivňuje konkurenceschopnost k plevelům, pH půdy, kořenový systém obilnin a dle výsledků pokusů také výnos (Horsch). Aplikace mikroelementů je vhodná například s hnojivem DAM-390 nebo síranem amonným. V kombinaci s NP- roztoky a Ca hnojivy by došlo k tvorbě sraženin.

2.4 Pšenice ozimá

Modelovou plodinou pro tento pokus byla zvolena pšenice ozimá. Pšenici připadá významná role ve výživě člověka, ale i hospodářských zvířat. Vyrůstá také její průmyslové využití, například při výrobě bioetanolu. V ČR se pšenice pěstuje na 835 941 ha, což odpovídá asi 34 % z celkové výměry osevních ploch (ČSÚ, 2015).

2.4.1 Půdně klimatické nároky pšenice

Ačkoliv pšenice patří mezi nejnáročnější plodiny, je celosvětově rozšířená a pěstovaná ve velkém množství (Kováč, Kubinec, 1998). Také v ČR se díky své vysoké plasticitě a širokém výběru nabízených odrůd pěstuje ve všech výrobních oblastech, samozřejmě jsou ale rozdílné výnosy (Křen, 1998). Pšenici nejvíce vyhovuje neutrální pH, citlivá je k vyšší půdní kyselosti. Mezi nejvhodnější půdy patří černozemě, hnědozemě nebo rendziny (Ryant, 2002). Pšenice potřebuje dostatek vláhy jednak při podzimním vzcházení, jednak při jarním vývoji. Optimální vláhová potřeba se pohybuje okolo 250 – 350 mm (Křen, 1998). Důležité je také rovnoměrné rozložení srážek během roku, aby nedocházelo k přemokření či poškození suchem (Carver, 2009).

2.4.2 Zařazení pšenice v osevním postupu

Osevní postupy jsou v praxi již spíše nedodržované, dochází především k rotaci ekonomicky zajímavých plodin (řepka, pšenice, ječmen, kukuřice, ...). Obilniny tak mohou v těchto sledech zabírat i více než 50 %. Jejich předplodinová hodnota je však nízká, protože z půdy odčerpávají velké množství živin, zvyšují zaplevelení a zhoršují půdní vlastnosti (Kováč a Kubinec, 1998). Nejvhodnější předplodinou pšenice je vojtěška, popřípadě ostatní jeteloviny. Tvoří velké množství kvalitních posklizňových zbytků (Ryant, 2002). Dobrymi předplodinami jsou také luskoviny a organicky hnojené okopaniny i olejníny. Je-li nutné zařadit pšenici po jiné obilnině, nejmenší hrozbu z hlediska výskytu chorob představuje ječmen (Zimolka a kol, 2005). Porost nicméně vyžaduje vyšší agrotechnickou péči, vhodné jsou vyšší dávky minerálních hnojiv a v případě nutnosti také pesticidních přípravků. Při pěstování obilnin po sobě se totiž

zvyšuje nejen riziko chorob, ale také výskyt obtížně regulovatelných plevelů (Neischl a kol., 2011).

2.4.3 Zpracování půdy a setí pšenice

Zpracování půdy se odvíjí od předplodiny, stavu pozemku, a také dostupné mechanizace. Správně provedená předset'ová příprava by měla zajistit kvalitní prokypření a urovnání povrchu půdy, čímž významně ovlivňuje dobré založení, vzcházení i přezimování porostů. K pšenici můžeme zvolit klasický způsob zpracování s obracením, vhodné jsou také bezorebné, neboli minimalizační technologie (Zimolka a kol., 2005).

Při výsevu pšenice je důležité zejména rovnoměrné uložení osiva, aby nedocházelo k přehuštění nebo prořídnutí porostu. Optimální hloubka pro uložení osiva je asi 3 -5 cm. Mělce zasetý porost hůře odnožuje a je náchylnější k vymrzání. Při hlubším uložení osiva se zase prodlužuje doba vegetace (Zimolka, Svoboda, 2008). Setí připadá s ohledem na stav pozemku, zvolenou odrůdu a průběh počasí na rozmezí zhruba od poloviny září do konce října až začátku listopadu. S pozdějším datem setí se úměrně zvyšuje výše výsevku, která se pohybuje od nízkých 3 až po vysokých 5,5 - 6 milionu klíčivých semen (Pruckov, 1972; Zimolka a kol. 2007).

2.4.4 Hnojení pšenice, ošetření během vegetace

Porosty pšenice můžeme během vegetace ošetřit mechanicky. Válení podporující vzlínavost je doporučeno především po zasetí v sušších podmínkách. Vlácení prutovými nebo síťovými bránami pak slouží jako mechanický zásah proti plevelům a může být prováděno na jaře i na podzim. Nutností je však dobře zakořenění porost, aby nedošlo k jeho vyvláčení (Faměra, 1993). Dnes však převažuje především chemická ochrana, přičemž stoupá nejen aplikace herbicidů, ale také insekticidů a fungicidů. Pro zlepšení architektury a vedení porostu, popřípadě zvýšení výnosového potenciálu aplikujeme regulátory růstu. Cílem tohoto zásahu na podzim je případné zamezení přerůstání a synchronizace odnoží, aby porost dobře přezimoval. Na jaře pak aplikace regulátoru

podpoří především odnožování a dojde ke zkrácení internodií, čímž se snižuje riziko poléhání (Zimolka a kol., 2005). Tento zásah je kvůli vysokým vstupům dusíkatého hnojení a výnosově velmi dobrým odrůdám zvláště důležitý.

Nedostatek živin vede k omezení růstu, redukcí počtu zrn v klasech a snížení HTZ. Porosty jsou náchylnější k vymrzání či napadení chorobami a škůdci. Pro tvorbu vysokého výnosu a kvalitního produktu je proto potřebné zajistit v půdě optimální podmínky. Na 1 t zrna a odpovídající množství slámy pšenice ozimá v průměru odebere 22 – 26 kg N, 4,4 – 6,2 kg P, 16 – 21 kg K, 2,8 – 5, 7 kg Ca, 1,2 – 3 kg Mg a kolem 4,3 kg S (Vaněk a kol., 1998).

Během předseťové přípravy se provádí základní hnojení pšenice s cílem upravit půdní zásobu makroelementů. Nejvíce se hnojí především fosforem a draslíkem. Mezi vhodná hnojiva patří například Amofos, draselná sůl, superfosfáty či NPK (či NPK-S) hnojivo s nižším obsahem dusíku. Při stanovení dávek jednotlivých živin vycházíme z předpokládaného výnosu a potřeby živin na tunu hlavního produktu. Vzhledem k případné aplikaci organického hnojiva, zapravení posklizňových zbytků a také obsahu přístupných živin v půdě pak provádíme korekci zjištěného normativu. Součástí základního hnojení může být také vápnění pro úpravu půdní reakce.

Pro pšenici je rozhodující přihnojení dusíkem během vegetace. V rámci regeneračního přihnojení, které provádíme ve fázi odnožování (co nejdříve na jaře, jakmile to počasí a stav pozemku dovolí), dochází k podpoře růstu kořenového systému, obnově biomasy a zahuštění porostu zvýšeným odnožováním (Fecenko, 1998; Richter a kol., 1997b; Vaněk a kol., 1998). Po přezimování je tak regenerační hnojení důležitým předpokladem pro rychlý a kvalitní růst ozimů. Aplikujeme nejčastěji dusičnan amonný, ledek amonný (s vápencem) nebo močovinu v dávce asi 40 kg N na hektar (Zimolka, Svoboda, 2008). Při nízkém obsahu síry v půdě můžeme zvolit hnojivo DASA 26 – 13, síran amonný nebo YaraBela SULFAN v dávce 25 kg/ha N.

Na počátku sloupkování provádíme produkční hnojení. Pšenice v této fázi odebírá největší množství dusíku. Příjem se snižuje s nástupem kvetení (Zimolka a kol., 2005). Cílem tohoto zásahu je především podpořit tvorbu výnosotvorných prvků.

Dochází ke stimulaci růstu a vývoje plodných odnoží, ovlivňována je také velikost a počet zrn v klasu. Potřebnou dávku dusíku zjišťujeme na základě chemických analýz rostlin, popřípadě výsledků bezkontaktního měření porostu. Přesáhne-li množství optimální dávky dusíku 60 kg na hektar, doporučuje se dle Richtera a kol. (1997) aplikace rozdělit do dvou termínů s odstupem cca 2 – 3 týdnů. Dusík nejčastěji aplikujeme ve formě močoviny, ledků či hnojiva DAM- 390.

Posledním přihnojením u zdravého porostu pšenice je tzv. kvalitativní hnojení, kterým se snažíme zvýšit technologickou jakost pšenice. V zrně dochází ke zvýšení obsahu dusíku, což se pozitivně projeví v kvalitě bílkovin a obsahu lepku. Narůstá také HTZ (Ryant, 2002). Přihnojení se provádí nejčastěji ve dvou fázích. Pro podpoření asimilačního aparátu a stimulaci produktivních odnoží přihnojujeme porosty v období posledního listu. Na začátku metání provádíme druhou aplikaci. Celková dávka dusíku se pohybuje v rozmezí 20 – 30 kg/ha. Vhodná jsou ledková hnojiva, roztoky močoviny či DAM – 390. Při aplikaci kapalných hnojiv je nutné zamezit popálení listů, zejména praporcových. Kvalitu N- látek i lepku také pozitivně ovlivňuje síra, proto by rostliny neměly trpět deficitem (Hřivna, 2010).

2.4.5 Sklizeň a posklizňová úprava

Zralost pšenice se v praxi stanovuje především pomocí polního vlhkoměru, popřípadě subjektivními znaky jako je zbarvení klasu či konzistence zrna. Sklizeň se provádí sklízecí mlátičkou při vlhkosti zrna kolem 15 %, tedy v plné zralosti zrna. Přednostně se sklízí potravinářské, popřípadě množitelské porosty, aby nedocházelo ke snížení technologické jakosti či infikací některým patogenem (Faměra, 1993, Zimolka a kol., 2005). Pro omezení zráta se porosty často desikují, sklizeň by měla být rychlá a sklízecí mlátičky správně seřízené.

Posklizňovou úpravou se snažíme o uchování, případně zvýšení kvality zrna pšenice. Cílem je tedy co nejvíce omezit hmotnostní a jakostní ztráty. Pokud je vlhkost sklizeného zrna vyšší než 14 - 15 %, je nutné co nejdříve přistoupit k jeho usušení nebo alespoň zamezit zapaření produktu správným naskladněním. Účelné je také vyčištění zrna od příměsí a nečistot.

3 Cíl práce

Aplikace mikroelementů na osivo by měla zajistit rostlinám dostatek potřebných živin pro dobré klíčení a vzcházení. Při použití dalších aditiv, zejména ochranných látek (fungicidy, insekticidy,...), je pak osivo obohacené o mikroelementy komplexním předpokladem pro optimální růst a vývoj. Aplikace mikroprvků na osivo může být alespoň částečnou prevencí vzniku deficitu během vegetace a jedná se navíc o ekonomicky výhodnější variantu, než hnojení do půdy a na list. Na druhou stranu se však z velké části jedná o marketingový tah, jak navnadit pěstitele na již zmíněné „komplexní osivo“, díky kterému porosty rychleji vzcházejí, klíčí a dosahují rychleji i dalších fenologických fází.

Práce se tedy pokouší ověřit hypotézu, že aplikace mikroelementů na osivo zabezpečí rostlinám především na počátku vegetace lepší výživný stav a zabrání vzniku deficitu daných mikroprvků během celého vegetačního období. Cílem diplomové práce je také posoudit, zda se aplikace mikroelementů na osivo pšenice nějakým způsobem projeví na výnosu a kvalitativních parametrech, popřípadě tento zásah porovnat s foliární výživou a jejím vlivem na rostliny.

4 Materiál a metodika

4.1 Charakteristika lokality

Pokus probíhal na školním statku ŠZP Žabčice, který leží necelých 30 km od Brna a nachází se v Dyjsko-svrateckém úvalu. Nadmořská výška se zde pohybuje okolo 180 m n. m. a pozemky jsou převážně rovinatého charakteru. Žabčice spadají do kukuřičné výrobní oblasti. Charakteristický je vysoký podíl zornění a malé zastoupení lesů. Ornice dosahuje mocnosti přes 30 cm s obsahem humusu okolo 2,5 %. Díky stálému vlivu podzemních vod převažuje půdní typ glejová fluvizem. Nejvíce se zde vyskytují jílovitohlinité až jílovité půdy. Půdní reakce celého statku je převážně neutrální.

Žabčice patří k nejteplejším lokalitám na území ČR s průměrnou roční teplotou přes 9 °C a velmi dlouhým vegetačním obdobím. Průměrná teplota v nejchladnějších měsících se pohybuje okolo – 2 °C, v nejteplejších naopak přesahuje 20 °C. Poněkud omezujícím faktorem je do jisté míry relativní nedostatek srážek společně s častými vysušnými větry. Podle dlouhodobého normálu spadají Žabčice mezi místa s nízkým úhrnem srážek kolem 480 mm. Vysoké teploty společně s nižším úhrnem srážek mají v lokalitě za následek výrazně sušší podmínky, než je klimatologické optimum, což alespoň částečně koriguje již zmíněná vyšší hladina podzemní vody.

4.1.1 Teplotní a srážkové poměry v době pokusu

V porovnání s dlouhodobým normálem byly průměrné sumy teplot v jednotlivých měsících srovnatelné či spíše vyšší. Po zasetí pšenice byly teplotní poměry optimální pro vzcházení. Průměrná teplota v zimních měsících byla dokonce nadnormální, porostům i přes absenci vyšší sněhové pokrývky nehrozilo riziko vymrznutí. V porovnání s normálem panovaly vyšší teploty i po přezimování porostů téměř až do období sklizně, jak dokazuje tabulka 6. Srážkový úhrn byl po celé vegetační období naopak spíše podnormální. Vyšší úhrn srážek přišel jako obvykle až před sklizní porostů - viz tabulka 7.

Tabulka 6: Průměrná teplota v roce 2013/2014 a srovnání s dlouhodobým normálem (1961 - 1990)

Rok	Měsíc	Průměrná teplota (°C)	Normál (°C)	Rozdíl	Hodnocení WMO
2013	červenec	21,9	19,3	2,6	mimořádně nadnormální
	srpen	20,4	18,6	1,8	<i>silně nadnormální</i>
	září	14,0	14,7	-0,7	<i>normální</i>
	říjen	10,1	9,5	0,6	<i>normální</i>
	listopad	5,4	4,1	1,3	<i>nadnormální</i>
	prosinec	2,1	0,0	2,1	<i>nadnormální</i>
2014	leden	1,1	-2,0	3,1	<i>nadnormální</i>
	únor	2,7	0,2	2,5	<i>normální</i>
	březen	8,5	4,3	4,2	mimořádně nadnormální
	duben	11,8	9,6	2,2	<i>nadnormální</i>
	květen	14,5	14,6	-0,1	<i>normální</i>
	červen	18,8	17,7	1,1	<i>nadnormální</i>
	červenec	21,5	19,3	2,2	<i>silně nadnormální</i>
	srpen	17,9	18,6	-0,7	<i>podnormální</i>

Tabulka 7: Srážkový úhrn v roce 2013/2014 a srovnání s dlouhodobým normálem (1961 - 1990)

Rok	Měsíc	Srážkový úhrn (mm)	Normál (mm)	%normálu	Hodnocení WMO
2013	červenec	4,7	57,1	8,2	mimořádně podnormální
	srpen	43,6	54,3	80,3	<i>normální</i>
	září	63,2	35,5	178,0	<i>nadnormální</i>
	říjen	35,2	31,8	110,7	<i>normální</i>
	listopad	20,4	36,8	55,4	<i>podnormální</i>
	prosinec	6,2	26,3	23,6	<i>silně podnormální</i>
2014	leden	22,0	24,8	88,7	<i>normální</i>
	únor	12,6	24,9	50,6	<i>podnormální</i>
	březen	5,6	23,9	23,4	<i>silně podnormální</i>
	duben	11,2	33,2	33,7	<i>silně podnormální</i>
	květen	62,8	62,8	100,0	<i>normální</i>
	červen	43,4	68,6	63,3	<i>podnormální</i>
	červenec	85,0	57,1	148,9	<i>nadnormální</i>
	srpen	113,6	54,3	209,2	<i>silně nadnormální</i>

4.2 Metodika polního pokusu

Výzkum probíhal formou maloparcelkového pokusu na stanici v Žabčicích v hospodářském roce 2013/2014. Rozměry jedné parcely byly 1,5 x 10 m, celková velikost parcely tedy činila 15 m². Předplodinou byla pšenice ozimá. Před založením pokusu byl proveden rozbor půdy, jehož výsledky zobrazuje tabulka 6. Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb. O agrochemickém zkoušení půd je obsah P, K i Ca dobrý až vysoký. Velmi vysoká je pak zásoba hořčíku. Na pozemku převažuje neutrální půdní reakce. Podle Matuly (2007) je průměrný obsah vodorozpustné síry pro naše půdy 4 – 13 mg, čemuž odpovídá také zjištěná hodnota na lokalitě pokusu.

Tabulka 8: Agrochemické vlastnosti půdy před založením pokusu (srpen 2013)

pH/CaCl ₂	mg/kg				
	P	K	Ca	Mg	S _{vod.}
6,63	134	298	4007	458	13,8

V rámci předset'ové přípravy byla provedena podmítka a základní hnojení fosforem a draslíkem. Pozemek byl následně zorán a před samotným setím připraven kompaktozem. Setí proběhlo 7. 10. 2013 maloparcelkovým secím strojem Wintersteiger. Chemické ošetření bylo provedeno následovně: 1. 4. 2014 herbicid HUSAR ACTIVE (1 l/ha), 27. 4. 2014 fungicid PROSARO a insekticid PROTEUS (0,75 + 0,5 l/ha) a 29. 4. 2014 fungicid DELARO (1 l/ha). Hnojení pšenice bylo provedeno podle schématu, které znázorňuje tabulka 7. Odběry rostlin pro ARR byly provedeny 11. 3. (během odnožování) a 4. 4. (během sloupkování) 2014, tedy před regeneračním a produkčním hnojením. Měření N-testerem bylo provedeno ve fázi metání. Sklizeň pšenice proběhla 19. 7. 2014 maloparcelkovou sklízecí mlátičkou SAMPO.

Tabulka 9: Varianty hnojení

Varianta	Jaro					
	Regenerační hnojení (11.3)		Produkční hnojení I. (4.4.)		Produkční hnojení II. (6.5.)	
	N (kg/ha)	Hnojivo	N (kg/ha)	Hnojivo	N (kg/ha)	Hnojivo
Nehnojeno	0		0		0	
Bez aplikace mikroelementů (kontorla)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
MANGAN Forte (3 l/t)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
KUPROSOL (3 l/t)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
ZINKOSOL Forte (3 l/t)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
MOLYSOL (1 l/t)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
MIKROKOMPLEX (3 l/t)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
l. a. MANGAN Forte 2l/ha jaro (BBCH 30-35)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
l. a. KUPROSOL 2l/ha jaro (BBCH 30-35)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
l. a. ZINKOSOL Forte 2l/ha jaro (BBCH 30-35)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
l. a. MOLYSOL 1l/ha jaro (BBCH 30-35)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
l. a. MIKROKOMPLEX 4l/ha jaro (BBCH 30-35)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
l. a. MIKROKOMPLEX 4l/ PODZIM	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390
MIKROKOMPLEX + l. a. MIKROKOMPLEX 4l/ha jaro (BBCH 30-35)	60	LAD	40	LAD	40	DAM-390

l. a. – listová aplikace, BBCH 30-35 – fáze sloupkování (1 – 5 kolénko)

Ačkoliv se práce primárně zabývá aplikací mikroelementů na osivo, do výsledků jsou pro srovnání zahrnuty také aplikace stejných hnojiv na list.

4.2.1 Použité osivo a hnojiva

Midas

Jedná se o poloranou osinatou odrůdu vhodnou do všech výrobních oblastí. Vysoký výnos poskytuje především v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti. Rostliny jsou středně vysoké a středně odolné proti poléhání. Odrůda je odolná k vyzimování, dobře odolává padlí travnímu, rzi pšeničné a listovým skvrnitostem. Dále se vyznačuje vysokou objemovou hmotností, střední HTZ a pekařskou jakostí E (Oseva, a. s.).

Ledek amonný s dolomitem

Ledek amonný je nejpoužívanější dusíkaté hnojivo obsahující navíc vápník a hořčík (4 % MgO). LAD obsahuje 27 % N, polovinu dusíku v rychle působící nitrátové formě, polovinu pak v amoniakální. Kombinace forem dusíku umožňuje použití tohoto hnojiva jak k základnímu hnojení, tak i aplikaci během vegetace rostlin. Vyrábí se z dusičnanu amonného s jemně mletého dolomitického vápence (Lovochemie, a. s.).

DAM-390

Roztok dusičnanu amonného a močoviny obsahující 42,2 % NH_4NO_3 a 32,7 % $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Celkový obsah dusíku činí 30 % hmotnostních (ve 100 kg hnojiva 30 kg N) nebo 39 % objemových (ve 100 l hnojiva obsahuje 39 kg dusíku). Čtvrtina N se nachází ve formě amonné, čtvrtina v dusičnanové a polovina ve formě amidické.

MANGAN Forte

Čirý narůžovělý roztok obsahující 11 % manganu jako Mn. Vyrábí se ze síranu a dusičnanu manganatého. Slouží k preventivnímu či kurativnímu odstranění manganu v rostlinách.

KUPROSOL

Surovinou pro výrobu KUPROSOLU je síran měďnatý. Jedná se o koncentrát mědi, čirou modrou kapalinu bez zápachu obsahující 5 % mědi jako Cu. Použitelný je jak na půdu, tak na list.

ZINKOSOL Forte

Jedná se o koncentrát zinku, čirou bezbarvou kapalinu s obsahem zinku 11 % jako Zn. Vyrábí se ze síranu zinečnatého. Je možné aplikovat jej na půdu i na list v případě nedostatku.

MOLYSOL

MOLYSOL je čiré bezbarvé hnojivo obsahující molybden v rychle působící vodorozpustné formě. Surovinou pro výrobu je molybdenan amonný.

MIKROKOMPLEX

MIKROKOMPLEX je koncentrát mědi, manganu a zinku. Prvky jsou vázány v organické komplexové formě zvyšující agronomickou účinnost. Jedná se o modrozelenou kapalinu bez zápachu vyrábějící se ze síranu měďnatého, zinečnatého a manganatého. Poslední surovinou je pak dusičnan manganatý.

4.2.2 Použité analytické a statistické metody

Stanovení výměnné půdní reakce pH/CaCl₂

Půdní výměnná reakce byla stanovena potenciometrickým měřením sledujícím aktivitu vodíkových iontů ve výluhu zeminy pomocí 0,01 mol/l CaCl₂ na pH metru MS 22 (Zbíral, 2002).

Stanovení obsahu přístupných živin

Pro stanovení obsahu draslíku, fosforu, vápníku a hořčíku v půdních vzorcích byla použita metoda založená na vyluhování v extrakčním roztoku Mehlich III. Spektrometrickou metodou UV/VIS z výluhu půdy se stanoví obsah přístupného fosforu. Přístupný vápník a hořčík byl zjištěn pomocí atomové absorpční spektrofotometrie v plamenu acetylen - vzduch s deuteriovou korekcí pozadí. Ke zjištění obsahu přístupného draslíku byla využita atomové emisní spektrofotometrie (Zbíral 2002). Obsah vodorozpustné síry byl získán z filtrátu vodného výluhu zeminy (zemina:voda 1:5) metodou ICP-OES pomocí spektrometru (Zbíral, 2002)."

Diagnostika výživného stavu

Ke zjištění výživného stavu porostu bylo použito výsledků z anorganických rozborů rostlin. Jedná se o destruktivní metodu, při které je za pomoci chemických analýz nadzemních částí rostlin v různých fázích vegetace možno zjistit aktuální koncentrace jednotlivých živin a jejich vzájemné poměry. Veškerý dusík se stanoví metodou podle Jodlbauera. Fosfor se stanovuje kolorimetricky vanadičnanovou metodou. Obsah draslíku je zjišťován metodou plamenné fotometrie. Pro zjištění obsahu draslíku a vápníku byla použita atomová absorpční spektrofotometrie. Pro stanovení obsahu mikrobiogenních prvků v rostliném materiálu se používá mineralizace na suché cestě. Jedná se o postupné spalování rozemletého rostlinného materiálu nad kahanem (Škarpa, 2010).

Bylo využito také nedestruktivní nepřímé metody založené na sledování spektrálních parametrů korespondujících s obsahem chlorofylu či celkového dusíku v listech. Měření bylo provedeno pomocí Yara N-testeru. Principem měření je rozdílná transmitance paprsků záření dvou vlnových délek – červeného s 650 nm a infračerveného s 940 nm měřeným listem. Chlorofyl absorbuje červené světlo, ale ne infračervené paprsky. Na základě těchto dvou odlišných transmitací přístroj ukáže hodnotu (bezrozměrné číslo), která je v úzké korelaci se skutečným obsahem, chlorofylu a celkovým obsahem dusíku (Lukas a kol., 2012).

Stanovení obsahu N-látek v zrně

Ke zjištění obsahu N-látek v zrně bylo použito metoda dle Kjeldahla, kterou se stanoví množství dusíku v zrně a poté přepočtem vynásobením koeficientem 5,7 na množství N-látek (Zbiral a kol., 2005).

Stanovení sedimentační hodnoty zrna

Sedimentační hodnota se stanoví Zeleného testem. Metoda vychází z bobtnavosti pšeničných bílkovin v organických kyselinách. Pro jakost zrna pšenice je rozhodující objem sedimentu celozrnného šrotu v ml v roztoku kyseliny mléčné (ČSN 46 1021 (461021)).

Statistické metody

Technologické parametry a výnos byly zhodnoceny pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu za využití software STATISTICA version 12. Následné testování bylo provedeno Tukeyovým testem homogenních skupin a významnosti rozdílů. Použité grafy byly také vytvořeny pomocí stejného programu.

5 Výsledky a diskuze

5.1 Výživný stav porostu ve fázi odnožování

Odběr rostlin a jejich následný anorganický rozbor byl proveden 11. 3. 2014 před regeneračním hnojením. Výsledky tak odráží především vliv základního hnojení fosforem a draslíkem, a také samotnou aplikaci mikroelementů na osivo (popř. list). V porovnání s nehnojenou variantou vykazují porosty s aplikovanými mikroelementy vyšší obsahy P a K. Pouze varianta MANGAN Forte má nepatrně nižší % fosforu viz tabulka 10. Pro výrobu použitých hnojiv se používají suroviny obsahující dusík, i proto je i obsah N v porovnání s variantou bez hnojení a aplikací mikroelementů vyšší. Po aplikaci zinku na osivo ve variantách MIKROKOMPLEX, ZINKOSOL Forte a MIKROKOMPLEX na list v podzimním období obsahovaly rostliny nižší % Zn, což může souviset s předzásobním hnojením P a pH půdy. Vysoké dávky fosforu a půdní reakce v rozmezí 5,5 - 6,9 totiž negativně ovlivňují příjem zinku rostlinou, v půdě navíc dochází k tvorbě těžce rozpustitelných zinečnanů (Vaněk a kol., 2007). Největší obsah zinku byl tedy zjištěn u varianty KUPROSOL a MOLYSOL. Podobně dopadly výsledky u obsahu manganu. Varianta MANGAN Forte vykazuje nejnižší hodnoty. Množství molybdenu a mědi se po aplikaci hnojiv obsahujících tyto prvky v porovnání s nehnojenou variantou mírně zvýšilo.

Tabulka 10: Výsledky anorganických rozborů rostlin (11. 3. 2014)

Varianta	m suš. 1 R (g)	% v sušině						mg/kg v sušině			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Mo	Cu
Nehnojeno	1,19	0,94	0,21	2,18	0,286	0,102	0,13	13,9	57,6	<0,215	2,8
MANGAN Forte (3 l/t)	1,20	1,30	0,19	2,19	0,328	0,105	0,14	13,6	52,3	---	---
KUPROSOL (3 l/t)	1,24	1,82	0,24	2,58	0,361	0,116	0,16	14,9	58,7	---	3,68
ZINKOSOL Forte (3 l/t)	1,10	1,64	0,24	2,49	0,343	0,111	0,16	11,9	53,5	---	---
MOLYSOL (1 l/t)	1,26	1,83	0,25	2,45	0,336	0,113	0,18	14,7	58,4	<0,216	---
MIKROKOMPLEX (3l/t)	1,31	1,17	0,21	2,27	0,305	0,098	0,14	13,3	59,6	---	2,83
l. a. MIKROKOMPLEX 4l/ha PODZIM	1,18	1,51	0,240	2,44	0,296	0,102	0,14	11,4	62,8	---	2,74

Červeně jsou označeny nižší hodnoty než má kontrola

5.2 Výživný stav porostu ve fázi sloupkování

Před produkčním hnojením byl proveden další odběr rostlin a jejich následná analýza. Zjištěné hodnoty reflektují vliv regeneračního hnojení, a také aplikaci mikroelementů na osivo. K porovnání navíc přibyly foliárně hnojené varianty. Rostliny bez aplikace mikroelementů na osivo obsahovaly v sušině méně fosforu i draslíku. Nepatrný pokles v porovnání obsahu dusíku s neošetřenou variantou byl zaznamenán po použití hnojiv MANGAN Forte a KUPROSOL. Co se týče obsahu zbylých makroprvků v sušině, porost bez aplikace mikroelementů měl oproti ostatním variantám nepatrnou výhodu, viz tabulka 11. Obsah zinku se oproti kontrolnímu pozorování navýšil pouze po aplikaci MIKROKOMPLEXU na osivo a při kombinaci osivo-list u stejného hnojiva. U listových aplikací byl zaznamenán spíše nárůst Zn v rostlině. Nárůst manganu v rostlině oproti kontrole byl zjištěn pouze u varianty KUPROSOL na osivo.

V porovnání s prvním rozborem rostlin došlo k největšímu nárůstu obsahu dusíku a fosforu u varianty s aplikací hnojiva MIKROKOMPLEX na osivo. Draslík se nejvíce zvýšil u pozorování MANGAN Forte a MIKROKOMPLEX. Obsah zinku nejpatrněji vzrostl taktéž po použití hnojiva MIKROKOMPLEX na osivo a při kombinace téhož hnojiva na osivo i na list.

Tabulka 11: Výsledky anorganických rozborů rostlin (4. 4. 2014)

Varianta hnojení	% v sušině						mg v sušině			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Mo	Cu
Bez apl. mikroel	2,78	0,374	3,15	0,459	0,147	0,244	21,5	98,0	---	---
MANGAN Forte (3 l/t)	2,75	0,413	3,44	0,438	0,135	0,251	17,7	64,4	---	---
KUPROSOL (3 l/t)	2,69	0,444	3,36	0,386	0,113	0,235	19,4	103,0	---	5,02
ZINKOSOL Forte (3 l/t)	2,80	0,458	3,49	0,427	0,133	0,254	20,9	83,2	---	---
MOLYSOL (1 l/t)	3,15	0,401	3,38	0,472	0,139	0,272	21,4	75,3	<0,218	---
MIKROKOMPLEX (3 l/t)	2,79	0,450	3,37	0,385	0,120	0,263	24,4	71,9	---	5,65
l. a. MIKROKOMPLEX 4l/ha PODZIM	2,91	0,469	3,34	0,453	0,128	0,249	22,0	95,1	---	6,53
l. a. MANGAN Forte 2l/ha	3,60	0,436	3,62	0,425	0,145	0,305	21,4	74,8	---	---
l. a. KUPROSOL 2l/ha	3,05	0,466	3,48	0,438	0,130	0,275	21,3	93,8	---	6,11
l. a. ZINKOSOL Forte 2l/ha	2,77	0,490	3,39	0,462	0,126	0,256	22,5	91,9	---	---
l. a. MOLYSOL 1l/ha	2,83	0,491	3,43	0,400	0,115	0,236	25,1	83,4	0,356	---
l. a. MIKROKOMPLEX 4l/ha	2,67	0,432	3,24	0,387	0,126	0,224	27,4	92,0	---	5,93
MIKROKOMPLEX + l. a. MIKROKOMPLEX 4l/ha	3,80	0,434	3,63	0,424	0,150	0,296	24,4	73,0	---	6,13

Pro lepší přehlednost jsou následující výsledky rozděleny do třech kategorií, které byly samostatně statisticky vyhodnoceny. Jedná se o porovnání jednotlivých variant s aplikací mikroelementů na osivo, dále srovnání listových aplikací hnojiv obsahujících dané mikroelementy a nakonec porovnání různých způsobů aplikací hnojiva MIKROKOMPLEX. Jako kontrola je vždy použita varianta bez jakékoliv aplikace mikroelementů. Dusíkem je hnojena standardně viz tabulka 9.

5.3 Výživný stav porostu ve fázi metání

Měření N-testerem bylo provedeno ve fázi metání. Analýza variance (Tab. 12), a tedy ani Tukeyův test, nezaznamenaly statisticky průkazný vliv na hodnoty N-testeru ani u jedné z porovnávaných skupin. Vliv aplikace mikroelementů na osivo, stejně jako jejich listová aplikace, tedy hodnoty N-testeru průkazně neovlivní. Zjištěné hodnoty N-testeru se u kontrolní varianty pohybují průměrně okolo 646, viz tabulka 13. Doporučená dávka dusíku do porostů při těchto hodnotách je 40 kg/ha.

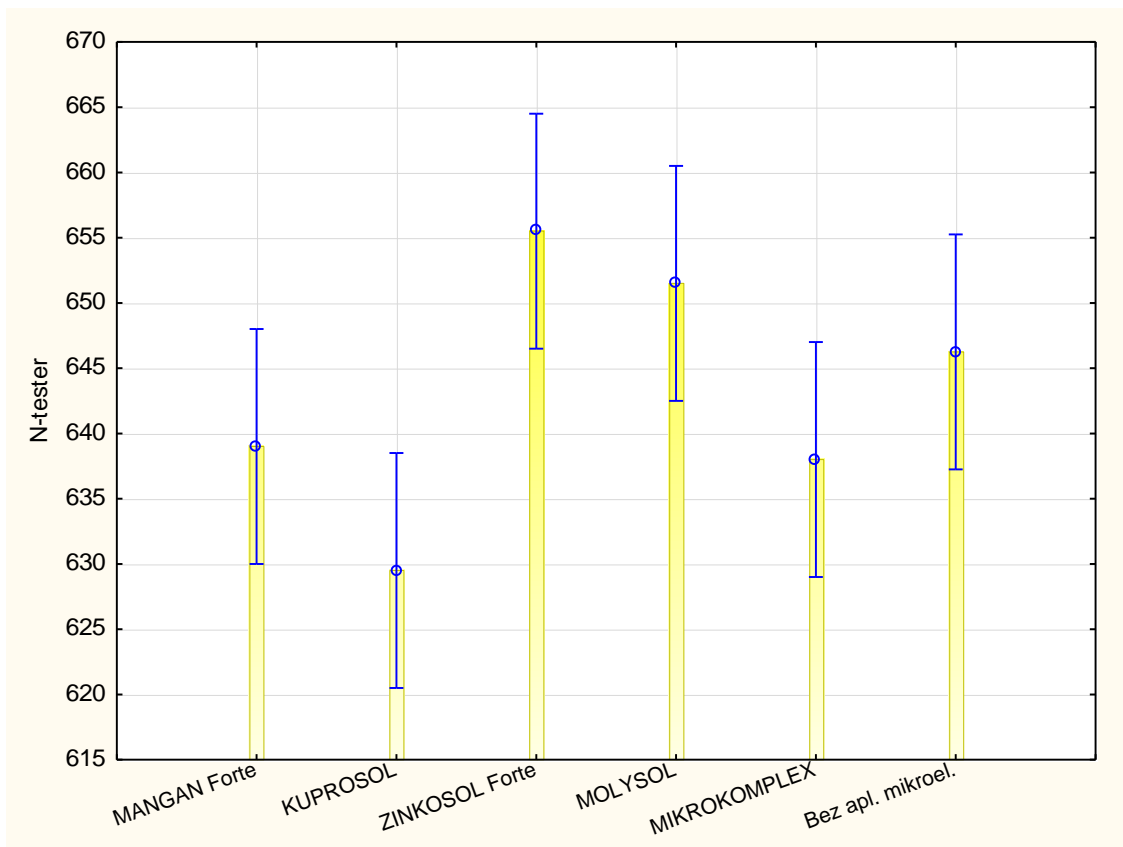
Tabulka 12: Analýza variance hodnot N-testeru v DC 57 u pšenice ozimé

Faktor	s.v.	SČ	PČ	Kritérium F	Vliv faktoru
Apl. mikroel. na osivo	5	1847	369	1,14	NP
Listová apl. mikroel.	6	1275	213	1,03	NP
MIKROKOMPLEX	4	850	212	0,54	NP

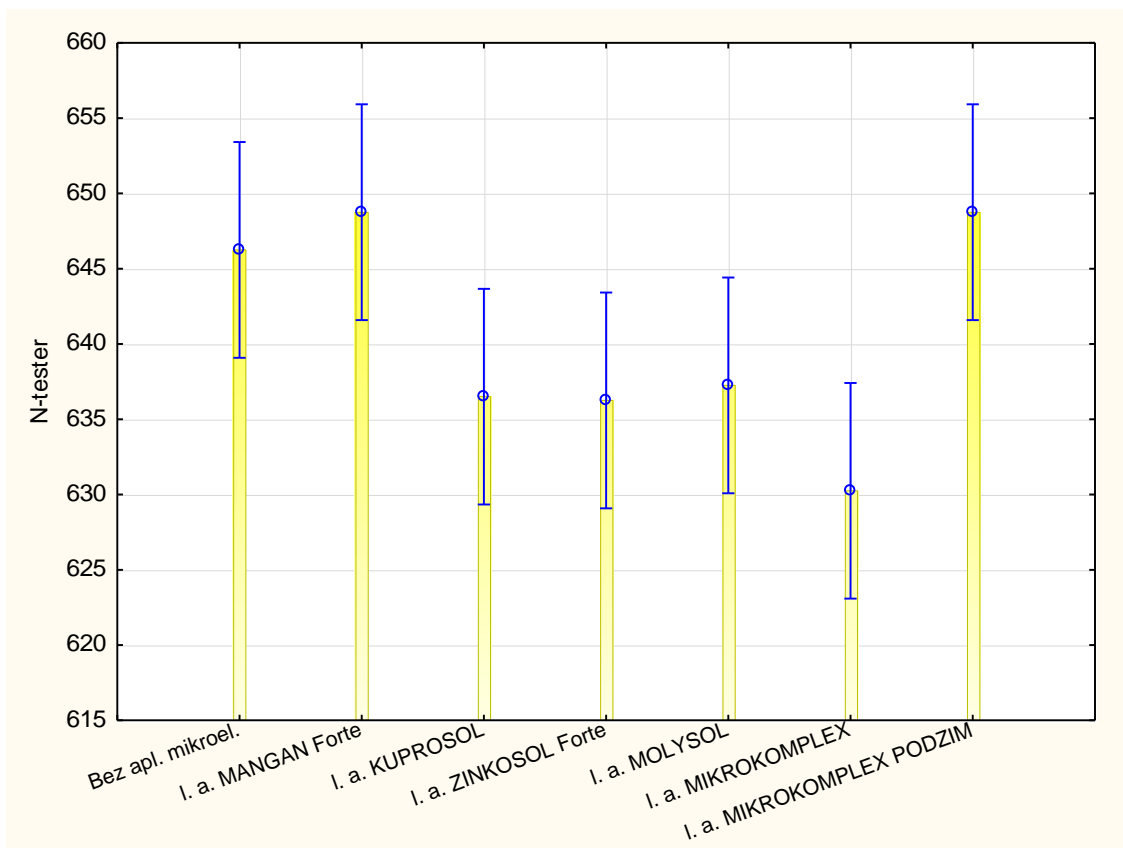
NP - Statisticky neprůkazné; s. v. – stupně volnosti; SČ – součet čtverců; PČ – průměr čtverců

Po aplikaci mikroelementů na osivo nejlépe dopadl ZINKOSOL Forte s nárůstem hodnot o 1,4 % oproti kontrolní variantě. Nárůst zaznamenal také MOLYSOL, a to o 0,8 %. Nejnižší propad (2,6 %) byl naopak zjištěn po ošetření osiva hnojivem KUPROSOL. Porovnání jednotlivých variant zobrazuje graf 1.

Při listové aplikaci mikroelementů (graf 2) došlo pouze k nepatrnému nárůstu o 0,3 % po jarní aplikaci MANGANU Forte a podzimní aplikaci MIKROKOMPLEXU, zbylé varianty vykazují nižší hodnoty než kontrola.



Graf 1: Hodnoty N-testeru pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo



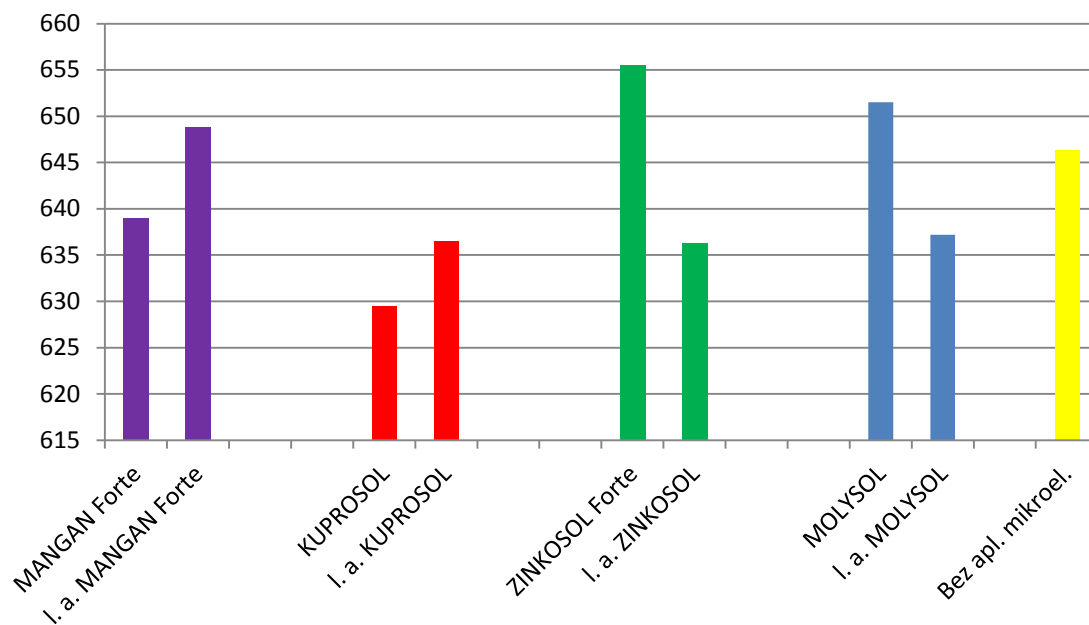
Graf 2: Hodnoty N-testeru pšenice po aplikaci mikroelementů na list

Tabulka 13: Průměrné hodnoty N-testeru u pšenice ozimé a jejich statistická průkaznost podle Tukeye

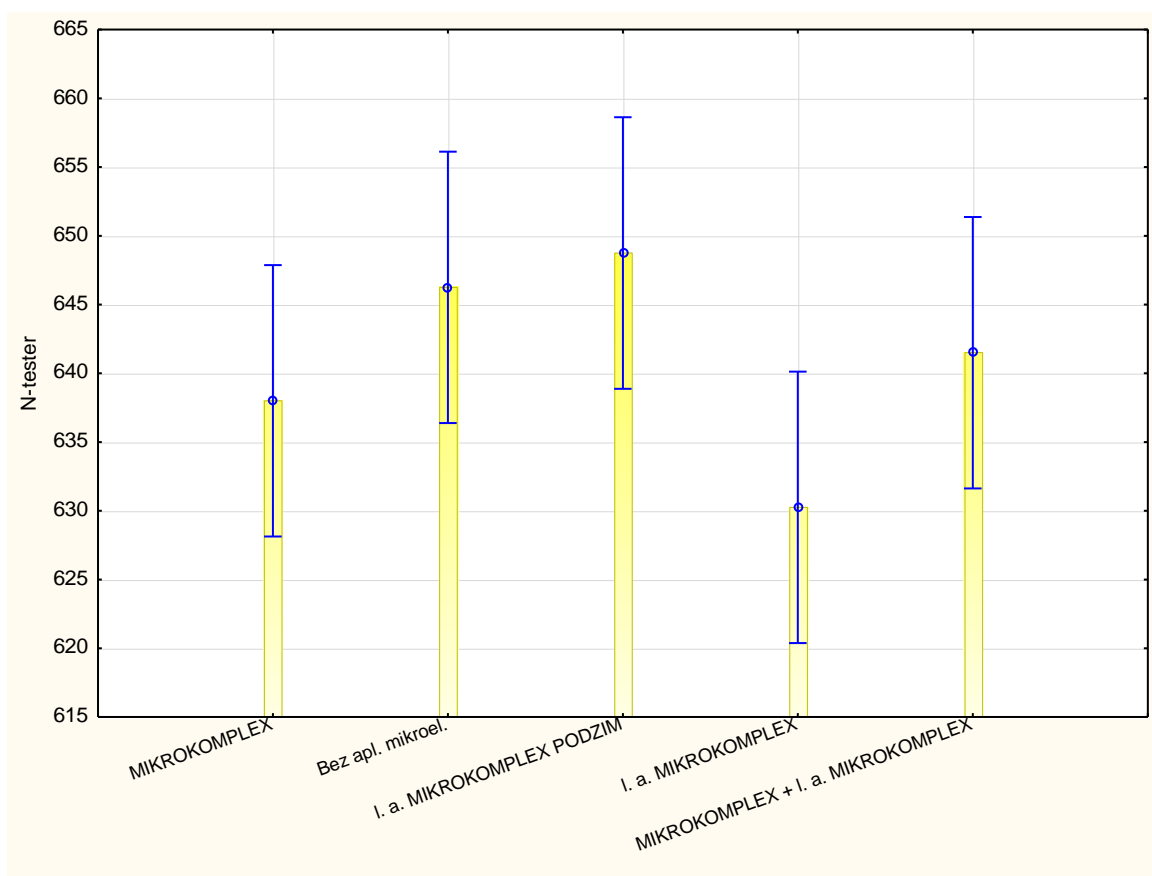
Faktor	Apl. mikroel. na osivo	n	Průměr ± Sm. odch	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
Varianta	Bez apl. mikroel.	4	646,3 ± 15,1	a	100
	MANGAN Forte (3 l/t)	4	639,0 ± 18,1	a	98,9
	KUPROSOL (3 l/t)	4	629,5 ± 19,7	a	97,4
	ZINKOSOL Forte (3 l/t)	4	655,5 ± 25,1	a	101,4
	MOLYSOL (1 l/t)	4	651,5 ± 13,2	a	100,8
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	638,0 ± 14,0	a	98,7
	Listová apl. mikroel.	n	Průměr ± Sm. odch	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	646,3 ± 15,1	a	100
	l. a. MANGAN Forte (2 l/ha)	4	648,8 ± 11,8	a	100,3
	l. a. KUPROSOL (2 l/ha)	4	636,5 ± 10,7	a	98,5
	l. a. ZINKOSOL Forte (2 l/ha)	4	636,3 ± 17,6	a	98,5
	l. a. MOLYSOL (1 l/ha)	4	637,2 ± 10,5	a	98,6
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	630,2 ± 22,0	a	97,5
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim		648,8 ± 7,0	a	100,3
	MIKROKOMPLEX	n	Průměr ± Sm. odch	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	646,3 ± 15,1	a	100
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	638,0 ± 14,0	a	98,7
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	630,2 ± 22,0	a	97,5
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim	4	648,8 ± 7,0	a	100,3
	MIKROKOMPLEX (3 l/t) + l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	641,5 ± 31,4	a	99,3

Graf 3 vedle sebe staví aplikaci mikroelementů na osivo a foliární výživu u hnojiv MANGAN Forte, KUPROSOL, ZINKOSOL Forte a MOLYSOL (MIKROKOMPLEX je vynechán, neboť je srovnáván samostatně). Listová aplikace Mn a Cu se ukázala efektivnější než jejich použití na osivo. Nejvyšších hodnot N-testeru však dosáhly varianty s osivem obohaceným o Zn a Mo.

Porovnání různých aplikací hnojiva MIKROKOMPLEX (graf 4) pak ukazuje, že oproti kontrolní variantě došlo ke zvýšení pouze při podzimní aplikaci tohoto hnojiva na list. Největší propad (2,5 %) byl zjištěn při foliární výživě v jarním období.



Graf 3: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list u hodnot N-testeru pšenice



Graf 4: Hodnoty N-testeru pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX

5.4 Počet klasů na m²

Analýza variance u listové aplikace mikroelementů ukazuje statisticky velmi vysoce průkazný vliv tohoto zásahu pro počet klasů na metr čtverečný (tab. 14), což vylučuje nulovou hypotézu (jednotlivé varianty se od sebe neliší). Z Tukeyova testu však vyplývá, že se nejedná o rozdíl mezi kontrolou a ostatními pozorováními. Statisticky významný rozdíl je pouze mezi některými variantami listových hnojiv. Analýza variance u aplikace mikroelementů na osivo a porovnání variací hnojiva MIKROKOMPLEX neodhalila statisticky průkazný rozdíl.

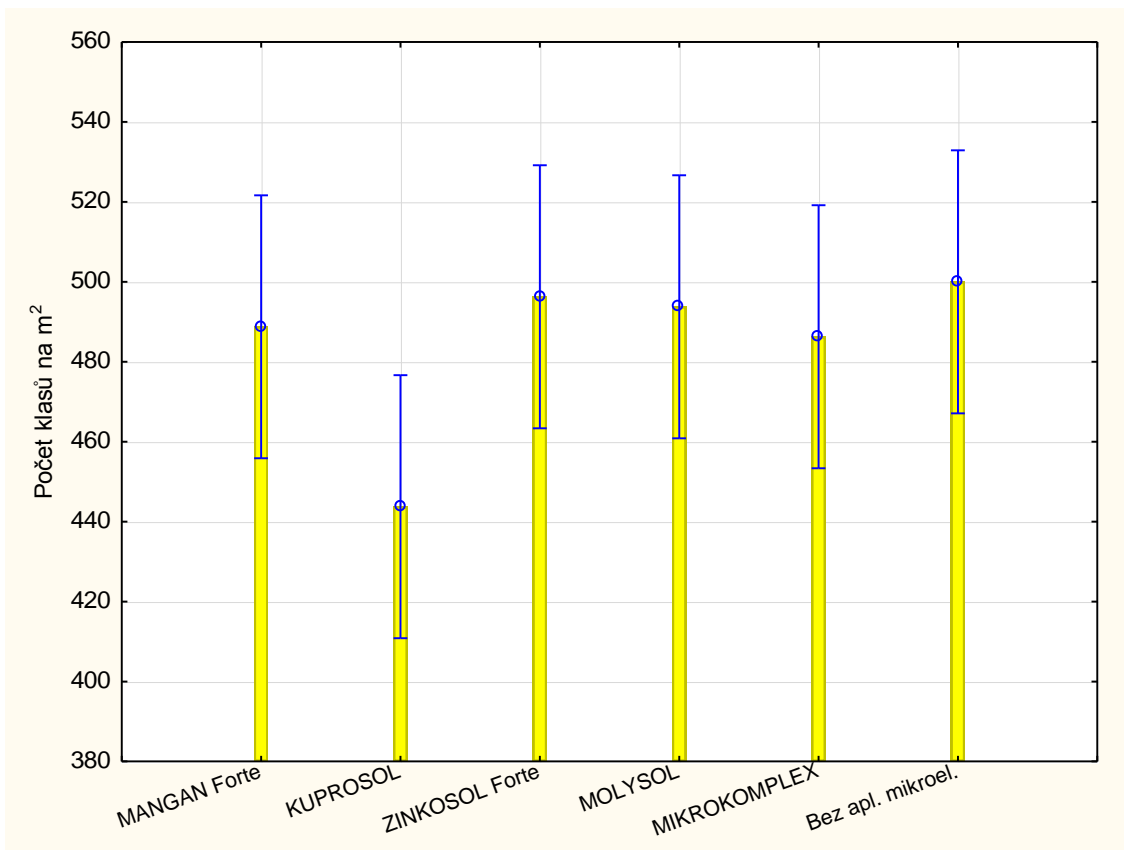
Tabulka 14: Analýza variance počtu klasů pšenice ozimé m²

Faktor	s.v.	SČ	PČ	Kritérium F	Vliv faktoru
Apl. mikroel. na osivo	5	8580	1716	0,396	NP
Listová apl. mikroel.	6	55468	9245	4,555	***
MIKROKOMPLEX	4	36558	9139	2,968	NP

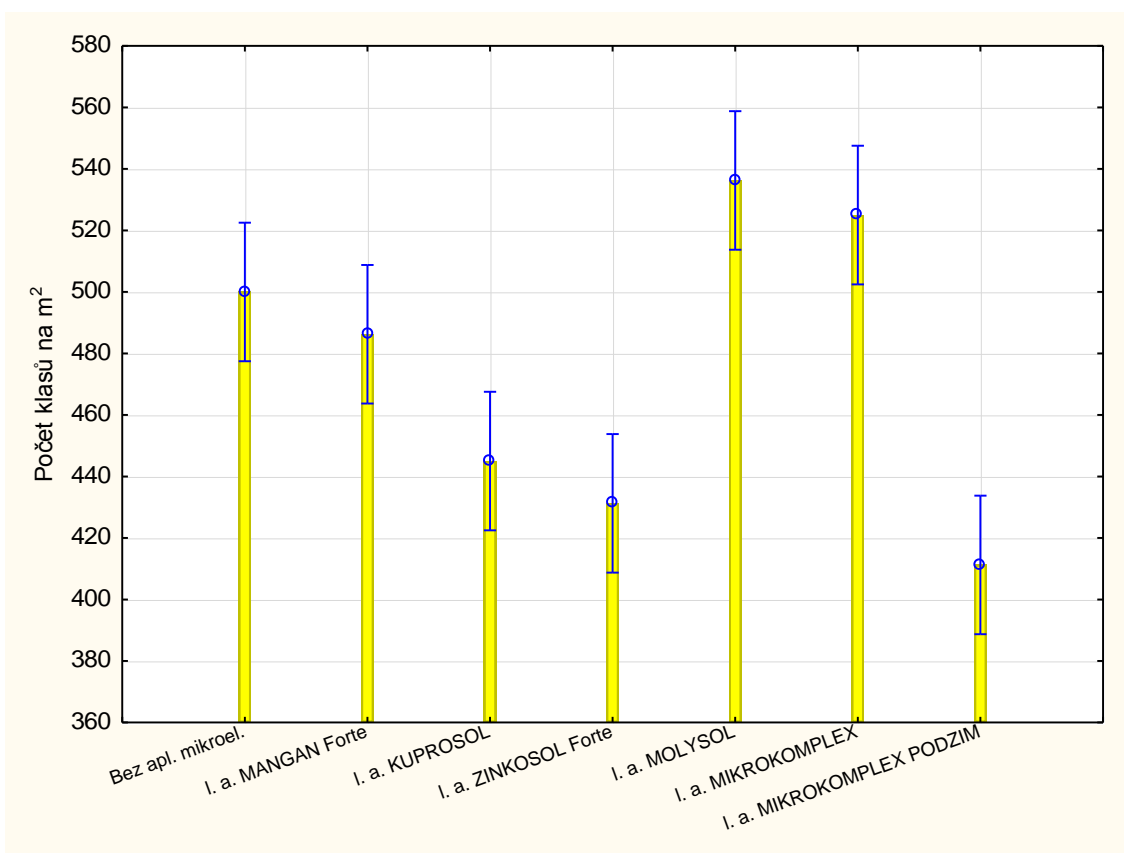
*** - statisticky velmi vysoce průkazný vliv

U kontrolních porostů bez aplikace mikroelementů bylo zjištěno v průměru 500 klasů na metr čtvereční (Tab. 15). Při porovnání variant s aplikací mikroelementů na osivo je vidět pokles u všech pozorování (graf 5). Nejméně klasů, průměrně 489, bylo napočítáno po použití MANGANU FORTE na osivo. Nejlépe dopadl ZINKOSOL Forte s průměrným počtem 496 klasů, což oproti kontrole činí propad o necelých 0,8 %.

Statisticky průkazný rozdíl po foliární výživě porostů pšenice mikroelementy byl zjištěn mezi listovou aplikací hnojiva ZINKOSOL a l. a. MOLYSOL, přičemž diference v průměrném počtu klasů činila téměř 105 klasů. Mezi variantou listové aplikace MOLYSOLU a podzimní aplikací přípravku MIKROKOMPLEX na list byl zjištěn rozdíl dokonce 125 klasů. Průkazný rozdíl (114 klasů) byl zaznamenán také mezi jarním a podzimním hnojením na list pomocí MIKROKOMPLEXU. Žádná varianta se nicméně statisticky nelišila od foliárně nepřihnojených porostů pšenice. Po aplikaci MOLYSOLU bylo napočítáno průměrně 536 klasů, což je nejvíce ze všech zkoušených variant. Nejméně po listové aplikaci vykazuje varianta s podzimním postřikem MIKROKOMPLEXU (graf 6).



Graf 5: Počet klasů pšenice na m² po aplikaci mikroelementů na osivo



Graf 6: Počet klasů pšenice na m² po aplikaci mikroelementů na list

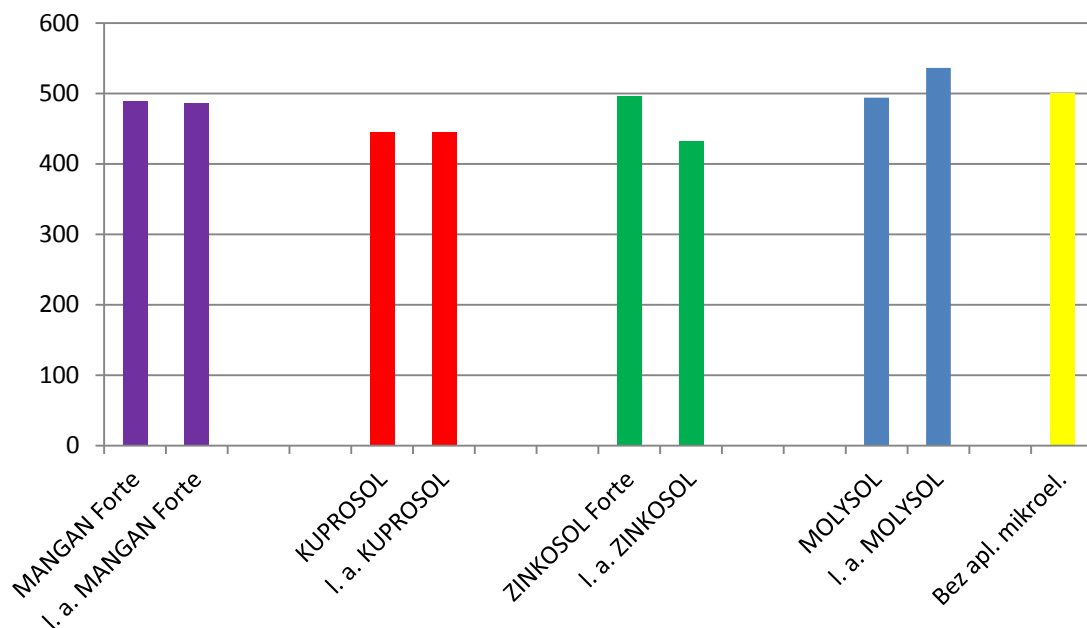
Tabulka 15: Průměrné hodnoty počtu klasů pšenice ozimé na m² a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye

Faktor	Apl. mikroel. na osivo	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů			Relativní %
Varianta	Bez apl. mikroel.	4	500,0 ± 40,2	a			100
	MANGAN Forte (3 l/t)	4	488,8 ± 52,0	a			97,76
	KUPROSOL (3 l/t)	4	443,8 ± 105,0	a			88,76
	ZINKOSOL Forte (3 l/t)	4	496,3 ± 78,2	a			99,26
	MOLYSOL (1 l/t)	4	493,8 ± 66,0	a			98,76
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	486,8 ± 61	a			97,36
	Listová apl. mikroel.	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů			Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	500,0 ± 40,2	a	b	c	100
	l. a. MANGAN Forte (2 l/ha)	4	486,3 ± 40,5	a	b	c	97,26
	l. a. KUPROSOL (2 l/ha)	4	445,0 ± 15,8	a	b	c	89
	l. a. ZINKOSOL Forte (2 l/ha)	4	431,3 ± 40,3	a	b	c	86,2
	l. a. MOLYSOL (1 l/ha)	4	536,3 ± 65,7			c	107,3
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	525,0 ± 25,2		b	c	105
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim		411,3 ± 64,2	a			82,3
	MIKROKOMPLEX	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů			Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	500,0 ± 40,2	a			100
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	486,8 ± 61	a			97,36
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	525,0 ± 25,2	a			105
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim	4	411,3 ± 64,2	a			82,3
	MIKROKOMPLEX (3 l/t) + l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	530,0 ± 94,2	a			106

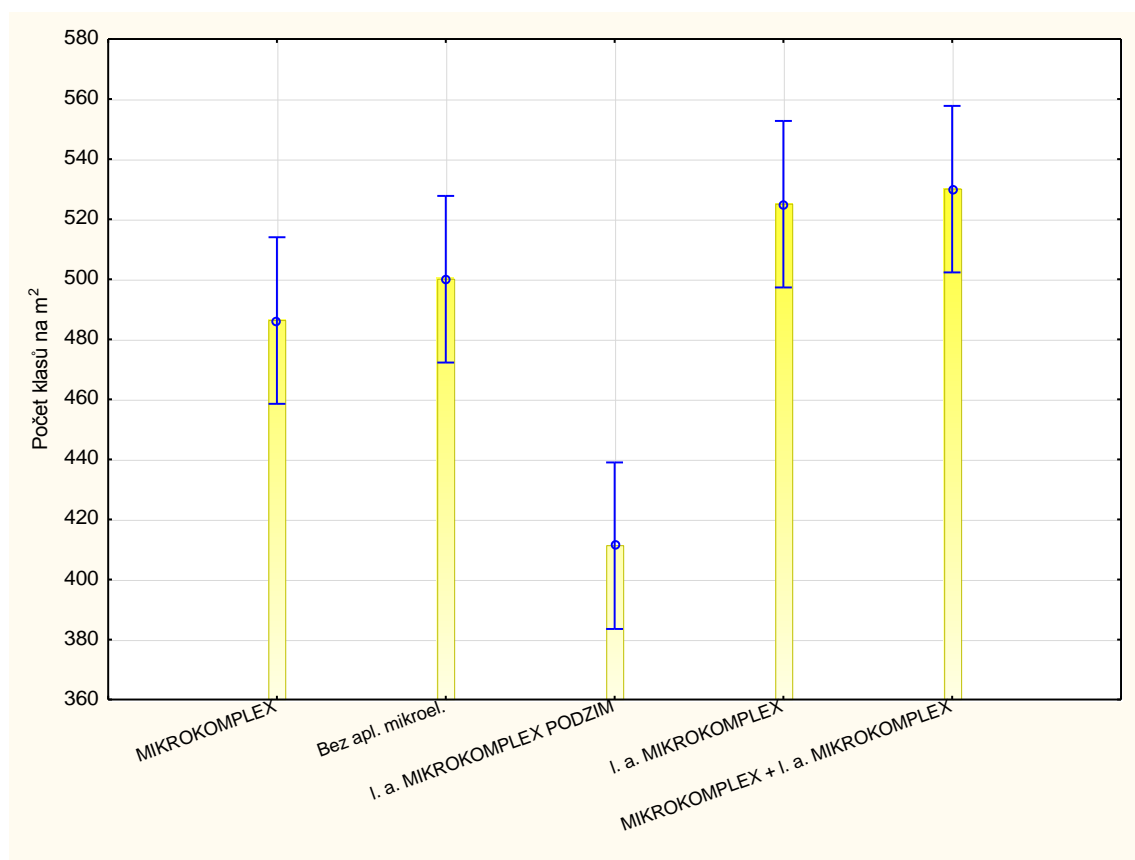
Graf 7 porovnává aplikaci Mn, Cu, Zn a Mo na osivo a na list. Mangan a měď vykazují téměř shodné hodnoty při obou způsobech. Obě varianty ošetření mědi vykazují oproti kontrole snížený počet klasů. Někteří autoři uvádí, že rostliny Cu nepřijímají ve vyšší míře i při její vyšší nabídce v okolí (Vaněk a kol., 2007). Další aplikace mědi i přes její dobrou zásobu v půdě, především v humusovém horizontu, se tak již možná může ukazovat pro rostliny jako toxická. Tuto domněnku podporuje například práce Malhiho a Leache (2012), kteří se fytotoxicitou mědi zabývali. Nárůst oproti kontrole byl zjištěn pouze u listové aplikace MOLYSOLU.

Porovnání způsobu použití hnojiva MIKROKOMPLEX (graf 8) ukazuje, že podzimní listová výživa a samotná aplikace na osivo zaznamenaly oproti kontrole snížení v počtu klasů. Jarní aplikace na list a kombinace osivo+jarní přihnojení na list

naopak vykazují nárůst hodnot o 5 – 6 %.



Graf 7: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list u počtu klasů pšenice ozimé



Graf 8: Počet klasů pšenice na m² po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX

5.5 Výnosy zrna pšenice

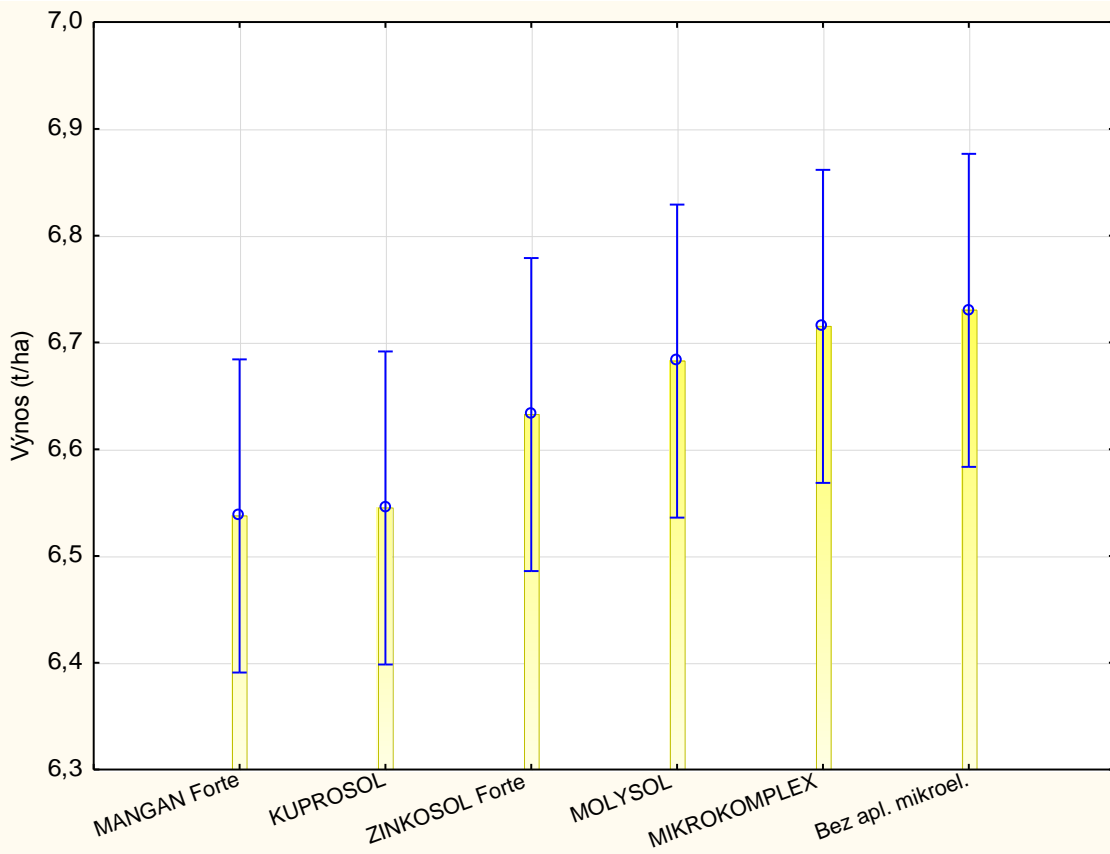
Průměrné výnosy pšenice ozimé v ČR v roce 2014 dosahovaly 6,61 t/ha. Kontrolní varianta pšenice bez aplikace mikroelementů v rámci pokusu poskytovala výnos 6,73 t/ha, tedy nepatrně vyšší než celorepublikový průměr. Celková sklizeň obilovin byla podle odhadů třetí největší v historii (ČSÚ, 2014). Na dobrých výnosech se podepsaly přívētivé klimatické podmínky a dobré stanoviště. Podle Vrkoče a kol. (1995) mohou mít tyto faktory na výnos a kvalitu zrna větší vliv než pěstitelská opatření. Analýza variance neodhalila statisticky průkazný vliv různých způsobů aplikace mikroelementů na výnos pšenice (tab. 16).

Tabulka 16: Analýza variance výnosů zrna pšenice ozimé

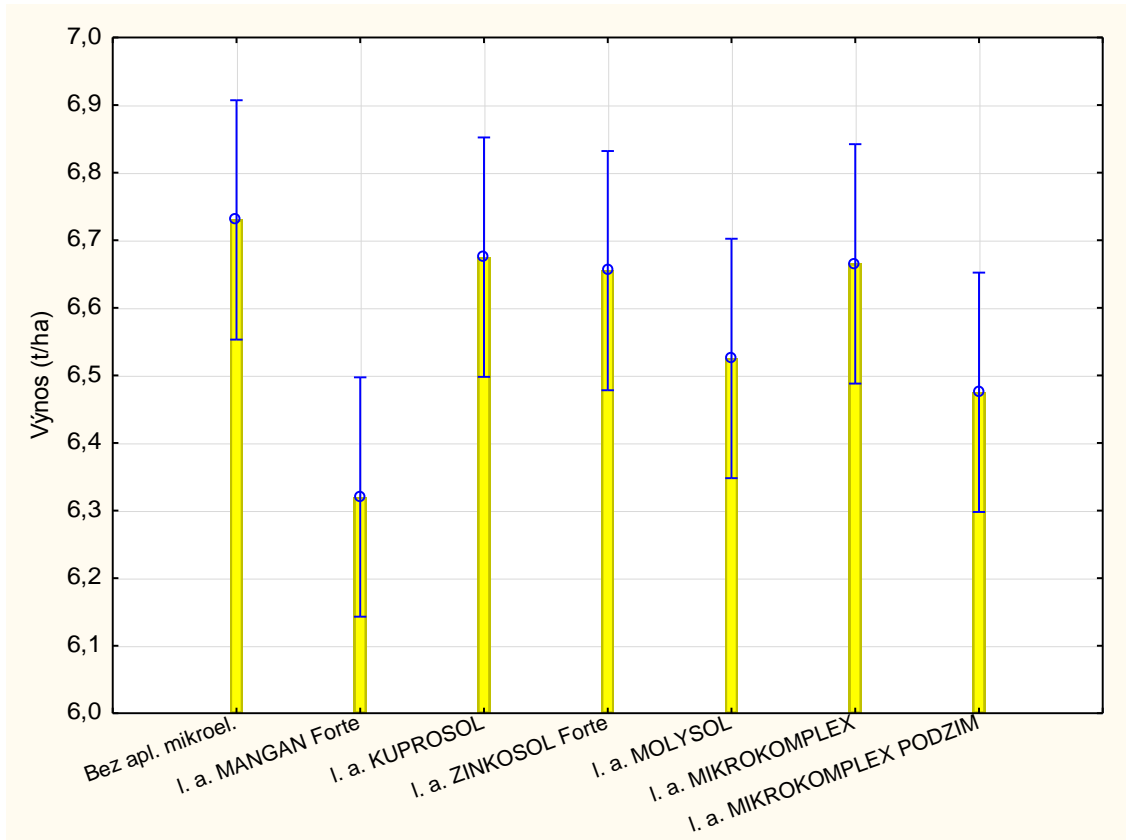
Faktor	s.v.	SČ	PČ	Kritérium F	Vliv faktoru
Apl. mikroel. na osivo	5	0,140	0,028	0,33	NP
Listová apl. mikroel.	6	0,504	0,084	0,670	NP
MIKROKOMPLEX	4	0,2251	0,0563	0,80	NP

Varianty s aplikací mikroprvků na osivo poskytovaly nepatrně nižší, statisticky neprůkazné, výnosy než kontrolní varianta, což je patrné z grafu 9. Největší výnos byl zaznamenán u ošetření osiva MIKROKOMPLEXEM. S propadem 2,8 % naopak nejmenší výnos poskytla pšenice hnojená MANGANEM Forte, viz tabulka 17.

MANGAN Forte se na výnosu projevil nejméně také po listové aplikaci (6,32 t/ha). Velmi podobně dopadly porosty foliárně přihnojené MIKROKOMPLEXEM v podzimním období (6,48 t/ha). Ani ostatní varianty nepřekonalý výnos z kontrolních parcel. Nejvíce se mu přiblížila pšenice s listovou výživou Cu, Zn a jarní aplikací hnojiva MIKROKOMPLEX. Výnos po listové aplikaci mikroelementů znázorňuje graf 10.



Graf 9: Průměrný výnos pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo



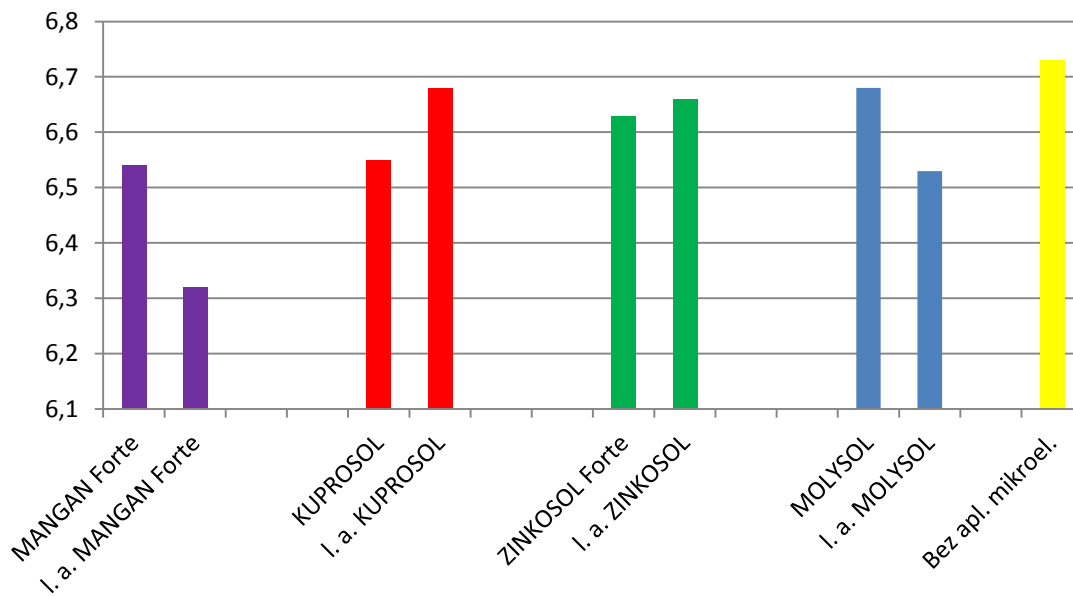
Graf 10: Průměrný výnos pšenice po aplikaci mikroelementů na list

Tabulka 17: Průměrné výnosy pšenice ozimé a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye

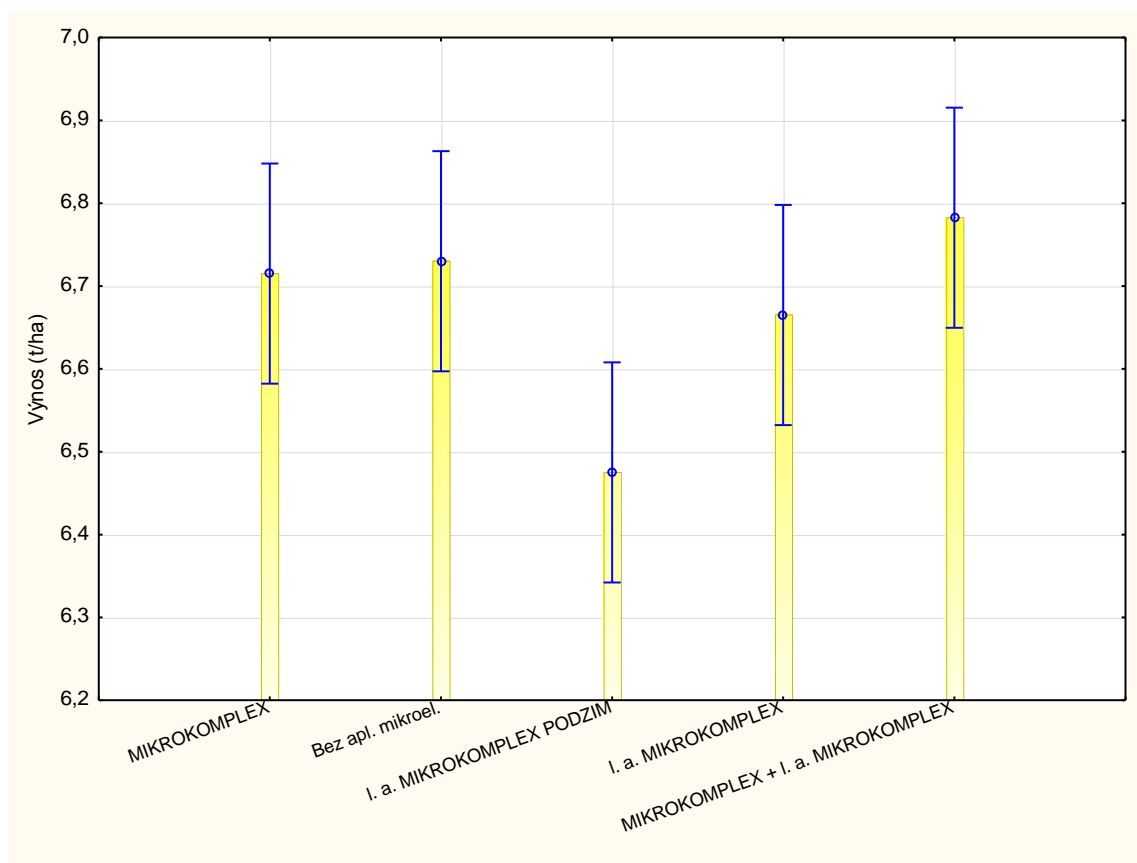
Faktor	Apl. mikroel. na osivo	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
Varianta	Bez apl. mikroel.	4	6,73 ± 0,1	a	100
	MANGAN Forte (3 l/t)	4	6,54 ± 0,6	a	97,2
	KUPROSOL (3 l/t)	4	6,55 ± 0,2	a	97,3
	ZINKOSOL Forte (3 l/t)	4	6,63 ± 0,3	a	98,5
	MOLYSOL (1 l/t)	4	6,68 ± 0,2	a	99,3
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	6,72 ± 0,1	a	99,6
	Listová apl. mikroel.	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	6,73 ± 0,1	a	100
	1. a. MANGAN Forte (2 l/ha)	4	6,32 ± 0,6	a	93,9
	1. a. KUPROSOL (2 l/ha)	4	6,68 ± 0,1	a	99,3
	1. a. ZINKOSOL Forte (2 l/ha)	4	6,66 ± 0,3	a	99,0
	1. a. MOLYSOL (1 l/ha)	4	6,53 ± 0,2	a	97,0
	1. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	6,67 ± 0,1	a	99,1
	1. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim		6,48 ± 0,5	a	96,3
	MIKROKOMPLEX	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	6,73 ± 0,1	a	100
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	6,72 ± 0,1	a	99,6
	1. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	6,67 ± 0,1	a	99,1
	1. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim	4	6,48 ± 0,5	a	96,3
	MIKROKOMPLEX (3 l/t) + 1. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	6,78 ± 0,2	a	100,7

Graf 11 porovnává výnosy po aplikaci mikroelementů na osivo a na list. Přihnojení Zn mírně favorizuje listovou aplikaci, která se ukázala efektivnější také pro přihnojení Cu. Na výnos se naopak lépe projevila aplikace molybdenu na osivo. Stejně vychází i srovnání Mn hnojiv, avšak obě varianty s manganem poskytovaly ve srovnání s kontrolou nejnižší výnosy.

Hnojivo MIKROKOMPLEX v kombinaci použití na osivo a v jarním období na list se ukázalo jako jediná varianta poskytující vyšší výnos než kontrola. Nárůst o 0,7 % je nicméně statisticky neprůkazný. Nejnižší výnos při porovnání způsobů aplikace tohoto hnojiva zaznamenala varianta s podzimním přihnojením na list (graf 12).



Graf 11: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na výnos pšenice ozimé



Graf 12: Průměrný výnos pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX

Johnson a kol. (2005) prováděli v Nepálu dvouletý pokus, ve kterém srovnávali vliv aplikace mikroelementů na osivo (priming metodou) s jejich přímým hnojením do půdy. Pokus byl kromě pšenice prováděn také na cizrně, rýži a čočce. Jejich výsledky ukazují, že aplikace mikroelementů na osivo neměla ani v jednom roce téměř žádný vliv na výnos ani obsah mikroelementů v zrna u daných plodin. Jedná se tedy o podobný závěr jako v případě tohoto pokusu.

Aplikace zinku na osivo pšenice (a cizrny) naopak významně zvýšila výnosy v pokusu prováděném Arifem a kol. (2007) v Egyptě. Oproti kontrole dosáhla varianta se zinkem nárůstu téměř o 0,8 t/ha. Na druhou stranu je nutno uvést, že nejvyšší výnos pšenice v tomto pokusu činil 3,0 t/ha, což je slabá polovina výnosů dosažených v našem pozorování. V Pákistánu byl prováděn podobný pokus se zinkem (Harris a kol., 2007), v kterém byl také zaznamenán nárůst výnosu po aplikaci Zn na osivo. Nejvyšší výnos se pohyboval okolo 2,61 t/ha. Pokus s aplikací mědi a manganu na osivo pšenice (Khalid a Malik, 1982) také zaznamenal nárůst výnosů a obsahu zkoumaných prvků v zrna.

Z hlediska rozdílných klimatických (sucho) a půdních podmínek (deficitní půdy, vysoké pH, málo organické hmoty, zasolená půda), a pravděpodobně také rozdílné pěstební technologie, je však těžké výsledky těchto pokusů porovnávat s našimi. Problémy s deficitem mikroelementů (především Zn) v mnoha asijských zemích popisuje práce Malakoutiho (2008). Výsledky jeho pokusů ukazují, že jakákoliv aplikace mikroprvků (do půdy, na list, na osivo) v tamních podmínkách má za efekt zvýšení výnosů a kvality zrna, a také lepší využití makroprvků. Velmi podobné práce publikovali také El-Maghraby (2004), Ibrahim a Shalaby (1994), Ghaly a kol. (1993) či El-Habbal a kol. (1995). V suchých oblastech Ameriky pak popisuje podobný problém například Wiatrak (2013). Vliv mikroelementů aplikovaných na osivo byl zkoumán také u *Triticum durum* (Sarakhssi, Behrouzgar, 2014). Souhrnně z těchto poznatků vyplývá, že hnojení mikroelementy je potřeba řešit především na lokalitách s jejich nedostatkem a obecně na chudých půdách. V takových podmínkách dochází ke znatelnému zlepšení výnosů a kvality po jakémkoliv způsobu přihnojení. Z ekonomického hlediska je však aplikace na osivo pravděpodobně nejefektivnější. Vliv pro výběr způsobu aplikace mikroelementů určitě hrají také klimatické podmínky. Půdy s dostatkem živin a dobrou půdní úrodností v našich podmínkách poskytují rostlinám vhodné podmínky samy

o sobě a vliv aplikace mikroelementů se tak nemusí projevit.

Farajniya a Benam (2007) zkoumali přímo efekt různých aplikací mikroelementů na pšenici. Jejich varianty zahrnovaly hnojení do půdy, mimokořenovou výživu, aplikaci na osivo a kombinaci půda-list a osivo-list. Z jejich výsledků vyplývá, že nejúčinnějším způsobem aplikace je kombinace hnojení do půdy spojená s následnou listovou aplikací. Tento závěr alespoň částečně (nebylo zkoumáno hnojení do půdy) koreluje s výsledky z tohoto pokusu, kdy nejvyššího výnosu dosáhla pšenice v kombinaci mikroelementů na osivo-list.

Baloch a kol. (2014) porovnávali pouze hnojení zinkem do půdy a na list. Z jejich výsledků je sice patrný nárůst výnosu oproti kontrole po aplikaci zinku, avšak je statisticky neprůkazný. Jedná se tedy o stejný závěr, k jakému jsme dospěli v našem pokusu.

5.6 Objemová hmotnost zrna pšenice

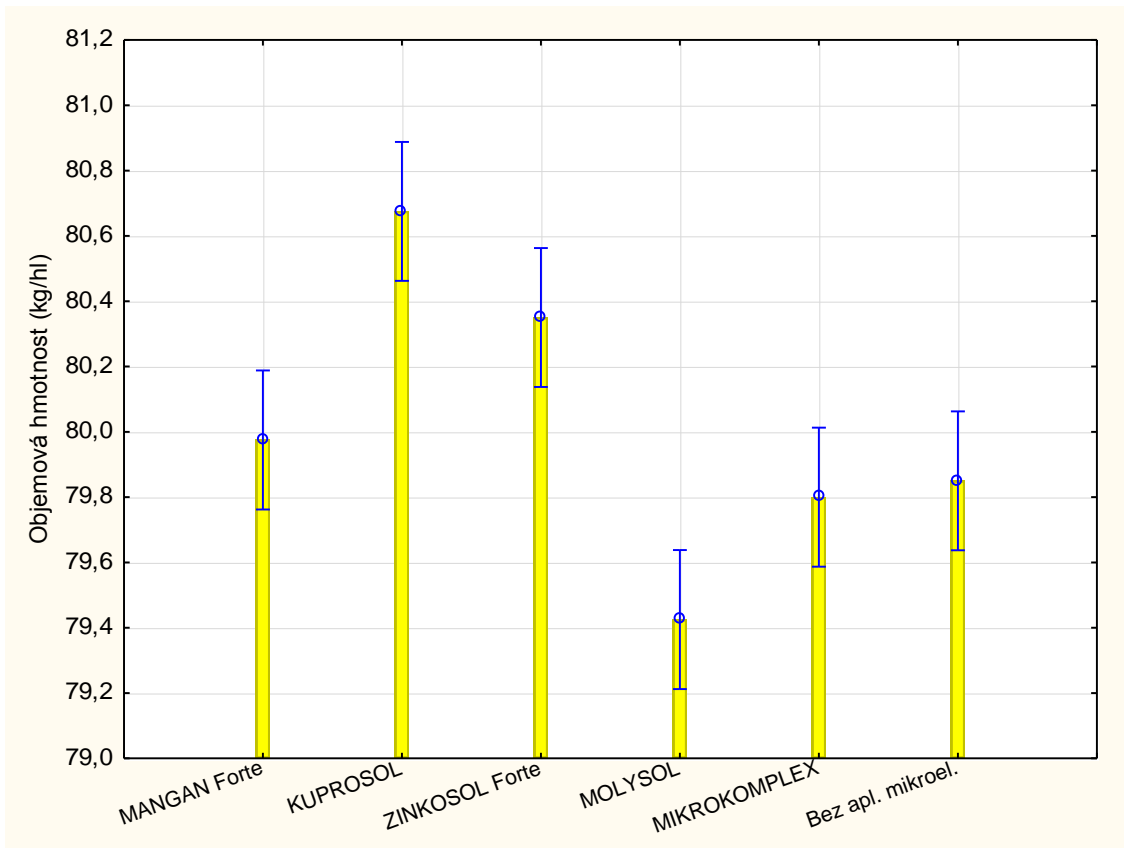
Objemová hmotnost je důležitým ukazatelem mlynářské jakosti. Její hodnoty se kromě pěstitelských technologií odvíjí také od ročníku (Bezdíčková, 2007). Minimální objemová hmotnost pro potravinářskou pšenici podle ČSN 46 1100-2 činí 76 kg/hl. Použitá odrůda pšenice je charakterizována jako elitní s vysokou objemovou hmotností. Všechny varianty v pokusu také minimální požadavek splňují. U pšenice bez jakékoliv aplikace mikroelementů byla zjištěna objemová hmotnost 79,85 kg/hl. Podle výsledků analýzy variance (tab. 18) existuje statisticky významný vliv u všech třech zkoumaných kategorií.

Tabulka 18: Analýza variance objemové hmotnosti pšenice ozimé

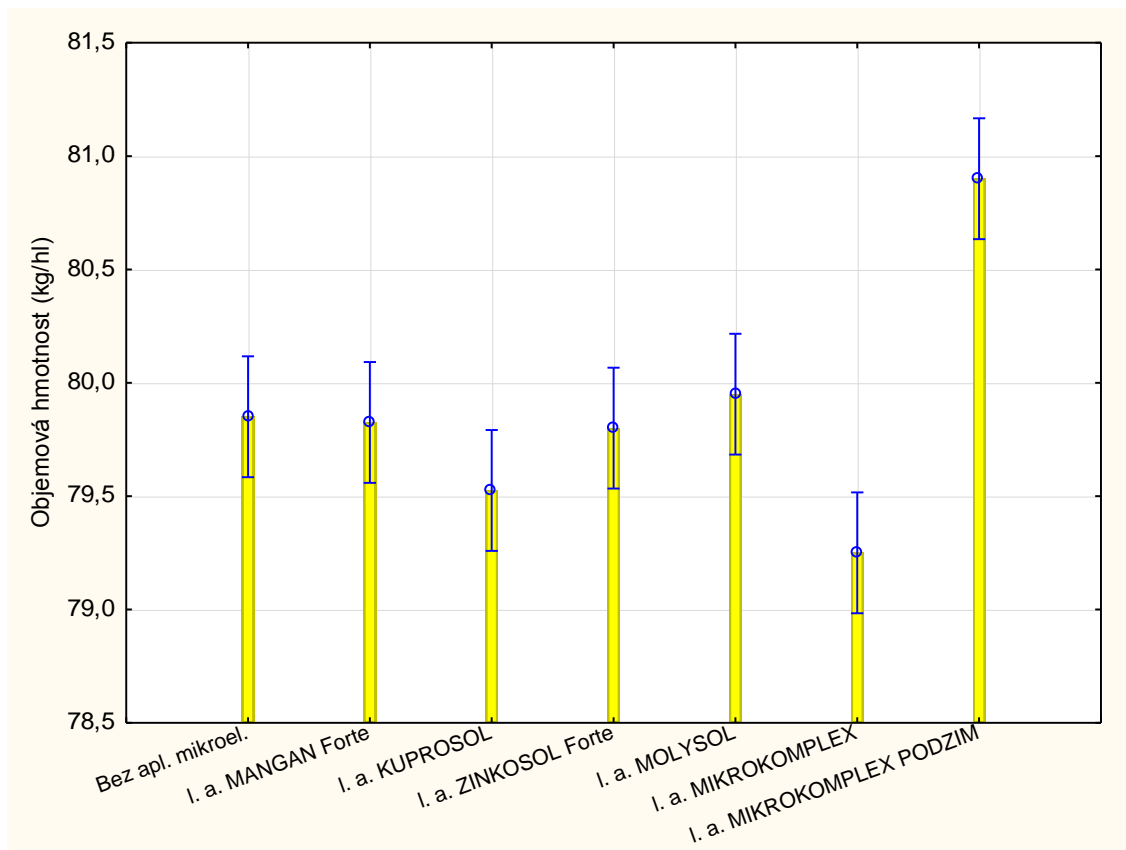
Faktor	s.v.	SČ	PČ	Kritérium F	Vliv faktoru
Apl. mikroel. na osivo	5	3,9	0,8	4,3	***
Listová apl. mikroel.	6	6,3	1,1	3,7	***
MIKROKOMPLEX	4	5,9	1,5	4,7	****

V porovnání s kontrolní variantou nejvyšší objemové hmotnosti dosáhly porosty po aplikaci mědi a zinku na osivo (graf 13). Nejmenší hodnota byla zjištěna u pšenice s molybdenem na osivu. Statisticky významně se od sebe liší varianta KUPROSOL a MOLYSOL s rozdílem 1,6 % (Tab 19). Od kontrolního pozorování se žádná varianta aplikace mikroprvků na osivo statisticky neliší.

Vliv listové výživy na objemovou hmotnost znázorňuje graf 14. Nejvyšších hodnot nejen z listových aplikací (80,90 kg/hl) dosáhla pšenice po podzimním přihnojení MIKROKOMPLEXEM. V porovnání s mikroelementy nehnojenou variantou byl zaznamenán mírný nárůst také po foliární výživě molybdenem. Podle Tukeyova testu se od sebe průkazně liší varianty listová aplikace KUPROSOLU - podzimní hnojení MIKROKOMPLEXEM a varianty jarní hnojení MIKROKOMPLEXEM - podzimní hnojení MIKROKOMPLEXEM.



Graf 13: Objemová hmotnost pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo



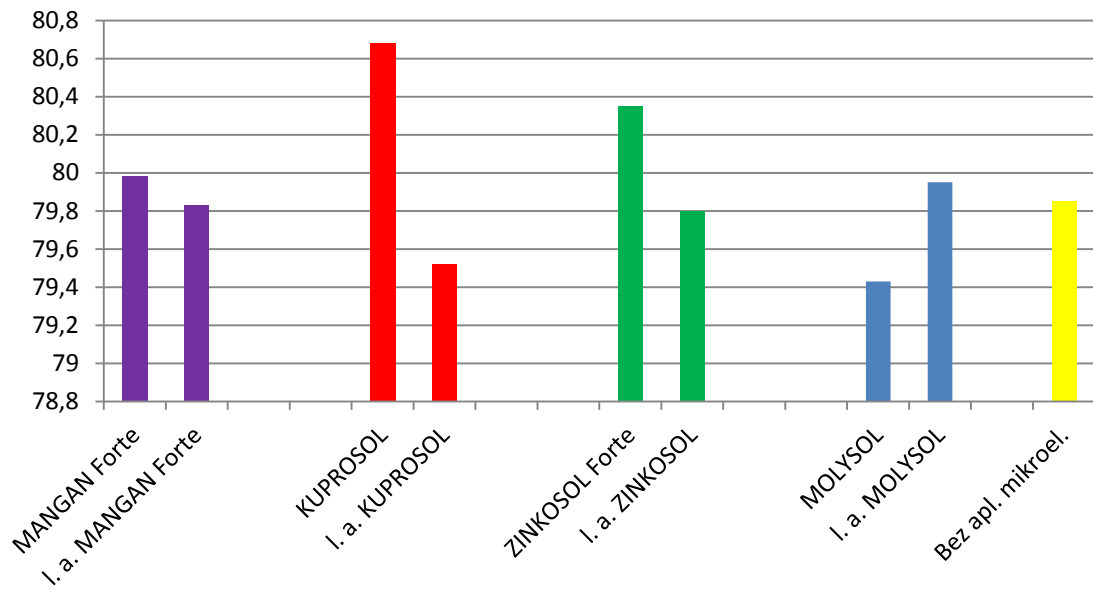
Graf 14: Objemová hmotnost pšenice po aplikaci mikroelementů na list

Tabulka 19: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti pšenice ozimé a jejich průkaznost podle Tukeye

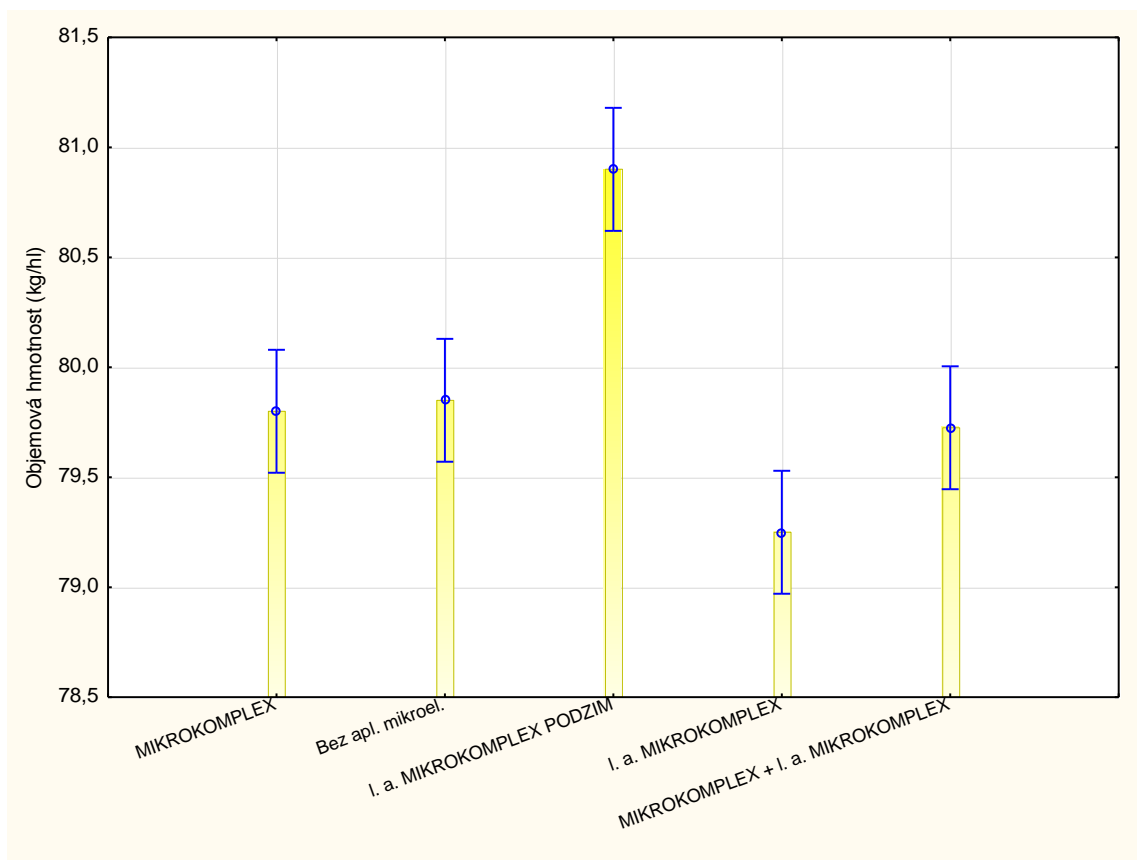
Faktor	Apl. mikroel. na osivo	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů		Relativní %
				a	b	
Varianta	Bez apl. mikroel.	4	79,85 ± 0,7	a	b	100
	MANGAN Forte (3 l/t)	4	79,98 ± 0,3	a	b	100,2
	KUPROSOL (3 l/t)	4	80,68 ± 0,3		b	101,0
	ZINKOSOL Forte (3 l/t)	4	80,35 ± 0,4	a	b	100,6
	MOLYSOL (1 l/t)	4	79,43 ± 0,5	a		99,4
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	79,80 ± 0,2	a	b	99,9
	Listová apl. mikroel.	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů		Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	79,85 ± 0,7	a	b	100
	l. a. MANGAN Forte (2 l/ha)	4	79,83 ± 0,1	a	b	99,9
	l. a. KUPROSOL (2 l/ha)	4	79,52 ± 0,3	a		99,6
	l. a. ZINKOSOL Forte (2 l/ha)	4	79,80 ± 0,7	a	b	99,9
	l. a. MOLYSOL (1 l/ha)	4	79,95 ± 0,4	a	b	100,1
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	79,25 ± 0,3	a		99,2
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim		80,90 ± 0,8		b	101,3
	MIKROKOMPLEX	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů		Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	79,85 ± 0,7	a	b	100
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	79,80 ± 0,2	a	b	99,9
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	79,25 ± 0,3	a		99,2
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim	4	80,90 ± 0,8		b	101,3
	MIKROKOMPLEX (3 l/t) + l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	79,73 ± 0,5	a	b	99,8

Z porovnání vlivu mikroelementů při aplikaci na osivo, popřípadě na list (graf 15), je vidět, že vyšší hodnoty objemové hmotnosti byly s výjimkou molybdenu zaznamenány po aplikaci živin na osivo.

Nejlépe se na hodnotě objemové hmotnosti podepsala podzimní aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX na list. Takto přihnojené porosty vykazovaly oproti kontrole nárůst objemové hmotnosti o 1,3 %. Podle Tukeye se však nejedná o statisticky průkazný rozdíl. Významně se od sebe ale liší jarní a právě podzimní listová aplikace tohoto hnojiva. Porovnání variací aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX na objemovou hmotnost zachycuje graf 16.



Graf 15: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na objemovou hmotnost pšenice ozimé



Graf 16: Objemová hmotnost pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX

5.7 Obsah N-látek v zrně pšenice

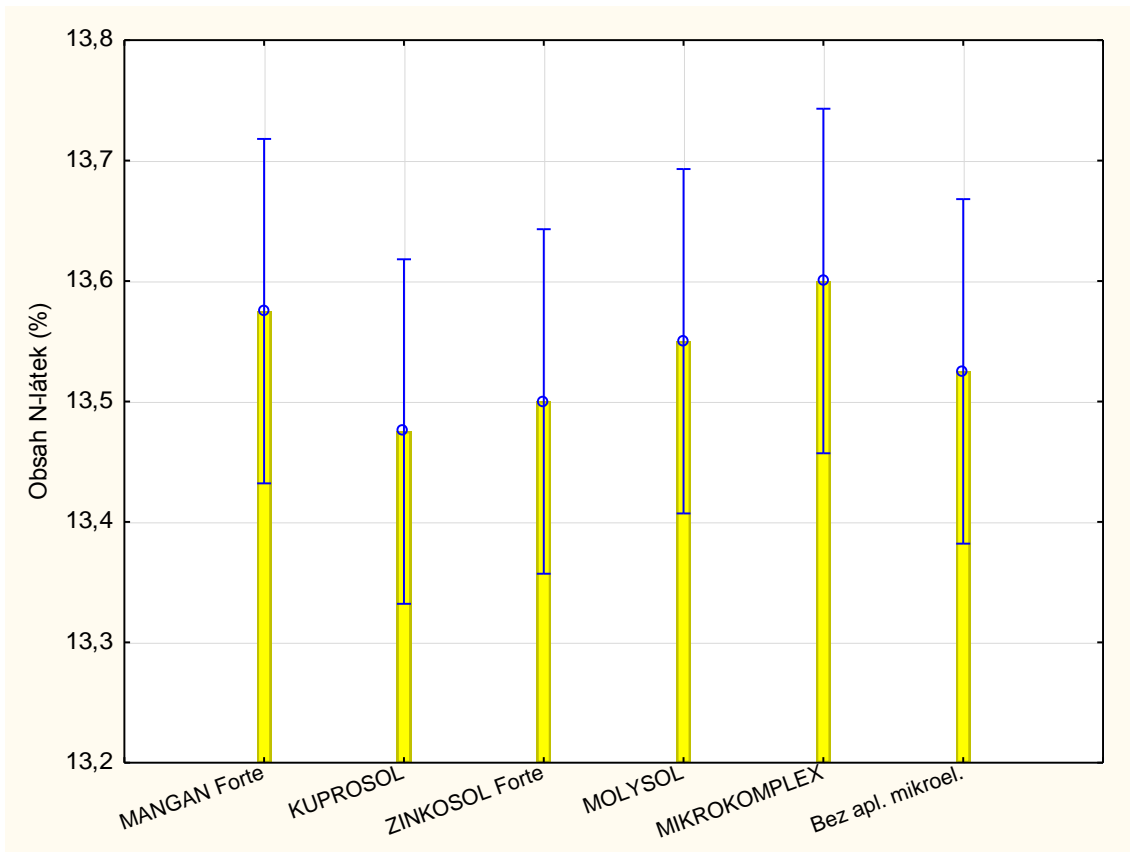
Pšenice pro pekárenské účely by měla splňovat obsah N-látek minimálně 11,5 % (Kučerová a kol., 2007). Dle popisu se použítá odrůda Midas vyznačuje vysokým obsahem N-látek (Janák, 2010). Požadovaný obsah splňují všechny pozorované varianty. Kontrolní pšenice bez mikroelementů obsahovala v zrně průměrně 13,52 % dusíkatých látek. Analýza variance neukázala statistický rozdíl (tab. 20), rozdíly v obsahu N-látek jsou u jednotlivých variant minimální (tab. 21). Dnes se pšenice prodává především podle obsahu N-látek, přičemž hraniční je mnohdy již 12 %. Velmi dobře se pak prodávají pšenice s obsahem kolem 14 % dusíkatých látek. I přes to, že se v rámci této práce nepodařilo prokázat vliv spolupůsobení mikroelementů a jejich aplikace na obsah N-látek, mohlo by jít o zajímavou studii do budoucna.

Tabulka 20: Analýza variance obsahu N-látek v zrně pšenice ozimé

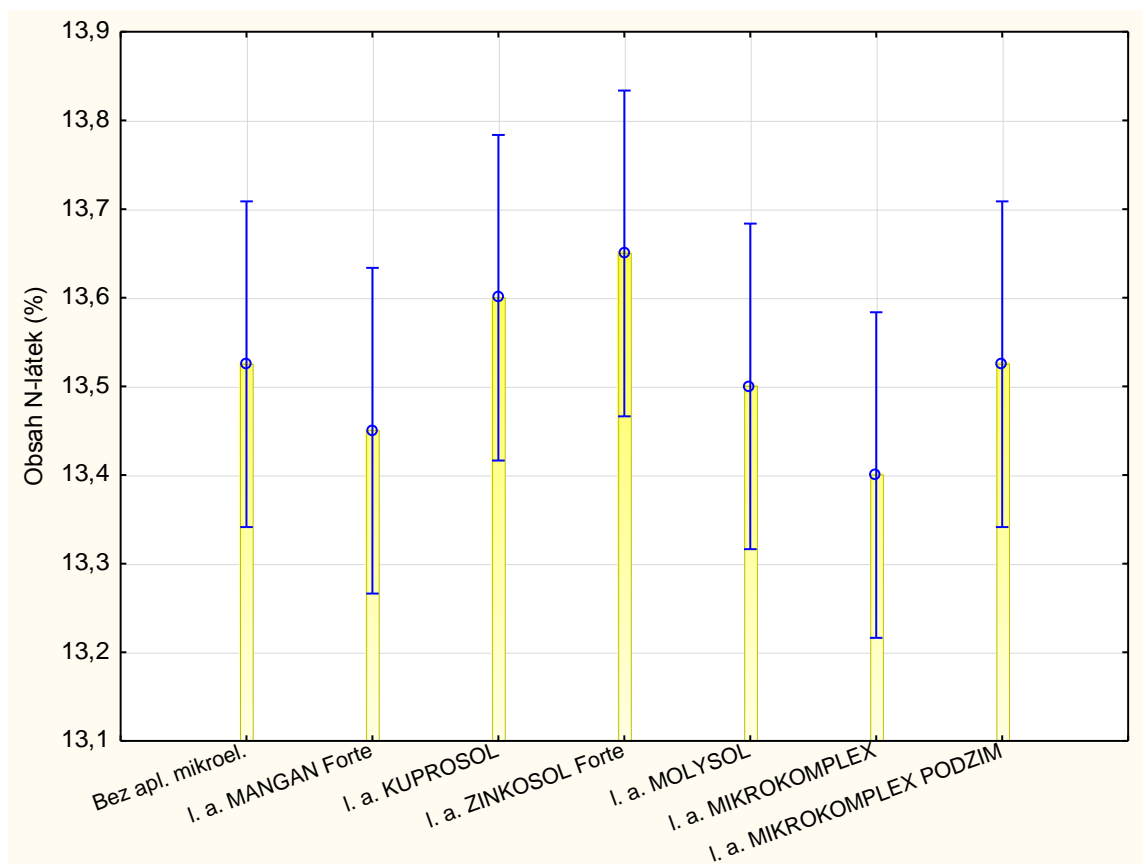
Faktor	s.v.	SČ	PČ	Kritérium F	Vliv faktoru
Apl. mikroel. na osivo	5	0,044	0,009	0,11	NP
Listová apl. mikroel.	6	0,172	0,029	0,21	NP
MIKROKOMPLEX	4	0,123	0,031	0,66	NP

Obsah dusíkatých látek v zrně se oproti kontrole zvýšil o necelé procento po aplikaci MANGANU Forte, MOLYSOLU a MIKROKOMPLEXU na osivo. Zrna pšenice s osivem obohaceným o měď pak obsahovaly o 0,4 % méně N-látek než kontrola. Rozdíly mezi aplikací mikroprvků na osivo jsou patrné také z grafu 17.

Po přihnojení na list byl nárůst obsahu N-látek taktéž o necelé procento zaznamenán po použití ZINKOSOLU Forte a KUPROSOLU. Varianta pšenice s foliární výživou hnojivem MIKROKOMPLEX v jarním období vykazovala s průměrnou hodnotou 13,40 % nejnižší obsah dusíkatých látek z celého pokusu. Pokles oproti kontrole o 0,9 % je nicméně statisticky neprůkazný. Porovnání variant mikroelementů aplikovaných v rámci mimokořenné výživy charakterizuje graf 18.



Graf 17: Obsah N-látek v zrně pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo



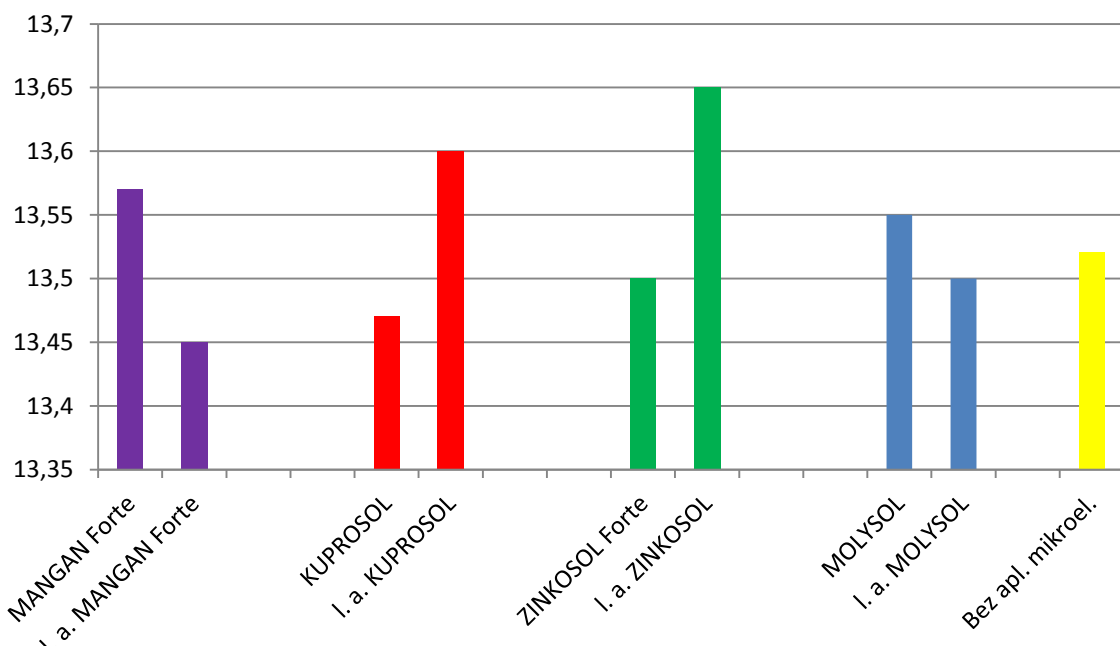
Graf 18: Obsah N-látek v zrně pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo

Tabulka 21: Průměrné hodnoty obsahu N-látek v zrnu pšenice ozimé a jejich průkaznost podle Tukeye

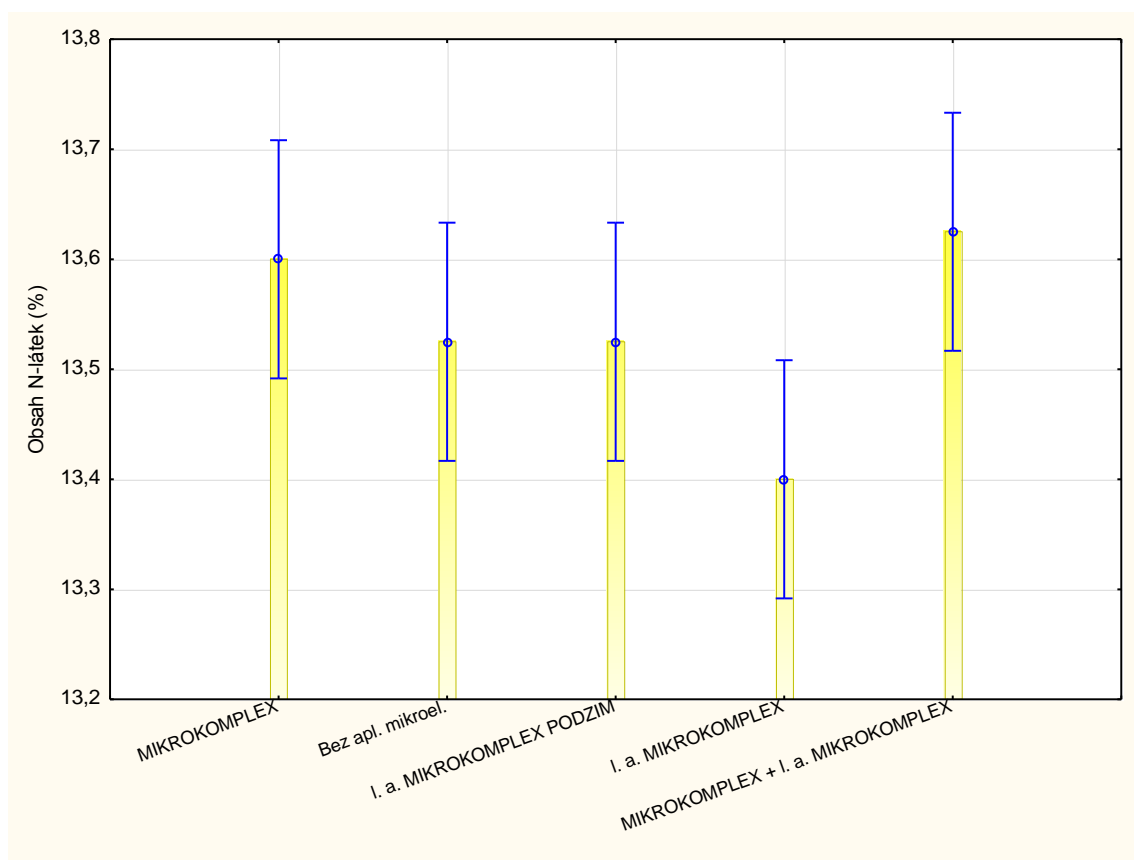
Faktor	Apl. mikroel. na osivo	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
Varianta	Bez apl. mikroel.	4	13,52 ± 0,3	a	100
	MANGAN Forte (3 l/t)	4	13,57 ± 0,5	a	100,4
	KUPROSOL (3 l/t)	4	13,47 ± 0,2	a	99,6
	ZINKOSOL Forte (3 l/t)	4	13,50 ± 0,2	a	99,9
	MOLYSOL (1 l/t)	4	13,55 ± 0,2	a	100,2
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	13,60 ± 0,2	a	100,6
	Listová apl. mikroel.	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	13,52 ± 0,3	a	100
	l. a. MANGAN Forte (2 l/ha)	4	13,45 ± 0,8	a	99,5
	l. a. KUPROSOL (2 l/ha)	4	13,60 ± 0,1	a	100,6
	l. a. ZINKOSOL Forte (2 l/ha)	4	13,65 ± 0,3	a	100,9
	l. a. MOLYSOL (1 l/ha)	4	13,50 ± 0,2	a	99,9
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	13,40 ± 0,1	a	99,1
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim		13,52 ± 0,2	a	100
	MIKROKOMPLEX	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	13,52 ± 0,3	a	100
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	13,60 ± 0,2	a	100,6
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	13,40 ± 0,1	a	99,1
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim	4	13,52 ± 0,2	a	100
	MIKROKOMPLEX (3 l/t) + l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	13,63 ± 0,2	a	100,8

Vliv Mn, Cu, Zn a Mo na obsah N-látek po aplikaci na osivo a na list zobrazuje graf 19. Nejvyšších hodnot dosáhly porosty po listové aplikaci zinku a mědi. Následuje mangan a nakonec molybden použitý na osivo. Zbylé varianty mají oproti kontrole nižší obsahy dusíkatých látek v zrnu.

Rozdílné způsoby aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX a odpovídající obsahy dusíkatých látek zobrazuje graf 20. Již zmíněné jarní přihnojení tímto hnojivem na list zaznamenalo pokles N-látek v zrnu. Porosty s podzimní aplikací na list dosáhly v průměru stejných hodnot jako kontrola. Použití tohoto hnojiva na osivo a v kombinaci osivo – list na jaře znamenalo zvýšení obsahu dusíkatých látek o 0,6 – 0,8 %.



Graf 19: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na obsah N-látek v zrna pšenice ozimé



Graf 20: Obsah N-látek v zrna pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX

5.8 Obsah lepku v zrně pšenice

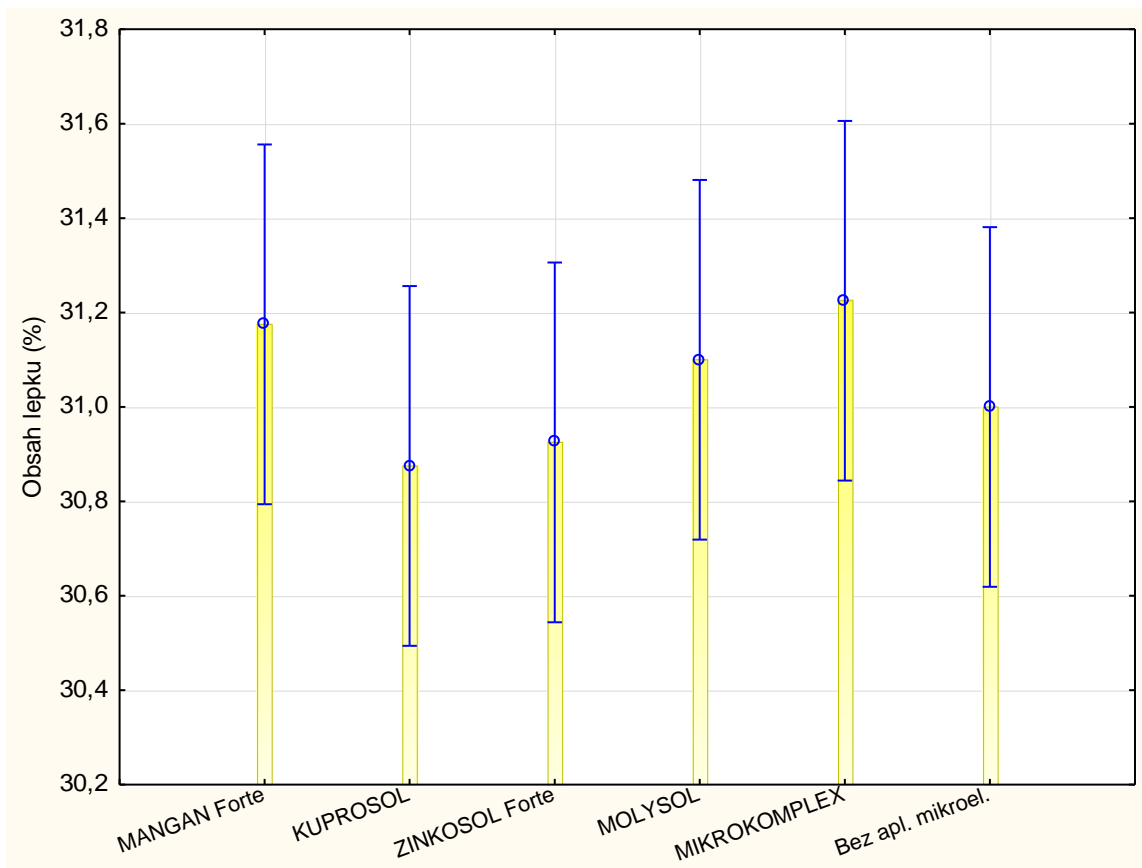
Požadovaná norma na obsah lepku pro pšenici je 23 %. Jedná se o parametr, který je ovlivněn především dusíkatým hnojením. Vysoký obsah lepku nemusí být vždy pozitivní. Mezi jeho obsahem a kvalitou totiž není závislost. Pro výslednou technologickou jakost je kromě obsahu lepku důležitá také jeho kvalita, čímž se rozumí především viskoelastické vlastnosti v něm obsažených bílkovin. Kvalitu lepku do značné míry ovlivňuje například obsah síry. Z pekařského hlediska pak tedy může být i nižší obsah kvalitnější (Bezdičková, 2007). V prováděném pokusu se obsah lepku pohybuje v úzkém rozmezí 30,65 – 31,38 %. Analýza variance tak neodhalila statisticky významný rozdíl (tab. 22).

Tabulka 22: Analýza variance obsahu lepku v zrně pšenice ozimé

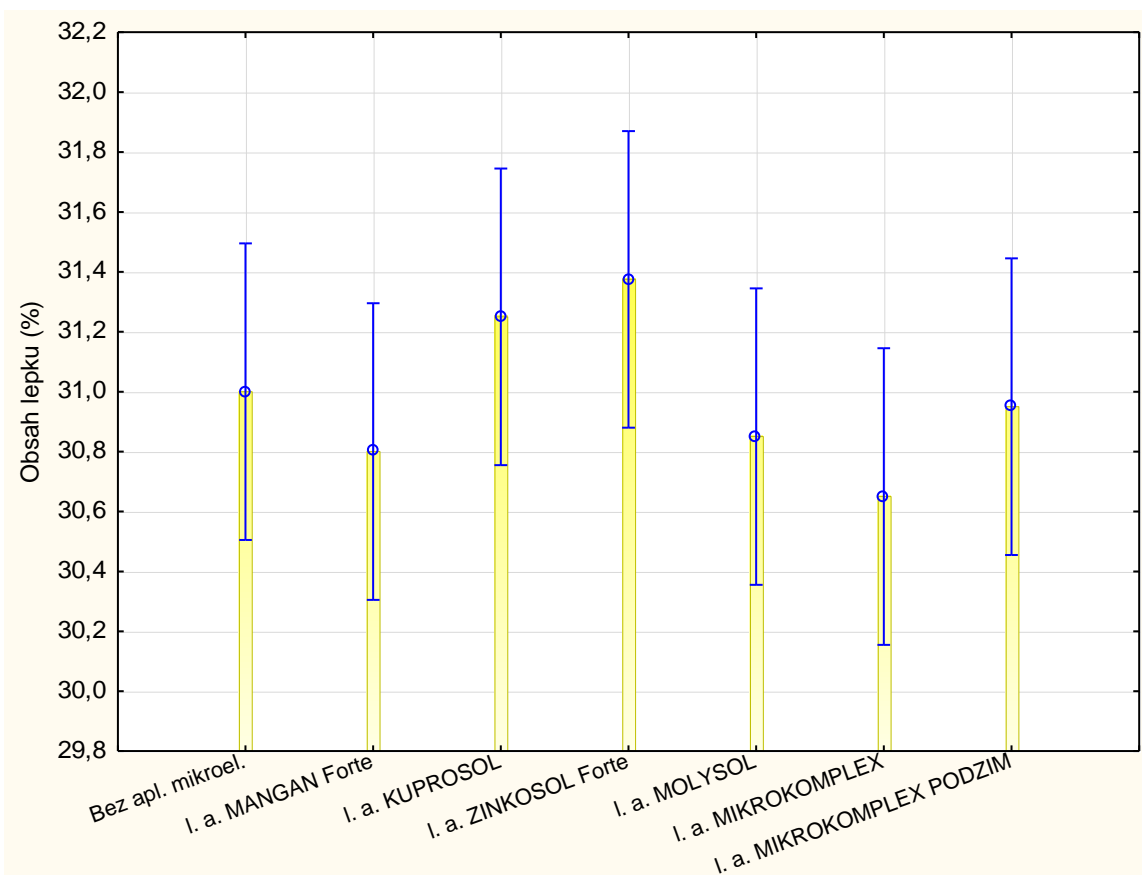
Faktor	s.v.	SČ	PČ	Kritérium F	Vliv faktoru
Apl. mikroel. na osivo	5	0,39	0,08	0,13	NP
Listová apl. mikroel.	6	1,55	0,26	0,26	NP
MIKROKOMPLEX	4	1,00	0,25	0,76	NP

Největší obsah lepku v porovnání variant s aplikací mikroelementů na osivo (graf 21) byl zjištěn po použití hnojiva MIKROKOMPLEX a MANGAN Forte, s rozdílem 0,5 – 0,7 % oproti kontrole. Přidání mědi na osivo se pro obsah lepku ukázalo jako nejméně vhodné.

Nejvyšší obsah lepku z celého pokusu, 31,38 %, byl zaznamenán u pšenice po listové aplikaci zinku. Z listových aplikací dopadla kladně ve srovnání s kontrolou ještě aplikace mědi. U ostatních variant byl v zrně zjištěn nepatrný pokles v obsahu lepku (graf 22).



Graf 21: Obsah lepku v zrne pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo



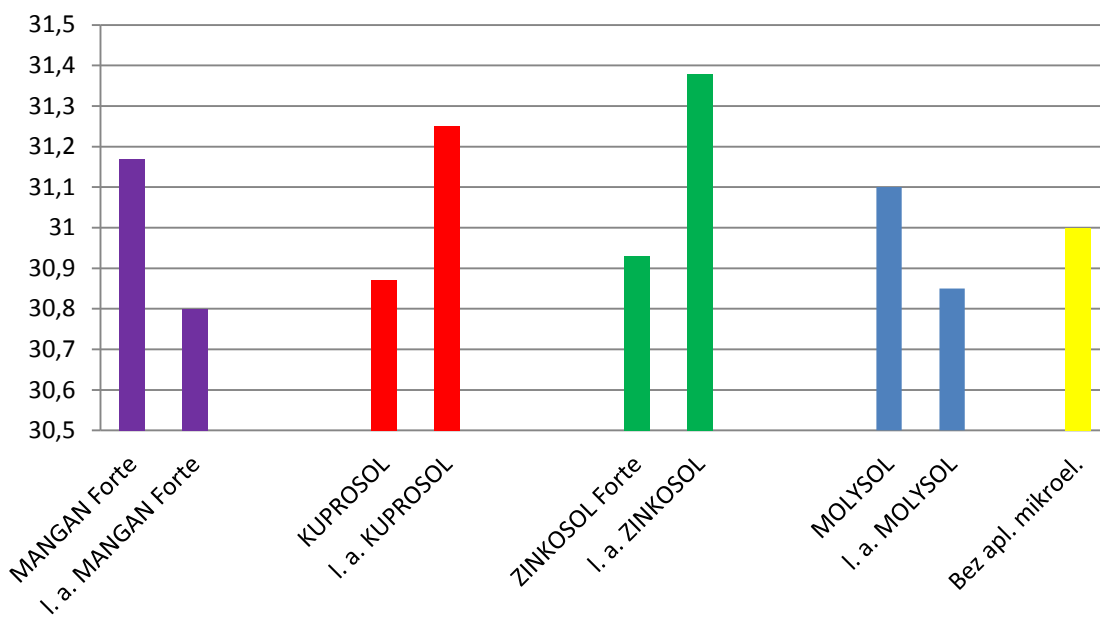
Graf 22: Obsah lepku v zrne pšenice po aplikaci mikroelementů na list

Tabulka 23: Průměrné obsahy lepku v zrně pšenice ozimé a jejich průkaznost podle Tukeye

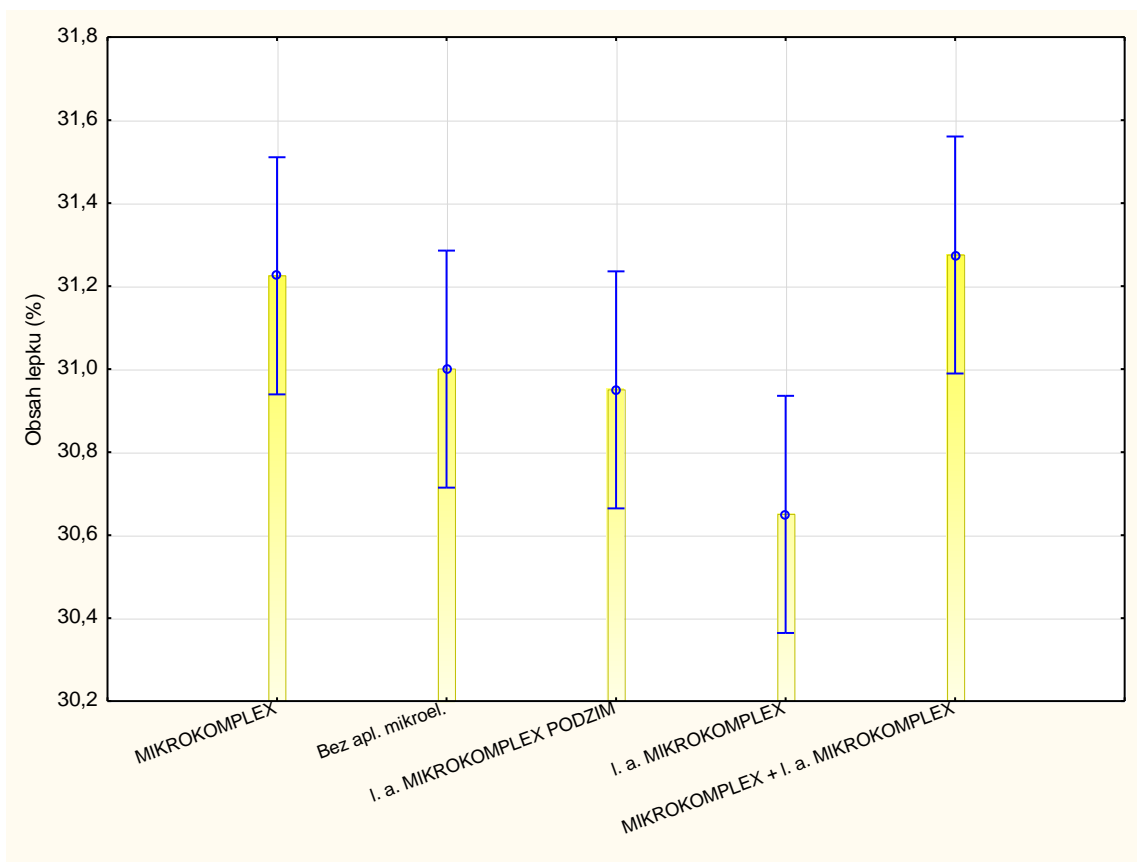
Faktor	Apl. mikroel. na osivo	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
Varianta	Bez apl. mikroel.	4	31,00 ± 0,6	a	100
	MANGAN Forte (3 l/t)	4	31,17 ± 1,4	a	100,5
	KUPROSOL (3 l/t)	4	30,87 ± 0,4	a	99,6
	ZINKOSOL Forte (3 l/t)	4	30,93 ± 0,6	a	99,8
	MOLYSOL (1 l/t)	4	31,10 ± 0,6	a	100,3
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	31,23 ± 0,4	a	100,7
	Listová apl. mikroel.	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	31,00 ± 0,6	a	100
	l. a. MANGAN Forte (2 l/ha)	4	30,80 ± 2,2	a	99,4
	l. a. KUPROSOL (2 l/ha)	4	31,25 ± 0,4	a	100,8
	l. a. ZINKOSOL Forte (2 l/ha)	4	31,38 ± 0,7	a	101,2
	l. a. MOLYSOL (1 l/ha)	4	30,85 ± 0,6	a	99,5
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	30,65 ± 0,4	a	98,9
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim		30,95 ± 0,6	a	99,8
	MIKROKOMPLEX	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	31,00 ± 0,6	a	100
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	31,23 ± 0,4	a	100,7
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	30,65 ± 0,4	a	98,9
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim	4	30,95 ± 0,6	a	99,8
	MIKROKOMPLEX (3 l/t) + l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	31,28 ± 0,8	a	100,9

Při porovnání aplikace daných hnojiv na osivo a na list (graf 23) je velmi podobná situace u zinku a mědi. V obou případech byl vyšší obsah lepku (s podobnými hodnotami) zjištěn po listové aplikaci těchto prvků. MANGAN Forte a MOLYSOL naopak lepší, také velmi podobné výsledky prokazují po jejich použití na osivo.

Z několika způsobů aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX (graf 24) se proti kontrolnímu pozorování nejvíce osvědčil kombinovaný způsob použití na osivo – na list v jarním období, a také samotná aplikace na osivo.



Graf 23: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na obsah lepku v zrna pšenice



Graf 24: Obsah lepku v zrna pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX

5.9 Sedimentační hodnota zrna pšenice

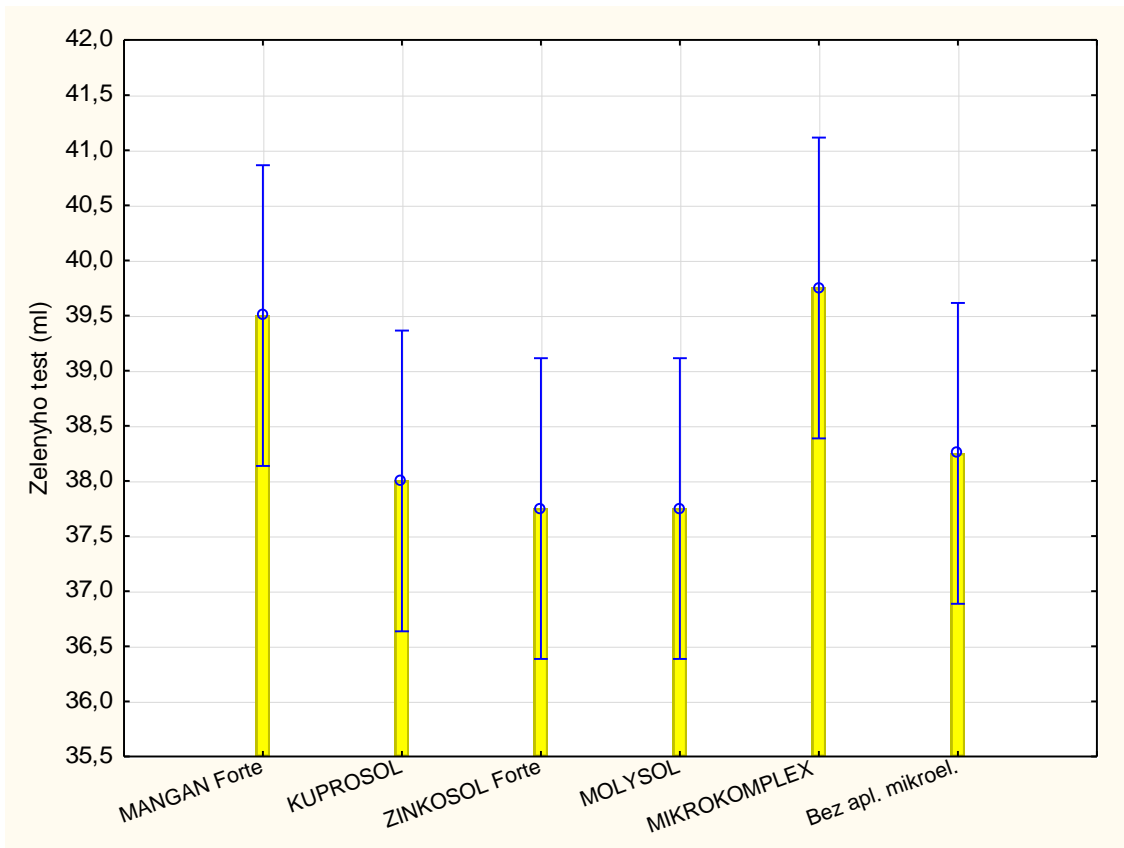
Sedimentační hodnota neboli bobtnatelnost pšeničných bílkovin se stanoví jako sedimentační index dle Zelenyho (Hřivna, 2010). Pro elitní pšenice se požaduje objem sedimentu 47 ml (Bezdičková, 2007), což v žádném případě nebylo splněno. Sedimentační hodnota je výraznou genotypovou vlastností, avšak dominantní pro tvorbu bílkovin je především vliv ročníku. Na nízké hodnoty může mít vliv také nulové hnojení sírou. Mezi jednotlivými variantami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl (tab. 24).

Tabulka 24: Analýza variance sedimentačních hodnot pšenice ozimé

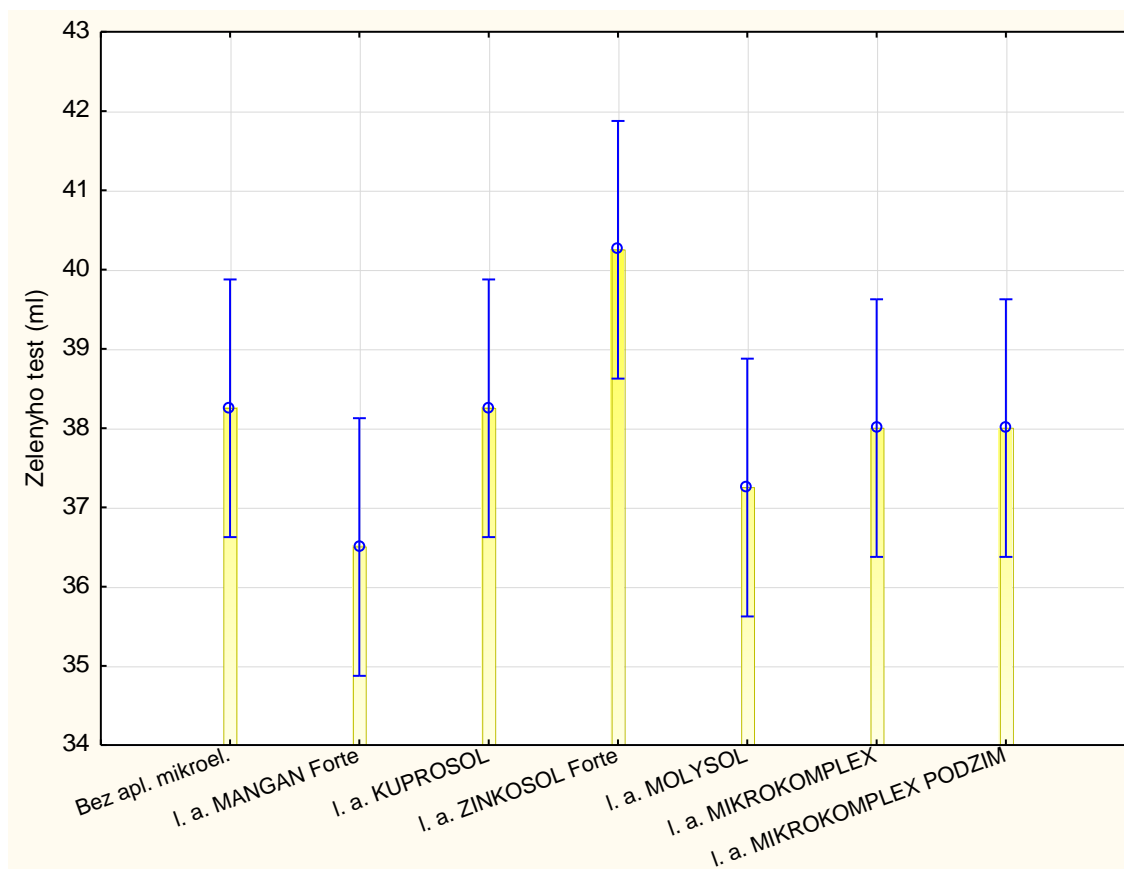
Faktor	s.v.	SČ	PČ	Kritérium F	Vliv faktoru
Apl. mikroel. na osivo	5	16,00	3,20	0,430	NP
Listová apl. mikroel.	6	31,86	5,31	0,502	NP
MIKROKOMPLEX	4	8,70	2,18	0,452	NP

Variety po aplikaci hnojiv MIKROKOMPLEX a MANGAN Forte na osivo pšenice dosáhly nejvyšších hodnot Zelenyho testu s nárůstem přes 3 % oproti kontrole. Ostatní pozorování s použitím mikroelementů na osivo vykazují nižší hodnoty, což názorně dokládá graf 25.

Zkoumání listové výživy za pomoci mikroelementů ukazuje, že nejlépe si v hodnotách sedimentačního testu vedly porosty přihnojené během vegetace ZINKOSOLEM Forte. S hodnotou Zelenyho testu 40,25 se jedná o nejlepší variantu z pokusu. Výsledky foliární výživy u ostatních variant byly srovnatelné nebo nižší než sedimentační hodnota bílkovin pšenice bez aplikace mikroelementů (graf 26).



Graf 25: Sedimentační hodnoty po aplikaci mikroelementů na osivo pšenice



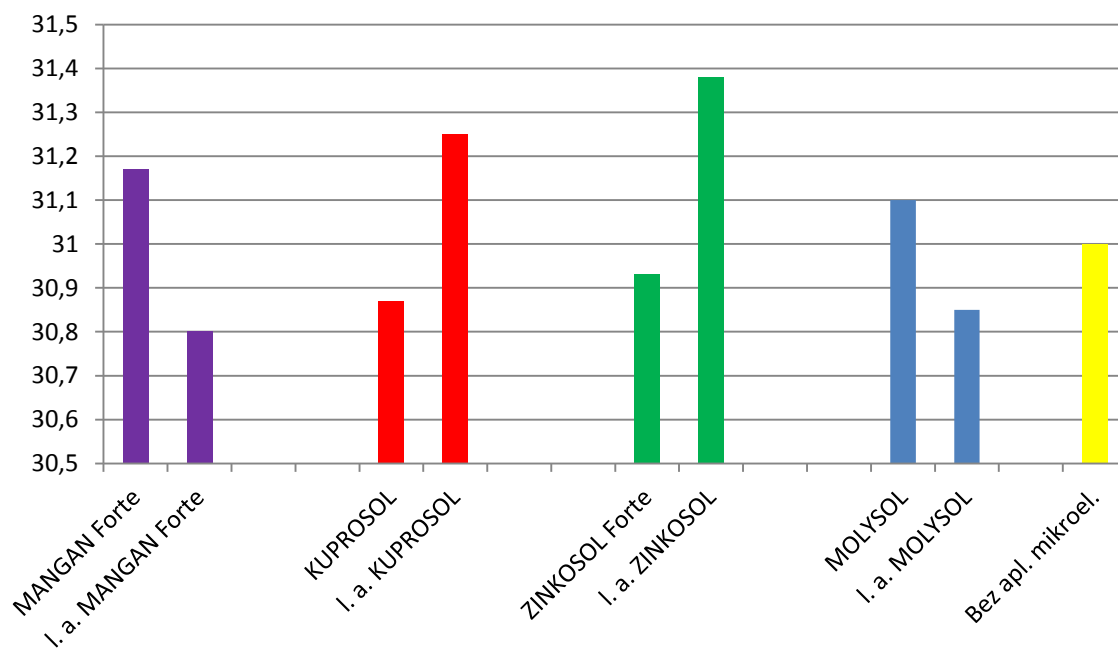
Graf 26: Sedimentační hodnoty po aplikaci mikroelementů na list pšenice

Tabulka 25: Průměrné sedimentační hodnoty pšenice ozimé a jejich průkaznost podle Tukeye

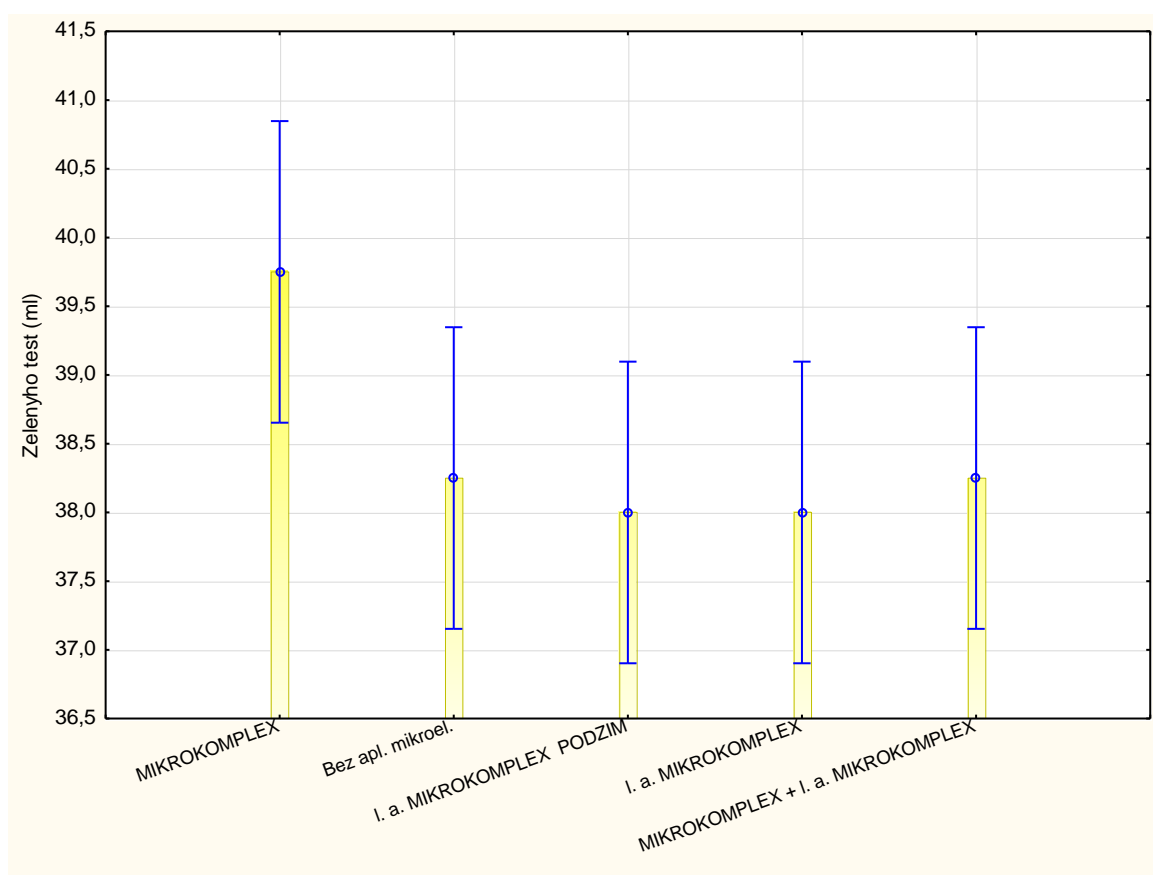
Faktor	Apl. mikroel. na osivo	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
Varianta	Bez apl. mikroel.	4	38,25 ± 2,9	a	100
	MANGAN Forte (3 l/t)	4	39,50 ± 4,3	a	103,2
	KUPROSOL (3 l/t)	4	38,00 ± 2,1	a	99,3
	ZINKOSOL Forte (3 l/t)	4	37,75 ± 1,9	a	98,7
	MOLYSOL (1 l/t)	4	37,75 ± 2,0	a	98,7
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	39,75 ± 2,2	a	103,9
	Listová apl. mikroel.	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	38,25 ± 2,9	a	100
	l. a. MANGAN Forte (2 l/ha)	4	36,50 ± 7,0	a	95,4
	l. a. KUPROSOL (2 l/ha)	4	38,25 ± 1,2	a	100
	l. a. ZINKOSOL Forte (2 l/ha)	4	40,25 ± 2,2	a	105,2
	l. a. MOLYSOL (1 l/ha)	4	37,25 ± 1,7	a	97,4
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	38,00 ± 2,0	a	99,3
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim		38,00 ± 1,8	a	99,3
	MIKROKOMPLEX	n	Průměr ± Sm. odch.	Statistická průkaznost rozdílů	Relativní %
	Bez apl. mikroel.	4	38,25 ± 2,9	a	100
	MIKROKOMPLEX (3 l/t)	4	39,75 ± 2,2	a	103,9
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	38,00 ± 2,0	a	99,3
	l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha) Podzim	4	38,00 ± 1,8	a	99,3
	MIKROKOMPLEX (3 l/t) + l. a. MIKROKOMPLEX (4 l/ha)	4	38,25 ± 1,9	a	100

Při porovnání výsledků aplikace mikroelementů na osivo a na list se nejvyrovnaněji jeví porosty s využitím hnojiva KUPROSOL. Obě varianty vykazují podobné hodnoty, které jsou navíc srovnatelné s kontrolním pozorováním. O něco nižší, ale také víceméně vyrovnané hodnoty sedimentace byl zjištěny po aplikaci MOLYSOLU v obou variantách. Výrazně odlišných výsledků pak bylo dosaženo při listové aplikaci zinku, která převyšuje jednak kontrolní variantu, jednak aplikaci Zn na osivo. Podobně dopadl pokus s mědí, kde však převyšuje aplikace na osivo, jak je vidět z grafu 27.

Při porovnání jednotlivých aplikací hnojiva MIKROKOMPLEX (graf 28) vychází nejlépe úprava osiva.



Graf 27: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na sedimentační hodnoty pšenice



Graf 28: Sedimentační hodnoty pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX

6 Závěr

Ze statistického vyhodnocení výsledků vyplývá, že od kontrolního pozorování se žádná z variant zkoušených v rámci pokusu průkazně neliší, a to ani v jednom ze zkoumaných ukazatelů. Během vegetace se na porostech neobjevily symptomy deficitu mikroelementů, což se předpokládalo. Aplikace mikroelementů na osivo měla pozitivní vliv na výživný stav zejména po aplikaci Mo a Cu, a při druhém provedení ARR také u MIKROKOMPLEXU. Práce byla pravděpodobně ovlivněna pokusnou lokalitou, která se vyznačuje dobrým obsahem živin v půdě.

Jelikož se jednotlivé varianty a způsoby aplikace mikroelementů v tomto pokusu statisticky neliší od kontroly, není nutné znovu rozebírat, jak jednotlivá hnojiva dopadla při hodnocení určitého parametru. Místo toho se podívejme na souhrnnou tabulku, která zobrazuje, jak dobře si zkoumané varianty vedly celkově. Z tabulky 26 vyplývá, že lépe než varianta bez aplikace mikroelementů si v průměru vedla pouze pšenice hnojená MIKROKOMPLEXEM (Cu + Mn + Zn) na osivo a následně v jarním období na list. Tento výsledek tak podporuje myšlenku o pozitivní synergii jednotlivých prvků. Je důležité však znovu zopakovat, že výsledky se při porovnání s kontrolou ukázaly jako statistické neprůkazné, a to i v případě varianty s nejhorším průměrným umístěním, kterou představuje listová aplikace hnojiva MANGAN Forte.

Rozdílné působení aplikovaných mikroelementů na jednotlivé ukazatele může být ovlivněno jednak samotnými mikroprvky a způsobem jejich aplikace, ale také lokálními odlišnostmi v rámci pokusné lokality. Jak známo, půda není homogenní celek a v různých částech pozemku má různé vlastnosti. I proto by pro celkové hodnocení způsobu aplikace mikroelementů byl pravděpodobně nutný víceletý pokus, přičemž velmi přínosné by bylo založení pokusu i v jiné lokalitě.

Tabulka 26: Pořadí jednotlivých variant na základě jejich umístění při hodnocení dílčích parametrů

Varianta	N tester	Počet klasů/m ²	Výnos	Objemová hmotnost	N-látky	Lepek	Sediment. hodnota	Průměrné umístění	Pořadí
Bez apl. Mikroel.	4	4	2	6	6	7	4	4,7	2
MANGAN Forte	6	7	9	4	4	5	3	5,4	5
KUPROSOL	11	11	8	2	8	9	5	7,7	10
ZINKOSOL Forte	1	5	7	3	7	8	6	5,3	4
MOLYSOL	2	6	4	11	5	6	6	5,7	6
MIKROKOMPLEX	7	8	3	7	3	4	2	4,9	3
1. a. MANGAN Forte	3	9	12	7	9	11	8	8,4	12
1. a. KUPROSOL	9	10	4	9	3	2	4	5,9	7
1. a. ZINKOSOL Forte	9	12	6	10	1	1	1	5,7	6
1. a. MOLYSOL	8	1	10	5	7	10	7	6,9	9
1. a. MIKROKOMPLEX	10	3	5	12	10	12	5	8,1	11
1. a. MIKROKOMPLEX PODZIM	3	13	11	1	6	8	5	6,7	8
MIKROKOMPLEX + 1. a. MIKROKOMPLEX	5	2	1	8	2	3	4	3,6	1

Při porovnání výsledků z podobných pokusů prováděných v zahraničí dojdeme k závěru, že aplikace mikroelementů se téměř vždy pozitivně projevila na horších půdách s nízkou zásobou živin. Časté je srovnání aplikace na osivo a na list, ale také klasické hnojení do půdy. Ke zlepšení docházelo po jakékoliv aplikaci mikroelementů. Pokračovat v tomto pokusu i v našich podmínkách tedy může být vhodné, vhodná by však byla změna či minimálně přidání další lokality. Možným řešením z hlediska nedostupnosti vhodných půd na pokusných stanicích by mohla být spolupráce s nějakým zemědělským podnikem a pokus provést přímo v provozních, popřípadě poloprovozních podmínkách na vhodném pozemku.

7 Použitá literatura

- ARIF, M. - WAGAS, M. - NAWAB, K. SHAHID, M. 2007. *Effect of seed priming in Zn solutions on chickpea and wheat*. Afri. Crop Sci. Pro. 8, 237-240. [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- BAIER - BAIEROVÁ, *Abeceda výživy rostlin a hnojení*. Státní zemědělské nakladatelství Praha 1985. 360 str.
- BALOCH, H. – KANDRHO, M. N. – BALOCH, S. K. – SUN YINGYUNG SABIEL, S. A. I. – BADINI, S. A. – BALOCH, R. A. *Comparative efficiency of soil and foliar applied zinc in improving yield and yield components of wheat (Triticum aestivum L.) variety Kiran-95*. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare; 2014. 4(23):80-87. 24 ref. [Journal article] [on-line], [citováno dne 29. 3. 2015].
- BERGMANN, W. – ČUMAKOV, A. *Klíč na určování porůch vo výživě rostlin*. 1 vyd. Bratislava: VEB Gustav Fischer Verlag Jena a Příroda – vydavatelství knih a časopisov n.p., 1977. 296 p. Knižnica plnohospodára. 4009
- BERGMANN, W. *Nutritional Disorders of Plants*. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1992, 741s.
- BEZDÍČKOVÁ, A. – KOMPRDA, T. – HŘIVNA L. *Kvalita potravinářské pšenice a možnosti jejího ovlivnění*. MZLU, 2007. 157 s.
- BEZDÍČKOVÁ, A. – KOMPRDA, T. – HŘIVNA L. *Kvalita potravinářské pšenice a možnosti jejího ovlivnění*. MZLU, 2007. 157 s.
- BUTZEN, S. *Micronutrients for Crop Production*. 2015. URL: <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/template.CONTENT/guid.7C664217-6A2C-4E51-892A-9CD61FEFC449>. [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- CARVER, B. F. *Wheat: Science and Trade*. 1st ed. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2009, 569 s. ISBN 978-0-8138-2024-8.
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Odhady sklizní – září 2014. Mimořádně úrodný rok pro obiloviny, řepku a brambory*. URL: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/odhady-sklizni-zari-2014-ogm0kocxwv>. [on-line], [citováno dne 4. 4. 2015].
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin – 2014*. URL: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2014-kd0y5ji9gz>. [on-line], [citováno dne 4. 4. 2015].

- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Plocha osevů*, 2015. URL: http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=ZEM0020UU&&kapitola_id=11. [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Hospodářská zvířata*, 2015. URL: http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=ZEM0040UU&vo=tabulka&kapitola_id=11. [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FOOD: *Diagnosing iron deficiency in cereals*. 2015. URL: <https://www.agric.wa.gov.au/mycrop/diagnosing-iron-deficiency-cereals>. [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FOOD: *Diagnosing manganese deficiency in wheat*. 2015. URL: <https://www.agric.wa.gov.au/mycrop/diagnosing-manganese-deficiency-wheat>. [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FOOD: *Diagnosing molybdenum deficiency in cereals*. 2015. URL: <https://www.agric.wa.gov.au/mycrop/diagnosing-molybdenum-deficiency-cereals>. [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FOOD: *Diagnosing zinc deficiency in wheat*. 2015. URL: <https://www.agric.wa.gov.au/mycrop/diagnosing-zinc-deficiency-wheat>. [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- EL-HABBAL, M. S. – OSMAN, A. O. BADRAN, M. M. *Effect of some micronutrient fertilizer and transplanting on wheat productivity in newly reclaimed saline soil*. *Annals of Agricultural Science (Cairo)*; 1995. 40(1):145-152. 8 ref. [Journal article] . [on-line], [citováno dne 27. 3. 2015].
- EL-MAGHRABY, T. A. *Effect of wheat grain soaking in some micronutrient solutions on crop production under rainfall condition*. *Egyptian Journal of Soil Science*; 2004. 44(3):429-440. 23 ref. [Journal article]. [on-line], [citováno dne 10. 3. 2015].
- ENGEL, R. *Chloride deficiency*. College of Agriculture, Montana University. URL: <http://landresources.montana.edu/soilfertility/chloridedeficiency.html>. [on-line], [citováno dne 30. 1. 2015].
- EYAL, R. *Microelements in Agriculture*. *Practical Hydroponics A Greenhouse*. 2007. Vol. 17, no. 95 st. 39-48. URL: http://www.haifa-group.com/files/articles/micro_nutrients.pdf. [on-line], [citováno dne 14. 3. 2015].
- FAMĚRA, O. *Základy pěstování ozimé pšenice*. 1.vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1993, 51 s. ISBN 80-7105-045-8.

- FARAJNIA, A. – BENAM, M. B. K. *Effect of different application methods of micronutrients on quantitative and qualitative properties of wheat*. Journal of New Agricultural Science; 2007. 3(7):Pe103-Pe109, en11. 15 ref. [Journal Article] . [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- FAROOQ, M. – WAHID, A. – KADAMBOT, H., SUDDUQUE, M. *Micronutrient application throug seed treatment*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2012, 12 (1), 125-142. URL: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162012000100011. [on-line], [citováno dne 1. 4. 2015].
- FECENKO, J. - LOŽEK, O. *Výživa a hnojení pol'ných plodín*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2000. 442s. ISBN 80-7137-777-5.
- GHALY, S. – OSMAN, A. O. – EL-TAWIL, A. Y. *The effect of Zn, Mn and Fe by coating method on wheat yield grown in certain soils of Egypt*. Egyptian Journal of Agricultural Research; 1993. 71(1):35-44. 10 ref. [Journal article] . [on-line], [citováno dne 2. 4. 2015].
- HARRIS, D. - RASHID, A. - MIRAJ, G. - ARIF, M. - YUNAS, M. 2008. *'On-farm' seed priming with zinc in chickpea and wheat in Pakistan*. Plant Soil. 306, 3-10.
- HLUŠEK, J. – RICHTER, R. – RYANT, P. *Výživa a hnojení zahradních plodin*. 1 vyd. Praha: Profi Press, 2002, 81 str. ISBN 80-902413-5-2
- HORSCH, *Jak funguje hnojivo při podkořenovém hnojení? I., II., III. část*.
 URL: http://www.horsch.com/news_cz/print.php?id=274;
 [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
 URL: http://www.horsch.com/news_cz/print.php?id=277;
 [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
 URL: [http://www.horsch.com/news_cz/print.php?id=279.](http://www.horsch.com/news_cz/print.php?id=279)
 [on-line], [citováno dne 30. 3. 2015].
- HOUBA, M. – HOSNEDL, V. *Osivo a sadba, praktické semenářství*. 1. Vyd. Nakladatelství Ing. Martin Sedláček, 202. 186 Str.
- HRŮZA, M. *Podzimní aplikace minerálních hnojiv*. Zemědělec / Agrofert NEWS, 2012, vol 18, no. 30. ISSN 1211-3816
- HŘIVNA, L. *Výnos a kvalita pšenice ozimé a jarního ječmene po hnojení sírou a dusíkem*. MZLU, 2010. 197 s.

- IBRAHIM, M. E. – SHALABY, M. H. *Effect of some micronutrients and methods of their application on growth, yield and mineral composition of wheat*. *Annals of Agricultural Science*, Moshtohor; 1994. 32(3):1371-1388. 39 ref. [Journal article] . [online], [citováno dne 4. 4. 2015].
- IMRAN, M., NEUMANN, G., RÓMHELD, V. 2004. *Nutrient seed priming improves germination rate and seedling growth under submergence stress at low temperature*. International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development Cuvillier Verlag Göttingen
- JANÁK, V. – *PENAM doporočuje*. Článek v: *Agro ZPRAVODAJ*. Zpravodaj č. 10/2010
- JOHNSON, S.E. - LAUREN, J.G. - WELCH, R.M. - DUXBURY, J.M. 2005. *A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal*. *Exper. Agric.* 41, 427-448.
- KHALID, B.Y. - MALIK, N.S.A. 1982. *Presowing soaking of wheat seeds in copper and manganese solutions*. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 13, 981-986.
- KOVÁČ, K. – KUBINEC, S. *Pestovanie ozimnej pšenice a pôdoochranárske technológie pestovania: obilnín*. Piešťany: VÚRV, 1998, 66 s. ISBN 80-88790-10-7.
- KŘEN J.: *Metodika pěstování ozimých obilnin: [pšenice ozimá, ječmen ozimý, žito, tritikale]*. Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž, 1998. 143 s. ISBN 80-902545-2-7.
- KUČEROVÁ, J. – PELIKÁN, M. – HRIVNA, L. *Zpracování a zbožiznalství rostlinných produktů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007, 122 s. ISBN 978-80-7375-088-6.
- KULOVANÁ, E. – ŠABATKA, J. *Pozitivní efekty používání PPF*. 2001. URL: <http://uroda.cz/pozitivni-efekty-pouzivani-ppf/>
- LOVOCHEMIE, a.s. *Produkty*. URL: <http://www.lovochemie.cz/cs/produkty>
- LUKAS, V. – RYANT, P. – NEUDERT, L. – DRYŠLOVÁ, T. – GNIP, P. – SMUTNÝ, V. *Stanovení a optimalizace diferencovaných dávek dusíkatých hnojiv v precizním zemědělství* Mendelova univerzita v Brně, 2012. 47 str.
- MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČÍKOVÁ, D., - DLAPA, P. - DERCOVÁ, K. *Anorganické kontaminanty v půdním ekosystému*. *Chemické listy*. 2006. Vol. 100, no. 6. P. 424-432. URL: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2006_06_424-432.pdf
- MALAKOUTI, M. J. *The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*; 2008. 32(3):215-220. 13

- ref. [Journal article. Conference paper]. . [on-line], [citováno dne 4. 4. 2015].
- MALHI, S. S. – LEACH, D. Reducing toxic effect of seed-soaked Cu fertilizer on germination of wheat. *Agricultural Sciences*; 2012. 3(5):674-677. 9 ref. [Journal article]
- MARSCHNER H: *Mineral Nutrition of Higher Plants.3.edition*. Academic Press, London, 2011. 672 s.
- NEUBERG, J. *Stopové prvky v rostlinné výrobě ČSR*. 1 vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 1978. 187 Str.
- OSEVA, a. s. Bzenec, *Ozimé obilniny 2012*. URL: http://www.osevabzenec.cz/zd/oseva_ozimy2012.pdf
- PAVLÍKOVÁ, D. – PAVLÍK, M. – BALÍK, J. – STAZKOVÁ, L. – VANĚK, V. – SZÁKOVÁ, J. *Vliv zvýšeného obsahu Zn v půdě na metabolismus rostlin*. Sborník z mezinárodní konference: Výživa rostlin a její perspektivy. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. Str. 367 – 370.
- PRUCKOV, F. *Ozimní pšenica*. Vyd. 1. Bratislava: Příroda, vydavatelství knih a časopisov, 1972, 374 s.
- RADULOV, L. – SALA, F. – BERBECEA, A. – CRISTA, F. *Changes of soil microelements content after intensive mineral fertilization*. *Research Journal of Agricultural Science*, 2009. Vol 41, no. 1,p. 487-492. ISSN 2066-1843
- RICHTER R., - HLUŠEK J. *Výživa a hnojení rostlin : (I.obecná část)*, VŠZ v Brně, 1994. Brno, 171 s.
- RICHTER, R. - HLUŠEK J. *Výživa a hnojení rostlin*. MZLU v Brně 1999, Brno, 187 s.
- RICHTER, R. – HŘIVNA, L: *Nároky pšenice na výživu*. In: Ryant P. (ed.) a kol., *Multimediální texty výživy rostlin*. [on-line, posl. aktualizace 25. 1. 2005], [citováno dne 29. 3. 2015].
- RICHTER, R.: *Asimilace dusíku*. In: Ryant P. (ed.) a kol. *Multimediální texty výživy rostlin 2003a*, [on-line], [citováno dne 20. 2. 2013]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm. . [on-line], [citováno dne 4. 4. 2015].
- RICHTER, R.: *Symptomy nadbytku a nedostatku dusíku*, In: Ryant P. (ed.) a kol., *Multimediální texty výživy rostlin 2003d*. [on-line], [citováno dne 29. 3. 2015]. URL: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm. . [on-line], [citováno dne 4. 4. 2015].

- RICHTER, R.: *Symptomy nadbytku a nedostatku fosforu*, In: Ryant P. (ed.) a kol. *Multimediální texty výživy rostlin 2003b*. [on-line], [citováno dne 14. 3. 2015].
Dostupné z:
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm
- RICHTER, R.: *Symptomy nadbytku a nedostatku síry*, In: Ryant P. (ed.) a kol. *Multimediální texty výživy rostlin 2003c*. [on-line], [citováno dne 15. 3. 2015].
Dostupné z:
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm
- RICHTER, R.: *Výživa a hnojení rostlin: praktická cvičení*. VŠZ v Brně 1993, Brno, 198 s.
- RYANT, P. - RICHTER, - POULÍK, Z. – HŘIVNA, L. *Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin*. Online. 2004.
URL: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/index.htm
- RYANT, P. – RICHTER, R. - HLUŠEK, J. – FRYŠČÁKOVÁ, E. *Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin*. Online. 2003.
URL: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/index.htm. [on-line], [citováno dne 4. 4. 2015].
- RYANT, P. *Vybrané aspekty výživy pšenice dusíkem a sírou*. MZLU, 2002 Brno. 176 s.
- ŘEHŮRKOVÁ, A. *Stanovení obsahu manganu, mědi, zinku a železa v půdě*. Brno, 2011. 69 Str.
- SARAKHSI, H. S. – BEHROUZYAR, E. K. *Effect of seed priming with Zn, Mn and B in different concentrations on yield and yield components of wheat (Triticum durum)*. International Journal of Biosciences (IJB); 2014. 5(9):332-339. 33 ref. [Journal article]
- SINGH, M.V. 2007. *Efficiency of seed treatment for ameliorating zinc deficiency in crops*. In: Zinc Crops 2007, Improving Crop Production and Human Health, 24-26 May, 2007, Istanbul, Turkey.
- ŠAFÁŘOVÁ, M. – ŘEHOŘ, M. *Stopové prvky v uhelných a neuhelných sedimentech Severočesjí pánve a zeminách rekultivovaných lokalit*. Chemické listy. 2006. Vol. 100, no. 6. P. 462 – 466. URL: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2006_06_462-466.pdf

- ŠKARPA, P. *Laboratorní výuka z výživy rostlin*. Online 2009.URL: [tp://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=0&I=0&J=0&K=0](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=0&I=0&J=0&K=0). [online], [citováno dne 4. 4. 2015].
- VANĚK, V. a kol. *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 2007. 176 s.
- VELIKÝ, I. *Mikroelementy v teorii a praxi: Úvod do biochemie a fyziologie stopových prvků u zvířat a rostlin*. 1. vyd. Bratislava: Slov. vydav. pôdohosp. lit., 1964, 302 s.
- VRKOČ, F. – VACH, M. SKALA, J. *The Effect of Growing Methods, Sites and Years on the Nutrient Content and Baking Quality of Winter Wheat Grain*. Plant Production, 1995. 41 s. 315-319
- WIATRAC, P. *Influence of seed coating with micronutrients on growth and yield of winter wheat in Southeastern Coastal Plains*. American Journal of Agricultural and Biological Sciences; 2013. 8(3):230-238. 32 ref. [Journal article]
- ZBÍRAL J. *Analýza pud III.*, ÚKZÚZ Brno, 2004. 199 .
- ZBÍRAL J.: *Analýza pud I.*, ÚKZÚZ Brno, 2002. 197 s.
- ZIMOLKA, J. – HŘIVNA, L. – JÁNSKÝ, J. – MAREČEK, J. – RICHTER, R. *Pšenice - pěstování hodnocení a využití zrna*. 1. Vyd. Praha: Profi Press, 2005. 180 s. ISBN 80-86726-09-6.
- ZIMOLKA, J. – SVOBODA, *Obilniny, 26 – 61*, ZIMOLKA a kol., *M. Speciální produkce rostlinná – rostlinná výroba. Kapitola III. Obilniny*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 245 Str.

Seznam grafů:

Graf 1: Hodnoty N-testeru pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo	50
Graf 2: Hodnoty N-testeru pšenice po aplikaci mikroelementů na list	50
Graf 3: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list u hodnot N-testeru pšenice	52
Graf 4: Hodnoty N-testeru pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX.....	52
Graf 5: Počet klasů pšenice na m ² po aplikaci mikroelementů na osivo	54
Graf 6: Počet klasů pšenice na m ² po aplikaci mikroelementů na list.....	54
Graf 7: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list u počtu klasů pšenice ozimé	56
Graf 8: Počet klasů pšenice na m ² po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX	56
Graf 9: Průměrný výnos pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo	58
Graf 10: Průměrný výnos pšenice po aplikaci mikroelementů na list	58
Graf 11: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na výnos pšenice ozimé	60
Graf 12: Průměrný výnos pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX	60
Graf 13: Objemová hmotnost pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo	64
Graf 14: Objemová hmotnost pšenice po aplikaci mikroelementů na list	64
Graf 15: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na objemovou hmotnost pšenice ozimé	66
Graf 16: Objemová hmotnost pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX	66
Graf 17: Obsah N-látek v zrnu pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo	68
Graf 18: Obsah N-látek v zrnu pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo	68
Graf 19: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na obsah N-látek v zrnu pšenice ozimé	70
Graf 20: Obsah N-látek v zrnu pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX	70
Graf 21: Obsah lepku v zrnu pšenice po aplikaci mikroelementů na osivo	72
Graf 22: Obsah lepku v zrnu pšenice po aplikaci mikroelementů na list	72
Graf 23: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na obsah lepku v zrnu pšenice	74
Graf 24: Obsah lepku v zrnu pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX	74
Graf 25: Sedimentační hodnoty po aplikaci mikroelementů na osivo pšenice.....	76
Graf 26: Sedimentační hodnoty po aplikaci mikroelementů na list pšenice.....	76
Graf 27: Porovnání vlivu aplikace mikroelementů na osivo a na list na sedimentační hodnoty pšenice	78
Graf 28: Sedimentační hodnoty pšenice po různých způsobech aplikace hnojiva MIKROKOMPLEX.....	78

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Nezbytné minerální prvky pro vyšší a nižší rostliny (Eyal a kol., 2007)	11
Tabulka 2: Obsah mikroelementů v plně vyvinutých listech obilnin (Vaněk a kol. 2007)	12
Tabulka 3: Množství mikroelementů odebraných úrodou obilnin (Fecenko a Ložek, 2000).....	12
Tabulka 4: Maximální dávky mikroživin určených na listovou plochu (Bergmann, 1972).....	28
Tabulka 5: Doporučené dávky mikroelementů k základnímu hnojení (Vaněk a kol., 2007)	29
Tabulka 6: Průměrná teplota v roce 2013/2014 a srovnání s dlouhodobým normálem (1961 - 1990)	40
Tabulka 7: Srážkový úhrn v roce 2013/2014 a srovnání s dlouhodobým normálem (1961 - 1990)	40
Tabulka 8: Agrochemické vlastnosti půdy před založením pokusu (srpen 2013).....	41
Tabulka 9: Varianty hnojení.....	42
Tabulka 10: Výsledky anorganických rozborů rostlin (11. 3. 2014).....	47
Tabulka 11: Výsledky anorganických rozborů rostlin (4. 4. 2014).....	48
Tabulka 12: Analýza variance hodnot N-testeru v DC 57 u pšenice ozimé	49
Tabulka 13: Průměrné hodnoty N-testeru u pšenice ozimé a jejich statistická průkaznost podle Tukeye	51
Tabulka 14: Analýza variance počtu klasů pšenice ozimé m ²	53
Tabulka 15: Průměrné hodnoty počtu klasů pšenice ozimé na m ² a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye	55
Tabulka 16: Analýza variance výnosů zrna pšenice ozimé	57
Tabulka 17: Průměrné výnosy pšenice ozimé a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye	59
Tabulka 18: Analýza variance objemové hmotnosti pšenice ozimé.....	63
Tabulka 19: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti pšenice ozimé a jejich průkaznost podle Tukeye	65
Tabulka 20: Analýza variance obsahu N-látek v zrně pšenice ozimé	67
Tabulka 21: Průměrné hodnoty obsahu N-látek v zrně pšenice ozimé a jejich průkaznost podle Tukeye.....	69
Tabulka 22: Analýza variance obsahu lepku v zrně pšenice ozimé	71
Tabulka 23: Průměrné obsahy lepku v zrně pšenice ozimé a jejich průkaznost podle Tukeye.....	73
Tabulka 24: Analýza variance sedimentačních hodnot pšenice ozimé	75
Tabulka 25: Průměrné sedimentační hodnoty pšenice ozimé a jejich průkaznost podle Tukeye.....	77
Tabulka 26: Pořadí jednotlivých variant na základě jejich umístění při hodnocení dílčích parametrů	80

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Deficit Fe na listech pšenice (Ryant, 2003, Department of Agriculture and Food, 2015).....	15
Obrázek 2: Deficit Mn na listech pšenice (Ryant a kol., 2003, Department of Agriculture and Food, 2015)	17
Obrázek 3: Toxické působení Mn na listech ječmene (Ryant a kol., 2003)	18
Obrázek 4: Deficit Cu u klasu a listů pšenice (Ryant a kol., 2003).....	20
Obrázek 5: Deficit Zn na listech pšenice (Department of Agriculture and Food, 2015, Ryant, 2003)	22
Obrázek 6: Deficit molybdenu na listech obilnin (Department of Agriculture and Food, 2015)	24
Obrázek 7: Deficit bóru u pšenice (Ryant a kol., 2003).....	26
Obrázek 8: Nadbytek bóru na listech ječmene (Ryant a kol., 2003)	27