

LEHEKAUDSELT ANTUD VÄÄVLI MÕJU TALINISU SAAGIKUSELE, SAAGI KVALITEEDILE JA KÜPSETUSOMADUSTELE

Malle Järvan

Eesti Maaviljeluse Instituut, taimekasvatuse osakond, Teaduse 13, Saku 75501

e-mail: malle.jarvan@eria.ee

ABSTRACT. *This study with winter wheat (Triticum aestivum, var. Lars) was carried out in 2004 and 2005 on two different soil lacking in available sulphur. The objective of this work was to investigate the effect of foliar applied sulphur on the grain yield, quality and baking properties. As sources of sulphur the dissolved ammonium sulphate (S 24%), liquid fertilizer Sulfur F3000 (S 340 g l⁻¹) and fungicide Thiovit Jet (S 800 g kg⁻¹) were applied at the tillering and shooting stages. In the trial No. 1, ammonium sulphate and Sulfur at the different rates were added into Silmet's liquid N-fertilizer which contained N 170 g l⁻¹, and were sprayed on wheat plants at the rate of N 60 + 60 kg ha⁻¹ (2004) or N 40 + 40 kg ha⁻¹ (2005). In the trial No. 2, the effect of Thiovit sprayed at the tillering and shooting stages with the rates of 3 and 6 kg ha⁻¹ on the background of N 60 + 60 kg ha⁻¹ as solid ammonium nitrate was investigated.*

On the calcareous soil, the foliar application of sulphur increased the grain yield by 11–55%, depending on the growth stage, sulphur source and application rate. Under the influence of sulphur, the contents of protein and wet gluten decreased but the gluten index value increased which indicated the better quality of gluten. The foliar applied sulphur improved the baking quality of wheat. On the weakly acid soil, foliar applied sulphur, as a rule, had an insignificant effect on the grain yield and quality.

Keywords: *sulphur, foliar fertilization, Thiovit, winter wheat, yield components, protein, baking properties.*

Sissejuhatus

Taimede juurekaudne toitainetega varustamine võib kasvu ja arengu jaoks kriitilistel perioodidel ajutiselt olla ebapiisav. Seda isegi siis, kui mullas on toitaineid küllaldaselt. Põhjustatud võib see olla mulla ebasoodsatest keemilistest või füüsikalistest omadustest tingitud halvast toitainete omastatavusest, samuti keskkonna stressiteguritest. Põhjus võib olla ka taimejuurte aktiivsuse vähenemine reproduktiivsetes arengufaasides. Sellistes olukordades võimaldab lehekaudne väetamine aktiivselt kasvavate taimede lühiajalist toitainevajadust kiiresti ja efektiivselt rahuldada (Gransee, 2004; Järvan, 2007).

Intensiivses taimekasvatuses tuleb üsna sageli ette mõne toiteelemendi puuduse tõttu tekkinud saagikuse langust ja saagi kvaliteedi halvenemist. Samal ajal jääb ka teiste toiteelementide efektiivsus ebapiisavaks. Näiteks langeb Gransee (2004) andmeil lämmastiku kasutamise efektiivsus juba üsnagi lühiajalise magneesiumi-, boori-, mangaani- või väävlipuuduse korral. Ka pikaajalistes põldkatsetes Põhja-Eesti karbonaatsel mullal on

täheldatud, et vaatamata mulla heale boniteedile ja regulaarsele NPK-väetiste andmisele on lämmastikväetise kasutamise efektiivsus jäänud väga madalaks. Nagu selgus, oli selle üks olulisi põhjuseid liikuva (veeslahustuva) väävli vähesus mullas (Adamson, Järvan, 2006). Väävlipuuduse leevendamisel kas siis mulda või lehekaudsest antud väävliühendite abil, mis oluliselt suurendas talinisu saagikust, suurenes oluliselt ka lämmastiku kasutamise efektiivsus.

Lehekaudset väetamist ei tohi siiski käsitleda kui taimede toitumise alternatiivset viisi (Mengel, Kirkby, 1987; Toselli, 2003). See on vaid täiendav võimalus, põhiliseks jääb ikka toitainete omastamine juurte kaudu.

Väävlit on lehekaudsest võimalik anda mitmesuguste keemiliste ühenditega. Ei maksaks unustada, et lehtede kaudu siseneb ka atmosfääris leiduv vääveldioksiid. Lehekaudsest omastatud väävli efektiivsus oleneb paljudest teguritest, sealhulgas keskkonna tingimustest, taimede kasvufaasist, väävli vormist jm. Teatud juhtudel on talinisu kõrsumise algus- ja loomise lõppfaasis lehtede kaudu antud elementaarne väävel mõjunud efektiivsemalt kui mulda antud mitmesugused väävli vormid (Ryant, Hřivna, 2004). Tea *et al.* (2007) andmeil assimileerus elementaarses vormis antud väävel nisu lehtedes suuremal määral ning oli efektiivsem kui sulfaatvormis väävel. Terade täitumise faasis lehekaudsest antud väävel võimaldas kompenseerida väävlipuudust ning sellest tulenevalt paranesid nisu küpsetusomadused (Tea *et al.*, 2007).

Märgistatud väävliga (³⁵S) tehtud uurimustes on selgunud, et kuigi lehtede kaudu vastu võetud elementaarse väävli kogused olid väikesed, metaboliseerus see tsüsteiini, metioniini, glutatiooni ja teiste väävlit sisaldavate ühendite koostisosisena (Legris-Delaporte *et al.*, 1987b; McGrath, Till, 1993). Nisutaimede pritsimisel lämmastiku ja väävli radioaktiivseid isotoope (¹⁵N ja ³⁴S) sisaldavate lahustega öitsemisfaasis, mil nisu lehepinna indeks on maksimaalne, selgus, et väetised absorbeerusid ja assimileerusid hästi ning jaotusid terades mitmesuguste valkude koostisosades. Eriti rohkesti leidis neid märgistatud elemente gliadiinide ning madal- ja kõrgmolekulaarsete gluteniinide osades (Tea *et al.*, 2003). Teatavasti just need eelnimetatud valkude alarühmad mängivad suurt rolli nisujahust valmistatud taigna omaduste väljakujunemisel.

Väävlipuudust on võimalik leevendada ka väävlit sisaldavate taimekaitsevahendite, näiteks jahukaste tõrjeks lubatud Thiovit Jet abil. See fungitsiid sisaldab 80% elementaarset väävlit (Taimekaitsevahendid ..., 2008). Saksa teadlaste uurimusest on selgunud, et noored talinisu- ja rapsitaimed suutsid lehtede kaudu omastada – siiski võrdlemisi piiratud koguses – selle ühendiga antud elementaarset väävlit (Gransee, 1997). Thiovit Jet väävelväetisena on end õigustanud ka Kuubas läbi

viidud uurimuses: kaitstes kultuure seenhaiguste eest on pritsimine Thiovit 2–6 kg ha⁻¹ annustega samal ajal oluliselt suurendanud ka saagikust; ühtlasi rõhutatakse, et parimaid tulemusi andis pritsimine taime varasemates kasvujärgkudes (Socorro *et al.*, 2008).

Elementaarset väävlit sisaldavad preparaadid toimivad erinevaid mehhanisme pidi nii fungitsiidina kui taimetoitainena. Sellist kahesuunalist toime-mehhanismi on selgitatud Wells *et al.* (1986) ja Legris-Delaporte *et al.* (1987a) teadusuuringutes. Seenorganismis elementaarväävel redutseerub väävelvesinikuks (H₂S) ja sel juhul sulfiidioon toimib rakuainevahetuses mürgina. Kõrgemate taimede, antud juhul nisu, lehtedesse sisenenud elementaarne väävel aga oksüdeerub sulfaatiooniks, mis ei ole taime suhtes mürgine ja mis on tavaline väävlit vorm taimede toitumises. Sellisel juhul on võimalik väävlipuudust välistada vähemalt osaliseltki (Wells *et al.*, 1986; Legris-Delaporte *et al.*, 1987a).

Põhja-Eesti karbonaatsel mullal võib talinisul kergeti tekkida väävlipuudus. Kevadisel pealtväetamisega tahkes vormis antud NS-väetised võimaldasid seda vältida (Järvan *et al.*, 2012). Samal ajal kerkis üles küsimus, kas talinisu väävlipuudust on võimalik leevendada ka lehtede kaudu, pritsides mitmesuguste väävlit sisaldavate ühenditega. Käesoleva uurimistöö eesmärgiks seatigi selgitada, kuidas ammooniumsulfaadi, Sulfur F3000 ja Thiovit Jet lahustena antud väävel mõjutab talinisu saagikust, saagi kvaliteeti ja jahu küpsetusomadusi.

Materjal ja meetodika

2004. ja 2005. aastal viidi Sakus läbi neli põldkatset, selgitamaks lehekaudselt antud väävlit mõju talinisu sordile 'Lars'. Katsed viidi läbi Üksnurmes külvikorra väljaladel. Talinisule eelnes varajane punane ristik, mis pärast seemne koristamist mulda künti. Katsemuldade agrokeemilised näitajad olid järgmised: 2004 – pH_{KCl} 7.2, C_{org} 2.2%, P 90 mg kg⁻¹ (Egner-Riehm, DL-meetod), K 206 mg kg⁻¹ (DL), Ca 2320 mg kg⁻¹ (Egner-Riehm-Domingo, A-L meetod), Mg 87 mg kg⁻¹ (A-L), veeslahustuv S 8 mg kg⁻¹; 2005 – pH_{KCl} 5.6, C_{org} 1.9%, P 102 mg kg⁻¹, K 147 mg kg⁻¹, Ca 1560 mg kg⁻¹, Mg 46 mg kg⁻¹, S 9.9 mg kg⁻¹. 2004. aasta talinisule ei antud külvi eel mineraalväetist, 2005. aasta talinisu alla anti kompleksväetisega N10 P20 K50 S10 kg ha⁻¹. Katsed viidi läbi 25 m² suurustel katselappidel neljas korduses.

Esimeses katses anti talinisule lämmastik Silmeti lämmastikvedelväetisena. See kujutab endast ammooniumsulpeetri lahust, mis sisaldas veidi ka naatrium-sulpeetrit ja milles lämmastiku (N) sisaldus oli ~170 g l⁻¹ (Järvan, 2003). Katsevariandid on esitatud tabelis 1. 2004. aastal anti kontrollvariandile Silmeti vedelväetisega N 60 kg ha⁻¹ võrsumise algfaasis (EC 21, 6. mail) ja teist korda N 60 kg ha⁻¹ kõrsumise faasis (EC 31–32, 2. juunil). Lahjendamata väetis pritsiti taimikule selgpritsi abil. Vastavalt katsevariandile lisati Silmeti vedel-

väetisesse enne pritsimist vastavas koguses (5, 10 või 15 l ha⁻¹) Sulfur F3000 (sisaldab liitri kohta 340 g S ja 148 g N) või lahustatud ammooniumsulfaati (sisaldab S 24% ja N 21%). 2005. aastal sai kogu katseala 5. mail ammooniumsulpeetrina N 34 kg ha⁻¹. Kontrollvariandile anti Silmeti vedelväetist normiga N 40 kg ha⁻¹ esimest korda 20. mail (nisu kasvufaasis EC 24) ja teist korda 30. mail (EC 31–32). Katsevariantide puhul lisati Silmeti vedelväetisesse vastavates kogustes Sulfurit ja lahustatud ammooniumsulfaati.

Teises katses anti talinisule lämmastik tahkes vormis, ammooniumsulpeetrina. Kõikidele katselappidele anti seda normiga N 60 + N 60 kg ha⁻¹. 2004. aastal väetati 12. mail (võrsumisfaas, EC 22–23) ja 2. juunil (kõrsumisfaas, EC 31–32); 2005. aastal väetati 10. mail ja 30. mail. Vastavalt katsevariandile (vt tabel 2) pritsiti osa variante eeltoodud kuupäevadel Thiovit Jet lahustega kas võrsumise või kõrsumise faasides. Pritsimislahuse kulunorm oli 300 l ha⁻¹, pritsiti selgpritsiga. Talinisu loomisfaasi alguses määrati lipulehes 30 proovi keskmine klorofüll sisaldus klorofüllmeetriga Minolta SPAD. Katsevariantide kõikidelt katselappidelt võeti enne saagi koristamist proovivihud 0.25 m² pinnalt. Määrati produktiivsete võrsete arv taime kohta, keskmine terade arv peas ning 1,000 tera mass, võttes arvesse kõik peas moodustunud terad. Hiljem määrati 1,000 tera mass (> 2.5 mm) ka puhastatud ja sorteeritud saagist.

Saagid koristati kombiniga, kuivatati, sorteeriti ning arvestati 86% kuivainele. Võeti teraproovid variantide kõikidelt kordustelt, millest koostati koondproov esmaste kvaliteedinäitajate (langemisarv, proteiini ja kleepvalgu sisaldused, gluteenindeks) määramiseks. Talinisu küpsetusomaduste määramise ja prooviküpsetuste tegemise jaoks võeti katsevariandi iga korduse saagist keskmine teraproov mahuga ~1.5 liitrit ning ühendati koondprooviks massiga ~4 kg. Talinisu kvaliteedianalüüsid ja prooviküpsetused tehti Põllumajandusuuringute Keskuse taimse materjali laboris.

Proteiin määrati AOAC 2001.11 järgi. Märja kleepvalgu sisaldus ja kvaliteet määrati ICC 155:1994 järgi. Langemisarv määrati EN ISO 3093:2009 järgi. Küpsetuskatsed viidi läbi etapiviisiliselt. Terad jahvatati laboratoorse veskiga QC 109. Jahudel lasti laagerduda. Seejärel määrati jahu kvaliteedinäitajad: niiskus vastavalt EVS-EN ISO 712:2010 või PMK/TML 1:2005; toorproteiini sisaldus vastavalt AOAC 2001.11 või infrapuna analüsaator Infratec NIT 1275 Analyseriga; langemisarv vastavalt EN ISO 3093:2009; märja kleepvalgu sisaldus ja kvaliteet vastavalt ICC 155:1994. Taigna küpsetusomaduste määramine toimus Farinograaf Brabender seadme abil vastavalt ICC 115/1:1992. Taigna staadiumis määrati jahu veesidumisvõime, taigna moodustumise aeg, taigna stabiilsus, taigna pehmenemisaste ja kvaliteedinumber. Valmistootte ehk saia staadiumis määrati pätsi ruumala, eriruumala ning eriruumala ja proteiini suhe, ümara toote kõrguse ja diameetri suhe ning sisu poorsus.

Saagistruktuuri elementide ja saagikuse andmed töödeldi dispersioonanalüüsi meetodil.

Tabel 1. Lehekaudselt ammooniumsulfaadi ja Sulfur F3000-ga väetamise mõju talinisu 'Lars' saagistruktuuri elementidele, saagikusele ja saagi kvaliteedile 2004. ja 2005. a**Table 1.** The effect of foliar application of ammonium sulphate and Sulfur F3000 on winter wheat at Saku in 2004–2005

Aasta/Year Katsevariant/Treatment	Viljavihu analüüs Analysis of sheaf			Koristamisel / At harvesting			Saagi kvaliteet / Crop quality			
	Produktiiv- võrseid tai- me kohta / Productive sprouts per plant, tk	Terade arv peas / Number of grains per ear, tk	1,000 tera mass (kõik moodustu- nud terad) / 1,000 grain weight (all grains), g	Saak Yield t ha ⁻¹	Saak Yield %	1,000 tera mass (> 2.5 mm) 1,000 grain weight, g	Langemis- arv Falling number sek	Proteiin Protein %	Kleepvalk Wet gluten %	Gluteen- indeks Gluten index %
2004, Katse / Trial I										
Väetamata / Without fertilizer	1.16	24.2	44.0	2.93	-	59.9	358	13.7	21.9	84
N**60 + N**60 (kontroll/control)	1.20	27.7	45.2	3.54	100	59.7	370	14.1	31.6	45
+ S _{AS} 3 + 3 kg ha ⁻¹	1.51	33.7	43.7	5.09	144	57.2	355	12.1	29.0	59
+ S _{AS} 6 + 6 kg ha ⁻¹	1.68	33.3	44.6	5.27	149	57.4	372	11.7	25.2	58
+ S _{Su} 1.7 + 1.7 kg ha ⁻¹	1.52	32.7	43.4	4.49	127	57.4	380	13.1	30.4	47
+ S _{Su} 3.4 + 3.4 kg ha ⁻¹	1.70	32.6	42.1	4.95	140	57.1	368	12.6	27.9	46
+ S _{Su} 5.1 + 5.1 kg ha ⁻¹	1.65	32.7	40.8	4.99	141	54.9	380	12.2	26.8	60
PD /LCD ₀₅	0.19	4.0	1.9	0.41	12					
2005, Katse / Trial I										
N* 34 katse foon	2.18	35.6	41.6	5.01	-	42.6	63	12.1	26.6	60
+ N**40 + N**40 (kontroll/control)	2.24	41.7	41.6	5.51	100	44.5	70	13.6	30.7	49
+ S _{AS} 3 + 3 kg ha ⁻¹	2.79	39.4	41.0	5.71	104	44.8	70	13.7	31.5	54
+ S _{AS} 6 + 6 kg ha ⁻¹	3.45	38.8	34.4	5.58	101	41.6	62	13.5	30.8	45
+ S _{Su} 1.7 + 1.7 kg ha ⁻¹	2.70	38.4	38.5	5.47	99	43.1	62	13.6	31.5	46
+ S _{Su} 3.4 + 3.4 kg ha ⁻¹	2.89	37.4	42.7	5.56	101	44.2	64	13.6	31.2	54
PD /LCD ₀₅	0.33	4.2	2.9	0.52	9	2.1				

N* – lämmastik ammooniumsulfaadiga / with ammonium nitrate, kg ha⁻¹; N** – lämmastik Silmeti vedelväetisega / with Silmet's liquid fertilizer; S_{AS} – väävel (S) ammooniumsulfaadina / as ammonium sulphate; S_{Su} – Sulfur F3000-na / as Sulphur F3000.

Tabel 2. Thiovitiga pritsimise mõju talinisu 'Lars' saagistruktuuri elementidele, saagikusele ja saagi kvaliteedile Sakus aastail 2004–2005**Table 2.** The effect of the spraying with Thiovit on the winter wheat yield and quality in 2004–2005

Aasta/Year Katsevariant/Treatment	Viljavihu analüüs Analysis of sheaf			Koristamisel / At harvesting			Saagi kvaliteet / Crop quality			
	Produktiiv- võrseid tai- me kohta / Productive sprouts per plant, tk	Terade arv peas / Number of grains per ear, tk	1,000 tera mass (kõik moodustu- nud terad) / 1,000 grain weight (all grains), g	Saak Yield t ha ⁻¹	Saak Yield %	1,000 tera mass (> 2.5 mm) 1,000 grain weight, g	Langemis- arv Falling number sek	Proteiin Protein %	Kleepvalk Wet gluten %	Gluteen- indeks Gluten index %
2004, Katse / Trial II										
N*60 + N*60 (kontroll/control)	1.12	23.0	44.0	3.03	100	55.3	386	14.4	29.8	23
+ Thiovit 3 kg ha ⁻¹ võrsumisfaasis / at tillering	1.34	29.7	46.1	3.93	130	55.5	382	13.3	27.9	42
+ Thiovit 6 kg ha ⁻¹ võrsumisfaasis / at tillering	1.56	33.6	45.8	4.69	155	58.2	382	12.7	28.0	52
+ Thiovit 3 kg ha ⁻¹ kõrsumisfaasis / at stem elongation	1.12	25.8	46.4	3.35	111	60.1	385	14.2	31.5	44
+ Thiovit 6 kg ha ⁻¹ kõrsumisfaasis / at stem elongation	1.28	29.4	49.4	4.39	145	58.3	357	14.0	33.4	64
PD /LCD ₀₅	0.07	3.6	4.4	0.54	17	1.0				
2005, Katse / Trial II										
N*60 + N*60 (kontroll/control)	1.46	35.7	41.6	5.63	100	44.7	74	13.1	31.6	52
+ Thiovit 3 kg ha ⁻¹ võrsumisfaasis / at tillering	1.62	33.9	41.7	5.92	105	46.2	68	12.9	29.5	56
+ Thiovit 6 kg ha ⁻¹ võrsumisfaasis / at tillering	2.19	32.9	39.5	6.14	109	44.2	72	12.8	29.8	56
+ Thiovit 6 kg ha ⁻¹ kõrsumisfaasis / at stem elongation	1.57	37.2	42.4	5.76	102	45.7	70	13.1	30.2	51
PD /LCD ₀₅	0.18	1.6	3.1	0.44	7					

N* – lämmastik ammooniumsulfaadiga / N* as ammonium nitrate, kg ha⁻¹.

Tulemused ja arutelu

2004. aasta esimeses katses anti talinisule kogu lämmastikunorm ($N\ 60 + 60\ kg\ ha^{-1}$) Silmeti vedelväetisega seda eelnevalt lahjendamata. Selline suur vedelväetise kogus ($N60$, s.o $\sim 350\ l\ ha^{-1}$) ei jäänud täies mahus lehtedele – seda enam, et me ei lisanud mingit märgamisvahendit –, vaid osa sattus ka maapinnale. Hiljem, sademetes lahustunult, tõenäoliselt jõudis ka see osa väetisainetest juurte kaudu taimedesse. Teatavasti on praktilise tootmise tingimustes sageli raske eristada, milline osa taimikule pritsitud väetisainetest sisenes taime lehtede ja milline osa juurte kaudu (Mengel, Kirkby, 1987). 2004. aastal talinisu pritsimine võrsumisfaasis ei tekitanud lehepõletusi üheski katsevariantis, vaatamata sellele, et maikuu alguse ilmad olid sademeteta ja päikesepaistelised ning maksimumtemperatuurid ulatusid $26\ ^\circ C$ -ni. Katsevariante kavandades pidasime lehepõletuste tekkimist siiski üsna tõenäoliseks, sest tegemist oli ju ammooniumsulfaadi kõrgekonsentratsioonilise lahusega, millesse teatud katsevariantides oli lisatud veel ammooniumsulfaati või Sulfurit. Küll aga tekitas lehepõletusi kõrsumisfaasis olevate nisutaimede väetislahustega pritsimine. Silmeti väetisega pritsitud katselappidel oli pruunistunud umbes pool taime tipmisest lehest, Sulfuri-lisandiga variantidel esines põletus kogu lehe pinnal. Umbes nädal pärast kõrsumisfaasis pritsimist taimiku kõrbunud välimus muutus intensiivselt roheliseks, sest noored lehed arenesid normaalselt. Lehekaudselt väävlit – kas siis Sulfuri või ammooniumsulfaadina – saanud katselappidel kasvasid taimed jõulisemalt kui kontrollvariantis.

Üldiselt tekivad lehtedel põletused siis, kui lehekaudselt antakse väetisi palavatel päikesepaistelisel päeval. Sellistes tingimustes aurub väetislahuste vesi kiiresti, toitesoolad akumulatsioonid lehepinnal ega saa enam lehte siseneda; tagajärg on lehepõletus (Mengel, Kirkby, 1987; Schönherr, 2004). Kuna toitesoolade läbitungimine lehe kütikulast ja sisenemine taimerakkudesse – ehk penetratsioon – ei sõltu keskkonna temperatuurist, küll aga õhu relatiivsest niiskusest (Schönherr, 2004), tuleks pritsida õhtu eel, mil õhuniiskus on kõrgem ja alaneva õhutemperatuuri tingimustes on lehepõletuste oht märksa väiksem.

Ka teiste teadlaste katsetes pole lehepõletused olnud sugugi haruldased. Nii märgivad näiteks Phillips ja Mullins (2004), et talinisule arengufaasis GS 30–32 (s.o kõrsumise alguses) pealtväetiseks antud N- ja NS-väetiste (ammooniumnitraat, ammooniumsulfaat, karbamiid-ammooniumnitraat ehk UAN) lahused tekitasid lehepõletusi. Suuremate N-normide korral olid põletused tugevamad, seejuures väetise liik ei avaldanud olulist mõju. Vaatamata sellele, et väävlit lisand väetises (UAN + S) suurendas põletust, ei põhjustanud see saagilangust. Curley (1994) kogemustest järeldus, et kui võrsumise ajal lahustena antud N- või NS-väetiste suurte normide tagajärjel kerged või mõõdukad lehepõletused ka tekkisidki, oli lõpptulemus siiski saagi oluline suurenemine.

Eelmainitud autoriga samalaadseid tulemusi saadi ka meie 2004. aasta katses. Võrreldes kontrollvariantiga suurenes talinisu saagikus lehekaudselt ammooniumsulfaadina antud väävlit mõjul $43.8\text{--}48.9\%$ ja Sulfurina

antud väävlit mõjul $26.8\text{--}41.0\%$ (tabel 1). Suurema saagi kujunemises oli väävlilisandil oluline roll saagikomponentide osatähtsuse mõjutamises. Nimelt suurendas väävel produktiivvõrsete moodustumist $25.8\text{--}41.7\%$ ja terade arvu peas $17.7\text{--}21.7\%$. Samal ajal aga ei jõudnud kõik viljapeas moodustunud terad normaalselt täituda ning 1,000 tera mass kas vähenes või ilmnis tendents vähenemise suunas.

2005. aasta varakevadel, lumiseene kahjustusest tingituna, oli talinisu taimik katselappidel märksa hõredam, kuid hiljem võrsus see intensiivsemalt kui eelmisel aastal. Pealtväetamisel Silmeti lämmastikvedelväetisega ammooniumsulfaadi või Sulfuri vormis lisatud väävel soodustas eriti tugevalt produktiivvõrsete väljaarene-mist, nende arv ühe taime kohta suurenes $20.5\text{--}54.0\%$. Kuid mida rohkem produktiivvõrseid taimel kasvas, seda väiksemaks jäi moodustunud terade keskmine mass. Näiteks, kui kahel pritsimisel anti ammooniumsulfaadina väävlit $S\ 6 + 6\ kg\ ha^{-1}$, siis produktiivvõrsete suurenedes 54% võrra vähenes 1,000 tera mass 17.3% . Seejuures olulised nihked saagikomponentides ei kajastunud saagi suuruses, sest lehekaudselt väetatud katsevariantide saagikustes ei ilmnunud usutavaid erinevusi. Ka sellel aastal tekitas N- ja NS-väetistega pritsimine talinisu lehepõletusi.

Miks lehekaudselt antud väävel ühel aastal (2004) oli väga efektiivne, teisel (2005) aastal aga mitte, võis olla tingitud mitmest põhjusest. 2005. aasta talinisu tõenäoliselt ei kannatanud väävlipuuduse all. Esiteks, külviaegselt antud kompleksväetisega sai katseala ka väävlit koguses $S\ 10\ kg\ ha^{-1}$. Teiseks, 2005. aasta kevad oli eelmise aasta kevadest, mis oli kaua väga külm ja sademeteta, tunduvalt soojem ja sademerohkem, mispärast olid tingimused väävlit vabanemiseks mulla orgaanilisest ainest soodsad. Kolmas põhjus võisid olla ka erinevused katsepõldude muldade agrokeemilistes omadustes. 2004. aastal paiknes katse tugevalt karbonaatsel rähkmullal, 2005. aastal aga nõrgalt happelisel saviliivmullal. Teatavasti, kui mulla pH ja Ca-sisaldus on liiga kõrge, on väävlit vabanemine mulla orgaanilisest ühenditest ja taimedele omastamine pidurdatud (Mengel, Kirkby, 1987; Järvan *et al.*, 2011) ning sellisel juhul võib väävlit väetamine üsna efektiivseks osutuda.

Talinisu kasvuaegne väetamine Silmeti lämmastikvedelväetisega suurendas mõlemal katse aastal terade proteiini- ja kleepvalgusisaldust (tabel 1). Kui Silmeti lämmastikväetisesse oli lisatud väävlit ammooniumsulfaadina, siis 2004. aasta katse tingimustes vähenes nisu proteiinisaldus $2.0\text{--}2.4$ sisaldusprotsendi võrra ja kleepvalk $2.6\text{--}6.4$ sisaldusprotsendi võrra, samal ajal aga suurenes oluliselt gluteeniindeks, mis teatavasti näitab kleepvalgu kvaliteedi paranemist (Curic *et al.*, 2001; Järvan *et al.*, 2006; 2012). 2004. aasta katses vähendas ka Sulfurina lisatud väävel nisu proteiini- ja kleepvalgusisaldust. Oma arvukates katsetes aastaist 2003–2008, mis viidi läbi Sakus karbonaatsel rähkmullal, oleme üldiselt täheldanud, et väävlit toimet vähenes talinisu proteiini- ja kleepvalgusisaldus ka tahkete väetistega pealtväetamisel, kuid proteiini bioloogiline kvaliteet paranes oluliselt (Järvan *et al.*, 2012).

Meie katse tulemustest mõnevõrra teistsuguseid tulemusi on saadud Pakistanis, kus karbonaatsel mullal läbi

viidud katsetes uuriti nisu lehekaudset väetamist karbamidi ja ammooniumsulfaadiga. Kõige suurema kleepvalgusisaldusega saak saadi variandis, kus normaalsel lämmastiku foonil (N60 + N60) anti ammooniumsulfaadiga S 5 kg ha⁻¹ nisu õitsemise ajal ja veel teistkordselt S 5 kg ha⁻¹ pärast õitsemist (Saeed *et al.*, 2011).

Meie teises katses uuriti, kas väävlipuudust võimaldab kompenseerida ka talinisu pritsimine erinevates arengufaasides Thiovit Jet lahustega (katsevariandid vt tabel 2). Märkimisväärne, et kummalgi katseaastal ei tekkinud vajadust kasutada Thiovitit kui fungitsiidi, sest jahukastet ei esinenud.

Thiovitit ja elementaarväävli lahustega pritsimist on teatud määral uuritud ka mujal. Nii näiteks Tšehhimaal väävliga väetamise viiside uurimisel selgus, et talinisu kõrsumise algul ja loomise lõppfaasis lehtede kaudu kahel korral antud elementaarne väävel mõjus efektiivsemalt kui mulda antud väävli vormid (Ryant, Hřivna, 2004). Inglismaal tehtud katsetes anti suvinisule võrsu- (GS 23) ja kõrsumise (GS 30–32) faasis lehekaudselt Thiovit (80% S) normidega 10 ja 20 kg ha⁻¹. Positiivset mõju nisu saagikusele ei täheldatud üheski katsevariandis, kuigi ühel juhul (Thiovit 10 kg ha⁻¹, pritsitud võrsumisfaasis) suurenes viljapeade arv pinnaühiku kohta (Hussain, Leitch, 2007). Millegipärast kasutasid selle uurimuse autorid üsna suuri Thioviti norme. Eestis on selle preparaadi kulunorm teraviljadele 3–5 kg ha⁻¹ (Taimekaitsevahendid ..., 2008).

Meie katsetes pritsiti talinisu taimi Thioviti lahustega võrsu- (EC 22–23) ja kõrsumise (EC 31–32) faasis. 2004. aasta katses intensiivistus selle mõjul klorofüllisüntees – Thiovitiga pritsitud katselapid eristusid värvuse poolest selgelt kontrollvariandi lappidest. Kui kontrollvariandi taimede lipulehtedes oli keskmine klorofüllinäit 32.2 SPAD-ühikut, siis võrsumisfaasis pritsitud taimedel oli see 44.9–49.3 ja kõrsumisfaasis pritsitud taimedel 39.8–41.0. Lehtede kõrgem klorofüllisisaldus teatavasti loob head eeldused saagikuse suurenemiseks. 2005. aastal oli talinisu lipulehtede keskmine klorofüllisisaldus kõikides katsevariantides üsna ühesugune, piirides 47.9–49.7 SPAD-ühikut.

Võrsumisfaasis pritsimine oli mõlemal aastal efektiivsem kui hilisem pritsimine ja suurem kasutusnorm (Thiovit 6 kg ha⁻¹) efektiivsem kui poole väiksem norm (tabel 2). Võrsumisfaasis pritsimine 2004. aasta katses suurendas produktiivvõrsete teket 19.6–39.3% ja terade arvu peas 29.1–46.1% ning nisusaaki 29.7–54.8%. Thioviti suurema normi korral suurenes ka 1,000 tera mass 2.9 g võrra. 2005. aasta katse tingimustes lehekaudselt võrsumisfaasis antud Thiovit normiga 6 kg ha⁻¹ suurendas oluliselt (50.0%) produktiivvõrsete teket, kuid et keskmine terade arv peas vähenes ja ilmnis tendents ka 1,000 tera massi vähenemisele, siis nisu saagikus suurenes vaid 0.51 t ha⁻¹ võrra ehk 9.0%.

Talinisu võrsumisfaasis pritsimisel Thiovitiga vähenes proteiini ja kleepvalgu sisaldus nisuterades. Kõrsu-

misfaasis pritsimise korral me sellist reeglipärasust ei täheldanud. Prantsusmaal tehtud uurimuses selgus, et nisu korduv pritsimine elementaarset väävli sisaldavate lahustega kõrsumisfaasist kuni loomiseni pidurdas proteiini sünteesi ja mõne proteiini koostisesse kuuluvate aminohapete akumulierumist tera moodustumise algfaasides, kuid ei muutnud nende aminohapete suhtelist sisaldust valminud terades (Legris-Delaporte, Landry, 1987). Kuigi 2004. aastal Thiovitiga pritsimine proteiini- ja kleepvalgusisaldust nisuterades vähendas, suurenes selle mõjul oluliselt gluteenindeksi väärtus, mis kontrollvariandi terades oli erakordselt madal, vaid 23%. Sellest võis oletada, et Thioviti mõjul paranesid nisu küpsetusomadused, mis hiljem ka tõeks osutus.

Esimese ja teise katse valikuliste variantide nisudega viidi läbi ka küpsetusomaduste määramine ja prooviküpsetused, mille tulemused on esitatud tabelis 3. Kui omavahel võrrelda 2004. aasta katse nr 1 variante, siis selgus, et kõikides lehekaudselt väävli saanud variantides – vaatamata sellele, et nende puhul proteiini- ja kleepvalgusisaldused olid madalamad kui kontrollvariandil – olid jahude küpsetusomadused oluliselt paremad. Lehekaudselt antud väävli mõjul oli jahu gluteenindeks kõrgem, taigna stabiilsus kestvam ja kvaliteedinumber kõrgem; pätsi maht oli 16.9–24.8% suurem, eriruumala suurem ja sisu poorsus parem. Eriti suur erinevus ilmnis ümara toote kõrguse ja diameetri suhetes: kui kontrollvariandi tootel oli see vaid 0.22 ning toode oli madal ja laialivajunud, siis väävliga variantide toodetel oli kõrguse ja diameetri suhe 0.39–0.42 ning toodete nn karkass tugev. 2005. aasta katse tingimustes, mil lehekaudselt ammooniumsulfaadi või Sulfurina manustatud väävel peaaegu ei mõjutanud talinisu saagikust ja saagi esmaseid kvaliteedinäitajaid, ei mõjutanud see praktiliselt ka jahude küpsetusomadusi.

Teise katse puhul, milles talinisu väävlipuuduse leevendamiseks kasutati Thioviti lahusega pritsimist, mõjus see positiivselt ka jahu küpsetusomadustele. Kõrgeima saagikuse taganud variandis, mille puhul talinisu võrsumisfaasis pritsimisel kasutati Thioviti normiga 6 kg ha⁻¹, oli jahu gluteenindeks kõrgem, taigna stabiilsus ja kvaliteedinumber parem, küpsetise maht 21.3% suurem ning suuremad olid ka eriruumala ning ümara toote kõrguse ja diameetri suhe.

Käesoleva töö kokkuvõtteks võib teha järelduse, et talinisu väävlipuudust on võimalik leevendada ka lehekaudselt, kasutades selleks mitmesuguste väävli sisaldavate ühendite (ammooniumsulfaat, Sulfur F3000, Thiovit Jet) lahustega pritsimist. Teatud juhtudel võib lehekaudne väetamine tekitada taimelehtedel nõrku kuni mõõdukaid põletusi ning saagi proteiini- ja kleepvalgusisalduse vähenemist, kuid sellele vaatamata talinisu saagikus enamasti suurenes ja jahu küpsetusomadused paranesid. Väävliga lehekaudse väetamise efektiivsust mõjutavad mitmesugused tegurid, sealhulgas ilmastik, mulla omadused ning taimede kasvufaas.

Tabel 3. Lehekaudselt väävliga väetamise mõju Sakus rähkmullal kasvatatud talinisu 'Lars' küpsetusomadustele aastail 2004–2005
Table 3. The effect of the foliar application of sulphur on the baking properties of winter wheat growing on break-stony soil at Saku in 2004–2005

Aasta / Year Katsevariant / Treatment	JAHU / FLOUR				TAIGEN / DOUGH					SAI / BREAD				
	Lange- misarv Falling number, sek	Proteiin Protein %	Kleep- valk Wet gluten, %	Gluteen- indeks Gluten index, %	Veesisu- misvõime Water absorp- tion, %	Moodus- tumise aeg Develop- ment, min	Stabiil- sus Stabi- lity, min	Pehme- nemise aste Degree of softe- ning	Kvali- teedi- number Quality number	Ruum- ala Volu- me, cm ³	Eri- ruumala Specific volume, cm ³ g ⁻¹	Kõrgus : diameeter Height : diameter	Poor- sus Porosity, 1 : 10	Poor- sus Porosity, %
2004, Katse / Trial I														
N**60 + N**60 (kontroll / control)	407	12.1	33.6	54	63.0	2.5	2.5	60	41	1258	3.23	0.22	2	64
+ S _{AS} 3 + 3 kg ha ⁻¹	397	10.8	30.6	83	60.8	2.5	6.9	64	86	1524	3.88	0.42	4	69
+ S _{AS} 6 + 6 kg ha ⁻¹	397	10.5	30.0	81	60.5	3.8	6.2	69	90	1570	4.04	0.39	5	73
+ S _{Su} 3.4 + 3.4 kg ha ⁻¹	400	11.4	32.9	73	61.2	3.7	7.0	58	97	1470	3.82	0.40	1	75
2005, Katse / Trial I														
N* 34 katse foon	72	11.3	28.1	80	56.7	3.0	2.6	124	44	1713	4.65	0.41	5	83
+ N**40 + N**40 (kontroll / control)	97	12.0	31.8	75	58.5	3.0	4.7	106	54	1771	4.66	0.43	6	83
+ S _{AS} 3 + 3 kg ha ⁻¹	94	12.2	32.2	82	58.4	3.8	5.3	105	70	1669	4.28	0.45	6	81
+ S _{Su} 3.4 + 3.4 kg ha ⁻¹	91	12.2	31.2	77	58.1	3.7	4.7	105	62	1638	4.24	0.55	6	82
2004, Katse / Trial II														
N*60 + N*60 (kontroll / control)	427	12.4	30.5	46	63.9	2.7	2.8	55	44	1242	3.21	0.35	5	69
+ Thiovit 6 kg ha ⁻¹ võrsumisfaasis at tillering	403	11.4	31.7	68	63.0	3.8	3.1	64	59	1507	3.77	0.40	4	70
+ Thiovit 6 kg ha ⁻¹ kõrsumisfaasis at stem elongation	402	12.4	35.3	66	62.4	4.7	9.6	121	49	1438	3.74	0.30	3	73

N* – lämmastik ammooniumsulfaatiga / with ammonium nitrate, kg ha⁻¹; N** – lämmastik Silmeti vedelväetisega / with Silmet's liquid fertilizer;
 S_{AS} – väävel (S) ammooniumsulfaadina / as ammonium sulphate; S_{Su} – Sulfur F3000-na / as Sulphur F3000

Tänuavaldused

Uurimistöö on läbi viidud Põllumajandusministeeriumi rahastatud rakendusuringute projektis 'Täiendavate agrotehniliste võtete abil põllukultuuride kasvu- ja toitumistingimuste parandamise ning kasvatamise tasuvuse suurendamise uurimine' (2003–2007). Suur tänu Mati Kuuskalale abi eest põldkatsete läbiviimisel ja Lea Lukmele küpsetuskatsete tegemisel.

Kirjandus

- Adamson, A., Järvan, M. 2006. Väävlil mõju talinisu saagis-
 traktuuri elementidele ja saagikusele. – EMVI teadustööde
 kogumik LXXI. Taimekasvatus. Saku, 61–66.
- Curic, D., Karlovic, D., Tusak, D., Petrovic, B., Dugum, J.
 2001. Gluten as a standard of wheat flour quality. –Food
 Technology & Biotechnology, 39 (4), 353–361.
- Curley, S. (Editor). 1994. Foliar Nutrition. Midwest Laborato-
 ries, Inc., Omaha, NE. 81 pp.
- Gransee, A. 1997. Aufnahme von elementarem Schwefel über
 Blatt bei Weizen- und Rapspflanzen. Martin-Luther- Uni-
 versität Halle-Wittenberg, Forschungsbericht (Berichtzeit-
 raum 01.01.1995–31.12.1996).
- Gransee, A. 2004. Foliar application of Mg, S, B and Mn has a
 role in ensuring the optimum use of other macronutrients.
 – New AG International, June, 66–67.
- Hussain, Z., Leitch, M. H. 2007. The Effect of Sulphur and
 Growth Regulators on Growth Characteristics and Grain
 Yield of Spring Sown Wheat. – Journal of Plant Nutrition,
 30, 1, 67–77.
- Järvan, M. 2003. Silmeti vedelväetise katsetamise tulemustest
 taliteraviljade pealtväetamisel. – Hüva Nõu, Eestimaa Ta-
 lupidajate Keskkliit, Saku, lk. 4–5.
- Järvan, M. 2007. Põllukultuuride lehekaudselt väetamisest.
 Soovitusi põllukultuuride kasvatajatele. AS Rebellis,
 Saku, lk. 14–17.
- Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A. 2011. Effect of sulphur
 fertilization on grain yield and yield components of winter
 wheat. – Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil
 and Plant Science. (in press, accepted 16th November
 2011).
- Järvan, M., Lukme, L., Akk, A. 2006. Väävlil mõju talinisu
 proteiini bioloogilisele kvaliteedile ja küpsetusomadustele.
 – EMVI teadustööde kogumik LXXI. Taimekasvatus.
 Saku, 123–128.
- Järvan, M., Lukme, L., Akk, A., Edesi, L., Adamson, A. 2012.
 Talinisu saagikus, saagi kvaliteet ja küpsetusomadused
 sõltuvalt lämmastiku ja väävliliga väetamisest. – Agraar-
 teadus, XXIII, 1.
- Legris-Delaporte, S., Ferron, F., Landry, J., Costes, C. 1987a.
 Foliar application of micronized sulfur in wheat: effect
 upon sulfur and nitrogen metabolism of sulfate deprived
 plants. In A. Colerno (ed.) Elemental Sulphur in Agricul-
 ture. Vol. 1. Syndicat Français du Soufre, Marseille,
 France, pp. 365–368.
- Legris-Delaporte, S., Ferron, F., Landry, J., Costes, C. 1987b.
 Metabolization of elemental sulphur in wheat leaves con-
 secutive to its foliar application. – Plant Physiology, 85,
 1026–1030.
- Legris-Delaporte, S., Landry, J. 1987. The effect of foliar
 application of elemental sulphur on the accumulation of
 protein-incorporated amino acids in developing wheat
 grain. – Journal of Cereal Science, 6, 2, 119–123.
- McGrath, S. P., Till, R. 1993. Sulphur uptake following foliar
 application of elemental sulphur. – Journal of the Science
 of Food and Agriculture, 63, 120–126.
- Mengel, K., Kirkby, E. A. 1987. Principles of Plant Nutrition.
 International Potash Institute, Bern/Switzerland, 687 pp.
- Phillips, S. B., Mullins, G. L. 2004. Foliar Burn and Wheat
 Grain Responses Following Topdress-Applied Nitrogen

- and Sulfur Fertilizers. – *Journal of Plant Nutrition*, 27 (5), 921–930.
- Ryant, P., Hrivna, L. 2004. The effect of sulphur fertilization on yield and technological parameters of wheat grain. – *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E*, 59, 4, 1669–1678.
- Saeed, B., Khan, A. Z., Gul, H. 2011. Physio-chemical Qualities of Wheat Varieties as Influenced by Nitrogen and Sulfur Fertilization. – *Pakistan Journal of Nutrition*, 10 (11), 1076–1082.
- Schönherr, J. 2004. Foliar Penetration of Inorganic Nutrients: Laws and Case Studies. – *New AG International*, June, 68–69.
- Socorro, M., Sanzo, R., Fabre, L., Meneses, P. 2008. Effect of Thiovit Jet 80 GD as sulfur fertilizer in foliar spray for irrigated rice. – *Revista Cubana del Arroz*, 10 (2), 160–167.
- Taimekaitsevahendid ja kasvuregulaatorid kasutamiseks Eesti Vabariigis. 2008, Saku. 220 lk.
- Tea, I., Genter, T., Naulet, N., Lummerzheim, M., Kleiber, D. 2007. Interaction between nitrogen and sulfur by foliar application and its effects on flour bread-making quality. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2853–2859.
- Tea, I., Genter, T., Naulet, N., Morvan, E., Kleiber, D. 2003. Isotopic study of post-anthesis foliar incorporation of sulphur and nitrogen in wheat. – *Isotopes in Environment and Health Studies*, 39, 289–300.
- Toselli, A. 2003. The Role of Foliar Nutrition in Plant Nutrition Management. – *New AG International*, June, 62–63.
- Wells, B. R., Bacon, R. K., Sabbe, W. E., Sutton, R. L. 1986. Response of sulfur deficient wheat to sulfur fertilizer. – *Journal of Fertilizer Issues*, 3 (2), 72–74.

Effect of foliar applied sulphur on yield, quality and baking properties of winter wheat

Malle Järvan

Summary

The field trials with winter wheat (*Triticum aestivum*, var. Lars) were carried out in 2004 and 2005 in Northern Estonia on two different soil lacking in available sulphur. The effect of foliar applied sulphur on the grain yield, crop quality and

baking properties of wheat flour was investigated. As sources of sulphur the dissolved ammonium sulphate (S 24%), liquid fertilizer Sulfur F3000 (S 340 g l⁻¹) and fungicide Thiovit Jet (S 800 g kg⁻¹) were sprayed on the wheat plants at the tillering and shooting stages. In the trial No. 1, ammonium sulphate and Sulfur at the different rates were added into Silmet's liquid N-fertilizer which contained N 170 g l⁻¹, and were sprayed on wheat plants at the rate of N 60 + 60 kg ha⁻¹ (2004) or N 40 + 40 kg ha⁻¹ (2005). In the trial No. 2, the effect of Thiovit sprayed at the tillering or at the shooting stages with the rates of 3 and 6 kg ha⁻¹ on the background of N 60 + 60 kg ha⁻¹ as solid ammonium nitrate was investigated.

On the calcareous break-stony soil (pH_{KCl} 7.2), the foliar fertilization with sulphur added as ammonium sulphate at the rate of S 3 + 3 kg ha⁻¹ into liquid N-fertilizer increased the grain yield by 44%. The addition of Sulfur F3000 at the rate of S 3.4 + 3.4 kg ha⁻¹ increased the yield by 40%. The foliar fertilized sulphur decreased the contents of protein and wet gluten in wheat grain but significantly increased the gluten index value which indicated that sulphur improved the quality and strength of gluten. On the weakly acid soil (pH_{KCl} 5.6), foliar applied sulphur, as a rule, had an insignificant effect on the grain yield and quality.

The applying of Thiovit Jet to eliminate the sulphur deficiency in the calcareous soil was very effective. In that case Thiovit sprayed with the rates of 3 and 6 kg ha⁻¹ at the tillering stage of wheat plants increased the grain yield by 30% and 55%, respectively. The application of Thiovit solutions at the shooting stage had a lower effect than the Thiovit application at the earlier growth stage.

The foliar application of sulphur improved the baking quality of wheat in all treatments. Under the influence of sulphur, the following baking properties were increased: the stability and quality number of dough; volume, specific volume and porosity of bread. The great differences occurred in the round loaf's height to diameter ratios which were notably higher when sulphur was applied.

The results of this investigation had shown that on the occasion of sulphur deficiency in soil, the foliar application of certain sulphur-containing substances allowed to prevent the decline of yield and quality of wheat.