

VÄÄVLIGA VÄETAMISE MÕJU TALINISU SAAGIKUSELE, PROTEIINI KVALITEEDILE JA KÜPSETUSOMADUSTELE

Malle Järvan, Liina Edesi, Ando Adamson

Eesti Maaviljeluse Instituut

ABSTRACT. *The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. The present study is based on the data of field and production trials conducted in the years 2004–2008. The trials were carried out in North-Estonia (59° 18' N, 24° 39' E) on break-stony soil and in South-Estonia (58° 27' N, 25° 36' E) on pseudopodzolic soil. The aim was to identify the effect of sulphur fertilization on the yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), on some of the quality indices of yield and protein quality, and on the content of non-replaceable amino acids, and on the baking properties of flour. In the field trials the effect of N and NS fertilization was compared on the nitrogen background of $N_{60} + N_{40}$ kg ha⁻¹ or $N_{50} + N_{50}$ kg ha⁻¹. Due to sulphur (in two top dressings in total S_{10} or S_{14} kg ha⁻¹) the yield of winter wheat 'Lars' increased, depending on the weather and soil conditions, in field trials 0.47–1.66 t ha⁻¹, i.e. 7.7–43.0% and in production trials 1.35–2.44 t ha⁻¹, i.e. 39.8–45.5%. The effect of sulphur on the protein and wet gluten contents of wheat grain was not always one-directional, but in all trials the gluten index increased and the quality of protein improved under the influence of sulphur. Sulphur fertilization increased the content of amino acids in the protein of winter wheat in field trials on the average as following: cysteine – 20.0%, methionine – 28.1%, threonine – 11.2% and lysine – 8.4%. In production conditions the fertilization with sulphur increased both the contents of protein and wet gluten and that of major amino acids. Due to sulphur fertilization all major parameters of winter wheat's baking quality improved: stability and quality number of dough, loaf volume and specific volume and round loaf's height to diameter ratio.*

Key words: winter wheat, sulphur fertilization, protein, amino acids, baking quality

Sissejuhatus

Viimasel aastakümnele on mitmed teadlased (Zhao *et al.*, 1999a; McGrath, 2003; Györi, 2005) leidnud, et Lääne-Euroopas hakkavad väävlinõudliku rapsi kõrval ka teraviljad üha sagedamini kannatama väävlipuuduse all. Väävlipuuduse peamiseks põhjuseks peetakse vääveldioksiidi sisalduse pidevat vähenemist atmosfääris, samuti ka olulisi muutusi mineraalväetiste sortimendis. Varem laialdaselt kasutatud lihtväetised, sh väävlirikas

superfosfaat, on asendumas suhteliselt väävlivaeste kompleksväetistega.

Väävlipuudus võib oluliselt mõjutada talinisu saagikust ja saagi kvaliteeti. Väävlivaeguse korral ei suuda taimed täielikult ära kasutada oma saagipotentsiaali, terade proteiin jääb ebakvaliteetseks, samuti jääb madalaks lämmastikväetiste efektiivsus (Sahota, 2006). Intensiivsetes tootmissüsteemides, kus nisu väetamisel kasutatakse kõrgeid lämmastikunorme, tuleb väävlitarbe täpset rahuldumist eriti silmas pidada. Kui väävlivaestel muldadel pidevalt jätkata lämmastikuga väetamist, ilma et sellega kaasneks täiendavalt väävel, siis võib jahu kvaliteet oluliselt halveneda (Ruiter, Martin, 2001; Flaete *et al.*, 2005).

Väävel mitte ainult ei mõjuta lämmastikväetiste efektiivsust ja paranda terade kvaliteeti, vaid tal on täita oluline roll ka nisu küpsetusomaduste väljakujunemisel (Marschner, 1997; Honermeier, Simioniu, 2004; Ryant, Hrivna, 2004).

On täheldatud, et reproduktiivse arengu etappidel on nisu väävlipuuduse suhtes palju tundlikum kui vegetatiivse kasvu ajal. Väävlipiiratud kättesaadavuse korral ei kasva terad korralikult täis, nende suurus ja mass jäävad väikseks (Zhao *et al.*, 1999a; McGrath, 2003; Györi, 2005). Väävlivaegus limiteerib mitte ainult taimede kasvamist ja seemnesaaki, vaid see mõjutab negatiivselt ka saaduste kvaliteeti, sest väävel kuulub mitmete tähtsate ühendite, nagu tsüsteiini, metioniini, koensüümide, sulfolipiidide jt koostisesse. On leitud, et väävliga väetamise mõjul muutus nisuterade aminohappeline koostis, aminohapete üldhulgas saavutasid suurema osatähtsuse väävlit sisaldavad tsüsteiin ja metioniin (Einfuss *et al.*, 2001; Singh, 2003).

Zhao *et al.* (1999a) ja Flaete *et al.* (2005) märgivad, et kui väävlit kättesaadavus on limiteeritud, soodustab see väävlivabade või madala väävlisisaldusega reservvalkude moodustumist väävlirikaste valkude arvel. Proteiini fraktsioonid teatavasti mängivad küpsetusomaduste kujunemisel kõige tähtsamat rolli. Gliadiinidest ja gluteniinidest, mis moodustavad 80–85% jahu kogu proteiinist, sõltuvad nisujahu funktsionaalselt tähtsad omadused, mis annavad taigale elastsuse ja venivuse (Kuktaite, 2004).

Nisu küpsetusomadused sõltuvad väävlit enamasti tugevamini kui saak. Väävliga väetamine ei mõjutanud otseselt proteiini kontsentratsiooni terades, kuid ilmnes tendents kleepvalgu sisalduse suurenemisele, samuti paranesid taigna venivuse näitajad. Korrelatsioon- ja regressioonanalüüsid näitasid, et küpsetise mahu jaoks

oli terade proteiinisisaldus kehv indikaator, kuna aga hoopis mõjukamateks indikaatoriteks olid terade väävlisisaldus ning lämmastiku ja väävli (N : S) suhe (Zhao *et al.*, 1999c; Flaten, 2004).

Singh (2003) märgib, et väävliga väetamine parandab nisu küpsetusomadusi, ilmnes kõrge korrelatsioon küpsetise mahu ja terade väävlisisalduse vahel. Väävlipuuduses kasvanud nisu jahust valmistatud taigen on tavaliselt tuim ja nõrk ega ole elastne (Ryant, Hrivna, 2004).

Uuringud on näidanud, et küpsetuskvaliteedi näitajad korreleeruvad palju paremini terade väävli kontsentratsiooniga kui lämmastiku kontsentratsiooniga (Zhao *et al.*, 1999b; McGrath, 2003).

Väetamisel antud lämmastiku ja väävli vahel valitsevad sünergistlikud suhted, mistõttu suureneb nende elementide assimilatsioon nisuterades, see omakorda võib parandada küpsetuskvaliteedi näitajaid. Eriti hästi mõjub lämmastiku ja väävli üheskoos andmine – sel juhul suurenesid nii jahu proteiinisisaldus, taigna paisumine kui ka elastsus (Tea *et al.*, 2007).

Eestis hakati talinisu väävlivajadust ja väävliga väetamise efektiivsust uurima 2003. aastal. Eesti Maa- ja metsanduse Instituudis mitmel aastal erinevates kohtades korraldatud katsetes on ilmnenu, et ka Eesti tingimustes hakkab talinisu üha enam kannatama väävlipuuduse all. Kasvuaegne väävliga väetamine on võimaldanud saagikust oluliselt suurendada (Järvan, Adamson, 2004; 2005).

Toidunisu puhul on kõrvuti tavaliste kvaliteedinäitajatega (niiskus, mahumass, langemisarv), mis sõltuvad eelkõige ilmastikust ja koristusjärgsest töötlemisest, väga oluline proteiini bioloogiline kvaliteet. Sellest olenevad nisu küpsetusomadused, tema kvaliteet toiduviljana. Proteiini sisaldust on võimalik suurendada lämmastikuga väetamise teel. Kuid sel juhul tavaliselt halveneb proteiini bioloogiline kvaliteet, sest eelkõige suureneb väheväärtuslike reservvalkude osakaal ning väheneb vees ja soolades lahustuvate valkude osatähtsus (Lepajõe, 1984).

Proteiini bioloogilist kvaliteeti tõstab asendamatute aminohapete sisalduse suurenemine. Oluline tähtsus on just väävli sisaldavate ja ainevahetuses aktiivselt osalevate aminohapete osakaalu suurenemisel (Hagel, 1999). Väävli sisaldavad metioniin ja tsüsteiin mõjutavad oluliselt nisu küpsetusomadusi.

Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada väävliga väetamise mõju talinisu saagile, saagi mõnede kvaliteedinäitajatele ning proteiini kvaliteedile, sh asendamatute aminohapete sisaldusele, ja jahu küpsetusomadustele.

Katsematerjal ja meetodika

Artikli aluseks on viie põldkatse katsevariantidelt ja kahelt tootmiskatselt võetud teraproovide kvaliteedianaalüüsid ja olulisemate aminohapete sisaldus, samuti toot-

miskatsete viljast tehtud jahude analüüsid ja prooviküpsetused.

Põldkatsed korraldati 2004., 2005., 2007. ja 2008. aastal Põhja-Eestis Sakus ning 2005. aastal Lõuna-Eestis Auksis. Katsemullad ja nende agrokeemilised näitajad olid järgmised: Sakus rähkmuld – *Calcaric Cambisol* (FAO ..., 1994), pH_{KCl} 6,6–7,1, huumus 2,9–3,1%, P 90–116 mg kg⁻¹ (DL meetod), K 168–206 mg kg⁻¹ (DL), Mg 52–87 mg kg⁻¹ (AL meetod), liikuv S 8–10 mg kg⁻¹ (ISO 11048); Auksis kahkjass muld – *Podzoluvisol* (FAO ..., 1994), pH_{KCl} 6,2, huumus 2,8%, P 80 mg kg⁻¹, K 156, Mg 81 mg kg⁻¹, liikuv S 6 mg kg⁻¹.

Uuringud tehti lämmastikufoonil N 100 kg ha⁻¹, mis tahke pealtväetisena anti jaotatult N 60 + N 40 kg ha⁻¹ või N 50 + N 50 kg ha⁻¹ võrsumise alg- ja lõppfaasides. Kontrollvariandis väetati ammooniumsalpeetriga (N 100, S 0, variant B), teises variandis (katsevariant C) anti sama suur lämmastikunorm väetistega Axan (sisaldab 27% N ja 2,7% S) või Axan Super (sisaldab 27% N ja 3,7% S). Saku põldkatsetes oli ka variant D, kus esimesel pealtväetamisel anti Axani või Axan Superit ja teisel väetamisel ammooniumsalpeetrit. Katsetesse oli lülitatud ka väetisteta variant A, nn põllu foon.

Põldkatsed viidi läbi 25 m² suurustel katselappidel neljas korduses. Saagid koristati kombainiga, kuivatati, sorteeriti ning arvestati 14% niiskusele. Võeti teraproovid katsevariantide kõigist neljast kordusest, neist igaühelt määrati eraldi esmased kvaliteedinäitajad (langemisarv, proteiini ja kleepvalgu sisaldused ning gluteenindeks). Aminohapete määramiseks koostati iga variandi kohta keskmine teraproov, millest laboratooriumis tehti analüüsid kolmes korduses. Tulemused töödeldi dispersioonanalüüsi meetodil

Tootmiskatsed toimusid 2006. aastal Viljandimaal Auksi Lapi talus kahel talinisu-põllul. Katses nr 1 (Auksi-Otsa) oli eelviljaks suvinisu, mulla pH_{KCl} 6,2, P 81, K, 140, Mg 113 mg kg⁻¹. Katses nr 2 (Auksi-Oru) oli eelviljaks põldheina sööt, mulla pH_{KCl} 6,0, P 211, K 214, Mg 128 mg kg⁻¹. Põhiväetamisel sügisel anti külvi alla kompleksväetisega N 12 P 26 K 75 S 9 kg ha⁻¹. Talinisu pealtväetamisel võrreldi ammooniumsalpeetri (katsevariant B) ja Axan Superi (katsevariant C) toimet. Kahel pealtväetamisel anti lämmastikku kokku 75 kg ha⁻¹. Kolmandast väetamisest, mis oli planeeritud teha kõrsumisfaasis saagi parema kvaliteedi tagamiseks, loobuti. Erakorraliselt pika põua tõttu oleks hilisel tähtajal antud tahkete väetiste efektiivsus tõenäoliselt väga madalaks jäänud. Tootmiskatsed koristati kombainiga. Tootmis-põldudel tehti mõlema katsevariandi saagi-vestused 2 hektari suuruste põlluosade kohta pärast terade kuivatamist ja sorteerimist. Katsevariantide saakidest võeti proovid nisu kvaliteedinäitajate määramiseks ja prooviküpsetuste tegemiseks.

Talinisu kvaliteedianaalüüsid ja prooviküpsetused tehti Põllumajandusuuringute Keskuses taimse materjali laboratooriumis järgmiste meetodite järgi: niiskusesisaldus ICC 110/1:1976; märja kleepvalgu sisaldus ICC 155:1994; proteiini sisaldus ICC 105/2:1994; langemis-

arvu määramine ISO 3093:2004; jahu farinograafiline analüüs ICC 115/1:1992; aminohapete määramine 98/64EMÜ HPLC UV; lämmastiku ja väävlü elementanalüüs ISO 15178:2000; küpsetuskatse – PMK TMAL tööjuhend nr 11, viide Helsingi Kasvintuotannon tarkastuskeskuse viljalaboratorio küpsetuskatse juhendile ja GOST 27669.

Katsetulemused ja arutelu

Väävlüga väetamine mõjutas talinisu 'Lars' saagikust ja saagi kvaliteedinäitajaid aastate jooksul erineval määral

(tabel 1). Pealtväetamine kahel korral Axaniga (katsevariant C, kokku N 100 S 10 kg ha⁻¹ või N 100 S 14 kg ha⁻¹) võrreldes ammooniumnitraadiga väetamisega (katsevariant B, N 100 kg ha⁻¹) suurendas nisu saaki Sakus rähkmullal olenevalt aastast 0,26–1,48 t ha⁻¹ (4,6–43,0%) ehk nelja aasta keskmisena 1,05 t ha⁻¹ (20,5%) ning 2005. aastal Auksis kahkjäl mullal 0,47 t ha⁻¹ (7,7%). Kui esimesel väetamiskorral anti Axani ja teisel väetamisel ammooniumnitraati (katsevariant D), siis oli nisusaak rähkmullal olenevalt aastast 0,51–1,08 t ha⁻¹ (9,0–31,4%) ehk nelja aasta keskmisena 0,78 t ha⁻¹ (15,3%) suurem kui ainult ammooniumsalpeetriga väetamisel.

Tabel 1. Väetamise mõju talinisu 'Lars' saagikusele ja saagi kvaliteedile

Table 1. The effect of fertilization on the yield and quality of winter wheat

Katse asukoht, aasta ja variant <i>Treatment</i>	Väetisnorm <i>Fertilizer rate</i> kg ha ⁻¹	Saak <i>Yield</i> t ha ⁻¹	Proteiin <i>Protein</i> %	Kleepvalk <i>Wet gluten</i> %	Gluteenindeks <i>Gluten index</i> %
Saku, 2004					
A	0	3,15	10,6	23,0	77
B	N100	3,44	14,1	31,9	45
C	N100 S10	4,92	11,6	25,1	74
D	N100 S6	4,52	12,1	26,6	68
PD0,05		0,27	0,7	1,8	7
Saku, 2005					
A	0	4,58	11,1	21,9	70
B	N100	5,08	13,9	31,5	32
C	N100 S10	5,88	13,4	30,2	51
D	N100 S6	5,73	13,2	30,3	49
PD0,05		0,32	0,4	0,9	11
Auksi, 2005					
A	0	3,52	11,5	20,8	86
B	N100	6,11	13,2	27,6	61
C	N100 S10	6,58	13,7	29,3	82
PD0,05		0,45	0,5	2,2	16
Saku, 2007					
A	0	3,47	7,9	11,2	98
B	N100	5,66	10,6	22,8	75
C	N100 S14	5,92	10,1	21,0	90
D	N100 S7	6,17	10,0	20,7	92
PD0,05		0,36	0,4	0,6	5
Saku, 2008					
A	0	3,65	7,8	11,8	90
B	N100	6,30	10,4	19,4	80
C	N100 S14	7,96	10,2	18,6	80
D	N100 S7	7,20	9,5	18,5	82
PD0,05		0,57	0,7	1,2	8

A – põllu foon / *field background*; B – ammooniumsalpeeter / *ammonium nitrate*;
C – Axan; D – Axan + ammooniumsalpeeter

Väävlüga väetamise erinev efektiivsus aastate arvestuses oli põhjustatud eelkõige kasvuperioodide erinevatest ilmastikutingimustest, tõenäoliselt aga ka väetamise erinevustest sügisel talinisu külvi ajal. Kõikides põld-

katsetes oli eelviljaks varajase punase ristiku seemnepõld, mis enne talinisu külvi künti. Sakus 2004. ja 2005. aasta katsetes ei antud talinisu sügisväetist. 2007. ja 2008. aasta katsetes anti nisu külvamise ajal kompleks-

väetist N 12 P 26 K 50 S 15 kg ha⁻¹. Auksi katses sai talinisu külvi ajal N 12 P 26 K 75 S 9 kg ha⁻¹.

2005. aasta kevadel ei ilmnenud talinisu taimikul nii teravaid väävlipuuduse sümptomeid kui külmal ja kuival 2004. aasta kevadel ning tõenäoliselt vabanes piisavalt väävli ka mullavarudest. Seetõttu jäi pealtväetamisel antud väävli efektiivsus 2005. aasta tingimustes suhteliselt madalaks (Adamson, Järvan, 2006). Kui sügisel on märkimisväärses koguses väävli mulda viidud, ka siis võib kevadel väävliga väetamise efektiivsus suhteliselt madalaks jääda. Mitmel aastal erinevatel muldadel paljude väetamisvariantidega läbiviidud katsetest selgus, et talinisu tuleks väävel anda juba esimesel pealtväetamise korral (Adamson, Järvan, 2006). Kui väävelväetise andmisega hilineda, siis on mõju saagikusele oluliselt väiksem. Ühtlasi on mõned uuringud (Luo *et al.*, 2006) näidanud, et väävli andmisega hilinedes ei ole enamasti võimalik parandada ka küpsetus-kvaliteedi parameetreid.

Põldkatsete tulemustest selgus, et kuigi rähkmullal talinisu väävliga väetamise mõjul terade proteiini ja kleepvalgu sisaldus vähenes, siis valkude biooloogiline väärtus väävli mõjul suurenes. Esmalt andis sellest märku gluteenindeksi suurenemine. NS väetise puhul oli gluteenindeks kõigi katsete keskmisena 17 ühiku ehk 28,7% võrra suurem kui N-väetise puhul. Seda, et nisu proteiinisaldus väävliga väetamise mõjul võib väheneda, on täheldanud ka mõned teised teadlased. Ron ja Loewy (2007) märgivad, et selle põhjuseks võib olla proteiini koguse nii-öelda lahjenemine saagitõusu korral.

Väävliga väetamise mõjul suurenes väävli sisaldavate aminohapete sisaldus talinisis (tabel 2). Sakus rähkmullal läbiviidud nelja katse keskmisena suurenes talinisu terades tsüsteiini sisaldus 0,19 g kg⁻¹ võrra ehk 9,9% ja metioniini sisaldus 0,28 g kg⁻¹ võrra ehk 20,1%.

Tabel 2. Väetamise mõju aminohapete sisaldusele talinisu terades ja proteiinis

Table 2. The effect of fertilization on the content of amino acids in grains and protein on winter wheat

Katse asukoht, aasta ja variant <i>Treatment</i>	Väetisnorm <i>Fertilizer rate</i> kg ha ⁻¹	Sisaldus terades, g kg ⁻¹ <i>Content in grains</i>				Sisaldus proteiinis, g kg ⁻¹ <i>Content in protein</i>			
		CYS	THRE	MET	LYS	CYS	THRE	MET	LYS
Saku, 2004									
A	0	2,60	3,17	2,04	4,88	24,5	29,9	19,2	46,0
B	N100	2,34	3,73	1,86	5,24	16,6	26,7	13,2	37,2
C	N100 S10	2,53	3,75	2,14	4,66	21,8	32,3	18,4	40,2
D	N100 S6	–	–	–	–	–	–	–	–
PD0,05		0,07	0,28	0,04	0,05				
Saku, 2005									
A	0	2,35	2,82	1,77	3,28	21,2	25,4	15,9	29,5
B	N100	2,23	2,74	1,26	3,13	16,0	19,7	9,1	22,5
C	N100 S10	2,91	3,40	1,98	3,65	21,7	25,4	14,8	27,2
D	N100 S6	–	–	–	–	–	–	–	–
PD0,05		0,31	0,16	0,19	0,23				
Auksi, 2005									
A	0	2,42	2,95	1,82	4,55	21,0	25,6	15,8	39,6
B	N100	2,75	3,63	2,11	5,11	20,8	27,5	16,0	38,7
C	N100 S10	3,10	3,53	2,29	5,30	22,6	25,8	16,7	38,7
PD0,05		0,15	0,22	0,07	0,12				
Saku, 2007									
A	0	1,47	3,09	2,12	2,56	18,6	39,1	14,2	32,4
B	N100	1,74	4,03	1,34	2,77	16,4	38,0	12,6	26,1
C	N100 S14	1,76	3,90	1,40	2,53	17,4	38,6	13,9	25,0
D	N100 S7	1,71	3,85	1,33	2,49	17,1	38,5	13,3	24,9
PD0,05		0,08	0,23	0,07	0,15				
Saku, 2008									
A	0	1,26	2,01	0,95	2,69	16,2	25,8	12,2	34,5
B	N100	1,45	2,43	1,11	3,17	13,9	23,4	10,7	30,5
C	N100 S14	1,49	2,41	1,15	3,44	14,6	23,6	11,3	33,7
D	N100 S7	1,41	2,34	1,11	3,42	14,8	24,6	11,7	36,0
PD0,05		0,15	0,13	0,09	0,23				

Uurides olulisemate aminohapete (tsüsteini, treoniini, metioniini ja lüsiini) sisalduse muutusi talinisu proteiinis, selgus, et väetamine mõjutas nende osatähtsust. Kui ainult lämmastikuga väetamisel (variant B) oli aminohapete sisaldus talinisu proteiinis tavaliselt väiksem kui väetamata talinisu (variant A), siis väävliga väetamise mõjul proteiini kvaliteet paranes. NS-väetamine (variant C) võrreldes N-väetamisega (variant B) suurendas Sakus nelja katse keskmisena talinisu proteiinis aminohapete sisaldust järgmiselt: tsüsteiin – 3,1 g kg⁻¹ ehk 20,0%, treoniin – 3,0 g kg⁻¹ ehk 11,2%, metioniin – 3,2 g kg⁻¹ ehk 28,1% ja lüsiin – 2,4 g kg⁻¹ ehk 8,4%.

Meie katsete tulemustega samalaadsed on ilmnenu ka Timms *et al.* (2006) uurimuses, kus selgus, et proteiini sisalduse suurenemine üldjuhul kutsus esile tsüsteini ja metioniini osatähtsuse vähenemise aminohapete üldhulgas.

Väävelväetiste kasutamine parandab nisujahu kvaliteeti, sest gluteeni kontsentratsioon suureneb. Lisaks sellele mõjutab väävel positiivselt taigna moodustumist, stabiilsust, pehmenemise astet ja teisi taigna kvaliteedi näitajaid, samuti suurendab küpsetise mahtu. Talinisu väetamisel lämmastikuga samal ajal antud väävel mõ-

jutab väävlisisaldust terades ning nihutab N : S suhet optimaalsemas suunas (Podlesna, Cacak-Pietrzak, 2008). Väävli (S) sisalduse kriitiliseks piiriks nisuterades loetakse 1,2 mg g⁻¹. Toidunisu jaoks peab N : S suhe terades olema väiksem kui 17, mis on kriitiliseks piiriks (Zhao *et al.*, 1995; Sahota, 2006).

Sakus rähkmullal tehtud kolmes katses oli nisuterade väävlisisaldus katsevariandis B (N 100 kg ha⁻¹) 1,04–1,16 mg g⁻¹ ja katsevariandis C (N 100 S 10 kg ha⁻¹) 1,46–1,55 mg g⁻¹. Lämmastiku ja väävli suhe (N : S) nisuterades oli variandi B puhul 17,0–20,8 ja variandi C puhul 13,0–15,2. Seega, ainult lämmastikuga väetatud talinisu ei vastanud toidunisule esitatud parameetritele. Kui väetamisel anti lisaks lämmastikule ka väävlit, siis eelmainitud küpsetuskvaliteedi näitajad paranesid.

Väävliga väetamise positiivne toime avaldus eriti hästi Lõuna-Eestis kahkjäl mullal 2006. aasta tingimustes läbiviidud tootmiskatsetes (tabel 3). Võrreldes ammoniumnitraadiga (variant B, kahe väetamiskorraga anti kokku N 75 kg ha⁻¹) suurendas Axaniga (variant C, N 75 S 10 kg ha⁻¹) väetamine talinisu saagikust madalama viljakusega põllul 1,35 t ha⁻¹ ehk 39,8% ja hea agrofooniga põllul 2,44 t ha⁻¹ ehk 45,5%.

Tabel 3. Väetamise mõju talinisu 'Lars' saagile ja proteiini bioloogilisele kvaliteedile tootmiskatsetes 2006. a
Table 3. The effect of fertilization on the yield and biological quality of proteins of winter wheat in production trials in 2006

Katse, variant <i>Treatment</i>	Väetis-norm <i>Rate</i> kg ha ⁻¹	Saak <i>Yield</i> t ha ⁻¹	Proteiin <i>Protein</i> %	Kleepvalk <i>Wet gluten</i> %	Gluteenindeks, <i>Gluten index</i> , %	Aminohapete sisaldus terades <i>Amino acids in grain</i> , g kg ⁻¹				
						CYS	THRE	MET	LYS	
Auksi-Otsa										
B	N75	3,39	10,6	20,6	97	2,03	3,75	1,48	2,75	
C	N75 S10	4,74	12,0	24,7	88	2,56	4,33	1,65	2,88	
PD0,05						0,12	0,28	0,19	0,17	
Auksi-Oru										
B	N75	5,36	9,9	17,4	99	1,93	3,53	1,32	2,48	
C	N75 S10	7,80	13,0	26,1	96	2,53	4,68	1,66	3,02	
PD0,05						0,12	0,15	0,10	0,07	

B – ammoniumnitraat; C – Axan Super

Talinisu normaalsest madalam proteiini ja kleepvalgu sisaldus nendes katsetes oli tõenäoliselt tingitud ühelt poolt madalast lämmastikväetise tasemest ja teisalt väga soojast ja sademevaesest suveperioodist.

On üldiselt hästi teada, et terade täitumise faasis avaldavad ilmastikutingimused – pöud, liiga kõrge õhutemperatuur, aga samuti ka liigsed sademed jms – tugevat mõju nii nisu saagikusele, langemisarvule kui ka proteiini ja kleepvalgu sisaldusele ning kvaliteedile, seega siis ka nisu küpsetuskvaliteedile (Egli, 2004; Hagel, 2005; Mašauskiene, Cesevičiene, 2006).

Kui väävliga väetamine rähkmullal üldiselt vähendas talinisu proteiini ja kleepvalgu sisaldust (tabel 1), siis

tootmiskatsetes kahkjäl mullal need näitajad hoopis suurenesid (tabel 3). Mitmed teadlased (Ryant, 2002; Honermeier, Simioniuc, 2004) märgivad, et väävel mõjutab nisu proteiinisaldust suhteliselt vähe ja ebastabiilselt, kuid parandab proteiini bioloogilist kvaliteeti. Tootmiskatsetes suurenes väävli mõjul nisuterade proteiini ja kleepvalgu sisaldus. Oluliselt paranes kleepvalgu kvaliteet, sest kahe katse keskmisena suurenes aminohapete sisaldus järgmiselt: tsüsteiin 0,56 g kg⁻¹ (28,3%), treoniin 0,86 g kg⁻¹ (23,6%), metioniin 0,26 g kg⁻¹ (18,6%) ja lüsiin 0,34 g kg⁻¹ (13,0%).

Meie varasemates uuringutes (Järvan *et al.*, 2006) ilmnnes, et lämmastikuga väetatud, kuid väävlipuuduses

kasvanud talinisu küpsetusomadused on halvad, sest vähenesid taigna stabiilsus ja kvaliteedinumber, samuti pätsi ruumala ning pätsi kõrguse ja diameetri suhe. Samalaadseid tulemusi on saanud ka teised teadlased, kes mainivad, et väävli ebapiisavuse korral jääb pätsi maht väikeseks ning poorsuse hinne madalaks (Honermeier, Simioniuc, 2004; Hagel, 2005; Timms *et al.*, 2006).

Tootmiskatsetelt koristatud talinিসust määrati küpsetusomadused ning tehti prooviküpsetused. Jahu, taigna ja küpsetise staadiumites määras Põllumajandus-uuringute Keskuse peaspetsialist Lea Lukme kokku 15 näitajat, mis on esitatud tabelis 4.

Tabel 4. Väävliga väetamise mõju 2006. aasta tootmiskatsete talinisu küpsetusomadustele

Table 4. The effect of sulphur fertilization on baking properties of winter wheat grown on production fields in 2006 weather conditions

Kvaliteedinäitajad <i>Properties</i>	Katse koht ja väetisnorm, kg ha ⁻¹ <i>Location and treatment</i>				Standardjahu T-550 Stan- dard flour
	Auksi-Otsa		Auksi-Oru		
	N75	N75 S10	N75	N75 S10	
JAHU / FLOUR					
proteiin / <i>protein</i> , %	9,5	11,0	8,6	11,9	11,9
langemisarv / <i>falling number</i> , sek	372	377	317	380	349
kleepvalk / <i>wet gluten</i> , %	21,9	26,8	19,6	29,1	28,1
gluteenindeks / <i>gluten index</i> , %	97	93	97	97	99
TAIGEN / DOUGH					
veesidumisvõime / <i>water absorption</i> , %	58,3	55,8	55,5	60,6	57,1
moodustumise aeg / <i>development time</i> , min	1,8	1,7	1,5	2,2	1,7
stabiilsus / <i>stability</i> , min	2,9	6,3	2,4	4,2	11,6
pehmenemise aste / <i>degree of softening</i>	97	76	106	87	59
kvaliteedinumber / <i>quality number</i>	31	40	24	34	38
SAI / BREAD					
ruumala / <i>volume</i> , cm ³	1252	1551	1095	1465	1640
eriruumala / <i>specific volume</i> , cm ³ g ⁻¹	3,34	4,23	2,98	3,92	4,49
eriruumala : proteiin <i>specific volume : protein</i>	0,35	0,39	0,35	0,33	0,39
kõrgus : diameeter / <i>height : diameter</i>	0,41	0,54	0,47	0,64	0,42
poorsus 1:10 / <i>porosity</i>	4	6	7	6	7
poorsus / <i>porosity</i> , %	79	79	76	77	82

Väävliga väetamise mõjul paranesid kõik olulisemad küpsetuskvaliteedi näitajad: taigna stabiilsus ja kvaliteedinumber, pätsi ruumala ja eriruumala ning ümmarguse pätsi kõrguse ja diameetri suhe. Väävlita variandi talinিসust ei olnud sel aastal võimalik saada normaalse ruumalaga ja ilusa välimusega küpsetist. Ainult lämmastikuga väetatud talinিসust küpsetatud saiapätside ruumalad olid 23,9 ja 33,8% väiksemad kui lämmastiku ja väävli koosmõjul kasvanud nisust valmistatud tooted. Hagel (2005) märgib, et väävlipuuduses kasvanud nisu jahust valmistatud taigen on tugev ega võimalda normaalset paisumist, seetõttu jääb küpsetise ruumala väikeseks. Samas aga on suurem väävlisisaldus nisuterades eelduseks taigna sitkuse vähenemisele, see võimaldab saada suuremamahulisi küpsetisi.

Järeldused

- Väävliga (S 10–14 kg ha⁻¹) väetamine lämmastiku (N 100 kg ha⁻¹) foonil suurendas talinisu saaki põld-

katsetes – olenevalt ilmastiku- ja mullastikutingimustest – 7,7–43,0% (viie katse keskmisena 19,5%). Tootmiskatsetes suurenes talinisu saak väävli (S 10 kg ha⁻¹) mõjul 39,8% ja 45,5%.

- Väävli mõju nisuterade proteiini- ja kleepvalgu sisaldusele ei olnud alati ühesuunaline, kuid kõikides katsetes suurenes väävli mõjul gluteenindeks ning paranes proteiini kvaliteet. Aminohapete sisaldus talinisu proteiinis suurenes väävliga väetamisel nelja põldkatse keskmisena järgmiselt: tsüsteiin – 20,0%, metioniin – 28,1%, treoniin – 11,2% ja lüsiin – 8,4%.
- Väävliga väetamise mõjul paranesid nisu küpsetuskvaliteedi kõik olulisemad näitajad: taigna stabiilsus ja kvaliteedinumber, pätsi ruumala ja eriruumala ning ümmarguse pätsi kõrguse ja diameetri suhe.
- Nisu küpsetusomaduste seisukohalt on oluliseks küpsetuskvaliteedi parameetrikaks mitte ainult proteiini ja kleepvalgu sisaldus, vaid ka proteiini kvaliteet, sh väävli sisaldavate aminohapete osatähtsus. Seega tuleks toidunisu kasvatamisel väävlipuudust eriti vältida.

Tänuavaldused / Acknowledgements

Uurimistöö on läbi viidud Põllumajandusministeeriumi poolt rahastatud rakendusuringuprojektide raames. Autorid avaldavad tänu agronoom Mati Kuusklale abi

Kasutatud kirjandus / References

- Adamson, A., Järvan, M. 2006. Väävli mõju talinisu saagistruktuuri elementidele ja saagikusele. – EMVI teadustööde kogumik, LXXI (71), Saku, 61–66.
- Egli, D. B. 2004. Seed-Fill Duration and Yield of Grain Crops. – *Advances in Agronomy*, 83, p. 243–279.
- Einfluss der Schwefeldüngung auf die quantitative Zusammensetzung der Kleberproteine in Weizenmehl. – Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Jahresbericht 2001. <http://dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de/DJahr2001.html>, 10.01.03.
- FAO-UNESCO Soil Map of the World, 1994. Revised Legend. FAO, ISRIC. Wageningen, 140 pp.
- Flaete, N. E. S., Hollung, K., Ruud, L., Sogn, T., Faergestad, E. M., Skarpeid, H. J., Magnus, E. M., Uhlen, A. K. 2005. Combined nitrogen and sulphur fertilisation and its effect on wheat quality and protein composition measured by SE-FPLC and proteomics. – *Journal of Cereal Science*, 41 (3), 357–369.
- Flaten, D. 2004. Effects of Sulphur Nutrition on Grain Quality of Wheat. – ARDI Project Results, University of Manitoba, Winipeg, 7 pp.
- Györi, Z. 2005. Sulphur content of winter wheat grain in long term field experiments. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, (1/3), p. 373–382.
- Hagel, I. 1999. Zur Proteinqualität von Weizen. – *Lebendige Erde*, 4, p.38–40.
- Hagel, I. 2005. Sulfur and baking-quality of bread making wheat. – *Landbauforschung Völkenrode*, Special Issue 283, p. 23–36.
- Honermeier B., Simioniu F. 2004. Qualitätsmanagement von Backweizen. – *GetreideMagazin*, 9 (4), 212–215.
- Järvan, M., Adamson A. 2004. Kas väävlipuudus on probleemiks ka nisu kasvatamisel? – *Agronoomia* 2004, Teadustööde kogumik, 219, Tartu, 55–57.
- Järvan M., Adamson A. 2005. Pealtväetamisel antud väävli mõju talinisu saagi kujunemisele. – *Agronoomia* 2005, Teadustööde kogumik, 220, Tartu, 66–68.
- Järvan M., Lukme L., Akk A. 2006. Väävli mõju talinisu proteiini bioloogilisele kvaliteedile ja küpsetusomadustele. – EMVI teadustööde kogumik, LXXI (71), Saku, 123–128.
- Kuktaité, R. 2004. Protein Quality in Wheat. Changes in Protein Polymer Composition during Grain Development and Dough Processing. – Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences. Alnarp, 39 pp.
- Lepajõe, J. 1984. Nisu. Valgus, Tallinn, 136 lk.
- Luo, C., Branlard, G., Griffin, W. B., McNeil, D. L. 2000. The Effect of Nitrogen and Sulphur Fertilisation and their Interaction with Genotype on Wheat Glutenins and Quality Parameters. – *Journal of Cereal Science*, 31, Issue 2, March, p. 185–194.
- Marschner, H. 1997. Sulfur supply, plant growth, and plant composition. – In Marschner, H. (ed.): *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, Cambridge, p. 261–265.
- Mašauskiene, A., Cesevičiene, J. 2006. Variations in Winter Wheat Grain Qualities as Affected by NK Fertilisation and Grain Storage Period. I. Indirect Bread-Making Qualities. – *Proceedings of the Latvia University of Agriculture*, 311 (16), Jelgava, p. 50–58.
- McGrath, S. P. 2003. Sulphur: A secondary nutrient? Not anymore! – *New AG International*, March 2003, p. 70–76.
- Podlesna, A., Cacak-Pietrzak, G. 2008. Effects of Fertilization with Sulfur on Quality of Winter Wheat. – In Khan, A. N., Singh, S., Umar, S. (eds.): *Sulfur Assimilation and Abiotic Stress in Plants*. Springer, Berlin Heidelberg, p. 355–365.
- Ron, M. M., Loewy, T. 2007. Content and N : S ratio of small grains in the Southwest of Buenos Aires province (Argentina). – www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autorestomas/ICC.pdf. 14.02.08.
- Ruiter, J. M., Martin, R. J. 2001. Management of nitrogen and sulphur fertilizer for improvement bread wheat (*Triticum aestivum*) quality. – *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 29, p. 287–299.
- Ryant, P. 2002. Selected aspects of nitrogen and sulphur fertilisation of wheat. – Doctoral thesis, Brno, 188 pp.
- Ryant, P., Hřivna, L. 2004. The effect of sulphur fertilisation on yield and technological parameters of wheat grain. – *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sec. E*, 59 (4), 1669–1678.
- Sahota, T.S. 2006. Importance of Sulphur in Crop Production. – *Northwest Link*, September, p. 10–12.
- Singh, B. R. 2003. Sulfur and Crop Quality — Agronomical Strategies for Crop Improvement. – *Abstracts of COST Action 829 Meetings*. Braunschweig, Germany (May 15–18, 2003), p. 35–36.
- 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, p. 2853–2859.
- Timms, M. F., Bottomley, R. C., Ellis, J. R. S., Schofield, J. D. 2006. The baking quality and protein characteristics of a winter wheat grown at different levels of nitrogen fertilization. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32, p. 684–698.

eest põldkatsete läbiviimisel ning Põllumajandusuurin-gute Keskuse taimse materjali laboratooriumi töötajatele Ann Akkile, Lea Lukmele ja Maaja Varikule käesoleva uurimuse tarbeks tehtud analüütilise töö eest.

- Zhao, F. J., Hawkesford, M. J., McGrath, S. P. 1999a. Sulphur Assimilation and Effects on Yield and Quality of Wheat. – *Journal of Cereal Science*, 30, Issue 1, p. 1–17.
- Zhao, F. J., McGrath, S. P., Crosland, A. R., Salmon, S. E. 1995. Changes in sulphur status of British wheat grain in the last decade, and its geographical distribution. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68, Issue 4, p. 507–514.
- Zhao, F. J., Salmon, S. E., Withers, P. J. A., Evans, E. J., McGrath, S. P. 1999b. Responses of breadmaking quality to sulphur in three wheat varieties. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, p. 1865–1874.
- Zhao, F. J., Salmon, S. E., Withers, P. J. A., Monaghan, J. M., Evans, E. J., Shewry, P. R., McGrath, S. P. 1999c. Variation in the Breadmaking Quality and Rheological Properties of Wheat in Relation to Sulphur Nutrition under Field Conditions. – *Journal of Cereal Science*, 30, Issue 1, p. 19–31.

The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat

M. Järvan, L. Edesi, A. Adamson

Summary

Over the last decade in Western Europe incidence of sulphur deficiency in cereal crops has increasingly been reported. Without adequate sulphur, crops can't reach their full potential in terms of yield, quality or protein content; nor can they make efficient use of applied nitrogen. Sulphur also plays an important part in the formation of the baking quality.

The trials conducted by the Estonian Research Institute of Agriculture from 2003 at different sites during several years have shown that even in the Estonian conditions winter wheat starts suffering more and more from sulphur deficiency, and that sulphur fertilization during the growing season enables to increase the yields of wheat. This research work is based on the quality analyses and contents of major amino acids of grain samples taken from trial variants of our five field trials and two production trials, and analyses and test bakings of flours made from the production trials' grain. The trials were conducted in 2004–2008 in Saku in North-Estonia (59° 18' N, 24° 39' E) on break-stony soil and in 2005 and 2006 in Auksi in South-Estonia (58° 27' N, 25° 36' E) on pseudopodzolic soil. The trials were performed on the nitrogen background of N 100 kg ha⁻¹ that was divided into two portions at the beginning and end of tillering. The fertilizers ammonium nitrate (at the rate N 100 kg ha⁻¹) and Axan or Axan Super (N 100 S 10–14 kg ha⁻¹) were used. The quality analyses and test bakings were performed in the plant production laboratory of the Agricultural Research Centre according to the accredited methods.

The results of trials have shown that sulphur fertilization affected the yields of winter wheat (var. Lars) and the quality indices of yield differently in different years. The application of sulphur increased the wheat yield on break-stony soil on the average of four years by 22.4% and in production trials on pseudopodzolic soil by 39.8% and 45.5%.

The results of field trials indicated that although on break-stony soil sulphur fertilization reduced the contents of protein and wet gluten in wheat grains, sulphur increased the biological value of proteins. The first indication of it was the increase of gluten index. In the case of NS-fertilizer the gluten index was 22.7–64.4% higher than in the case of N-fertilizer. Sulphur fertilization increased the content of sulphur-containing amino acids in wheat grains. On the average of four trials conducted in Saku the cysteine content increased 11.9% and the methionine content 20.0%. Investigating changes in the contents of major amino acids (cysteine, treonine, methionine and lysine) in the protein of winter wheat, it became evident that fertilization affected their proportions. In the case of applying only nitrogen the content of amino acids was, as a rule, lower than in the non-fertilized variant. NS-fertilization in the comparison with N-fertilization increased on the average of four trials the amino acid content in the protein of wheat as following: cysteine – 20.0%, treonine – 11.2%, methionine – 28.1% and lysine – 8.4%.

Concentrations of sulphur (S) in wheat grain below 1.2 mg g⁻¹ are below the critical value. For breadmaking wheat the N : S ratio in grain must be lower than the critical value of 17. In our trials carried out in Saku the sulphur content of wheat grain was in variant with N-fertilization 1.04–1.16 mg g⁻¹ and in variant with NS-fertilization 1.46–1.55 mg g⁻¹. Nitrogen and sulphur ratio (N : S) in wheat grain were in variants 17.0–20.8 and 13.0–15.2, respectively. Thus, winter wheat that was fertilized only with nitrogen did not meet the parameters required for baking wheat. When sulphur was applied in addition to nitrogen, the above-mentioned baking parameters improved.

From the grain of production trials baking properties of winter wheat were determined and test bakings made. At the stages of flour, dough and bakings, a total of 15 parameters were determined. Due to sulphur fertilization all major parameters of baking quality improved: stability and quality number of dough, loaf volume and specific volume and round loaf's height to diameter ratio.

As to the baking properties of wheat, not only the protein and wet gluten contents are important parameters of baking quality, but also the quality of protein, including the proportion of sulphur-containing amino acids. Thus, in the production of bread-making wheat sulphur deficiency should be avoided as much as possible.