

LÄMMASTIKVEDELVÄETISE JA HARULDASTE MULDMETALLIDE TOIMEST SUVINISULE

M. Järvan, T. Paide, A. Soasepp, T. Valgus

ABSTRACT. *Effect of liquid nitrogen fertilizer and rare earths on spring wheat. On the basis of nitrogen-rich production residues AS Silmet, which is on the second place in the world as to its production volume of rare earths, has since 2001 been providing agriculture with liquid nitrogen fertilizer.*

The aim of this work was to investigate the effect of above mentioned fertilizer and rare earth solution on spring wheat. The field trials at the two places were carried out.

The liquid fertilizer applied by spring cultivation at the rate of N60 kg/ha (300 l/ha) increased the yield of spring wheat, depending on the place of growth and variety, by 0.82 and 1.02 t/ha, i.e. 20.0 and 28.5%. N90 kg/ha (450 l/ha) applied as liquid fertilizer increased the yield by 0.94 and 1.67 t/ha, i.e. 23.1 and 46.7%.

Comparing the efficiency of liquid fertilizer and granulated ammonium salpêtre at the fertilization level of N60 kg/ha on the basis of average sales prices and agent contents of fertilizers, the extra yield of wheat per 1 EEK spent for purchase of fertilizer was in the case of liquid fertilizer 4.6–5.8 kg and in the case of ammonium salpêtre 2.9–3.8 kg.

Application of rare earths at the rate of ΣR_2O_3 0.5 and 1.0 kg/ha to liquid fertilizer by spring cultivation increased the yield of wheat by 0.15 and 0.31 t/ha.

Application of rare earths at the rate of ΣR_2O_3 228 g/ha to herbicide solution in weed control increased the yield of wheat by 0.63 t/ha, i.e. 14.0%.

In order to identify the optimum liquid fertilizer application times and rates on cereals during growth and to combine fertilizing with other treatments, further studies are necessary.

AS Silmet's liquid fertilizer is an effective nitrogen fertilizer, which is suitable for use on cereal and other crops. Its economic profitability depends considerably on transport costs, the availability and cost of fertilization equipment, and other factors, which should more precisely be estimated by the user of fertilizer.

Keywords: *N fertilizers, liquid fertilizer, rare earths, spring wheat, yield, protein content.*

Sissejuhatus

2001. aasta varakevadest alates valmistab AS Silmet tootmisjäädike baasil lämmastikku sisaldavat vedelväetist ja tarnib seda Eesti taimekasvatajatele. Väetisregistrisse kantud väetise miinimumnõuded on järgmised: $NH_4NO_3 + NaNO_3 \geq 550$ g/l, N-üld ≥ 130 g/l, sh N-ammoonium ≥ 60 g/l, Na ≤ 80 g/l, pH 6,0–8,0. 2001. aastal müüdud väetispartiide tegelikud keskmised olid järgmised: $NH_4NO_3 + NaNO_3$ 620 g/l, N-üld 174 g/l, sh N-ammoonium 74 g/l, Na 54 g/l, pH 6,9. Väetis sisaldab mikrolisandina ka haruldasi muldmetalle, oksiididena arvestatult ≤ 2 g/l.

Et haruldaste muldmetallide (HMM) toimet põllumajanduskultuuridele on uuritud praktiliselt ainult sellistes regioonides, kus asuvad nende leiukohad või kus neid metalle tööstuslikult toodetakse, siis on vastavasisulisi publikatsioone leida põhiliselt vaid Hiina, Austraalia, India, Filipiinide, harva ka USA teadlastelt. Väga sageli ei avalikusta autorid katsete metoodikat, sh kontsentratsioone ja koguseid HMM kasutamisel, vaid piirduvad põhiliselt tulemuste konstateerimisega. Paljudel juhtudel on katsekultuuriks olnud suvi- või talinisu. Järgnevalt kokkuvõtlikult mõningate usaldusväärsema metoodika järgi tehtud uuringute tulemustest.

Shandongi Põllumajandusülikooli talinisu katsetes (Shi jt, 1994) saadi HMMga lehekaudsel väetamisel kuni 15% enamsaaki. Efektiivseim oli pritsimine 0,1% lahusega, pritsimine 3 korral andis paremaid tulemusi kui 1–2 korral. Efektiivseim oli pritsimine kõrsumisfaasis ja kõige halvem võrsumisfaasis, s.o enne talve tulekut. Talinisu külvieelne töötlemine HMM-nitraadiga (100 mg/kg seemne kohta) suurendas terasaaki, proteiinisisaldust ja proteiinisaaiki vastavalt 15,5%, 1,0% ja 27,9% (Yang, Li, Zhang, 1988). HMM kasutamine sellises kontsentratsioonis suurendas ka nisu tärkamist, kontsentratsioonid >200 mg/kg aga pidurdasid seda.

Nõukatses suvinisuga seemne töötlemine ja kasvuaegne pritsimine (nelja lehe faasis) HMM lahustega suurendas terasaaki olenevalt mullaerimist 5,2–14,0% (Xie, Chang, 1985). Samade autorite tehtud põldkatsetes Hiina erinevates kliimaatilistes piirkondades, milles suvinisu seemet puhiti ja taimi pritsiti HMM lahustega, suurenes suvinisu saak nelja aasta keskmisena 11%. Saagi juurdekasvu tagas suurem terade arv peas, samuti suurem 1000 tera mass. Nimetatud näitajate ja lisaks veel produktiivvõrsete arvu suurenemist HMM mõjul on täheldanud ka teised autorid (Shi jt, 1994).

HMM kasutamine avaldab toimet mitmesuguste taime produktiivsust mõjutavate füsioloogiliste protsesside kaudu. Teadlased on kindlaks teinud, et HMM mõjutavad juurte pikkuskasvu, põhitoitainete omastamist, ioonide ja fotosünteesiproductide liikumist ning paljusid teisi protsesse (Leonard jt, 1975; Yang jt, 1988; Diatloff jt, 1996). Paljud teadlased märgivad, et HMM üledoseerimine põhjustab negatiivseid tagajärgi: taime-toitainete omastamise häireid, saagikuse vähenemist, kvaliteedi halvenemist jms. Taimeliigid on HMM suhtes erineva tundlikkusega.

Majanduslikult efektiivne on HMM-ga väetamine teha koos mõne teise agrotehnoloogilise tööga. On võimalik, et teatud juhtudel lisandub ka sünergismi efekt. Näiteks kõrsumisfaasis HMM ja kasvuregulaatoriga töötlemise koostööl suurenes nisusaak rohkem kui nende preparaasidega eraldi pritsimisel (Zhang, 1985).

AS Silmetis tootmise kõrvalproduktina saadud ammooniumsalpeetri lahust ja kõrgekonsentratsioonilist haruldaste muldmetallide lahust katsetati Eesti Maaviljeluse Instituudis esmakordselt 1997. aastal (Järvan, 1997). Esialsed tulemused olid huvipakkuvad ning aluseks edasistele teadusuuringutele. Mikrokatsetes selgitati välja HMM efektiivselt toimivad kontsentratsioonid suvinisu külvisel töötlemiseks. Terade leotamine teatud kontsentratsiooniga (ΣR_2O_3 0,1–2,2 g/l) lahustes suurendas nisutaimede massi 8,7–26,2%. Kontsentratsioonid $>5,5$ g/l ΣR_2O_3 pidurdasid oluliselt nisu tärkamist ja taimede kasvu (Järvan jt, 1999a).

EMVI põldkatsetes 1998. ja 1999. aastal pritsiti suvinisu taimi võrsumise faasis AS Silmeti lämmastikurikaste ja HMM sisaldavate lahustega. Kui lehekaudselt anti N 17 kg/ha + ΣR_2O_3 175 g/ha, siis suurenes nisu saagikus 9,1 ja 6,0%. Ainult HMM-ga väetamisel (ΣR_2O_3 110–440 g/ha) suurenesid saagid 6,0–14,5% (Järvan jt, 1999b). Nende katsete tulemustest võib järeldada, et nisu ei suuda võrsumise faasis sellist lehekaudselt antud lämmastikugust efektiivselt ära kasutada. 1997. aastal pealtväetati suvinisu kõrsumise lõppfaasis. Silmeti ammooniumsalpeetri lahusega, mis sisaldas mikrokoguses ka HMMi, anti pritsimisel N 20 kg/ha ja ΣR_2O_3 30 g/ha. Nisusaak suurenes 326 kg/ha ehk 10,7% (Järvan jt, 1999b). Ainult HMM mõjul suurenes nisu saagikus selles katses 8,9–12,3%.

Võtmesõnad: vedel lämmastikväetis, haruldased muldmetallid, suvinisu, saak, proteiinisaldus.

Katsete meetodika

2001. aastal korraldati kaks põldkatset uurimaks külvieelselt mulda antud vedelväetise ja HMM toimet suvinisule. Katsed paiknesid EMVI Olustvere katsejaamas ja Sakus Üksnurme põldkatsete alal. Olustveres oli liivsavimulla pH_{KCl} 6,3, P 53 ja K 120 mg/kg. Üksnurmes oli lõimiseks saviliiv, pH_{KCl} 5,2, P45 ja K 120 mg/kg.

Katsetes kasutatud vedelväetis sisaldas kaasasoleva sertifikaadi alusel üld-N 204 g/l ja Na 29,5 g/l. HMM allikana kasutati kõrgekonsentratsioonilist nitraatset lahust, mis sisaldas ΣR_2O_3 228 g/l. Vastavalt katsevariantidele doseeriti HMM vahetult enne kasutamist lämmastikvedelväetise hulka. Vedelväetisele võrdluseks võeti katsetesse ka variant tahke ammooniumsalpeetriga. Katsevariante oli 6, need on esitatud tabelites 1 ja 2. Katselapi suurus oli Olustveres 45 m² ja Sakus 35 m². Katsed olid neljas korduses.

Vedelväetis pritsiti mullapinnale selgpriisiga, ammooniumsalpeeter puistati käsitsi. Väetised viidi mulda kultivaatoriga. Suvinisu (Olustveres sort 'Munk', Sakus sort 'Tjalve') külvati mai I dekaadil. Tehti keemiline umbrohutõrje. Saak koristati augusti III dekaadil. Olustvere katselt võeti ka proovivihud biomeetristeks analüüsideks. Mullaanalüüsid tehti ja terade proteiinisaldus määrati EMVI keemialaboris.

Vedelväetise ja HMM kasutamist samaaegselt umbrohutõrjega uuriti 2001. aastal Üksnurme põldkatsete alal. Saviliivmulla pH_{KCl} oli 5,0, P 17 ja K 141 mg/kg. Katse sai külvi ajal foonväetiseks N60 P13 K25 kg/ha. Herbitsiidiga (Granstar 10 g/ha + Starane 500 ml/ha) pritsiti nisu võrsumise faasis. Vedelväetis ja HMM nitraatilahus lisati paagisegusse vastavalt katsevariantidele (variantid vt. tabel 3). Pritsimislahuse kulunorm oli 250 l/ha, välja arvatud 6. variant, kus vedelväetise kontsentratsiooni lahjendamiseks vee lisamisega saadi pritsimisnormiks 400 l/ha. Katselapi suurus oli 35 m², katse oli neljas korduses.

Katsekohtades olid ilmastikutingimused mõneti erinevad. Olustveres oli õhutemperatuur mais normist veidi kõrgem, juunis aga madalam, juuli oli normist 4 kraadi ja august 1 kraadi võrra soojem. Sademeid tuli juunis normilähedaselt, mais ja juulis aga umbes 1,5-kordne norm, augustis veidi alla normi. Pikemaajade põua-perioode, mis häirinuks väetiste omastamist ja nisu kasvu, ei esinenud. Sakus oli kuude keskmine õhutemperatuuride käik ligilähedaselt sama mis Olustveres, sademete jaotus aga märksa ebahütlasem. Mais ja augustis oli mõõdukas sademete defitsiit, juuni esimesel poolel üliküllus (umbes 3,5-kordne norm). Juuni viimane ja juuli esimene dekaad olid põuased. Suured kõrvalekalded sademete tavapärasest jaotumisest võisid Saku katses mõjutada väetiste efektiivsust.

Katsetulemused ja arutelu

Teravilja külvi eel mullale pritsitud ja sisse kultiveeritud vedelväetis koguses 300 l/ha ehk N 60 kg/ha suurendas suvinisu 'Munk' saaki Olustveres 1,02 t/ha (tabel 1) ja sordi 'Tjalve' saaki Sakus 0,82 t/ha (tabel 2). Sama suur lämmastikunorm (N60) granuleeritud ammooniumsalpeetrina suurendas saaki vastavalt 1,23 ja 0,91 t/ha. Kui võrrelda nende väetiste efektiivsust, võttes aluseks väetiste keskmised müügihinnad (ammooniumsalpeetril 1800 kr/t ja vedelväetisel 500 kr/1000 liitrit) ja toimeainesisaldused (ammooniumsalpeetris N 34% ja vedelväetises 2001. a partiide keskmisena N 170 g/l), siis saadi väetiste ostmiseks kulutatud ühe krooni eest vedelväetise puhul enamsaagiks Olustvere katses 5,77 kg ja Saku katses 4,65 kg suvinisu; ammooniumsalpeetri puhul saadi väetise ostmiseks kulutatud ühe krooni eest Olustveres 3,87 kg ja Sakus 2,87 kg nisu.

Tabel 1. Lämmastikväetiste ja haruldaste muldmetallide mõju suvinisule 'Munk' Olustveres
Table 1. Effect of nitrogen fertilizers and rare earths on spring wheat (variety 'Munk')

Katsevariant / Treatment	Saak / Yield		Proteiin / Protein
	kg/ha	%	%
Lämmastikväetiseta (kontroll) <i>Without nitrogen fertilizer (control)</i>	3570	100	10,3
Ammooniumsalpeeter, N60 kg/ha <i>Ammonium nitrate</i>	4798	134,4	11,1
Vedelväetis, N60 kg/ha <i>Liquid fertilizer</i>	4587	128,5	11,3
Vedelväetis, N90 kg/ha <i>Liquid fertilizer</i>	5238	146,7	11,5
Vedelväetis, N60 kg/ha + ΣR_2O_3 1,0 kg/ha <i>Liquid fertilizer + rare earths</i>	4897	137,2	11,3
Vedelväetis, N60 kg/ha + ΣR_2O_3 0,5 kg/ha <i>Liquid fertilizer + rare earths</i>	4736	132,7	10,7
PD 95% / LSD 95%	275	7,7	0,54

Tabel 2. Lämmastikväetiste ja haruldaste muldmetallide mõju suvinisule 'Tjalve' Sakus
Table 2. Effect of nitrogen fertilizers and rare earths on spring wheat (variety 'Tjalve')

Katsevariant / Treatment	Saak / Yield		Proteiin / Protein
	kg/ha	%	%
Lämmastikväetiseta (kontroll) <i>Without nitrogen fertilizer (control)</i>	4073	100	12,3
Ammooniumsalpeeter, N60 kg/ha <i>Ammonium nitrate</i>	4981	122,3	12,7
Vedelväetis, N60 kg/ha <i>Liquid fertilizer</i>	4888	120,0	12,6
Vedelväetis, N90 kg/ha <i>Liquid fertilizer</i>	5015	123,1	12,8
Vedelväetis, N60 kg/ha + ΣR_2O_3 1,0 kg/ha <i>Liquid fertilizer + rare earths</i>	4838	118,8	12,4
Vedelväetis, N60 kg/ha + ΣR_2O_3 0,5 kg/ha <i>Liquid fertilizer + rare earths</i>	4837	118,8	12,2
PD 95% / LSD 95%	388	9,5	0,42

Kui kevadel anti vedelväetist 450 l/ha ehk N 90 kg/ha, siis saadi enamsaaki Olustveres 1,67 t/ha ja Sakus 0,94 t/ha. Vedelväetise ostmiseks kulutatud ühe krooni eest saadi vastavalt 6,31 ja 3,55 kg teri.

Vedelväetise hulka lisatud HMMd andsid Olustvere katses saagilisa 149–310 kg/ha ehk 3,2–6,8%. Saku katse tingimustes mulda antud HMM käesoleval aastal ei suurendanud niusaaki. Vedelväetise väiksem efektiivsus Sakus läbi viidud katses võrreldes Olustverega oli tõenäoliselt vähemalt osaliseltki tingitud katsekohtade erinevatest ilmastikuoludest, võib-olla ka mulla erinevustest. Kõikides vedelväetise variantides ja granuleeritud ammooniumsalpeetri variandis suurenes suvinisu 'Munk' proteiinisisaldus. Lämmastikväetiste mõjul suurenes ka suvinisu 'Tjalve' proteiinisisaldus.

Herbitsiidiga pritsimisel paagisegusse lisatud HMMd suurendasid niusaaki 632 kg/ha ehk 14,0% (tabel 3).

Tabel 3. Vedelväetise ja haruldaste muldmetallide koos herbitsiidiga kasutamise mõju suviniisule 'Tjalve'
Table 3. Effect of liquid fertilizer and rare earths by spraying with herbicide on spring wheat

Katsevariant / Treatment	Saak / Yield		Proteiin / Protein
	kg/ha	%	%
Herbitsiid* (kontroll) <i>Herbicides* (control)</i>	4510	100	13,9
Herbitsiid + ΣR_2O_3 228 g/ha <i>Herbicides + rare earths</i>	5142	114,0	13,9
Herbitsiid + ΣR_2O_3 228 g/ha + N15 kg/ha <i>Herbicides + rare earths + liquid fertilizer</i>	4948	109,7	13,7
Herbitsiid + N15 kg/ha <i>Herbicides + liquid fertilizer</i>	4808	106,6	13,5
Herbitsiid + N20 kg/ha <i>Herbicides + liquid fertilizer</i>	4620	102,4	13,9
Herbitsiid** + N20 kg/ha <i>Herbicides** + liquid fertilizer</i>	4678	103,7	14,1
PD 95% / LSD 95%	309	6,9	0,64

* Granstar 10 g/ha + Starane 500 ml/ha

** Pritsimisnorm 400 l/ha, teistes variantides 250 l/ha / *Spraying rate 400 l/ha, in other variants 250 l/ha*

Herbitsiidiga koos antud vedelväetise efektiivsus jäi tagasihoidlikuks – usutavat saagitõusu ei saavutatud. Põhjuseks võisid olla eelnev ebasoodne ilmastik ja see, et pritsimise ajal oli nisu alles võrsumise alfaasis. Taimikul oli tõenäoliselt veel piisavalt kasutada külvi ajal mulda antud lämmastikku ning sel momendil nisu-taimed lisaväetamist ei vajanud. Lehekaudne vedelväetisega väetamine praktiliselt ei põhjastanud üheski katse-variantis lehtede kahjustusi. Vedelväetisega teraviljade kasvuaegse pritsimise optimaalsete aegade ja väetisnormide väljaselgitamiseks, samuti väetamise ühitamiseks teiste samaaegselt tehtavate hooldustöödega tuleb edaspidi teha veel täiendavaid uuringuid. Sest nagu on näidanud meie varasemad katsed, on AS Silmeti ammoo-niumsalpeetri lahus (HMM mikrolisandiga) pritsituna mitmesugustes taimekasvufaasides annustes N 17 ja 20 kg/ha võimaldanud saada suviteraviljadel 10,7–11,8% enamsaaki (Järvan jt, 1999b).

Kirjandus

- Diatloff, E., Asher, C. J., Smith, F. W. Rare earth elements and plant growth. Proceedings 8th Australian Agronomy Conference, Queensland, 1996, p. 203–206.
- Järvan, M. AS Silmeti haruldaste muldmetallide nitraadilahuste katsetamine põllu- ja aiakultuuridel. Lepingulise uurimistöö aruanne. Saku, 1997. – 16 lk (käikiri).
- Järvan, M., Kalmel, R., Rausberg, P. Lantanoidide mõju suviniisu ja herne bioloogilistele protsessidele. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi toimetised 9. Tartu, lk 13–16, 1999a.
- Järvan, M., Meripõld, H., Lõiveke, H., Valgus, T. Lantanoidide toimest suviteraviljadele. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi toimetised 9. Tartu, lk 21–24, 1999b.
- Leonard, R. T., Nagahashi, G., Thomson, W. W. Effect of Lanthanum on Ion Absorption in Corn Roots. – Plant Physiology, 55, p. 542–546, 1975.
- Shi, G. L., Nie, J. H., Chen, B. C., Ding, F. J. A study on the optimum application period, concentration and times of rare earth in winter wheat. – Journal of Shandong Agric. University, 25: 4, p. 439–443, 1994.
- Zhang, X. S. Effects of foliar application of rare earth elements and DPC on wheat. – Shanxi Agricultural Science, 11, p. 4–5, 1985.
- Xie, H. G., Chang, Q. Z. Study on the effect of rare earth elements on the yield of wheat. – In: New frontiers in rare earth science and application (Xu G. X. and Xiao J. M., eds.). Science Press, Beijing, China. 1985, p. 1505–1509.
- Yang, J. P., Li, C., Zhang, S. Y. Effects of rare earth fertilizers on grain yield, quality and physiological activities in winter wheat. – Shanxi Agricultural Science, 11, p. 4–6, 1988.

Käesolev artikkel on koostatud ETF grandii nr 5050 finantseerimisel, uurimistööd on toetanud ka AS Silmet.

Effect of Liquid Nitrogen Fertilizer and Rare Earths on Spring Wheat

M. Järvan, T. Paide, A. Soasepp, T. Valgus

Summary

In connection with the restructuring of its production of rare earth elements (REE) to implement an environment-friendlier technology, AS Silmet has since 2001 been providing Estonian agriculture with liquid nitrogen fertilizer made of production residues. The fertilizer is an ammonium nitrate solution, which contains a small amount of sodium nitrate and REE as micro additive.

REE have an impact through several physiological processes influencing plant productivity, the mechanisms of their action have not yet been investigated sufficiently in the world. The results of preliminary trials made with the solutions of AS Silmet (Järvan, 1997; Järvan et al., 1999a; 1999b) have been interesting and serve as basis for further studies.

The aims of three field trials conducted at the Estonian Research Institute of Agriculture (ERIA) in 2001 were as following:

- to study the effect of liquid nitrogen fertilizer and REE applied to soil prior to sowing on spring wheat;
- to study the effect of nitrogen fertilizer and REE applied to herbicide solution on spring wheat.

The liquid fertilizer used in the trials contained total nitrogen 204 g l^{-1} and Na $29,5 \text{ g l}^{-1}$. As a source of REE, a high-concentrated nitrate solution was used containing $\Sigma\text{R}_2\text{O}_3$ 228 g l^{-1} . REE was dosed in the conformity with trial variant directly prior to use into the liquid fertilizer or herbicide solution. The trials were performed at the Olustvere Experimental Station of ERIA and in Saku trial fields on mineral soils of average fertility.

The liquid fertilizer rate 300 l ha^{-1} , i.e. N 60 kg ha^{-1} , sprayed onto soil and tilled prior to sowing increased the yield of the spring wheat variety 'Munk' at the Olustvere Experimental Station by 1.02 t ha^{-1} (Table 1) and that of the variety 'Tjalve' in Saku by 0.82 ha^{-1} (Table 2). N60 as solid ammonium nitrate increased the yields by 1.23 and 0.91 t ha^{-1} respectively. Comparing the efficiency of these fertilizers based on the average sales prices and contents of active substances, it became evident that one monetary unit spent on the purchase of fertilizer resulted in 1.5–1.6 times higher extra yield in case of liquid fertilizer than in case of solid ammonium nitrate. When N90 kg ha^{-1} was applied with liquid fertilizer, the extra yield was respectively 1.67 and 0.94 t ha^{-1} .

REE added to the liquid fertilizer at the rate 1.0 kg ha^{-1} resulted in the Olustvere trial in 0.31 t ha^{-1} of extra yield. In the Saku trial in this year conditions REE applied to soil did not increase the wheat yield. Due to nitrogen fertilizers the protein contents of grains increased (Tables 1 and 2).

REE added to the herbicide solution at the rate 228 g ha^{-1} increased the wheat yield by 632 kg ha^{-1} , i.e. 14.0% (Table 3).

The effect of nitrogen fertilizer added to herbicide solution was modest. The reason could be unfavourable weather conditions before spraying. There was still enough nitrogen applied during sowing that plants could use and at the beginning of sprouting the wheat plants did not need additional fertilization. Although the nitrogen concentration in spraying solution was relatively high (5–8% N), application of liquid fertilizer to leaves did not cause leaf damages in trial variants.

In order to identify the optimum times and rates of liquid fertilizer applied to cereals during growth and to make fertilization compatible with other maintenance works, further investigations are needed. Our earlier trials (Järvan et al., 1999b) have indicated that the ammonium nitrate with REE micro additive applied to leaves at rates N 17 and 20 kg ha^{-1} enabled to obtain on spring cereals an extra yield of 10.7–11.8%.