

FUSARIUM-SEENED TERAVILJA SEEMNETEL JA SÖÖDAS NING NENDE OHTLIKKUS

H. Lõiveke, H. Laitamm, R.-J. Sarand

Fusarium Link: Fr. perekonna esindajad on looduses laialt levinud nii saproobidena kui ka parasiitidena. Seejuures esinevad *Fusarium*'id haigusetektajatena valdavalt konidiaalstaadiumis (anamorf). Uuemate andmete (Eesti seenestik, 2000) kohaselt on teada ka suguline staadium (teleomorf) mitmetel liikidel – *F. sambucinum* Fuckel = *Gibberella pulcaris* (Fr.Fr) Sacc.; *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. = *G. avenacea* R.J. Cooke; *F. graminearum* Schwabe = *G. zeae* (Schwein.) Petch.; *F. heterosporum* Nees = *G. gordonii* Booth; *F. lateritium* Nees = *G. baccata* (Wallr.) Sacc.; *F. moniliforme* J.Sheld. = *G. fujikuroi* (Sawada) Wollenw.; *F. gibbosum* Appel & Wollenw. var. *bullatum* (Sherb.) Bilai = *G. intricans* Wollenw.; *F. nivale* (Fr.) Ces. = *Monographella nivalis* (Schaffnit) E.Müll. & Arx; *F. solani* (Mart.) Sacc. ja *F. javanicum* Koord. = *Nectria chaematococca* Berk. & Broome. Teraviljadel on olulisemad selle seeneperekonna tekitatud haigused lumiseen, juurekaelamädanik ja pähikutel arenev punakaste (Lõiveke jt., 1995). Samuti esinevad *Fusarium*'i liigid kõrreliste juuremädaniku kompleksis (Lõiveke, 1993) ja on rukkiterade roosastumise üheks põhjustajaks (Lõiveke, 1978). *Fusarium*'ide esinemist teraviljadel on Eestis veel uurinud P. Soobik (1995), kes on leidnud teraviljade vegetatiiv- ja generatiivorganitelt kokku 13 liiki, sealhulgas rukkilt 7, nisult 7, odralt 11, kaeral 3 liiki. Kõik 13 liiki esinesid sealhulgas ka teradel. Nimetatud autori töö tuvastab liikide esinemise, iseloomustades seda üldsõnaliselt – leide väga arvukalt, arvukalt, mõned leiud või üksikleid.

Seoses teravilja ja teraviljasaaduste kasutamise ja loomasöödaks on oluline teada, millised liigid ja kui sageli esinevad Eestis kasvatatud teraviljadel ja neist valmistatud teraviljasaadustel. Kirjanduse (Kadis et al., 1971; Bilai, 1977; Bilai, Pidoplitško, 1970) andmetel on *Fusarium*'i liikidest paljud tuntud ka toksikantidena. Tuntumad on *Fusarium graminearum*, *F. sporotrichiella* ja *F. nivale*, kuid toksilisi tüvesid on ka liikidel *F. culmorum*, *F. sambucinum*, *F. avenaceum*, *F. gibbosum* ja *F. oxysporum*. *F. graminearum* areneb nisul, rukkil, kaeral, odral, maisil, riisil, tekitades nn. uimastavat punakastet. Haigestunud teravilja toiduks või loomasöödaks tarvitamisel areneb inimestel alkoholimürgituse sümptomeid meenutav toksikoos, loomadel tekib vulvovaginiit, viljatus või iseeneslik abort. Kestev mürgise vilja tarvitamine võib lõppeda surmaga. *F. sporotrichiella*'st kahjustatud vilja tarvitamine põhjustab kehatemperatuuri tõusu, maohäireid, leukotsüütide ja trombotsüütide arvu järsku langust verepildis, luuüdi kahjustust jne., mis võib lõppeda surmaga (ingl. k. haiguse nimetus *alimentary toxic aleukia*). *F. nivale* kahjustatud teravilja tarvitamisel Jaapanis täheldati loomadel isutust, kaalus allavõtmist, verejooksuga kopsudes, maos, ajus ja emakas lõppevaid surmajuhtumeid. Inimestel tekkisid peavalu, oksendamine, iiveldus, krambid (Bilai, 1977).

Seejuures *Fusarium*'i liikide kõik tüved pole toksilised. A. Z. Joffe poolt korraldatud uurimustes (Kadis et al., 1971) Orenburgi oblasti piirkonnas aastatel 1943–1949 kasvanud teraviljal oli kõige rohkem toksilisi tüvesid liikidel *F. sporotrichiella*, *F. poae* – 93,4–96,8% ja *F. graminearum* – 33,3%. Seevastu *F. avenaceum*'i, *F. culmorum*'i, *F. equiseti*'i tüvedest olid 18,8–19,6% toksilised, *F. solani*, *F. redolens*'i, *F. nivale*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*'i tüvedest 15,4–16,7%. Toksiliste tüvede teke oli otseselt sõltuvuses teravilja koristamise ajast. Kui teravili koristati õigeaegselt, ei arenenud teravilja vegetatiiv- ja generatiivorganitel massiliselt mikroseeni, sealhulgas *Fusarium*'i liike. Toksiliste *Cladosporium*'i, *Alternaria*, *Penicillium*'i, *Mucor*'i ja *Fusarium*'i esinemine oli aga sage lume alla jäänud teravilja puhul. Suuremad inimeste ja loomade haiguspuhangud Ida-Siberis sõjaaegsetel ja -järgsetel aastatel 1942–1947 tekkisidki piirkondades, kus toiduks ja söödaks kasutati lume alla jäänud kevadel koristatud vilja.

Soomes esines *Fusarium*-seente (*F. graminearum*, *F. poae*) toksiinidega mürgitatud sissetoodud maisi ja kohaliku teravilja söödaks kasutamisel loomade haigestumisi ja lõppemisi aastatel 1982 ja 1984. Nimetatud 2 *Fusarium*'i liiki ja nende toksiine leiti vihmamärgadelt põldudel koristatud viljast kui ka söödatehaste silodest (tornidest) ja tootmisliinidelt kondensatsiooniveega märgunud kohtadest (Karppanen et al., 1985).

Tuntumateks *Fusarium*'ide produtseeritud toksiinideks on tsearalenoon (F-2), desoksünivalenool (vomitoksiin), T-2-toksiin (Katšanova, 1983). Viimased 2 kuuluvad trihotetseenide hulka, kus on üle 40 eri toksiini. Toksiinidel on väga erinev mõju: neurotoksiline, hemorraagiline, leukopeeniline, immunodepressiivne, dermatotoksiline, teratogeenne või kantserogeenne.

Eesti Maaviljeluse Instituudi taimekaitse osakonnas püüti aastate 1973–1981 teraviljaproovide (1064 proovi instituudi katsemajanditest üle Eesti) analüüsiga selgitada, kui sageli ja milliste liikidega on nakatud Eestimaa põldudel kasvanud teravili. EMVI mikrobioloogia laboratooriumis 1997.–2000. a. H. Laitamme ja R.-J. Sarandi korraldatud teravilja ja teraviljasöötade proovide analüüsiga selgitati nende toksilisust ja seda põhjustavaid mikroorganisme, sealhulgas *Fusarium*'ide osa selles. Uuritud söötade kasutamisel esines loomadel tervisehäireid (kõhulahtisus, piimatoodangu langus jne.).

Materjal ja meetodika

Majanditest kogutud teravilja proovides esineva mikrofloora selgitamiseks kasutati niiske kambri meetodit. Igast proovist analüüsiti 100 tera. Sisemise nakkuse paremaks avaldumiseks lõigati 24 tundi leotatud terad skalpelliga pooleks. Skalpell ja pintsetid puhastati ja desinfitseeriti iga proovi järel. Proovid jagati 10 Petri tassi, igasse 20 poolikut tera. 5 tassi inkubeeriti 20–30° juures, 5 tassi 18–22° juures, et paremini kasvaksid välja nii kõrgema kui madalama temperatuurioptimumiga *Fusarium*'i liigid. Tulemusi hinnati 2 ja 4 nädala pärast. Liikide määramiseks valmistati preparaadid, kasutati mikroskoopi MBI–6 ja V. J. Bilai määrajaid (1955, 1977). Mükotoksiinide määramiseks uuritavas proovis kasutasid H. Laitamm ja R.-J. Sarand testorganismi *Bacillus stearothermophilus* (Watson, Lindsay, 1982).

Tulemused ja arutelu

Nakatatud teraviljapartiide protsent ja nakatatud partiide *Fusarium*'idega saastatuse aste erinesid aastate lõikes suurtes piirides. Nisust oli aastatel 1973–1981 nakatatud 66,7–100,0% proovidest (partiidest) keskmise nakkuse astmega 13,3–66,7%. Rukkil oli nakatatud 38,1–85,7% proovidest ja keskmine nakkuse aste nendes proovides oli vastavalt 7,5–23,2%. Odra puhul olid vastavad näitajad 44,6–96,8% ja 13,5–45,7%, kaeral vastavalt 54,5–100,0% ja 15,2–64,6%. Nakatumist *Fusarium*'idega suurendasid lamandumine ja viljade valmimise perioodil augustis-septembris paljuaastasest keskmisest suurem sademete hulk. Kirjandusest (Kallas, 1996) ja praktikast on teada, et koristatud niiskes viljas hakkavad arenema mitmesugused mikroorganismid, sealhulgas *Fusarium spp.*, ja tekib isekuumenemine. Seetõttu partiide analüüsi tulemused sõltuvad nii kasvutingimustest kui ka koristusjärgsest perioodist, s.o. kui kiiresti koristatud vili kuivatati säilituskonditsioonini 13–14% niiskusesisaldusele. Uuritud seemnetel tuvastati 26 *Fusarium*'i liiki ja teisendit. Odral, kaeral ja nisul on domineerivateks liikideks *Fusarium avenaceum* (*F.a.var. herbarum*) ja *F. sporotrichiella* (*F.s.var. poae*), rukkil vastavalt *F. avenaceum* (*F.a.var. herbarum*) ja *F. solani* (*F.s.var. argillaceum*). Toksikantidena tuntud liigid (koos teisenditega) *F. avenaceum*, *F. sporotrichiella*, *F. oxysporum*, *F. sambucinum*, *F. gibbosum*, *F. culmorum* ja *F. nivale* esinesid 50–60% kogu uuritud teraviljaproovidest. Toksikantideks võivad olla ka *F. solani* ja *F. moniliforme* (Tuteljan, Kravtšenko, 1985; Eesti seenestik, 2000), mis esinesid 19,1% proovidest. *F. graminearum*'it kui kõige ohtlikumat toksikanti ei esinenud. Ka P. Soobik (1995) ei märgi selle esinemist teraviljadel.

Selgitamiseks võimalike toksikantidega teraviljaproovide mürgisust viidi läbi üks katse hiirtega A. Linnutaja juhendamisel. 9 katselooma toideti 3 nädala kestel söödaga, mis sisaldas 25% heinajahu ja 75% uuritavat teravilja. Teraviljas oli 16–22% teradest roosa värvusega ja 25% teradel esines võimalikke toksikante *F. sporotrichiella* (*F.s.var. poae*) ja *F. oxysporum var. orthoceras*. Katse kestel ja selle lõpetamisel loomadel mingeid häireid elutegevuses ei tuvastatud, mis lubab järeldada, et uuritavas viljaproovis ei olnud *Fusarium*'ide toksilisi tüvesid.

Aastatel 1997–2000 uuriti EMVI mikrobioloogia laboratooriumis 34 teravilja- ja teraviljasöötade proovi, millest 11 proovis leiti *Fusarium sp.*, sealhulgas *F. sporotrichiella* ja *F. sporotrichiella Bilai var. tricinctum* (*Corda*) Bilai. Testiga *Bacillus stearothermophilus*'ele osutusid eraldatud *Fusarium*'i liigid toksilisteks 10 proovis, eriti toksiliseks *F. sporotrichiella var. tricinctum*. Ühel juhul osutus *F. sporotrichiella* mittetoksiliseks.

Taimse Materjali Kontrolli Keskuses 1998. a. tehtud toidu- ja söödateraviljade ning nendest valmistatud toodete analüüs näitas, et toksiinide (aflatoksiinid, ohratoksiin, tsearalenoon, vomitoksiin) esinemine nii Eesti päritolu kui imporditud saadustes on võimalik. *Fusarium*'i toksiinidest vomitoksiini ei tuvastatud, kuid tsearalenooni esines toiduviljas (rukis, nisu) ja saadustes (jahud) 43 proovist ühel juhul, söödateraviljades ja neist valmistatud saadustes 25 proovist neljal juhul. Sisaldused olid küll alla lubatud piirnормi 1,0 mg/kg (piirides 0,04–0,3 mg/ka). Kromatograafilistel meetoditel saadud tulemusi kontrolliti biotoksikoloogilise analüüsiga testorganismil infusooril *Stylophoma mytilus*. Selgus, et mitme mükotoksiini esinemisel ka alla lubatud piirnормi nende koosmõju on sadu kordi tugevam kui üksikult esinedes. Võimalik on toksiinide nn. sünergeetiline efekt (Toidu kvaliteedi..., 1998).

Seega Eestis kaasajal kasutatavas teraviljas ja teraviljasöötades *Fusarium*'idest toksikantide esinemine on oluline faktor, mille vältimisele teravilja kasvatamisel, koristusjärgsel käitlemisel, söötade valmistamisel ja saadud söötade säilitamisel tuleb pöörata tõsist tähelepanu. Mitmed toksiinid on termostabiilsed ega hävi keetmisel ja söötade pärmistamisel.

Kirjandus

Bilai, Pidoplitško: Билай В. И., Пидопличко Н. М. Токсикообразующие грибы и вызываемые ими заболевания человека и животных. – Киев, 1970. – 288 с.

- Bilal: Билай В. И. Фузарии (Биология и систематика). – Киев, 1955. – 318 с.
- Bilal: Билай В. И. Фузарии. – Киев, 1977. – 441 с.
- Eesti seenestik. Mycobiota of Estonia. Kalamees, K. (peatoimetaja). – EPMÜ Zooloogia ja Botaanika Instituut. – 2000. CD-ROM.
- Kadis, S., Ciegler, A., Ajl, S. J. Microbial toxins. Volume VII. Algal and Fungal Toxins. – Academic Press. New York and London, 1971. – 586 p.
- Kallas, A. 10 soovitud viljakuivatajatele. Eesti Põllumajanduse Mehhaniseerimise Instituut. Infoleht nr. 20, 1996. – 8 lk.
- Karppanen, E., Rizzo, A., Berg, S., Lindfors, E., Aho, R. Fusarium mycotoxins as a problem in finnish feeds and cereals. – J. of Agricult. Science in Finland. Vol. 57, p. 195...206, 1985.
- Katšanova: Качанова С. П. Микотоксины и микотоксикозы сельскохозяйственных животных. – М., 1983. – 69 с.
- Lõiveke, H. Rukkiterade roosastumine. – Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi informatsioonileht nr. 12, 1978. – 7 lk.
- Lõiveke, H. Teraviljade harilik juuremädanik Eestis. – Taimekaitse. – Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituut. Eesti Taimekaitse Selts. – Saku, lk. 51...57, 1993.
- Lõiveke, H., Paide, T., Tammaru, I. Taimekaitse käsiraamat. – Koostanud Lõiveke, H. – Tallinn, 1995. – 389 lk.
- Soobik, P. Eestis teraviljadel esinevad mikroseened. (Lühikonspekt.) – Saku, 1995. – 48 lk.
- Toidu kvaliteedi ja ohutuse seireprogrammid. Mükotoksiinide monitooring. – Taimse Materjali Kontrolli Keskus. – Saku, 1998.
- Tuteljan, Kravtšenko: Тутельян В. А., Кравченко Л. В. Микотоксины (Медицинские и биологические аспекты). – Москва, 1985.
- Watson, D. H., Lindsay, D. G. A Critical Review of Biological Methods for the Detection of Fungal Toxins in Food and Foodstuff. – J.Sci. Food Agric. vol. 33, p. 59...67, 1982.

***Fusarium* Fungi as Dangerous Agents on Estonian Grain Seeds and Feeds**

H. Lõiveke, H. Laitamm, R.-J. Sarand

Summary

Fusarium fungi are dangerous pathogenic agents on cereals. The most well known diseases caused by *Fusarium* are pink snow mould, *Fusarium* root, foot- and ear rot. In the present paper contamination of Estonian grain seeds by *Fusarium* sp. has been investigated. Occurrence of *Fusarium* fungi was established in 1064 grain samples studied in years 1973–1981 and on 34 Estonian grain feeds samples analysed in 1997–2000. The species of *Fusarium* were identified by Bilal, 1955 and Bilal, 1977. 66,7–100% of the analysed wheat samples contained *Fusarium* sp., the average level of contamination being 13,3–66,7%. The responding numbers on rye have been 38,1–85,7% and 7,5–23,2%, on barley – 44,6–96,8% and 13,5–45,7%, on oat – 54,5–100,0% and 15,2–64,6%. Lodging of crops and rainy and wet autumn were the favourable conditions for the contamination by *Fusarium* spp.

There was 26 species and varieties of *Fusarium* presented on grain seeds. On barley, oat and wheat the most widely distributed *Fusarium* species are *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. var. *herbarum* (Corda) Sacc. and *F. sporotrichiella* Bilal. [F.s.var. emend poae (Pk.) Wr. emend Bilal.], on rye *F. avenaceum* var. *herbarum* and *F. solani* (Mart.) App. et Wr., [F.s. var. *argillaceum* (Fr.) Bilal]. The species known as toxicants – *F. avenaceum*, *F. sporotrichiella*, *F. oxysporum* (Schlecht) Snyd. et Hans., *F. sambucinum* Fuckel, *F. gibbosum* App. et Wr. emend Bilal, *F. culmorum* (W.G. Sm.) Sacc. and *F. nivale* (Fr.) Ces. contaminated 50–60% of samples under investigation. Presence of *F. graminearum* Schwabe in the studied material was not proved.

11 of the 34 samples of grain and grain feeds analysed in years 1997–2000 contained *Fusarium* sp. Growing substrate disc of *Fusarium* fungi was tested in reference to test organism *Bacillus stearothermophilus* using methodics presented by Watson and Lindsay (1982). Toxin-forming strains *Fusarium* sp. have been found in 10 samples. Especially toxic was *F. sporotrichiella* Bilal var. *tricinctum* (Corda) Bilal. Moderately toxic were strains of *F. sporotrichiella*, except 1 nontoxic strain.

Consequently, occurrence of *Fusarium* fungi on the grain seeds and grain feeds is a factor to be paid more attention in Estonia.