

Innovatsiooniklastri toetus (MAK 2014-2020 meede 16)
MTÜ Aiandusklastri innovatsioonitegevuse
„Leheanalüüside ekspressmeetodi väljatöötamine aianduskultuuridele“ lõpparuanne



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeringud
maapiirkondadesse



Innovatsioonitegevus viidi läbi 01.05.2017 – 30.11.2020

Aruande koostajad ja fotode autorid: Priit Põldma ja Ulvi Moor

Innovatsioonitegevuse eesmärgid

Innovatsioonitegevuse üldiseks eesmärgiks oli tagada aiandustootjatele võimalus teostada kiiresti leheanalüüse. Käesoleva projekti konkreetsemaks eesmärgiks oli välja töötada kiire ja lihtne ning samas usaldusväärne leheanalüüside teostamise meetod erineva lehe ehitusega aianduslikele kultuuridele (aedmaasika paksud lehed, kurgi ja aedsalati õrna tekstuuriga lehed, küüslaugu vahakorraga lehed).

Katsetoodika

Leheproove koguti ja analüüsiti aastatel 2018, 2019 ja 2020. Kolme aasta jooksul koguti 307 aedmaasika-, 165 kurgi-, 105 küüslaugu- ja 135 salatite leheproovi. Maasikalehed koguti taimede õitsemise ajal Eesti erinevates piirkondades paiknevatest tootmisistandikest valdavalt avamaalt mullas kasvanud taimedelt, kuid tugevama väetusfooniga lehtede kaasamiseks koguti materjali ka kiletunnelites turbasubstraadil kasvanud taimedelt. Üks proov koosnes kolmekümnest täielikult väljaarenenud maasikalehest (joonis 1), mis koguti sordi piires ühe istandiku erinevatelt taimedelt. Lehed lõigati 2018. aastal koos lehevarrega, teistel aastatel ilma lehevarreta. 2018. aastal kasutati lehevarsi nitraatiooni- ja kaaliumiooni määramiseks kiirtesterite abil. Sortidest olid istandikes kõige enam esindatud 'Sonata' ja 'Polka' ning nende järel 'Asia' ja 'Sonsation'. Üksikud proovid võeti ka sortidelt 'Rumba', 'Elianny', 'Roxana', 'Allegro' ja 'Malwina'.

Kurgi leheproovid koguti nii kasvuhoones kui ka avamaal kasvatatud kurgitaimedelt. Üks proov koosnes kahekümnest täielikult väljaarenenud kurgilehest koos lehevarrega (võeti võrse tipust 4.–5. leht), mis koguti sordi piires erinevatelt taimedelt. Sortidest olid kõige enam esindatud lühiviljalise kurgi sordid 'Dolomit' ja 'Alpaka' ning nende järel 'Dirigent', 'Schubert', 'Monolit' ja 'Lehar'. Kasvuhoones kasvatatavast pikaviljaliselt kurgilt võeti proovid ka sortidelt 'Petrifin', 'Carambole', 'Topspin' ja 'Winmar'. Küüslaugu leheproovid koguti erinevate tootjate põldudel ning EMÜ Rõhu katsejaama küüslaugusortide kollektsioonist. Kõige enam koguti sordi 'Liubasha' ning nn „kohalik küüslauk“ proove, kuid esindatud olid ka Eestis vähem kasvatatud Poola ja Prantsusmaa päritolu sordid. Ühes keskmises proovis oli vähemalt 25 lehte ning analüüsiks võeti noorim täielikult väljaarenenud leht. Salati leheanalüüsiks koguti proove AS Grüne Fee Eesti kasvuhoonetes kasvatatavatest liikidest: lehtsalat, jääsalat 'Frillice' ning spinati ja rukola taimedelt. Samuti võeti proove mõnede Eesti väiketootjate põldudel ja kasvuhoonetes kasvanud salatitest. Salatikultuuride puhul koguti kas üksikuid lehti vähemalt 25 taimelt või nooremate taimede puhul kogu maaapealne osa. Arvestati, et ühes proovis on vähemalt 100 g värsket materjali.

Lehed kuivatati sundventilatsiooniga kuivatuskapis 60°C juures ja jahvatati veskiga Cemotec (Tecator). Nn traditsioonilisel meetodil makroelementide määramine teostati EMÜ Taimebiokeemia laboris. P ja Mg määrati spektromeetriliselt kasutades seadet FIASstar (Tecator) ning K ja Ca leekfotomeetriliselt (Sherwood). Zn, Fe ja Mn üldsisaldused lehtedes määrati aatomemissioonspektromeetriga MP4100 (Agilent). Paralleelselt määrati samadest jahvatatud

leheproovidest lämmastiksisaldus lähi-infrapuna (inglise k. *near-infrared*, edaspidi NIR) seadmega ja P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn ja Cu määrati EDXRF röntgenspektromeetriga NEXQC+ (Rigaku). 2018. aastal kasutati lisaks ka kiirtestreid nitraatiooni ja kaaliumiooni määramiseks. Kuna kiirtesteritel kasutatakse taimemahla, mida värsketest maasikalehtedest ei ole võimalik välja pigistada, kasutati maasikataimedest mahla saamiseks sügavkülmutatud ja seejärel sulatatud lehevarsid (joonis 2). Kurgilehtedest kiirtesteriga NO_3^- ja K^+ määramine toimus vahetult peale leheproovide kogumist kurgi lehevartest mahla analüüsimise teel.

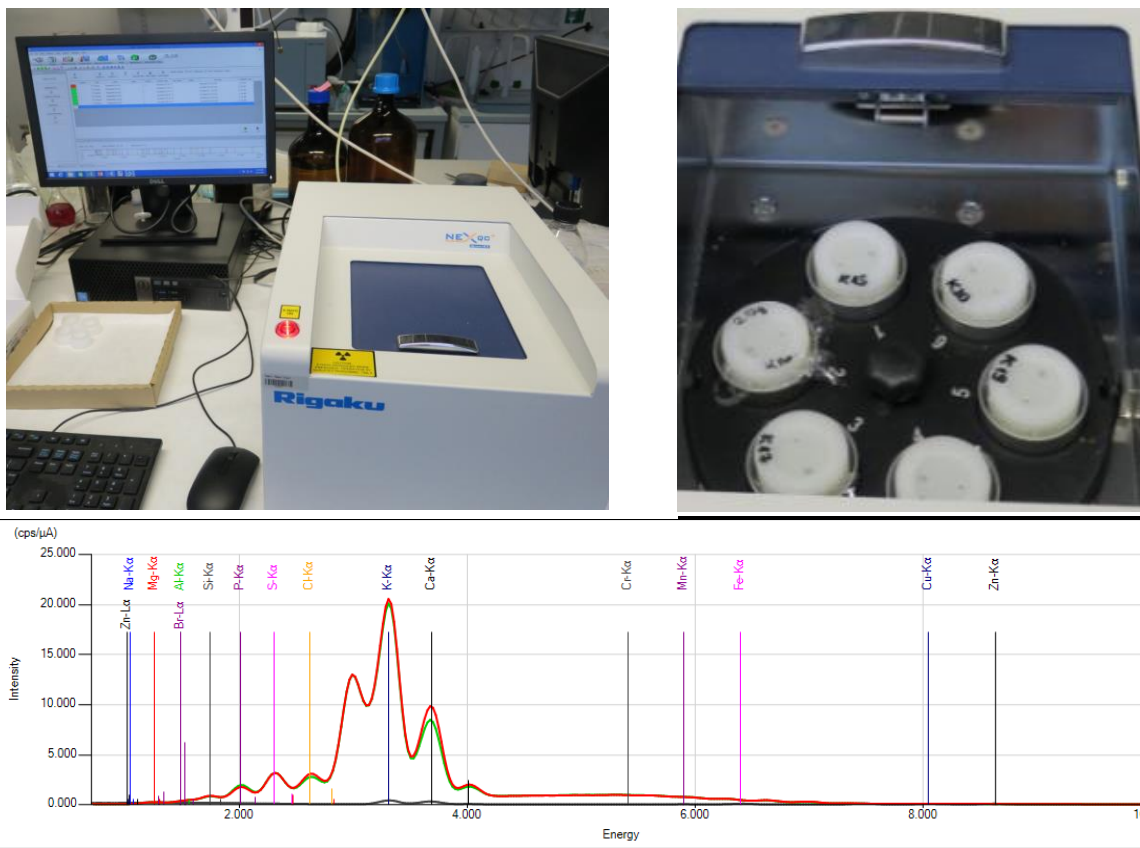
Traditsioonilisel meetodil määratud ja NIR- ning EDXRF röntgenspektromeetri (joonis 3) spetsiifilise röntgenkiirguse intensiivsuspameetrite vahelise seose tugevust hinnati lineaarse korrelatsioonanalüüsi abil. Seejärel hinnati lineaarse regressioonanalüüsi mudeli abil ekspressmeetodil määratud intensiivsuspameetrite hajuvust võrreldes traditsioonilisel meetodil määratud mineraalelementide sisaldusega ning arvutati regressioonivõrrandi kaudu prognoositav mineraalelementide sisaldus.



Joonis 1. Kurgi- ja maasikalehtede kogumine



Joonis 2. Kiirtestrid nitraatiooni ja kaaliumi määramiseks maasika ja kurgilehtede mahlast ning sügavkülmutatud ja seejärel sulatatud aedmaasika lehevarred koos mahla pigistamise tangidega



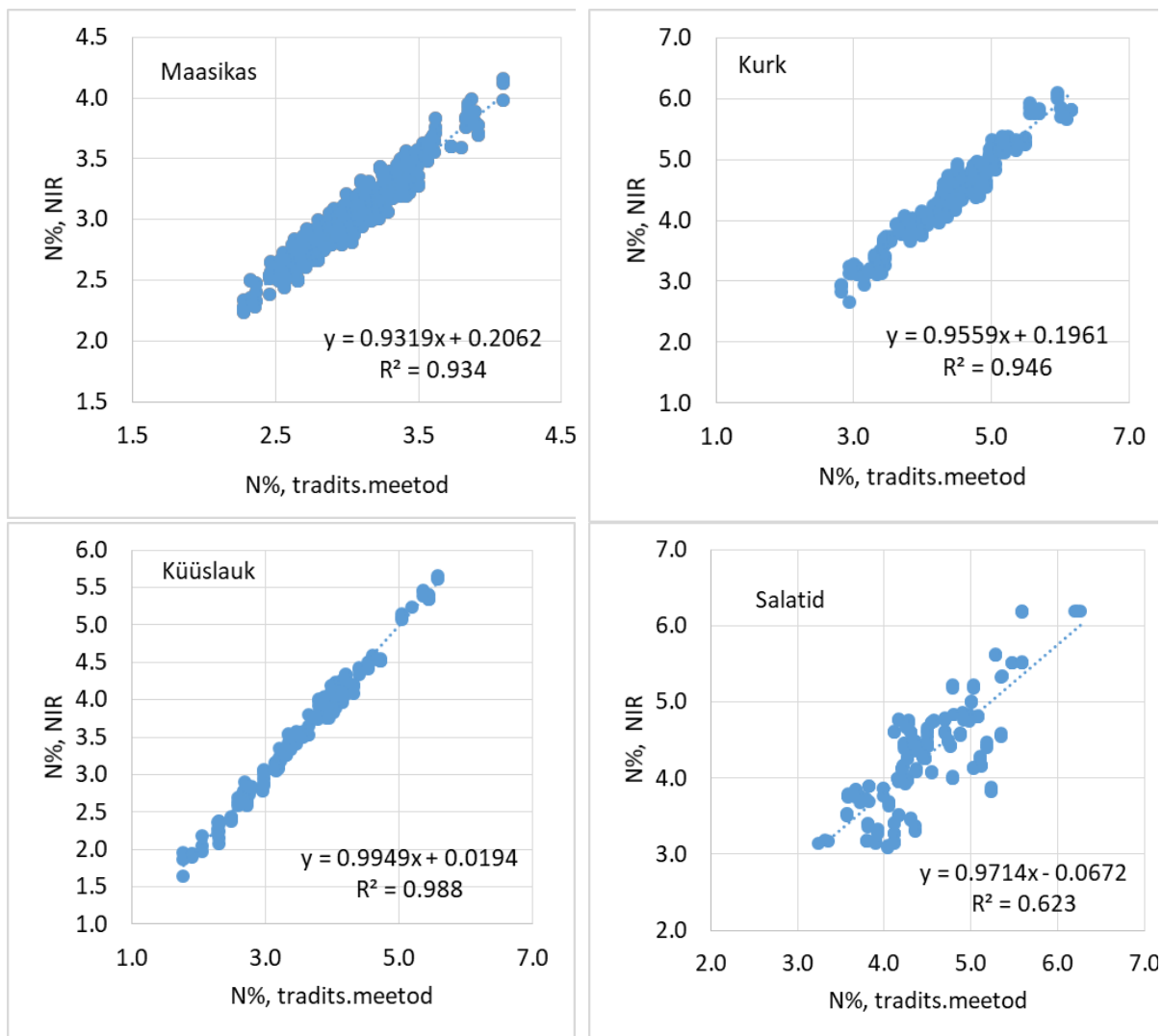
Joonis 3. EDRXRF röntgenspektromeeter koos ettevalmistatud proovidega ning elementide röntgenkiirguse intensiivsusiagrammid

Lehtede lämmastiksisalduse määramise tulemused NIR infrapunaspektromeetriga

2018. aastal nitraaditesteriga ja kaaliumitesteriga LaquaTwin määratud väärtuste ning traditsioonilisel meetodil määratud NO_3^- ja K^+ sisalduste vahel oli väga nõrk seos ning seetõttu ei saa antud meetodeid pidada usaldusväärseks. Näiteks kurgilehtede puhul oli traditsioonilisel meetodil määratud N –sisalduse ja kiirtesteriga saadud tulemuse korrelatsioonanalüüsi seos väga nõrk ($r=0,255$).

Lähi- infrapunaspektromeeter (NIR) osutus lämmastiksisalduse määramiseks väga usaldusväärseks maasika-, kurgi- ja küüslaugulehtede puhul (joonis 4). Korrelatsioonikordaja (r) oli maasikalehtede puhul 0,966; kurgilehtede puhul 0,972 ja küüslaugulehtede puhul 0,994. Salatilehtede puhul oli seos oluliselt nõrgem, $r=0,789$. Põhjuseks võib olla erinevate salatikultuuride lehtede ehituse suur varieeruvus. Kui lähtuda kultuuripõhiselt soovitatud lämmastiksisalduse vahemikest lehtedes, siis oleks väetussoovitused (kas lämmastikku juurde anda või mitte) jäänud NIR spektromeetriga määrares samaks maasikate ja kurkide puhul 93% juhtudest, küüslaugu puhul 94% juhtudest ja salatite puhul 64% juhtudest.

Lämmastikuisaldus kõikus köögiviljade lehtedes oluliselt enam kui maasikalehtedes. Näiteks kurgi puhul varieerus lehtede lämmastikuisaldus vahemikus 2,8 – 6,1%, salatite puhul 3,2-6,3%, maasikalehtedes aga vahemikus 2,3-4,1%.

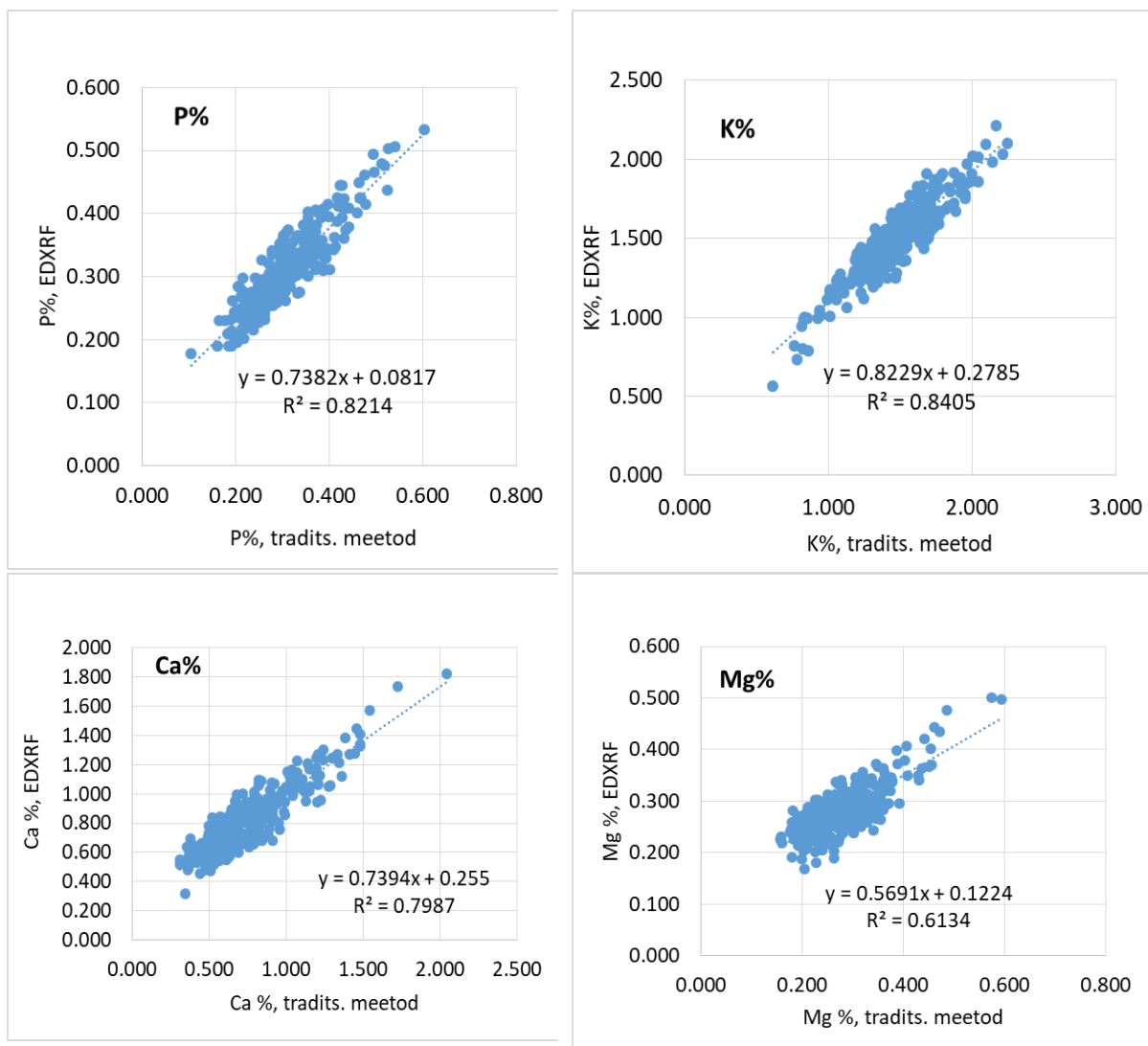


Joonis 4. Maasika-, kurgi- kõõslaugu- ja salatilehtede lämmastikuisalduse hajuvusdiagrammid lähi-infrapunaspektromeetriga (NIR) ja traditsioonilisel meetodil (Kjeldahl) määratuna.

Maasikalehtede peamiste makro- ja mikroelementide määramise tulemused EDXRF röntgenspektromeetriga

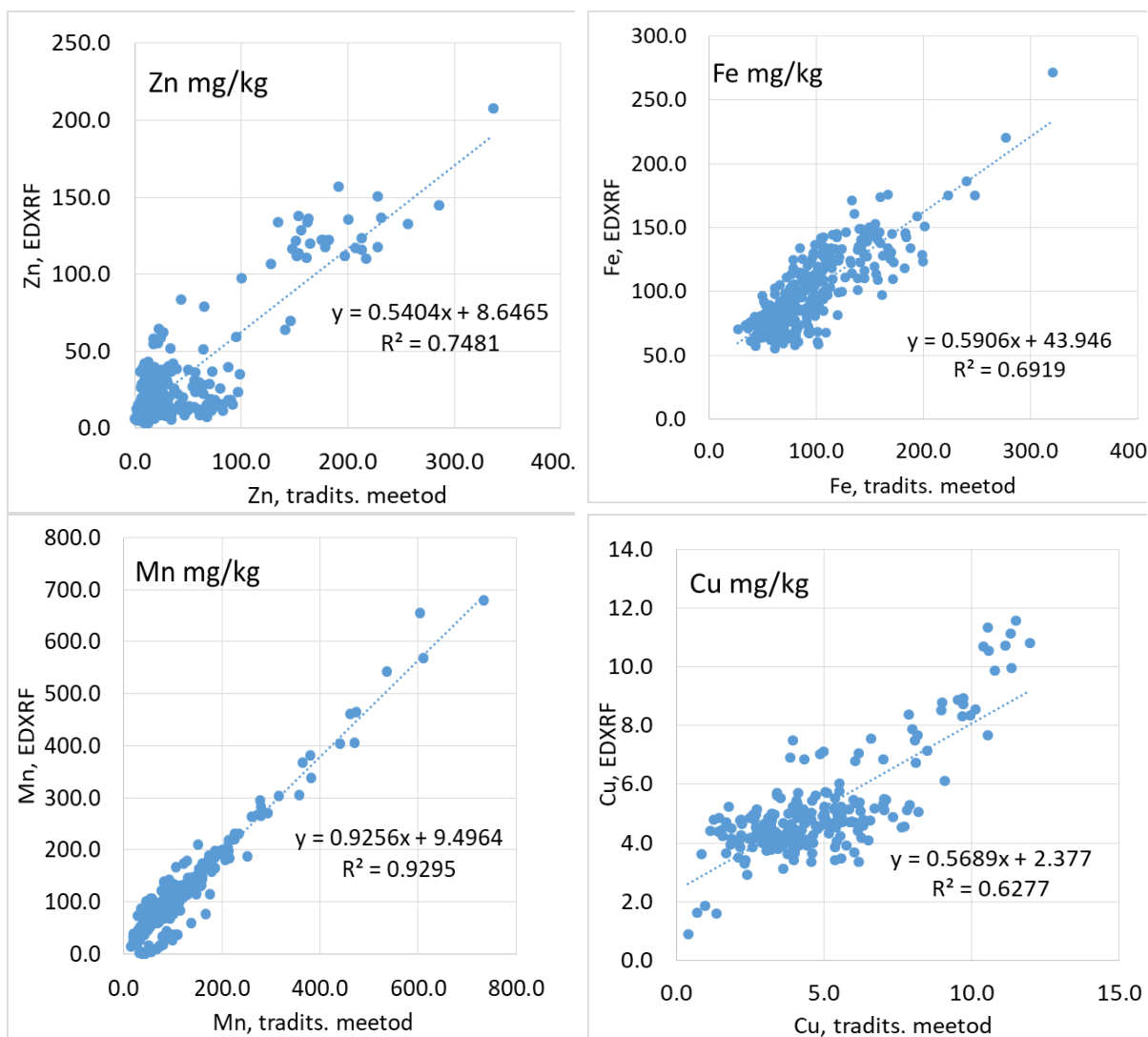
Aedmaasika puhul olid EDXRF röntgenspektromeetriga mõõdetud makroelementidest kõige tugevamad seosed traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisaldustega fosfori ja kaaliumi puhul (joonis 5). Korrelatsioonikordaja (r) oli P-sisalduse puhul 0,906 ja K- sisalduse puhul 0,917. Kaalium on maasika saagi tagamisel lämmastiku järel tähtsuselt teine toiteelement. Lisaks vilja massile mõjutab kaalium ka süsivesikute moodustumist. Piisava kaaliumiga varustatuse korral on maasika viljad magusamad, kaaliumidefitsiidi korral muutuvad viljad hapumaks. Kaaliumipuudus on maasikataimede puhul sageli esinev probleem.

Maasikalehtede kaltsiumi- ja magneesiumisisalduse andmed olid suurema hajuvusega ja seos ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil määratud tulemuste vahel ei olnud nii tugev (Ca -sisalduse puhul $r = 0,894$ ja Mg- sisalduse puhul $r = 0,783$).



Joonis 5. Maasikalehtede fosfori-, kaaliumi-, kaltsiumi- ja magneesiumisisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilistel meetoditel määratuna.

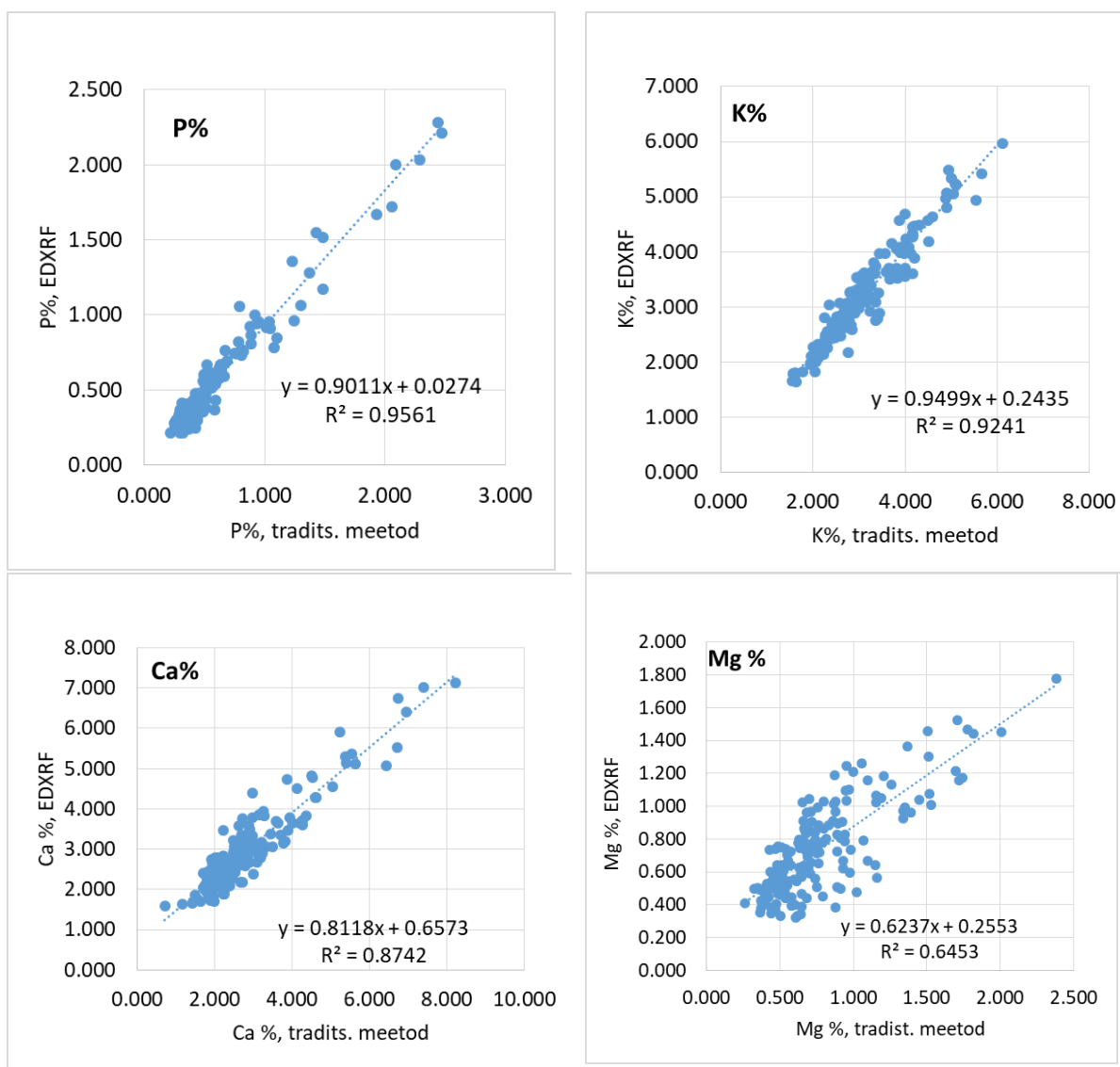
Mikroelementidest olid kõige tugevamad seosed traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisaldustega Mn puhul ($r = 0,964$) (joonis 6). Zn, Fe ja Cu puhul olid seosed mõnevõrra nõrgemad (r - väärtused vastavalt 0,865; 0,832 ja 0,792). Maasikate puhul on kõige olulisem mikroelement Zn. Soovituslik Zn-sisaldus maasikalehtedes on 20-50 mg/kg. Paljud tootjad ei kasuta eraldi Zn- täiendvähendit, lootes, et taimed saavad vajaliku Zn kompleksväetistest. Ilmselt kompleksväetise Zn- sisaldusest siiski ei piisa, sest 52% lehtedes oli Zn-puudus.



Joonis 6. Maasikalehtede tsingi-, raua-, mangaani- ja vasesisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilistel meetoditel määratuna.

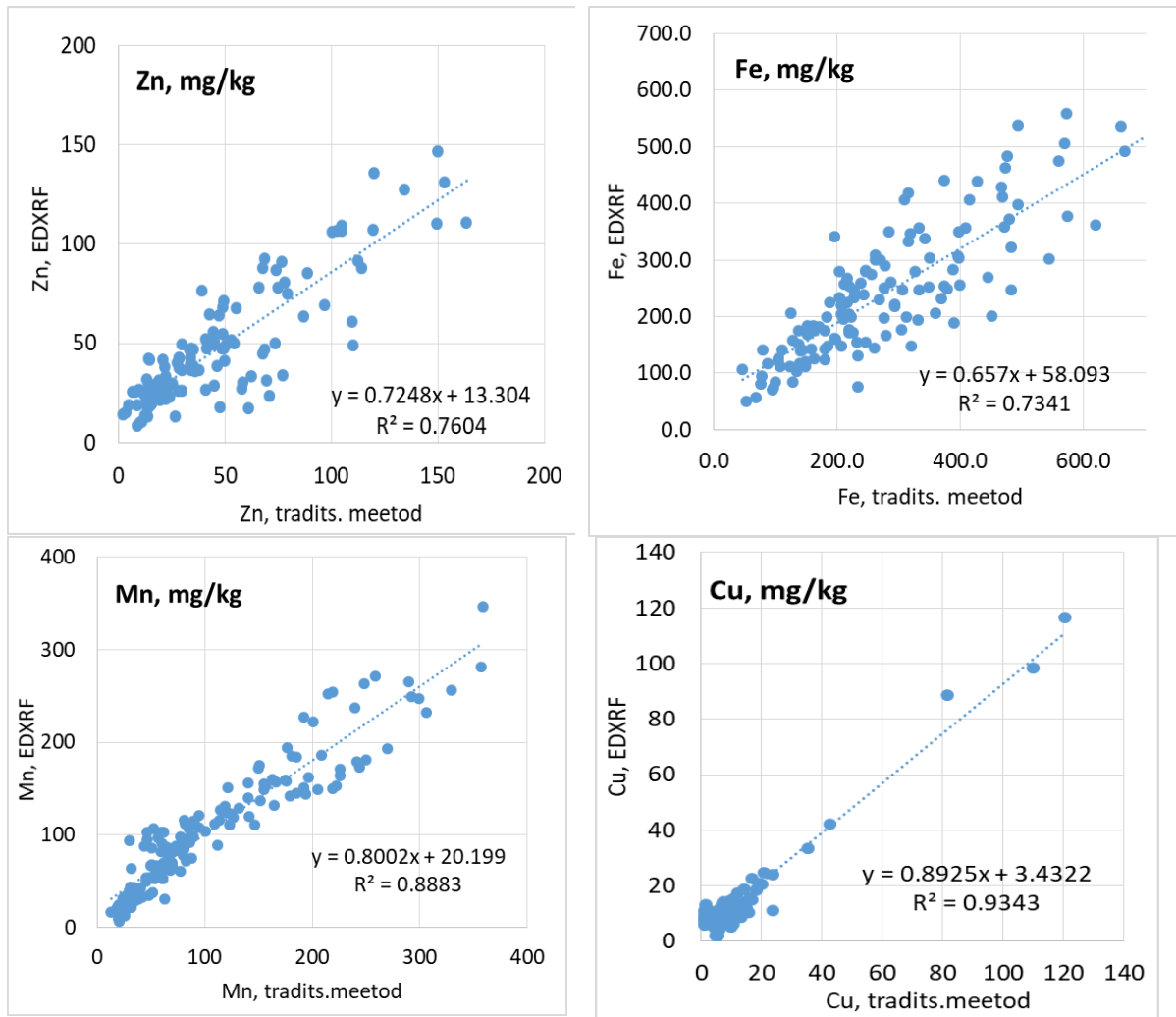
Kurgilehtede peamiste makro- ja mikroelementide määramise tulemused EDXRF röntgenspektromeetriga

Sarnaselt aedmaasikaga olid ka kurgi puhul EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud makroelementide sisaldustest kõige tugevamad seosed fosfori ja kaaliumi puhul (korrelatsioonikordaja r vastavalt 0,978 ja 0,961) (joonis 7). Ca ja Mg puhul olid seosed tugevamad kui aedmaasika lehtedest tehtud analüüsidel. Ca -sisalduse puhul $r = 0,935$ ja Mg- sisalduse puhul $r = 0,803$. Fosfor mõjutab oluliselt kurgi juurte kasvukiirust ja sarnaselt maasikaga on ka kurk kaaliuminõudlik kultuur. Kurgi viljad on veerikkad ja piisav kaaliumiga varustatus parandab taimede veega varustatust.



Joonis 7. Kurgilehtede fosfori-, kaaliumi-, kaltsiumi- ja magneesiumisisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilistel meetoditel määratuna.

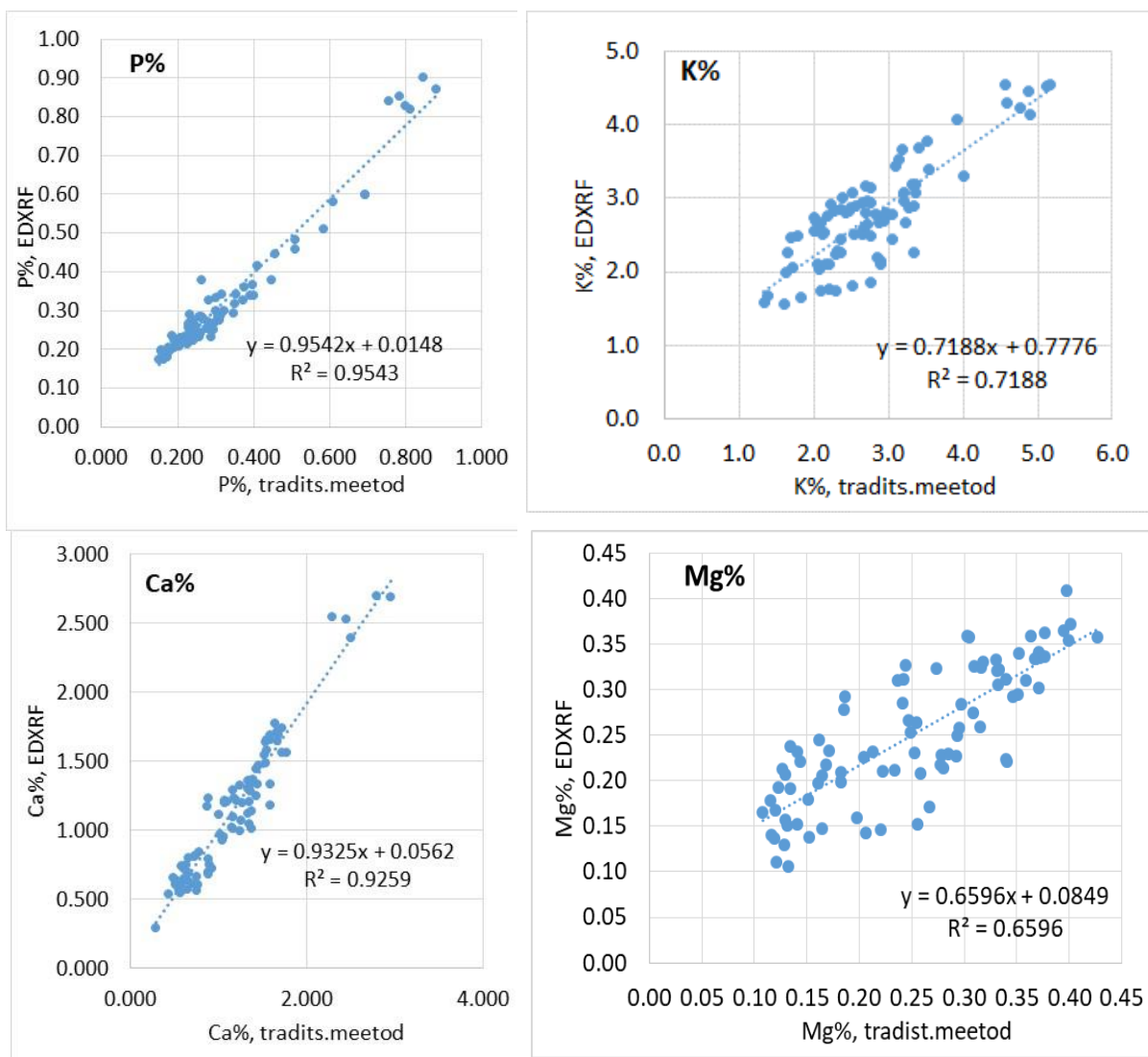
Mikroelementidest oli ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel väga tugev positiivne seos vase ja mangaani puhul ($r =$ vastavalt 0,967 ja 0,943) (joonis 8). Fe- ja Zn-sisalduse puhul oli ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel tugev seos (Zn puhul $r = 0,872$ ja Fe puhul $r = 0,857$).



Joonis 8. Kurgilehtede tsingi-, raua-, mangaani- ja vasesisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilistel meetoditel määratuna.

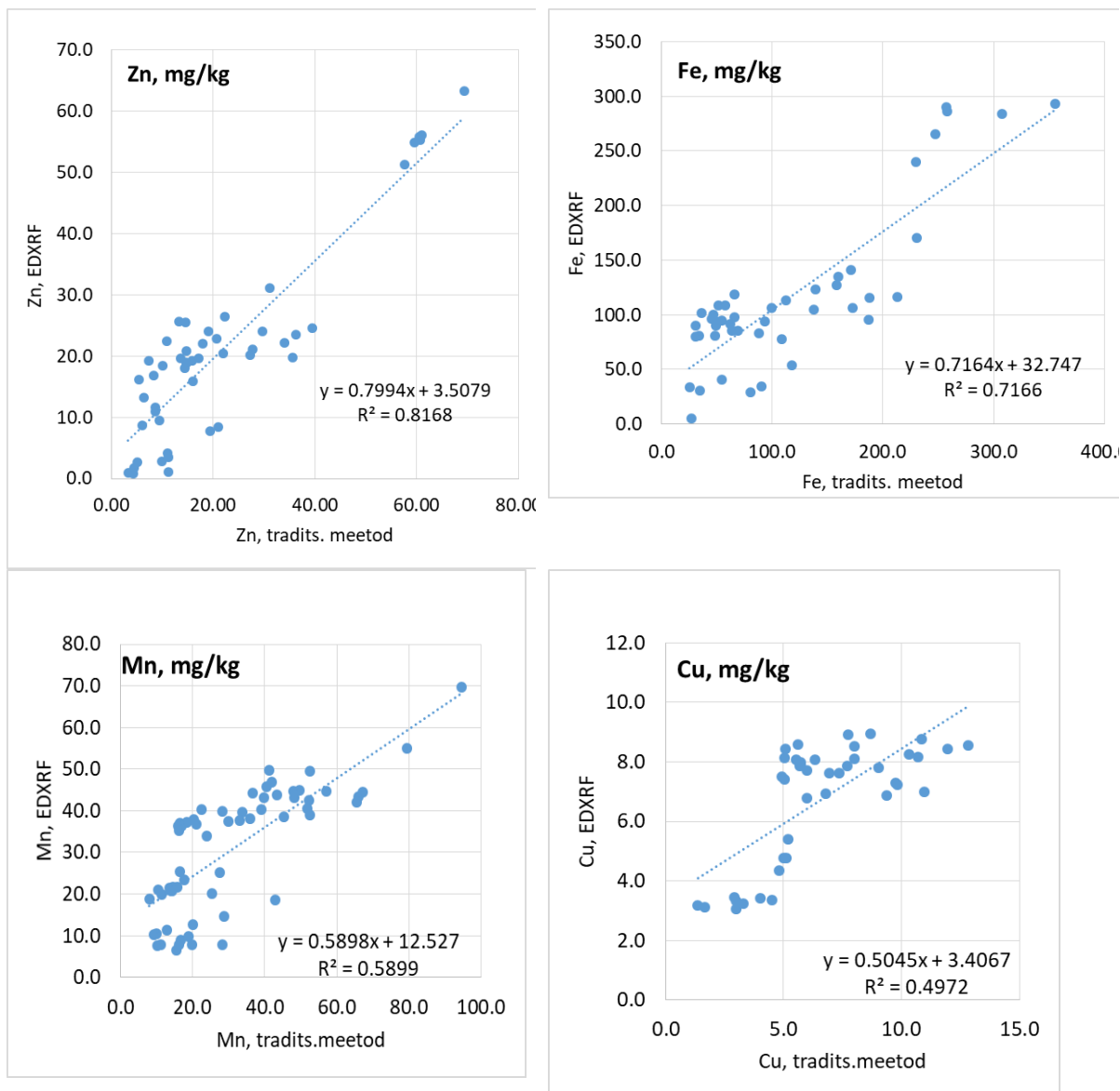
Küüslaugulehtede peamiste makro- ja mikroelementide määramise tulemused EDXRF röntgenspektromeetriga

Küüslaugulehtede puhul olid tulemused aedmaasika- ja kurgilehtedest erinevad. EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud makroelementide sisalduste vahel esinesid väga tugevad seosed fosfori ja kaltsiumi puhul (fosforisisalduse $r = 0,977$ ja kaltsiumisisalduse $r = 0,962$) (joonis 9). Kaaliumi ja magneesiumi puhul jäid seosed pisut nõrgemaks (korrelatsioonikordaja väärtused vastavalt 0,848 ja 0,812).



Joonis 9. Küüslaugulehtede fosfori-, kaaliumi-, kaltsiumi- ja magneesiumisisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilistel meetoditel määratuna.

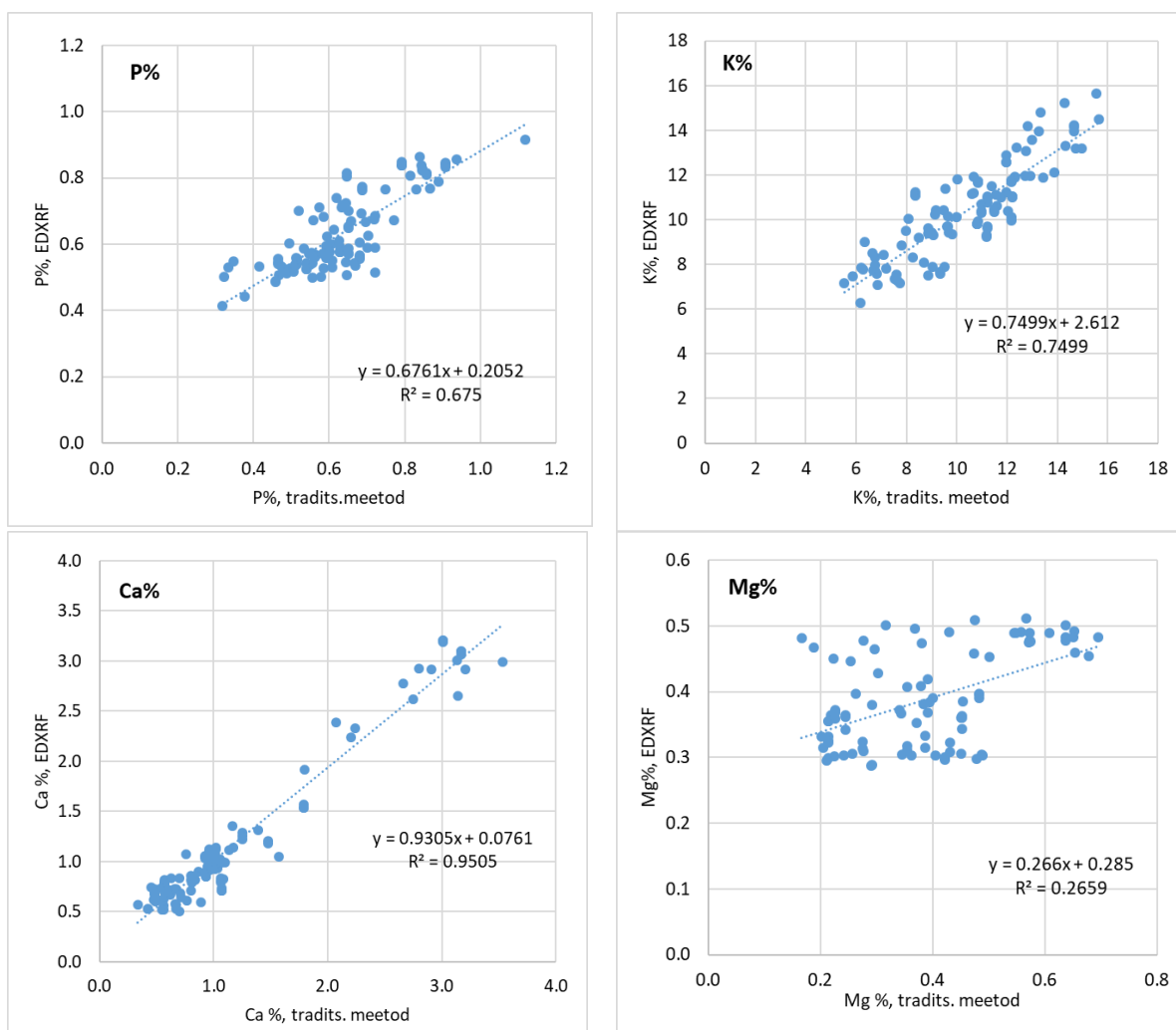
Küüslaugulehtede mikroelementidest oli ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel väga tugev positiivne seos tsingi puhul ($r = 0,904$) (joonis 10). Tugev seos oli Fe-sisalduse puhul ($r = 0,847$) ja Mn- ja Cu- sisalduse puhul oli ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel keskmine seos (Mn puhul $r = 0,768$ ja Cu puhul $r = 0,705$).



Joonis 10. Küüslaugulehtede tsingi-, raua-, mangaani- ja vasesisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilistel meetoditel määratuna.

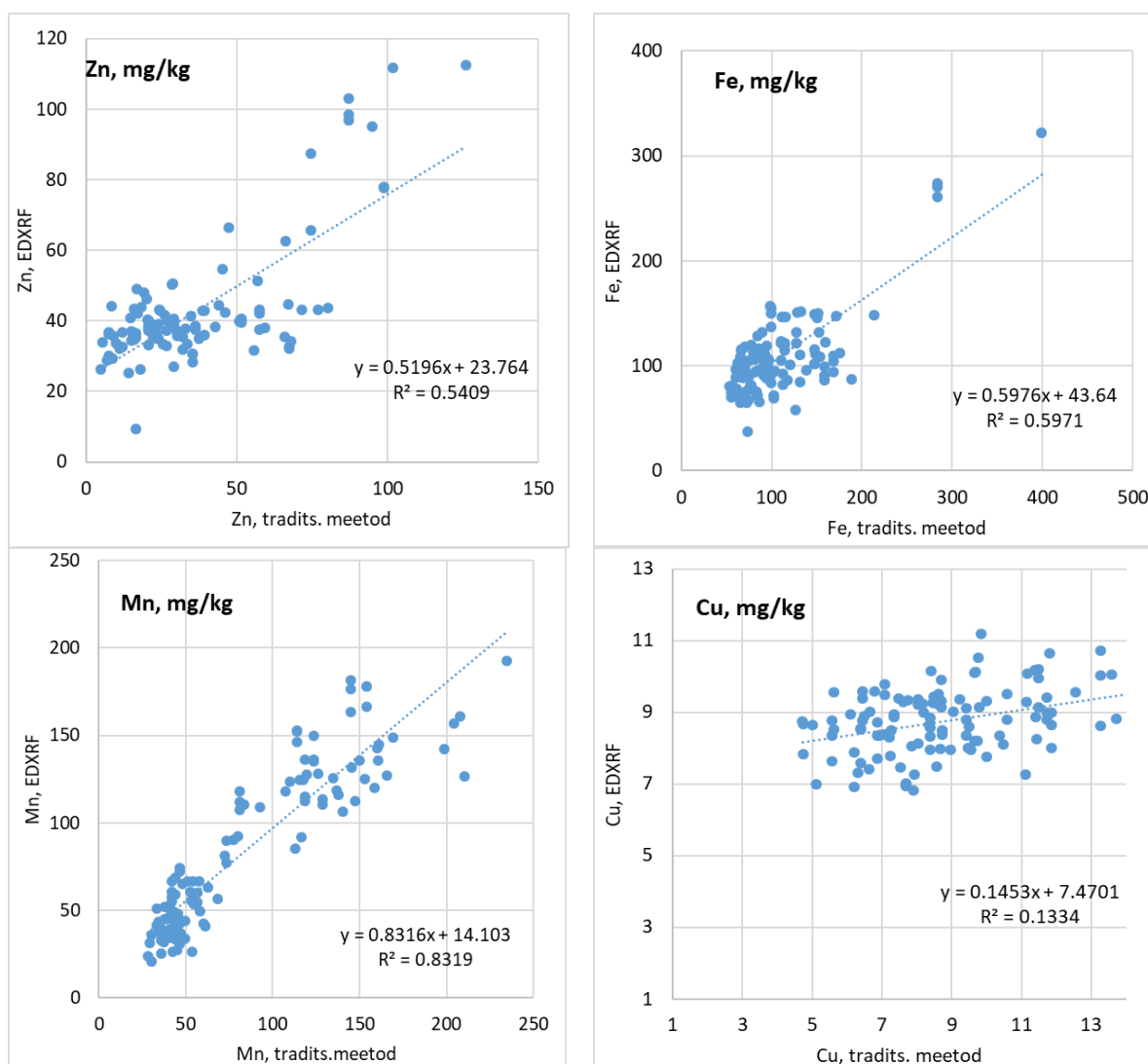
Salatilehtede peamiste makro- ja mikroelementide määramise tulemused EDXRF röntgenspektromeetriga

Salatilehtede makro- ja mikroelementide sisaldused varieerusid rohkem võrreldes teiste analüüsitud kultuuridega (joonis 11, 12). EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud makroelementide sisalduste vahel esines väga tugev seos vaid kaltsiumi puhul ($r = 0,975$), fosfori ja kaaliumisisalduse puhul oli tegemist tugeva seosega (P: $r = 0,826$ ja K: $r = 0,866$) Magneesiumi puhul jäi seos nõrgemaks (korrelatsioonikordaja $r = 0,516$).



Joonis 11. Salatilehtede fosfori-, kaaliumi-, kaltsiumi- ja magneesiumisisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilistel meetoditel määratuna.

Mikroelementidest oli ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel väga tugev positiivne seos mangaani puhul ($r = 0,912$) (joonis 12). Fe- ja Zn- sisalduse puhul oli ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel tugev seos (Zn puhul $r = 0,735$ ja Fe puhul $r = 0,772$). Vasesisalduse puhul jäi seos nõrgemaks ($r = 0,365$). Salatikultuuride puhul on ekspressmeetodite halvem tulemus seotud sellega, et salateid on erineva lehevärvusega, samuti oli spinati kaaliumi- ja rukola kaltsiumisisaldused 2-3 korda suuremad kui lehtsalatitel. Parema tulemuse saavutamiseks on plaanis salatikultuuride leheproove kogudes ja analüüsides täiendada andmebaasi.



Joonis 12. Salatilehtede tsingi-, raua-, mangaani- ja vasesisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga ja traditsioonilistel meetoditel määratuna.

Tulemuste levitamine

Eesti tootjatele on projekti tulemusi tutvustatud nii suuliselt kui ka läbi kirjasõna.

14. mail 2019 andis Ulvi Moor Äripäeva raadiole intervjuu maasikakasvatuse arengusuundadest (saade “Innovatsiooniminutid”).

Leheanalüüside ekspressmeetodi väljaarendamisest on tootjatele ülevaateid tehtud erinevatel kultuuripõhistel infopäevadel, näiteks

- 27.02.2019 “Efektiivne maasikakasvatus” Rakveres.
- 29.03. 2019 „Aedmaasika ja hariliku vaarika kasvatamine: uued sordid, kasvutehnoloogiad ja kahjustajad“ Võrumaal Navi seltsimajas.
- 25.10.2019. “Efektiivne maasikakasvatus” Pärnus.
- Infopäev: Avamaaköögiviljade keskkonnasõbralik väetamine. 19. november 2019. Tartu
- Infopäev „Keskkonnasõbralik maasika- ja köögiviljakasvatus: efektiivne ja loodushoidlik kastmine ja väetamine“. 5.03.2020. Saaremaa Suure-Tõllu puhkeküla, 6.03.2020. Hiiumaa, Hiiumaa Ametikool. korraldaja Tartu Põllumeeste Liit
- Esitluspäev: Sibulköögiviljade kasvatustehnoloogiad. 19. august 2020. Aianduse PIP raames

10.12.2021. toimuval konverentsil 'Innovatsioonitegevused aianduses' antakse samuti ülevaade klatri tegevuste raames saavutatust.

Lisaks on EMÜ digiarhiivis kõikidele huvilistele kättesaadavad leheanalüüside ekspressmeetodi väljatöötamisest valminud bakalaureusetöö ja magistritöö:

- Pille-Riin Kõks, magistrikraad, 2020. Leheanalüüsi ekspressmeetodid kurgi toitainetega varustatuse hindamisel. Juhendaja Priit Põldma.
- Kersti Sillajõe, bakalaureusekraad, 2020. Leheanalüüsi ekspressmeetodid köögiviljade toitainetega varustatuse hindamisel. Juhendaja Priit Põldma.

Eesti keeles on tootjatele ilmunud ka artikkel:

- Priit Põldma, Tõnu Tõnutare, Ulvi Moor. 2020. Leheanalüüside ekspressmeetodi rakendamine aedmaasika ja kurgi näitel. Agronoomia 2020, lk. 236–242.

Inglise keeles on leheanalüüside tulemusi tutvustatud rahvusvahelisel maasikakasvatajate sümposiumil, mis toimus virtuaalselt 2021. aasta mais (International Strawberry Symposium), kus esineti stendiettekanega „First results of the strawberry leaf nutrient analysis performed by novel energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) technique“.

Kokkuvõte

Projekti eesmärgiks oli välja töötada kiire ja lihtne ning samas usaldusväärne leheanalüüside teostamise meetod erineva lehe ehitusega aianduslikele kultuuridele (aedmaasika paksud lehed, kurgi ja aedsalati õrna tekstuuriga lehed, küüslaugu vahakorruga lehed). Ideaalis loodeti saavutada olukord, kus ekspressmeetodiga määratud toiteelementide sisaldused oleksid võrreldavad hetkel kasutusel olevate meetodite tulemustega, kuid tulemused saaks kahe ööpäeva jooksul, mitte nädalate pärast.

Kõikide kultuuride ja elementide lõikes ei olnud seosed ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel ühtviisi tugevad.

Lähi-infrapuna spektromeeter (NIR) osutus lämmastiksisalduse määramiseks väga usaldusväärseks maasika-, kurgi- ja küüslaugulehtede puhul.

EDXRF spektromeetriga tehtud ekspressanalüüs osutus kõige sobivamaks kurgilehtede analüüsimiseks. Kurgi puhul saab ekspressmeetodit piisava usaldusväärsusega kasutada kõikide määratud elementide

puhul. Fosfori-, kaaliumi-, kaltsiumi-, vase- ja mangaanisisalduse puhul olid seosed traditsioonilisel ja ekspressmeetodil määratud sisalduste vahel väga tugevad ($r > 0,9$) ja magneesiumi-, tsingi- ja rauasisalduste puhul olid seosed kahe meetodi vahel tugevad ($0,9 < r < 0,8$).

Maasikalehtede puhul saab ekspressmeetodit piisava usaldusväärsusega kasutada fosfori, kaaliumi, kaltsiumi ja mangaani määramiseks. Kuigi magneesiumi-, tsingi-, raua- ja vasesisalduse puhul olid seosed ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil määratud leheanalüüsides tulemuste vahel keskmise tugevusega, oleks ekspressmeetodi usaldusväärsuse suurendamiseks oluline edaspidine referentsandmebaasi suurendamine.

Küüslaugulehtede makroelementidest saadi ekspressmeetodiga kõige usaldusväärsemad tulemused P-, Ca- ja Zn- sisalduse puhul (väga tugevad seosed) ja tugevad seosed olid erinevatel meetoditel määratud Fe-, K- ja Mg- sisalduste vahel. Mn- ja Cu- sisalduse puhul oli ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel keskmine seos.

Salatilehtede makro- ja mikroelementide sisaldused varieerusid rohkem võrreldes teiste analüüsitud kultuuridega. Ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud makroelementide sisalduste vahel esines väga tugev seos vaid kaltsiumi puhul ($r = 0,975$), fosfori ja kaaliumisisalduse puhul oli tegemist tugeva seosega ning magneesiumi puhul jäi seos veelgi nõrgemaks. Mikroelementidest oli ekspressmeetodil võimalik määrata mangaani sisaldust. Teiste mikroelementide sisalduse täpsema analüüsitulemuse saavutamiseks on plaanis salatikultuuride leheproove kogudes ja analüüsides täiendada andmebaasi. Salatikultuuride puhul on ekspressmeetodite halvem tulemus seotud sellega, et salateid on erineva lehevärvusega, samuti oli spinati kaaliumi- ja rukola kaltsiumisisaldused 2-3 korda suuremad kui lehtsalatitel.

Alates 2020. aastast edastati ekspressmeetodil määratud leheanalüüsides usaldusväärsed tulemused ka koheselt tootjatele (tootjad said vastused kahe päevaga). Kuna leheproove korjati enamiku suuremate tootjate istandikest, siis võib väita, et enamik Eesti suurimaid maasika-, kurgi-, salati- ja küüslaugukasvatajaid on leheanalüüsides ekspressmeetodi väljatöötamisest teadlikud ja on saanud projektis määratud lehtede makro- ja mikroelementide sisalduste põhjal oma tootmises juba ka väetamist puudutavaid otsuseid teha.