Agronoomia 2026
https://doi.org/10.15159/agr.26.06

Kartulipealsete N, P ja K sisaldus 85. kasvupäeval ning nende seos mugulate kuivainesaagiga 100. kasvupäeval mahe- ja tavaviljeluses

Viacheslav Eremeev[1], Kalle Margus[1], Jaan Kuht[1], Evelin Loit-Harro[1], Anne Luik[2], Liina Talgre[1]
[1] Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse õppetool
[2] Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

Abstract. Eremeev, V., Margus, K., Kuht, J., Loit-Harro, E., Luik, A., Talgre, L. 2026. Haulm N, P and K at day 85 and tuber dry-matter yield at day 100: associations in organic and conventional systems – Agronomy 2026.

This study examined whether potato haulm nutrient uptake near the end of the growing period is associated with tuber dry-matter yield and whether these relationships differ between organic and conventional management. Data were obtained from the long-term farming systems experiment at Eerika, Estonia for the periood of 2013–2016. Haulm was sampled on day 85, and total N, P and K uptake (kg ha^{-1}) was calculated from nutrient concentrations and haulm dry mass. Tuber dry matter yield (t ha^{-1}) was determined on day 100. Associations were evaluated using linear regression and Pearson correlation separately for organic (n = 48) and conventional (n = 64) systems. For N, the association with tuber dry-matter yield was statistically significant but weak in the conventional system ($R = 0.27$; $p < 0.001$) and not significant in the organic system ($R = 0.19$; $p = 0.20$). The strongest association was observed for phosphorus (conventional $R = 0.78$, $p < 0.001$; organic $R = 0.31$, $p < 0.05$). For potassium, the association was strong in the conventional system ($R = 0.68$; $p < 0.001$), but not significant in the organic system ($R = 0.23$; $p = 0.114$). Overall, late-season haulm nutrient uptake – particularly phosphorus – was associated with tuber dry matter yield, with stronger and more consistent associations in the conventional system.

Keywords: potato, farming system, nutrient uptake, haulm, tuber dry matter

Sissejuhatus

Kartuli lõppsaaki mõjutavad mullaniiskus ja taimetoiteelementide kättesaadavus. Lämmastik (N) hoiab lehemassi töövõimelisena ja toetab saagi kujunemist kasvuperioodi lõpus (Rosen ja Bierman, 2008), samal ajal kui fosfor (P) toetab taimede energiavahetust ja mugulate täitumist (Rosen jt., 2014). Kaalium (K) aitab säilitada vee- ja gaasivahetuse stabiilsust ning parandada taimede stressitaluvust põua ajal (Järvan ja Vettik, 2016). Üks hiline suur väetusannus ei asenda ühtlast ja jaotatud väetusrežiimi; parema tulemuse annab väiksemate annuste ajastatud andmine koos piisava niiskusega (Zebarth ja Rosen, 2007; Rosen ja Bierman, 2008).

Käesolevas töös uuriti, kas 85. kasvupäeval pealsete poolt omastatud lämmastiku, fosfori ja kaaliumi kogused (kg/ha) seostuvad 100. kasvupäeval mõõdetud mugulate kuivainesaagiga (t/ha) ning millised on need seosed eraldi mahe- ja tavaviljeluses. Töö eesmärk on selgitada, millisel tasemel on kasvuperioodi lõpus vastavate toitainete sisaldus taimedes seotud suurema kuivainesaagiga. Arvestati ka katseaastate ilmastikuga, sest sademete defitsiit ja ebaühtlane jaotus võivad vähen-

dada N ja P seost saagiga ning suurendada K tähtsust veerežiimi ja kasvuprotsesside stabiilsuse hoidmisel (Tein jt., 2014).

Materjal ja metoodika

Uuring viidi läbi Eesti Maaülikooli pikaajalises külvikorra katses, mis rajati 2008. aastal (58º22' N, 26º40' E). Valdav mullatüüp on kahkjas (näivleetunud) liivsavi (56,5% liiva, 34,0% tolmu, 9,5% savi) lõimisega muld. Katse algtingimustes oli mulla orgaanilise süsiniku sisaldus 13,8 g/kg, kogu lämmastik 1,3 g/kg, pH (KCl) 6,0 ja huumuskihi paksus 30 cm (Reintam ja Köster 2006). Analüüs hõlmab kartuli-andmestikku aastatest 2013–2016.

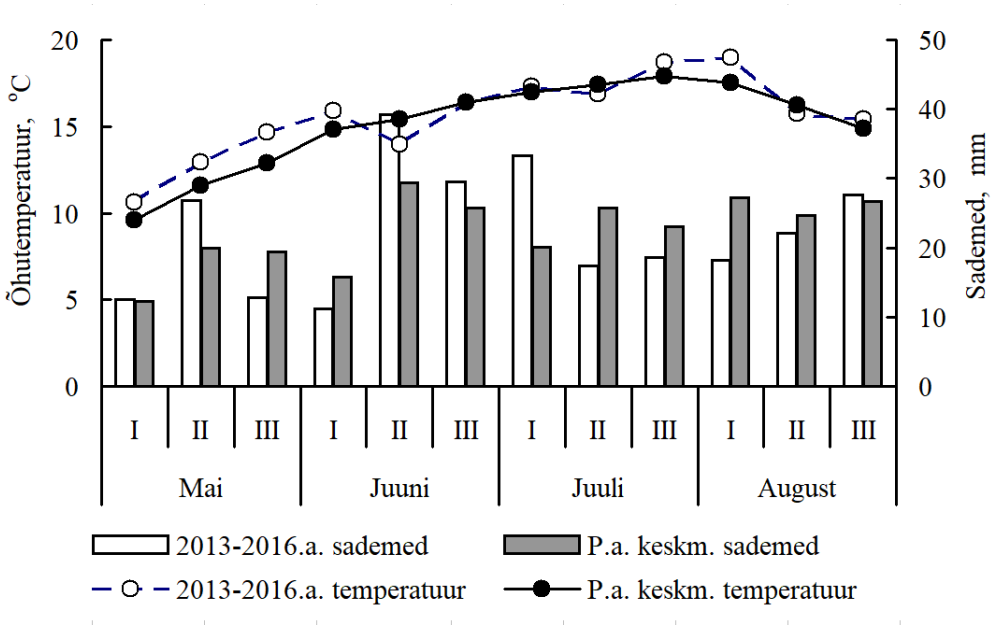
Võrreldi kartuli maheviljelust (Mahe) ja tavaviljelust (Tava), katse oli neljas korduses. Külvikorda kuulusid: oder (punase ristiku allakülviga), punane ristik, talinisu, hernes, kartul. Katselappide suurus oli 60 m^2, kartuli istutusskeem 70 × 25 cm. Mahe 0 variant järgis ainult külvikorda. Mahe I variandis kasvatati talvist vahekultuuri (talirüps) enne kartulit ning pärast kartuli koristust külvati vahekultuuriks talirukis. Vahekultuurid künti kevadel haljasväetiseks mulda. Mahe II anti kartuli komposteeritud veisesõnnikut (20 t/ha enne kündi; teraviljadele 10 t/ha); aastane toitainete sisend oli suurusjärgus 93–98 kg N/ha, 18–27 kg P/ha, 64–98 kg K/ha. Mineraalväetisi ega sünteetilisi taimekaitsevahendeid ei kasutatud. Tavaviljeluses rakendati vajaduspõhist taimekaitset ning väetamisskeeme vastavalt variandile (nt N_0, N_{50}, N_{100}, N_{150} püsiva P ja K fooniga: P 25 kg/ha, K 95 kg/ha); talviseid vahekultuure ei kasutatud. Kartul pandi maha mai alguses ja koristati septembri alguses; kartulipõldu hariti mehaaniliselt vähemalt kahel korral kasvuperioodi jooksul. (Tavaviljeluses kasutatud preparaadid: umbrohutõrjeks Titus 25 DF 50 g/ha; lehemädaniku tõrjeks Ridomil Gold MZ 68 WG 2,5 kg/ha ja Ranman 400 SC 0,2 l/ha; kartulimardika tõrjeks Fastac 50 0,3 l/ha ja Decis Mega 50 EW 0,15 l/ha.)

Pealsete proovid võeti igal aastal ajavahemikul 2013–2016 85. kasvupäeval; määrati mugulate värske mass ning seejärel kuivatati pealsed 60–65 °C juures ja jahvatati 1 mm fraktsiooniks. Keemilised analüüsid: üldlämmastik (N) määrati absoluutkuivadest pealsetest kuivpõletusmeetodil elementanalüsaatoril varioMAX CNS (ELEMENTAR, Saksamaa). Üldfosfor (P) ja üldkaalium (K) määrati pärast kontsentreeritud väävelhappega märgtuhastust: P kolorimeetriliselt ning üld K leekfotomeetriliselt.

Pealsete N, P, K (kg/ha, 85. kasvupäeval) ja mugulate kuivainesaagi (t/ha, 100. kasvupäeval) vahelisi seoseid hinnati lineaarse regressiooniga kujul $y = bx + a$. Tekstis esitatakse Pearsoni korrelatsioonikordaja R ja olulisuse tase $p < 0,05$. Statistiline analüüs tehti Statistica 13 tarkvaraga (TIBCO Software Inc., 2018).

Tulemused ja arutelu

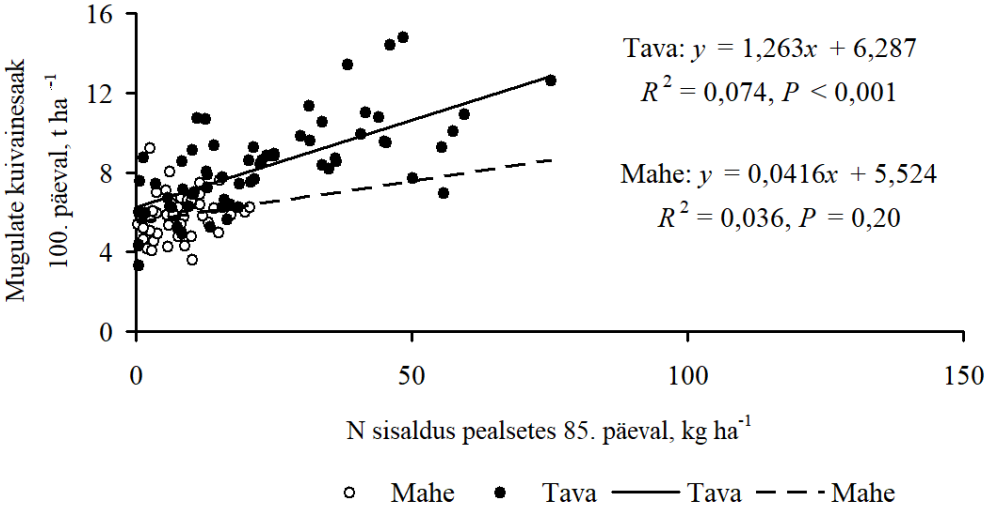
Kasvuperioodi iseloomustavad ilmastikuandmed on toodud joonisel 1: juuli III dekaad – august I–II dekaad 2013–2016 olid soojemad kui paljude aastate keskmine ning sademete hulk jäi alla normi (joonis 1).



Joonis 1. Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes mai–august Eerikal 2013–2016 võrrelduna paljude aastate (1964–2016) keskmistega

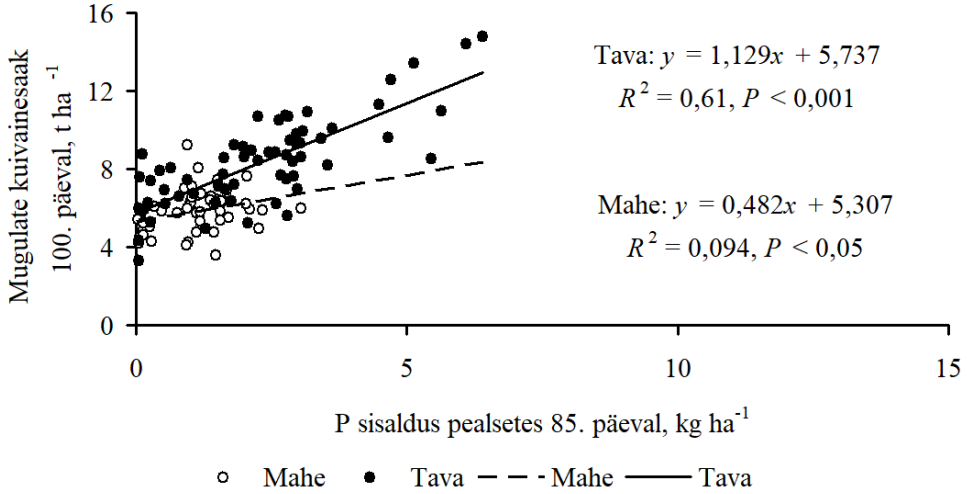
Kõigi kolme põhielemendi (N, P ja K) puhul ilmnes positiivne seos pealsete elemendikoguse 85. kasvupäeval ja mugulate kuivainesaagi 100. kasvupäeval vahel. Tavaviljeluses olid seosed tugevamad ja statistiliselt olulisemad, maheviljeluses aga nõrgemad ja statistiliselt mitteolulised (joonis 2-4).

Tavaviljeluses leiti positiivne lineaarne seos, mille suurus oli väike, kuid statistiliselt oluline ($R = 0{,}27$; $p < 0{,}001$); maheviljeluses seos statistiliselt oluline ei olnud ($R = 0{,}19$; $p = 0{,}20$) (joonis 2). Kartuli valmimise lõpus oli mugulate kuivainesaak seotud ühtlaselt jaotatud N-varuga ja piisava niiskusega (Rosen ja Bierman, 2008); üks hiline N-andmine ei kompenseeri varasema perioodi puudujääki (Zebarth ja Rosen, 2007). Seetõttu on otstarbekas hoida N kättesaadavus ühtlasena kogu kartuli kasvuperioodi vältel ning anda lämmastiku lisakogused vajadusel väikeste portsjonitena, lähtudes mulla niiskusest (Rosen ja Bierman, 2008).



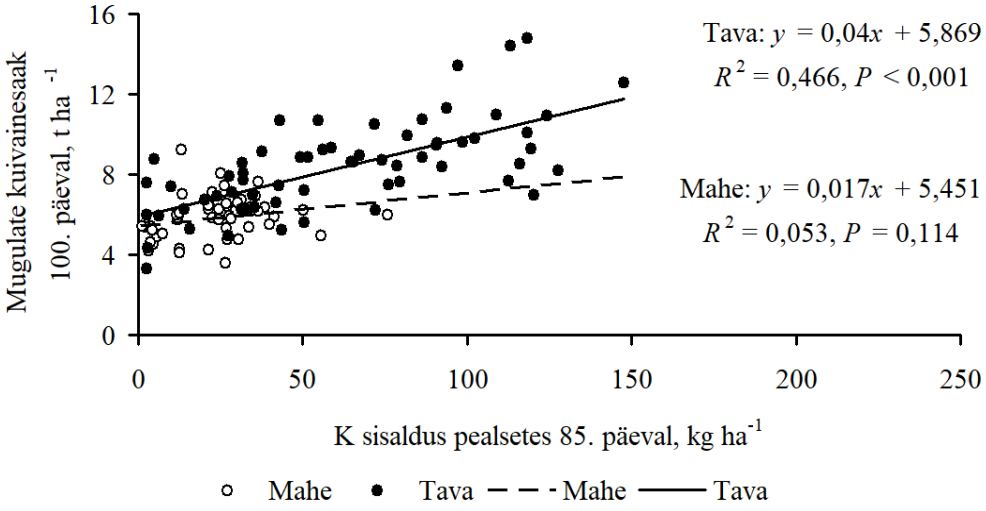
Joonis 2. Mugulate 100. päeva kuivainesaagi (t/ha) seos pealsete lämmastiku (N) kogusega 85. kasvupäeval (kg/ha)

Tavaviljeluses ilmnes statistiliselt oluline korrelatiivne seos fosfori ja lõppsaagi vahel ($R = 0{,}78$; $p < 0{,}001$), maheviljeluses ilmnes samuti statistiliselt oluline, kuid nõrgem seos ($R = 0{,}31$; $p < 0{,}05$) (joonis 3). Kirjanduse põhjal toetab fosfor mugulate moodustumist ja täitumist (Rosen jt., 2014). Fosfori kasutegur sõltub siiski mulla pH-st ja niiskusrežiimist, mis määravad P liikumise ja kättesaadavuse juuretsoonis (Fixen ja Bruulsema, 2014). Kuivades tingimustes on P liikumine juurteni piiratud ning madalam pH vähendab P kättesaadavust ja omastamist (Fixen ja Bruulsema, 2014). Seetõttu on oluline hoida mulla pH vahemikus 6,0–6,5 (Rosen jt., 2014). Vajadusel võib kasvuperioodi lõpuosas anda väikesed P-lisakogused paiklikult juurte lähedusse, et parandada P kättesaadavust (Kelling jt., 2020; Rosen jt., 2014).



Joonis 3. Mugulate 100. päeva kuivainesaagi (t/ha) seos pealsete fosfori (P) kogusega 85. kasvupäeval (kg/ha)

Tavaviljeluse korral ilmnes tugev statistiliselt oluline seos kaaliumi ja lõppsaagi vahel (R = 0,68; p < 0,001), samal ajal kui maheviljeluses jäi seos nõrgaks ja mitteoluliseks (R = 0,23; p = 0,114) (joonis 4). Kaalium aitab säilitada taimede veerežiimi ja fotosünteesi stabiilsust, mis on eriti oluline kuumade ja põuaste tingimuste korral kasvuperioodi lõpus (Wang jt., 2013). Kartuli puhul on näidatud, et piisav K-varu toetab füsioloogilisi protsesse ja kuivainesaagi kujunemist veepuuduse tingimustes (Bahar jt., 2021). Seetõttu on otstarbekas hoida kaaliumi kättesaadavus kogu kasvuperioodi vältel; kergetel (liivastel) muldadel on sageli tõhusamad väiksemad ja sagedasemad K-annused võrreldes ühe korraga antava kogusega, kuna need langevad paremini kokku taimede omastamisega ja vähendavad leostumisriski (Al-Moshileh jt., 2005).



Joonis 4. Mugulate 100. päeva kuivainesaagi (t/ha) seos pealsete kaaliumi (K) kogusega 85. kasvupäeval (kg/ha)

Maheviljeluses sõltub toitainete vabanemine rohkem orgaanilise aine lagunemisest ja ilmastikust; kui vabanev N või P ei satu ajaliselt kokku kasvuperioodi lõpus, jäävad seosed üldjuhul nõrgemaks. Samuti on tavaviljeluses võimalik kiiremini reageerida hooaja eripäradele sihitud pealtväetamisega (Tein jt., 2014).

Järeldused

Kartuli pealsete toitainete omastamine kasvuperioodi lõpus oli positiivselt seotud mugulate kuivainesaagiga, kuid seoste tugevus ja statistiline olulisus erinesid viljelussüsteemiti. Tavaviljeluses ilmnesid fosfori ja kaaliumi omastamise ning saagi vahel statistiliselt olulised seosed, samas kui lämmastiku omastamise seos oli statistiliselt oluline, kuid nõrk. Maheviljeluses olid seosed üldiselt nõrgemad ja sageli statistiliselt ebaolulised; statistiliselt oluline seos ilmnes vaid fosfori puhul.

Tänuavaldused

Uurimustööd on toetanud ERA-NET projektid Core Organic FertilCrop ja ALL-Organic, Horisondi projekt OrganicYieldsUP ning Eesti Teadusagentuuri granti PRG1949 toel.

Kasutatud kirjandus

Al-Moshileh, A.M., Errebhi, M.A., Motawei, M.I. 2005. Effect of various potassium and nitrogen rates and splitting methods on potato under sandy soil and arid environmental conditions. – *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 17 (1), 1–9.

Bahar, A.A., Faried, H.N., Razzaq, K., Ullah, S., Akhtar, G., Amin, M., jt. 2021. Potassium-induced drought tolerance of potato by improving morpho-physiological and biochemical attributes. – Agronomy, 11 (12), 2573.

IUSS Working Group WRB. 2014. – *World Reference Base for Soil Resources 2014: International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps*. Rome: FAO. World Soil Resources Reports 106. ISBN 978-92-5-108369-7.

Fixen, P.E., Bruulsema, T.W. 2014. Potato management challenges created by phosphorus chemistry and plant roots. – *American Journal of Potato Research*, 91 (2), 121–131.

Järvan, M., Vettik, R. 2016. Toiteelementide dünaamika mullas sõltuvalt viljelusviisidest ja analüüsimeetoditest. – *Agraarteadus*, XXVII (2), 55–64.

Kelling, K.A., Wolkowski, R.P., Speth, P.E., Andraski, T.W. 2020. Interaction of fertilizer phosphorus rate and placement on potatoes. – *American Journal of Potato Research*, 97, 420–431.

Methods of Soil and Plant Analysis. 1986. – Agricultural Research Centre, Department of Soil Science, Jokioinen, Finland, 45 lk.

Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and Soil Taxonomy criteria. –*Geoderma*, 136 (1–2), 199–209.

Rosen, C.J., Bierman, P.M. 2008. *Best Management Practices for Nitrogen Use: Irrigated Potatoes*. University of Minnesota Extension, St. Paul, MN.

Rosen, C.J., Kelling, K.A., Stark, J.C., Porter, G.A. 2014. Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production. – *American Journal of Potato Research*, 91 (2), 145–160.

Sanderson, J.B., MacLeod, J.A., Douglas, B., Coffin, R., Bruulsema, T. 2003. Phosphorus research on potato in Prince Edward Island. – *Acta Horticulturae*, 619, 379–386.

Tein, B., Kauer, K., Eremeev, V., Luik, A., Selge, A., Loit, E. 2014. Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. – *Field Crops Research*, 156, 1–11.

TIBCO Software Inc. 2018. Statistica (data analysis software system), version 13. http://tibco.com (12.05.2025)

Wilmer, L., Tränkner, M., Pawelzik, E., Naumann, M. 2022. Sufficient potassium supply enhances tolerance of potato plants to PEG-induced osmotic stress. – *Plant Stress*, 5, 100102.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. – *International Journal of Molecular Sciences*, 14 (4), 7370–7390.

Zebarth, B.J., Rosen, C.J. 2007. Research perspective on nitrogen BMP development for potato. – *American Journal of Potato Research*, 84 (1), 3–18.