

MALLASOHRAN HOMOGEENISUUDEN PARANTAMINEN TÄSMÄVILJELYLLÄ

Jouko Kleemola², Hannele Sweins¹, Raimo Kauppila², Annika Wilhelmson¹, Juhani Olkku³, Erja Kotaviita⁴, Pekka Reinkainen³, Silja Home¹

¹ VTT Biotechnology P.O.Box 1500, FIN-02044 VTT, Espoo, Finland,

² Kemira GrowHow Oy, P.O.Box 330, FIN-00101 Helsinki, Finland,

³ Polttimo Companies Ltd, Viking Malt P.O.Box 22, FIN-15141 Lahti, Finland,

⁴ Raisio Nutrition Ltd, Raisio Malt, P.O.Box 101, FIN-21201 Raisio, Finland

JOHDANTO

Maltaan homogeenisuus on tärkeä tekijä nykyaikaisessa oluentuotannossa. Raaka-aineiden on oltava tasalaatuisia pitkälle automatisoiduissa moderneissa prosesseissa. Homogeenista ohraa tarvitaan myös mallastusprosessissa tasalaatuisen tuotteen valmistamiseen. Eri kasvupaikoilta tuleva raaka-aine ei ole ainoa ongelma, vaan vaihtelua esiintyy myös yksittäisen peltolohkon sisällä (Stafford 1999, Thylen ym. 1999). Syitä pellon sisäiseen vaihteluun on monia. Jos pelto on ollut pitkään tehokkaassa viljelyssä, usein syy löytyy maan vesitalousominaisuuksien ja sään yhteisvaikutuksesta (mm. Schelling ym. 2003).

Maaperän ominaisuuksien tunteminen on hyvä perusta pellon sisäisen vaihtelun hallitsemiselle. Se ei kuitenkaan yksinään riitä, koska vuosittain vaihtelevat tekijät vaikuttavat merkittävästi korjattavan sadon laatuun. Esimerkiksi vuonna 2002 kylvön jälkeen tulleet rankat sateet kuorettivat peltoja paikoin pahasti ja kasvustot olivat heti keväällä hyvin vaihtelevia. Vuonna 2003 lämpimän heinäkuun vuoksi maasta vapautui paikoin paljon mineraalityppeä, mikä oli osasyynä korkeaan valkuaispitoisuuden mallasohrasadossa. Tällä hetkellä ei juuri ole vielä käytettävissä laajassa mittakaavassa mittaus-tietoa esimerkiksi maan rakenne- tai vesitalousominaisuuksista, jotta vuosittain muuttuviin näiden tekijöiden ja säätekijöiden yhdysvaikutuksiin päästäisiin kiinni. Suorien mittaustietojen sijasta voidaan kuitenkin käyttää mittareita kuten esimerkiksi kaukokartoitusta, joka kasvuston vaihtelua kuvaamalla kertoo välillisesti myös maaperän ominaisuuksista. Esimerkiksi vääräväri-ilmakuva, joka reagoi kasvuston klorofyllimäärään, on hyvä väline kartoitettaessa pellon sisäistä kasvustovaihtelua (Kleemola ym. 2001).

Tässä tutkimuksessa kartoitettiin peltojen välistä ja pellon sisäistä mallasohran sadon määrän ja laadun vaihtelua. Lisäksi tutkittiin mahdollisuuksia määrittää ja ennustaa sadon määrää ja laatua käyttäen maaperä- ja säätietoja sekä vääräväri-ilmakuvia. Tavoitteena oli laatia maltaan tuotantoketjuun osallistuvien tahojen kesken menetelmä, jolla voitaisiin kehittää mallasohran viljelytekniikkaa parempilaatuisen sadon aikaansaamiseksi. Yksi mahdollisuus parantaa sadon laatua on pyrkiä puimaan samanlaatuiset alueet pelloista samaan erään, jolloin tuloksena olisi laadultaan tasaisempi sato (Stafford 1999, Thylen ym. 1999). Perinteiset viljelytoimenpiteet kuten lannoitus ja kasvinsuojelu voidaan myös tehdä paikkakohtaisesti, jolloin toimenpiteet oikein kohdistamalla sadon tasalaatuisuutta voisi olla mahdollista parantaa.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Kesällä 2001 otettiin 29:stä mallasohralohkosta vääräväri-ilmakuvia. Lohkot kuvattiin 1-3 kertaa kasvukauden aikana. Ensimmäinen kuvan otto ajoittui korrenkasvun alkuun. Toinen kuva otettiin kasvustojen tullessa tähkälle ja kolmas noin kaksi viikkoa ennen keltatuleentumisvaihetta. Kuvat otettiin yhden kilometrin korkeudesta niin, että yksi kuva peitti 170 ha. Käytetty filmi oli tyypiltään Kodak Aerochrome II Infrared Film 2443. Aallonpituudet alle 525 nm suodatettiin pois kuvausvaiheessa. Filmi kehitettiin ja skannattiin 0.5 m maastoresoluutioon. Maanmittauslaitoksen Ilmakuvakeskus suoritti kuvauksen ja kuvien käsittelyvaiheet skannaamiseen asti.

Ilmakuvien perusteella kultakin lohkolta valittiin viisi kasvustoltaan erilaista näytepistettä tarkempaa analyysiä varten. Näytepaikkoja oli siis kaikenkaikkiaan 145 kappaletta. Yksi kasvustonäyte koostui viidestä yhden aarin alueelta otetusta osanäytteestä. Näyteenottoarin keskikohta paikannettiin DGPS-laitteella. Kukin osanäyte otettiin leikkaamalla koko kasvusto 1 m² alalta. Näytelyhteet kuivatettiin 14 % kosteuteen ja puitiin koeruutupuimurilla. Osanäytteet yhdistettiin ennen jatkoanalyysijä. Jokaisesta 145 näytepisteestä otettiin maanäyte, josta analysoitiin ravinnepitoisuudet sekä orgaanisen hiilen ja typen pitoisuudet. Päivittäinen keskilämpötila ja sademäärä mitattiin peltolohkoa lähinnä olevalla ilmatieteen laitoksen sääasemalla. Ohran jyvästä määritettiin hehtolitrapaino, tuhannen

jyvän paino, valkuaispitoisuus, tärkkelyspitoisuus, itävyys sekä jyvien kokojakauma (Analytica-EBC 1998). Luonnollinen vaihtelu näytepisteessä lohkon sisällä määritettiin analysoimalla yksittäisten jyvien valkuaispitoisuus. Näytteestä analysoitiin 30 jyvää Dumas polttomenetelmällä, näiden avulla laskettiin keskiarvot ja standardipoikkeamat (Home ym. 1997). Ohrat mallastettiin pienen mittakaavan mallastuslaitteella pilsnermallastusohjelmaa käyttäen. Maltaasta analysoitiin uutepitoisuus, kokonais- ja liukoinen typpipitoisuus, vapaa aminotyyppipitoisuus (FAN), β -glukaanipitoisuus, friabiliteetti, alimöyhentyneet jyvät (PUG), diastaattinen voima ja α -amylaasipitoisuus (Analytica-EBC 1998).

TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Peltolohkojen sisäinen satomäärien vaihtelu oli suurta. Näytepisteiden variaatioprosentti (CV) vaihteli 2 – 28% ja oli keskimäärin 11% (Taulukko 1). Huolimatta pienestä näytemäärästä (viisi / lohko) lukuja voidaan pitää odotetun suuruisina perustuen puimurien satokartoista saatuihin kokemuksiin. Valkuaispitoisuudet vaihtelivat vähemmän mutta kuitenkin merkittävästi, CV oli keskimäärin 6%. Mallasohran tärkeä laatutekijä I ja II lajitekoot vaihtelivat vielä vähän vähemmän kuin valkuainen (CV keskimäärin 5%). Useimmilla lohkoilla alin mitattu valkuaispitoisuus täytti mallasohralle asetetun vaatimuksen, mutta korkein valkuaispitoisuus lähes aina ylitti tämän rajan. Tämä havainto tukee teoriaa, että puimalla erikseen lohkon korkean ja matalan valkuaispitoisuuden alueet mallasohran tasalaatuisuutta voitaisiin parantaa (Stafford 1999, Thylen ym. 1999). Tässä menetelmässä on kuitenkin logistisia ongelmia, jotka täytyy ratkaista ennen kuin menetelmää voidaan käytännössä soveltaa.

Taulukko 1. Mallasohran sadon, valkuaispitoisuuden ja I ja II lajitteen vaihtelu 16 eri peltolohkolla viidestä eri näytepisteestä/lohko.

Lohko no.	Sato, kg/ha		Valkuaispitoisuus, %		Lajite I+II, %	
	keskiarvo	sd	keskiarvo	sd	keskiarvo	sd
1	4438	536	10,8	0,4	94	2,8
2	5098	749	11,1	0,6	96	0,6
3	5951	212	11,3	0,4	96	1,2
4	4708	413	11,7	1,0	90	6,9
5	4824	90	10,9	0,2	92	2,3
6	3263	436	10,8	1,2	71	12,0
7	4771	341	11,4	0,6	89	2,9
8	3536	935	13,2	0,9	83	5,4
9	4281	282	11,0	0,6	92	1,9
10	4741	271	12,5	0,4	86	3,7
11	5285	887	11,8	0,9	94	2,1
12	5071	705	12,7	1,3	92	2,9
13	6131	615	12,9	0,5	89	5,4
14	5093	395	12,1	0,7	88	6,9
15	4297	250	11,5	0,8	87	6,0
16	3393	941	10,9	1,4	85	10,3

Taulukossa 2 on esimerkki sadon ja jyvien laatuominaisuuksien vaihtelusta yhden lohkon sisällä. Näytepisteissä 1 ja 3 laatuominaisuudet olivat kohdallaan eri satomääristä huolimatta. Pisteessä kaksi taas jyväkoko oli selvästi pienempi, itävyys huonompi, valkuaispitoisuus korkeampi ja vaihtelu eri jyvien välillä suurempi. Pisteessä kaksi heikommät ominaisuudet heijastuivat myös maltaan ominaisuuksiin (taulukko 3). Esimerkiksi uutepitoisuus ja friabiliteetti olivat alhaisempia kuin muissa näytepisteissä.

Taulukko 2. Esimerkki ohran sato- ja laatu vaihtelusta lohkon sisällä.

ruutu no.	ohran laatu eri näytepisteissä						
	sato, kg/ha	lajitteluanalyysi		itävyys, %	valkuainen, %	valkuainen, mitattu yhdestä jyvistä n = 30 jyvää	
		lajite I + II, %	lajite IV, %			keskiarvo, %	sd, %
1	5200	95					

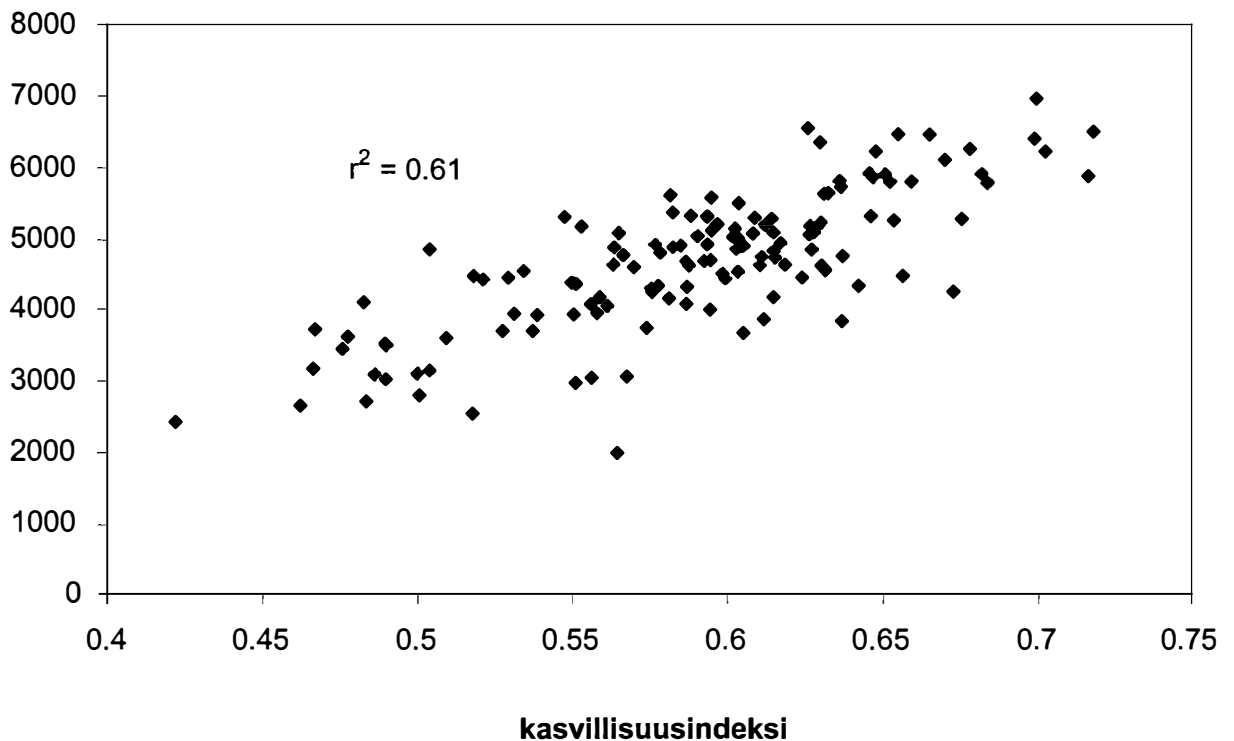
2	4460	79	2,7	86	12,6	13,6	2,3
3	4600	96	0,4	98	10,2	10,9	1,4
4	4170	87	1,4	99	12,5	12,0	1,8
5	5020	93	0,9	98	12,0	11,9	2,0

Taulukko 3. Esimerkki mallastetun ohran laadun vaihtelusta lohkon sisällä.

Mikromallastustulokset eri näytepisteistä							
ruutu no.	uutepi- toisuus, % dw	liukoinen typpi, mg/l	FAN, mg/l	friabili- teetti, %	PUG, %	diastaatti- nen voima, WK	α - amylaasi, DU
1	82,1	784	171	79	6,0	450	62
2	79,9	860	197	61	16,6	460	52
3	83,6	715	154	86	3,0	430	62
4	81,2	824	177	74	5,8	470	67
5	82,1	766	158	74	7,2	470	67

Ilmakuvasta laskettu kasvillisuusindeksi korreloi hyvin ohran sadon kanssa. Korrelaatio oli sitä parempi, mitä lähempänä korjuuajankohtaa kuva otettiin. Kuvassa 1 näkyy ohrasadon ja kasvustoindexin välinen suhde. Indeksillä laskettiin kuvista, jotka otettiin muutama viikko ennen keltatuleentumista. Korrelaation voimakkuus vaihteli jonkin verran peltolohkojen välillä. Tämä johtui pääasiassa kahdesta seikasta. Ensinnäkin vaihtelevat kuvaolosuhteet ja filmin kehitys- ja skannausprosessi vaikuttavat digitaalisen kuvan laatuun siten, että saman kohdan kasvustoindexiksi saattaa olla esimerkiksi kahdessa peräkkäisessä päivässä otetuissa kuvissa erilainen. Tätä virhettä pystytään pienentämään kuvankäsittelytekniikoilla, mutta ei aina täysin poistamaan. Toiseksi kuvasta ei pystytä tunnistamaan satovaihtelua, joka johtuu satoindexin vaihtelusta pellon sisällä. Satoindexiksi voi vaihdella esimerkiksi lakoontumisen tai kuivuuden aiheuttaman pakkotuleentumisen seurauksena. Tällaisten tekijöiden huomioon ottaminen vaatisi nykyistä tarkempia paikkakohtaisia tietoja maaperän vesitalousominaisuuksista ja säästä.

sato, kg/ha



Kuva 1. Kaksi viikkoa ennen tuleentumista otetusta vääräväri-ilmakuvasta lasketun kasvillisuusindexin ja sadon välinen yhteys.

Yksi tutkimuksen tavoitteista oli selvittää mahdollisuuksia laatia malli, jolla voitaisiin ennakoida pellolta korjattavan sadon laatua jo ennen korjuuta. Mallin laatimista varten aineisto jaettiin kahteen osaan valkuaisen suhteen (valkuaispitoisuus yli tai alle 11.5%). Maaperä- ja säätekijöistä sekä ilmakehän aineistosta koostuvilla selittävillä tekijöillä selitettiin näytenäytteen kuulumista jompaan kumpaan valkuaisluokkaan. Matemaattisena mallina käytettiin Bayesin todennäköisyyksiin perustuvaa luokittelumallia (Myllymäki ym. 2002). Analyysin tuloksena saatu malli kykeni selittämään 80% todennäköisyydellä oikein näytenäytteen kuulumisen jompaan näistä valkuaisluokista. Mallin tärkeimmät selittävät tekijät on lueteltu taulukossa 4.

Taulukko 4. Ohran valkuaispitoisuutta kuvaavan mallin selittävät tekijät.

parametriluokka	parametri
säätekijät	<ul style="list-style-type: none"> • keskilämpötila kylvöstä tähkimiseen • sademäärä jyvänäyttymissivaiheessa
maaperä	<ul style="list-style-type: none"> • maalaji • pH • Ca -pitoisuus • Mg -pitoisuus • johtoluku
ilmakuva	<ul style="list-style-type: none"> • tähkimisvaiheessa otettu ilmakehäkuva

Näyttää siis siltä, että valkuaispitoisuutta voidaan ennakoida jo kesällä, kunhan laskelmia tehtäessä on käytettävissä tarkat mittaukset maaperästä ja säästä. Lisäksi tarvitaan kasvukauden aikaista mittaustietoa kasvuston tilasta. Tällaisena tietona voidaan käyttää esimerkiksi vääräväri-ilmakehien. Mallin tarkkuutta voitaisiin parantaa esimerkiksi lohko-kohtaisella sää-aineistolla tai maaperän vesitalousominaisuuksia kuvaavilla tekijöillä. Tässä aineistossa lähin sääasema saattoi olla jopa 30 kilometrin päässä tutkimuspellolta, mikä aiheuttaa varmasti virhettä varsinkin sademäärissä. Toisaalta käytännössä ei juuri ole käytettävissä edes näin tarkkoja tietoja kuin tässä tutkimuksessa käytettiin.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Ohran sato ja laatu vaihtelee merkittävästi peltolohkojen välillä ja sisällä. Sadon laadun vaihtelu heijastuu myös jyvästä saatavan maltaan laatuun. Määrä- ja laatuominaisuuksiltaan erilaiset kohdat pelloilla voidaan tunnistaa vääräväri-ilmakehien. Tällainen laajojen alueiden kartoitukseen sopiva menetelmä mahdollistaa esimerkiksi peltolohkojen luokittelun vaihteluriskin mukaan.

Sato-ominaisuuksien ja maltaan laadun välinen yhteys vaihtelee peltolohkolta toiselle. Viljelytoimenpiteiden mukauttaminen tämän vaihtelun mukaan vaatiikin lisätutkimuksia, jotta paikkakohtaisista toimenpiteistä, kuten erilaatuisten kohtien puimisesta erikseen tai kasvinsuojelutoimenpiteiden kohdentamisesta eri tavalla lohkon eri osiin, saataisiin paras mahdollinen hyöty sekä viljelijän että satoa käyttävän teollisuuden kannalta.

KIRJALLISUUS

Analytica-EBC 1998. Verlag Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg.

Home, S., Wilhelmson, A., Tammissola, J. & Husman, J. 1997. Journal of the American Society of Brewing Chemists 55: 47-51.

Kleemola, J., Larsen, J-J & Peltonen, J. 2001. Aerial photos as a tool for better N-fertiliser planning. Abstract, NJF seminar No. 322, Ås, Norway, March 2001

Myllymäki, P., Silander, T. Tirri, H., and Uronen, P. 2002. B-Course: A Web-Based Tool for Bayesian and Causal Data Analysis. International Journal on Artificial Intelligence Tools 11: 369-387.

Schelling, K., Born, K., Weissteiner, C. and Kuhbauch, W. 2003. Relationships between yield and quality parameters of malting barley (*Hordeum vulgare* L.) and phenological and meteorological data. J. Agronomy and Crop Science 189, 113-122.

Stafford, J. 1999. An investigation into the within-field spatial variability of grain quality. In: Stafford, J (ed.) Precision Agriculture, Papers presented at the 2nd European Conference on Precision Agriculture. Sheffield Academic Press.

Thylen, L., Algerbo, P.A. and Pettersson, C.G. 1999. Grain quality variations within fields of malting barley. In: Stafford, J (ed.) Precision Agriculture, Papers presented at the 2nd European Conference on Precision Agriculture. Sheffield Academic Press.