

ERÄIDEN KEVÄTVILJALAJIKKEIDEN LAONKESTÄVYYSTEKIJÖISTÄ

K. MULTAMÄKI

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS, KASVINJALOSTUSLAITOS
JOKIOINEN

SUMMARY:

*ON THE FACTORS AFFECTING RESISTANCE TO LODGING IN SOME VARIETIES
OF SPRING CEREALS*

HELSINKI 1962

Received 8th December 1961

This publication may be obtained abroad from the Library of the Agricultural
Research Centre, Tikkurila, Finland

Johdanto

Lujaolkisten lajikkeiden kehittäminen on jo kauan ollut tärkeimpiä päämääriä viljakasvien jalostustyössä. Tässä pyrkimyksessään kasvinjalostajat ovatkin, kuten tunnettua, saavuttaneet useita merkittäviä tuloksia. Yleiseen viljelyyn on siten mm. meidän maassamme levinnyt monia satoisia jalosteita, jotka laonkestävyytensä puolesta jo varsin hyvin vastaavat voimakkaasti kehittyneen kasvinviljelymme asettamia vaatimuksia. Sateisina kesinä, jollaisia on ollut esim. kahtena viime vuotena, ovat lujaolkisiksikin tunnetut lajikkeet kuitenkin monissa tapauksissa lakoutuneet pahoin, mikä on ollut omiaan heikentämään sadon laatua sekä haitannut korjuutöitä. Laonkestävyyden parantaminen vielä nykyisestäänkin on siten jatkuvasti ensiarvoisen tärkeä jalostustavoite.

Kasvuston pystyessä pysymiseen ja lakoutumiseen vaikuttavat useat erilaiset sekä ulkoiset että sisäiset tekijät. Edellisistä tärkeimpiä ovat sääolot ja lannoitus, joiden vaikutuksesta saman lajikkeen lakoutumisaste eri vuosina ja erilaisissa viljelyoloissa saattaa vaihdella hyvinkin suuressa määrässä. Kasvin omia sisäisiä laonkestävyystekijöitä puolestaan tunnetaan useitakin. Niitä tutkittaessa on ilmennyt, että lajikkeen laonkestävyys riippuu etupäässä korren rakenteesta, mutta että tämän ohella myös juuriston ominaisuudet vaikuttavat tärkeältä osaltaan kasvien kykyyn vastustaa lakoutumista (mm. WILSON 1930, RAUM 1932, DERICK ja HAMILTON 1942, HARRINGTON ja WAYWELL 1950, HAMILTON 1951, von WETTSTEIN 1954).

Seuraavassa selostettavien tutkimusten tarkoituksena on valaista eräiden laonkestävyystekijöiden esiintymistä ja merkitystä maassamme viljeltävissä kevätiljalajeissa. Kevätvehnä-, kaura- ja ohralajikkeiden lisäksi tutkittiin tällöin myös yhden kevätruisjalosteen ominaisuuksia. Nämä tutkimukset suoritettiin vuoden 1961 aikana kasvinjalostusosaston koe-kentällä ja mikroskoopintilaboratoriossa Jokioisissa.

Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tutkimusaineistona olivat seuraavat 21 kevätiljalajiketta, joista useimpia tätä nykyä viljellään laajassa mitassa maassamme:

k e v ä t v e h n ä

Apu, Jokioinen
 Hopea, »
 Touko,
 Tammi, Tammisto
 Timantti, Svalöf
 Timantti II, »
 Norröna, Norrja

k a u r a

Tammi, Tammisto
 Kyrö, »
 Eho, »
 Sisu, »
 Orion III, Svalöf
 Kultasade II, »
 Pendek, Hollanti

o h r a

Paavo, Jokioinen
 Balder J, »
 Tammi, Tammisto
 Otra, »
 Pirkka, »
 Balder, Weibullsholm

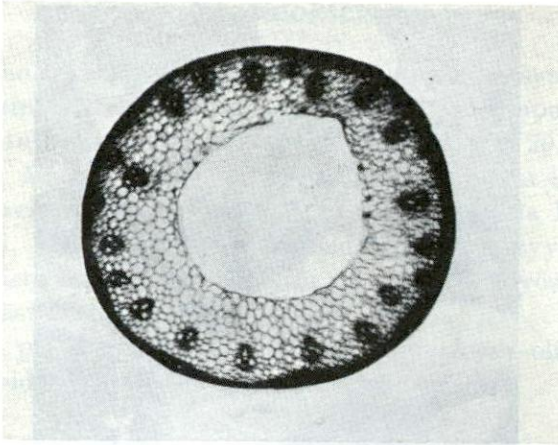
k e v ä t r u i s

Jokioisten kevättruis
 (kokeilunalainen kevättruisjaloste).

Tutkitut lajikkeet kasvoivat vierekkäin 5 m²:n suuruisilla näyteruudilla, jotka oli sijoitettu multavalle, hyvässä kasvukunnossa olevalle aitosavimaalle. Riviväli oli 15 cm. Eri viljojen kylvömäärinä käytettiin normaalkokoista ja täysin itävää siementä seuraavasti:

kevätvehnä	275	kg/ha
kaura	220	»
ohra	220	»
kevättruis	200	»

Koeruudut kylvettiin toukokuun 17. päivänä. Tähtälle tulo tapahtui 27/6 ja 10/7 välisenä aikana. Aikaisin lajike merkittiin tuleentuneeksi 23/8 ja myöhäisin 10/9. Kasvukauden lämpöolot olivat suunnilleen normaalit. Kesä oli kuitenkin tavallista sateisempi. Varsinkin sekä heinä- että elokuussa satoi usein ja ajoittain runsaastikin. Näiden kahden kuukauden yhteissademäärä (209 mm) oli normaalia (139 mm) tuntuvasti suurempi. Kesän sateisuuden takia koekasvustot lakoutuivat erittäin pahasti elokuun puolivälistä lähtien.



Kuva 1. Timantti II-kevävehnän korren poikkileike.
Suur. 50×.

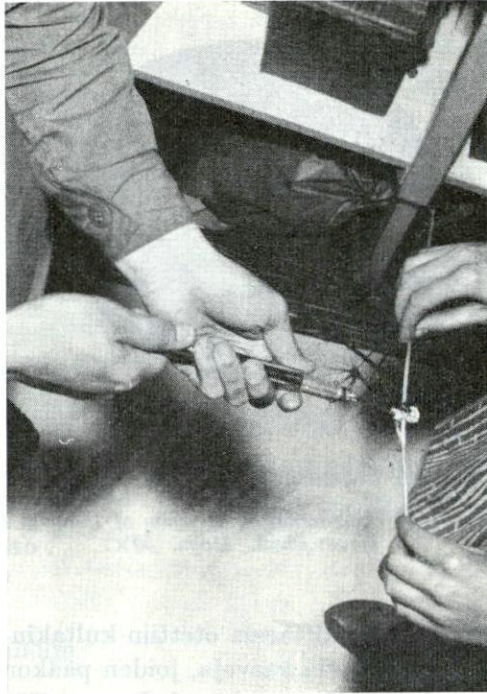
*Figure 1. Cross-section of the culm of Diamant II
spring wheat. Magn. 50×.*

Laonkestävyystekijöitä tutkittaessa otettiin kultakin koeruudulta keskimääräistä kehitystasoa edustavia kasveja, joiden pääkorresta ja juuristosta tehtiin eräitä määrityksiä. Korsitutkimuksia varten valittiin jokaisesta lajikkeesta 20 ja juuristotutkimuksia varten 10 viljajksilöä. Edellisistä mitattiin ensinnäkin kasvin pääkorren pituus tyvestä tähkän (röyhyn) kärkeen. Tämän jälkeen laskettiin pääkorren nivelvälien lukumäärä. Jokaisen nivelvälin pituus mitattiin erikseen, minkä jälkeen määritettiin korren nivelvälien taivutusvastuksen (ks. edempänä) suuruus. Viimeiseksi tehtiin pääkorsista poikkileikevalmisteet yhden tuuman korkeudelta maanpinnasta lukien (kuva 1). Näistä mitattiin korren halkaisija, laskettiin johtojänteiden lukumäärä sekä arvioitiin puutuneen solukon osuus poikkileikkeen koko pinta-alasta.

Juuriston tutkimusta varten työnnettiin lapio kylvöriin vierestä maahan n. 20 cm:n syvyyteen ja käännettiin sillä riittävä määrä koekasveja juurineen ylös. Korret katkaistiin n. 15 cm:n korkeudelta. Juuret pestiin vesisuihkulla puhtaiksi mullasta varoen vioittamasta niitä.

Korren taivutusvastuksen suuruutta määritettäessä tuettiin nivelväliä sen kummastakin päästä käsin (kuva 2). Nivelvälin keskikohdasta vedettiin kortta jousivaa'an koukulla kaarelle niin kauan kunnes korsi lopulta taivui. Taivutusvastuksen määrä grammoina oli luettavissa jousivaa'an asteikosta.

Tehtäessä mikroskooppisia preparaatteja varren poikkileikkeistä käytettiin puutuneiden solukoiden indikaattorivärinä bentsidiiniä (JELLUM 1960).



Kuva 2. Nivelvälin taivutusvastusta mitataan.
Valok. O. Inkilä.

Figure 2. Measuring the breaking strength of an internode. Photo by O. Inkilä.

Korsi- ja juurinäytteet otettiin vasta kasvien alkaessa valmistua, arviolta 5—12 päivää ennen täystulentuneisuusastetta. Paitsi tutkimalla tällaisia näytteitä pyrittiin lajikkeiden laonkestävyyttä selvittämään myös soveltamalla korren taivutusvastusmenetelmää koeruutujen kasvustoihin MURPHYN ym. (1958) esittämien ohjeiden mukaisesti. Nämä tutkimukset suoritettiin edellä selostettuja aikaisemmin eli elokuun alkupuoliskolla, jolloin koekasvustot olivat vielä huomattavalta osalta pystyjä.

Taivutusmenetelmää käytettäessä sidottiin 20 lähekkäin kasvavan viljelysilön pystyt pääkorret toisiinsa tähkän (röyhyn) alta. Pystyä korsikimpua vedettiin tämän jälkeen jousivaa'an koukulla sivulle päin niin paljon, että se joutui 45° kulmaan. Kunkin lajikkeen taivutusvastuksen suuruus ilmaistiin grammoin 20 määrityksen keskiarvona.

Lakoutumisasteen ja laonkestävyystekijöitä valaisevien havaintojen väliset korrelaatiokertoimet laskettiin BONNIERIN ja TEDININ (1957) mukaisesti.

Koetulokset

Koelajikkeiden lakoutumista seurattiin jatkuvasti kasvukauden aikana. Lakoutumishavaintoja tehtiin viitenä eri ajankohtana loppukesän kuluessa. Seuraavassa koetulosten esittelyssä käytetään lajikkeista 20. 8. saatua laonkestävyysarvoa. Mainittuna ajankohtana kasvustot olivat lakoutuneet voimakkaasti jatkuvien sateiden takia, jotka olivat samalla kastaneet maan aivan pehmeäksi. Tästä syystä on lajikkeiden laonkestävyys tuolloin ilmeisesti ollut tavallista suuremmassa määrin riippuvainen myös juuriston antaman tuen määrästä.

Elokuun 20. päivänä tehtyjen havaintojen mukaan olivat tutkittujen kevätiljalajikkeiden laonkestävyysarvot seuraavat:

Apu	kevätkuenna	.....	4—	Orion III	kaura	.....	3.0
Hopea	»	.....	2.0	Kultasade II	»	.....	2.0
Touko	»	.....	3.0	Pendek	»	.....	2.5
Tammi	»	.....	4.0	Paavo	ohra	.....	3.5
Timantti	»	.....	1.0	Balder J	.. »	.....	2.5
Timantti II	»	.....	2.0	Tammi	»	.....	3—
Norröna	»	.....	2+	Otra	»	.....	3+
Tammi	kaura	.....	1+	Pirkka	»	.....	3.0
Kyrö	»	.....	2.0	Balder	»	.....	2.0
Eho	»	.....	5—	Jokioisten kevätruus	.....	3.0	
Sisu	»	.....	4—				

Tutkittujen kevätiljojen keskimääräiset laonkestävyysarvot ja eri laonkestävyystekijöitä valaisevien havaintojen keskiarvot on esitetty taulukossa 1. Kevätkuennästä, kaurasta ja ohrasta, joita tutkittiin 6 tai 7 lajiketta, on tämän lisäksi laskettu näiden lukujen väliset korrelaatiokertoimet. Kun kokeiltujen lajikkeiden määrä kussakin viljassa on ollut verraten vähäinen, on tilastollisesti merkitseviä vuorosuhteita mm. tästä syystä saatu todetuksi vain muutamissa tapauksissa. Seuraavassa tarkastellaan kuitenkin lähemmin myös sellaisia korrelaatioita, joiden kerroin on suurempi kuin 0.50. Tämän rajan ylittävän kertoimen voitaneen nimittäin katsoa osoittavan, että kulloinkin kysymyksessä olevalla tekijällä on huomionarvoinen vaikutus asianomaisen viljan laonkestävyyteen.

Eri viljojen keskimääräiset lakoutumisarvot osoittautuivat suunnilleen saman suuruisiksi: 2.6 (kevätkuenna), 2.8 (kaura ja ohra) sekä 3.0 (kevätruus). Niin ikään ilmeni erilaisia laonkestävyystekijöitä tutkittaessa, että niiden lukuarvot kaikissa neljässä kevätiljassa olivat usein suunnilleen samansuuruisia. Toisaalta oli viljalajien välillä niiden laonkestävyystekijöihin nähden todettavissa monia selviä eroavuuksiakin (taulukko 1).

Korren läpimitta oli pienin kevätruukiilla (1.7 mm) ja suurin kauralla (2.7 mm). Viljalajeista oli yksinomaan ohralla tässä kohdin niin korkea positiivinen korrelaatiokerroin, että sen perusteella voitaneen päätellä tämän viljan laonkestävyyden olevan tuntuvassa määrin riippuvainen korren läpimitan muuntelusta. Pienin korren halkaisija (2.4 mm) oli Balderilla, jonka laonkestävyys (2.0) oli ohra-aineiston heikoin. Suurin korren halkaisija (2.8 mm) oli Otralla, joka oli laonkestävyydeltään (3+) toiseksi paras ohralajike.

Korren poikkileikkeestä lasketulla johtojänteiden luvulla ei tutkitussa vilja-aineistossa näytä olevan vaikutusta laonkestävyysasteeseen. Ohralla oli johtojänteiden luku keskimäärin 28.4 kpl poikkileikettä kohden. Kolmella muulla viljalla oli johtojänteiden luku tätä selvästi pienempi, 18.1—19.9.

Puutuneen solukon osuus oli suurin kevätruukiin korren poikkileikkeessä, jossa se nousi lähes puoleen leikkeen pinta-alasta eli 44.5 %:iin. Ohralla tällaisen solukon osuus oli jo huomattavasti pienempi eli 33.5 %. Kaura (28.0 %) sekä kevätheinä (28.9 %) olivat tässä suhteessa varsin tasaväkiset.

Saadut korrelaatiokertoimet viittaavat siihen, että sekä kaurassa että ohrassa laonkestävyys muuntelee samansuuntaisesti kuin korren poikkileikkeessä todetun puutuneen solukon osuus. Esim. Sisu-kauralla tällaisen solukon osuus osoittautui 38.0 %:ksi, mikä on selvästi kauran keskimääräistä prosenttilukua (28.0 %) suurempi. Muiden tutkittujen kauralajikkeiden vastaava prosenttiluku oli joko keskimääräinen (28.0 %) tai poikkesi siitä vain vähän. Sisu-kauran laonkestävyyssarvo (4—) oli kauralajikkeiden joukossa toiseksi paras. Ohralajikkeista tehdyt havainnot osoittivat puolestaan, että Paavo-ohralla, joka laonkestävyydeltään (3.5) on ollut ohralajikkeista ensimmäinen, on myös todettu eniten puutunutta solukkoa (46.0 %) korren poikkileikkeessä. Pienin tällainen prosenttiluku (26.0 %) on todettu Tammi-ohralla, jonka laonkestävyys osoittautui keskinkertaiseksi (3—).

Nivelvälien luvun nojalla erottuvat kevätheinä ja kaura, joilla kummallakin on ollut keskimäärin noin 4 nivelväliä pääkorressaan, ohrasta ja kevätruukiista, joiden pääkorressa nivelvälejä oli suunnilleen yksi enemmän. Ohrassa oli nivelvälien luvun ja laonkestävyyden välillä todettavissa lähes tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Tämän mukaisesti olikin lujaolkisimmaksi (3.5) ohralajikkeeksi osoittautuneen Paavon korressa vähemmän (4.6) nivelvälejä kuin muilla tutkituilla ohrajalosteilla. Toisaalta todettiin nivelvälien luvun olevan korkein (5.5) Balderilla, jonka laonkestävyyssarvo (2.0) jäi tutkitun ohra-aineiston heikoimmaksi.

Pääkorren nivelvälejä tutkittaessa ne numeroitiin ylhäältä alaspäin, jolloin I siis merkitsee ensimmäistä tähkän (röyhyn) alla olevaa nivelväliä, II seuraavaksi alemmaa jne. (vrt. von WETTSTEIN 1952). Tarkasteltaessa ensinnäkin nivelvälien pituudenmittausten tuloksia saattaa todeta, että

nivelvälit lyhenevät ylhäältä alaspäin mentäessä kaikissa viljalajeissa (taulukko 1). Keskimääräinen nivelvälin pituus on kevätvehnässä ja kaurassa laskettu neljän, ohrassa ja kevätruukiissa sen sijaan viiden nivelvälin keskiarvona. Kauralla ja kevätruukiilla oli nivelvälin keskipituus sama, 20.1 cm; kevätvehnällä se oli 18.9 cm ja ohralla vain 16.0 cm.

Nivelvälien pituuden ja laonkestävyyden välisiä vuorosuhteita tutkittaessa ilmeni yksi tilastollisesti merkitsevä korrelaatiokerroin (-0.81^*), joka liittyy ohran IV:n eli toiseksi alimman nivelvälin pituuteen. Tämä nivelväli oli pisin Balderilla (9.8 cm), jonka laonkestävyys oli todettu heikoimmaksi (2.0). Muilla ohralajikkeilla IV nivelväli oli varsin säännönmukaisesti sitä lyhyempi mitä paremmaksi niiden laonkestävyys oli osoittautunut. Laonkestävimmäksi (3.5) todetun Paavo-ohran korren IV nivelväli oli lyhyin (8.4 cm) koko tutkitussa ohra-aineistossa.

Ohran korren viidennen nivelvälin pituuteen liittyy niin suuri korrelaatiokerroin (-0.74), että se on tilastollisesti lähes merkitsevä. Tämän nivelvälin pituuden ja laonkestävyysarvon välillä olikin todettavissa hyvin samankaltaista riippuvuutta kuin edellä todettiin IV:n nivelvälin pituuden yhteydessä. Balder-ohran korren V nivelväli oli toiseksi pisin (5.1 cm) koko ohra-aineistossa; Paavolla tämä nivelväli oli lyhyempi (3.4 cm) kuin muilla ohrilla.

Kevätvehnässä todettiin kolme sellaista korrelaatiokerrointa, jotka viittaavat yksittäisten nivelvälien pituuksien ja laonkestävyyden väliseen negatiiviseen riippuvuussuhteeseen. Tarkasteltaessa ensinnäkin ylimmän nivelvälin pituutta ilmenee, että Timantilla, jonka laonkestävyys (1.0) osoittautui heikoimmaksi, tämä nivelväli oli pitempi (49.6 cm) kuin muilla tutkituilla kevätvehnäajikkeilla. Apu-kevätvehnällä I nivelväli puolestaan oli lyhyin (45.0 cm) koko kevätvehnäaineistossa; laonkestävyydeltään (4—) Apu oli kevätvehnistä toiseksi paras.

Kevätvehnän korren III:n nivelvälin pituutta tutkittaessa ilmeni, että tämä nivelväli oli lyhyin Tammella (7.2 cm), jonka laonkestävyys (4.0) osoittautui kevätvehnäaineiston parhaaksi. Pisin III nivelväli todettiin Norröna-kevätvehnällä (9.7), jonka laonkestävyys (2+) oli keskimääräistä (2.6) hieman vähäisempi. Myös IV nivelväli oli Norrönalla pitempi (6.0 cm) kuin muilla tutkituilla kevätvehnillä. Apu-kevätvehnällä oli puolestaan IV nivelväli (4.0 cm), kuten jo myös I nivelväli, kevätvehnäaineiston lyhyin.

Edellisen lisäksi korrelaatiokertoimet viittaavat mahdollisuuteen, että kevätvehnässä vallitsisi negatiivinen riippuvuussuhde myös nivelvälien (I—IV) keskimääräisen pituuden ja laonkestävyyden välillä. Saadut mittaustulokset eivät silti ainakaan kovin selvästi näytä tukevan tällaisen riippuvuussuhteen olemassaoloa.

Tutkituista viljalajikkeista oli kevätvehnällä lyhyin korsi, 83.3 cm. Ohran korsi oli keskimäärin 87.0 cm, kauran 93.7 cm ja kevätruukiin 105.0 cm

pitkä. Kevätvehnän korren pituuden ja laonkestävyyden välillä ilmeni tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio (-0.77^*). Laonkestävyydeltään heikoimmaksi (1.0) osoittautuneella lajikkeella Timantilla olikin korren pituus 85.0 cm eli yhtä senttimetriä lyhyempi kuin pitkäkortisimmalla lajikkeella Timantti II:lla (laonkest. 2.0). Apu-vehnällä, jonka laonkestävyys (4—) oli toiseksi paras, oli puolestaan lyhyempi korsi (78.0 cm) kuin muilla tutkituilla keväthehnälajikkeilla.

Yksittäisten nivelvälien taittumisvastuksen suuruutta (taulukko 1) tarkasteltaessa saattaa todeta, että taittumisvastus kasvaa kaikissa viljalajeissa ylhäältä alaspäin mentäessä. Nivelvälien keskimääräinen taittumisvastus osoittautui kevätruikiissa ja -vehnässä lähes samansuuruiseksi (177.0 ja 179.2 grammaa). Ohralla tämä vastus oli 208.4 ja kauralla 219.4 grammaa.

Korrelaatiokertoimen suuruuden nojalla voidaan päätellä, että keväthehnän III:n ja IV:n nivelvälin taittumisvastuksen sekä lajikkeen laonkestävyyden välillä vallitsee huomionarvoinen positiivinen riippuvuussuhde (taulukko 1). Timantti-keväthehnällä, jonka laonkestävyys (1.0) oli keväthehneiden heikoin, onkin taittumisvastuksen määrä ollut toiseksi pienin koko aineistossa: III:ssa nivelvälissä 213 ja IV:ssä 340 grammaa. Toisaalta ovat Tammi-vehnän (laonkestävyys korkein eli 4.0) vastaavat taittumisvastukset osoittautuneet suuremmiksi kuin muilla keväthehnillä: 318 grammaa III:ssa ja 443 grammaa IV:ssä nivelvälissä. Pienimmät taittumisvastukset todettiin Norrona-vehnässä ((laonkest. 2+), jolla ne olivat 188 ja 293 grammaa.

Koetulosten mukaan ilmenee nivelvälien taittumisvastuksen ja lajikkeen laonkestävyyden välinen vuorosuhde selvimpänä ohrassa. Jo kolmannen nivelvälin suhteen todettu korrelaatiokerroin viittaa huomionarvoiseen riippuvuussuhteeseen näiden ominaisuuksien kesken. Neljännen nivelvälin kohdalla tämä vuorosuhde osoittautui tilastollisesti merkitseväksi ($+0.81^*$) ja viidennen nivelvälin suhteen se oli lähes merkitsevä ($+0.80$). Kaikkien viiden nivelvälin keskimääräinen taittumisvastus ja laonkestävyys olivat puolestaan tilastollisesti merkitsevässä korrelaatiossa keskenään ($+0.82^*$).

Mainitut taittumisvastukset kasvoivatkin ohrassa useimmiten hyvin samansuuntaisesti lajikkeen laonkestävyysarvojen kanssa. Siten laonkestävyydeltään heikoimmaksi (2.0) todetun Balder-ohran taittumisvastukset sekä III:ssa (123 g), IV:ssä (200 g) ja V:ssä (372 g) nivelvälissä että keskimäärin (145 g) olivat pienimmät koko ohra-aineistossa. Suurimmat vastaavat taittumisvastukset 232, 367, 751 ja 286 g todettiin Otralla, joka laonkestävyydeltään (3+) oli toiseksi paras ohralajike. Laonkestävimmäksi (3.5) osoittautuneen Paavo-ohran nivelvälien taittumisvastukset olivat puolestaan jonkin verran pienemmät kuin mitä lasketun vuorosuhteen perusteella olisi ollut odotettavissa.

Korren taivutusvastusta selvitettyäessä todettiin eri viljalajien välillä tässä suhteessa huomattavia eroavuuksia (taulukko 1). Kevätruikiilla oli

Taulukko 1. Kevätviljojen lakoutumista ja laonkestävyystekijöitä valaisevien havaintojen keskimääräiset lukuarvot sekä näiden väliset korrelaatiokertoimet.

Table 1. The lodging indices and the experimental data on the lodging resistance factors, as well as the correlation coefficients between these in spring cereals.

Ominaisuus Characteristic	Kevätvehnä Spring wheat		Kaura Oats		Ohra Barley		Kevätruis Spring rye
	Keskiarvo Mean	Korrelaatio- kerroin Correlation coefficient	Keskiarvo Mean	Korrelaatio- kerroin Correlation coefficient	Keskiarvo Mean	Korrelaatio- kerroin Correlation coefficient	
Lakoutuminen 0—10 (10 = pysty) — Lodging index 0—10 (10 = erect)	2.6	—	2.8	—	2.8	—	3.0
Korren halkaisija, mm — Diameter of culm, mm	2.1	-0.06	2.7	+0.07	2.6	+0.75	1.7
Johtojänteiden luku korren poikkileikkeessä — Number of vascular bundles in the cross-section of culm	18.8	+0.34	18.1	+0.27	28.4	+0.37	19.9
Puutuneen solukon osuus korren poikkileikkeessä, % — Proportion of lignified tissues in the cross-section of culm, %	28.9	-0.13	28.0	+0.52	33.5	+0.63	44.5
Nivelvälien luku — Number of internodes	4.1	-0.08	4.3	-0.22	5.1	-0.79	5.0
I:n nivelvälin pituus, cm — Length of the first internode, cm	47.1	-0.57	43.3	-0.24	34.3	-0.19	39.3
II:n nivelvälin pituus, cm — Length of the second inter- node, cm	15.3	+0.17	20.6	-0.37	19.6	-0.08	29.4
III:n nivelvälin pituus, cm — Length of the third inter- node, cm	8.1	-0.58	10.9	+0.18	12.5	+0.26	15.8
IV:n nivelvälin pituus, cm — Length of the fourth inter- node, cm	4.9	-0.66	5.7	-0.19	9.1	-0.81*	10.8
V:n nivelvälin pituus, cm — Length of the fifth internode, cm	—	—	—	—	4.4	-0.74	5.5
I—IV:n nivelvälin keskipituus, cm — Average length of the four internodes, cm	18.9	-0.65	20.1	-0.49	—	—	—
I—V:n nivelvälin keskipituus, cm — Average length of the five internodes, cm	—	—	—	—	16.0	-0.47	20.1
Korren pituus, cm — Length of culm, cm	83.3	-0.77*	93.7	-0.15	87.0	-0.12	105.0
I:n nivelvälin taittumisvastus, g — Breaking strength of the first internode, g	16.1	+0.19	32.1	+0.29	12.9	+0.46	19.7
II:n nivelvälin taittumisvastus, g — Breaking strength of the second internode, g	107.0	-0.44	98.4	+0.44	53.8	+0.10	44.9
III:n nivelvälin taittumisvastus, g — Breaking strength of the third internode, g	232.6	+0.54	255.7	+0.01	176.2	+0.64	147.0
IV:n nivelvälin taittumisvastus, g — Breaking strength of the fourth internode, g	361.0	+0.55	491.4	-0.01	283.0	+0.81*	212.5
V:n nivelvälin taittumisvastus, g — Breaking strength of the fifth internode, g	—	—	—	—	516.0	+0.80	461.1
I—IV:n nivelvälin keskimääräinen taittumisvastus, g — Average breaking strength of the four internodes, g	179.2	+0.42	219.4	+0.18	—	—	—
I—V:n nivelvälin keskimääräinen taittumisvastus, g — Average breaking strength of the five internodes, g	—	—	—	—	208.4	+0.82*	177.0
Korren taivutusvastus, g — Resistance of culm to bending, g	38.0	+0.33	99.6	+0.19	109.3	+0.98***	19.9
Tukijuurien luku — Number of coronal roots	4.2	+0.60	4.9	-0.27	6.4	+0.77	3.5

taivutusvastus varsin vähäinen eli vain 19.9 grammaa keskimäärin kutakin 20 pääkorren muodostamaa kimppua kohti. Kevätvehnän taivutusvastus oli noin kaksi kertaa edellistä suurempi eli 38.0 grammaa. Näistä tuntuvasti suurempia olivat kauran ja ohran taivutusvastukset 99.6 ja 109.3 grammaa.

Korren taivutusvastuksen ja laonkestävyyden välistä riippuvuussuhdetta tutkittaessa ilmeni, että näiden ominaisuuksien kesken esiintyi ohrassa tilastollisesti erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio (+0.98***). Yksittäisten ohralajikkeiden taivutusvastus muuntelikin aivan samansuuntaisesti laonkestävyydsarvojen kanssa. Siten oli Balderin (laonkest. 2.0) taivutusvastus pienin (50 g), Tammi-ohran (3—) keskinkertainen (117 g) ja Paavo-ohran (3.5) suurin (145 g).

Juuristotutkimuksissa kohdistettiin huomio kasvin tyviosassa esiintyviin tukijuuriin, joiden lukumäärä laskettiin. Ohralla oli tällaisia juuria eniten eli 6.4 kpl yksilöä kohti, kevätrukiilla puolestaan vähiten (3.5). Kevätvehnällä oli vastaava luku 4.2 ja kauralla 4.9.

Kevätvehnällä ja varsinkin ohralla saadut korrelaatiokertoimet viittaavat siihen, että näissä viljoissa tukijuurien luku vaikuttaa samansuuntaisesti kasvin laonkestävyyteen. Timantilla, joka laonkestävyydeltään (1.0) osoittautui kevätvehnistä heikoimmaksi, oli myös vähiten (2.5) tukijuuria yksilöä kohti. Eniten tukijuuria (5.8) oli Touko-kevätvehnällä, jonka laonkestävyys (3.0) osoittautui keskimääräistä (2.6) hieman paremmaksi. Lujaolkisimmalla kevätvehnalajikkeella Tammella (4.0) oli keskimäärin 4.2 tukijuurta yksilöä kohti. Apu- ja Norrona-kevätvehnillä oli vastaava luku 4.7.

Vielä selvemmin kuin kevätvehnässä ilmeni tukijuurien luvun ja laonkestävyyden välinen positiivinen riippuvuussuhde ohrassa. Vähiten tukijuuria (3.5) oli Balderilla, jonka laonkestävyys (2.0) myös oli heikoin. Lujaolkisimmalla (3.5) Paavo-ohralla oli puolestaan eniten (10.2) tukijuuria kasvia kohti. Toiseksi runsaimmin oli tukijuuria kehittynyt Tammi-ohraan (8.2), jonka laonkestävyys osoittautui keskinkertaiseksi (3—).

Tutkimustulosten tarkastelu

Edellä on kiinnitetty huomiota eräiden morfologisten ja anatomisten tekijöiden esiintymiseen kevätiljoissa erityisesti niissä tapauksissa, joissa näiden tekijöiden ja lajikkeen laonkestävyyden välinen vuorosuhde korrelaatiokertoimen nojalla joko on osoittautunut merkitseväksi tai sitä voidaan pitää todennäköisenä. Saaduista tuloksista on ilmeistä hyötyä varsinkin kasvinjalostustyölle, joka niiden perusteella saattaa entistä tehokkaammin laatia laonkestävyyden parantamiseen tähtäävät risteytysuunnitelmansa.

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa ilmenee, että kevätvehnässä ja ohrassa on verraten monissa tapauksissa voitu havaita kasvin rakenneominaisuuksia.

sien ja laonkestävyyden olevan keskenään riippuvuussuhteessa. Kaurassa sen sijaan vastaavanlainen suhde on ollut todettavissa vain yhdessä tapauksessa. Tämän nojalla voitaneen otaksua, että kauran laonkestävyyden parantaminen sen nykyiseltä tasolta ilmeisesti kohtaa suurempia vaikeuksia kuin kevätvehnän ja ohran, joiden jalostustyöhön tässä kohdin näyttää tarjoutuvan enemmän mahdollisuuksia.

Kevätvehnässä todettiin lajikkeiden korren pituuden ja laonkestävyyden välillä tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Tämän lisäksi kevätvehnän I:n, III:n ja IV:n nivelvälin pituuden ja laonkestävyyden kesken lasketut korrelaatiokertoimet viittaavat huomionarvoisen negatiivisen vuorosuhteen olemassaoloon. Lyhyehkön korren merkitystä mm. kevätvehnän laonkestävyydelle on, kuten tunnettua jo kauan aikaa korostettu (vrt. RAUM 1932). Niin ikään pitävät eräät tutkijat (mm. KÖNIG 1928) korren lujuuden kannalta tärkeänä, että erityisesti sen alimmat nivelvälit ovat verraten lyhyitä.

Saadut koetulokset viittaavat edelleen siihen, että kevätvehnän kahden alimman nivelvälin taittumisvastuksen ja lajikkeen laonkestävyyden kesken vallitsee ilmeinen positiivinen riippuvuussuhde. Tämäkin tulos on sopu-soinnussa eräiden aikaisempien tutkimustulosten kanssa. CLARK ja WILSON (1933) ovat määrittäneet kevätvehnän korren alimman nivelvälin taittumisvastuksen suuruuden ja totesivat tällöin useita merkitseviä lajikkeiden välisiä eroavuuksia. Taittumisvastuksen ja laonkestävyyden keskinen korrelaatio ei heidänkään tutkimuksissaan kuitenkaan osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi.

Kevätvehnän tukijuurien luku on rakenneominaisuus, joka saatujen tutkimustulosten mukaan näyttää muuntelevan samansuuntaisesti laonkestävyyden kanssa. Tämän ominaisuuden merkitystä kevätvehnän laonkestävyydelle ei liene muualla vielä paljoakaan tutkittu. WEBB ja STEPHENS (1936) saattoivat kuitenkin todeta, että tukijuurien määrä kevätvehnässä vaihtelee huomattavasti mm. lajikkeesta riippuen.

Kauran rakenneominaisuuksien ja laonkestävyyden kesken ei tutkitun aineiston puitteissa ilmaantunut yhtään tilastollisesti merkitsevää vuorosuhdetta. Saatujen tutkimustulosten mukaan jäi myös todennäköisten riippuvuussuhteiden määrä tässä viljalajissa aivan vähäiseksi. Ainoa ominaisuus, joka näytti vaikuttavan kauran laonkestävyyteen, oli puutuneen solukon osuus korren poikkileikkeessä. HAMILTON (1951), joka on yksityiskohtaisesti tutkinut kauran laonkestävyyteen vaikuttavia tekijöitä, on myös mm. todennut, että laonkestävillä lajikkeilla esiintyy korren poikkileikkeessä selvästi enemmän puutunutta solukkoa kuin lakoutuvilla.

Ohrassa todettiin eniten sekä tilastollisesti merkitseviä että todennäköisiä vuorosuhteita. Ensinnäkin sen korren halkaisija ja puutuneen solukon osuus korren poikkileikkeessä näyttävät olevan positiivisessä riippuvuussuhteessa

laonkestävyyteen nähden. Muualla suoritetuissa tutkimuksissa on päädytty samankaltaiseen tulokseen (von WETTSTEIN 1952, 1954). Korren nivelvälien luvun ja laonkestävyyden kesken vallitsee ilmeisesti negatiivinen vuorosuhde. Kahden alimman nivelvälin pituuksien negatiiviset sekä kolmen alimman nivelvälin ja kaikkien nivelvälien keskimääriäisten taittumisvastusten positiiviset vuorosuhteet laonkestävyyteen nähden osoittautuivat osittain tilastollisesti merkitseviksi. Ohran nivelvälien pituuden ja taittumisvastuksen merkitystä laonkestävyytutkimukselle on korostanut erityisesti von WETTSTEIN (1952, 1954).

Tilastollisesti lähes merkitseväksi osoittautui ohrassa myös tukijuurien luvun ja laonkestävyyden välinen positiivinen vuorosuhde. Tämän ominaisuuden arvoa eivät ohran jalostajat liene vielä paljoakaan tutkineet, joskin juuriston merkitystä viljan laonkestävyydelle yleensä pidetään jo varsin tärkeänä (vrt. HARRINGTON ja WAYWELL 1950).

Selostettavana olevissa tutkimuksissa kokeiltiin myös korren taivutusmenetelmää MURPHYN ym. (1958) esittämien ohjeiden mukaisesti. Tätä menetelmää sovellettaessa on tarkoituksena saada selvyttä lajikkeiden laonkestävyydestä erityisesti sellaisina vuosina ja sellaisissa viljelyoloissa, joissa lakoutumista ei lainkaan ole tapahtunut. Kun korren taivutusmenetelmällä saadut tulokset osoittautuivat ohrassa erittäin luotettaviksi, voitaneen sanottua metodia hyvällä syyllä suositella käytettäväksi ohran jalostus-työssä.

Päätelmät

Edellä selostetuissa tutkimuksissa on ilmennyt seuraavaa:

1. Kevätvehnä-, kaura-, ohra- ja kevätruiskasvustot lakoutuivat suunnilleen yhtä paljon kesällä 1961 Jokioisissa. Saman viljan eri lajikkeiden välillä ilmeni kuitenkin laonkestävyyseroja.

2. Tutkittaessa eräiden morfologisten ja anatomisten ominaisuuksien merkitystä laonkestävyydelle kiinnitettiin huomiota sellaisiin niiden välisiin vuorosuhteisiin, jotka osoittautuivat tilastollisesti merkitseviksi tai joita voidaan pitää todennäköisinä. Kevätvehnässä ja varsinkin ohrassa tällaisia vuorosuhteita todettiin verraten runsaasti, kaurassa sitä vastoin vain yksi.

3. Kevätvehnässä todettiin lajikkeiden korren pituuden ja laonkestävyyden välillä tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Tämän lisäksi kevätvehnän I:n, II:n ja IV:n nivelvälin pituuden ja laonkestävyyden kesken ilmeni todennäköinen negatiivinen riippuvuussuhde. Lisäksi näyttää toisaalta kevätvehnän kahden alimman nivelvälin taittumisvastuksen ja tukijuurien luvun sekä toisaalta laonkestävyyden välillä vallitsevan positiivinen vuorosuhde.

4. Kauralla todettiin korren poikkileikkeessä esiintyvän puutuneen solukon osuuden ja laonkestävyyden välillä ilmeinen positiivinen riippuvuus-suhde.

5. Ohran korren halkaisija ja puutuneen solukon osuus korren poikkileikkeessä näyttivät olevan positiivisessa, korren nivelvälien luku taas negatiivisessa vuorosuhteessa laonkestävyyteen. Kahden alimman nivelvälin pituuksien negatiiviset sekä kolmen alimman nivelvälin ja kaikkien nivelvälien keskimääräisten taittumisvastusten positiiviset vuorosuhteet laonkestävyyteen nähden osoittautuivat joko tilastollisesti merkitseviksi tai todennäköisiksi. Ohran tukijuurien luku osoitti lähes merkitsevää positiivista korrelaatiota laonkestävyyden suhteen.

6. Tutkittaessa Murphyn ym. mukaisesti korren taivutusmenetelmän sopivuutta laonkestävyyden määrittelyyn ilmeni ohrassa tilastollisesti erittäin merkitsevä vuorosuhde tällä menetelmällä saatujen lukuarvojen ja lakoisuusasteen kesken.

Kirjallisuus

- BONNIER, G. & TEDIN, O. 1957. Biologisk variationsanalys. 186 s. Stockholm.
- CLARK, E. R. & WILSON, H. K. 1933. Lodging in small grains. J. Amer. Soc. Agron. 25: 561—572.
- DERICK, R. A. & HAMILTON, D. G. 1942. Root development in oat varieties. Scient. Agric. 22: 503—508.
- HAMILTON, D. G. 1951. Culm, crown and root development in oats as related to lodging. Ibid. 31: 286—315.
- HARRINGTON, J. B. & WAYWELL, C. G. 1950. Testing resistance to shattering and lodging in cereals. Ibid. 30: 51—60.
- JELLUM, M. D. 1960. A lignin specific staining technique. Agron. J. 52: 54—55.
- KÖNIG, F. 1928. Morphologische Studien über den Bau des Getreidehalmes. Angew. Bot. 10: 483—576.
- MURPHY, H. C., PETR, F. & FREY, K. J. 1958. Lodging resistance studies in oats. Agron. J. 50: 609—611.
- RAUM, H. 1932. Über die Halmlänge bei Weizen und Gerste mit Rücksicht auf die Halmfestigkeit. Z. Pfl. zücht. 17: 397—412.
- WEBB, R. B. & STEPHENS, D. E. 1936. Crown and root development in wheat varieties. J. Agric. Res. 52: 569—583.
- WETTSTEIN, D. von 1952. Halmaufbau und Standfestigkeit bei *erectoides* Mutanten der Gerste. Hereditas 38: 345—366.
- »— 1954. The pleiotropic effects of *erectoides* factors and their bearing on the property of straw stiffness. Acta agric. scand. 4: 491—506.

SUMMARY:

On the Factors affecting Resistance to Lodging in some Varieties of Spring Cereals

K. MULTAMÄKI

Agricultural Research Centre, Department of Plant Breeding, Jokioinen

The purpose of the present investigation was to examine, in Finnish conditions, the occurrence and significance of some of the most essential factors contributing to the lodging resistance in spring cereals. The experimental material comprised the following 21 varieties many of which are, at present, being grown extensively in Finland.

Spring wheat:

Apu,	Jokioinen
Hopea,	»
Touko,	»
Tammi,	Tammisto
Diamant,	Svalöf
Diamant II,	»
Norröna,	Norway

Oats:

Tammi,	Tammisto
Kyrö,	»
Eho,	»
Sisu,	»

Oats (cont.):

Orion III,	Svalöf
Guldregn II,	»
Pendek,	Netherlands

Barley:

Paavo,	Jokioinen
Balder J,	»
Tammi,	Tammisto
Otra,	»
Pirkka,	»
Balder,	Weibullsholm

Spring rye:

Jokioinen spring rye (not yet released)

The varieties studied were grown side by side on single plots of 5 m² size, in the summer of 1961. Row spacing was 15 cm. The rates of seeding were those commonly used in arable farming in Finland. The soil of the experimental field was heavy clay; the state of cultivation of the field was good.

The plots were seeded on May 17th. The earliest variety ripened on August 23rd, and the latest on September 10th. The temperature conditions of the growing season were nearly normal on the average. Frequent and profuse rains occurred especially

in July and August (altogether 209 mm, against 139 mm normal rainfall in these two months) with the result of heavy lodging in the stands since the middle of August.

From each plot 20 individuals were taken for the study of the culm characters and another 10 individuals for root investigations. These samples were taken 5—12 days prior to the degree of full ripeness. Each main culm was examined for a number of properties. The length of the culm was measured from soil level to the top of the spike (panicle). The number, length, and breaking strength of the internodes were determined. The breaking strength of an internode was tested by supporting it at both end nodes and applying a force at right angles to its middle by means of the hook of a spring balance, until the culm was broken (Fig. 2). The breaking strength of the internode was recorded in grammes. Furthermore, cross-sections were taken of the basal part of the main culm at a point one inch above soil level (Fig. 1) and the diameter of the culm, the number of vascular bundles and the proportion of lignified tissues in the cross-section area were determined. Benzidine was employed as lignin-specific stain for the microscopic preparations, according to JELLUM (1960).

Root samples were taken with an ordinary shovel which was pushed about 20 cm deep into the ground. The soil was washed from the roots with a jet of water. Care was taken to avoid injuring the coronal roots, which were counted in each plant.

The resistance to lodging of the varieties included in this study was also investigated by means of an elasticity test according to MURPHY *et al.* (1958). In this test the erect main culms of 20 plants, growing quite close together, were tied under the spikes (panicles) to form a bunch, to which a force was applied with the hook of a spring balance pulling it into reclining position at an angle of 45°. By this arrangement the force (in grammes) required to produce artificial lodging could be directly read. The resistance of the culm to bending was calculated as an average of 20 determinations made on each plot.

Observations on the lodging behaviour of the experimental stands were made continuously during the growing season. The lodging indices of the different varieties were determined on August 20th, employing a scale from 0 to 10 (=erect). The values obtained in this manner varied from 1.0 for Diamant spring wheat to 5— for Eho oats.

Table 1 shows the lodging indices of the four spring cereals investigated in this work and the results of the studies concerning the factors which affect the resistance to lodging. For spring wheat, oats and barley, correlation coefficients between the lodging indices and the resistance factors were calculated. However, only few of these coefficients thus obtained proved to be statistically significant. In a subsequent scrutiny, therefore, all combinations of variables yielding a coefficient in excess of 0.50 were considered at least indicative of probable interdependence and they were subjected to closer study.

On the basis of the experimental results obtained in this investigation the following conclusions can be drawn:

1. The average tendency to lodging of the four kinds of spring cereals studied proved to be about equal in the trial carried out in the summer of 1961 at Jokioinen. However, differences in resistance to lodging were established between the different varieties of each kind of cereal.

2. Significant or likely correlations were found in relatively numerous instances with spring wheat and especially with barley but only once with oats.

3. A statistically significant negative correlation was established between the length of the culm and the lodging resistance in spring wheat varieties. The lengths of the first, second and fourth internode, counted from the ear downwards, and the

resistance to lodging in spring wheat are probably negatively interdependent. Moreover, the breaking strengths of the two lowest internodes and the number of coronal roots seem to be positively correlated with the lodging resistance of this cereal.

4. The correlation coefficient calculated for the proportion of the lignified tissues in the cross-section of the culm of oats points to positive interdependence with the resistance to lodging.

5. In barley the following observations were made: the diameter of the culm as well as the proportion of the lignified tissues in the cross-sections of the culm seem to be positively and the number of the internodes negatively associated with the lodging resistance. The negative correlation coefficients of the lengths of the two lowest internodes and the positive correlation coefficients of the breaking strengths of the three lowest internodes, and of the average breaking strength of the five internodes, proved to be either statistically significant or probable. The number of the coronal roots showed a nearly significant positive correlation with the resistance to lodging.

6. Tests of the lodging resistance by means of the elasticity method according to MURPHY *et al.* (1958) established a highly significant positive correlation between the values obtained by this method and the lodging indices in barley.