

## POLÜPLOIDISEERIMISEGA KAASNENUD PUNASE RISTIKU ÕIE MORFOLOOGILISTE JA FÜSIoloogILISTE MUUTUSTE MÕJU TOLMELDAJATE TÖOKIIRUSELE JA VÄÄRTUSELE RISTTOLMLEMISE TAGAJANA

A. Bender

**SUMMARY:** *An impact of morphological and physiological transformations of red clover flowers accompanying polyploidization on the pollinators' working speed and value as a guarantee for cross pollination. A late tetraploid red clover variety 'Ilte' has been bred at the Jõgeva Plant Breeding Institute by experimental polyploidization and following selections. Its floret has a better nectar secretion and 8.9% longer corolla tube, the diameter of which orifice is 33.7% more spacious compared with the diploid parent variety 'Jõgeva 205'.*

*To ascertain an impact of the above-mentioned transformations, the work of the pollinators was measured by chronometer at the breeder seed fields of both varieties in 1993...1998. Recorded data served as a basis for the calculations of the working speed of the pollinators and for the specification of their work as a guarantee for cross-pollination.*

*The slowest pollinator on the flowers of diploid variety 'Jõgeva 205' was honey-bee (*Apis mellifera* L.) who visited 7.1 flowers per minute collecting the nectar through the orifice of the corolla tube, and 13.0 flowers per minute while collecting the pollen (table 3).*

*An average working speed of positively working bumble-bee species varied relatively little at the nectar and pollen collection, being 22.4 and 22.7 flowers per minute, respectively.*

*All positively working pollinators worked slower on the flowers of tetraploid variety in comparison with the diploid variety (tables 3 and 4). The most significant difference occurred among the short-tongued pollinators (*Apis mellifera* L., *Bombus lapidarius* L.) at the nectar collection (table 4).*

*A strong positive correlation existed between the working speed of the pollinators at nectar collection on the flowers of both di- and tetraploid varieties and the length of their probosces ( $r=0.74$  and  $0.78$ , respectively, figure 1). Among the species, *B. hortorum* worked most rapidly at nectar collection and *B. distinguendus* at pollen collection on the flowers of both variety types (table 3).*

**B. lucorum*, the most numerous bumble-bee species on many years in Estonia, bites a hole to the bottom of the corolla tube of red clover's floret, takes the nectar without touching the generative organs of the floret taking no part in the reproduction process of the species. The morphological transformations of the floret concurrent with polyploidization have no effect on its working speed, however, the bigger nectar secretion attracts them onto the flowers of tetraploid variety. *B. lucorum* collects the pollen from the red clover very rarely.*

*Based on the working speeds and considering the longer working period of the bumble-bees per day (coefficient 1.1), the pollinator-values in honey-bee units (honey-bee at nectar collection = 1.0) were calculated (table 5). A honey-bee collecting the pollen on the seed production field of diploid red clover was equal to 1.8 honey-bee units, the mean pollinator-value of the bumble-bee species was equal to 3.5 honey-bee units.*

*A honey-bee collecting the pollen on the flowers of tetraploid red clover was equal to 2.1 honey-bee units and the mean value of bumble-bee species accounted for 4.0...4.2 honey-bee units.*

*As the calculation of honey-bee units was based on a honey-bee who worked a third slower at nectar collection on the flowers of tetraploid variety compared with the diploid variety, it should be considered adequate for guaranteeing the same amount of work if a third more pollinators, converted into honey-bee units, work on a superficial unit of a seed production field of the tetraploid red clover variety.*

*The value of the pollinators as a guarantee for cross-pollination on the flowers of di- and tetraploid varieties was investigated on the basis of an average number of visited florets in a cluster (table 6) and also by detailed analysis of the work of all examined pollinators (table 7). As a conclusion of this study, it can be stated that the pollinators as a guarantee for cross-pollination did*

not work less effectively on the flowers of tetraploid red clover variety than on the flowers of diploid variety. A supposition that bigger resource and a longer corolla tube of the floret can alter the character of the work of long-tongued pollinators was not verified. In case of positive working, the short-tongued pollinators (*Apis mellifera*, *B. lapidarius*) are the best guarantees for cross-pollination but the character of their work (especially in honey-bee) depends on the number of *B. lucorum*. By rising multiplicity of the latter, they start to work negatively on the flowers of both di- and tetraploid red clover varieties and do not pollinate the flowers on that occasion.

A fact that *B. sylvestris* works rapidly on the flowers of both di- and tetraploid red clover was affirmed in the study. The species is unfortunately low in number in Estonia and visits the flowers of red clover relatively seldom.

Punase ristiku viimine aretuslike võtetega diploidselt tasandilt tetraploidsele põhjustab kõigi vegetatiiv- ja generatiivorganite suurenemist. Erinevate autorite andmeil suureneb polüploidiseerimisel punase ristiku õie kroonputke pikkus 4...20% (Novosjolova, 1972; Anderson, 1973; Makarov, 1974; Bilis, 1984), kuid samaaegselt suureneb ka nektarieritus (Skirde 1961; Paatela, 1962; Dennis, Haas, 1967), väheneb nektari suhkruisaldus (Maurizio, 1961; Paatela 1962), suureneb õietolmu terade läbimõõt ning nende kuju muutub ebakorrapärasemaks (Novosjolova, 1972). Kõik need muutused võivad mõjutada õisi külastavate tolmeldajate töö kiirust ja muuta nende töö iseloomu.

### Katsetööde maht ja meetodika

Aastatel 1993...1998 kronometreeriti Jõgeva Sordiaretuse Instituudis tolmeldajate tööd hilise punase ristiku sortide 'Jõgeva 205' (2n) ja 'Ilte' (4n) seemneaias seemnepõldudel. Tabelis 2 on esitatud andmed selle uurimistöe mahtude kohta. Töö läbiviimisel rakendati Bogatõrjovi (1988) poolt soovitatud meetodikat. Kronometreerimise andmed olid hiljem aluseks tolmeldajate töö hindamisel risttolmlemise tagajana ja töökiiruse arvutamisel.

Ristiku õis on ehitatud nii, et tolmukapead ja emakasuu ei välju õiest, kuid on nii di- kui tetraploidsete sortide õisi külastavatele putukatele kergesti kättesaadavad. Polüploidiseerimisega kaasnevad õie kroonputke morfoloogilised muutused saavad muuta tolmeldajate töökiirust vaid nektarikorjajel.

Et seda mõttekäiku tegelikkuses kontrollida, kronometreeriti õiest nektarit võtvate ja õietolmu koguvate tolmeldajate tööd lahus. Punase ristiku õietolm on määrdunudpruuni värvi, mis on omase kesksuvisel õitsemisperioodil ainult sellele liigile ning võimaldab uurimistööd taoliselt üles ehitada.

Tabel 1. Eestis punase ristiku seemnepõldudel sagedamini kohatavad kimalaseliigid ja nende suiste pikkused Pekkarineni (1979) järgi

Table 1. The most common bumble-bee species on the red clover seed production fields in Estonia and the lengths of their probosces after Pekkarinen (1979)

| Liik / Species              | Töölised<br>Workers |             | Isakimalased<br>Males |             | Emakimalased<br>Queens |             |
|-----------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|-------------|------------------------|-------------|
|                             | n                   | mm          | n                     | mm          | n                      | mm          |
| <i>Bombus lucorum</i>       | 78                  | 6,37± 0,53  | 126                   | 6,66± 0,33  | 27                     | 8,47± 0,33  |
| <i>Bombus lapidarius</i>    | 42                  | 6,96± 0,68  | 42                    | 7,63± 0,39  | 42                     | 10,85± 0,47 |
| <i>Bombus veteranus</i>     | 25                  | 7,74± 0,91  | 5                     | 7,54± 0,17  | 4                      | 9,44± 0,36  |
| <i>Bombus pascuorum</i>     | 48                  | 7,89± 0,67  | 33                    | 7,83± 0,40  | 42                     | 10,62± 0,52 |
| <i>Bombus sylvarum</i>      | 42                  | 7,93± 0,54  | 42                    | 8,01± 0,37  | 30                     | 10,58± 0,42 |
| <i>Bombus distinguendus</i> | 15                  | 8,66± 1,15  | 36                    | 8,84± 0,48  | 5                      | 11,18± 0,49 |
| <i>Bombus hortorum</i>      | 54                  | 12,42± 0,97 | 13                    | 12,59± 1,10 | 34                     | 14,60± 0,39 |



Hilise punase ristiku sordid valiti uurimistöö läbiviimiseks kahel põhjusel.

1. Selle ristiku alamliigi sordid alustavad õitsemist juuli teisel poolel ning õitsemine vältab augusti keskpaigani. See on aeg, mil Eestis kimalaste arvukus on kõige suurem ning kõik liigid (sh. ka hilja pesa rajamist alustavad) on esindatud (Kotkas, 1969).

2. Juuli teisel poolel emakimalased üldjuhul enam korjel ei käi, uue põlvkonna suguisendeid aga veel pole. Emakimalase, isakimalase ja töölise suiste pikkus on erinev (tabel 1), nende töö iseloom ja töökiirused punase ristiku seemnepõllul sellest tulenevalt samuti erinevad. Valitud ristiku alamliik võimaldas seega käsitleda suurima tõenäosusega ainult tööliste töö kiirust ja seostada seda konkreetse suise pikkusega.

Aja jooksul on mõnel kimalaseliigil nii eesti kui ladina keeles kasutusel olnud mitu nimetust, mida võib käsitleda sünonüümidenä. Järgnevas loetelus (ja kogu kirjatöös) on ladinakeelsete liiginimede puhul tuginetud A. Løkeni (1973) ja eestikeelsete liiginimede puhul U. Timmi (1995) töödele: aedkimalane – *Bombus hortorum* L., ristikukimalane – *B. distinguendus* L., talukimalane – *B. hypnorum* L., kivikimalane (sün. suur kivikimalane) – *B. lapidarius* L., maakimalane (sün. väike maakimalane) – *B. lucorum* L., põldkimalane – *B. pascuorum* Scop. (sün. *B. agrorum*), karukimalane (sün. suur maakimalane) – *B. terrestris* L., tume kimalane (sün. väike kivikimalane) – *B. ruderarius* (sün. *B. derhamellus*), metskimalane – *B. sylvarum* L., hallkimalane – *B. veteranus* F. (sün. *B. equestris*). Loetavuse hõlbustamiseks kasutatakse tekstis (v.a. kokkuvõtte) ainult eestikeelseid, tabelites aga ruumi kokkuhoiu mõttes ladinakeelseid nimetusi.

Põldvaatlustel on väliste tunnuste alusel väga keerukas (kui mitte võimatu) eristada maakimalast karukimalasest ning kivikimalast tumedast kimalasest. Nagu paljud kimalaseuurijad varem (Bilinski, Ruszkowski, 1991; Sova *et al.*, 1991; Williams, Christian, 1991) on teinud, käsitletakse ka käesolevas töös nimetatud liike koos ühe liigina, nimetades neid seejuures enamesineva liigi järgi. Varem avaldatud töödest on teada, et karukimalane ja tume kimalane on mõlemad Eestis ja Soomes, kus kimalasi põhjalikumalt uuritud, suhteliselt harva esinevad liigid (Kotkas, 1965; Valle, Aaltonen, 1969; Teräs, 1985).

## Katse tulemused ja arutelu

### Tolmeldajate töökiirused di- ja tetraploidsel punasel ristikul sõltuvalt õite küllastamise motiivist

Maakimalane eelistab punase ristiku õitest võtta ainult nektarit, õietolmu kogub sellelt liigilt haruharva. Oma lühikeste suiste tõttu ei võta maakimalane aga nektarit läbi kroonputke suudme nagu enamik ülejäänud kimalaseliike, vaid hammustab kroonputke aluse lähedale augu ning võtab nektarit selle augu kaudu. Nii ei puutu ta õie suguorganitega kokku ega osale punase ristiku reproduktiivprotsessis.

Liik võib töötada punase ristiku õitel väga erineva kiirusega sõltuvalt sellest, kas ta küllastab uusi õisi, kus hammustab kroonputke enne nektarivõtmist auke, või otsib õisi, millel varasemast küllastamisest auk kroonputkes juba olemas.

Maakimalase töökiirus oli teiste kimalaseliikidega võrreldes suhteliselt madal nii di- kui tetraploidsel punasel ristikul (tabel 3). Lisaks augu hammustamisele kulutatud ajale kulub maakimalase isenditel suhteliselt palju aega küllastamiseks sobivate õite leidmiseks – punase ristiku õied on äsjapuhkenud nutis tihedalt üksteise kõrval, mistõttu pole kerge nende vahele kroonputke aluse lähedale pääseda. Enamasti küllastab ta vanemaid, osaliselt äraõitsenud õitega nutte, kus juurdepääs kroonputke aluse juurde on lihtsam.

Maakimalane on Eestis ja Soomes ainuke kimalaseliik, kes punase ristiku kroonputke auke teeb ja nektarit varastab (Kotkas, 1956; Valle, 1959). Kui tema arvukus põllul on suur, hakkavad ka teised lühisuiselised tolmeldajad (ennekõike meemesilane) tehtud auke otsima ja neist nektarit võtma, tolmeldamata seejuures õisi. Meemesilasel (suiste pikkus 6,09 mm), kes ise auke kroonputke ei hammusta, kulus märgatav osa vaatlusajast mulgustatud õite otsimisele. Tetraploidse punase ristiku õitel oli nektari vargus meemesilase seisukohalt ökonoomsem töötamise viis, sest minutis suutis ta leida ja võtta nektarit 7,0 õiest, samal ajal läbi kroonputke suudme ainult 5,4 õiest (tabel 3).

Meemesilase töökiiruste võrdlemine di- ja tetraploidsel sordil näitas, et läbi kroonputke suudme nektarit võttes töötas ta tetraploidsel ristikusordil märgatavalt aeglasemalt.

Tabel 3. Tolmeldajate töökiirused di- ja tetraploidsel punasel ristikul sõltuvalt õite külastusmotiivist  
 Table 3. The working speeds of the pollinators on di- and tetraploid red clover depending on the motive of flower visiting

| Õite külastamise motiiv<br>Motive of flower visiting | Õietolmu hankimine<br>Pollen collection   |                 | Nektari hankimine läbi:<br>Nectar collection through: |                 |   |                 |
|--|---|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|
|  |   |                 | kroonputke suudme<br>orifice of corolla tube          |                 | kroonputke tehtud augu<br>hole bitten into corolla tube |                 |
|  | Minutis külastatud:<br>Visited per minute |                 | Minutis külastatud:<br>Visited per minute             |                 | Minutis külastatud:<br>Visited per minute               |                 |
|  | õienutte<br>heads                         | õisi<br>florets | õienutte<br>heads                                     | õisi<br>florets | õienutte<br>heads                                       | õisi<br>florets |
| Liik / Species                                       |   |                 |   |                 |   |                 |
|  | <b>Jõgeva 205 (2n)</b>                    |                 |   |                 |   |                 |
| <i>Apis mellifera</i>                                | 4,6                                       | 13,0            | 3,1   | 7,1             | 2,7   | 6,0             |
| <i>Bombus lucorum</i>                                |   |                 |   |                 | 3,7   | 10,8            |
| <i>Bombus lapidarius</i>                             | 4,9                                       | 18,7            | 4,1   | 19,3            | 3,2   | 7,2             |
| <i>Bombus pascuorum</i>                              | 4,4                                       | 20,9            | 4,2   | 20,8            |   |                 |
| <i>Bombus sylvarum</i>                               | 3,9                                       | 19,8            | 4,6   | 21,5            |   |                 |
| <i>Bombus distinguendus</i>                          | 5,3                                       | 28,7            | 5,1   | 24,5            |   |                 |
| <i>Bombus hortorum</i>                               | 5,1                                       | 25,5            | 5,5   | 25,9            |   |                 |
| <b><i>Bombus sp.</i></b>                             | <b>4,7</b>                                | <b>22,7</b>     | <b>4,7</b>  | <b>22,4</b>     |   |                 |
|  | <b>Ilte (4n)</b>                          |                 |   |                 |   |                 |
| <i>Apis mellifera</i>                                | 3,5                                       | 11,3            | 2,5   | 5,4             | 2,6   | 7,0             |
| <i>Bombus lucorum</i>                                |   |                 |   |                 | 3,3   | 9,9             |
| <i>Bombus lapidarius</i>                             | 4,5                                       | 16,5            | 3,4   | 12,9            | 5,5   | 15,4            |
| <i>Bombus pascuorum</i>                              | 3,4                                       | 19,2            | 3,5   | 18,2            |   |                 |
| <i>Bombus sylvarum</i>                               | 4,0                                       | 19,0            | 4,1   | 21,4            |   |                 |
| <i>Bombus distinguendus</i>                          | 4,5                                       | 25,7            | 5,0   | 22,0            |   |                 |
| <i>Bombus hortorum</i>                               | 3,6                                       | 23,4            | 5,3   | 24,1            |   |                 |
| <b><i>Bombus sp.</i></b>                             | <b>4,0</b>                                | <b>20,8</b>     | <b>4,1</b>  | <b>19,7</b>     |   |                 |

Nii di- kui tetraploidsel punasel ristikul varastas õitest nektarit läbi maakimalase tehtud aukude mõnikord ka kivikimalane. Tema töökiiruste andmed nektarivargusel di- ja tetraploidsel punasel ristikul on väga erinevad – liigi, kes ise auke kroonputke ei hammusta, töökiirus sõltub varem augustatud õite hulgast õienuttides. Nagu meemesilasel, nii kulus ka nektarit varastaval kivikimalasel enamik vaatlusajast augustatud kroonputkega õite otsimisele. Analoogselt meemesilasega oli kivikimalase töökiirus nektari võtmisel läbi kroonputke suudme tetraploidse sordi õitel märksa aeglasem kui diploidse sordi õitel (tabelid 3 ja 4).

Põldkimalane, metskimalane, ristikukimalane ja aedkimalane võtsid nektarit nii di- kui tetraploidse punase ristiku õitest eranditult läbi kroonputke suudme. Kõigi nende töötamine tetraploidse sordi õitel kulges aga aeglasemalt kui diploidse sordi õitelt nektarit kogudes (tabelid 3 ja 4).

Tolmeldajate töökiirus nektari hankimisel oli nii di- kui tetraploidse sordi õitel tugevas positiivses korrelatsioonis nende suiste pikkusega ( $r$  vastavalt 0,74 ja 0,78, joonis 1).

Kõige kiiremini töötasid nii di- kui tetraploidse punase ristiku õitel pikasuiselised kimalased – ristikukimalane ja aedkimalane. Nende töökiiruste vähenemine tetraploidsel punasel ristikul töötades oli kõige väiksem. Keskmise suise pikkusega kimalastest oli metskimalane kiirem kui põldkimalane, kuigi tema töölised on mõõtmelt põldkimalase töolistest väiksemad. Metskimalase head töökiirust punasel ristikul on täheldatud ka varem (Ivanov, Samohvalova, 1993). Kahjuks külastab see liik punase ristiku õisi suhteliselt harva.

Tabel 4. Tolmeldajate töökiirused tetraploidsel punasel ristikul võrrelduna töökiirustega diploidsel punasel ristikul

Table 4. The working speeds of pollinators on tetraploid red clover as compared with the working speeds on diploid red clover

| Liik / Species               | Õite külastamise motiiv<br>Motive of flower visiting | Õietolmu hankimine<br>Pollen collection | Nektari hankimine<br>Nectar collection |
|------------------------------|--|---|--|
| <i>Apis mellifera</i>        |  | 86,9                                    | 76,1                                   |
| <i>Bombus lucorum</i> *      |  |   | 91,7                                   |
| <i>Bombus lapidarius</i> **  |  | 88,2                                    | 66,8                                   |
| <i>Bombus pascuorum</i>      |  | 91,9                                    | 87,5                                   |
| <i>Bombus sylvarum</i>       |  | 96,0                                    | 99,5                                   |
| <i>Bombus distinguendus</i>  |  | 89,5                                    | 89,8                                   |
| <i>Bombus hortorum</i>       |  | 91,8                                    | 93,1                                   |
| <b><i>Bombus sp.</i> ***</b> |  | <b>91,6</b>                             | <b>87,9</b>                            |

\* võtab nektarit läbi kroonputke tehtud augu, millega ei kaasne õie tolmeldamine / takes the nectar through a hole bitten into corolla tube without concurrent pollination of the floret

\*\* arvestatud ainult nektari võtmist läbi kroonputke suudme / taking the nectar through the orifice of corolla tube considered only

\*\*\* keskmise leidmisel pole arvestatud maakimalase andmeid / data of *Bombus lucorum* are not considered in the calculation of mean

Võrreldes nektari hankimisega töötasid meemesilased õietolmu korjates märgatavalt kiiremini. Kimalaste puhul niisugust vahet töökiirustes ei märgatud. Küll aga töötasid eranditult kõik putukaliigid, kelle tööd õietolmu kogumisel kronometreeriti, punase ristiku tetraploidsel sordi õitel aeglasemalt kui diploidsel sordi õitel (tabel 4).

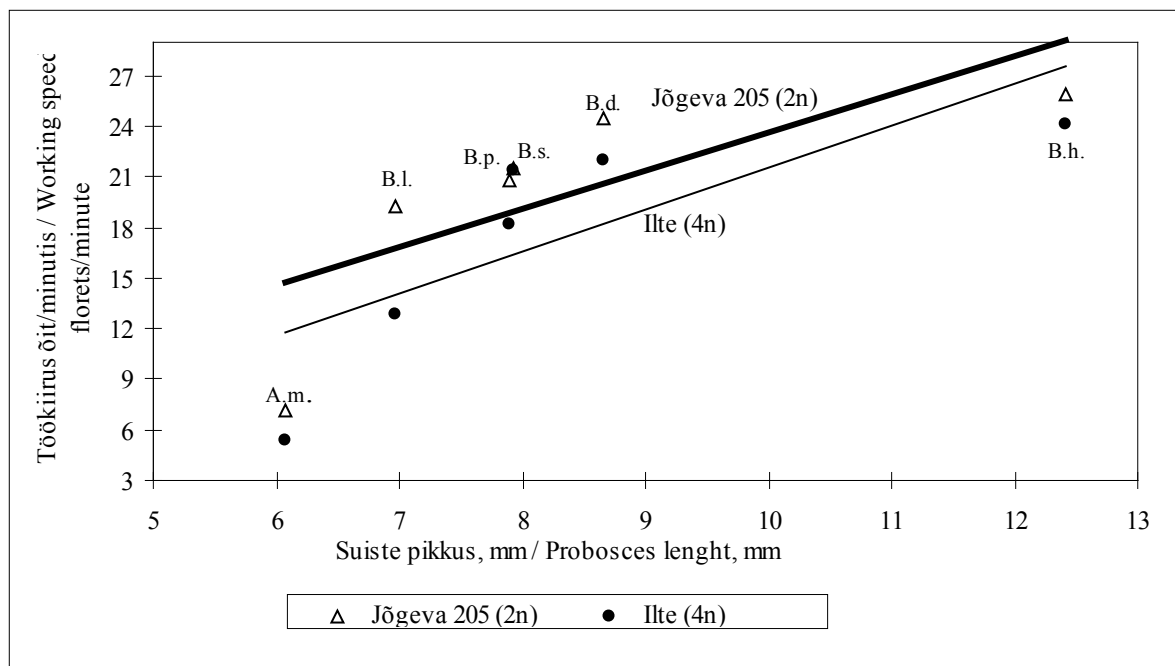
Lisaks kroonputke piknemisele võib tetraploidsel punasel ristikul tolmeldajate tööd aeglustada suurem nektarikogus kroonputke põhjal – selle väljaimemisele kulub rohkem aega. Õietolmu koguvate tolmeldajate aeglasem töötamine võib tuleneda asjaolust, et tetraploidsel punasel ristikul õie tolmutterad on diploidsel punasel ristikuga võrreldes jämedamad, ebakorrapärase kujuga ning nende teisaldamine ja pakkimine võib olla aeganõudvam (joonised 2 ja 3).

Vahekokkuvõtteks võib öelda, et tolmeldaja töökiirus punase ristiku õitel sõltus liigist, isendi individuaalsest vilumusest, õie morfoloogilisest ehitusest, õie külastusmotiivist ning sealt ammutatava ressursi hulgest ja omadustest. Polüploidiseerimisega kaasnenud õie morfoloogilised ja füsioloogilised muutused aeglustasid kõikide tolmeldajaputuka liikide töökiirust nii nektari hankimisel kui õietolmu korjel. Pikasuiseliste tolmeldajate töökiirus muutus seejuures vähem kui lühikese suise pikkusega tolmeldajatel.

#### Eri liiki tolmeldajate väärtus mesilasühikutes di- ja tetraploidsel punasel ristikul

Punase ristiku sordi seemnesaagi geneetilise potentsiaali realiseerumine sõltub olulisel määral tolmeldajate tööst. Õitsva taimikuga seemnepõldudel tegutsevate tolmeldajate arv ja liigiline koosseis muutuvad aga nii ruumis kui ajas. Eriti suured võivad olla erinevused looduslike tolmeldajate liigilises koosseisus ja arvukuses (Kotkas, 1965). Et tegelikku olukorda põllul hinnata, loendatakse pinnaühikul tolmeldajad ning kasutades koefitsiente arvutatakse nende hulk ümber mesilasühikuteks. Peetakse küllaldaseks, kui 100 m<sup>2</sup>-l normaalse tihedusega (40...80 ühtlaselt paiknevat taime 250...350 taimevarrega m<sup>2</sup>-l) taimikul võib täisõitsemise ajal samaaegselt töötamas loendada 140...150 mesilasühikut (Žukov, 1987).

Enamik autoreid ei käsitle kimalase perekonna liike lahus, vaid annavad mesilasühikule ümberarvutamiseks ühe koefitsiendi kõigi kimalaseliikide kohta. Sõltuvalt autorist kõigub see vahemikus 2...5 (Valle, 1955; Jablonski, 1977; Progunkov, 1977; Perepravo, 1985; Aritjunova, Agnajevo, 1993). Eestis ja Soomes on üht kimalast peetud punase ristiku tolmeldajana võrdseks 2,5 meemesilasega (Paatela, Heinrichs, 1959; Valle, Bergt, 1965; Kotkas, 1965, 1968).



A.m. – *Apis mellifera*; B.l. – *Bombus lapidarius*; B.p. – *Bombus pascuorum*; B.s. – *Bombus sylvarum*; B.d. – *Bombus distinguendus*; B.h. – *Bombus hortorum*

**Joonis 1.** Tolmeldajate töökiiruse ja nende suiste pikkuse vahelised seosed di- ja tetraploidse hilise punase ristiku õitest nektari hankimisel

**Figure 1.** Relations between the pollinators' working speed and length of their proboscis at nectar collection from the florets of di- and tetraploid late red clover

Joonis 2. Sordi 'Jõgeva 205' (2n) õietolmuterad (suurendus 750 korda)  
Figure 2. Pollen grains (750-fold magnification) of the variety 'Jõgeva 205' (2n)

Joonis 3. Sordi 'Ilte' (4n) õietolmuterad (suurendus 760 korda)  
Figure 3. Pollen grains (760-fold magnification) of the variety 'Ilte' (4n)

Nagu Jõgeval läbiviidud vaatlustel ja kronometreerimistel selgus, jääb taoline lähenemine küsimusele ebatäpseks ja seda järgnevatel põhjustel.

1. Eestis töötab maakimalane punase ristiku õitel (peaaegu) alati negatiivselt ega tolmelda selle kultuuri õisi. Paljudel aastatel on aga just see domineeriv kimalaseliik punase ristiku seemnepõllul (Kotkas, 1965, 1968).

2. Lühisuiselised tolmeldajad (meemesilased ja harvem ka kivikimalane) võivad töötada nii positiivselt kui negatiivselt.

3. Ülejäänud kimalaseliigid töötavad küll alati positiivselt, kuid nende töökiirus on erinev.

4. Punase ristiku ploidsus mõjutab kõigi tolmeldajate töökiirust, lühisuiseliste tolmeldajate töökiiruse muutus on seejuures suurem.

Neist asjaoludest lähtudes on punase ristiku seemnekasvataval hädatarvilik tunda vähemalt enamesinevaid kimalaseliike ning teha põllul vaatlustega kindlaks nende arv liigiti ja töötamise iseloom (positiivne, negatiivne). Õite külastamise motiiv (kas nektari või õietolmu hankimine) mõjutas enamiku kimalaseliikide töökiirust suhteliselt vähe, küll aga meemesilase töökiirust ning tetraploidsel punasel ristikul ka kivikimalase töökiirust.

Tolmeldaja väärtus punase ristiku seemnepõllul sõltub põhiliselt kolmest asjaolust:

- 1) töökiirusest (külastatud õite arv ajaühikus);
- 2) töötamise ajast (tundides) päevas;
- 3) külastatud õite viljastumisprotsendist.

Meie käsutuses olevad andmed võimaldavad arvestada ainult kaht esimest asjaolu, kolmanda kohta saame esitada vaid kaudseid andmeid. Eri liikidesse kuuluvate tolmeldajate külastatud punase ristiku õite viljastumist pole Jõgeval seni uuritud. Ka avaldatud ja meile kättesaadavaist kirjandusallikaist võib leida vaid üksikuid viiteid selle küsimuse kohta.

On teada, et punasel ristikul õite viljastumisprotsent tolmeldaja positiivse töötamise korral ei sõltu õite külastamise motiivist (Borodatshev jt., 1996). Poolas tehtud uurimustest on selgunud, et meemesilase ja kimalaste võime tolmeldada külastatud punase ristiku õisi on ligilähedane. Ühekordse külastamise järel viljastus meemesilase puhul 45,3% ja kimalaste puhul 43,4%, kahekordsel külastamisel vastavalt 70,1 ja 68,0% ning kolmekordsel külastamisel 83,6 ja 81,9% õitest. Punasest ristikust rohkem on probleemi uuritud kasvhoonekultuuride juures.

Kasvuhooones korraldatud maguspipra tolmeldamiskatses oli kimalastega tolmeldatud variantides (meemesilastega tolmeldatud variantidega võrreldes) saak suurem, vilju taimel rohkem, viljade kvaliteedinäitajad paremad ning seemnete arv viljades suurem (Porporato *et al.*, 1995; Abak *et al.*, 1997). Analoogseid tulemusi on saadud kasvuhooonekatsetes kimalastega ka tomati õisi tolmeldades (Abak *et al.*, 1995).

Punane ristik on meemesilasele atraktiivne peaaesjalikult nektarierituse tõttu (Smaragdova, 1969, 1983). Sellest tingituna võetakse läbi kroonputke suudme õitest nektarit ammutava meemesilase töökiirus mesilasühikute arvutamisel võrdseks 1-ga (Dennis, Haas, 1967). Selle tööviisi korral on meemesilane punase ristiku õisi külastavate tolmeldajate seas kõige aeglasem (Rõmashevski, 1967), mis ilmnis ka meie kronometreerimistulemuste põhjal.

Meemesilane õietolmu korjel võrdub 1,8 nektarit hankiva meemesilasega diploidsel ja 2,1 meemesilasega tetraploidsel punasel ristikul (tabel 5).

Ainult töökiirust arvestades ületasid positiivselt töötavad kimalased väärtuselt meemesilast nektarikorjel 2,7...3,6 korda diploidsel ja 2,4...4,5 korda tetraploidsel punasel ristikul. Õietolmu korjel ületasid kimalased sõltuvalt liigist meemesilast väärtuselt 2,6...4,0 korda diploidsel ja 3,1...4,8 korda tetraploidsel punasel ristikul (tabel 5).

Kimalased alustavad tööd õitel hommikul varem ja lõpetavad õhtul hiljem. Samuti ilmuvad nad vihma lõppedes taimikule meemesilastest varem. Tänu pikemale töötamise ajale jõuavad nad päeva jooksul külastada ja tolmeldada ka rohkem õisi, mis nende tolmeldajaväärtust võrreldes meemesilasega tõstab (koefitsient 1,1) (Bilinski, 1977; Jablonski, 1977).

Võttes arvesse nii töökiirust kui pikemat tööaega päevas on diploidsel punasel ristikul nektarit ammutav kimalane võrdne 3,0...4,0 mesilasühikuga ning õietolmu koguv kimalane 2,9...4,4 mesilasühikuga. Tetraploidsel punase ristiku seemnepõllul võrdub üks õitest nektarit hankiv kimalane tolmeldaja väärtuselt sõltuvalt liigist 2,6...5,0 mesilasühikuga ning õietolmu koguv kimalane 3,4...5,3 mesilasühikuga (tabel 5).



Tabel 5. Di- ja tetraploidsete punase ristiku sortide seemnepõldudel positiivselt töötanud tolmeldajate väärtus mesilasühikutes (nektarit hankiv meemesilane = 1,0)

Table 5. The values in honey-bee units (honey.bee at nectar collection = 1,0) for the pollinators working positively on the seed production fields of di- and tetraploid red clover varieties

| Liik / Species              | Arvestades töökiirust<br>Considering the working speed |  | Arvestades töökiirust ja pikemat tööaega päevas / Considering the working speed and longer working period per day |  |
|-----------------------------|--|--|---|--|
|                             | Õietolmu hankimine<br>Pollen collection                | Nektari hankimine<br>Nectar collection | Õietolmu hankimine<br>Pollen collection   | Nektari hankimine<br>Nectar collection |
|                             |  | <b>Jõgeva 205 (2n)</b>                 |   |  |
| <i>Apis mellifera</i>       | 1,8  | <b>1,0</b>                             | 1,8   | <b>1,0</b>                             |
| <i>Bombus lapidarius</i>    | 2,6  | 2,7                                    | 2,9   | 3,0                                    |
| <i>Bombus pascuorum</i>     | 2,9  | 2,9                                    | 3,2   | 3,2                                    |
| <i>Bombus sylvarum</i>      | 2,8  | 3,0                                    | 3,1   | 3,3                                    |
| <i>Bombus distinguendus</i> | 4,0  | 3,5                                    | 4,4   | 3,8                                    |
| <i>Bombus hortorum</i>      | 3,6  | 3,6                                    | 4,0   | 4,0                                    |
| <b><i>Bombus sp.</i></b>    | <b>3,2</b>   | <b>3,1</b>                             | <b>3,5</b>  | <b>3,5</b>                             |
|                             |  | <b>Ilte (4n)</b>                       |   |  |
| <i>Apis mellifera</i>       | 2,1  | <b>1,0</b>                             | 2,1   | <b>1,0</b>                             |
| <i>Bombus lapidarius</i>    | 3,1  | 2,4                                    | 3,4   | 2,6                                    |
| <i>Bombus pascuorum</i>     | 3,6  | 3,4                                    | 4,0   | 3,7                                    |
| <i>Bombus sylvarum</i>      | 3,5  | 4,0                                    | 3,8   | 4,4                                    |
| <i>Bombus distinguendus</i> | 4,8  | 4,1                                    | 5,3   | 4,5                                    |
| <i>Bombus hortorum</i>      | 4,3  | 4,5                                    | 4,7   | 5,0                                    |
| <b><i>Bombus sp.</i></b>    | <b>3,9</b>   | <b>3,7</b>                             | <b>4,2</b>  | <b>4,0</b>                             |

Kimalastest on punase ristiku seemnepõldudel eriti väärtuslikud just pikasuiselised liigid – ristikutimalane ja aedkimalane. Esimene nimetatutest oli meie katseandmete järgi kõige väärtuslikum liik õietolmu korjel, teisena nimetatud liik aga nektarikorjel. Nende liikide eelised ilmnisid eriti selgelt just punase ristiku tetraploidse sordi seemnepõldudel. Keskmise suise pikkusega kimalaseliikidest oli väärtuslikem metskimalane, selgemini ilmnis liigi eelis põldkimalase ees just tetraploidse sordi seemnepõllul.

Et meemesilane töötab nektari hankimisel tetraploidse sordi õitel diploidse sordiga võrreldes kolmandiku võrra aeglasemalt (külastab vastavalt 5,4 ja 7,1 õit minutis), tuleks sama töö hulga tagamiseks lugeda küllaldaseks, kui tetraploidse punase ristiku seemnepõllu õitel töötab täisõitsemisel 100 m<sup>2</sup> kohta 200 mesilasühikut (150×1,3).

#### Punase ristiku tolmeldajate väärtus ristitolmlemise tagajana

Punase ristiku kui isesteriilse taimeliigi õite viljastumise ja areneva seemne väärtuse seisukohalt on tähtis, et emakasuudmele satuks õietolmu segu teistelt taimedelt. Kõige suurema tõenäosusega satub võõraste taimede õietolmu segu emakasuudmele juhul, kui tolmeldaja külastab õienutist vaid ühte õit ja lendab siis järgmisele nutile. Õienutis on punasel ristikul nii di- kui tetraploidsete sortide puhul aga keskmiselt 100 õit (Bender, 1995), mis võivad kõik õitseda peaaegu samaaegselt. Seetõttu võib tolmeldaja põhimõtteliselt ühel nutil külastada palju õisi ning mida rohkem õisi ta ühel nutil järjest külastab, seda suurem on tõenäosus, et emakasuudmele kandub õietolm samast nutist.

Tolmeldajate väärtust ristitolmlemise tagajana näitab kaudselt ühel nutil külastatud keskmine õite arv (tabel 6). Positiivselt õitest nektarit ammutav meemesilane külastas tetraploidse punase ristiku puhul ühel nutil vaid 1,6, diploidisel aga 2,2 õit, milliste näitudega oli parim ristitolmlemise tagaja. Õietolmu korjav meemesilane külastas nutil vastavalt 3,2 ja 2,9 õit, mis oli samuti vähem kui kimalaseliikide vastav näit õietolmu või nektari hankimisel läbi kroonputke suudme. Nektari varguse korral külastasid kimalased nutis suhteliselt vähe õisi.

Positiivselt punase ristiku õitel töötanud kimalased külastasid diploidse sordi õienutil keskmiselt 4,8 õit, sõltumata sellest, kas õit külastati nektari või õietolmu hankimise eesmärgil.

Tetraploidse sordi õienuttidel külastasid õietolmu koguvad kimalased keskmiselt 5,3 õit, nektari hankimisel aga vähem – 4,6 õit.

Kimalaseliikide puhul ei leidnud kinnitust oletus, et pikasuiselised kimalased, kellel pole ras- kusi nektari kättesaamisega pika kroonputke põhjast, külastavad nutil rohkem õisi ning on seetõttu risttolmlemise tagamise seisukohalt madalama väärtusega. Pikasuiselised liigid külastasid just õietolmu kogumisel nutil enam õisi ja seda eriti tetraploidse sordi korral.

Tabel 6. Tolmeldajate poolt ühel õienutil külastatud keskmine õite arv  
Table 6. An average number of florets visited by the pollinators on a head

| Õite külastamise motiiv<br>Motive of flower visiting<br>Liik / Species | Õietolmu hankimine<br>Pollen collection | Nektari hankimine läbi/Nectar collection through: |   |
|--|---|---|---|
|  |   | kroonputke suudme<br>orifice of corolla tube      | kroonputke tehtud augu<br>hole bitten into corolla tube |
| <b>Jõgeva 205 (2n)</b>   |   |   |   |
| <i>Apis mellifera</i>  | 2,9                                     | 2,3   | 2,2   |
| <i>Bombus lucorum</i>  |   |   | 2,9   |
| <i>Bombus lapidarius</i>   | 3,8                                     | 4,7   | 2,3   |
| <i>Bombus pascuorum</i>  | 4,8                                     | 4,9   |   |
| <i>Bombus sylvarum</i>   | 5,1                                     | 4,7   |   |
| <i>Bombus distinguendus</i>  | 5,4                                     | 4,8   |   |
| <i>Bombus hortorum</i>   | 5,0                                     | 4,7   |   |
| <b><i>Bombus sp.</i></b>   | <b>4,8</b>                              | <b>4,8</b>  |   |
| <b>Ilte (4n)</b>   |   |   |   |
| <i>Apis mellifera</i>  | 3,2                                     | 1,6   | 2,6   |
| <i>Bombus lucorum</i>  |   |   | 3,0   |
| <i>Bombus lapidarius</i>   | 3,7                                     | 3,8   | 2,8   |
| <i>Bombus pascuorum</i>  | 5,6                                     | 5,3   |   |
| <i>Bombus sylvarum</i>   | 4,7                                     | 5,2   |   |
| <i>Bombus distinguendus</i>  | 5,7                                     | 4,4   |   |
| <i>Bombus hortorum</i>   | 6,6                                     | 4,5   |   |
| <b><i>Bombus sp.</i></b>   | <b>5,3</b>                              | <b>4,6</b>  |   |

Tolmeldajate töö iseloomu di- ja tetraploidse punase ristiku õitel kajastav detailsem analüüs (tabel 7) näitas, et kõik uuritud liigid külastasid õienutil väga sageli vaid üht õit. Tõenäoliselt otsustab tolmeldaja võimaliku saadava ressursi väärtuse üle nutil külastatud esimese õie järgi, sest 2 õit nutil külastas tolmeldaja suhteliselt harvem. Andmetest jääb mulje, et vähese ressursi korral vahetab tolmeldaja õienutti, kui aga korjeressurs on küllaldane, siis külastab putukas seal suure tõenäosusega 3...5 õit.

Läbi kroonputke suudme nektarit hankivate lühisuiseliste tolmeldajate (meemesilane, kivi- kimalane) sagedane õienuttide vahetamine võib olla tingitud asjaolust, et tolmeldaja ei küüni oma suistega õiepõhjas oleva nektarini ja otsib õisi, kus kaugus kroonputke suudmest nektarini on talle vastuvõetav. Nagu meie õite kroonputke ja nektarisamba kõrguse mõõtmistulemused näitasid, võis see vahekaugus küllalt suures ulatuses varieeruda.

Üle 10 õie nuti kohta külastasid lühisuiselised tolmeldajad suhteliselt harva. Vaid kivi- kimalasel, kes ammutas nektarit diploidse sordi õitelt, küündis see näitaja üle 10%, muudel juhtudel jäi aga sellest piirist allapoole.

Tabel 7. Punase ristiku tolmeldajate töö iseloom di- ja tetraploidse sordi õienuttidel

Table 7. The character of work of the red clover pollinators on the heads of di- and tetraploid varieties

| Õiete külastamise motiiv<br>Motive of flower visiting<br>Ühel nutil külastatud õite arv<br>Number of florets visited per head | Õietolm<br>Pollen  |      | Nektar<br>Nectar |      | Nektari vargus<br>Nectar robbing |      |
|---|--|------|------------------|------|----------------------------------|------|
|   | 2n   | 4n   | 2n               | 4n   | 2n                               | 4n   |
|   | <b><i>Apis mellifera</i></b>   |      |                  |      |                                  |      |
| 1   | 30,3   | 27,2 | 43,7             | 44,6 | 47,6                             | 36,8 |
| 2   | 25,6   | 24,3 | 25,1             | 23,8 | 25,8                             | 22,1 |
| 3...5   | 33,5   | 35,8 | 23,7             | 20,8 | 19,4                             | 33,7 |
| 6...9   | 8,5  | 8,1  | 3,5              | 3,1  | 7,2                              | 7,4  |
| ≥10   | 2,1  | 4,6  | 4,0              | 7,7  | 0,0                              | 0,0  |
|   | <b>Lühisuiselised kimalased / Short-tongued bumble-bees</b>            |      |                  |      |                                  |      |
|   | <b><i>Bombus lucorum</i></b>   |      |                  |      |                                  |      |
| 1   |  |      |                  |      | 38,0                             | 33,0 |
| 2   |  |      |                  |      | 24,0                             | 21,5 |
| 3...5   |  |      |                  |      | 22,5                             | 27,9 |
| 6...9   |  |      |                  |      | 11,6                             | 9,4  |
| ≥10   |  |      |                  |      | 3,9                              | 8,2  |
|   | <b><i>Bombus lapidarius</i></b>  |      |                  |      |                                  |      |
| 1   | 31,6   | 32,3 | 42,1             | 34,5 | 42,9                             | 32,2 |
| 2   | 21,5   | 21,7 | 10,5             | 18,3 | 21,4                             | 29,6 |
| 3...5   | 31,3   | 27,0 | 19,0             | 27,5 | 35,7                             | 29,6 |
| 6...9   | 11,9   | 13,7 | 12,6             | 11,3 | 0,0                              | 7,4  |
| ≥10   | 3,7  | 5,3  | 15,8             | 8,4  | 0,0                              | 1,2  |
|   | <b>Keskmise suise pikkusega kimalased / Middle-tongued bumble-bees</b> |      |                  |      |                                  |      |
|   | <b><i>Bombus pascuorum</i></b>   |      |                  |      |                                  |      |
| 1   | 24,9   | 24,1 | 30,6             | 23,5 |                                  |      |
| 2   | 17,8   | 18,8 | 20,2             | 19,8 |                                  |      |
| 3...5   | 27,4   | 30,6 | 21,0             | 27,9 |                                  |      |
| 6...9   | 17,2   | 13,6 | 13,1             | 17,1 |                                  |      |
| ≥10   | 12,7   | 12,9 | 15,1             | 11,7 |                                  |      |
|   | <b><i>Bombus sylvarum</i></b>  |      |                  |      |                                  |      |
| 1   | 27,7   | 24,5 | 26,8             | 26,9 |                                  |      |
| 2   | 16,8   | 11,7 | 18,8             | 13,4 |                                  |      |
| 3...5   | 23,9   | 24,5 | 25,5             | 26,9 |                                  |      |
| 6...9   | 16,3   | 20,2 | 13,4             | 19,4 |                                  |      |
| ≥10   | 15,3   | 19,1 | 15,5             | 13,4 |                                  |      |
|   | <b>Pikasuiselised kimalased / Long-tongued bumble-bees</b>             |      |                  |      |                                  |      |
|   | <b><i>Bombus distinguendus</i></b>                                     |      |                  |      |                                  |      |
| 1   | 26,0   | 26,1 | 24,2             | 30,3 |                                  |      |
| 2   | 14,5   | 16,6 | 16,5             | 16,2 |                                  |      |
| 3...5   | 27,2   | 22,5 | 27,5             | 25,7 |                                  |      |
| 6...9   | 14,2   | 16,9 | 15,9             | 13,6 |                                  |      |
| ≥10   | 18,1   | 17,9 | 15,9             | 14,2 |                                  |      |
|   | <b><i>Bombus hortorum</i></b>  |      |                  |      |                                  |      |
| 1   | 23,3   | 17,5 | 26,0             | 24,3 |                                  |      |
| 2   | 17,9   | 17,3 | 21,6             | 18,0 |                                  |      |
| 3...5   | 25,7   | 23,6 | 20,5             | 27,9 |                                  |      |
| 6...9   | 18,1   | 18,0 | 17,3             | 16,9 |                                  |      |
| ≥10   | 15,0   | 23,6 | 14,6             | 12,9 |                                  |      |

Keskmise suise pikkusega ja pikasuiselised kimalased vahetasid õienutte suhteliselt harvem, külastades seejuures nutil rohkem õisi. Nende töö detailse analüüsi andmed näitasid, et käsitletavad neli kimalaseliiki erinevad üksteisest oma töö iseloomult suhteliselt vähe. Võrreldes lühisuiseliste punase ristiku tolmeldajatega on nendel liikidel suurem tõenäosus külastada nutil 10 või enamat õit. Nektari hankimise korral on see tõenäosus tetraploidse sordi nuttidel vastu ootusi isegi väiksem kui diploidse sordi juures. Õietolmu kogumisel külastas aedkimalane tetraploidse sordi õienutil keskmiselt 6,6 õit (suurim näit kogu katseandmete seas). Peaaegu igal neljandal nutil (23,6% nuttidest) külastas ta seejuures 10 või enamat õit.

## Kokkuvõte

Jõgeva Sordiaretuse Instituudis on eksperimentaalse polüploidiseerimise ja järgnenud valikutega loodud hilise punase ristiku tetraploidne sort 'Ilte', mille õie kroonputk on diploidse lähtesordiga 'Jõgeva 205' võrreldes 8,9% pikem, kroonputke suudme läbimõõt 33,7% avaram ning õite nektarieritus rikkalikum. Selgitamaks polüploidiseerimisega kaasnenud õie morfoloogiliste ja füsioloogiliste muutuste mõju ulatust tolmeldajate töökiirusele, kronometreeriti aastatel 1993...1998 Jõgeval tolmeldajate tööd.

Katseandmetest selgus, et tolmeldajate töökiirus nektari hankimisel nii di- kui tetraploidse punase ristiku õitel oli tugevas positiivses korrelatsioonis nende suiste pikkusega ( $r$  vastavalt 0,74 ja 0,78). Liikidest töötas nektari hankimisel mõlema sorditüübi õitel kõige kiiremini aedkimalane (*Bombus hortorum*), õietolmu kogumisel aga ristikukimalane (*Bombus distinguendus*).

Kõik positiivselt töötavad tolmeldajad töötasid tetraploidse sordi õitel aeglasemalt kui diploidse sordiga õitel. Kõige märgatavam erinevus töökiirustes oli lühisuiselistel tolmeldajatel (meemesilane *Apis mellifera*, kivikimalane *Bombus lapidarius*) nektari hankimisel –vastavalt 23,9 ja 33,2%. Kõige väiksemat sordi ploidsusest tulenevat muutust (alla 10%) täheldati metskimalase (*Bombus sylvarum*) ja aedkimalase töökiirustes.

Tuginedes töökiirusele ning arvestades kimalaste pikemat töötamise aega ööpäevas (koefitsient 1,1) arvutati liikidele tolmeldaja väärtused mesilasühikutes (meemesilane nektarikorjel = 1,0). Diploidse punase ristiku seemnepõllul võrdus üks õietolmu koguv meemesilane 1,8 mesilasühikuga, kimalaseliikide keskmine tolmeldajaväärtus (nii nektari hankimisel kui õietolmu kogumisel) võrdus 3,5 mesilasühikuga.

Tetraploidse punase ristiku seemnepõllul võrdus õietolmu koguv meemesilane 2,1 mesilasühikuga ning kimalaseliikide keskmine väärtus oli 4,0 (nektari hankimisel) kuni 4,2 (õietolmu kogumisel) mesilasühikut.

Maakimalane (*Bombus lucorum*), Eestis paljudel aastatel kõige arvukam kimalaseliik, hammustab punase ristiku kroonputke aluse lähedale augu, võtab nektarit selle kaudu, puutumata kokku õie generatiivorganitega ning osalemata seejuures liigi reproduktiivprotsessis. Tema töökiirust polüploidiseerimisega kaasnenud õie morfoloogilised muutused ei mõjuta, küll aga meelitab neid tetraploidse sordi õitele viimaste suurem nektarieritus. Õietolmu kogub see liik Eestis punaselt ristikut aru harva.

Et mesilasühikute arvutamisel aluseks olev meemesilane töötas nektari hankimisel tetraploidse sordi õitel diploidse sordiga võrreldes märgatavalt aeglasemalt, tuleks sama töö hulga tagamiseks lugeda küllaldaseks, kui punase ristiku tetraploidse sordi seemnepõllu pinnaühikul töötab tolmeldajaid mesilasühikutele ümberarvestatuna kolmandiku võrra rohkem.

Tolmeldajate väärtust risttolmlemise tagajana di- ja tetraploidse sordi õitel selgitati õienutil keskmiselt külastatud õite arvu alusel ning lisaks ka kõigi uuritud tolmeldajate töö detailse analüüsi abil. Selle uurimissuuna kokkuvõttes võib nentida, et punase ristiku tetraploidse sordi õitel ei töötanud tolmeldajad risttolmlemise tagajatena sugugi halvemini kui diploidse sordi õitel. Ei leidnud kinnitust oletus, et suurem ressurss ja pikem õie kroonputk võivad muuta pikasuiseliste tolmeldajate töö iseloomu. Positiivse töötamise korral on parimad risttolmlemise tagajad küll lühisuiselised tolmeldajad (meemesilane, kivikimalane), kuid nende töö iseloom (eriti meemesilasel) sõltub maakimalase arvukusest. Viimase arvukuse tõustes hakkavad nad nii di- kui tetraploidse punase ristiku õitel tööle negatiivselt ega tolmelda sel juhul õisi.

Punase ristiku õite parimad tolmeldajad on aedkimalane ja ristikukimalane. Pikema õie kroonputkega tetraploidsete sortide seemnesaagi tagamisel on edaspidi just nendel liikidel eriline roll.

**Tänuavaldused.** Tänan EPMÜ Zooloogia ja Botaanika Instituudi teadussekretäri bioloogiakandidaat Märt Rahit abi eest punase ristiku õietolmutterade pildistamisel.

Tänan Eesti Teadusfondi, kes on käesolevat uurimistööd rahaliselt toetanud (grant nr. 1706).

## Kirjandus

- Abak K., Sari N., Paksoy M., Kaftanoglu O., Yeninar H. Efficiency of bumble bees on the yield and quality of eggplant and tomato grown in unheated glasshouses. – In First international symposium on solanacea for fresh market Malaga, Spain, 28–31 March 1995 (edited by Fernandez-Munoz, R.; Cuartero, J.; Gomez-Guillamon, M. L.). Acta Horticulturae, No. 412, p. 268...274, 1995.
- Abak K., Kaftanoglu O., Dasgan H. Y., Ikiz Ö., Sayalan M., Uygeen N., Yeminar H. Pollen production and quality of pepper grown in unheated greenhouses during winter and the effect of bumblebees (*Bombus terrestris*) pollination on fruit yield and quality. – In Proceedings of the 7th International Symposium on Pollination, Lethbridge, Alberta, Canada 23–28 June 1996 (edited by Richard K. W.). Leiden, Netherlands International Society for Horticultural Science, p. 303...307, 1997.
- Anderson L. B. Breeding a late-flowering tetraploid red clover for New Zealand. – New Zealand Journal of Agricultural Research, vol. 16(3), p. 395...398, 1973.
- Aritjunova, Agnajeва: Аритюнова Е. В., Агнаева Н. Г. К фауне опылителей клевера Осетии. – Тезисы докладов юбилейной научной-производственной конференции посвященной 75-летию Горского государственного университета 1918–1993 гг). Владикавказ, с. 61...62, 1993.
- Bender A. Erinevused di- ja tetraploidse punase ristiku õite mõõtmises. – Põllumajandus, nr. 2, lk. 8...9, 1995.
- Bilinski M. Visitation of red clover by pollinator insects. – Bee Research Copies. Pulawach XXI, p. 229...236, 1977.
- Bilinski M., Ruszkowski, A. The bumblebees of Wielkopolska. – Pszczelnicze zeszyty naukowe. Rok. 35, p. 127...138, 1991.
- Bilis: Билис И. А. Использование метода полиплоидии в селекции раннеспелого клевера лугового в Прибалтике. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Москва, 1984. – 16 с.
- Bogatõrjov: Богатырёв Н. П. Методы регистрации фуражировочного поведения шмелей – опылителей клевера. – Научно-технический бюллетень, выпуск 1 Сибирского научно-исследовательского института кормов. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. Новосибирск, с. 30...33, 1988.
- Borodatshev jt.: Бородачев А. В., Бородачева В. Т., Литвинова О. Д. Селекция пчел на опыление клевера. – Пчеловодство, № 2, с. 10...12, 1996.
- Dennis B. A., Haas H. Pollination and Seed-setting in Diploid and Tetraploid Red Clover (*Trifolium pratense* L.) under Danish Conditions II. Studies of Floret Morphology in Relation to the Working Speed of Honey- and Bumblebees (*Hymenoptera, Apoidea*). – Royal Veterinary and Agricultural College Yearbook, 1967. Copenhagen, p. 118...133, 1967.
- Ivanov, Samohvalova: Иванов С. С., Самохвалова Т. П. Охрана опылителей в Рязанской области. – Пчеловодство, № 9, с. 36...37, 1993.
- Jablonski B. Study on biology of flowering, nectaring, plooination and seed setting in red clover (*Trifolium pratense* L.). – Bee Research Copies. Pulawach XXI, p. 177...188, 1977.
- Kotkas H. Põldheina seemnekasvatus. – Raamatus "Põldheinakasvatus". Koostaja R. Toomre. Tallinn, lk. 126...159, 1956.
- Kotkas: Коткас Х. Шмели – опылители клевера красного и люцерны. – Rohumaaviljelus IV. Tallinn, lk. 78...82, 1965.
- Kotkas: Коткас Х. Способы посева, подкашивания и опылители семенников красного клевера. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Тарту, 1968. – 32 с.
- Kotkas H. Punase ja roosa ristiku seemnekasvatus. – Raamatus "Põldheinakasvatus" (teine täiendatud väljaanne). Koostaja R. Toomre. Tallinn, lk. 213...236, 1969.
- Løken A. Studies on Scandinavian Bumble Bees (*Hymenoptera, Apoidea*). – Norsk Entomologisk Tidsskrift, vol. 20(1), p. 1...28, 1973.
- Макаров: Макаров. Создание и изучение Сибирских тетраплоидных популяции клевера красного. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Ленинград, 1974. – 26 с.
- Maurizio A. Beobachtungen am Nektar einiger schweizerischer und schwedischer Rotkleestämme (*Trifolium pratense* L.). – Zeitschrift für Bienenforschung, Band 5, Heft 7, S. 182...190, 1961.

- Novosjolova: Основные методы и результаты селекции клевера красного (*Trifolium pratense* L.). – Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Москва, 1972. – 60 с.
- Paatela J. Characteristics of some diploid and tetraploid varieties of the late red clover *Trifolium pratense* v. *subnudum* subv. *serotinum*. – Acta Agralia Fennica. Helsinki, 99, 1–5, p. 1...31, 1962.
- Paatela J., Heinrichs, H. Puna-apilan kukkien mesipitoisuuden merkityksestä sen siementuotannossa. – Maatalous ja koetoiminta XIII. Helsinki, lk. 167...178, 1959.
- Perepravo: Переpravo Н. И. Прогрессивные приемы возделывания клевера на семена. – Рекомендации по семеноводству многолетних трав. Тула, с. 60...65, 1985.
- Porporato M., Pinna M., Manno A., Marletto F. Pollination of sweet peper in greenhouses by *Bombus terrestris* (L.) and *Apis mellifera* L. – Informatore Fitopatologico, No. 6, p. 49...54, 1995.
- Progunkov: Прогунков В. В. Местообитание, нектаропродуктивность и урожайность семян клевера красного. – Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, № 3, с. 39...43, 1977.
- Rõmashevski: Рымашевский В. К. Морфобиологические связи между красным клевером, люцерной и насекомыми. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Воронеж, 1967. – 27 с.
- Skirde, W. Blüten und Nektaruntersuchungen an tetraploiden Frühkleeformen (*Trifolium pratense praecox*). – Der Tierzüchter, Jg. 13, No. 23, S. 75...78, 1961.
- Smaragdova: Смарагдова Н. П. Клевер и пчелы в Нечерноземной полосе. – Москва, 1969. – 119 с.
- Smaragdova: Смарагдова Н. П. Результаты опыления клевера красного медоносными пчелами. – В сб. Использование пчел для опыления сельскохозяйственных культур. Москва, с. 23...28, 1983.
- Sowa S., Dylewska M., Ruskowski A. The bumblebees of Masurian lakeland. – Pszczelnicze zeszyty naukowe. Rok. 35, p. 103...111, 1991.
- Žukov: Жуков В. Н. Повысить урожайность семян клевера. – Пчеловодство, № 3, с. 12...13, 1987.
- Teräs I. Food plants and flower visits of bumblebees (*Bombus: Hymenoptera, Apoidea*) in southern Finland. – Acta Zoologica Fennica. Helsinki, 179, p. 1...120, 1985.
- Timm U. Kaitsealused loomaliigid. III kategooria. – Eesti Loodus, nr. 11/12, lk. 338...340, 1995.
- Valle O. Untersuchungen zur Sicherung der Bestäubung von Rotklee. – Acta Agralia Fennica. Helsinki, S. 205...220, 1955.
- Valle O. Kimalaiset ja mehiläiset puna-apilan pölyttäjinä. – Maatalous ja koetoiminta XIII. Helsinki, lk. 227...237, 1959.
- Valle O., Aaltonen M. Domestication trials on bumblebees. – Acta Agralia Fennica. Hämeenlinna, 113, 2, p. 1...21, 1969.
- Valle O., Bergt K. Stem-shortening experiments on red clover with growth regulators. – Acta Agralia Fennica. Hämeenlinna, p. 1...20, 1965.
- Williams I. H., Christian D. G. Observations on *Phacelia tanacetifolia* Benth (Hydrophyllaceae) as a food plant for honey bees and bumble bees. – Journal of apicultural research, vol. 30(1), p. 3...12, 1991.