

E. PÄRSIM

MÜGARATE ESINEMISEST JA MORFOLOOGIAST EESTIS KASVAVATEL LIBLIKÕIELISTEL

Liblikõielistel, võrreldes teiste taimerühmadega, on mullaviljakuse tõstmise seisukohast erisugune tähtsus: nad on võimelised rikastama mulda lämmastikuga õhulämmastiku arvel. Selle omaduse tagab neile sümbioos mügarbakteritega. Mügarbakterite ja liblikõieliste taimede vastastikune seos on väga tihe ja et mõlemad organismid selles sümbioosis teineteisest sõltuvad, siis toimub lämmastiku sidumine nagu ühtse keerulise organismi poolt. Kuigi praegu kasutatakse võrdlemisi laialdaselt mineraalseid lämmastikväetisi, on nii mullas vabalt elunevatel mikroorganismidel kui ka sümbiootilistel õhulämmastikusidujatel võrdlemisi suur osatähtsus põllumajanduses lämmastiku defitsiidi katmisel. Nagu näitavad J. C. Lipmani ja A. B. Conybeare'i arvutused (1936 — tsiteerit. Пошон, де Баржак, 1960), koguneb USA-s kultuuristatud mulda igal aastal 16,45 milj. tonni lämmastikku, millest 9,83 milj. tonni, s. o. 60%, langeb mikroorganismide arvele, sellest ainuüksi mügarbakteritele 5,46 milj. tonni.

E. Mišustini (Мишустин, 1962) andmeil NSV Liidu kohta tagastavad liblikõielised taimed sümbioosis mügarbakteritega igal aastal mulda umbes 3,5 milj. tonni lämmastikku, mullas vabalt elunevad lämmastikusidujad aga 1,5 milj. tonni.

J. Pochon' ja de Barjac'i (Пошон, де Баржак, 1960) andmeil seovad liblikõielised kultuurid õhulämmastikku järgmiselt (kg/ha):

lutsern	217	põlduba	100
ristikud	105—200	vikk	89
lupiin	169	hernes	80
karjamaa-		soja	65
liblikõielised	118	aeduba	44
nõiahammas	115		

Seega: liblikõielised taimed sümbioosis mügarbakteritega kindlustavad taimedele suure osa nende lämmastikuvajadusest.

Mügarbakterite perekonda *Rhizobium* kuulub palju liike, mille täpsest arvust ei ole veel täielikku ülevaadet. Nii tuntakse D. Bergey'i (Берджи, 1936) määraja põhjal perekonnas *Rhizobium* 6 liiki, N. Krassilnikovi (Красильников, 1949) määraja põhjal aga 9 liiki. Peale selle jaotavad eri autorid *Rhizobium*'i perekonna veel 12—16 ökotüübiks. Nii taksonoomilise jaotuse kui ka ökotüüpide aluseks põhiliselt on bakterite võime infitseerida

liblikõielist taime ja tekitada tema juurestikus mügaraid. Üsna põhjenda-
tuks tuleb lugeda arvamust, et meie ei tunne veel kaugeltki kõiki mügar-
bakterite vorme. On ju neid baktereid uuritud peamiselt kultuurtaimed
juures — ligikaudu 300 liblikõielisel liigil. Liblikõieliste sugukonda kuu-
lub aga umbes 430 perekonda 12 000 liigiga, mügarate moodustamise
võimet on uuritud ainult ligikaudu 1200 liigil, kusjuures 1063 liigil neid
ieiti, 133 liigil aga mitte (Allen ja Baldwin, 1954).

On kindlaks tehtud, et liblikõieliste eri liikidel on erinev juuremügarate
moodustamise võime (Fred jt., 1932), mille põhjused ei ole veel täiesti
selged. Osa autoreid arvab selle tingitud olevat bakteritest — selle või
teise peremeestaime jaoks spetsiifilise *Rhizobium*'i liigi või mõne mada-
lama taksonoomilise ühiku puudumisest. Teiste autorite järgi peituvad
erinevuste põhjused eeskätt taimedes — geneetilistes faktorites, toksiliste
ainete eritamisest või füüsikalise struktuuri sobimatuses.

Uurimisandmete enamiku põhjal võib väita, et on juba täiesti tõestatud
mügarate moodustumine ainult liblikõielistel taimedel (sümbioosis pere-
konna *Rhizobium* eri liikidega). Selle selgitamiseks on püstitatud mitu
hüpoteesi. R. Hanseni ja F. Tanneri (1931 — tsiteerit. Пошон, де Баржак,
1960) arvates on see tingitud bakterite ja taimevalkude sobivusest või sobi-
matusest, W. R. Carrolli (1934 — tsiteerit. Allen, Baldwin, 1954) järgi aga
erilise fermendi olemasolust, mida moodustab taim ning mis on võimeline
edasistesse protsessidesse valikuliselt juhtima lämmastikku. Mõne autori
arvates on siin määravaks liblikõieliste juuresüsteemi arengu iseärasused
ja koesiselised füüsikalised ning keemilised tingimused, nagu aurumise tase
ja juurtesse suunduva mahla reaktsioon (Lemmermann, 1907) või ka
kõrge kaltsiumisisaldus, mis liblikõielistel on McCalla (1937 — tsiteerit.
Allen, Baldwin, 1954) andmetel 3—5-kordne, võrreldes teiste taimedega.

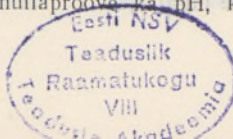
Nagu tähendatud, on mügarate ja *Rhizobia* leviku käsitlemisel piirdu-
tud enamasti kultuurtaimedega ning pööratud väga vähe tähelepanu
nende esinemisele ja iseloomule metsikute liblikõieliste juures. Ülevaade
sellest pakusi aga huvi ja mitte ainult teoreetilisest aspektist. On võima-
lik, et metsikutelt taimedelt isoleeritud mügarbakterite vormidest saaks
mõningaid kasutada praktilises selektsioonitöös. Tuleb märkida, et põllu-
majanduses ja tööstuses kasutatavate bakterite selektsiooni üheks allikaks
on just nende looduslikud vormid (Петросян, 1959). Järelikult on väga
oluline saada ülevaadet, millistel liblikõielistel esineb mügarbaktereid, ja
anda viimaste bioloogiline iseloomustus. Eesti NSV-s leidub liblikõielisi
89 liiki 29 perekonnast («Eesti NSV flora», 1959), kuid andmed müga-
rate esinemise kohta metsikutel liikidel puuduvad täiesti.

Selle lünga likvideerimiseks alustati 1963. aastal ENSV TA Ekспери-
mentaalsbioloogia Instituudis uurimistöid, mille esimesed tulemused aval-
datakse käesolevas artiklis.

Metoodika

1963. ja 1964. a. juunis, juulis ja augustis korraldati liblikõieliste juuremügarate
kogumiseks ekspeditsioone vabariigi eri rajoonidesse. Ühtlasi viidi läbi fenoloogilised
vaatlused, mille raames mõõdeti taimede kõrgus, tehti kindlaks mügarate paigutus juure-
süsteemil, loendati nende arv ning määrati kuju, suurus ja värvus. Igalt mullaerimilt
võeti vaatluse alla 10 taime, kokku 690 liblikõielist 16 perekonna 46 liigist. Neid jälgiti
nii õitsemiseelses kui ka õitsemisfaasis, sest samal ajal toimus juurteil kõige intensiivsem
mügarate moodustumine. Viljade valmimise faasis hakkas juuremügarate hulk järsult
vähenema, sest vananemise tõttu hakkasid mügarad lagunema.

Taimede risosfäärist võeti mullaproove ka pH, kergesti lahustuvate P_2O_5 ja K_2O



määramiseks. Mullaproovide agrokeemiline analüüs tehti Eesti Maaviljeluse Instituudi Eesti Vabariiklikus Agrokeemia Laboratooriumis Kuusikul.

Kirjandusest on teada, et liblikõielistel on mügarate esinemine ja lämmastiku sidumise võime otseses seoses mulla omadustega. Seepärast püüti levinumatel liblikõielistel vastavaid seoseid analüüsida eri mullatüüpides.

Seosed taimede kõrguse ning mügarate hulga, suuruse ja mahu vahel määrati korrelatsiooni- ja osakorrelatsiooniarvutuste teel (Урбах, 1963). Seoste tugevus väljendati korrelatsioonikoefitsiendi (r) väärtusena. Mittepameetristlised märkide kriteeriumi (Z) kasutati ühelt poolt taimede kõrguse, mügarate hulga, suuruse ja mahu, aga teiselt poolt mulla reaktsiooni, kergesti lahustuvate fosforhapendi ja kaali ning K_2O ja P_2O_5 vaheliste seoste tugevuse hindamiseks.

Uurimistulemused

Uurimine näitas, et kõigil vaatluse all olnud liblikõielistel, välja arvatud *Astragalus glycyphyllus*, leidub mügaraid (tab. 1). Et aga H. L. Jensen (1963) andmeil esineb mügaraid ka sellel liigil, tuleb erinevaid resultate enne lõpliku järelduse tegemist veel kord analüüsida. Mügarate puudumise põhjuseks meie vaatlusmaterjalis võisid olla kas mulla happeline reaktsioon (pH_{KCl} 5,0—5,7) või liiga madal kergesti lahustuvate fosforhapendi ja kaali sisaldus (tab. 1).

Lupiinil asetsesid mügarad ainult peajuurel, teistel nii pea- kui ka külgujuurel. Mügarate kuju ja suurus varieerus, sõltudes peremeestaimest. Suhteliselt kõige suuremad mügarad (5—8 mm) olid *Lathyrus odoratus*'el, *L. maritimus*'el, *Astragalus danicus*'el, *Vicia silvatica*'l, *V. faba*'l, *Phaseolus vulgaris*'el, *Lupinus luteus*'el, *L. polyphyllus*'el; kõige väiksemad (0,5—1,5 mm) — *Lotus corniculatus*'el ja *Trifolium*'i liikidel. Teistel kõigi mügarate suurus 1,5—3,5 mm piires.

Paljude autorite (Fred jt., 1932; Chen, Thornton, 1940; Разумовская, Васильева, 1956; Федоров, Ницэ, 1961; Jones, Gareth, 1963) arvates on mügarate suurus liblikõielistel liigi piires korrelatsioonis mügarbakterite efektiivsusega*. Seega: mida suuremad on mügarad, seda rohkem seovad nad õhulämmastikku. Ainult lupiini juures on täheldatud vastupidist korrelatsiooni (Deherain, Demoussy, 1900; Доросинский jt., 1960).

Et meie taimede lämmastiksisaldust ei määranud, pole võimalik selles küsimuses oma seisukohta esitada. Taimede kõrguse ja mügarate suuruse vahelise seose määramiseks tehtud korrelatsiooni- ja osakorrelatsiooni-arvutused aga näitasid, et mõnel puhul on mügarate suurus korrelatsioonis taimede kõrgusega (tab. 2). Taimede kõrgust aga võib pidada kaudselt lämmastiksisalduse peegeldajaks.

Samasse liblikõieliste perekonda kuuluvatel liikidel oli mügarate kuju sageli erinev: nii leiti *Trifolium*'i liikidel ümmargusi ja kepikujulisi, *Vicia* liikidel ümmargusi, nuia- ja kâpakujulisi mügaraid. *Tetragonolobus*'e, *Lotus*'e, *Oxytropis*'e, *Ononis*'e ja *Anthyllis*'e perekonnas aga olid ainult ümmargused, perekonnas *Medicago* — ainult kâpakujulised mügarad.

Mügarate kuju huvitas meid kui võimalik abikriteerium mügarbakterite klassifitseerimisel. Selgus aga, et liblikõieliste juurtel leiduvate mügarate morfoloogia varieerub tublisti nii sama perekonna kui ka liigi piires.

Mõned uurijad (Virtanen, Laine, 1946; Chen, Thornton, 1940) on

* Efektiivsuseks nimetatakse summaarset resultaati, mis avaldub taimekasvus ning nullaviljakuses mügarbakterite toime tagajärjel.

Tabel 1

Eesti NSV-s kasvavatel liblikõielistel leiduvate juuremügarate morfoloogiline iseloomustus

Taim	Lejukoht	Mullaerimi sifter	Mulla					Taimede kõrgus, cm	arv	Mügarate		
			lõimis	pH	P ₂ O ₅ K ₂ O		kuju			suurus, mm	värvus	
					100 g õhu- kuivas mullas, mg							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>Lupinus luteus</i>	Harju raj., Harku, aed	K'''	ls	7,2	14,0	11	49	10	Ovaalne	5,0—8,0	N — pruunikas- valge V — pruunikas- must Sama	
<i>Lupinus polyphyllus</i>	Rakvere raj., Põlula, aed	K ₀	ls	6,9	18,0	13	63	7	Ümmargune ja ovaalne	5,0—8,0		
<i>Ononis repens</i>	Kingissepa raj., Leisi, tee serv	K _{0g}	ls	6,8	1,5	7	26	6	Ümmargune	1,0—2,5	N — valge V — nõrgalt pruunikas	
	Kingissepa raj., Kaali, tee serv	K''	ls	7,2	3,0	19	31	9	Sama	1,0—2,5	Sama	
<i>Ononis arvensis</i>	Kingissepa raj., Suurlahe järv, karjamaa	K _g	l	7,3	5,0	2	38	11	Sama	1,0—2,5	Sama	
	Haapsalu raj., Laelatu, puisniit	K'''	ls	6,8	5,0	15	36	11	Sama	1,0—2,5	Sama	
	Samas	K _g	ls	7,1	2,0	7	36	7	Sama	1,0—2,5	Sama	
<i>Medicago lupulina</i>	Haapsalu raj., Laelatu, puisniit	K'''	ls	7,2	9,0	14	43	49	Käpakujuline	2,0—6,0	N — pruunikas- valge V — pruunikas- must Sama	
	Samas	K'''	ls	6,9	4,0	8	31	29	Sama	2,0—6,0	Sama	
	Kingissepa raj., Kingissepa, tee serv	K _g	ls	7,3	11,0	10	43	36	Sama	2,0—6,0	Sama	
	Rapla raj., Rõkalu, tee serv	K _g	ls	7,2	6,0	4	39	38	Sama	2,0—6,0	Sama	
	Harju raj., Harku, sööt	K _g	sl	7,0	4,5	8	29	32	Sama	2,0—6,0	Sama	
	Rakvere raj., Alulinna, karjamaa	K _g	ls	7,3	16,0	5	42	62	Sama	2,0—6,0	Sama	
<i>Medicago falcata</i>	Haapsalu raj., Laitse, põllu serv	K''	ls	7,2	4,0	21	57	13	Sama	2,0—6,0	Sama	
<i>Medicago sativa</i>	Rakvere raj., Kulina, põld	K''	ls	6,7	35,0	30	53	22	Sama	2,0—6,0	Sama	
<i>Melilotus dentatus</i>	Kingissepa raj., Muhu, mererand	K _g	ls	7,2	7,5	14	88	21	Sama	2,0—6,0	Sama	

Andmed taimede kõrguse ja mügarate kohta on antud 10 taime keskmisena.

K_g — gleistunud karbonaatne kamarmuld

K''' — keskmise sügavusega, tüüpiline kamar-karbonaatmuld

K'' — õhuke tüüpiline kamar-karbonaatmuld

K₀ — leostunud kamar-karbonaatmuldK_{0g} — gleistunud leostunud kamarmuldG_k — karbonaatne kamar-gleimuldLk₁ — nõrgalt leetunud kamar-leetmuldLk_{II} — keskmiselt leetunud kamar-leetmuldL_{II} — keskmiselt leetunud leedemuldK_{1g} — gleistunud leetunud kamarmuldM_{2'} — turvas-kõdu-glei-madalsoomuldG₀ — leostunud kamar-gleimuldl — liiv, sl — saviliiv, ls — liivsavi, t₂ — keskmiselt lagunenud turvas

N — noorena, V — vanana

(Tabel 1 järg)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Melilotus officinalis</i>	Rakvere raj., Alulinna, tee serv	K''	is	7,2	8,0	3	84	17	Sama	2,0-6,0	Sama
<i>Melilotus albus</i>	Kingissepa raj., Kaali järv, tee serv	K''	sl	7,0	30,0	18	73	20	Piklik ja kápakujuline	2,0-6,0	Sama
<i>Trifolium montanum</i>	Rapla raj., Kernu mõis, kuiv niit	K ₀	sl	6,8	1,0	6	28	6	Ümmargune	1,0-3,0	N - roosakas-valge V - pruunikas
<i>Trifolium repens</i>	Rapla raj., Kadaka, tee serv	G ₀	1	5,9	4,5	5	26	18	Piklik ja kepikese-kujuline	1,0-3,0	Roosakas-valge
	Harju raj., Harku, puisniit	K _{0g}	sl	7,0	5,5	77	31	22	Sama	1,0-3,0	Sama
<i>Trifolium hybridum</i>	Rakvere raj., Kúti, tee serv	K'''	sl	7,3	10,0	9	19	9	Ümmargune	1,0-3,0	N - roosakas-valge V - pruunikas
<i>Trifolium spadiceum</i>	Rakvere raj., Sagadi, karjamaa	K'''	is	6,7	>40,0	6	16	5	Sama	1,0-3,0	Sama
<i>Trifolium strepens</i>	Viljandi raj., Pöögle mõis, metsa serv	Lk _{II}	sl	5,3	1,5	2	19	3	Ümmargune	1,0-3,0	N - roosakas-valge V - pruunikas
<i>Trifolium fragiferum</i>	Kingissepa raj. Atla laht, karjamaa	Gk	sl	7,1	5,0	40	10	4	Piklik	0,5-2,0	Sama
<i>Trifolium medium</i>	Haapsalu raj., Risti, metsa serv	K''	sl	7,1	5,5	13	28	8	Ümmargune	1,5-3,5	Sama
<i>Trifolium alpestre</i>	Kingissepa raj., Viidumäe, männimets	Lk _I	1	5,6	2,0	7	31	4	Sama	1,0-3,0	Sama
<i>Trifolium pratense</i>	Võru raj., Husari, raudteetamm	Kg	1	7,1	5,0	5	25	15	Sama	1,0-3,0	Sama
<i>Trifolium arvense</i>	Rakvere raj., Oandu, sööt	K ₀	1	6,7	13,0	3	16	8	Ümmargune ja piklik	0,5-3,0	N - valge V - nõrgalt pruun
	Kingissepa raj., Salme küla, tee serv	Kg	1	7,0	3,0	1	16	6	Ümmargune	0,5-3,0	Sama
	Rakvere raj., Alulinna, karjamaa	K _{0g}	1	6,0	8,0	2	12	6	Sama	0,5-3,0	Sama
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Haapsalu raj., Laelatu, puisniit	Kg	is	7,0	5,0	13	25	69	Ümmargune	1,0-3,0	Kollakas
	Kingissepa raj., Kaali järv, tee serv	K ₀	1	7,0	3,0	1	20	45	Sama	1,0-3,0	Sama
	Harju raj., Männiku, raudteetamm	K''	1	7,4	6,0	2	28	68	Sama	1,0-3,0	Sama
<i>Lotus corniculatus</i>	Haapsalu raj., Laelatu, puisniit	Kg	is	6,9	4,0	8	23	10	Sama	1,0-2,0	Valge
	Kingissepa raj., Atla, karjamaa	L _{II}	1	4,7	3,0	8	18	4	Sama	1,0-2,0	Sama
	Rapla raj., Nõmmealuse, tee serv	K ₀	sl	7,0	0,5	10	28	12	Sama	1,0-2,0	Sama
<i>Tetragonolobus siliquosus</i>	Haapsalu raj., Laelatu, puisniit	Kg	is	7,0	2,5	24	19	7	Sama	2,0-4,0	Kollakas-valge
<i>Caragana arborescens</i>	Rakvere raj., Roela, puukool	K'''	1	6,8	6,5	7	32	7	Ümmargune	3,0-6,0	Pruunikas-valge

(Tabel 1 järg)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Astragalus danicus</i>	Rapla raj., Hageri, metsa serv	K ₀	sl	7,0	1,5	3	26	26	Nuiakujuline	4,0–6,0	Punakas-pruun
<i>Astragalus glycyphyllus</i>	Rakvere raj., Kulina, puisniidu nõiv	Kg	sl	5,7	1,0	4	40		Mügaraid ei leitud		
	Kingissepa raj., Viidumäe, kuuse-segamets	Lk _I	sl	5,0	1,5	5	46		Mügaraid ei leitud		
<i>Oxytropis pilosa</i>	Kingissepa raj., Viidumäe, männimets	K''	1	7,4	2,5	5	27	5	Ümmargune	2,5–4,0	N – valge V – hallikas-valge
<i>Onobrychis vicifolia</i>	Kingissepa raj., Kuusnõmme mõis, põllu serv	Kg	ls	7,1	5,5	9	31	6	Nuiakujuline	1,0–3,0	N – pruunikas-valge V – pruunikas-must
<i>Vicia tetrasperma</i>	Harju raj., Männiku, raudteetamm	K''	1	7,4	6,0	2	32	7	Ümmargune ja ovaalne	1,0–3,5	N – valge V – kollakas
<i>Vicia cassubica</i>	Kingissepa raj., Viidumäe, metsa serv	K _{0g}	1	6,0	2,5	7	43	9	Kepikese-kujuline	1,0–2,5	Valge
<i>Vicia silvatica</i>	Rapla raj., Hageri, metsa serv	Kg	ls	7,1	8,5	8	76	22	Käpakujuline	4,5–7,5	Sama
	Rakvere raj., Anguse, kuuse-segamets	L _{II}	1	5,3	13,0	30	63	19	Sama	4,5–7,5	Sama
	Kingissepa raj., Kaarma, lepik	K _{Ig}	sl	4,6	1,0	13	48	9	Sama	4,5–7,5	Sama
<i>Vicia cracca</i>	Haapsalu raj., Laelatu, puisniit	K'''	ls	6,9	2,5	4	41	12	Kepikese-kujuline	1,0–2,5	Sama
<i>Vicia sepium</i>	Harju raj., Harku, puisniit	Kg	1	7,1	2,0	2	65	23	Ümmargune ja ovaalne	1,5–4,0	N – valge V – kollakas
<i>Vicia sativa</i>	Rakvere raj., Kütü, põld	K''	ls	7,0	>40,0	34	69	18	Sama	1,5–4,0	Sama
	Viljandi raj., Pöogle, põld	Lk _{II}	sl	5,1	3,0	9	58	10	Sama	1,5–4,0	Sama
<i>Vicia faba</i>	Harju raj., Harku, põld	K'''	ls	7,0	5,5	7	73	20	Ümmargune ja ovaalne	5,0–8,0	N – valge V – kollakas
<i>Lathyrus odoratus</i>	Harju raj., Harku, aed	K'''	ls	6,7	5,2	6	90	8	Nuia- ja käpakujuline	5,0–6,0	N – valge V – nõrgalt pruunikas
<i>Lathyrus silvestris</i>	Rakvere raj., Oandu, tee serv	Lk _I	1	5,8	7,0	4	37	5	Ümmargune	3,0–5,5	Valge
	Rapla raj., Pajuka mõis, kuuse-segamets	M _{2'}	t ₂	6,1	6,0	14	49	6	Sama	3,0–4,5	Sama
	Valga raj., Piiri, metsa serv	K ₀	ls	7,0	6,0	8	73	13	Sama	3,0–5,5	Sama
<i>Lathyrus pratensis</i>	Haapsalu raj., Risti, metsa serv	K''	sl	7,1	5,5	13	34	5	Sama	0,5–3,0	Sama
<i>Lathyrus palustris</i>	Rapla raj., Pajuka mõis, luhanit	M _{2'}	t ₂	5,5	1,5	5	37	4	Sama	2,0–4,0	Sama
<i>Lathyrus pisiformis</i>	Rapla raj., Nõmmealuse, puisniit	Kg	sl	7,0	2,0	19	39	2	Ümmargune ja nuiakujuline	4,0–5,0	Pruunikas-valge
<i>Lathyrus maritimus</i>	Kingissepa raj., Harilaid, mere äär	K ₀	1	6,7	1,0	1	29	3	Nuia- ja käpakujuline	5,0–6,0	N – valge V – nõrgalt pruunikas

(Tabel 1 järg)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Lathyrus vernus</i>	Haapsalu raj., Laelatu, puisniit	Kg	ls	6,9	4,0	8	44	6	Nuiakujuline	5,0–6,0	Sama
	Rapla raj., Jaani, kuuse-segamets	Ko	sl	6,6	0,5	3	46	5	Sama	5,0–6,0	Sama
	Rapla raj., Varbola, kuuse-segamets	K ₁ g	sl	5,7	0,5	10	32	3	Sama	3,5–5,5	Sama
<i>Lathyrus niger</i>	Kingissepa raj., Viidumäe, raiesmik	K ₀ g	l	6,0	2,5	14	41	3	Ümmargune	1,5–3,0	Valge
<i>Pisum arvense</i>	Haapsalu raj., Laitse, põld	K''	sl	7,2	9,0	7	62	3	Sama	3,0–5,0	N – valge V – nõrgalt pruunikas
<i>Pisum sativum</i>	Rakvere raj., Põlula, põld	K ₀	ls	6,6	30,0	8	43	4	Sama	3,0–5,0	Sama
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Harju raj., Harku, aed	K'''	ls	6,7	5,6	9	48	4	Sama	5,0–6,0	Roosakas

läheldanud mügarate värvuse ja efektiivsuse vahel seost: punaste värvitoonide korral on mügarbakterite efektiivsus kõrge, pruunide puhul madal.

Mügarate värvus sõltub mügarates leiduvast pigmendist. On kindlaks tehtud järgmisi pigmente: hemoglobiin (punane), hoglobiin (roheline) ja methemoglobiin (pruun) (Пошон, де Баржак, 1960).

Tabel 2

Liblikõieliste kõrguse ja nende juuremügarate morfoloogiliste tunnuste korrelatsioon

Liblikõieliste liik	Taimede эГV	r ¹ TKXMA	r ¹ TKXMA,MS	r ¹ TKXMS	r ¹ TKXMS,MA	r ¹ MAXMS	r ¹ MAXMS,TK	r ¹ TKXMM
<i>Lathyrus vernus</i>	30	0,491	0,411	0,531	0,463	0,298*	0,050*	0,600
<i>Lathyrus silvestris</i>	30	0,740	0,777	-0,087*	0,366	-0,420	-0,531	0,600
<i>Trifolium arvense</i>	30	0,650	0,697	-0,252*	0,426	-0,729	-0,903	0,243*
<i>Trifolium repens</i>	20	0,555	0,746	0,295*	0,956	-0,365*	-0,253*	0,642
<i>Vicia silvatica</i>	30	0,841	0,841	0,146*	-0,141*	0,262*	0,259*	0,674
<i>Vicia sativa</i>	20	0,850	0,807	-0,121*	-0,163*	-0,041*	0,119*	0,644
<i>Ononis arvensis</i>	30	0,812	0,986	-0,052*	0,395	-0,332*	-0,581	0,556
<i>Ononis repens</i>	20	0,823	0,847	0,083*	0,356*	-0,142*	-0,371*	0,799
<i>Lotus corniculatus</i>	30	0,757	0,912	-0,027*	0,779	-0,583	-0,851	0,749
<i>Anthyllis vulneraria</i>	30	0,699	0,670	0,558	0,508	0,303*	-0,146*	0,670
<i>Medicago lupulina</i>	60	0,545	0,548	0,272	0,283	0,065*	-0,103*	0,453

r¹ — osakorrelatsioonikoefitsiendi väärtus, mille puhul 3. faktori (komaga eraldatud) mõju on välistatud.

* — korrelatsiooni P < 95%.

TK — taimede kõrgus

MA — mügarate arv

MS — mügarate suurus

MM — mügarate maht

A. I. Virtanen ja T. Laine (1946) näitasid, et rohelised ja pruunid pigmendid moodustuvad punasest pigmendist mügarate degeneratsioonistaadiumis. Seda kinnitavad ka meie vaatluste tulemused. Nimelt olid noored mügarad enamasti valged, roosakasvalged ja punakaspruunid, kuid vananedes muutusid nad pruuniks või pruunikasmustaks.

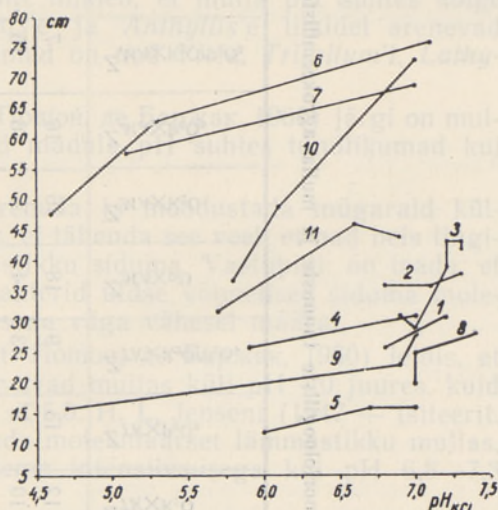
Varustades mügarbaktereid hapnikuga, täidab mügarates leiduv hemoglobiin (biokeemiline efektiivsuse kriteerium) hapnikureservuaari ja ülekandja funktsiooni (Гаркавенко, 1962). Mügarate värvuse järgi saab

otsustada ka kõrge füsioloogilise aktiivsusega ainete, sealhulgas vitamiini B₁₂ sisalduse üle (Levin jt., 1954; Rouatt, Lochhead, 1955).

Uurimine näitas, et mügarate hulk liblikõieliste juurtel on korrelatsiooniga mulla reaktsiooniga (tab. 3): mulla madalama pH puhul täheldati samal liblikõieliste liigil märksa vähem juuremügaraid kui kõrgema pH korral. Nii kõikus mügarate arv *Vicia silvatica*'l 7 (pH_{KCl} 4,6) ja 22 (pH_{KCl} 7,1), *Lathyrus silvestris*'el 37 (pH_{KCl} 5,8) ja 73 (pH_{KCl} 7,0), *L. vernus*'el 32 (pH_{KCl} 5,7) ja 44 (pH_{KCl} 6,9), *Lotus corniculatus*'el 18 (pH_{KCl} 4,7) ja 28 (pH_{KCl} 7,0) vahel. See on kooskõlas kirjanduse andmetega (Fred jt., 1932; Ламповщиков, 1948; Петросян, 1959), mille järgi kõige rohkem mügaraid moodustub neutraalsele lähedases keskkonnas.

Nagu eespool öeldud, varieeruvad nii mügarate moodustumine kui ka nende hulk, suurus ja värvus seoses mulla omaduste muutumisega. Kõige rohkem mügaraid moodustub neutraalse kuni leeleka reaktsiooniga (pH_{KCl} 6,8—7,2) lubjarikastes muldades, kus kergesti lahustuvate fosforhapendi ja kaali sisaldus on kõrge. Nähtavasti on need mügarad ühtlasi kõrge efektiivsusega, mida tõendavad nende roosa värvus, taimede suurem kõrgus ning tumeroheline lehestik. Seost mulla pH ja taimede kõrguse vahel näitavad juuresolev joonis ja tabel 3.

Taimede kõrguse sõltuvus mulla reaktsioonist: 1 — *Ononis repens*, 2 — *Ononis arvensis*, 3 — *Medicago lupulina*, 4 — *Trifolium repens*, 5 — *Trifolium arvense*, 6 — *Vicia silvatica*, 7 — *Vicia sativa*, 8 — *Anthyllis vulneraria*, 9 — *Lotus corniculatus*, 10 — *Lathyrus silvestris*, 11 — *Lathyrus vernus*.



Korrelatsiooni- ja osakorrelatsiooni arvutused (tab. 2) näitasid, et taimede kõrgus on seoses mügarate arvuga. Suhteliselt tugevam oli seos *Vicia sativa*'l, *V. silvatica*'l, *Ononis arvensis*'el, *O. repens*'il, *Medicago lupulina*'l ja *Lotus corniculatus*'el. Kõnesoleva korrelatsiooni tugevuses eri perekondade vahel olulisi lahkuminekuid ei esinenud.

Mügarate arvu ja suuruse vahel täheldasime negatiivset korrelatsiooni ainult neljal taimeliigil: *Lathyrus silvestris*'el, *Trifolium arvense*'l, *Ononis arvensis*'el ja *Lotus corniculatus*'el. Ka kirjanduse andmed ütleavad, et mida suuremad on liblikõieliste juuremügarad oma mõõtmeilt, seda vähem neid esineb (Петросян, 1959).

Liblikõieliste taimede ja mügarate vahelise seose paremaks iseloomustamiseks võeti kasutusele veel mõiste «mügarate maht», mis arvutati taimel esinevate mügarate arvu ja nende suuruse alusel. Tabelist 2 selgub, et vaatluse all olnud 11-st liblikõieliste liigist esines kümnel võrdlemisi tugev seos taime kasvu ja tema juurtel leiduvate mügarate mahu vahel.

Tabel 3

Juuremügarate morfoloogiliste tunnuste ja mulla agrookeemiliste omaduste korrelatsioon

Märkide arv	Mitteparametriilsed märkide kriteeriumid		Mitteparametriilsed kriteeriumid															
	Posit.	Negat.	$Z_{TK \times pH}$	$Z_{TK \times K_2O}$	$Z_{TK \times P_2O_5}$	$Z_{TK \times K_2O/P_2O_5}$	$Z_{MA \times pH}$	$Z_{MA \times K_2O}$	$Z_{MA \times P_2O_5}$	$Z_{MA \times K_2O/P_2O_5}$	$Z_{MS \times pH}$	$Z_{MS \times K_2O}$	$Z_{MS \times P_2O_5}$	$Z_{MS \times K_2O/P_2O_5}$	$Z_{WW \times pH}$	$Z_{WW \times K_2O}$	$Z_{WW \times P_2O_5}$	$Z_{WW \times K_2O/P_2O_5}$
	17	5	17	12	13	9	18	16	16	7	14	11	8	10	18	14	15	8
	5	17	5	10	9	13	4	6	6	15	8	11	14	12	4	8	7	14
Korrelatsiooni tõenäosus P	>95	<95	<95	<95	<95	<95	99	95	95	<95	<95	<95	<95	<95	99	<95	<95	<95

Andmed on esitatud tab. 2 nimetatud 11 taimeliigi kohta.

Tulemusi, kus korrelatsiooni $P < 95\%$, ei loeta usaldusväärseks.

Mitteparametriilsed märkide kriteeriumi (Z) indekseid seletust vt. tab. 2.

Ainult *Trifolium arvense*'l selline seos puudus. Ka mügarate mahu ja mulla reaktsiooni vahel täheldasime seost (tab. 3).

Liblikõieliste risosfäärlist võetud mullaproovide analüüs näitas, et enamikus ja peaaegu eranditult kasvavad nad kamar-karbonaatmuldadel ja soostunud kamarmuldadel (tab. 1).

Eri mügarbakteriliigid on mulla reaktsiooni suhtes erineva nõudlikkusega: mõned liigid võivad taluda võrdlemisi madalat happelisust (pH 4,9 — lutsern, pH 4,7 — vikk, hernes, pH 4,2 — soja, pH 3,2 — lupiin). Sellise kriitilise happelisuse puhul väheneb mügarbakterite hulk mullas järsult.

Liblikõieliste 11 liigilt eraldatud mügarbakterid võiks suhtumise järgi mulla reaktsioonisse jagada kahte rühma (vt. joon.). Esimese rühma moodustaksid need bakterid, mis kasvavad laias pH piirkonnas. *Vicia silvatica* juurtel leiti mügaraid mullast, mille pH_{KCl} oli 4,6—7,1, *Lotus corniculatus*'el pH_{KCl} 4,7—7,0 juures, *Vicia sativa*'l pH_{KCl} 5,1—7,0 juures, *Lathyrus vernus*'el pH_{KCl} 5,7—6,9 juures, *L. silvestris*'el pH_{KCl} 5,8—7,0 juures, *Trifolium repens*'il pH_{KCl} 5,9—7,0 juures ja *T. arvense*'l pH_{KCl} 6,0—7,0 juures. Teise rühma kuuluksid kitsas pH piirkonnas kasvavad mügarbakterid, mida leiti *Ononis repens*'il pH_{KCl} 6,8—7,2 juures, *O. arvensis*'el pH_{KCl} 6,8—7,3 juures, *Anthyllis vulneraria*'l pH_{KCl} 7,0—7,4 juures ja *Medicago lupulina*'l pH_{KCl} 6,9—7,3 juures. Siit ilmneb, et mulla pH suhtes kõige tundlikumad on *Medicago*, *Ononis*'e ja *Anthyllis*'e liikidel arenevad mügarbakterid ja kõige resistentsemad on nad *Vicia*, *Trifolium*'i, *Lathyrus*'e ning *Lotus*'e liikidel.

H. L. Jensen (1943 — tsiteerit. Пошон, де Баржак, 1960) järgi on mullas vabalt elunevad mügarbakterid madala pH suhtes tundlikumad kui sümbioosis peremeestaimiga.

Kuigi mügarbakterid võivad areneda ja moodustada mügaraid küllaltki madalate pH väärtuste juures, ei tähenda see veel, et nad neis tingimustes on võimelised õhust lämmastikku siduma. Vastupidi: on teada, et happelistes muldades pole mügarbakterid üldse võimelised siduma molekulaarset lämmastikku või seovad seda väga vähesel määral.

A. I. Virtanen (1928 — tsiteerit. Пошон, де Баржак, 1960) leidis, et ristiku ja herne mügarbakterid kasvavad mullas küll pH 4,0 juures, kuid õhulämmastikku ei seo nad, kui $pH < 5,0$. H. L. Jensen (1947 — tsiteerit. Рассел, 1955) järgi võib ristik siduda molekulaarset lämmastikku mullas, mille pH on 4,2—4,5, kuid väiksema intensiivsusega kui pH 6,8—7,3 juures.

Arvukad uurimused (Федоров, Подъяпольская, 1950; Рассел, 1955; Петросян, 1959) näitavad, et peale sobiva mullareaktsiooni on mügarbakterite kasvuks ja lämmastiku sidumiseks vajalik, et mullas leiduks küllaldaselt fosforit ja kaaliumi. Oluline on ka nende toiteelementide omavaheline suhe. Kõige sobivamaks peetakse K_2O - ja P_2O_5 -sisaldust vahekorras 1 : 1,72 (Гельцер, 1948).

Käesolevas töös analüüsitud 69 mullaproovist oli K_2O ja P_2O_5 vahekorrd ainult kahes proovis (*Lathyrus silvestris*'e risosfäärlist Rakvere rajoonist ja *Melilotus albus*'e risosfäärlist Kingissepa rajoonist) lähedane F. Geltseri (Гельцер, 1948) optimaalsetele andmetele. Teiste liblikõieliste puhul oli fosforhapendi- ja kaalisisaldus mullas väga erinev, kusjuures suurema fosforhapendi- ja kaalisisaldusega kaasnes enamasti suurem juuremügarate hulk. Seda kinnitab ka meie andmete statistiline analüüs (tab. 3).

Järelikult avaldavad kaaliumi- ja fosforiühendid mullas soodsat mõju nii mügarbakterite kui ka liblikõieliste kasvule ning arenemisele (viimastel kõrvaljuurte hulk suureneb).

Kokkuvõte

1. Kõigil uuritud liblikõielistel esinesid mügarad. Need paiknevad üldiselt kogu juuresüsteemil; ainult lupiinidel asuvad nad üksnes pea-juurtel.

2. Mügarad erinevad üksteisest kuju, suuruse ja hulga poolest. Erinevused on tingitud ühelt poolt liblikõieliste perekonnast ja liigist, teiselt poolt — mullaerimist, mulla reaktsioonist, kergesti lahustuvatest fosforhapendist ja kaalist.

3. Mügarate värvus oleneb nende vanusest. Noored mügarad on tavaliselt valged, roosakasvalged või punakaspruunid. Vananedes muutuvad nad pruuniks või pruunikasmustaks.

4. Liblikõieliste kasv oleneb nende juuremügarate hulgast ja mulla reaktsioonist, kusjuures mügarate arv omakorda on korrelatsioonis mulla reaktsiooniga ning fosforhapendi- ja kaalisaldusega mullas.

5. Vaatluse all olnud liblikõieliste mügarbakterid võib mulla reaktsiooni suhtes jagada kahte rühma: I — *Vicia*, *Lathyrus*'e, *Trifolium*'i ja *Lotus*'e liikidel leitud mügarbakterid kasvavad üsna laias pH piirkonnas (pH_{KCl} 4,6—7,1); II — *Medicago*, *Ononis*'e ja *Anthyllis*'e liikidel elunevad mügarbakterid kasvavad kitsas pH piirkonnas (pH_{KCl} 6,8—7,4).

KIRJANDUS

- Allen O. N., Baldwin I. W., 1954. Rhizobia-legume relationship. Soil Sci., 78 (6) : 415.
- Chen H. K., Thornton H. G., 1940. The structure of ineffective nodules and its influence on nitrogen fixation. Proc. Roy. Soc. B, 129 (855) : 208—229.
- Deherain P. P., Demoussy E., 1900. Sur la culture des lupins blancs. Compt. Rend. Acad. Sci., 130 : 20—24.
- Eesti NSV floora, 3, 1959. Tallinn.
- Fred E. B., Baldwin J. L., McCoy E., 1932. Root Nodule Bacteria and Leguminous Plants. Univ. Wisconsin, Madison.
- Jensen H. L., 1963. Relations de la plante hôte avec les Rhizobium du groupe Lotus-Anthyllis. Ann. Inst. Pasteur, 105 (2) : 232—236.
- Jones D. Gareth, 1963. Symbiotic variation of *Rhizobium trifolii* with S. 100 Nomark white clover (*Trifolium repens* L.). J. Sci. Food and Agric., 14 (10) : 740—743.
- Levin A. P., Funk H. B., Tendler M. P., 1954. Vitamin B₁₂. Rhizobia and leguminous plants. Science, 120.
- Lemmermann O., 1907. Untersuchungen über einige Ernährungsunterschiede der Leguminosen und Gramineen und ihre wahrscheinliche Ursache. Landwirtschaft. Vers. Sta., 67 : 207.
- Rouatt J. W., Lochhead A. G., 1955. Qualitative studies of soil microorganismus. Soil Sci., (2).
- Virtanen A. I., Laine T., 1946. Red, brown and green pigment in leguminous' root nodules. Nature, 157 : 25—26.
- Берджи Д., 1936. Определитель микроб. Изд. АН СССР, Киев. (Перевод с англ. с 4-го изд. 1934 г.)
- Гаркавенко А. И., 1962. Содержание витамина В₁₂ и В₆ в клубеньках чины. Изв. АН Молд. ССР, (7) : 20—23.
- Гельцер Ф. Ю., 1948. Новый способ получения активных клубеньковых бактерий. В сб.: Пути повышения активности клубеньковых бактерий. М. : 42—56.
- Доросинский Л. М., Лазарева Н. М., Шамин А. А., 1960. О роли клубеньковых бактерий в азотном питании бобовых растений. Агробиология, (4) : 594—602.
- Красильников Н. А., 1949. Определитель бактерий и актиномицетов. М.—Л.
- Ламповщиков П. К., 1948. Естественная инокуляция клевера на различных почвах. Докл. ВАСНИЛ, 1 : 256.
- Мишустин Е. Н., 1962. Биологический азот в сельском хозяйстве и использование бактериальных удобрений. Доклад на научно-методическом совещании по бактериальным удобрениям. Л.

- Петросян А. П., 1959. Экологические особенности клубеньковых бактерий Армянской ССР. Ереван.
- Пошон Ж., Баржаке Г., 1960. Почвенная микробиология. ИЛ, М.
- Разумовская З. Г., Васильева О. А., 1956. О влиянии клубеньковых бактерий на химический состав белка бобовых. Уч. зап. ЛГУ, **216** (41) : 196—201.
- Рассел Э. Д., 1955. Почвенные условия и рост растений. ИЛ М.
- Урбах В. Ю., 1963. Математическая статистика для биологов и медиков. Изд. АН СССР, М.
- Федоров М. В., Ницэ Л., 1961. Физиологические различия между штаммами клубеньковых бактерий гороха и вики, обладающими разной азотфиксирующей активностью. Микробиология, **30** (3) : 473—477.
- Федоров М. В., Подъяпольская В. В., 1950. Влияние обеспеченности среды фосфором и калием на образование клубеньков у бобовых. Докл. АН СССР, **77** (5) : 1081—1084.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Eksperimentaalioloogia Instituut

Saabus toimetusse
10. IX 1965

Э. ПЯРСИМ

О РАСПРОСТРАНЕНИИ КЛУБЕНЬКОВ И ОБ ИХ МОРФОЛОГИИ У БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ В ЭСТОНСКОЙ ССР

Резюме

В течение двух летних периодов 1963—1964 гг. изучалось распространение клубеньков у 690 бобовых растений, относящихся к 46 видам из 16 родов, растущих на территории Эстонской ССР.

Выяснилось, что у всех изученных видов бобовых имеются клубеньки, распространенные по всей корневой системе. Исключение составляет только люпин, клубеньки которого размещены на главном корне. Клубеньки различаются как по величине, так и по форме. Весьма заметно колеблется и количество клубеньков у разных видов бобовых. Названные признаки варьируют, с одной стороны, в зависимости от семейства и вида бобовых, а с другой — от типа почвы, содержания в ней легкорастворимых соединений фосфора и калия и ее кислотности.

Больше всего клубеньков образуется у бобовых, растущих на почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией (pH_{KCl} 6,8—7,2), богатых легкорастворимыми соединениями фосфора и калия.

Цвет клубеньков зависит от их возраста. Первоначально они белые, розовые или красновато-коричневые, а с возрастом становятся коричневыми или коричнево-черными.

С точки зрения отношения к кислотности почвы, клубеньковые бактерии можно разделить на две группы. Первая группа произрастает на почвах с широким диапазоном кислотности (pH_{KCl} 4,6—7,1). Сюда относятся клубеньковые бактерии, растущие на *Vicia*, *Lathyrus*, *Trifolium* и *Lotus*. Вторую группу составляют клубеньковые бактерии, развивающиеся только в узком интервале pH_{KCl} (6,8—7,4). Сюда относятся клубеньковые бактерии у *Medicago*, *Ononis* и *Anthyllis*.

Анализы почвенных проб показали, что большинство бобовых в Эстонской ССР произрастает на дерново-карбонатных и дерново-глееватых почвах.

Данные наших исследований подтверждают, что для усиления эффективности симбиоза растений с клубеньковыми бактериями необходимо учитывать весь комплекс факторов внешней среды.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
10/IX 1965

E. PÄRSIM

OCCURRENCE AND MORPHOLOGY OF THE NODULES ON LEGUMINOUS PLANTS GROWING IN THE ESTONIAN S.S.R.

Summary

During two subsequent summers (1963 and 1964) researches were carried out on the occurrence of root nodules on 690 leguminous plants (46 species belonging to 16 families) growing on the territory of the Estonian S.S.R.

As part of the study it was proved that on all the leguminous plants there were nodules of varying size and shape which were distributed both on the tap as well as lateral roots. The only exception was lupine, the nodules of which were distributed only on the tap roots.

The shape of nodules differed greatly with host. The number of nodules increased with the age of plants and there were relatively more nodules on lateral roots than on the tap ones. The biggest nodules (about 5—8 mm in diameter) were found on *Vicia silvatica*, *V. faba*, *Lathyrus odoratus*, *Phaseolus vulgaris*, *Lupinus luteus*, *L. polyphyllus* and *Astragalus danicus*.

Young nodules were mostly whitish, pinkish or brown-reddish and with age they turned brownish, or brown-blackish.

On the one hand, the nodules varied depending on the families and species of the leguminous plants, and the other hand — on soil varieties, phosphorus and potassium compounds in soil and soil reaction.

A great number of nodules seemed to be formed on the roots of plants growing in soils with a neutral or weakly alkaline reaction ($\text{pH}_{\text{KCl}} 6.8-7.2$).

The studied root nodule bacteria of leguminous plants can be divided into two groups according to their relation to soil reaction. To the first group belong the nodule bacteria from *Vicia*, *Lathyrus*, *Trifolium* and *Lotus*, which grow in a wide range of pH ($\text{pH}_{\text{KCl}} 4.6-7.1$). The root nodule bacteria of the second group grow in a narrow range of soil reaction ($\text{pH}_{\text{KCl}} 6.8-7.4$). To this group may be related the root nodule bacteria from *Medicago*, *Ononis* and *Anthyllis*.

The analyses of the soil samples showed that most of the leguminous plants on the territory of the Estonian S.S.R. grow in sod-carbonatic and soddy-gley soils.

Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Experimental Biology

Received
Sept. 10th, 1965