

JOOD EESTI PÖLLUMAJANDUSLIKUS BIOSFÄÄRIS

R. Kalmet

SUMMARY: Iodine in Estonian Agricultural Biosphere. *The iodine content in Estonian ground rocks varies from 0.13 to 0.42 mg/kg, in quaternary sediments, depending on texture, it is 0.17...0.59 mg/kg. The iodine content of soils depends to a considerable extent rather on their distance from the sea, than soil forming rocks. The iodine content of soils of coastal areas is up to 52 mg/kg, while in the inland it is within 1 mg/kg. In carbonaceous soils, rich in humus and with heavier texture there is more iodine than in acid sandy soils with low humus content. The iodine absorption and volatility depends on humus content in soil, iodine amount in the soil and in the atmosphere, on the temperature and inorganic catalysators.*

There is much more iodine in the plants which grow close to the sea than in the plants growing inland. In the first stage of growth plants assimilate iodine mainly from the soil, in the later period mainly through leaves from air. The content of iodine is increased by using phosphoric and manganic fertilizers, but while using lime and other mineral fertilizers the content of iodine decreases.

In the Baltic sea there has been found 0.4 mg/L iodine. In the water of wells of inland the iodine content is 0.9...3.5 µg/L, but in the island and seashores >3.5 µg/L. In the precipitations of seashores the iodine content is 0.029 mg/L, inland 0.005 mg/L and in the atmosphere 14.5 µg/m³ and 3.5 µg/m³, respectively.

In the food and feedstuff of East- and South-East-Estonia the iodine content is lower than in the same products produced on the islands. In the earlier years from their districts came most of prophylactical struma patients.

In storing fodders and foodstuffs the content of iodine decrease due to volatility.

The iodine requirement of the domestic animals depending on the different kind of animal, is 0.15...0.5 mg/kg DM, the human requirement of the domestic animals – 0.15 mg a day.

Key words: *iodine in ground rocks, iodine in soils, iodine in feedstuffs, iodine in water.*

Põllumajandusliku tootmise tingimustes toimivad paljud keemilised elemendid ja ühendid, mille kasulikkus või kahjulikkus oleneb nende kontsentratsioonist. Raskemetallide mõju taimedele avaldub mulla ja vee kaudu. Jood, mis kuulub halogeenide rühma, mõjub taimedele ka õhu kaudu. Jood on oluline element mitte niivõrd taimede produktiivuse suurendajana, kuivõrd loomade sööda ja inimese toidu vääristajana.

Jood on hajus element. Seda arvatakse maakoos sisalduvat $1 \times 10^{-4} \dots 2 \times 10^{-4} \%$. Kraatritest väljavoolavas laavas ja kivimites joodi sisalduvaid mineraale ei tunta. Joodi on vähe kõrgmägede ja arktiliste maade kivimeis. Joodirikkad on aga mererannikute ja kõrbete mullad ning naftatööstuse jäätmeveed. Organismides sisaldub väga väike osa üldisest joodihulgast (Vinogradov, 1950; Fersman, 1952).

Jood on mustjashall metalliläikega mittemetall, kergesti lenduv, mürgine, lahustub hästi orgaanilistes lahustites, vees aga halvasti. Looduses esineb jood peamiselt ühenditena, aatommass 126,9045, isotoopidest $^{127}_{53}\text{I}$ on looduslik, $^{125}_{53}\text{I}$ ja $^{131}_{53}\text{I}$ on radioaktiivsed, poolestusajad vastavalt 60,0 ja 8,054 d (ENE, 1989). Tähtsat osa joodi ringluses etendavad selle elemendi kaks olulist omadust. Esiteks läheb jood juba tavalise õhutemperatuuri ja rõhu juures tahkest olekust gaasilisse. Teiseks – joodi vesinikühendid on väga ebapüsivad, mis seostub joodi väga nõrga negatiivse laenguga (Fellenberg, 1923). Kivide murenemisel tekivad

aluselised jodiidid, millest osa uhutakse merre, osa aga lagunevad Ag- ja Fe-ühendite katalüütilisel toimel elementaarseks joodiks, mis lendub. Joodi lendumist veest põhjustab selles lahustunud CO₂, mis vabastab vees leiduvatest nitraatidest salpeeterhappe, see omakorda jodiididest elementaarse joodi, mis kõrge aururõhu tõttu lendub (Fellenberg, 1923).

Joodi mõju põllumajanduses on kahesuunaline. Ühelt poolt mõjutab jood taimedes toimuvaid füsioloogilisi protsesse, suurendades lagundavate ja oksüdeerivate ensüümide aktiivsust, intensiivistades hingamist ja arginiini sünteesi (Miidla, 1984). Teiselt poolt on aga joodil oluline toime loom- ja inimorganismi elutegevusele. Olles kilpnäärme hormooni koostises, stimuleerib jood rakkudes toimuvaid redoksprotsesse. Joodivaegus põhjustab kilpnäärmehaigust ja häirib lämmastiku ning süsivesikute ainevahetust (Paškov, 1955).

Metoodika

Joodi määramiseks koguti 1964...1966. a. korraldatud ekspeditsioonidel mulla- ja veeproovid, neile lisaks analüüsiti samal ajal Vabariikliku Agrokeemia Laboratooriumi poolt võetud mullaproove. Proovide analüüs toimus kohe peale nende kohaletoomist. Joodi üldsisaldus määrati proovidest kineetilisel rodaniid-nitrit meetodil kolorimeetriga *ØEK-M* roheline valgusfiltri (α max. 500 nm) abil. Olenevalt proovi joodisisaldusest määrati neelduvus iga 15, 30 või 60 sekundi järel. Joodisisaldus määrati järgmise valemi järgi (Proskurjakova, 1966):

$$1 \mu\text{g} / \text{kg} = \frac{(a - b) \times 10}{c},$$

- kus a – joodisisaldus 5 ml lahuses (μg),
 b – " kontrollproovis (μg),
 c – analüüsimiseks võetud mulla mass grammides.

Joodisisaldus õhus määrati valemi järgi (Brauer jt., 1974):

$$C_{\text{õhk}} \approx 0,002 C_0$$

- kus $C_{\text{õhk}}$ – joodisisaldus 1 m³ õhus,
 C_0 – " 1 liitris atmosfääri sademeis.

Katsed korraldati koostöös Moskva Riikliku Ülikooli õppejõududega. Selgitamaks õhus ja mullas sisalduva joodi taimesse sisenemise vahekorda, korraldati nõukatsed neljas korduses, kusjuures katseteks vajalikud mullad viidi Eestist ka Venemaale.

Joodi lenduvus määrati toatemperatuuril (+21 °C). Iga katsenõu mullaga asetati eraldi õhukindlasse eksikaatorisse koos joodi absorbendiga, mis paiknes eraldi nõus. Katseaja lõpul määrati mullast lendunud ja sealt absorbenti laekunud joodi kogus. Saadud andmete alusel arvutati joodi lendumine mulla pinna ja massi kohta.

Uurimistulemused

Jood muldades

Mullad rikastuvad joodiga lähtekivimi arvel vähe, sest lähtekivimi joodisisaldus on väike, nendel kujunenud muldades aga palju suurem. Eesti aluspõhjakivimeist sisaldab joodi devoni ladestus 0,11...0,16 mg/kg, siluri ladestus 0,17...0,65 mg/kg, ordoviitsiumi ladestus 0,27...0,59 mg/kg (glaukoniitliivas on joodi 0,59 mg/kg). Pinnakattes on joodi rohkem kui aluspõhja kivimeis (Kalmet, 1975).

Tabel 1. Joodisisaldus pinnakattes
Table 1. The iodine content in residual soil

Koht / Site	Lõimis / Texture	Joodisisaldus mg/kg Iodine content
<i>Moreen / Moraine</i>		
Vääna-Jõesuu	liiv / sand	0,23
Reola	saviliiv / sandy loam	0,27
Merivälja	" "	0,23
Mõntu	liivsavi / clay loam	0,40
Pärtli org	" "	0,47
<i>Veesetted / Water sediments</i>		
Pärnu-Jaagupi	viirsavi / warvel clay	0,45
Särevere	" "	0,64
Otepää	" "	0,70
Valga	" "	0,56
Harju-Risti	liiv / sand	0,13
Häädemeeste	" "	0,16
Linnuse	" "	0,21
Vesiku	liiv koos orgaanilise ainega sand with organic matter	0,80

Pinnakattes on tugev korrelatsioon lõimise ja joodisisalduse vahel – kergema lõimise puhul sisaldub pinnakattes märksa vähem joodi kui raskema lõimise puhul, eriti veesetetes.

Lähtekivimil, kohati Põhja-Eestis ka aluspõhjakivimil tekkinud muldades leiti joodi järgmisel hulgal (tabel 2):

Tabel 2. Joodisisaldus mullas, mg/kg
Table 2. The iodine content in soil, mg/kg

Mullad / Soils	n	\bar{x}	s	s%
Kamar-leetmullad / <i>Soddy podzolic soils</i>	200	0,86	0,39	45,4
Kamar-karbonaatmullad / <i>Soddy calcareous soils</i>	200	2,78	1,71	61,3
Soostunud leetmullad / <i>Half-bog podsoil soils</i>	130	1,22	0,71	58,1
Soostunud kamarmullad / <i>Half-bog soddy soils</i>	200	2,78	1,84	66,2
<i>Soomullad / Bog soils</i>				
madalsoon / <i>fen bog soils</i>	85	15,20	4,20	27,6
raba / <i>high bog soils</i>	95	7,00	2,10	30,0
Lammimullad / <i>Alluvial soils</i>	16	1,90	1,45	76,3

Kamar-leetmuldade suhteliselt väike joodisisaldus on tingitud vähesest huumuse-sisaldusest, kergest lõimisest ja paiknevusest merest eemal. Samuti soodustab nende muldade happeline reaktsioon joodi liikuvust ja lenduvust.

Kamar-karbonaat- ja soostunud kamarmuldade suurem joodisisaldus on seotud nende paiknevusega mere läheduses, eriti aga rikkama orgaanilise aine ja mineraalsete kolloidide sisaldusega. Nendes muldades moodustub raskestilahustuvaid joodiühendeid, mis ei allu kergesti väljauhtumisele (Peive, 1961).

Soomuldade joodisisaldus sõltub põhiliselt soo asukohast, tekketingimustest ja turba lagunemisastmest. Kõige vähem on joodi Lõuna-Eesti soomuldades: madalsoonuldades keskmiselt 10,9 ja rabamuldades 5,6 mg/kg. Seevastu rannikualadel on madalsoonuldades keskmiselt 24,1 ja rabamuldades 11,0 mg/kg joodi.

Lammimuldade vähene joodisisaldus võib olla tingitud osaliselt jõgedesse uhitud mitmesuguste taandavate ühendite mõjust, mispuhul joodiühendid lagunevad, jood uhitakse välja või lendub.

Mullaanalüüsidesest selgus, et joodil on eriti tugev seos huumusega, mis väljendub valemiga:

$$I = -0,68 + 0,80x \quad F = 4,04 \\ R = 0,87$$

kus I – mulla joodisisaldus, mg/kg
 x – mulla huumusesisaldus, %

Mulla joodisisalduse ja selle happesuse vahelist seost väljendab järgmine võrrand:

$$I = 0,724pH - 2,41 \quad F = 1,94 \\ R = 0,705$$

kus I – mulla joodisisaldus, mg/kg

Väljendades joodisisaldust seoses muldade mitmesuguste omadustega, saab järgmise võrrandi:

$$I = -2,61 + 0,74x_1 + 0,23x_2 + 0,066x_3 \quad F = 2,65 \\ R = 0,82$$

kus I – mulla joodisisaldus, mg/kg
 x_1 – mulla huumusesisaldus, %
 x_2 – pH väärtus
 x_3 – mulla lõimis (füüsikalise savi sisaldus, %)

Esitatud võrrandist järeldub, et mulla joodisisaldus on suuremal määral huumusesisaldusest, vähem happesusest ja kõige vähemal määral lõimisest.

Läti teadlaste (Karelina, 1965) uurimuste kohaselt on positiivse mulla huumuse, lõimise ja joodisisalduse vahel järgmine seos: kui huumusesisaldus muutub 1 % võrra, siis muutub joodisisaldus liivades 0,33, saviliivades 0,28, moreensetes savides 0,45 ja alluviaalmuldades 0,27 mg võrra kilogrammi mulla kohta. Läti ja Eesti muldade joodisisaldus on ligilähedasel võrdne, ainult meie karbonaatmullad, mis asuvad üldiselt merele lähemal, on joodirikkamad. Venemaal on joodi palju turvastunud tundramuldades ja punamuldades, vastavalt 12 ja 10 mg/kg, must- ja kastanmuldades on joodi 2,0...9,8 mg/kg ning leetmuldades 0,5...4,4 mg/kg (Vinogradov, 1950). Meie vabariigi mitmesuguse lõimisega muldades on leitud joodi niisugusel määral, nagu nähtub tabelist 3.

Mulla geneetiliste horisontide lõikes on joodisisaldus erinev (tabel 4). Mineraalmuldadel on huumushorisont kõige joodirikkam.

Leethorisondis joodisisaldus väheneb, kuid see suureneb uuesti sisseuhte horisondis. C-horisondis aga väheneb joodisisaldus pidevalt sügavamate mullakihtide suunas. Sügava turbakihi rabamullas on joodisisaldus kihiti väga erinev, sõltuvalt turba lagunemisastmest, koostisest ja ilmselt ka turbakihi tekkimise ajastu tingimustest (joodisisaldus õhus jne.).

Elementaarse joodi liikumine mullas on kahesuunaline, see kas absorbeerub või lendub. Mulla lähtekivimis ei ole joodi palju. Mulla rikastumine joodiga toimub suurel määral õhu kaudu. Merelähedased õhukihid on joodirikkad, sellega võib joodi absorptsioon toimuda ka otse õhust või mere poolt tulnud sademetest. Ka mulla vaesumine ei toimu ainult joodiühendite väljauhtumise teel, vaid ka elementaarse joodi lendumisega. Selgitamaks, mil määral on joodi lenduvus mulla omadustest, korraldati laboratoorne katse kolme erineva mulga. Katsemuldade omadused ja katse tulemused on esitatud tabelis 5.

Tabel 3. Mulla joodisisaldus olenevalt lõimisest
Table 3. The iodine content in soils depending on texture

Lõimis / Texture	lim	\bar{x}
Liivad / Sand	0,19...2,05	0,91
Saviliivad / Sandy loam	0,36...2,70	1,21
Kerged liivsaivid / Light clay loam	0,48...3,70	2,30
Rasked liivsaivid / Heavy clay loam	1,65...4,63	2,63

Tabel 4. Joodisisaldus mulla geneetilistes horisontides
Table 4. The iodine content in genetic horizon of soil

Muld Soil	Gen. horisont Gen. horizon	Sügavus cm Deepness cm	Lõimis Texture	pH _{KCl}	Joodisisaldus Iodine content mg/kg
Lk ₁ podzolic soil Olustvere	A ₁	0...22	ls ₁	6,7	0,83
	A ₂ B	22...30	sl	5,8	0,38
	B	60...70	ls	6,7	0,67
	C ₁	150	"	7,7	0,27
	C ₂	200	"	7,8	0,15
K ₀ leached sod calcareous soil Koigi	C ₃	3000	"	7,8	0,15
	A ₁	3...18	ls	6,0	1,35
	A ₂ B	25...30	"	6,0	0,27
	B	45...55	"	6,7	1,30
	C ₁	100...120	"	7,0	0,83
R bog soil Lavassaare	C ₂	130...140	"	7,5	0,35
	A ₀	0...0,2		3,3	6,1
	"	100	10 ¹	3,3	6,1
	"	200	20 ¹	3,5	6,3
	"	400	25 ¹	3,7	9,0
	"	500	20 ¹	3,7	9,9
	"	600	25 ¹	4,2	11,2
"	700	25 ¹	4,2	8,1	

¹ lagunemisaste % / degree of composition, %

Tabel 5. Joodi lenduvus mullas
Table 5. Volubility of iodine from soil

Muld Soil	pH _{KCl}	Huumus Humus %	I mg/kg	Variant Treatment	Lenduvus / Volubility g/kg	mg/m ²	
Kasvuhoone muld Greenhouse soil	huumuslik liiv / humic- loamy sand	7,70	8,64	0,31	kontroll	6	0,5
					+I	8	0,6
					+I+Mn ²⁺ +Fe ²⁺	26	2,2
Saku, K" Typical soddy- calcareous soil	ls ₂ clay loam	7,18	5,57	1,90	kontroll	15	1,3
					+I	28	2,4
					+I+Mn ²⁺ +Fe ²⁺	33	2,9
Leevi, Lk ₁₁ Modertely podzolized soil	l sand	4,74	0,80	0,30	kontroll	28	2,4
					+I	3750	318,5
					+I+Mn ²⁺ +Fe ²⁺	5090	431,8

Katseandmetest on näha, et karbonaatne Saku muld on joodirikam kui happeline ja huumusvaene kerge lõimisega Leevi muld. Ühesuguse joodisisaldusega muldadest on lenduvus suurem happelisest huumusvaesest Leevi mullast. Lisades mulda elementaarset joodi, suureneb lenduvus kõige enam vähese huumusesisaldusega kerge lõimisega mullast, eriti suurel määral aga sel juhul, kui mulda lisatakse katalüütilist toimet suurendavaid Fe^{2+} - ja Mn^{2+} -ühendeid. Kuigi Saku mullas on joodi üle kuue korra rohkem kui kasvuhoonemullas, on joodi lendumine Saku mullast ainult 2,5 korda suurem kui kasvuhoonemullast. Võib oletada, et Saku mullast lenduvust aitab pidurdada selle raskem lõimis. Looduslikes tingimustes mõjutab elementaarse joodi lenduvust ka temperatuur ja õhu liikumine. Meil valdavad läänetuuled kannavad merelt mandrile joodirikast õhku ja rannalähedastele aladele, umbes 5...10 km kaugusele, ka pihustatud merevett. Sellega toimub nende muldade joodiga pidev rikastumine, sellega paralleelselt ka pidev joodi lendumine. Järelikult on mulla joodisisaldus liikuv tasakaalus.

Ülevaate saamiseks mitmesuguse joodisisaldusega mineraalmuldade levikust Eestis koostati vastav kartogramm (joonis 1).

Joonis 1. Mineraalmuldade joodisisaldus

Figure 1. The iodine content of mineral soils

Mullad on jagatud vastavalt joodisisaldusele viide rühma.

- I rühm – joodisisaldus 0...1,0 mg/kg. See rühm hõlmab Peipsi basseini, Kagu- ja Lõuna-Eesti, kuhu kuuluvad Põlva, Võru, Valga, osaliselt ka Jõgeva, Tartu ja Viljandi maakond, muldi. Need mullad on kerge lõimisega – liivad või saviliivad –, vähese huumusesisaldusega, happelised ja asuvad merest kaugel.
- II rühm – joodisisaldus 1...2,5 mg/kg. Siia kuuluvad Pandivere kõrgustiku ja Pärnu jõgikonna mullad. Administratiivselt kuuluvad sellesse rühma osaliselt Virumaa, Jõgeva, Tartu ja Pärnu maakond. Mullad on I rühmaga võrreldes suurema huumusesisaldusega, raskema lõimise ja kõrgema pH-ga.
- III rühm – joodisisaldus 2,5...5,0 mg/kg. Sellised mullad asuvad Saare- ja Hiiumaa keskosas ja mandril 1^a mullastikuvaldkonna osas Harju- ja Läänemaal, välja arvatud mereranniku alad. Siia rühma kuuluvad mullad on põhiliselt karbonaatsed saviliivad ja liivsavid, suurema huumusesisaldusega ja merele lähedal.

IV rühm – joodisisaldus 5...10 mg/kg. Sellesse rühma kuuluvad Saare- ja Hiiumaa idapoolsete rannikualade, mandri läänealade ja Virumaa põhjaranniku mullad. Siinsete muldade joodisisaldus sõltub eelkõige mere lähedusest, kus joodiga rikastumine toimub nii õhu kui ka sademete kaudu.

V rühm – joodisisaldus üle 10 mg/kg. Siia kuuluvad saarte ja kitsaste ribadena mandri rannikualade mullad, mis on pidevalt mere mõju all.

Soomuldade joodisisaldus oleneb eelkõige soo asukohast, soo tüübist, turba lagunemismastmest, vähemal määral turba botaanilisest koosseisust ja ilmselt ka tekketingimustest. Tabelis 6 on toodud erinevate soo – madal-, siirdesoo ja raba – muldade joodisisaldus ning nende näidud I...IV rühma korral. Kõige vähem on joodi Lõuna- ja Ida-Eesti soomuldades, mis kuuluvad I rühma. Haanja kõrgustiku ja Vooremaa madalsood II rühmas ei erine joodisisalduselt kuigi palju Lääne- ja Põhja-Eesti III rühma madalsoodest, kuid II rühma rabamullad on märksa joodirikamad. Saarte ja rannikualade soomullad, mis kuuluvad IV rühma, on kõige suurema joodisisaldusega. Nende muldade lasuvustihedus on väike (Eesti sood, 1988), seetõttu tuleb nendes madalsoomuldades joodi 1 dm³ kohta 3,5 mg, rabades aga vaid 1,5 mg.

Nagu juba märgitud, oleneb turba joodisisaldus ka selle botaanilisest koostisest, mis nähtub tabelist 7.

Tabel 6. Soomuldade joodisisaldus mg/kg

Table 6. The iodine content of bog soils mg/kg

Rühm Group	N	Madalsoo Fen bog soil	Siirdesoo Transitital bog soil	Raba High bog soil
I	n	24	6	30
	\bar{x}	10,5	8,6	5,6
	s	2,5	1,8	2,1
II	n	23	–	3
	\bar{x}	14,0	–	4,3
	s	2,2	–	0,5
III	n	11	3	14
	\bar{x}	15,7	8,8	9,5
	s	2,2	2,0	1,0
IV	n	15	3	4
	\bar{x}	24,1	16,1	11,0
	s	6,1	9,1	2,2

Tabel 7. Turba joodisisaldus olenevalt selle botaanilisest koostisest ja soo asukohast (mg/kg)

Table 7. The iodine content of peat depending on botanical composition of peat and locality (mg/kg)

Maakond District	Turba liik / Species of peat		
	puu-pilliroo wood-reed	puu-tarna wood-carex	sfagnum sphagnum
Harjumaa	13,8	10,4	7,6
Hiiumaa	26,3	–	9,3
Järvamaa	14,6	11,1	6,0
Jõgevamaa	14,2	11,4	5,5
Läänemaa	22,1	18,4	13,0
L.-Virumaa	13,4	12,0	6,0
Saaremaa	24,4	20,4	19,0
Viljandimaa	11,3	9,3	5,0
Võrumaa	14,8	13,6	5,4

Esitatud andmetest (tabel 7) on näha, et puu-pilliroo- (LPhr) ja puu-tarna turba- (LC) muldade joodisisalduse vahe ei ole kuigi suur, kuid sfagnumturbas (S) on joodi märksa vähem. Teiseks – merele lähemate piirkondade soodes suureneb joodisisaldus kõikides turbaliikides suurel määral.

Mulla joodiühenditest on ligikaudu pool lahustuvad. Kõige vähem on lahustuvat joodi kerge lõimiseega leet- ja soostunud leetmuldades (38...40 %). Kamar-karbonaatmuldades ja soostunud kamarmuldades, eriti turvastunud kamarmuldades on lahustuvate joodiühendite sisaldus märksa suurem (9...63 %). Soomuldades on lahustuvat joodi ligikaudu 50 %.

Jood vetes ja õhus

Eesti biosfäär on lähedalt seotud merega ja merevee koostisega, sealhulgas ka selle joodisisaldusega. Ookeanivee joodisisaldus on eri osades erisugune. Kirjanduse andmetel on merevee keskmiseks joodisisalduseks 5×10^{-6} % (EE, 1992). Sisemeres, nende hulgas ka Läänemeres, on joodi vähem, kuna sinna voolab jõgedest palju vähese joodisisaldusega magevett. Meie andmetel on Läänemeres joodi 0,4 mg/L. Merelt kandub jood mandrile kas tuultest pihustatud merevee, joodiga rikastatud sademete või õhus lenduvate ühenditega. Mida lähemal merele, seda rohkem on sademetes ja õhus joodi. Meie uurimistel (Tihhomirov jt., 1981) on sademetes joodi tabelis 8 näidatud koguses.

Tabel 8. Sademete joodisisaldus

Table 8. The iodine content in the rainfall

Koht <i>Site</i>	Sade <i>Rainfall</i>	Joodisisaldus <i>Iodine content</i> mg/kg
Moskva oblast	vihm / <i>rain</i>	0,004
"	lumi / <i>snow</i>	0,003
Saaremaa	vihm / <i>rain</i>	0,029
"	lumi / <i>snow</i>	0,010

Toodud andmetest nähtub, et Läänemere rannikul on sademetes joodi kuni 7 korda rohkem kui kaugel sisemaal.

Kasutades õhu joodisisalduse määramiseks valemit $C_{\delta} \approx 0,002 C_s$, kus C_{δ} – joodisisaldus 1 m³ õhus ja C_s – joodisisaldus 1 liitris sademeis, saame õhu joodisisalduseks Moskva oblastis 6,5 µg/m³ ja Saaremaal 46 µg/m³. Dimitrijevi ja Skvortsovi andmetel (Tihhomirov jt., 1981) on Musta mere ranniku õhus joodi 10...50, Kiievi ja mägede õhus aga ainult 0,2 µg/m³.

Magevete joodisisaldus oleneb sellest, kust vesi pärineb. Sügavamatest mullakihtidest pärinev vesi on joodivaesem, pindmiste kihtide vees on joodi rohkem, merelähedastes veekogudes on joodi veelgi rohkem.

Taimed omastavad joodi veest ja õhust, loomad ja inimesed taimedest ja veest. Harilike kaevude ja looduslike veekogude vee joodisisaldus sõltub mulla ja õhu joodisisaldusest. Sügavamatest aluspõhjakihtidest tuleva vee joodi sisaldus oleneb kivimi iseloomust ja keemilisest koostisest (Kalmet, 1974). Eesti magevete, s.t. kaevude, puurkaevude ja looduslike vete (jõed, järved, allikad) joodisisaldus on küllalt erinev. Uurimiste alusel võib Eesti territooriumi magevete joodisisalduselt jagada kolme rühma (joonis 2).

Joonis 2. Magevete joodisisaldus**Figure 2.** The iodine content of the fresh water

- I rühma kuuluvad kaevude ja lahtiste veekogude veed, milles on joodi vähem kui 2 µg/L. See ala hõlmab Ida- ja Kesk-Eestit, millesse kuuluvad Tartu- ja Jõgevamaa, osaliselt Ida-Viru-, Järva- ja Viljandimaa.
- II rühma nimetatud magevetes on joodi 2,1...3,5 µg/L. Selle magevete rühma maa-ala algab Lõuna-Eesti kuppelmaastikust, kulgeb üle Abja, Märjamaa, Rapla, Tapa kuni Kuremäeni.
- III rühma mageveed sisaldavad joodi üle 3,6 µg/L. Siia kuuluvad kaevude ja lahtiste veekogude veed, mis asuvad saartel ja Lääne- ning Põhja-Eestis.

Detailsem ülevaade joonisel 2 märgitud asulate kaevude, puurkaevude ja nende lähedal asuvate lahtiste veekogude (järved, allikad) joodisisaldusest on antud tabelis 9.

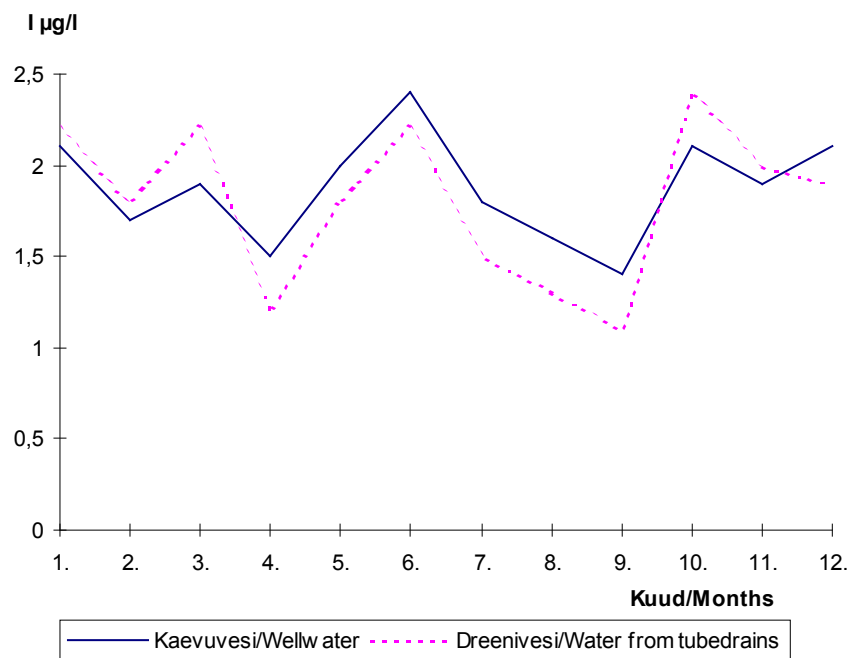
Puurkaevude vees on joodi vähem kui tavaliste kaevude vees. Nagu näitasid eespool toodud aluspõhjakihtide ja pinnakatte analüüsid, on põhjakihtides joodi märksa vähem kui nendel arenenud muldades. Et tavaliste kaevude vesi pärineb muldadest, mis on joodirikamad, siis on selles ka rohkem joodi. Looduslike veekogude joodisisaldus suureneb merelähedastes vetes: kui Rāpinas ja Hallistes on looduslikes veekogudes joodi 2,3 µg/L, siis Varblas ja Käinas 4,7 µg/L, mis viitab rikastumisele õhu kaudu.

Kaevuvees ei ole joodisisaldus aasta vältel ühesugune. Saku kaevuvee ja Juuliku karjakopli drenivee joodisisalduse aastaringset dünaamikat peegeldab joonis 3.

Nii kaevu- kui ka drenivee joodisisaldus varieerub kuude lõikes, kuid on mõlemas vees väga ligilähedane. Minimaalselt on joodi mõlemal puhul aprilli- ja septembrikuus. Võib arvata, et talveperioodil, kui muld ei rikastu joodiga õhu kaudu ja pinnakate on joodivaene (antud juhtudel liiv), seetõttu on kevadise suure äravoolu puhul dreniveesi joodivaene. Vegetatsiooni lõpuperioodil on taimedes joodisisaldus suurenenud, sellega seoses võib arvata, et mullavees väheneb joodisisaldus. Kuna kaevu- ja dreniveesi pärineb pinnalähedastest mullakihtidest, siis on korrelatsioon nende vahel väga tihe.

Tabel 9. Kaevude, puurkaevude ja looduslike veekogude vete joodisisaldus, $\mu\text{g/l}$
Table 9. The iodine content in the water of wells, bore wells and natural waters, $\mu\text{g/l}$

Rühm Group	Asukoht Place	Nr. No.	Kaev Well	Puurkaev Bore well	Looduslik veekogu Surface water
I	Pala	1	2,6		
	Tooma	2	1,0		2,7
	Mäe	3	1,2		
	Vaimastvere	4	0,9		
	Viljandi	5		2,0	2,9
	Kolga-Jaani	6	1,9	1,2	
	Tartu	7	1,8	1,6	
II	Märjamaa	8	2,5		
	Lelle	9	2,7		
	Halliste	10	2,3		2,2
	Kärstna	11	2,6		
	Restu	12	2,8	1,8	
	Räpina	13	3,3	2,6	2,4
III	Jäneda	14	3,2		2,8
	Saku	15	5,0	4,0	
	Ranna	16	6,1		
	Kolovere	17	4,4		3,8
	Varbla	18	5,8		5,2
	Pidula	19	4,3		
	Käina	20	3,8	3,5	4,2



Joonis 3. Kaevu- ja drenivee joodisisalduse dünaamika $\mu\text{g/l}$

Figure 3. The dynamics of iodine content in the water of wells and drainage, $\mu\text{g/l}$

Jood taimedes

Taimed omastavad joodi nii mullast kui ka õhust, mida on märgitud juba varasemas kirjanduses (Lewis, 1942). Joodi omastamine ei olene ainult selle elemendi sisaldusest mullas ja vees, vaid ka taimede bioloogilisest vajadusest ja omastatavusest. Joodisisalduse intervall ühes ja samas kasvukohas ning ühel ja samal mullal kasvavates eri liiki taimedes on sageli väga lai, eriti mere ääres kasvavates taimeliikides. Nii sisaldavad joodi tüüpilised rannataimed järgmistes kontsentratsioonides ($\mu\text{g}/\text{kg}$):

merisinep / *sea-rocket* – 2300
 tuderluga / *salt-meadow rush* – 965
 randaster / *sea-aster* – 2900
 rannikas / *sea milkwert* – 840
 merikapsas / *common colewert* – 1705

Mererannikul on muld väga joodirikas, sellest tulenevalt on ka taimedes joodi palju, kuid samades taimeliikides, mis kasvavad sisemaal, on joodi hoopis vähem (tabel 10). On ilmnud, eriti rannaäärsetel aladel, et joodisisaldus ühes ja samas taimes erineb suuresti, olenevalt sellest, kas see taim on kasvanud avamaastikul või metsa all varjulises kohas. Ilmselt on siin seos sademetest omastatud joodiga. Alalistel niisketel muldadel nagu kuivendamata madalsoodes või turvastunud mineraalmuldadel kasvavates taimedes on joodi rohkem kui kuivadel või ajutiselt niisketel muldadel kasvavates taimedes. Kuivendatud soomuldadel kasvavates taimedes on joodi vähem kui vähese huumusesisaldusega mineraalmuldadel kasvavates taimedes. Jood sorbeerub orgaanilise ainega, moodustades püsivaid ühendeid, millest taimed omastavad joodi raskesti (Engländer, 1928).

Tabel 10. Taimede joodisisaldus olenevalt kasvukohast

Table 10. The iodine content of plants depending on the place of growth

Taimeliik <i>Plant species</i>	Mererannikul <i>On the coast</i>		Sisemaal <i>On the continent</i>	
	asukoht <i>place</i>	sisaldus content $\mu\text{g}/\text{kg}$	asukoht <i>place</i>	sisaldus content $\mu\text{g}/\text{kg}$
Hanijalg / <i>Cilverweed cinguefeil</i>	Kaugatoma	610	Riisa	450
Lubikas / <i>Blue moor grass</i>	"	720	Põltsamaa	205
Punane aruhein / <i>Red fescue</i>	"	2100	Võru	310
Palderjan / <i>Valerian</i>	Kihelkonna	1600	"	1040
Angerpist / <i>Spirea</i>	Loode-tammik	1230	Vana-Võidu	440
Hobumadar / <i>Yellow bedstraw</i>	Kaugatoma	1660	Raigla	300
Pilliroog / <i>Common reed</i>	Loode-tammik	580	Mehikoorma	400

Taimes ei ole jood jaotunud ühtlaselt, vaid organite kaupa erinevalt (tabel 11). Kõige rohkem on joodi taime juurtes. Maapealsetes organites leidub joodi kõige rohkem lehtedes, vähem õites ja vartes.

Taime joodisisaldus muutub ka selle kasvades. Odrataime analüüsiandmed näitasid, et joodi oli ($\mu\text{g}/\text{kg}$):

orases / <i>shoot</i>	140
võrsumisel / <i>tillering</i>	150
kõrsumisel / <i>stooling</i>	155
loomisel / <i>ear formation</i>	170
piimküpsusel / <i>milk ripenes:</i>	
terades / <i>grain</i>	125
kõrtes / <i>straw</i>	150
vahaküpsusel / <i>dough stage:</i>	
terades / <i>grain</i>	128
kõrtes / <i>straw</i>	165
täisküpsusel / <i>full ripenes:</i>	
terades / <i>grain</i>	180
kõrtes / <i>straw</i>	130

Tabel 11. Taime organite joodisisaldus µg/kg
Table 11. The iodine content of plant organs µg/kg

Taimeliik <i>Plant species</i>	Õied <i>Flowers</i>	Lehed <i>Leafs</i>	Varred <i>Stems</i>	Juured <i>Roots</i>
Aas-rebasesaba / <i>Meadow foxtail</i> <i>Alopecurus pratensis</i>	195	240	50	2164
Põld-hõõlaskastik / <i>Sloughgrass</i> <i>Beckmannia eruciformis</i>	10	95	27	1700
Ohetu püsikluste / <i>Smooth brome grass</i> <i>Bromus inermis</i>	108	270	120	2280
Aas-seahernes / <i>Meadow peavine</i> <i>Lathyrus pratensis</i>	80	190	65	585
Harilik lutsern / <i>Alfalfa</i> <i>Medicago sativa</i>	10	75	19	275
Rand-teeleht / <i>Sea plantain</i> <i>Plantago maritima</i>	340	520	–	3850

Lahendamaks küsimust, kui suurel määral omandab taim joodi mullast ja millisel määral õhust, tehti vastav uurimus koostöös Moskva RÜ õppejõududega, paralleelselt Eestis ja Moskva oblastis, kuhu viidi nii Karalast mereäärset joodirikast mulda kui ka Kauksist joodivaest mulda. Sama skeemi järgi tehti ka nõukatseid Saaremaal ja Põlva maakonnas. Katsekultuurideks olid põhilised heintaimed – põldtimut ja punane ristik. Alljärgnevalt on esitatud katsetulemused meie vabariigis Saaremaal Karalast ja Põlvamaal Kauksis. Katsemuldade agrookeemilised näitajad olid järgmised:

	Karalast	Kauksis
mulla tüüp	K ^{II}	Lk _{II}
pH _{KCl}	7,3	4,6
huumusesisaldus, %	5,9	1,8
joodisisaldus, mg/kg	52,6	2,0
sademetes joodisisaldus, mg/L	0,029	0,005
õhu joodisisaldus, µg/m ³	14,5	2,5

Saaremaal korraldatud katses (tabel 12) oli taime kasvu algfaasis mõlemal katsemullal nii põldtimutis kui ka punases ristikus joodi ligilähedaselt võrdselt, kuigi Karalast mullas oli joodi kümneid kordi rohkem kui Kauksi mullas. Võrdne joodisisaldus oli põhjustatud sellest, et taimed omastasid kasvu algfaasis joodi mullast. Seda protsessi pidurdas Karalast mulla kõrge pH ja suur huumusesisaldus. Samal ajal oli jood Kauksi happelisest kerge lõimisega huumusvaesest mullast hästi omastatav.

Taimede edasisel arengul suurenes nendes joodisisaldus neli kuni viis korda võrreldes nende joodisisaldusega kõrsumise/varsumise faasis ja seda põhiliselt õhust saadud ja sademetest omastatud joodi arvel. Katseandmete läbitöötamisel saadud tulemus on tabelis 13.

Kui kõrsumisel-varsumisel omastasid taimed joodi põhiliselt mullast, siis õitsemisel omastas põldtimut joodi mullast ja õhust ligilähedaselt võrdselt (40...65 %), kuid punane ristik omastas seda mullast suuremal määral (73...85 %). Vegetatsiooniperioodi lõpul vähenes põldtimutis mullast omastatava joodi hulk 1...5 %-ni, punasel ristikul aga 22...50 %-ni (Tihhomirov jt., 1981). Ilmneb, et joodi omastamisel on kõrreliste ja liblikõieliste vahel märgatav erinevus – põldtimut omastab joodi õhust intensiivsemalt kui punane ristik. Uurimusest järeldub, et joodivaeste muldade piirkonnas ei ole väike joodisisaldus (eriti kõrrelistes heintaimedes) tingitud ainult mullast, vaid ka sademetes ja õhu vähesest joodi hulgast. Kirjanduses (Cauer, 1933) märgitakse, et taime poolt omastatud joodist pärineb õhust ligikaudu 60 %.

Tabel 12. Kasvukoha ja -faasi mõju taimede joodisisaldusele
Table 12. The influence of growth place and phase on the iodine content of plants

Katsekoht (maakoht) <i>Site of trial (district)</i>	Mulla päritolu <i>Soil origin</i>	Taimeliik <i>Plant species</i>	Kasvufaas / <i>Development stage</i>		
			kõrsumine- varsumine <i>stooling</i>	õitsemine <i>flowering</i>	seemnete valmimine <i>ripening</i>
Saaremaa	Karala	põldtimut <i>timothy</i>	0,23	0,82	1,21
		" punane ristik <i>red clover</i>	0,28	1,05	1,17
	Kauksi	põldtimut <i>timothy</i>	0,19	0,57	1,05
		" punane ristik <i>red clover</i>	0,24	0,59	1,25
Põlvamaa	Karala	põldtimut <i>timothy</i>	0,23	0,21	0,18
		" punane ristik <i>red clover</i>	0,26	0,25	0,22
	Kauksi	põldtimut <i>timothy</i>	0,19	0,18	0,15
		" punane ristik <i>red clover</i>	0,21	0,20	0,18

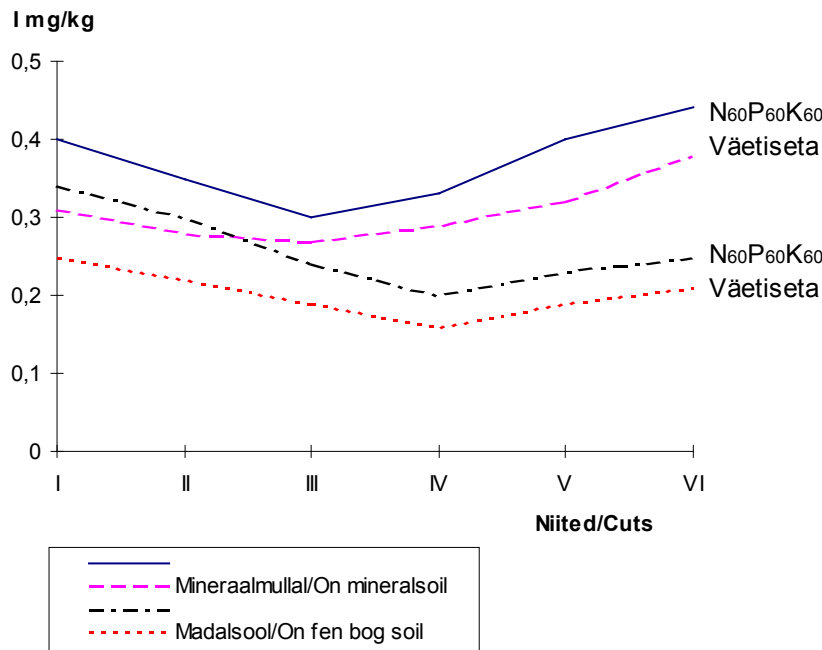
Tabel 13. Joodi omastamine mullast (%-des) taime arengufaaside lõikes
Table 13. Assimilation of iodine from soils (%) during development stages of plant

Katsekoht <i>Site of trial</i>	Muld <i>Soil</i>	Taimeliik <i>Plant species</i>	Kasvufaas / <i>Development stage</i>		
			kõrsumine- varsumine <i>stooling</i>	õitsemine <i>flowering</i>	seemnete valmimine <i>ripening</i>
Saaremaa	K" <i>break-stony soddy- calcareous</i>	põldtimut <i>timothy</i>	100	40	1
		" punane ristik <i>red clover</i>	100	73	22
Põlvamaa	Lk _{II} <i>soddy- podzolic soil</i>	põldtimut <i>timothy</i>	100	65	5
		" punane ristik <i>red clover</i>	100	85	50

Jood ja väetamine

Kirjandusandmetel on joodi kasutatud väetisena külvisel puuderdamisel ja taimede pritsimisel väetislahusega (Anspok, 1990). Külvisel puuderdamine kaaliumjodiidiga on suurendanud kaera- ja maisisaaki, samuti nende viljade karotiinisaaki. Aedviljade kasvuvaegne pritsimine 0,01...0,02 %-lise kaaliumjodiidilahusega on suurendanud suhkrupeedi saaki ja suhkruisaldust. Eestis korraldatud katsetes on joodväetis küll suurendanud saagi joodisisaldust, kuid saak ei ole märkimisväärselt tõusnud ega selle kvaliteet paranenud.

Tooma katsebaasis mineraalmullale rajatud kultuurkarjamaa rohu keemiline analüüs näitas, et rohu joodisisaldus oli niidete lõikes erinev, samuti mõjutas joodisisaldust väetamine (joomis 4).



Joonis 4. Rohu joodisisaldus niidete lõikes

Figure 4. The iodine content of grass by cuttings

Karjamaarohus oli joodi enam kevadistes, kõige vähem on kesksuvistes, sügisestes niidetes joodisisaldus jällegi suurenes. Selline joodisisalduse dünaamika oli positiivses korrelatsioonis mullaniiskuse ja sademete hulgaga. Kuivõrd mõjutas rohu joodisisaldust õhu ja sademete joodisisaldus, seda ei olnud võimalik kindlaks teha. Väetatud foonil oli rohus joodi rohkem. Erinevad väetiseliigid mõjutavad taimede joodisisaldust erinevalt. Katses S.-Emajõe luhal (Annuk, 1974) andsid looduslikule heintaimikule üksikult antud väetised järgmise tulemuse:

väetamata heinamaa rohus oli joodi	248	µg/kg
P ₆₀ foonil kasvanud	292	" "
K ₁₂₀ foonil	165	" "
N ₁₃₆ P ₆₀ K ₁₂₀	192	" "

Fosforväetiste positiivne mõju taimede joodisisaldusele ilmnes ka teistes katsetes. See on seotud selle väetisliigi suurema joodisisaldusega, mis võib varieeruda 150...40 200 mg/kg piires (Geochemistry, 1956). Kaalium- ja lämmastikväetised sisaldavad joodi ainult 0...30 mg/kg. Alaliselt niisketel lammimuldadel ja madalsoomuldadel on lämmastikväetiste mõjul taimede joodisisaldus suurenenud hilisemate niidete rohus (Annuk, 1992).

Mikroväetiste mõju heina joodisisaldusele on mitmesugune. Katses punase ristikuga saadi järgmised tulemused:

PK foonil oli taimedes	248	µg/kg joodi
PK+B foonil	207	" "
PK+Cu foonil	230	" "
PK+Mn foonil	260	" "
PK+Mo foonil	193	" "

Seega suurendas ainult mangaanväetis punase ristiku joodisisaldust, mille põhjuseks on ilmselt Mn²⁺ katalüütiline toime, mispuhul mulla joodiühendid muutusid liikuvamaks. Teiste mikroväetiste toimetel taimede joodisisaldus vähenes.

Lubiväetiste foonil väheneb taimede joodisisaldus. Tartus Eerikal korraldatud katsetes (Turbas jt., 1973) oli lupjamata mullas liikuvat joodi 0,48 mg/kg, kuid 6-kordse põlevkivi-

tuha annuse mõjul väheneb mulla liikuva joodi sisaldus 0,36 mg-ni kilogrammi kohta, sellega seoses väheneb ka taimedes joodisisaldus 286 µg-lt 230 µg-le kilogrammis.

Kirjandusandmetel ei vähene söötade joodisisaldus nende kuivatamisel ega sileerimisel (Hennig, 1972). Söötade säilitamisel on aga joodi kaod meie uurimiste andmetel märkimisväärsed (Kalmet, 1974). Sakus tehtud analüüsid säilitatava heina ja odrajahu joodisisalduse kohta andsid tabelis 14 esitatud tulemused.

Tabel 14. Joodi kaod söötade säilitamisel µg/kg
Table 14. The losses of iodine of feeds at storage

Söödad <i>Feedstuffs</i>	Joodisisaldus värskes söödas <i>Iodine content of fresh feed</i>	Joodisisaldus pärast <i>Iodine content after</i>		
		1	3	6
		kuud / <i>months</i>		
Hein / <i>Grass</i>	248	230	209	174
Odrajahu / <i>Barley meal</i>	130	114	87	76

Söötade, samuti ka toiduainete säilitamisel tuleb arvestada, et nende joodisisaldus väheneb pidevalt. See protsess toimub ka jodeeritud mineraalsöötades, olenevalt hoidlate temperatuurist, niiskusest ja muudest säilitamistingimustest.

Jood toitefaktorina

Inimorganism reageerib joodinappusele tugevamini kui loomorganism (Mohnatš, 1962), seetõttu peavad toiduained ja vesi sisaldama joodi vajalikul hulgal. Nagu eespool käsitletust ilmneb, on taimed, sealhulgas ka toiduks tarvitatavad köögiviljad ja marjad, erineva joodisisaldusega, olenevalt selle sisaldusest mullas, sademetes ja õhus. Sademete ja õhu joodisisaldus sõltub kasvukoha kaugusest merest. Toiduainete joodisisaldust on Eestis põhjalikult uurinud A. Siim (1930, 1939). Tema uurimustulemused on lühidalt esitatud tabelis 15.

Tabel 15. Mõnede toiduainete joodisisaldus olenevalt kasvukohast µg/kg
Table 15. The iodine content of some foods depending on the place of growth µg/kg

Toiduaine / <i>Foods</i>	Kasvukoht / <i>Place of growth</i>	
	Tartu	Vilsandi
Porgand / <i>Carrot</i>	9,6	37,0
Kartul / <i>Potato</i>	14,2	25,7
Redis / <i>Radish</i>	58,5	163,1
Lehtsalat / <i>Salad</i>	56,6	169,2
Õun / <i>Apple</i>	8,8	13,6
Punane sõstar / <i>Red currant</i>	6,8	11,1
Piim / <i>Milk</i>	39,2	54,5
Või / <i>Butter</i>	48,5	77,5
Mageveekalad / <i>Fresh water fish</i>	87,3...163,0	
Heeringas / <i>Herring</i>	200...383	

Eriti suured joodisisalduse erinevused ilmnesid suurema lehepinnaga köögiviljade puhul, mis viitab nende intensiivsemale joodi omastamisele sademetest ja õhust. Kirjanduses märgitakse, et taimetes toiduainetes sisalduv jood on aktiivsem kui loomsete toiduainete jood, mille põhjuseks peetakse taimedes sisalduvate joodiühendite kolloidset iseloomu (Mohnatš, 1962). Loomsete toiduainete joodisisaldus sõltub selle elemendi sisaldusest söötades. Joodirikkama sööda puhul on ka piimas ja võis enam joodi. Joodirikas merevees elavates kalades on joodi ligi kolm korda enam kui mageveekalades.

Eesti Vabariigi algaastail olid inimesed oma toitumises väga tugevasti seotud oma lähema ümbrusega. Enamik inimestest elas maal ning kasutasid toiduks aineid, mida nad said lähemast ümbrusest. Ka linnarahva toiduained pärinesid põhiliselt ümbruskonna taludest.

Seega antud keskkonna ühe või teise elemendi vaegus (*resp.* liig) toiduainetes ja joogiveses avaldas organismile otsest mõju. Praegusel ajal on inimene vähem sõltuv lähema keskkonna otsestest toimest, sest toiduained tuuakse sisse väga paljudest maadest ja inimesed on koondunud linnadesse. Maal on toiduainete tootmine järsult vähenenud. Ometi tuleb ka praegu kasutada kohapeal toodetud toiduaineid, samuti joogivett ja õhku. Nii jääb inimene ikkagi teatud määral sõltuvaks oma ümbrusest.

Muldade, taimede ja vete ning toiduainete uurimine näitas, et meie vabariigi kõige joodivaesem piirkond on Ida- ja Kagu-Eesti. Sellest piirkonnast pärines vabariigi algpäevil V. Paškovi andmeil (Paškov, 1955) maksimaalsel arvul dispanseeritud struumahaigeid. Nii on looduslikul joodivaesel piirkonnal suur kokkulangevus struuma maksimaalse leviku piirkonnaga. Seega on paikse eluviisiga inimene suurel määral sõltuv oma lähedasest biosfäärist.

Keemiliste elementide vaegusele reageerivad erineva tundlikkusega nii erinevad loomaliigid kui ka inimrassid. Rassilisus avaldab kirjanduse andmetel inimeste puhul struumasse haigestumisel suuremat mõju kui erinevate loomaliikide puhul (Kovalski, 1976). Jaapanis kasutavad inimesed toiduks teatud liiki merevetikaid, mis sisaldavad joodi 6...2645 mg/kg toormassis, mistõttu seal on struuma ja kretinism tundmatud. Jaapanlaste kilpnäärmes on joodi viis korda rohkem kui eurooplastel (Scharrer, Schwaibald, 1928).

Inimeste veres on joodi vähe (Schaldach, 1973), selle sisaldus varieerub aasta jooksul, minimaalselt on seda septembrist jaanuarini, maksimaalselt mais ja juunis (Weil, Sturm, 1925). Pool inimorganismis sisalduvast joodist on kilpnäärmes, kus see kuulub türoksiini koostisse (Scharrer, Schwaibald, 1928). Jood eraldub organismist uriini, higi ja ekskrementidega. Taimse toidu kasutamisel on organismis joodi rohkem kui liha kasutamisel, sest lihas sisalduv jood resorbeerub halvemini ja on organismile raskemini kättesaadav (Sturm, 1949).

Loomade jooditarbe kohta on kirjandusandmed küllalt erinevad. A. Hennigi (1972) järgi vajavad lüpsilehmad 0,40 mg/kg, sead 0,20 mg/kg, munevad kanad 0,15 ja tõukanad 0,50 mg/kg joodi ratsiooni 1 kg kuivaine kohta. Ü. Olli (1982, 1993) järgi on meie vabariigi söötades joodisisaldus 0,10...0,16 mg/kg. Vabariigi uute söötmisnormide kohaselt (1995) vajavad lehmad joodi 1 kg söödaratsiooni kuivaine kohta 0,3...0,5, noorveised 0,25 ning sead 0,15 mg. K. Ranne (1974) soovib tagada veistele ööpäevas 5 mg joodi.

Inimtoidus, kus jood on vajalikum kui loomasöödas, peaks joodisisaldus H. Schaldachi (1973) järgi olema 0,1...0,2 mg/kg. Tartu teadlased S. Teesalu ja T. Vihalemm (1993) loevad piisavaks 0,15-milligrammist joodiannust päevas. Vaeguse puhul on ohtlik manustada joodi seedetrakti, selle asemel tuleb nahale määrada lahjendatud joodtinktuuri.

Praeguses tootmise olukorras ei ole ette näha joodisisalduse muutust söötades ja toiduainetes, sest põhilisteks teguriteks, millest oleneb joodisisaldus toidus, on selle elemendi sisaldus mullas, sademetes ja õhus. Need on aga küllalt stabiilsed tegurid. Muutused väetiste kasutamises ei mõjuta joodisisaldust olulisel määral. Kuidas mõjutab õhu saastamine joodi omastamist taimede poolt, seda ei ole veel uuritud. Endiselt väheseks jääb Ida-, Kagu- ja Lõuna-Eesti põllumajanduslike toodete joodisisaldus. Toiduainete ja söötade kvaliteeti silmas pidades peab nendes olema kõiki vajalikke elemente optimaalsel hulgal ja vahekorras, mis säiliks ettenähtud aja vältel.

Kirjandus

- Annuk: Аннук К. Влияние аммиачной селитры и колосниковой сланцевой золы на урожай и качество сена естественного пойменного дуга. — Сб. научных трудов ЭСХА, 1974, №95, с. 103...114.
- Annuk: Аннук К. Создание и интенсивное использование польдерных дуг на торфяных почвах. — Таллинн, 1992. - 199 с.
- Ansprok: Анспрок П. И. Микроудобрения. — Ленинград, 1990. - 272 с.
- Brauer, F. R., Soldat, J. R., Tenny, H. Natural iodine and iodine 129 in mammalian thyroids and environmental samples taken from soils in the USA – In Environmental surv. around installations, vol. 2, Vienna, IAEA, p. 43...66, 1974.
- Cauer, H. Das Jod der Luft, sein chemisches Verhalten und seine bioklimatische Bedeutung – Veröffentlichung aus dem Gebiet d. Medizinarverwaltung, No. 39, H. 6, S. 121...122, 1933.
- EE nr. 4. Merevesi – 1989, lk. 103.

- Eesti sood (koostanud U. Valk). – Tallinn, 1988. – 344 lk.
- Engländer, M. Zur Biochemie und Biologie des Jodes. – Pharmazeutisches Monatsheft No. 7, S. 36...42, 1928.
- Fellenberg, Th. Untersuchungen über das Vorkommen von Jod in der Natur. – J. Biochem. Z. 1923, 139. – S. 371.
- Fersman, A. J. Huvitav geokeemia. – Tallinn, lk. 135...139, 1952.
- Geochimistry of iodine – Chilean Iodine Educational Bureau. – London, 1956. – 72 p.
- Hennig, A. Mineralstoffe. Vitamine. Ergotropika. – Berlin, 1972. – 636 S.
- Kalmet, R. Vete ja taimede joodisaldusest. – Aktuaalset põllumajanduses, lk. 52...56, 1974.
- Kalmet, R. Eesti NSV muldade joodisaldus. – EMMTUI teaduslike tööde kogumik XXXVI, lk. 177...183, 1975.
- Karelina: Карелина Л. В. Валовой йод в почвах Латвийской ССР. — Микроэлементы и продуктивность растений. - Рига, 1965, с. 249...271.
- Kovalski: Ковальский В. В. Геохимическая среда, здоровье, болезни. — Сб. Физическая роль и практическое применение микроэлементов. — Рига, 1976, с. 177...19.
- Lewis, J. C. The influence of copper and iodine on the growth of the *Azotobacter agile*. – Am. J. Bot., 1942, 29, 3, p. 207.
- Miidla, H. Taimefüsioloogia. – Tallinn, 1984. – 424 lk.
- Mohnatš: Мохнач В. О. Содержание йода с высокополимерами, их антимикробные и лечебные свойства. — Москва, 1962. - 178 с.
- Oll, Ü. (koostaja) Põllumajandusloomade söötmise ABC. – Tallinn, 1982. – 334 lk.
- Oll, Ü. Söödad. – Tallinn, 1993. – 151 lk.
- Raškov: Пашков В.Н. О заболеваемости зобом и развитии противозобной борьбы в Эстонской ССР. — Nõukogude Eesti tervishoid, 1995, 4, lk. 26...38.
- Reive: Рейве Я. В. Биохимия почв. — Москва, 1961. - 442 с.
- Proskurjakova: Проскурякова Г. Ф. Кинетический роданидный, нитридный метод определения микроколичества йода в почве. — Агрохимия, II, 1966, с. 125...129.
- Ranne: Ранне К. О. О содержании йода в кормах Юго-Восточной Эстонии и о кормлении животных йодом. — Автореферат на соискание учёной степени кандидата с.-х. наук. - Таллинн, 1974. 28 с.
- Schaldach, H. Jod – Wörterbuch der Medizin. – Berlin, 1973, S. 880.
- Scharrer, K., Schwaibald, J. Tierische Orange und Produkte in Bezug auf ihren Jodgehalt. – Biochim. Zeitschr., 1928, No. 2, S. 195.
- Sii, A. Toitainete joodisaldusest. Dissertatsioon. – Tartu, 1930. – 235 lk.
- Sii, A. Lisatis biokeemilisele joodiuurimisele Eestis. Joodi määramisest ja joodinivoost. Dissertatsioon. – Tartu, 1939.
- Sturm, A. Der Kreislauf des Jods in der Natur und seine Beziehung zum Menschen. – Klinische Wochenschrift, H. 10, S. 153...157, 1931.
- Teesalu, S., Vihalemm, T. Seedimine, toitumine, dieedid. – Tartu, 1993. – 212 lk.
- Tihomirov jt.: Тихомиров Ф. А., Русина Т. В., Калмет Р. Я. Соотношение воздушного и почвенного путей поступления йода в растения. — Вестник Московского Университета, серия I7, почвоведение, 4, 1981, с. 13...19.
- Turbas, E. Kalmet, R., Hiis, V. Tolmpõlevkivituha normaalsete ja suurte annuste mõju põldkatsetes. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 22, lk. 1018...1022, 1973.
- Vabariiklik Söötmissalase Uurimistöe Koordineerimise Komisjon. Põllumajandusloomade söötmissnormid koos söötade tabelitega. – Tartu, 1995. – 186 lk.
- Weil, V. H., Sturm, A. Beiträge zur Kenntnis des Iodstoffwechsels. – Chem. Zentralblatt II, No. 12, S. 1187...1187, 1925.
- Vinogradov: Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах СССР. — Москва, 1950, с. 27...45.