

MALSANO KAJ SANO DE LA GRUNDO ¹⁾

(Estinteco kaj estonteco)

far Prof-o Inĝ-o J. HUDIG ²⁾

Kiam antaŭ ĉ. 40 jaroj profesoro Sjollem a ³⁾ kaj la verkinto ekkonis la manganmalsaton de la aveno kiel danĝeran plantmalsanon, evidentiĝis ke la kaŭzoj estas en la grundo kaj devas esti atributaj al misproporcio inter la mineralaj konsistaĵoj en la grundo. Tiu estis tro kalkoriĉa kaj pro tio baris la cirkuladon de aliaj necesaj nutraĵoj, nome precipe de la duvalenca mangano. Kelkajn jarojn post tio evidentiĝis, ke defcito de kalko estas same danĝera, kaŭzante alian malharmonion inter la substancoj fundamentaj por la plantkreskado, kiu sin montris tute alimaniere ol la unua menciita. Ĉi tiu estis la magnezimalsato.

Ke tiam ekestis la nocio „grundomalsano”, nun estas plene klare, sed tio renkontis tiutempe reziston. Oni rezonadis tiam, ke ne la grundo estas malsana, sed la planto, sekve de ia misflego de la grundo, kaj oni ne volis agnoski la nocion de „malsana” grundo. La grundon oni opiniis magazeno de nutraĵoj, nenio pli. Oni povas longe diskuti pri tio, sed oni ne povas opini pri ĉi tio, ke malĝuste traktita grundo aŭ origine subdotita grundo povas esti kaŭzo de laŭ niaj opinioj nesufiĉa kreskado, ne malofte kun eksteraj malsanindikaj deviaĵoj.

La homa societo faris al la grundo, pro la solkultivoj de diversaj plantoj, severajn kaj pli-malpli kontraŭnaturajn postulojn. Se oni sin direktas returne al la origino de la plej fruaj ekloĝoj de la homaro, do al la transiro de la nomadado al la elekto de loĝocentroj, tiam oni vidas ke la natura vegetaĵaro estis uzata kiel paŝtejo aŭ estis eltirata por anstataŭigi ĝin per solkultivoj, precipe de grenoj kaj grason produktantaj kreskaĵoj. Kie riveroj renovigadis la teron, la loĝado fariĝis daŭra; kie ne okazis renoviĝo, oni formigris, serĉante novan kultiveblan teron.

La kulturhistorio de Mezopotamio, pri kiu ekzistas vasta literaturo, estas bona ekzemplo de tiuj faktoj. Oni povas prave diri ke, kiam ia kulturo estas definitive establita, la prizorgado de la grundo evidentiĝas la bazo de la homa vivado de plantoj kaj mikroboj, nun povas servi kiel elirpunkto por kompreni la evoluon. Iaj bazomalriĉaj ŝtonaĵoj, kiaj gnejso kaj granito, efektivas tute alian naturan vegetaĵaron ol la erupciaj bazoriĉaj ŝtonaĵoj. En difinitaj klimatoj sur difinitaj ŝtonaĵoj disvolviĝis kaj ekloĝis difinitaj specoj, kiuj ĉiuj dependas de difinitaj reago-ekvilibroj en la grundo.

Ĝis la mezo de la 19a jarcento la solkultivoj en okcidenta Eŭropo povis ekzisti dank' al la brut-agrejoj kiuj kun la stalsterko parte retrodonis la

¹⁾ Artikolo, aperinta en „Bodem”, 1952, n-ro 10, p. 3-10, iom mallongigita kaj kun permeso de la verkinto kaj eldonanto tradukita de G. F. Makkink.

²⁾ Emerita profesoro ĉe la Agronomia Fakultato en Wageningen, Nederlando.

³⁾ Emerita profesoro ĉe la Ŝtata Universitato en Utrecht, Nederlando.

metabolajn produktaĵojn de la brutaro, enhavantajn substancojn kiujn la plantoj kaj la vivanta brutaro forportis de ili. Efektive nur parte, ĉar la grundo tro perdis fosfatojn kaj kalcion, tiel ke oni povis nomi tion parta rabkultivado.

Ke oni povas kontentige restarigi la fekundecon alportante urban forjetajn al la kampo, oni jam sciis en la 17a jarcento. Oni memoru la ek-kultivadon de la Groningaj altaj marĉoj, kiuj, sekve de saĝa regularo el 1622, sisteme estis fortorfigataj, postlasante grundon absolute malriĉan, kiu estis fekundigata per la urba forjetaĵo. Tiel ekestis la prosperaj grenproduktantaj torf-kolonioj ⁴⁾. En okcidenta Nederlando, la agrokultivado bazis sin jam pli-malpli frue sur la uzado de la urba „malpuraĵo”. En la centraj torfregionoj de okcidenta Nederlando oni povas, laŭ la forjetajeroj, sufiĉe precize determini, kiam tiu alportado el la urboj komenciĝis. Ĉe tio la Gouda-a keramika pipo servas kiel „gvidfosilio”. En la fino de la 17a jarcento la uzado estis ĝenerala kaj daŭris ĝis nefrue en la 19a jarcento. Akompane al la disvolviĝo de la uzado de minerala sterko, „malpuraĵo” iĝas malpli uzata sterkaĵo.

La regionoj kie malmultekosta surakva transportado ne estis ebla, ne povis apliki tiun sterkadon. Kiu deziras ekhavi impreson pri la signifo de ĉi tiu transportproblemo, iru al la orient-frizonuĵa ⁵⁾ torfejo, kie mankas akvovojoj kaj proksimaj malpuraj liverantaj loĝejoj. La Groninga torfeja ekkultivado en la 17a kaj 18a jarcentoj estis bazita sur la torftransportoj al la urbo kaj pli malproksimen, kun malpuraĵo kiel returnŝarĝo; pli bona aranĝo ne estis imagebla.

Oni estas forgesinta ke en la mezo de la 19a jarcento oni ne plu sukcesis bonteni la fekundecon. Tiel ekz. ekestis ĉ. 1840 en Saksio prema nutromanko, dum la ĉirkaŭaj regionoj per neniom povis helpi, ĉar ili mem ne havis sufiĉe.

Estas vere ke la kultivado ĝuis nedaŭran reboniĝon en la fino de la 18a kaj en la komenco de la 19a jarcentoj dank' al la studoj de Albert Th a e r, kiu levis la kultivadon kiel sciencan el la primitiva empirio, kaj dank' al la tiam ĝenerala aplikado de marno kiel sterko aŭ grundoplibonigilo; sed la fundamenta fekundeco endanĝeriĝis sur la malnovaj kultivogruntoj. Ĝi poste malprogresis ĝis pripensende malbona nivelo. Estis L i e b i g, kiu tiam donis surprizige novajn konceptojn, kaj kondukis la nocion de fekundeco sur novajn vojojn. Depost tiam iom pli ol unu jarcento pasis kaj estas valore super-rigardi la pasintan tempon por buĝeti, kion ni povas atendi en la estonteco.

Nun ni povas kontentige klarigi, pro kio la sistemo de stalsterko-cirkulado nepre devis misiri kaj ankaŭ pro kio la marnado faris riĉajn patrojn kaj mal-

⁴⁾ Torfkolonio nomiĝas regiono en la norda parto de Nederlando, ek-kultivita kaj ekloĝita post defosado de la „alta” torfo, t.e. torfo kreskinta en akvo kun malmulte da mineralaj substancoj (malriĉa akvo).

⁵⁾ Frizonoj = gento loĝanta en la nordokcidenta parto de Nederlando (Frizonuĵo) kun propra lingvo (la frizona). En la norda parto de la provinco Norda Holando loĝas la okcident-frizonoj, kaj en la nordokcidenta parto de Germanujo la orient-frizonoj kaj la nord-frizonoj. Kvankam la nederlandaj esperantistoj kutimas uzi la vortojn „friso” kaj „frislando”, por eviti homonimecon ni preferas la W ü s t e r-an formon: *frizon*.

riĉajn filojn kaj pro kio la bildiga termino „elmarni“ (= ĝisfunde elĉerpi, malriĉigigi) estis alprenata de la nederlanda idiomo.

Liebig sukcesis pruvi, ke la mineralaĵoj ludas gravan rolon en la nutrado de la plantoj kaj pro tio ankaŭ en homoj kaj bestoj. Per modernaj terminoj oni povas diri, ke sekve de la ekskluda apliko de la sistemo de stalsterko-cirkulado la harmonio, de kiu dependas bona produktado, estis perturbata. Precipe la fosfatprovizo severe malriĉigis kaj pro tio la disvolviĝo de homo kaj besto endanĝerigis aŭ almenaŭ estis limigata. Tiu elĉerpiĝado estis akcelata de la antaŭa uzado de marno. Grundoj ricevintaj nur stalan sterkon, sekve de la mikroba malkonstruado de organika sterkaĵo fariĝis malriĉaj je bazoj kaj pro tio pli acidaj. Marno povas neŭtrigi la acidon kaj bremsi la malriĉigon. Krome ĝi efikas la organikajn restaĵojn, kiuj ĉe la bazomalriĉa stato konsumiĝas pli malrapide. Tio kaŭzas fortan rekreskon de la fekundeco. Tiu tamen povas esti nur nedaŭra. Se oni daŭrigas la marnosterkadon, kiel oni faris antaŭ iom pli ol unu kaj duona jarcento, ekestas kalcia surpluso kaj akcelita malriĉiĝo: la grundo iĝas „elmarnita“. Liebig atentigis pri la „malriĉiĝo“ kaj demonstris la nocion rabkultivado. La agronomia mondo en la komenco rezistis liajn ideojn, tiom forte, ke li skribis al sia amiko Wöhler ke li malmulte ŝatas daŭrigi la batalon por siaj ideoj, ĉar li intencas ne plu okupi sin pri la kontraŭema agronomia publiko. Tio okazis, kiam lia fama libro pri la aplikado de la hemio al la terkultivo kaj fiziologio estis elvendita post 15 jaroj, kaj la eldonisto lin petis prizorgi novan eldonon. Feliĉe li tamen prizorgis kaj novige prilaboris sian libron: ĝi spertis multajn represojn kaj, kio estas pli: ĝi alportis nekonatan prosperon tra la tuta mondo.

Nuntempe oni povas legi kelkloke, ke liaj ideoj kondukis la homaron sur eraran vojon kaj ke estus pli bone se li neniam estus vivinta. Tiu juĝo estas ne nur plene maljusta, sed krome plene malĝusta! Kiu tiel parolas, forgesas, ke ni nun disponas dank' al Liebig pri la plej bonaj kaj produktivaj plantarsoj. En la tempo de Liebig la hemio estis disvolviĝanta kaj Liebig kaŭzis la disvolviĝon de la biohemio. Oni ankoraŭ nenion konjektis pri mikrobiologio kiam ĉi tiu granda scienculo publicis siajn unuajn ideojn. Ĉi tiun kampon ekkultivos alia geniulo: Pasteur! Ambaŭ inaŭguris novan epokon kaj igis la komprenojn pli klaraj kaj pro tio ni povas pli bone paroli pri sanaj kaj malsanaj grundoj kaj pri aranĝoj por kuraci malsanajn grundojn kaj por tenadi la sanajn sanajn.

Ni nun scias ke, kion Liebig pensis hemiiste, oni nun povas rigardi biohemiiste, kaj oni neniel bezonas ŝanĝi liajn fundamentajn vidpunktojn; nur la aplikado bezonas plibonigon kaj kompletigon, kiuj ambaŭ profitos de pli bona scio, precipe biohemia. Ni pli bone komprenas simbiozajn procezojn, fizikohemiajn kaj biologiajn bufrosistemojn.

Ke ĉe preskaŭ ĉiu vivado simbiozaj procezoj ne devas manki oni eĉ ne plej malforte suspektis. Ke la freŝaj fekaĵoj de la bovo konsistas je pli ol 30 % el plasmasubstancoj, devenintaj de la intesta mikrobaro, por multaj eĉ nun

estas nekonata fakto. La grundo mem estas riĉa je mikroboj, kiuj malkonstruas aŭ mineraliĝas stoplorestaĵojn kaj alportitajn organikajajn. Kelkfoje ili konkuras kun la plantradikoj, ekz. kiam la nitrogennivelo en la grundo estas malalta kaj multo da celulozo estas digestenda, kiel post sterkado per pajlo kaj per pajloriĉa sterko. Sed ili ankaŭ povas progresigi la vivon de la plantradikoj!

Ke la grundo bufras la nutroĵojn K, Na, Mg, Ca per argilo aŭ humo, t.e. tenas ilin fiksataj kaj ŝanĝas ilin kontraŭ hidrogeno pro la karbondioksido-produktado ĉe la spirado, kaj ke la konsistaĵoj de proteino N, P kaj S cirkuladas en la viva ciklo de la mikroba malkonstruado de organikajoj, ĉio ĉi tio ne estis konata en la tempo de Liebig. La kunvivado de *Bacterium radicola* kiel nitroĝenfikso kun legumenaĵoj, estas decida faktoro en la evoluo de la plantoj, ĉar la grandskala konstruado de proteinoj ne estas ebla sen ĉi tiu perado.

Se oni estus parolinta antaŭ 1900 pri etnecesaj elementoj oni estus ricevinta responde nur geston de nekompreno. Pri vitaminoj, hormonoj, aŭksinoj⁶⁾ nur la pli kaj plej junaj generacioj eklernis! Oni devas admiri la geniulon Liebig, kiu per tiom malmultaj scieroj precize indikis kie aperas la malfacilaĵoj! Nun ni scias, ke temas ne nur pri K, P kaj N, sed pri multe pli. La funkcio de K estas kontraŭagata de Ca, kaj inverse. La K-Mg-interagado estas tre evidenta kaj povas esti malutila. Maltroo je fosfataj proteinoj kaj aliaj kombinaĵoj, malhelpas la nutradon, speciale ĉe la laktanta besto. Ĉiu eraro de troo aŭ maltroo veniĝas per deviaĵoj aŭ malsanoj kaj oni vidas la saman kie la bufroj mise aŭ ne sufiĉe funkcias. La bufrado de la katjonoj laŭ la fizikohemia principo de la surfacaĵa reago kaj tiu de la proteinkonsistaĵoj en la biologia bufro jam komenciĝas en la grundo kaj tial oni povas nomi grundon malsana, kiam io misiras en tiuj sistemoj, kun rilato al la plantproduktado, aŭ sana, kiam ĉiuj tiuj procezoj en difinita senco bone kunlaboras.

La tasko de la grundoscienculo kaj de la sterkado-specialisto vere pli-peziĝis kaj ili devas konsideri ne nur la N-P-K-formulon. Por ili ĉiuj konkurantaj elementoj, kiaj Ca, Mg, Na ktp.; estas same gravaj kiel ĉiuj anjonoj, kiaj tiuj de nitratoj, sulfatoj, fosfatoj, kaj kloridoj, kiuj lastaj estas traktataj far la biobufro, ĉiu laŭ sia karaktero.

Ke tiu bufro tiom malmulte estas priatentata en la sterkadopraktiko, vere ne estas la kulpo de Liebig, sed de lia posteularo, kiu pro la komenca, grandega sukceso de la minerala sterkado neglektas la biobufro. Pro tio multaj grundoj en la brutmalriĉaj agrotekstoj ne plu estas „sanaj“. Tiu malsaneco sin manifestas per malstabilaj kaj kelkfoje malbonaj grundstrukturoj, multaj fiherboj, facilaj infektigoj kaj malgrandaj nitrogen-efikecoj. Indika kemia propreco estas la malalta enhavo je organika substanco, kiam oni nenkontas en regionoj aŭ landoj kun bone kondukataj brut-agrejoj. Tie la biobufro ankoraŭ bone funkcias kaj plejofte oni kun sukceso povas preni en

⁶⁾ Aŭksino (nova radiko) = kreskosubstanco de hormona karaktero ĉe plantoj. La konfuzeblo de la vorto kreskosubstanco kun nutraĵoj motivigas transpreni la sciencan terminon.

la fruktociklon legumenacojn, ekz. luzernon, trifoliojn, pizojn, ktp. kiuj alportas nitrogenon kaj forte stimulas la biobufiron. En Danlando kaj Svislando oni havas mezvalorojn de 4 % da organikaĵo; en Nederlando en similaj grundoj ĉ. 2 % aŭ ofte malpli.

Nun oni povus pensi, ke oni simple nur kolektu organikaĵojn por doni ilin al la agro, sed jen komenciĝas malfacilaĵo. Ne ĉia organika forĵetaĵo liveras al ni la organikan sterkon, kiun ni bezonas. La organika forĵetaĵo, inklude la stalsterkon, devas esti iel preparata per fermentado, do per mikroba agado, por fariĝi efike bona biobufo. La malnova sperto de la antaŭaj sterko-farantoj perdiĝis, la nuna scienco ankoraŭ tro malmulte okupis sin pri tio.

Koncerne la nunan nocion de fekundeco de la grundo, oni povas konstati paralelon kun tiu el la kritikaj jaroj antaŭ unu jarcento. Tiam la sterkado estis unuflanke regata de la stalsterko kaj oni devis lerni ĉion pri la minerala nutrado, nun ĝi estas minacata de la unuflanka regado de la minerala sterko kaj oni devas lerni ĉion pri la organika sterkado. En la jaroj post 1850 la minerala sterkado en ĝia esenco estis pli kaj pli bone komprenata kaj kondukata sur pli-malpli altan nivelon, tamen ĝi kaŭzis al ni malfacilaĵojn. Ni nun agnosku la principojn kaj la unuflankan aplikadon kaj de nun ne plu neglektu la biobufron kaj studu kiel oni restarigu ĝin plej bone, por ke ekvilibre sana grundo ekestu kaj *daŭru*.

Fluego da literaturo ekestis pri ĉi tiu temo, stimulita far la katastrofo de la prirabitaj forblovataj grundoj en Usono. Oni legu „*The Rape of the Earth*” far *Jacks kaj Whyte* aŭ „*The Reconstruction by way of the Soil*” far *Wrench*, kaj oni estos impresata far la ekonomia signifo de la neglektado de la biobufo.

Fari sterkon el organika forĵetaĵo ne estas simple. La primitiva koncepto ke sufiĉas stakigi organikan forĵetaĵon kaj lasi ĝin transformiĝi al sterko, estas same kontraŭa al efika solvo, kiel la opinio, ke oni nur dispecigu kaj miksu ĝin por atingi sian celon.

Kompoŝtigi estas arto kies malfacilaĵoj estas similaj al tiuj de ĉiuj ferment-procedoj, kiujn uzas la socio; oni memoru pri la farado de fromaĝo, vino, biero, silaĵoj aŭ pri kia ajn fermentindustrio.

Por la grundo validas, ke la forĵetaĵo el la materialo-ciklo devas servi ne nur por formi ekvilibran biobufron, en kiu nenia mikrobo unuflanke devas superregadi, sed ankaŭ por konstante fluigi per la mineraliga procezo la mineralojn kaj gardi ilin kontraŭ tro grandaj perdoj.

La urba forĵetaĵo enhavas ĉiujn substancojn el la ciklo, ankaŭ la etnecajn elementojn kaj en urboj, liverantaj multan karbocindron, ankaŭ tiujn el la plantoj, pratempe karbiĝintaj; tio signifas pliriĉigon. Ke la urba forĵetaĵo bonege povas servi, montris la florantaj torfkolonioj, kie el grundo-scienca vidpunkto ekestis prospero el nenio. Sed oni povas fari el tiu forĵetaĵo multe pli bonan kompoŝton ol oni faris tiutempe. La moderna maŝinaro kaj la pli bonaj komprenoj instruis al ni, ke oni povas fari pli ol antaŭe per ĝustmaniere farita kompoŝto. Tamen la konsisto de la urba forĵetaĵo multe ŝanĝiĝis dum la lastaj 70 jaroj; ĉi tiu ŝanĝiĝo nun verŝajne stabiligis

pli-malpli. La mineralriĉa cindro de la malnova malaltmarĉa torfo anstataŭiĝis de skoriiĝinta karbocindro; eniĝis multe pli da forĵetaĵo de fabrikoj, ol antaŭe, kun multe da papero kaj eble hemiaĵoj; la fekaĵoj malaperis el ĝi. La kompoŝtproblemo, kiu ŝajnis antaŭ cent jaroj pli-malpli simpla, nun *ŝariĝis multe pli malfacila*. Eĉ tiom malfacila, ke multaj dubis pri la valoro de la nuna urba forĵetaĵo, kiel bazo por kompoŝtfarado.

Tio estis por la agronomoj la kialo por instigi al kolektado de la kultivejaj forĵetaĵoj, kiaj grenventaĵo, pajlo, folioj, ktp. (nun ofte forbrulataj), kiel krudmaterialo por la kompoŝtfarado kaj al miksado, se eble, kun stalsterko, fekaĵoj kaj aliaj malmultkostaj akireblaĵoj. Pri tiuj klopodoj (ie kaj tie jam sukcese aplikitaj) ekzistas ampleksa kaj grava literaturo. Oni havas la impreson ke ĉi tiu problemo estas preskaŭ solvita, precipe dank' al la mekanika prilaborado, aplikata en grandaj kultivejoj kaj farebla por malgrandaj kultivejoj far eksterkultivejaj metiistoj aŭ kooperative⁷⁾. Tamen la tiel en Nederlando akirebla kvanto da kompoŝto estas absolute nesufiĉa; tial ĉia kromaĵo estas ne nur bonvena, sed ankaŭ necesa. Kiel kromaĵon ni rigardas la urban forĵetaĵon, kiun tamen oni transformu al uzebla krudmaterialo por la kompoŝto en la kultivejoj; freŝa forĵetaĵo ja estas netraktebla, grandvolumena kaj tre malhomogena amaso. Ĉar ni disponas pri bonega scio pri tiu malhomogeneco kaj pri ĝia malbona influo al la kompoŝtiĝo, ni scias ke liverado de freŝa forĵetaĵo aŭ eĉ de pli-malpli aĝaj forĵetaĵostakoj al la praktikistoj ne estas aplikebla, ne nur pro la malhomogeneco, sed ankaŭ pro la altaj transportkostoj.

Se la Groninga urbestro en 1622 ne estus farinta devigajn preskribojn por la tiama defosado de la malriĉa torfo, la prosperaj torfkolonioj ne estus establiĝintaj. Ĝuste per akra kalkulado de ŝarĝoj kaj returnŝarĝoj la kostoj de la ekkultivado povis esti kovrataj. La efektiva problemo de la urba forĵetaĵo tial hodiaŭ estas bazita sur la jenaj postuloj:

1. apliki la malplej koston kaj plej bonan metodon por homogenigi la tutan tagan kolektadon de freŝa forĵetaĵo kaj por transformi ĝin al kruda materialo por la kompoŝtfarado;
2. apliki metodon, kiu havas la plej malgrandajn perdojn je organikaj substancoj dum restado en deponejo;
3. eblo de transporto je la plej malgrandaj kostoj;
4. eblo de transporto en ĉiuj sezonoj;
5. funda scio pri la situacio de la forĵetaĵon produktantaj komunumoj kaj pri la bezono de forĵetaĵo en la proksima ĉirkaŭejo, por ke oni povu eviti malekonomian kaj unuflankan distribuadon.

Al tio apartenas la averto, ke oni ne plene returniĝu al la malnova, unuflanka sterkado per organikaĵo, sed harmonie kombinu unu metodon kun la alia. Temas pri la objektiva prijuĝo de la diversaj ebloj kiuj estas ekonomie motiveblaj.

⁷⁾ La aŭtoro pri tio faris kalkuladon, publicita sub la titolo „*Het Cyclusbedrijf*” („La Ciklo-kultivejo”) en *Landbouwkundig Tijdschrift* de Julio 1949.