УЎТ631.4

ЧЕТ ЭЛЛАРДА ТУПРОҚ ТАДҚИҚОТЛАРИДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН НАМУНАЛАР ОЛИШ УСЛУБЛАРИ ТЎҒРИСИДА

Бобомуродов Шухрат Мехрибонович,
Тупроқшунослик ва агрокимёвий тадқиқотлар институти, директор,
e-mail: shuhrat_bm@inbox.ru
Баиров Абдунаби Жўраевич,
етакчи илмий ходим, e-mail: abdunabi.bairov@gmail.com
Нуриддинова Хуршида Тошевна,
бўлим мудири, e-mail: nuriddinovxurshida@gmail.com
Тупроқшунослик ва агрокимёвий тадқиқотлар институти

Аннотация. Мақолада тупроқ тадқиқотларида намуналар олишнинг чет элларда кенг қўлланилаётган классик ва замонавий услублари тўғрисида қисқача маълумотлар келтирилган.
Калит сўзлар: Тупроқ тадқиқотлари, намуналар олиш услублари.

Аннотация. В статье приведена краткая информация о классических и современных методах отбора образцов при исследовании почв, широко применяемые за рубежом.
Ключевые слова: Исследование почв, методы отбора образцов.

Annotation. The article provides brief information about widely used abroad classical and modern methods of sampling in the study of soils.
Key words: Soil research, sampling methods.

Кириш. Тупроқларнинг кимёвий хусусиятлари тупроқшунослик, агрокимё, мелиорация ва экология соҳаларининг деярли барча муаммоларини ҳал қилишда алоҳида аҳамиятга эга. Бу хусусиятларнинг асосий қисми тупроқнинг кимёвий таҳлиллари асосида аниқланади. Кимёвий таҳлил натижаларисиз тупроқларнинг экологик-мелиоратив ҳолатини яхшилаш, унумдорлигини ошириш, қишлоқ хўжалиги экинларидан юқори ва сифатли ҳосил олишни таъминлаш мушкулдир. Шу билан бирга тупроқ таҳлиллари экологик вазият кескинлашган шароитларда долзарб аҳамият касб этади. Тупроқ таҳлилларини амалга ошириш эса ўз навбатида намуна олишдан бошланади.

Тупроқ намуналарини олиш, уларни сақлаш ва лабораторияга етказиш ишларининг тўғри бажарилиши муҳим аҳамиятга эга. Бунда кимёвий таҳлил учун тупроқдан намуна олиш методологиясининг тўғрилиги ва уни амалга ошириш техникаси олинган маълумотларнинг ишончлилигининг энг бирламчи шарти ҳисобланади. Таҳлил учун тупроқ намуналарини олиш усули тупроқ тадқиқотларини ўтказиш мақсадига боғлиқ бўлади. Олинган намуналар мумкин қадар репрезентатив бўлиши ҳамда намуна олиш ва лаборатория таҳлиллари оралиғида намуналар ҳеч қандай ўзгаришларга учрамаслигини таъминлаш учун барча чораларни кўриш зарур.

Режалаштирилган тадқиқотларни амалга ошириш учун тадқиқот доирасида тупроқ намуналарини олиш дастури ишлаб чиқилади. Ҳар қандай намунани олиш дастурини ишлаб чиқишдан олдин, аввал мақсадни белгилаш зарур. Чунки улар асосий белгиловчи омиллар, масалан, намуна олиш нуқталарининг жойлашиши, сони, олиш вақти, усуллари, қайта ишлаш ва таҳлил қилиш талабларини белгилайди. Намуна олиш дастурининг тафсилотлари тупроқ параметрларининг қай бирини ўрганиш режалаштирилганлигига боғлиқ бўлади. Масалан, тупроқ карталари ва картограм-

маларини тузиш, тупроқ мониторинги ёки тупроқ хусусиятларининг майдон ва вақт бирлигида ўзгарувчанлиги, дала тажрибалари каби тадқиқотларнинг мақсад ва вазифаларидан келиб чиқиб белгиланади [5].

Намуна олиш ўлчанадиган тупроқ популяциясининг (тупроқ турлари) бир қисмини умумий популяциясидан танловини ўз ичига олади; ушбу кичик тўпламда ўтказилган ўлчовлар кейин умумий популяциянинг хусусиятларини (ёки параметрларини) баҳолаш учун фойдаланилади [5].

Далада тупроқ намуналарини йиғиш кўп вақт ва ресурсларни талаб қилганлиги сабабли, самарали намуна олиш стратегиясини қўллаш муҳимдир. Ҳудуддаги маҳаллий тупроқ ўзгаришлари тўғрисида олдиндан билиш чекланган бўлса, одатда оддий тасодифий танлов қўлланилади [1, 12,14].

Оддий тасодифий танлаб олишда ҳар бир намуна олиш жойи тасодифий танланади, шунда ҳар бир жойнинг танланиш эҳтимоли бир хил бўлади. Стратификатлашган тасодифий танлов одатда оддий тасодифий танловга қараганда самаралироқ бўлади [2,16].

Стратификатланган тасодифий танлаб олиш бутун популяцияни стратлар деб номланувчи бир хил гуруҳларга бўлишни ўз ичига олади. Сўнг ҳар бир стратдан тасодифий намуналар олинади. Стратлардан намуна олиш оддий тасодифий танлаб олишдан фарқли ўлароқ, популяциядаги гуруҳлар ўртасидаги фарқларни аниқлаш учун ишлатилади. Бу жараёнда популяциянинг барча аъзоларининг намунага кириш эҳтимоли тенг деб ҳисобланади.

Тупроқ намуналарини олиш уларни карталарга туширишда ҳам муҳим аҳамиятга эга. Турли хил намуна олиш стратегиялари ҳар хил тупроқ карталарини тузишга олиб келади ва карталарнинг аниқлигига сезиларли таъсир қилади [3, 4,10].

Шу сабабли олинган намуналар мумкин қадар тупроқ картасини тузишга мос равишда репрезентатив бўлиши зарур.

Қуйида Soil Sampling and Methods of Analysis (2007) қўлланмасида келтирилган тупроқ намуналарини олишнинг классик усуллари тавсифини келтирамиз.

Тупроқ намуналарини олиш умумий популяциядан (бу ерда популяция - ўрганиш объектида тарқалган тупроқ хилма-хиллиги) унинг ўлчанадиган бир қисмини (намуна олиш ўрнини) танлашни ўз ичига олади. Ушбу кичик умумий тўпламда ўтказилган ўлчовлардан кейин умумий популяциянинг хусусиятларини (ёки параметрларини) баҳолаш учун фойдаланилади. Намуна олиш тупроқшунослик соҳасидаги ҳар қандай дала тадқиқот дастурининг ажралмас қисми бўлиб, намуна олиш дастури энг самарали намуна олиш усулини танлашни ўз ичига олади. Намуна олиш дастурининг тузилиши ўрганиладиган тупроқ популяциясидан қандай қилиб аниқ элементлар танлашни аниқлайди. Ушбу танланган элементлардан намуна олинади ва улар намуна популяциясини ташкил қилади.

Намуна олиш элементлари (а) тасодифий танлов - haphazard sampling, (б) баҳолаш асосида намуна олишни - judgment sampling ёки (с) эҳтимолий намуна - probability sampling олиш йўли билан танланиши мумкин.

Тасодифий танлаб олиш; қулай намуна олиш усули бўлиб, намуна олувчи томонидан қабул қилинадиган бир қатор такрорланмайдиган, мукаммал қарорларни ўз ичига олади. Бу жараёнда олинган намуналар танланган тупроқ мажмуасининг репрезентатив бўлишини таъминлашни назарда тутмайди. Шу сабабли бу усул илмий ёндашишга зиддир.

Баҳолаш асосида намуна олиш; (шунингдек, мақсадли намуна олиш деб ҳам аталади [7]. Тадқиқотчининг соҳадаги билимлари асосида намуна олиш нуқталарини танлашни ўз ичига олади. Баҳолашга асосланган намуна олиш умумий ҳолатнинг ўртача ёки якуний параметрларини аниқ баҳолаши мумкин. Лекин, бу ҳисобкитоблар (баҳолар) аниқлигини ўлчашни таъминлай олмайди. Бундан ташқари, баҳолаш ишончлилиги тадқиқотчининг билими қанчалик чуқур ва кенг бўлса, шунчалик ишончли бўлади. Яъни, бу усулни чуқур билим ва катта тажрибага эга мутахассислар қўллаши мақсадга мувофиқдир.

Ушбу усул асосан педогенетик ва тупроқ-геоморфологик тадқиқотларда, тупроқ ёки ўрганилаётган ландшафтларнинг хусусиятларини шакллантирган жараёнларни, шунингдек, ушбу жараёнларнинг тезлигини бошқарадиган муҳитларни аниқлашга қаратилган тадқиқотларда қўлланилади. Педон миқёсидаги тадқиқотлар тупроқ таксономик тизимларининг ривожланиши билан чамбарчас боғлиқ ва вертикал, педон ичидаги жараёнларга қаратилган. Тупроқлар геоморфологик тадқиқотчилари тўртламчи давр геологияси ва тупроқшунослик ўртасидаги боғ-

ликликка, тупроқ геоморфологлари эса латерал транспорт жараёнлари ва ландшафтнинг тарихий эволюциясига эътибор беришади.

Иккала турдаги тадқиқотлар тупроқ ва чўкинди таъсирини аниқлашни ўз ичига олади. Бу маълумотлар тупроқ ландшафтини шакллантирган жараёнлар кетма-кетлиги тўғрисида юқори аниқликдаги илмий натижалар ёритилган манбалардир.

Бу усулда тадқиқотчи ландшафтнинг жойлашуви ҳақидаги билимларидан фойдаланиб, энг катта эҳтимол билан тупроқ–чўкинди тоғ жинслари устунларининг оптимал сақланиши жойларини аниқлайди. Бунда хронологик кетма-кетликни ишлаб чиқиш битта таъсирни батафсил таҳлил қилиш ёрдамида амалга оширилиши мумкин бўлиб, таъсирларни такрорлаш талаб қилинмайди. Бу тадқиқотлар маконда ландшафт бирликларининг тарқалиш кўламини аниқлаш учун мўлжалланган. Бундай тадқиқотлар натижасида тупроқ геодезистлари томонидан тупроқ таксономик бирликларининг тақсимланиши картага туширилади ва тупроқларнинг асосий хусусиятларига қисқача тавсиф берилади.

Тупроқ тадқиқотларида тупроқ синфлари ва ландшафт бирликлари ўртасидаги муносабатлар далада намуна олиш пунктларининг оқилона танлови (эркин тадқиқот ёндашуви деб аталади) билан ўрнатилади. Ушбу турдаги тадқиқотчи билимлари асосида танланган намуналар тупроқлар инвентаризациясини тўлдиришнинг жуда самарали усули бўлиши мумкин.

Эҳтимолий танловда бир қатор аниқ намуна олиш схемаларидан: турли хил механик таркибли тупроқ хиллари, ернинг рельефи, тупроқ таксономик синфлари ва дренаж синфлари бўйича ажратилган гуруҳлар учун мос схемалардан фойдаланган ҳолда тасодифий жойларда намуна олиш нуқталари танланади. Ҳар бир дастур учун намуна олиш эҳтимолий нуқтаси ҳисоблаб белгиланади. Бу намуна олиш тури баҳолашга асосланган туридан фарқли ўлароқ, параметр тахминларининг аниқлигини баҳолашга имкон беради. Бу фойдаланиладиган ўртача қийматга нисбатан ўзгарувчанликни баҳолашга асосланган бир қатор статистик таҳлилларни ўтказишга имкон беради ва тупроқшунослиқда энг кенг тарқалган намуна олиш тури ҳисобланади.

Бунда тадқиқотчи белгилайдиган, аммо назорат қила олмайдиган синфлар ўртасида таққослаш ишлари ўтказилади. Масалан, турли хил механик таркибли тупроқ турлари, ернинг рельефи, тупроқ таксономик синфлари ва дренаж синфлари бўйича гуруҳланган намуна олиш пунктларини таққослаш. Уларнинг жойлашувини тасодифий (рандомизация) усулида белгилаб бўлмайди.

Манипуляцион тажрибаларда қўллаш усуллари тадқиқотчи томонидан идеал ҳолда аниқ қўлланиладиган белгиланган миқдорлар шаклида тўғридан - тўғри белгиланиши мумкин. Кўпгина тадқиқотлар гибрид мензуратив-манипулятив (mensurative–manipulative) конструкциялардир. Масалан, ҳосилнинг турли хил ер шароитида (анъанавий характерли ёки интеграл ишлов бериш) ўғитлар қўллашнинг турли меъёрларига (мажбурий ишлов бериш) таъсирини ўлчаш. Инвентаризация, баҳолаш ва манипуляция лойиҳаларида намуна олишнинг роли жуда ўхшаш бўлиб, улар популяциялар тақсимланишини статистик баҳолашни таъминлаши зарур. Инвентаризация тадқиқотларида статистик баҳолар тадқиқотнинг якуний нуқтаси бўлиши мумкин.

(Мензуратив - бу ерда тупроқнинг ёки тупроқ хусусиятларининг тарқалиш майдонини ўлчаш маъносида, манипулятив – инсон қўллайдиган омиллар таъсири маъносида келган. Масалан, турли ишлов бериш, турли ўғитлаш тизимлари).

Pattern (шаблон) тадқиқотлари хусусиятларнинг маконда ёки вақт бирлигидаги структурасини баҳолаш ва тушунтириш учун ўтказилади. Patternларни ўрганишнинг иккита асосий тури мавжуд: (а) хусусиятларнинг маконда ва вақт бирлигида ўзгарувчанлигини миқдорий баҳолаш ва (б) нуқта шаблонлари асосида хусусиятларнинг маконда ёки вақт бирлигида ўзгаришлари гипотезаларини яратиш ва синаш. Pattern тадқиқотларида дастлабки мақсад вақт ёки макондаги кузатувлар намунасини визуал баҳолаш бўлиб, популяцияларни статистик баҳолаш иккиламчи мақсад бўлиши мумкин.

Геостатистик ва бошқа макон (майдон) статистик тадқиқотлари тупроқ хусусиятларининг маконда (майдонда) тузилиши (тарқалиши) ни моделлаштириш, ушбу моделлар майдонлардан намуна олинмасдан интерполация қийматларидан фойдаланиш, макондаги турли жараёнлар моделларининг яроқлилигини баҳолаш ёки самарали намуна олиш дастурларини ишлаб чиқишда ёрдам бериш учун амалга оширилади.

Намуналар жойлашуви ва улар орасидаги интерваллар;

Тупроқшунослик ва ер ҳақидаги фанларда намуналарни жойлаштиришда асосан 2 типдан – оддий тасодифий ва тизимли

типлардан фойдаланилади.

Оддий тасодифий танлов икки хил турда: оддий тасодифий ва табақалаштирилган (стратификатланган) тасодифий турларда бўлиши мумкин. Оддий тасодифий танловда белгиланган ўлчамдаги барча намуналар эҳтимолий тенг интервалда танланади.

Стратификатланган тасодифий танлаб олиш ўрганилаётган майдонда ўзгарувчанлик юқори деб тахмин қилинса қўлланилади. Бунда майдон олдиндан алоҳида гуруҳларга ажратилиб, уларга баллар берилади ва ҳар бир гуруҳда оддий тасодифий танлов қўлланилади. Белгиланган намуналар улуши гуруҳларда фарқ қилиши мумкин. Агар ўзгарувчанлик даражаси гуруҳлар ўртасида жуда катта фарқ қилади деб тахмин қилинса, номутаносиб намуна олиш қўлланилади. Бу ҳолда статистик баҳоларнинг бир хил аниқлигини таъминлаш учун юқори ўзгарувчанликка эга гуруҳлардан кўпроқ намуналар танланиши керак. Стратификатланган намуна олиш (тўғри қўлланилганда), эҳтимол оддий тасодифий танловга қараганда яхшироқ натижа беради. Тадқиқот соҳасидаги тасодифий нуқталарни танлаш кенг бўлганлиги сабабли дала тадқиқотларида Global жойлашишни аниқлаш тизими (Global Positioning System (GPS) қабул қилувчилардан фойдаланиш ишларни жуда осонлаштиради. Танланган нуқталар майдонни тарк этишдан олдин тасодифий танланиши ва GPS қурилмасига юкланиши мумкин, сўнгра тадқиқотчи GPS қурилмасидан майдоннинг ўша жойига бориш учун фойдаланиши мумкин.

Тизимли намуна олиш. Кўпгина дала тадқиқотлари учун энг кўп ишлатиладиган намуна олиш схемаси мунтазам равишда трансекталар ва панжара усулларида намуналар олишдир. Ясси ва яқин ландшафтлар учун трансекта ёки тўр схемаси ишлатилиши мумкин. Нишабли ерларда трансекталарнинг мақсадга мувофиқлиги қисман қиялик бўйлаб кўндаланг эгриликка боғлиқдир. Нишабнинг сезиларли кўндаланг эгрилиги бўлмаган жойда, ландшафтнинг ҳар бир нуқтаси оқимни фақат қияликдаги тўғридан-тўғри баландроқ бўлган нуқталардан олади ва битта трансекта етарли бўлади. Бироқ, битта трансекта қияликда сезиларли эгрилик мавжуд бўлса, етарли бўлмайди. Бундай ҳолда, зигзак усулини қўллаш ёки ўзингиз белгилаган бир нечта бўлимлардан фойдаланишингиз мумкин, лекин кўпинча тўр усули ишлатилади. Бунда намуна олиш интерваллари релъеф ҳақидаги маълумотлар асосида белгилаш ва қияликнинг барча элементлари тўрда акс этиши мақсадга мувофиқдир. Асосий қоида шундан иборатки панжара қияликнинг текис чўққисидан узун ўқ бўйича унинг асосини эни бўйлаб тўлиқ қамраб олган ҳолда бўлиши керак.

Бу ерда шуни ҳам айтиш керакки Patrick G. Lawrence (2020) [13]нинг кўрсатишича дастурга асосланган умумий намуна олиш протоколи алоҳида намуналар тўпламини зигзак тартибида белгилайди ва улар композит намуна олиш учун бирлаштирилади. Ушбу протоколга ўзгартиришлар киритилиши зарур, чунки бу етарли даражада тасодифий (рандомизация) эмас ва логаритмик тақсимланган ўзгарувчилар учун етарли эмас. Муайян майдонни бошқаришни осонлаштириш учун биз структуралаштирилган ёндашувларни – бошқарув зоналарини (турли агротехник тадбирлар қўлланиладиган зоналар) чегаралаб ажратишни тавсия қиламиз. Тадқиқотчилар эса келажакдаги тупроқ намуналарини олишда бошқарув зоналари чегараларининг ўзгаришларини мунтазам равишда ҳисобга олишлари керак.

Мензуратив ва манипулятив тадқиқотлар учун намуна олиш. Мензуратив ва манипулятив конструкцияларда одатдаги мақсад турли синфлардан танланган атрибутларнинг турли хил тақсимотга ёки бир хил тақсимотга эга эканлигини фарқ синовлари орқали баҳолашдир. Гипотезани текширишнинг энг оддий турида иккита гипотеза тузилади: нол гипотеза - икки гуруҳ ўртасидаги фарқларнинг йўқлиги ва муҳим фарқларнинг мавжудлиги тўғрисида муқобил гипотеза. Мензуратив ёки манипулятив экспериментнинг ривожланиш босқичида бунга ишонч ҳосил қилиш мақсадида гуруҳлар ўртасидаги фарқларни қатъий текшириш учун етарли намуналар олинади.

Мензуратив ва манипулятив тадқиқотларда намуна олиш схемасини ва намуналар сонини танлаш. Ҳар бир майдон ёки кичик бўлим учун намуна майдонларини тасодифий, панжара ёки эталон танлаб олиш схемалари ёрдамида танлаб олиш мумкин.

Тасодифий танлаб олишда алоҳида намуналар майдоннинг репрезентатив қисмида тасодифий тақсимланган жойлардан олинади. Ушбу тасодифий жойлар GPS да белгиланиши мумкин. Зигзагдан намуна олиш схемаси кўпинча далада

намуна олиш учун ишлатилади.

Намуна олувчи эрозияланган тепаликлар, ботиқлар, шўрланган жойлар, панжара чизиқлари, эски йўллар, ҳовлилар, сув каналлари, гўнг уюмлари ва дала қирралари каби ноодатий жойларда намуна олишдан қочиши керак. Қоида тариқасида, барча намуналар бирлаштирилиб, композицион намуна олинади ва лаборатория таҳлилига юборилади. Композицион намуна олиш нисбатан арзон, чунки лаборатория таҳлилига ҳар бир майдон ёки майдоннинг кичик қисмидан фақат битта намуна юборилади. Бироқ, ушбу лойиҳа майдоннинг ўзгарувчанлигини баҳолашни таъминламайди ва бу фермер хўжалиги операторининг дастлаб турли даражадаги озиқа моддаларига эга бўлиши мумкин бўлган майдонларни аниқлаш, белгилаш қобилиятига боғлиқ.

Тўр усулида намуна олиш. Ушбу намуна олиш схемасида панжара тизими майдоннинг ҳар бир бўлагига ёки кичик қисмига жойлаштирилади. Ҳар бир панжара тугунидан композицион намуна лаборатория таҳлилига юборилади. Тўр танлаб олиш усули тупроқдан намуна олишда ишлатиладиган энг қиммат усулдир. Аммо, агар тўр ҳажми етарлича кичик бўлса, озуқа моддаларининг ўзгарувчанлиги тақсимланиши тўғрисида жуда батафсил маълумот бериши мумкин.

Эталон намунаси. Ушбу лойиҳада ҳар бир майдон ёки майдоннинг кичик қисми учун битта репрезентатив майдони (эталон майдон) танланади. Эталон майдон тахминан 1 = 4 акр ёки 30 х 30 м бўлиши керак. Эталон майдондан йигирма ёки кўпроқ намуналар тасодифий усулда олиниши ва кейин бирлаштирилиши керак. Фермер хўжалиги оператори кейинги йилларда такрорий синов учун бир хил назорат майдончасига қайтиши мумкин. Ушбу дизайннинг афзаллиги шундаки, озуқа моддаларининг ҳолатидаги ўзгаришлар йилдан-йилга аниқроқ акс этади.

Ҳозирги кунда тупроқ намуналарини олишнинг классик услубларидан фарқ қилувчи замонавий рақамли технологияларга асосланган моделлаштириш стратегияларидан фойдаланилмоқда.

Рақамли тупроқ карталари анъанавий тупроқ карталарининг камчиликларини бартараф қилади. Шунинг учун бу карталардан тупроқ маълумотлари билан тез ва тежамкор тарзда юқори аниқлик билан таъминлаш учун тобора кўпроқ фойдаланилмоқда[15].

Рақамли технологияларга асосланган моделлаштириш стратегиялари анъанавий услубларда тузилган тупроқ карталарини рақамлаштиришдан фарқли ўлароқ, моделлар асосида тузиладиган рақамли тупроқ карталари (Digital soil mapping (DSM) ни назарда тутади.

Рақамли тупроқ картаси ландшафтдаги тупроқ хусусиятларининг ўзгаришини симуляция қилиш учун тупроқ участкаларидаги маълумотларни атроф-муҳит маълумотлари тўпламлари билан бирлаштиради [6].

Эътиборли журналларда чоп этилган DSM тўғрисидаги 244 та мақолаларнинг шарҳи натижалари шуни кўрсатадики, DSM ҳамжамияти аста-секин тупроқ ресурслари билан боғлиқ глобал муаммоларни ҳал қилиш учун юқори аниқликдаги рақамли тупроқ хариталарини яратиш устида ишламоқда. Бироқ, муаммолар сақланиб қолмоқда, айниқса DSM ҳаракатларини бошқа фанлар билан интеграциялаш ва функционал тупроқ хариталари ва кўрсатгичларини ишлаб чиқиш ҳамда уларнинг қарорларни қабул қилиш жараёнларига киритиш муаммолари мавжуд [15].

Хулосалар

Ривожланган мамлакатларда ишлаб чиқилган тупроқ тадқиқотларида намуналари олиш услубларидан шу йўналишда республикамизда амалда бўлган услубларини такомиллаштиришда фойдаланиш мумкин ва бу ўз навбатида тупроқ тадқиқотлари натижаларининг ишончлилигини оширишга хизмат қилади.

Замонавий рақамли технологияларга асосланган моделлаштириш стратегияларидан кенг фойдаланиш ва уларга мос ҳолда тупроқ тадқиқотларини такомиллаштириш республикамиз тупроқшунослик фанининг ривожланишига ҳамда тупроқ хизматларининг самарадорлигини оширишга хизмат қилади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати:

1.Allbed, A., L. Kumar, and Y.Y. Aldakheel. 2014. Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. Geoderma 230-231:1–8. doi:10.1016/j.geoderma.2014.03.025

2.Brus, D.J. 1994. Improving design-based estimation of spatial means by soil map stratification. A case study of phosphate saturation. Geoderma 62:233–246. doi:10.1016/0016-7061(94)90038-8;

3.Brus, D.J., and J.J. de Gruijter. 1997. Random sampling or geostatistical modelling? Choosing between design-based and model-based samplingstrategies for soil ((with Discussion). Geoderma 80:1–44. doi:10.1016/S0016-7061(97) 00072-4;

4.Brus, D.J., J.J. de Gruijter, and J.W. van Groenigen. 2006. Chapter 14. Designingspatial coverage samples using the k-means clustering algorithm. Developments in Soil Science 31. Elsivier, Amsterdam. p.183–192. doi:10.1016/S0166-2481(06) 31014-8.;

5.Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (2007). Soil sampling and methods of
analysis (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

6.Christopher Blackford, Brandon Heung, Kara L. Webster (2002) Incorporating spatial uncertainty maps into soil sampling improves digital soil mapping classification accuracy in Ontario, Canada Geoderma Regional 29(1):e00495 DOI:10.1016/j.geodrs.2022.e 00495

7.de GruijterJ. J. Book Editor(s):Jacob H. Dane,G. Clarke Topp1.4 SamplingFirst published: 01 January 2002 Book Series: SSSA Book Serieshttps://doi.org/10.2136/sssabookser 5.4.c4

8.de Gruijter, J. J., & Braak, ter C. J. F. (1990). Model-free estimation from spatial samples: A reappraisal of classical sampling theory.Mathematical Geology, 22(4), 407–415. https://doi.org/10.1007/BF00890327

9.George Estefan, Rolf Sommer, and John Ryan (2013).Methods of Soil, Plant, and Water Analysis: A manual for the West Asia and North Africa region. ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) Box 114/5055, Beirut, Lebanon. 19-20.

10.Heim, A., L. Wehrli, W. Eugster, and M.W.I. Schmidt. 2009. Effects of samplingdesign on the probability to detect soil carbon stock changes at the SwissCarboEurope site Lageren. Geoderma 2008149:347–354. doi:10.1016/j.

11.Issam I. Bashour and Antoine H. Sayegh (2007). Methods of analysis for soils of arid and semi-arid regions American University of Beirut Beirut, Lebanon Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. 15-22.

12.Oliver, M.A., and R. Webster. 1986. Combining nested and linear sampling for determining the scale and form of spatial variation of regionalized variables. Geogr. Anal. 18:227–242. doi:10.1111/j.1538-4632.1986.tb00095.x:

13.Patrick G. Lawrence,Wayne Roper,Thomas F. Morris,Karl Guillard (2020). Guiding soil sampling strategies using classical and spatial statistics: A review Agronomy Journal Volume112, Issue1January/February 2020. 493-510. https://doi.org/10.1002/agj2.20048

14.Pringle, M.J., D.E. Allen, R.C. Dalal, J.E. Payne, D.G. Mayer, P. O'Reagain, and B.P. Marchant. 2012. Soil carbon stock in the tropical rangelands of Australia: Effects of soil type and grazing pressure, and determination of sampling requirement. Geoderma 167-68:261–273.:

15.Songchao Chen, Dominique Arrouays, Vera Leatitia Mulder, Laura Poggio, Budiman Minasny, Pierre Roudier, Zamir Libohova, Philippe Lagacherie, Zhou Shi, Jacqueline Hannam, Jeroen Meersmans, Anne C. Richer-de-Forges, Christian Walter Digital mapping of Global Soil Map soil properties at a broad scale: A review. https://www.researchgate.net/publication/356632759 DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115567

16.Walvoort, D.J.J., D.J. Brus, and J.J. de Gruijter. 2010. An R package for spatial coverage sampling and random sampling from compact geographical strata by k-means. Comput. Geosci. 36:1261–1267. doi:10.1016/j.cageo. 2010.04.005