doi：10.11838/sfsc.1673-6257.23207

松嫩平原不同类型土壤剖面形态描述及其性状分析

高纪超[1，2]，李　强[1，2]，高洪军[1，2]，张秀芝[1，2]，彭　畅[1，2]，焦云飞[1，2]，
朱　平[1，2*]，武俊男[1]，徐灵颖[3]，岳　娜[4]

（1. 吉林省农业科学院，吉林　长春　130033；2. 国家土壤肥力与肥料效益长期定位监测基地，吉林公主岭　136100；3. 中国科学院南京土壤研究所江苏常熟农田生态系统野外科学观测研究站，江苏南京　210008；4. 白城市自然资源局洮北镇自然资源管理总站，吉林　白城　137099）

摘　要：土壤剖面观察及描述是土壤分类的基础工作，而各层次性状分析是土壤健康评估的重要参考指标。以松嫩平原为主要研究区域，选取 4 种不同类型土壤：黑钙土（HGT）、厚层黑土（HHT）、薄层黑土（BHT）、风沙土（FST），在垂直和水平两种空间尺度上开展剖面对比调查工作。调查结果指出，4 种土壤中 HHT 和 BHT 质地最为黏重，而 FST 质地最轻。另外，除 FST 外，其他 3 种土壤随土层深度增加砂粒含量逐渐升高，HGT、HHT、BHT 分别升高了 21%、125%、122%，质地逐渐变轻。土壤剖面颜色随土层深度增加而逐渐加深，HHT 剖面整体颜色较其他土壤相比较深。土壤 pH 随土层深度加深呈逐渐升高的趋势，HGT、HHT、BHT、FST 分别提高了 58%、44%、22%、37%，HHT 土体 pH 显著高于其他土壤类型（$P<0.05$）。土壤有机碳（SOC）随剖面深度增加呈下降的趋势，HGT、HHT、BHT、FST 中 SOC 含量分别降低了 21%、41%、26%、23%，其中 HHT 在 0 ~ 60 cm 土层中 SOC 含量显著高于其他类型土壤。土壤养分含量随剖面深度加深同样呈逐渐降低的趋势，4 种类型土壤中碱解氮、速效钾和有效磷含量随土层加深分别降低了 38.1% ~ 68.2%、46.3% ~ 98.3% 和 100%。综合分析，在垂直空间尺度上，土壤随深度增加发育程度减弱，有机质及养分含量降低，表层土壤酸化现象显著。在水平空间尺度上，厚层黑土的发育程度高于其他类型土壤。

关键词：土壤剖面；养分；土壤类型；土壤有机质

土壤形态学是土壤学研究的起点[1]，土壤的形态主要包括颜色、质地、结构、孔隙度等。根据对土壤形态的描述，就能对土壤成土过程进行推断[1]，了解土壤的基本性质。土壤剖面描述是土壤形态学的基础，土壤剖面的地理位置、立地条件、理化性质、养分分布、发生层次划分及每一发生层的形态描述是保证土壤类型划分、土壤资源调查及土壤健康状况评价工作顺利开展的重要前提。

我国建国以来开展过两次全国性的土壤普查工作，其中第二次土壤普查至今已 40 多年，40 年间，研究者们针对土壤剖面性状及养分分布情况的研究也未曾间断。研究发现，土壤氮、磷、钾养分含量在潮土、红壤中随土层深度的增加呈逐渐降低的趋势[2-5]，pH 呈逐渐升高最终稳定的变化趋势，而土壤有机碳含量则随着深度增加而逐渐降低[2，6-8]。李思聪等[9]和李华芝等[10]分别针对刺五加和黄芪种植土壤剖面不同发生层次进行了划分和描述，李建维等[11]针对吉林西部典型风沙土进行了剖面划分描述研究。

松嫩平原位于大、小兴安岭与长白山脉及松辽分水岭之间，主要由松花江和嫩江冲积而成，是我国重要的粮食生产基地，也是中国东北黑土区的重要组成区域。松嫩平原由于其地势及气候特征，土壤发生过程复杂多变，使土壤类型多种多样。目前针对松嫩平原南部黑土区土壤剖面资源的调查较为缺乏，数据集仍以第二次土壤普查为主要参考，缺乏近期的剖面描述、养分分布情况调查及相应数据集的建立，无法为目前国家黑土地保护战略及土壤退化的量化评估工作提供数据支撑。因此，本研究以松嫩平原为研究区域，选取 4 种不同类型土壤在垂直和水平两种空间尺度下进行剖面描述及发生层性状研究，对比彼此差异，为黑土地保护战略及土

收稿日期：2023-04-03；**录用日期：**2023-07-03

基金项目：科技部基础资源调查专项；松嫩平原南部薄层黑土农田土壤资源与健康状况调查（2021FY100402）。

作者简介：高纪超（1989-），博士，助理研究员，主要从事土壤资源研究及土壤培肥工作，E-mail：gaojichao0918@126.com。

通讯作者：朱平，E-mail：zhuping1962@sohu.com。

壤资源调查和健康状况评价工作提供理论依据和数据支撑。

1　材料与方法

1.1　试验区概况

4 种不同类型土壤剖面于 2022 年 11 月 7 日—11 日采于松嫩平原南部吉林省境内。试验区气候类型为温带大陆性季风气候，年降水量 400 ~ 600 mm，年日照时数 2900 h，年均温 5 ~ 8℃，无霜期约 150 d。根据《吉林土种志》[12] 信息，选取不同类型土壤区进行剖面挖掘，每个剖面观察面宽度为 1.2 m，深度为 1.2 ~ 1.5 m，长度为 2 m，利用尼康（Nikon）Z5 微单相机采集影像资料。剖面点基本信息如表 1 所示。

表 1　剖面样点基本信息

剖面号	采样点	坐标	土壤类型	海拔（m）	坡度（°）	坡向（°）	土地利用	作物种类
HGT	八屋镇	43° 48′ 55″ N 124° 24′ 6″ E	黑钙土	159	1.0	45.0	旱田	玉米
HHT	怀德镇	43° 54′ 38″ N 124° 49′ 00″ E	黑土 （厚层）	196	0.5	270.0	旱田	玉米
BHT	刘房子	43° 36′ 24″ N 124° 54′ 59″ E	黑土 （薄层）	221	0.8	251.6	旱田	玉米
FST	玉尺村	43° 44′ 2″ N 123° 59′ 6″ E	风沙土	137	1.1	296.6	旱田	玉米

1.2　采样、分析与检测方法

剖面土壤样品采集采用由下层至上层的采集顺序，由于不同土壤类型发生层存在显著差异，为统一并直观表征不同土壤类型间剖面理化性质差异，本研究未按照发生层表述土壤理化性质，而按照等深度进行采样分析，分别在 0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80、80 ~ 100 cm 土层进行采样，由下层至上层依次采样，每个层次取 3 个平行样品（每个采样点横向间隔 30 cm 以上），4 种土壤类型，5 个层次，共计 60 份土壤样品。土壤样品利用自封袋包装，带回实验室后自然风干，去除石块、草根等杂物后，过 1 和 0.25 mm 筛以供后期理化性质测定。

土壤容重采用环刀法测定，采样顺序为由深层至表层：针对表层（A 层），垂直于观察面，纵向打入环刀；针对表层以下的其他层次，垂直观察面，横向打入环刀。pH 以水土比 2.5∶1，用 pH 计测定；土壤全氮采用凯氏蒸馏法测定；碱解氮采用碱解扩散法测定；有效磷采用钼锑抗比色法测定；速效钾采用火焰光度法[13] 测定；土壤颜色利用 Munsell 比色卡（Munsell Soil Color Book PN：M50215B）进行比对测定；机械组成采用 Kettler 提出的快速测定法[14] 测定；土壤有机碳利用重铬酸钾外加热法测定。土壤发生层的划分主要依据土壤颜色、结构、质地、紧实度和新生体等特征进行划分。

1.3　数据计算与统计分析

利用 Excel 2010 对数据进行录入及处理计算，利用 SPSS 19.0 进行差异显著性分析，利用 Origin 9.0 进行组图工作。

2　结果与分析

2.1　土壤剖面质地变化

土壤质地分析结果发现，4 种不同土壤中，除风沙土外，土壤质地由表层至深层呈现由“重”变“轻”的趋势（表 2）。HGT、HHT、BHT 中砂粒含量随土层深度的增加分别升高了 21%、125%、122%。其中 HGT 质地由黏壤土变为砂质黏壤土。

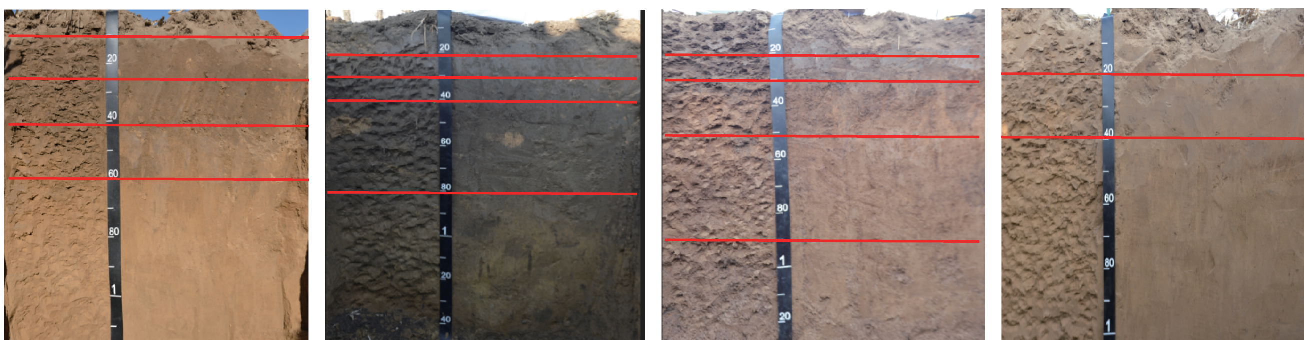
2.2　土壤剖面性状描述

在野外剖面调查及采样过程中，对土壤剖面进行自然发生层划分及表观描述（图 1，表 3）。结果发现，厚层黑土（HHT）的发育程度最高，风沙土各个土层的发育程度较弱。从土壤颜色变化来看，随土层深度增加，土壤颜色逐渐变浅。不同土壤类型之间土体颜色由深至浅分别为 HHT、BHT、HGT、FST。另外，土壤在湿润状态下与干燥状态相比颜色较深（表 3）。黑钙土剖面除表层 Ap1h 外，其他土层均有盐酸反应。

表 2　剖面不同发生层机械组成及质地

剖面号	层次	深度（cm）	砂粒（%）	粉粒（%）	黏粒（%）	质地
HGT 黑钙土	Ap1h	0 ~ 15	51	28	21	黏壤土
	Ap2h	15 ~ 25	53	25	22	黏壤土
	Ah	25 ~ 40	51	23	26	壤质黏土
	ABh	40 ~ 60	58	20	22	砂质黏壤土
	B	60 ~ 100	62	20	18	砂质黏壤土
HHT 厚层黑土	Ap1h	0 ~ 20	8	48	44	粉砂质黏土
	Ap2h	20 ~ 30	9	51	40	粉砂质黏土
	Ah	30 ~ 40	8	50	42	粉砂质黏土
	AhB	40 ~ 80	12	46	42	粉砂质黏土
	BC	80 ~ 140	18	45	37	粉砂质黏土
BHT 薄层黑土	Ap1h	0 ~ 20	9	53	38	粉砂质黏土
	Ap2h	20 ~ 30	11	48	41	粉砂质黏土
	AB	30 ~ 50	12	50	38	粉砂质黏土
	B	50 ~ 90	15	51	34	粉砂质黏土
	BCt	90 ~ 130	20	47	33	粉砂质黏土
FST 风沙土	Ap1	0 ~ 20	64	23	13	砂质壤土
	Ap2h	20 ~ 40	61	26	13	砂质壤土
	C	40 ~ 120	64	21	15	砂质壤土

注：土壤质地根据国际制土壤质地分类三角坐标法进行分类[15]。



黑钙土（HGT）　厚层黑土（HHT）　薄层黑土（BHT）　风沙土（FST）

图 1　4 种不同土壤剖面

表 3　剖面不同发生层形态描述

剖面号	层次	深度（cm）	剖面描述
HCT 黑钙土	Ap1h	0 ~ 15	深灰棕色（7.5YR4/2，湿），浅深棕色（10YR5/2，干），粒状结构，松散，多量根系，孔隙度高，清晰平滑边界
	Ap2h	15 ~ 25	深棕色（7.5YR3/2，湿），深棕色（10YR3/3，干），粒状结构，疏松，少量细根系，孔隙度高，渐变平滑边界，有盐酸反应
	Ah	25 ~ 40	极深灰棕色（10YR3/2，湿），棕色（10YR5/3，干），粒状结构，疏松，很少量细根系，孔隙度高，渐变平滑边界，有盐酸反应
	ABh	40 ~ 60	棕色（10YR5/3，湿），淡黄棕色（10YR/5/6，干），粒状结构，疏松，很少量细根系，孔隙度高。渐变平滑边界，有盐酸反应
	B	60 ~ 100	淡黄褐色（10YR6/4，湿），黄色（10YR7/6，干），无结构，极疏松，未见根系，孔隙度高，渐变平滑边界，有盐酸反应
HHT 厚层黑土	Ap1h	0 ~ 20	黑色（10YR2/1，湿），极深灰黑色（10YR3/1，干），粒状结构，松散，多量细根系，孔隙度高，模糊边界
	Ap2h	20 ~ 30	黑色（10YR2/1，湿），极深灰黑色（10YR3/1，干），粒状结构，，多量细根系，中度孔隙度，模糊边界
	Ah	30 ~ 40	黑色（10YR2/1，湿），极深灰黑色（10YR3/1，干），粒状结构，疏松，多量细根系，孔隙度高，模糊边界
	AhB	40 ~ 80	极深灰棕色（10YR3/2，湿），棕色（10YR4/3，干），粒状结构，疏松，中量细根系，孔隙度高，波状清晰边界
	B	80 ~ 140	淡黄棕色（10YR4/4，湿），淡棕黄色（10YR6/6，干），粒状结构，极疏松，未见根系，孔隙度高，波状清晰边界
BHT 薄层黑土	Ap1h	0 ~ 20	黑色（10YR2/1，湿），极深灰棕色（10YR4/2，干），粒状结构，松散，中量根系，孔隙度高，清晰平滑边界
	Ap2h	20 ~ 30	黑色（10YR2/1，湿），深棕色（10YR3/3，干），粒状结构，疏松，中量根系，孔隙度高，清晰平滑边界
	AB	30 ~ 50	极深灰棕色（10YR3/2，湿），棕色（10YR/4/3，干），粒状结构，疏松，中量根系，孔隙度高，不规则渐变边界
	B	50 ~ 90	棕色（10YR4/3，湿），淡黄棕色（10YR5/4，干），粒状结构，疏松，少量根系，孔隙度高，模糊平滑边界
	BCt	90 ~ 130	棕白色（10YR6/3，湿），浅淡黄棕色（10YR6/4，干），单粒状结构，疏松，未见根系，孔隙度高，模糊平滑边界，存在黏粒胶膜
FST 风沙土	Ap1	0 ~ 20	黄棕色（10YR5/4，湿），淡黄棕色（10YR6/4，干），无结构，松散，中量根系，孔隙度高，清晰平滑边界，无盐酸反应
	Ap2h	20 ~ 40	棕色（10YR4/3，湿），黄棕色（10YR5/4，干），无结构，疏松，少量根系，孔隙度高，渐变平滑边界，有盐酸反应
	C	40 ~ 120	黄棕色（10YR5/4，湿），黄棕色（10YR5/4，干），无结构，疏松，未见根系，孔隙度高，渐变平滑边界，有盐酸反应

2.3　土壤剖面理化性质及养分分布

土壤理化性质及养分在土壤剖面中的变化具有显著的规律性（图 2）。其中，土壤 pH 随土层深度增加呈逐渐升高的趋势，4 种土壤 0 ～ 20 cm 土层土壤 pH 由低到高分别为 FST（4.8）<HGT（5.2）<BHT（5.9）<HHT（6.1），随深度增加，pH 逐渐升高，80 ～ 100 cm 土层土壤 pH 分别升高至 7.6、7.5、7.2、8.4，分别提高了 58%、44%、22%、37%。HHT 土体 pH 显著高于其他类型土壤（P<0.05）。HHT、BHT、HGT 和 FST 表层（0 ～ 20 cm）有机碳含量分别为 26.3、21.6、18.4 和 18.6 g · kg^{-1}，随土层深度增加分别逐渐降低至 15.4、15.8、14.4 和 14.2 g · kg^{-1}，降低幅度分别为 41%、26%、21%、23%。HHT 中 0 ～ 60 cm 土层的有机碳含量显著高于其他类型土壤（P<0.05）。4 种土壤类型中，容重随土层深度增加呈先升高后降低的变化趋势，20 ～ 40 cm 土层容重显著高于其他土层（P<0.05），与 0 ~ 20 cm 土层相比，容重提高 16.1% ～ 51.2%。在养分含量方面，土壤碱解氮、有效磷、速效钾随土层深度增加均呈显著下降的趋势，其中碱解氮和速效钾的降低程度分别为 38.1% ～ 68.2% 和 46.3% ～ 98.3%。而有效磷含量自 40 cm 土层后趋近于 0。

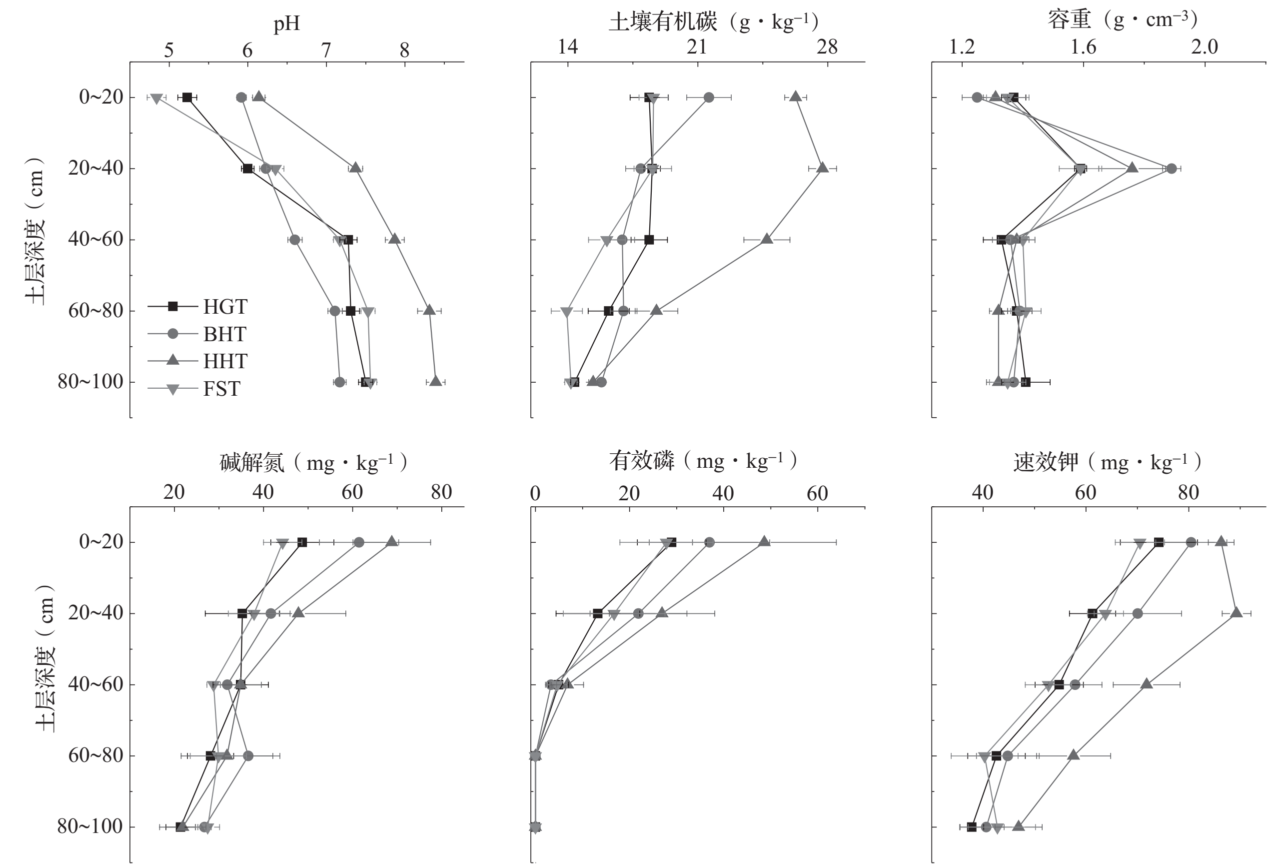


图 2　土壤剖面理化性质及养分分布

3　讨论

土壤是在气候、生物、母质、地形、时间五大成土因素共同作用下形成的，经历了母岩风化碎裂，“岩漆（自养型微生物附着）”、地衣（异养型微生物）、苔藓植物生长的初始成土阶段。由于苔藓类植株体积较大且生长速度较快，一方面可以增加母质（母岩）表层有机质的积累，另一方面还能提高水分固持能力，加快母质（母岩）物理、化学及生物风化过程，增多细土含量，过程往复循环，细土层不断增厚，并在细土层上形成有机质的积累层，为后续的高等植物生长预备条件。因此，土层由下至上砂粒含量逐渐降低，质地变轻（表 2），有机质含量增加（图 1）。黑土的成土母质多为黄土状堆积物，并且多形成于历史中的凹陷地带，沉积物积累较多，岩石上部以粘土层为主。黑钙土成

土母质多为砂质黄土状沉积物，质地相对较轻，并且地形地势与黑土相比较高。因此，黑土的质地与黑钙土相比较轻。风沙土母质多为砂质冲击或沉积物，经风力搬运重新堆积，因此，风沙土剖面整体质地较为均匀，并且砂粒含量居多。

作物根系在土壤表层的积累也是提高土壤有机质含量的主要因素之一，研究发现，作物根系至上而下呈“T”形分布，主要集中在 0 ~ 20 cm 土层，与本研究的结果相同（表 3）[2，16]。本研究中风沙土质地由深至浅变化并不显著（表 2），主要原因是由于风砂土母质为风积砂，主要由风力搬运过程形成，成土时间短，因此，质地变化并不显著。长期作物连作和单一的耕作模式使土壤紧实度增加，容重提高，形成犁底层。本研究中，根据不同土层的容重数据可以看出，犁底层集中分布于 20 ~ 40 cm 土层（图 2）。

母质矿物风化释放出大量易溶性盐基离子影响土壤 pH。何腾兵等[17]研究发现，以灰岩、砂页岩、河流冲积物为母质的土壤 pH 为中性至微碱性，以黏土、砂岩、页岩为母质的土壤 pH 为酸性。表层土壤受降水淋溶作用影响较强，易溶性碱性盐基离子随水向深层运移，因此，在垂直空间尺度上，土壤 pH 随深度增加而逐渐升高。而在时间尺度上，根据《吉林土种志》[12]及《吉林土壤》[18]的统计数据，吉林省不同类型黑土、黑钙土和风沙土的 pH 分别为 6 ~ 7.6、7 ~ 9 和 6 ~ 9，而本研究中耕层土壤的 pH 为 4.8 ~ 6.1，酸化现象显著，耕层土壤的大量氮素积累是造成土壤酸化的主要原因[19-20]。土壤养分主要来源于化肥及有机物料的投入，养分进入土壤后伴随淋溶过程向下层土壤移动，移动能力受降水量、土壤物理及化学性质的综合影响。

土壤颜色是鉴定不同土壤发生层的主要依据之一，颜色不同则包含的土壤属性不同。土壤腐殖质是土壤主要的致色物质，另外，铁、锰及其他矿物质均在土壤显色中发挥重要作用[21-22]。本研究中，4 种不同类型土壤剖面有机质含量随深度增加逐渐降低，相应的腐殖质含量也随之降低，因此，土壤颜色由上至下逐渐变浅（表 3）。另外，彭杰等[23]的研究发现，土壤水分含量与土壤的光谱发射系数呈负相关关系，即土壤含水量越高，土壤颜色越暗，这与本研究中剖面颜色干湿变化的结果相同（表 3），主要原因是土壤颗粒外围的水膜把土壤反射出来的能量再反射回土壤并被部分吸收的缘故[23]。

土壤健康指标是指可以反映土壤某种健康属性的指标[24]。土壤有机质、pH、质地、容重、氮磷钾养分含量均是传统的土壤健康指标[24]。不同的土壤形成过程使土壤类型不同，也意味着土壤不同的“成长过程”，使“自身体质和健康情况”存在差异。黑土由于其特殊的形成过程，有机质含量较高，因此，其保水、保肥及缓冲能力较强，具有较为良好的“体质和健康状况”。本研究中，黑土（HHT、BHT）有机质含量较高，pH 也同样高于黑钙土（HGT）和风沙土（FST），并且趋于中性。因此，在有机质和 pH 两个土壤健康指标方面，黑土优于黑钙土和风沙土。4 种土壤 20 ~ 40 cm 土层容重显著高于其他土层，形成了明显的土壤障碍层，影响土壤健康状况。另外，根据历史演变数据[18]，本研究中 4 种土壤酸化现象显著，健康状况呈下降趋势。

4　结论

（1）在垂直空间尺度上，表层土壤酸化现象较为显著，随土层深度增加，土壤 pH 逐渐升高，有机质及养分含量逐渐降低，质地逐渐变轻，土壤颜色逐渐变浅，土壤发育程度降低。

（2）在水平空间尺度上，厚层黑土（HHT）土体 pH 及土壤有机碳含量均高于其他类型土壤，土壤颜色较深，土壤较为黏重，发育程度较高。

参考文献：

[1]　张甘霖，史舟，朱阿兴，等. 土壤时空变化研究的进展与未来［J］. 土壤学报，2020，57（5）：1060-1070.

[2]　温延臣，李海燕，袁亮，等. 长期定位施肥对潮土剖面养分分布的影响［J］. 中国农业科学，2020，53（21）：4460-4469.

[3]　陈春兰，陈安磊，魏文学，等. 长期施肥对红壤稻田剖面土壤碳氮积累的影响［J］. 水土保持研究，2021，28（2）：14-20.

[4]　尹俊慧，张懋炜，梁斌，等. 水氮调控对设施剖面无机氮分布及番茄产量的影响［J］. 天津农业科学，2023，29（1）：27-32，44.

[5]　李蓉，王怡琳，屈宏超，等. 旱地矮化苹果园当季氮肥在土壤剖面的累积与淋溶效应［J］. 干旱地区农业研究，2022，40（6）：156-166.

[6]　赵凯丽，王伯仁，徐明岗，等. 我国南方不同母质土壤 pH 剖面特征及酸化因素分析［J］. 植物营养与肥料学报，

2019，25（8）：1308-1315.
［7］ 韩晓萌，戴慧敏，刘凯，等. 松嫩平原北部典型黑土剖面粘土矿物组成及其环境指示意义［J］. 物探与化探，2022，46（5）：1056-1063.
［8］ 郝翔翔，邹文秀，韩晓增. 长期不同利用方式对黑土剖面中有机质化学组成的影响［J］. 土壤学报，2022，59（5）：1228-1327.
［9］ 李思聪，张志博，徐欣，等. 黑龙江省东部低山区刺五加种植土壤剖面描述及性状分析［J］. 中国农学通报，2019，35（21）：56-60.
［10］ 李华芝，马锐，侯萌，等. 加格达奇市黄芪种植地土壤形态描述及适宜性分析［J］. 中国农业通报，2020，36（17）：71-75.
［11］ 李建维，张锦源，陈一民，等. 吉林西部典型风沙土的土系分类研究及归属初探［J］. 土壤与作物，2016，5（1）：30-35.
［12］ 刘炜，张江潭，吴霖，等. 吉林土种志［M］. 长春：吉林科技出版社，1997.
［13］ 鲍士旦. 土壤农化分析［M］. 北京：中国农业出版社，2000.
［14］ Kettler T A，Doran J W，Giblert T L. Simplified method for Soil particle-size determination to accompany soil-quality analyses［J］. Soil Science Society of America Journal，2001，3：849-852.
［15］ 黄昌勇. 土壤学［M］. 北京：中国农业出版社，2000.
［16］ 苏志峰，杨文平，杜天庆，等. 施肥深度对生土地玉米根系及根际土壤肥力垂直分布的影响［J］. 中国生态农业学报，2016，24（2）：142-153.
［17］ 何腾兵，董玲玲，刘元生，等. 贵阳市乌当区不同母质发育的土壤理化性质和重金属含量差异研究［J］. 水土保持学报，2006，20（6）：157-162.
［18］ 姜岩. 吉林土壤［M］. 北京：中国农业出版社，1998.
［19］ Deppe M，Well R，Giesemann A，et al. Soil N_2O fluxes and related processes in laboratory incubations simulating ammonium fertilizer depots［J］. Soil Biol Biochem，2017，104：68-80.
［20］ 田冬，高明，徐畅. 土壤水分和氮添加对 3 种质地紫色土氮矿化及土壤 pH 的影响［J］. 水土保持学报，2016，30（1）：255-261.
［21］ 张露心. 基于土壤颜色及环境辅助变量的土壤 pH 和有机质预测研究［D］. 成都：四川农业大学，2019.
［22］ 管艳霞，路金妹，马榕均，等. 土壤铁氧化物与腐殖质的交叉染色效应研究［J］. 土壤学报，2023，60（1）：138-150.
［23］ 彭杰，张杨珠，周清，等. 土壤理化特性与光谱特征关系的研究进展［J］. 土壤通报，2009，40（5）：1204-1208.
［24］ 李烜桢，骆永明，侯德义. 土壤健康评估指标、框架及程序研究进展［J］. 土壤学报，2022，59（3）：617-624.

Description and analysis of profiles and characteristics of different soil types in Songnen Plain

GAO Ji-chao[1, 2]，LI Qiang[1, 2]，GAO Hong-jun[1, 2]，ZHANG Xiu-zhi[1, 2]，PENG Chang[1, 2]，JIAO Yun-fei[1, 2]，ZHU Ping[1, 2*]，WU Jun-nan[1]，XU Ling-ying[3]，YUE Na[4]（1. Jilin Academy of Agricultural Science，Changchun Jilin 130033；2. National Long-term Location Monitoring Base on Black Soil Fertility and Fertilizer Efficiency，Gongzhuling Jilin 136100；3. State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture，Changshu National Agro-Ecosystem Observation and Research Station，Institute of Soil Science，Chinese Academy of Sciences，Nanjing Jiangsu 210008；4. Taobei Town Natural Resources Management Station，Baicheng Natural Resources Bureau，Baicheng Jilin 137099）

Abstract：Soil profile survey and description is the basic work of soil classification. Physicochemical properties analysis of soil profile is the essential work in evaluating soil qualities. Taking Songnen Plain as the research area，four different soil types were included：chernozem（HGT），thick layer black soil（HHT），thin layer black soil（BHT），aeolian soil（FST）. The investigation was comparatively carried out through vertical and horizontal ways. Results showed that the texture of HHT and BHT were finer than other soil types，and HGT had the coarsest texture. Sand content were increased by 21% in HGT，125% in HHT，122% in BHT，respectively，with the deepening of soil layer，and textures were becoming coarser in all soil types，except for FST. Soil color became darker with the deepen depth，and HHT profile color was darker than other soil types. Soil pH exhibited increased trend with the depth deepening，the soil pH in HGT，HHT，BHT，FST were raised by 58%，44%，22%，37%，respectively. The pH of HHT was significantly higher than other soil types（P<0.05）. Soil organic carbon（SOC）in HGT，HHT，BHT，FST were decreased by 21%，41%，26%，23% along with the deepening soil layers，respectively. The SOC content in 0-60 cm of HHT was significantly higher than other soil types. Soil nutrients were declined with the soil depth，the available nitrogen，available potassium and available phosphorus in different soil types were averagely reduced by 38.1%-68.2%，46.3%-98.3% and 100%，respectively. From these results，it can be summarized that，on vertical scale，soil development degree，SOC content and soil nutrients were all weakened with soil layer deepening and a significant acidification were found in top soil layers. On horizontal scale，layer black soil has a higher development degree than other soil types.

Key words：soil profile；nutrients；soil types；soil organic matters