

草地土壤次生盐渍化

——松嫩平原次生盐碱斑成因的研究*

张为政

(东北师范大学草地研究所, 130024)

摘 要

草地土壤次生盐渍化是松嫩平原次生盐碱斑形成的主要原因。草地土壤次生盐渍化是在该地区气候干旱、地下水位较高等潜在盐渍化因素的基础上,由于人为因素干扰强度不断增大,草地植被遭到严重破坏而诱发的土壤次生盐渍化过程。草地次生盐渍土具有其独特的剖面形态和理化性质。防治草地土壤次生盐渍化的有效途径是保护和恢复植被。

关键词 草地土壤次生盐渍化,次生盐碱斑,草地次生盐渍土

松嫩平原是我国重要草地资源和盐渍土主要分布地区之一^[4,7]。近年来,随着人为因素干扰强度不断增大,草地植被遭到严重破坏,土壤盐渍化过程日益加重,盐碱斑面积迅速扩大,形成大面积次生盐碱斑。与灌区土壤次生盐渍化过程相似,草地土壤次生盐渍化是在人为干扰条件下发生的。草地次生盐渍土具有其独特的剖面形态、成土过程和理化性质。因此,作者在分析了大量的研究资料和野外调查的基础上,认为草地土壤次生盐渍化是松嫩平原次生盐碱斑形成的主要原因。进一步开展草地次生盐渍土(包括次生盐碱斑)的研究,对丰富我国的土壤盐渍化理论和提高草地生产力的实践均有其十分重要的意义。

一、松嫩平原次生盐碱斑的形成及土壤剖面形态特征

松嫩平原开发初期,水草丰美,以盛产羊草(又名碱草 *Aneurolepidium chinense*)而驰名中外。草地中只有一些零星盐碱斑分布,斑块面积较小。直径大多仅在1米到数米之间¹⁾。据吉林省土壤志(1958)记载,1958年全省共有光盐碱斑面积27.3万公顷,其中草地光盐碱斑面积为26.9万公顷,占草地总面积10.6%^[6]。草地中盐碱斑比例一般在5—15%左右。主要分布在盐碱湖泡周围或低洼渍水平地的小丘顶部。而1984年吉林省白城地区草地资源调查表明(见表1):仅该地区草地盐碱斑面积已扩大到43.4万公顷,占

* 本文是国家自然科学基金项目“北方主要草地类型优化生态模式的研究”课题的一部分。

1) 吉林师大草原室,1964: 东北草原上的碱斑及其利用。草原科学报告会论文集,78—91页。

草地总面积 36.4%。草地中盐碱斑比例多在 20—50% 之间。1958—1984 年的 24 年期间草地中增加盐碱面积 16.5 万公顷, 平均每年增加盐碱斑面积 6,875 公顷^[6]。而且分布范围不再只限于盐碱湖泡周围和渍水洼地, 尤其在村屯及饮水点附近, 大面积盐碱斑连续成片, 星罗棋布。甚至在一些地势较高, 地下水影响很弱的区域也出现了大面积盐碱斑。草地中大面积盐碱斑的出现与人类活动密切相关。是人类活动和环境因子相互作用的结果, 属于土壤次生盐渍化范畴。

本文述及的草地土壤次生盐渍化和次生盐碱斑(或次生盐渍土), 它们与草地土壤原生盐渍化和原生盐碱斑(或原生盐渍土)不仅在形成原因上有区别, 而且它们的剖面形态和理化特性也有很大差异。以吉林省长岭县腰井子羊草自然保护区内外两个草地原生盐渍土和草地次生盐渍土剖面为例说明如下:

表 1 吉林省白城地区草地盐碱斑面积及其比例(1984)

Table 1 Areas and proportions of saline-alkaline soil patches in the grasslands of baicheng region, Jilin

草地类型 Type of grassland	盐碱斑比例 Proportion of saline-alkaline soil patches	各类草地面积 (10000ha) Area of grassland	草地中盐碱斑面积 (10000ha) Area of salinealkaline patches	盐碱斑占草地总面积 (%) Proportion in total area of grassland
非盐碱化草地	<15% (平均 $\bar{x}$ 10%)	30.5	3.05	2.56
轻盐碱化草地	15—30% ($\bar{x}$ 22.5%)	27.8	6.255	5.26
中盐碱化草地	30—50% ($\bar{x}$ 40%)	29.0	11.6	9.75
重盐碱化草地	50—70% ($\bar{x}$ 60%)	15.4	9.24	7.76
盐碱草地	>70% ($\bar{x}$ 80%)	16.6	13.28	11.16
共 计		119.3	43.4	36.4

剖面 1: 采自保护区中央光盐碱斑, 土壤类型为苏打碱化盐土, 属于原生盐渍土。地下水位 158cm。

0—3cm 土壤表面有极薄层的 SiO_2 粉末。浅灰色砂壤质, 结构不明显。无根系。有盐霜和盐结晶析出。

3—27cm 灰黑色壤质, 小棱块状结构。紧实致密, 结构表面有 SiO_2 粉末。土体中有盐结晶析出。无根系。石灰性反应微弱。

27—45cm 青灰色粘壤质。棱柱状结构。紧密, 石灰性反应明显。结构表面有 SiO_2 沉淀。

45—80cm 暗灰色粘壤质。棱块状结构。石灰性反应强烈。有 SiO_2 析出。

80—150cm 浅灰色重壤质。核粒状结构。有石灰性反应

剖面 2: 采自保护区外距村屯 2 公里处的大面积次生盐碱斑, 土壤为结皮苏打盐化草甸碱土。地下水位 168cm。

0—5cm 表层为坚硬致密的盐结皮, 灰白色, 向下为较疏松的轻壤质土。小核状结构, 石灰性反应强烈。有少量细小根系。

5—32cm 棕黑色重壤质,核状结构,有很多植物根系残留。石灰性反应稍弱。

32—57cm 灰棕色粘壤质,小棱块状结构。有大量腐殖质淋溶条纹。仍有较多的植物根系残留。紧密。向下过渡明显。

57—82cm 棕灰色重壤质,棱柱状结构。仍可见腐殖质淋溶条纹。结构表面有少量 SiO_2 粉末。

82—168cm 青灰色重壤质,核粒状结构,较紧,极湿。成土过程不明显。受季节性地下水位变化的影响,剖面中有潜育化现象。石灰性反应较强。

草地次生盐渍土和原生盐渍土的某些化学性质比较见表 2。

从草地原生和次生盐渍土的剖面特征及其化学性质比较可以看出;在自然条件下,由

表 2 草地次生和原生盐碱

Table 2 Comparison of some chemical properties between

土壤类型 Soil type	采样地点 Location	采样时间 Time of sampling (年.月)	深度 (cm) Depth	pH ($\text{H}_2\text{O}/\pm 1:1$)
原生盐碱斑	吉林长岭种马场北 甸子中央	1988.9	0—5	9.8
			5—15	8.9
			15—48	8.3
			48—67	8.2
			67—100	8.2
次生盐碱斑	吉林长岭种马场村 屯附近	1988.9	0—7	10.5
			7—18	9.7
			18—52	9.0
			52—70	9.2
			70—120	8.0
原生盐碱斑	吉林长岭保护区内	1989.9	0—5	8.9
			5—17	8.7
			17—50	8.7
			50—80	8.6
			80—110	7.5
次生盐碱斑	吉林长岭保护区外	1989.9	0—5	10.5
			5—27	10.5
			27—55	8.8
			55—80	9.7
			80—110	8.0
原生盐碱斑	吉林前郭保护区内	1988.9	0—3	8.7
			3—27	9.0
			27—45	8.9
			45—80	8.5
			80—120	7.8
次生盐碱斑	吉林前郭保护区外	1988.9	0—5	9.8
			5—32	9.5
			32—57	9.3
			57—82	9.7
			82—120	8.0

地球化学过程而形成的原生盐渍土,因经历的盐渍化过程时间较长,土壤结构破坏严重。土体中有较多的盐结晶析出和 SiO_2 粉末出现。有机质含量极微,颜色较浅。pH 值和碱化度 (ESP)、 Na^+ 和可溶性盐含量等盐渍化指标较高;并且呈上层高下层低的趋势。而石灰性反应则由上至下逐渐增加。草地次生盐渍化土壤则因盐渍化过程时间较短,土体中还残存着许多原土壤(如草甸土、深位盐碱化草甸土等)的特征。如在亚表层(10—50cm)水溶性有机质含量较高,仍存在较多植物残根等。积盐较少,盐碱化程度较轻。 SiO_2 粉末和斑块较少。可溶性盐和 Na^+ 含量一般较低。但 pH 值和 ESP 却较高。这是因为在草地土壤次生盐渍化过程中,有机质大量分解产生了大量 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 造成的。

斑土壤的某些化学性质比较

soils with secondary and primary saline-alkaline patches

可溶盐总量 (g/kg) Soluble salts	Na^+ [cmol(+)/kg soil]	ESP (%)	水溶性有机质 (g/kg) Soluble organic matter	无定形 SiO_2 (g/kg) Amorphous SiO_2
7.30	16.12	39.6	0.810	93.67
9.56	17.51	37.4	0.451	32.45
8.79	15.69	38.6	0.080	31.64
6.51	13.40	25.4	—	32.50
4.23	12.10	43.2	—	4.05
7.66	9.345	58.3	0.520	10.08
4.97	8.470	45.6	1.540	0.49
3.55	7.591	43.3	1.249	20.51
5.61	9.975	58.5	1.920	32.60
1.97	7.261	32.9	—	1.21
9.90	13.25	51.2	0.050	112.8
8.78	14.11	50.3	0.091	69.82
6.51	12.10	29.4	—	51.74
6.73	10.36	42.3	—	9.16
3.22	9.87	39.1	—	9.01
4.98	9.777	49.2	2.350	63.71
4.15	7.939	32.5	4.371	8.94
4.37	5.456	19.9	5.149	7.49
3.82	10.21	42.3	0.510	52.99
3.21	7.256	11.5	0.040	21.24
7.75	10.37	41.6	0.100	89.64
8.09	9.295	38.3	0.170	73.12
7.19	7.423	19.5	—	72.22
5.28	7.452	28.4	—	50.93
3.24	5.360	24.4	—	21.25
5.21	2.561	21.2	0.900	43.31
4.98	9.457	49.9	3.590	12.53
3.80	7.369	32.7	4.100	13.84
4.93	8.655	51.4	0.801	35.95
3.21	3.497	21.3	—	25.65

二、草地土壤次生盐渍化原因的探讨

松嫩平原土壤盐渍化类型主要为苏打盐渍化。由于苏打(即碳酸钠)为强碱弱酸盐,能发生碱性水解使土壤水溶液呈强碱性。它既可使土壤发生盐化,又可使土壤碱化。大多数盐渍化土壤是盐化伴生碱化^[4,5]。按下面杨国荣等(1985)^[6]拟定的苏打盐渍土分类指标:

全盐量 (g/kg)	类型	碱化度	类型
<1	非盐化土	<5	非碱化土
1—3	轻盐化土	5—15	弱碱化土
3—5	中度盐化土	15—30	中度碱化土
5—7	强度盐化土	30—45	强碱化土
>7	盐土	>45	碱土

松嫩平原草地盐碱斑(包括原生和次生)多属于苏打碱化盐土和苏打盐化碱土(见表2)。所以本文将草地土壤中的次生盐化和次生碱化两个过程统称为草地土壤次生盐渍化。而将草地次生盐斑(土)或次生碱斑(土)统称为草地次生盐碱斑(或次生盐渍土)。

草地土壤次生盐渍化过程与误区土壤次生盐渍化类似,自始至终是在人为干扰下发生和进行的。只不过灌区土壤次生盐渍化是由于人类不合理灌排而导致土壤次生盐碱化。草地土壤次生盐渍化则是因为人类不合理利用草地,如过度放牧、割草、搂柴、烧荒和挖药等原因使草地植被受到严重破坏所致。草地植被维持着土壤中积盐与脱盐的平衡(表3)。从表3不同植物群落下土壤水分运动状况的测定结果可知,植被覆盖度的减少,则增大土壤表面的水分蒸发,土体中上升水流的数量和速度都大大提高,从而增加土体下层盐分向表层积聚的数量和速度。另外草地生物产量的下降使草地生态系统人不敷出,

表3 不同植物群落下土壤水分运动状况¹⁾

Table 3 Movement of water in soils with different plant communities

植物群落类型 Community	盖 度 (%) Coverage	土壤水渗透系数 (cm/h) Permeability coefficient of soil water	土壤水蒸发量 (g/h) Evaporation rate of soil water
羊草+拂子茅	75	15.2(11)	6.9(11)
羊草+寸草苔	60	10.5(11)	7.4(11)
羊草+隐子草	55	8.7(7)	8.9(10)
小獐茅+碱蒿	65	6.4(7)	9.3(10)
碱 蓬	45	4.7(7)	11.4(10)

1) 括号内为重复次数。

土壤有机质含量大幅度下降,结构变坏,孔隙减少使土体中下渗水流的数量和速度大大降低,从而也导致土壤表层脱盐速率大大降低。相对提高了土壤积盐速率。干旱条件下地下水含有显量残余碳酸钠,加以有机质大量分解产生的碳酸盐和重碳酸盐,使土壤 pH 值升高和碳酸钠盐积累导致土壤溶液中的 Ca^{+1} 、 Mg^{+1} 以碳酸盐的形式沉淀下来,大大提高 Na^{+} 的代换能力而进入土壤吸收性复合体使土壤发生次生碱化。由此可见,导致草

地土壤水盐平衡发生变化而形成土壤次生盐渍化的主导因子是破坏植被。导致灌区土壤水盐条件恶化而发生次生盐渍化的主导因子则是灌排不合理。因而二者的防治措施也不同。防治灌区土壤次生盐渍化的根本措施是合理灌溉和降低地下水位。而防治草地土壤次生盐渍化的有效途径则是保护和恢复植被。

合理放牧对保护和恢复草地植被, 防止草地土壤次生盐渍化有着重要的作用。我们对不同放牧演替阶段的植物群落组成的调查表明(图 1), 随着放牧强度的增大, 草地植物群落组成发生明显变化。在轻牧和适牧阶段, 群落中以羊草、拂子茅等优质牧草为主要成分, 约占整个群落的75—80%。少量分布有糙隐子草、寸草苔等杂类草, 约 20—25%。重牧阶段后群落中优质牧草急剧减少。碱蓬、星星草等耐盐碱植物开始出现。随着放牧强度继续增加, 耐盐碱植物逐步取代其它植物种而在群落中成为优势种。形成碱蓬、星星草、小獐茅等耐盐碱植物群落。草地群落总生物量(干物质生产量)和土壤有机物质的积累随着放牧压的增大呈下降趋势(见图 2)。

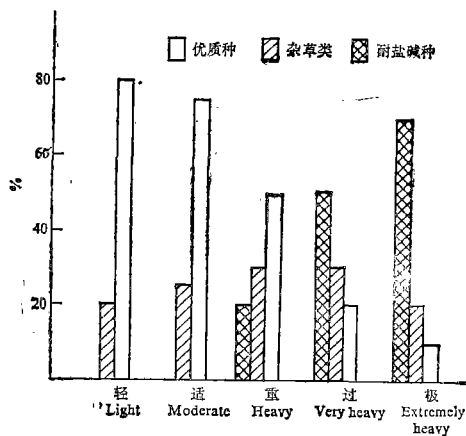


图 1 不同放牧演替阶段植物群落组成的变化
Fig. 1 Changes in the composition of plant communities at various grazing stages

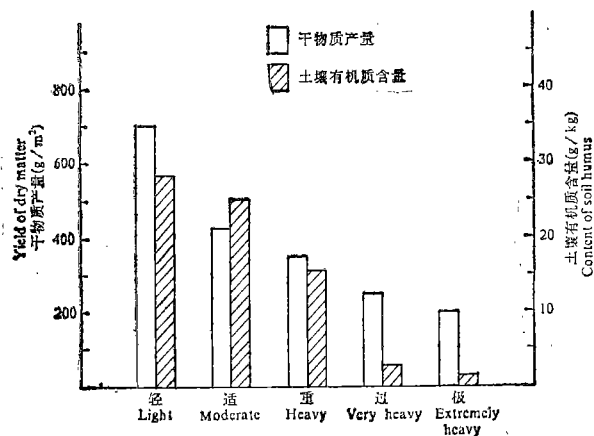


图 2 不同放牧演替阶段群落产量及其土壤有机质含量的比较

Fig. 2 Comparison of plant yield and soil humus content among different grazing stages

随着放牧压的增大耐盐碱植物的出现和增多, 使群落的生物产量和盖度下降。其体

随着草地生物产量和土壤有机物质积累的减少, 土壤养分状况和理化性质不断恶化。植被覆盖度也随着放牧强度的增大而迅速下降(见图 3)。虽然碱蓬种群覆盖度较大, 但因其生育期较短, 实际覆盖地表时间远远低于羊草种群。植物群落覆盖度及其土壤理化性状(如结构状况、孔隙度等)对土体内上下水流的相对运动有很大影响(表 3)。植被覆盖度较大的羊草群落下的土壤渗水率远远高于盖度较小的碱蓬群落。而土壤水蒸发量则随着植被盖度的增大有所下降。这说明植被生长状况直接或间接地维持着土体内的水盐平衡。一旦这种平衡被破坏,

土壤盐分就会在表层积累。草地土壤次生盐渍化正是在植被遭到严重破坏的情况下发生的。

表 4 几种主要植物种的生物学特性比较

Table 4 Comparison of biological characters among several dominant plants

植物种类 Species of plant	干物质产量 (g/m ²) Yield of dre matter	含盐量 (g/kg) Salt content	Na ⁺ (g/kg)
羊 草	550—650	35—45	6.5—7.5
拂 子 茅	600—700	25—30	4.2—4.5
小 薹 茅	450—550	55—63	12—14
碱 蓬	50—100	180—220	48—62
星星草	150—250	48—53	5—7.5
糙隐子草	80—120	30—40	6—8
寸草苔	150—250	20—30	3.5—4.0

内又积累了较多的可溶性盐分和 Na⁺ (见表 4)。植株死亡分解后盐分残存积累于地表, 直接参与土壤次生盐渍化过程。土壤可溶性盐分和碱化度 (ESP) 随着放牧压的增大呈

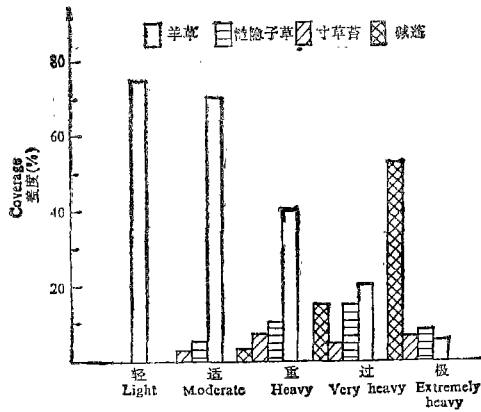


图 3 不同放牧演替阶段植物种类盖度的比较

Fig. 3 Comparison of coverage among different grazing stages

直线上升趋势。在过牧阶段碱蓬群落中出现了面积较大的次生光盐碱斑。草地土壤次生盐渍化现象日趋严重。需要指出的是, 因村屯附近放牧等人为干扰强度较大, 土壤次生盐渍化较重, 次生光盐碱斑面积较大, 分布范围较广。甚至在一些地势较高, 受地下水影响很弱的部位也有次生盐碱斑出现。但次生盐碱斑多出现在草甸土或深位柱状草甸碱土分布区。如果地势较高, 地下水位较低, 次生盐碱斑形成时间较短, 土壤某些理化性质还未明显地恶化。则较容易恢复土壤肥力和植被生长。东北师大草地所在吉林省长岭羊草自然保护区进行的草地盐碱斑治理试验证明:

采用枯草覆盖混埋种植羊草的方法, 只要在

次生盐碱斑上混埋覆盖少量枯草即可恢复植被且生长发育良好。而地球化学作用形成的原生盐碱斑, 一般分布地势较低, 受地下水影响较大, 极易返盐。所以防治很难。研究草地中两类性质不同的盐碱斑, 区分盐渍化的特点, 有助于我们对草地进行科学管理, 制定合理的放牧和割草制度。克服草地盐渍土改良实践中的盲目性, 有利于提高草地生产力。

三、草地土壤次生盐渍化特点及盐渍化防治途径

前已述及, 草地土壤次生盐渍化有别于草地土壤原生盐渍化; 和灌区土壤次生盐渍化的形成原因也有所不同^[1-3,9,10]。草地次生盐渍土在干旱半干旱地区草地土壤中较广泛存在。为了便于比较, 我们现将草地土壤次生盐渍化特点及其防治途径归纳列于表 5。

表 5 草地土壤次生、原生盐渍化及灌区土壤次生盐渍化过程的主要特点

Table 5 Main characters of secondary and primary soil salinization processes in grasslands and secondary soil salinization process in irrigated area

盐渍化过程 Process of salinization	气候条件 Climate	地 形 Relief	地下水状况 Status of under- ground water	植被演替过程 Process of plant succession	主导因子 Dominant factor	剖面特征 Characteristics of profile	理化特性 Physical and chemical properties	防治与改良途径 Prevention control and improvement ways
草地土壤次生 盐渍化	干旱	地形低洼和 地势较高处均 有分布, 面积 大, 分布广	地下水位相对 较低, 受地下水 影响较弱	羊草-羊草、寸 草苔→羊草、糙 隐子草、虎尾 草→碱蓬、星星 草或小薹茅→光 盐碱斑	人为破坏植被	残存次生盐渍化 前原土壤的某些剖 面特征, 亚表层颜 色较深, 残留根系 较多, 土壤结构破 坏较轻, SiO_2 粉末 和盐结晶少。不时 有双重盐碱化层存 在	水溶性有机质含 量较高, SiO_2 含量 低, 亚表层可溶性 盐和碱化度低	较易防治, 主 要可采取生物防 治措施, 保护和 恢复植被, 降低 地下水位和消除 地面涝渍积水
草地土壤原生 盐渍化	干旱	地形低洼处 无稍高部位, 面积较小, 分 布零星	地下水位一般 较高, 受地下水 影响强烈	碱蓬、星星草 或小薹茅, 光盐 碱斑	气候、水文等 因子综合影响	全剖面颜色较 浅, 土壤结构表层 呈小棱块状, 碱化 层呈棱柱状, 根系 极少、有大量 SiO_2 粉末和盐结晶析出	水溶性有机质含 量极微, SiO_2 含量 高、全剖面可溶性 盐和碱化度较高, 尤以表层最高	防治较难, 主 要可采取水利和 化学改良等综合 措施
灌区土壤次生 盐渍化	干旱	平坦地势的 微高起之处或 低洼地周围的 “二坡地”	地下水位受灌 溉水量影响, 对 土壤积盐影响较 大	农田作物生长 受不同程度的抑 制或缺苗, 田间 杂草有耐盐植物	灌排不合理	盐分累积表聚性强	表层或亚表层盐 分增多, 有的碱化 度亦高, pH 值较 非盐渍高, 其它理 化性质与其共存的 非盐渍土类似	较易防治, 采 取水利用和农业生 物措施相结合的 综合防治

可以看出,草地土壤次生盐渍化虽然受该地区气候干旱,地下水位较高等潜在盐渍化因素的影响,但因过渡放牧等人为干扰所引起的植被严重退化是导致土壤次生盐渍化发生的主要原因。它与草地土壤原生盐渍化和灌区土壤次生盐渍化的形成有所区别。其剖面形态和理化特性也有所不同。区别不同的土壤盐渍化过程可以为盐渍土分类和因地制宜防治土壤盐碱化提供科学依据。

参 考 文 献

1. 王遵亲,1985: 中国土壤盐渍过程及盐渍分区。国际盐渍土改良学术讨论会论文集,18—24页,科学出版社。
2. 俞仁培、熊毅,1985: 中国的碱化土壤。国际盐渍土改良学术讨论会论文集,36—46,科学出版社。
3. 单光宗,1985: 干旱及半干旱地带灌区土壤次生盐渍化及其防治。土壤学进展,第1期,1—8页。
4. 李昌华、何万云,1963: 松嫩平原盐渍土主要类型、性质及其形成过程。土壤学报,第11卷2期,196—208页。
5. 程伯容等,1963: 东北松嫩平原盐渍土的盐分积累。土壤学报,第11卷1期,19—24页。
6. 杨国荣等,1986: 东北松嫩平原苏打盐渍土资源及其开发、利用与改良治理。中国土壤学会苏打盐渍土改良学术讨论会论文集,吉林科技出版社。
7. 祝廷成等,1986: 中国温带的草地资源和草地牧业的进一步发展。中国草原,第3期,1—7页。
8. 杨国荣等,1985: 东北松嫩平原苏打盐渍土的数值分类研究。国际盐渍土改良学术讨论会论文集,59—70页,科学出版社。
9. Peck, A. J., 1975: Development and Reclamation of Secondary Salinity. University of Queensland Press, pp. 301—317.
10. Kovda, V. A. et al., 1973: Irrigation, Drainage and Salinity UNESCO/FAO, pp. 402—408.

SECONDARY SALINIZATION OF GRASSLAND SOIL

—THE FORMATION OF SECONDARY SALINE-ALKALINE SOIL PATCHES IN GRASSLANDS OF SONGNEN PLAIN

Zhang Weizheng

(Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun, China, 130024)

Summary

The secondary salinization of grassland soil is the main reason for the formation of secondary saline-alkaline soil patches in grasslands in Songnen Plain. In the presence of potential salinization factors such as dry climate and high underground water level the secondary salinization of grassland soil was induced because vegetation had been ruined due to strong anthropogenic interference. Therefore, the secondary saline-alkaline soil in grassland had its special profile and physical and chemical characteristics. It is suggested that to protect and recover vegetation is an effective way to prevent and improve secondary saline-alkaline grassland soil in Songnen Plain.

Key words Secondary salinization of grassland soil, Secondary saline-alkaline soil patches, Secondary saline-alkaline grassland soil