

翻盖“埋藏沼泽土”对粉质砂壤土水分运行的影响

袁剑舫 周月华

(中国科学院南京土壤研究所)

我国江苏北部淮阴等地,在地下一米左右或更深处埋藏有一层老沼泽土层,富含有机质,有明显的小团块状结构,农民称之为“黑土”。当地农民有用翻盖“黑土”的办法来改良盐渍土的习惯。盐渍土在翻盖“黑土”后,抑制了地表返盐,增产效果显著。众所周知,土壤中的盐分主要随土壤中水分的运行而运行,翻“黑土”所以能改良盐土,主要与它改变了土壤中水分的运行有关。本工作主要通过实验室模拟试验,研究“黑土”层对粉质砂壤土水分运行的影响,从而讨论翻“黑土”对改良盐土的作用。

试验标本和方法

土样共四个:(1)盐土的表层。由于其含盐量高,不长作物,农民称为“死碱”。(2)盐土的中层,即“死碱”心土。(3)新翻上的老沼泽土层,农民称为新“黑土”。(4)翻过多年的老沼泽土层,农民称为老“黑土”。新、老“黑土”都采自表层0—20厘米。采样地点为江苏淮阴专区涟水县五港公社。土壤机械组成和有机质含量见表1。

表1 土壤有机质含量和机械组成

| 土壤 | 有机质含量 (%) | 各级颗粒(毫米)含量(%) | | | | | | | 质地名称 |
|-------------------|-----------|---------------|-----------|-----------|------------|-------------|--------|-------|--------|
| | | 1—0.25 | 0.25—0.05 | 0.05—0.01 | 0.01—0.005 | 0.005—0.001 | <0.001 | <0.01 | |
| 盐土的表层(死碱) | 0.37 | 0 | 15.7 | 70.5 | 4.1 | 3.0 | 6.7 | 13.8 | 粗粉质砂壤土 |
| 盐土的中层(死碱心土) | — | 0 | 11.1 | 76.4 | 3.8 | 1.9 | 6.8 | 12.5 | 粗粉质砂壤土 |
| 新翻的老沼泽土层(新“黑土”) | 2.62 | 0 | 0.9 | 19.2 | 11.0 | 29.9 | 39.0 | 79.9 | 粉粘质中粘土 |
| 翻过多年的老沼泽土层(老“黑土”) | 0.82 | 0.4 | 14.5 | 49.9 | 4.8 | 16.2 | 14.2 | 35.2 | 粗粉质中壤土 |

试验用的土柱有两种:一种土柱的直径约14厘米,高105厘米,装在铁皮筒中,用来研究新“黑土”和老“黑土”对水分运行的影响,以及新“黑土”的结构状况在抑制水分上升中的作用;另一种土柱的直径约3厘米,高50—150厘米,装在玻璃管中,用来研究新“黑土”层厚度以及新“黑土”层离地下水位的距离对水分运行的影响。铁皮筒中土柱的装法如

下: 水位上面 85 厘米以内装通过 2 毫米筛孔的“死碱”心土(原状土可全部通过 2 毫米孔), 表面 20 厘米(距水位 85—105 厘米)分四种处理: (1)装通过 2 毫米筛孔的“死碱”表土(原状土可全部通过 2 毫米孔); (2)装通过 1 厘米筛孔的新“黑土”; (3)装通过 1 厘米筛孔的老“黑土”; (4)装磨碎通过 0.75 毫米筛孔的新“黑土”, 以研究新“黑土”大结构被破坏后对水分运行的影响。土柱一侧每隔 10 厘米插一陶土管, 与压力计相联, 测定蒸发过程中各层水分张力的变化。玻璃管中土柱的装法与铁皮筒中的一样, 但表面都装通过 1 厘米筛孔的新“黑土”, 不插陶土管。以上两种土柱底部都接上浓度为 2 克/升的 CaCl_2 溶液。观察土柱中水分毛管上升的速度。当水分上升至土表后, 开始蒸发。表面为新“黑土”或老“黑土”的土柱, 水分不易上升至土表, 当水分上升至“死碱”与“黑土”层交界处, 从土表加入蒸馏水, 使下渗的湿锋与上升的湿锋相接, 待水分运行基本停止后, 土柱开始蒸发。蒸发共 27 天。蒸发时室温保持 39°C 左右。观察蒸发过程中 CaCl_2 溶液的补给量以及铁皮筒中各土层负压力的变化。

用真空毛细管测定各土样中各级孔隙的容积百分数(阿斯塔波夫, 1947)。用石蜡法测定新“黑土”和老“黑土”的团聚体内部和团聚体间的孔隙, 并将土壤制成薄片(樊润威等, 1963), 在偏光显微镜下摄影, 观察其孔隙状况。

结果和讨论

盐渍土翻盖“黑土”后, 作物生长好。一方面是因“黑土”中有机质多(见表 1), 养分较丰富, 一方面是因“黑土”可抑制土壤水分蒸发, 避免或减少了地表返盐。现就“黑土”抑制水分蒸发的作用讨论于后。

(一) 翻盖“黑土”抑制水分上升的作用

当土壤与地下水有毛管联系时, 随着土表的蒸发, 地下水不断通过毛管向上补给, 因此地下水的补给量可反映土壤的蒸发强度。如果地下水中含有盐分, 也可反映土壤的返盐强度(Russell, 1973)。试验表明, 铁皮筒土柱在 27 天蒸发期间, “死碱”土的地下水补给量高, 达 1173 毫升, 而表面盖有新“黑土”的地下水补给量只有 747 毫升, 这说明了表面覆盖新“黑土”有助于抑制地表返盐。但是表面盖有老“黑土”的地下水补给量为 1261 毫升, 略高于“死碱”土, 这可能是由于蒸发过程中老“黑土”层中形成较大的裂隙, 而增加土壤水分蒸发量。如土表 20 厘米盖上磨碎(过 0.75 毫米筛孔)的新“黑土”, 地下水补给量亦较高, 约 1125 毫升, 和“死碱”土差不多。由此可见, 新“黑土”之所以有显著抑制水分的蒸发和地表返盐的作用, 主要在于它有比较好的结构。新“黑土”变为老“黑土”后, 有机质减少, 团聚体被破坏, 结构性变差, 抑制水分蒸发和返盐的作用也逐渐减退, 甚至完全消失。农业生产实践中也有这种情况, 一般在翻盖“黑土”初期, 作物生长情况较好, 但耕作几年后, 地表又重行返盐。

土壤中水分的运行与土壤负压力的大小密切相关。我们在试验中每日逐层观察了土柱中负压力的变化。并在蒸发开始前、蒸发 16 天后以及蒸发 27 天后逐层测定了土壤含水量(图 1)。在蒸发过程中, 各种覆盖层的负压力的变化情况有很大差异。新“黑土”层的负压力, 在蒸发过程中急剧增加。新“黑土”层上部(距地下水位 105 厘米)的负压力, 蒸发

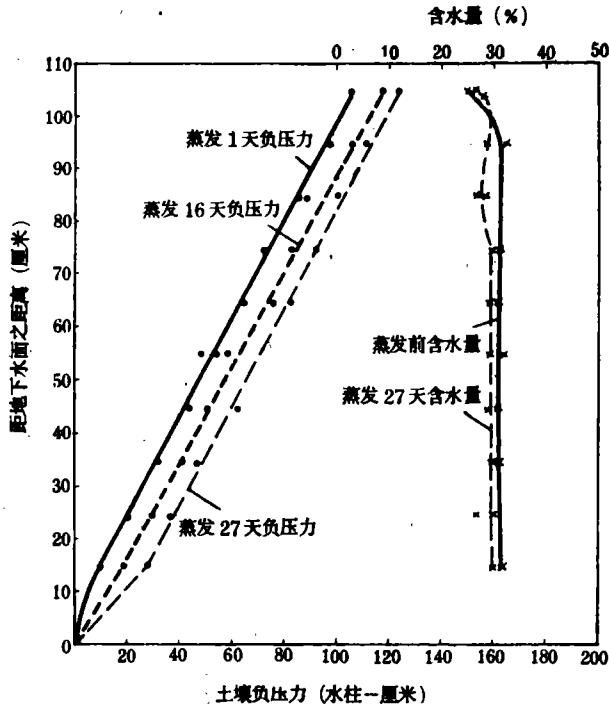


图 1a 蒸发过程中“死碱”土柱中各土层负压力和含水量的变化

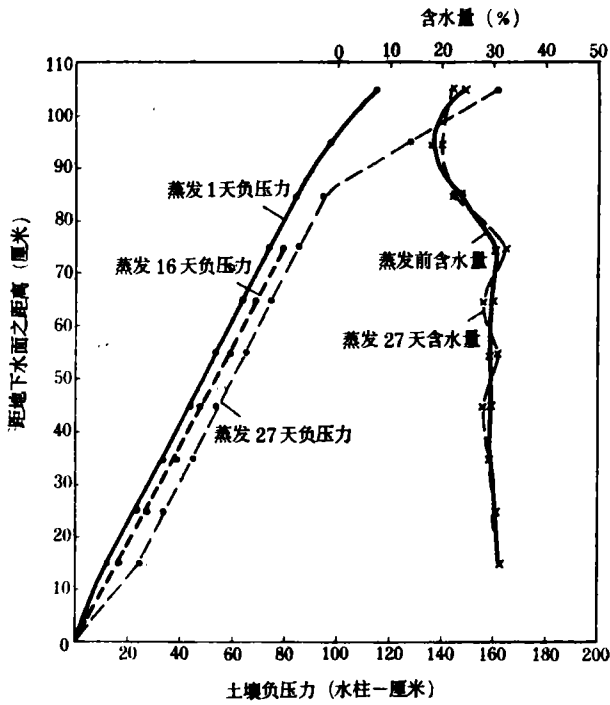


图 1b 蒸发过程中覆盖老“黑土”的土柱中各土层负压力和含水量的变化

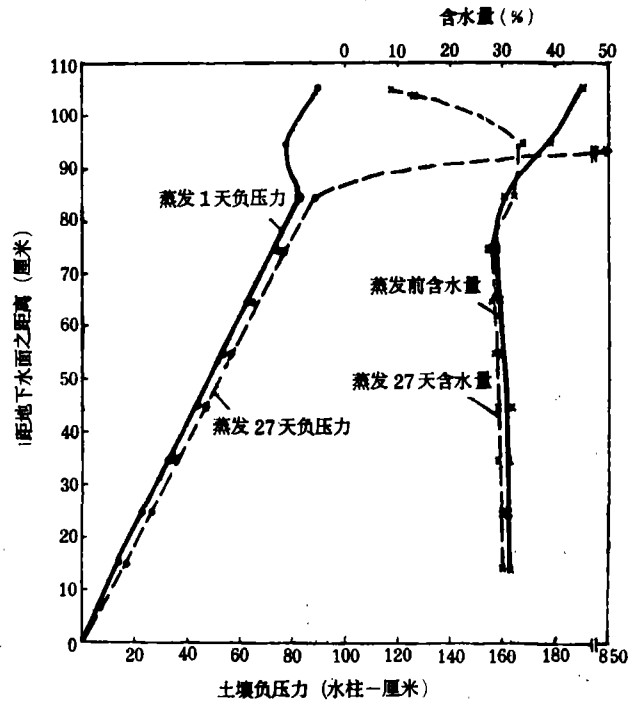


图 1c 蒸发过程中覆盖新“黑土”的土柱中各土层负压力和含水量的变化

初期为 90 厘米(以水柱高度表示,下同),蒸发 10 天后,增至 839 厘米。新“黑土”层下部(距地下水位 95 厘米),蒸发初期为 77 厘米,蒸发 22 天后,增至 398 厘米,以后很快地达到 840 厘米以上,超过了陶土管所能承受的负压范围。老“黑土”层上部(105 厘米处)的负压,蒸发初期为 114 厘米,蒸发 27 天后增至 161 厘米;老“黑土”下部(95 厘米处)的负压蒸发初期为 97 厘米,蒸发 27 天后增至 127 厘米。上述结果说明,老“黑土”层的负压较新“黑土”层的负压增加得慢得多。“死碱”土层中的负压,蒸发 27 天后,增加得更少,在 105 厘米处,由 105 厘米增加至 122 厘米,95 厘米处由 96 厘米增至 111 厘米。看来,不同土壤在蒸发过程中的负压变化情况有明显的差异。如蒸发时,土柱中的水分源源不断地由下向上运行,则土柱表层的含水量就基本没有变化或变化很小,因此,表层土壤的负压增加缓慢。如表土蒸发掉的水分不能得到由下向上运行的水分的不断补充,则表土含水量将迅速减少而形成干燥层,负压也将急剧增加,并反过来抑制水分上升。土表覆盖新“黑土”后,可迅速形成干燥层,而抑制水分上升(覆盖新“黑土”的土柱,蒸发 27 天的地下水补给量只有 747 毫升,而没有新“黑土”覆盖的“死碱”土柱,却有 1173 毫升,约为前者的 1.6 倍),并有效地防止地面返盐。

覆盖层下面各土层在蒸发过程中负压力的变化情况也因覆盖层的不同而有明显差异。新“黑土”层下面各土层,蒸发 27 天后,与蒸发初期相比,负压一般只增加 3 厘米左右,最大的达 5 厘米,老“黑土”下面各土层,一般增加 10—12 厘米左右,而在“死碱”土柱中,表层以下各土层的负压一般都增加 15—21 厘米左右。由此可见,蒸发过程中,表层负压增加得快时,其下各土层的负压增加得就慢,反之,表层负压增加得慢时,其下

各层负压力就增加得快。必须指出,如图 1 所示,当蒸发过程中,表层以下各土层负压力增加时,相应各层的含水量却基本上没有变化。

据我们的试验结果表明,如土柱表层具有抑制水分上升的作用,则表层土壤的含水量将因蒸发而迅速降低,负压力也急剧增加。这种抑制水分上升的作用愈大,含水量降低和负压力增加的速度愈快,反之愈慢。如土壤处在覆盖层下面,而覆盖层具有抑制水分上升的作用,则在蒸发过程中,其负压力增加缓慢;如果覆盖层不能抑制水分上升,或抑制作用较弱,则蒸发过程中,其负压力的增加相比之下就快得多。负压力变化的差异是由蒸发强度的不同所引起的。蒸发强度愈大,心土层负压力增加愈快,反之则增加愈慢。

(二) 翻“黑土”抑制水分蒸发的原因

土壤水分蒸发受土壤中水分含量和负压力的影响 (Idso 等, 1974; Saxena 等, 1974), 也与土壤中水分通路的畅通情况有关。土壤团聚体间的接触点是水分运行的通路之一, 团聚体愈大, 团聚体间的接触点愈少, 土壤导水能力亦将降低 (Miller 等, 1963), 而使蒸发减弱。根据用萨维诺夫法进行团聚体分析的结果(表 2), 新“黑土”中 3—0.25 毫米的团聚体数量, 较老“黑土”和“死碱”土都多。磨碎过 0.75 毫米筛孔的新“黑土”, 3—0.5 毫米的团聚体大部被破坏而汇集至 0.5 毫米以下。图版照片也说明了这种情况。新“黑土”有较多的大团聚体, 可抑制土壤水分上升, 而阻止地表返盐。反之, “死碱”和磨碎的新“黑土”中, 团聚体较小, 老“黑土”中虽有一些较大的团聚体, 但有很多小团聚体混杂其中, 因而团聚体间的接触点较多, 从而促进土壤中水分上升, 加强地表返盐。

表 2 土壤的团聚体组成

| 土 壤 | 各级团聚体(毫米)% | | | | | |
|-------------------------|------------|-----|-----|-------|----------|-------|
| | 10—5 | 5—3 | 3—1 | 1—0.5 | 0.5—0.25 | <0.25 |
| 盐土的表层(死碱) | 0 | 0.3 | 0.4 | 1.4 | 1.3 | 96.6 |
| 过 1 厘米孔的新翻的老沼泽土层(新“黑土”) | 0.2 | 0.9 | 6.9 | 26.1 | 14.8 | 51.1 |
| 过 0.75 毫米孔的新翻的老沼泽土层 | 0 | 痕迹 | 痕迹 | 13.0 | 20.7 | 66.0 |
| 过 1 厘米孔的翻过多年的老沼泽土层 | 0 | 0.2 | 1.5 | 3.0 | 4.4 | 90.9 |

团聚体的大小不仅决定团聚体间接触点的多少, 也影响土壤中孔隙的分配。土壤孔隙与水分运行密切相关。据 Никольский 等的研究 (1961), 直径小于 0.001 毫米的孔隙中, 滴状液态水实际上不能运动。我们以前的工作表明 (袁剑舫、周月华, 1964), 如果 0.05—0.005 毫米的孔隙多, 则水分的毛管运行比较强烈。根据真空毛细管计法的测定 (表 3), 新“黑土”中 0.05—0.005 毫米的孔隙比较少, 而大于 0.05 毫米的比较多。反之, “死碱”土中 0.05—0.005 毫米的孔隙较多, 老“黑土”中大的孔隙虽然不少, 但 0.05—0.005 毫米的孔隙也很多, 在通过 0.75 毫米筛孔的新“黑土”中, < 0.005 毫米的小孔隙也较多。所以新“黑土”中水分运行慢, “死碱”和老“黑土”等土壤中水分运行快。

水分运行的速度不仅决定于该土层本身的孔隙状况, 而且还受该层孔隙与相邻土层的孔隙的关系的影响 (Baver, 1972; 罗戴, 1955)。相邻两土层孔隙大小的差别愈大, 对水分运行的影响也愈大。新“黑土”中较大的孔隙体系, 与垫在下面的“死碱”土中较小的

孔隙体系组成一种层状孔隙系统,对水分的上升运行有明显的影 响 (Benoit 等, 1963; Eagleman 等, 1962; Фелициант, 1959)。据 Eagleman 等 (1962) 的研究, 当小孔隙中运行的水分接触到大孔隙时, 水分就停止运行, 只有土层交界面上的水分张力降低到足够低, 而有显著数量的大孔隙能充满水分时, 水分才能继续运行。因此, 当水分从下面上升到新“黑土”层与“死碱”土的交界处后, 水分运行立即由毛管机制转为膜状机制和扩散机制 (Idso, 1974), 上升速度急剧降低 (图 2) (Дерягин, 1974; Ковтун, 1973)。从图 2 可看出, 如新“黑土”层已干燥, 地下水基本上不能上升至地表, 地表可以不返盐或返盐很少。如新“黑土”层比较潮湿 (例如在下雨以后), 新“黑土”的部份或全部孔隙将充满水分, 而与下层小孔隙体系中的水分呈毛管联系, 并使孔隙中的水分借毛管力向上运行。根据我们的试验, 在表层灌水后, 表面盖有新“黑土”的土柱, 蒸发时, 仍有地下水以一定速度向上补给, 但补给的速度较“死碱”土小。这种土柱因具有两种不同孔隙状况的土层, 并在两个土层交界处水分传导能力较低, 所以补给的水量不能补偿蒸发消耗的水量, 而在表面逐渐出现干燥层 (图 1c), 进一步抑制水分上升。“死碱”土或表面盖有老“黑土”的土柱, 土层间孔隙的差异不甚大, 地下水补给快, 表层不易干燥, 蒸发强度不易降低, 因而促进表层返盐。

3—5 和 5—10 毫米的新“黑土”团聚体中, 水分上升速度较同样大小的老“黑土”中水分上升速度慢 (图 3), 说明新“黑土”层抑制水分运行的原因, 除孔隙较大外, 还可能与其他因子, 如表面性质和有机质的种类和数量等有关。据 Miller 等 (1962) 的研究, 当湿锋遇到团聚体后, 水分进入团聚体内部孔隙, 再通过团聚体间的接触点, 从一个团聚体流向另一个团聚体。因此, 团聚体内部孔隙多时, 水分运行就比较快。石蜡法的测定表明 (表 4), 新“黑土”团聚体的内部孔隙较同样大小的老“黑土”的团聚体多。所以新“黑土”比老“黑土”不利于抑制水分的运行。但它们的有机质含量不等, 使团聚体的湿润性能有差异, 这可能是新“黑土”中水分上升速度慢的另一原因 (Рыбина, 1973)。

(三) 不同地下水位和不同“黑土”层厚度抑制水分上升的作用

水分的运动性与地下水位的高低和土壤含水量的大小密切相关。在地下水位高, 含水量大时, 水分的运动性大。玻璃管试验表明, 随着地下水位的升高, 新“黑土”层抑制水分上升的作用相对降低, 如新“黑土”层离地下水 30—50 厘米时, 27 天蒸发期间, 地下水

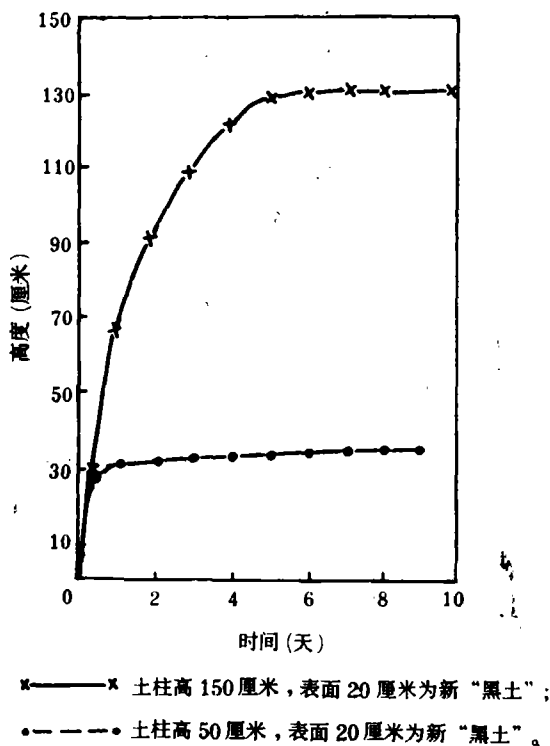


图 2 离地下水不同距离的新“黑土”层对水分毛管上升速度的影响

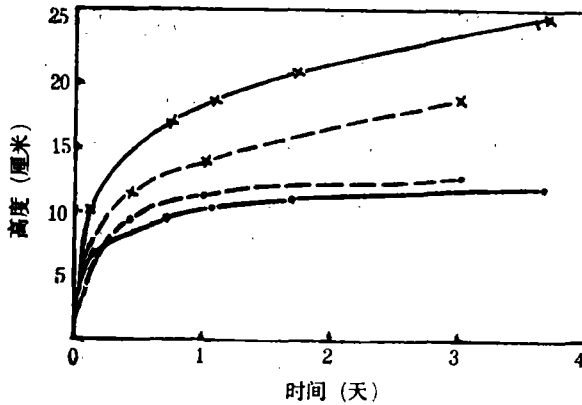


图3 同样大小的新、老“黑土”团聚体中水分毛管上升速度的比较

表3 土壤中各级孔隙的数量(容积%)

| 土壤 | 孔隙的直径(毫米) | | | | 总孔隙度 |
|----------------|-----------|----------|------------|--------|------|
| | >0.1 | 0.1—0.05 | 0.05—0.005 | <0.005 | |
| 新“黑土” | 7.8 | 4.1 | 0.9 | 42.2 | 55.3 |
| 过0.75毫米孔的新“黑土” | 3.8 | 0.3 | 7.9 | 47.2 | 59.2 |
| 老“黑土” | 8.9 | 0.5 | 18.5 | 24.2 | 52.1 |
| “死碱” | 2.9 | 0.6 | 17.7 | 27.3 | 48.5 |

表4 新“黑土”和老“黑土”中团聚体内和团聚体间的孔隙数量(容积%)

| 土壤 | 团聚体内部孔隙 | 团聚体间孔隙 | 总孔隙 |
|-------------|---------|--------|------|
| 新“黑土”10—5毫米 | 42.4 | 28.9 | 71.3 |
| 老“黑土”10—5毫米 | 37.4 | 28.6 | 66.0 |
| 新“黑土”5—3毫米 | 40.0 | 22.5 | 62.5 |
| 老“黑土”5—3毫米 | 33.2 | 29.0 | 62.2 |

补给量为 3.46 毫升/厘米², 但如新“黑土”层离地下水 130—150 厘米处时, 地下水补给量为 2.33 毫升/厘米²。但是, 不覆盖新“黑土”层的土柱, 即使离地下水位只有 50 厘米, 地下水的补给量仍显著增加, 27 天蒸发期间的地下水补给量为 7.19 毫升/厘米², 比覆盖新“黑土”的土柱 (3.46 毫升/厘米²) 增加一倍左右 (表 5)。

表5 不同地下水位时, 新“黑土”层抑制水分蒸发的作用

| 地下水位(厘米) | 新“黑土”覆盖层的厚度(厘米) | 27天蒸发期间地下水补给量(毫升/厘米 ²) |
|----------|-----------------|------------------------------------|
| 50 | 20 | 3.46 |
| 150 | 20 | 2.33 |
| 50 | 无新“黑土”覆盖层 | 7.19 |

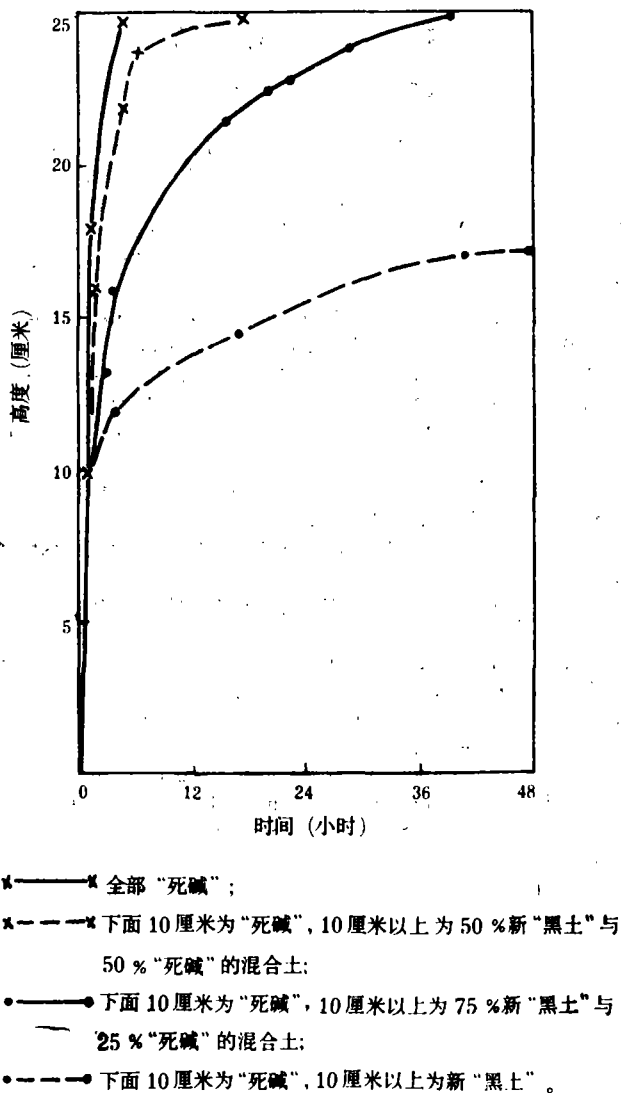


图4 新“黑土”和“死碱”不同混合比例对水分毛管上升速度的影响

新“黑土”层的厚度不同,对蒸发过程中地下水的补给量似无明显的影响。据我们的试验,当地下水位为100厘米,新“黑土”层厚度为5、10、15厘米时,蒸发27天期间,地下水补给量分别为3.71、3.27、3.63毫米/厘米²,没有明显的差别。但是,淮阴地区的经验是,新“黑土”层薄,改良盐土的作用小,可能是翻上“死碱”,改变新“黑土”层的孔隙性质,减低抑制土壤水分运行的作用。试验表明(图4),如新“黑土”中混入25%的“死碱”土,水分毛管上升速度迅速提高,如混入50%的“死碱”土,其抑制水分上升的能力基本上完全消失。所以,为了防止地表返盐,覆盖的新“黑土”层应大于耕作层,并在耕作时切勿翻上下面的“死碱”土。

参 考 文 献

- 阿斯塔波夫, C. B., 1947 (武汉水利学院水利土壤改良教研组译, 1957): 土壤改良土壤学实习。27—33 页, 高等教育出版社。
- 罗戴, A. A. 1955 (袁剑舫译, 1958): 土壤和土质的水分性质。47—50 页。科学出版社。
- 袁剑舫、周月华, 1964: 水分运行与土壤质地的关系。土壤学报, 第 12 卷第 2 期, 143—154 页。
- 樊润成、朱济成, 1968: 红壤结构性的磨片观察。土壤学报, 第 11 卷第 4 期, 426—432 页。
- Baver, L. D., 1972: Soil Physics. 4th ed. 311, 343, Wiley, New York.
- Benoit, G. R., Kirkham, D., 1963: The effect of soil surface conditions on evaporation of soil water. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 27(5): 495—499.
- Eagleman, J. R., Jamison, V. C., 1962: Soil layering and compaction effects on unsaturated moisture movement. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 26(6): 519—522.
- Idso, S. B., Reginato, R. J., Jackson, R. D., Kimball, B. A., Nakayama, F. S., 1974: The three stages of drying a field soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38(5): 831—837.
- Miller, D. E., Gardner, N. H., 1962: Water infiltration into stratified soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 26(2): 115—119.
- Miller, D. E., Bunger, Wm. C. 1963: Moisture retention by soil with coarse layers in the profile. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 27(5): 586—590.
- Russell, E. W., 1973: Soil Condition and Plant Growth. 10th ed., 420—446, 479, Longman London and New York.
- Saxena, S. K., Boersma, L., Lindstrom, F. T., Young, J. L., 1974: Effect of pore size on diffusion coefficients in porous media. Soil Sci., 117(2): 80—86.
- Дерягин, Б. В., Нерсин, С. В., Чараев, Н. В., 1974: Свойства и течение пленочной влаги. Труды X Международного Конгресса Почвоведов, №1, 34—41.
- Ковтун, А. П., 1973: Усовершенствованный полевой метод определения влажности разрыва капиллярной связи. Почвоведение, №8, 121—123.
- Никольский, Н. Н., 1961: Роль комковатого и раздельно частичного состояния механических элементов в формировании структуры целинных и старопахотных почв. Изв. ТСХА, №2, 99—113.
- Рыбина, В. В., 1973: Влияние смачиваемости поверхности на капиллярное передвижение влаги в почве. Почвоведение, №9, 137—141.
- Фелициант, И. Н., 1959: Опыт исследования капиллярного передвижения влаги в слоистых грунтах. Почвоведение, №3, 22—33.

EFFECT OF THE "DARK-EARTH" MULCH ON THE WATER MOVEMENT IN SILT SANDY LOAM

Yuan Jian-fang and Zhou Yue-hua

(*Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

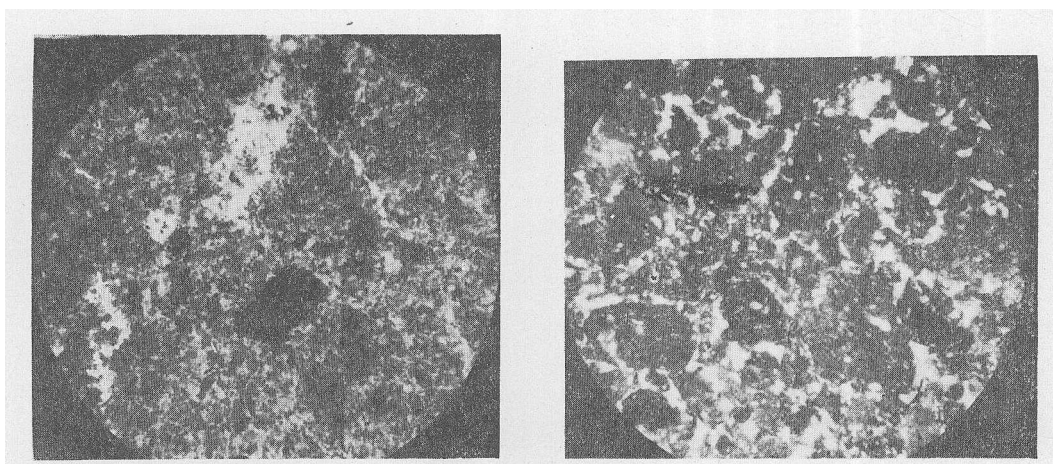
Summary

The buried boggy soil which is known as "dark earth" popularly are turned up and used as soil mulch in some saline soil region. It has been proved favorable to the improvement of saline soil. The results of laboratory study of its effect on the soil water movement are as follows:

1. The dark-earth mulch depresses the upward movement of the capillary water in soil. Its favorable effect on the improvement of saline soil may be attributed to the good structure and more of larger non-capillary pore space of dark-earth. The dark-earth of larger pore space and the underlying saline soil of fine pore space constitute a characteristic stratified system of pore space in soil, which induces the lower conductivity of soil water and reduces the rate of upward movement of ground-water. Maintenance of the effective dark-earth mulch, therefore, is a favorable measurement for the improvement of saline soil.

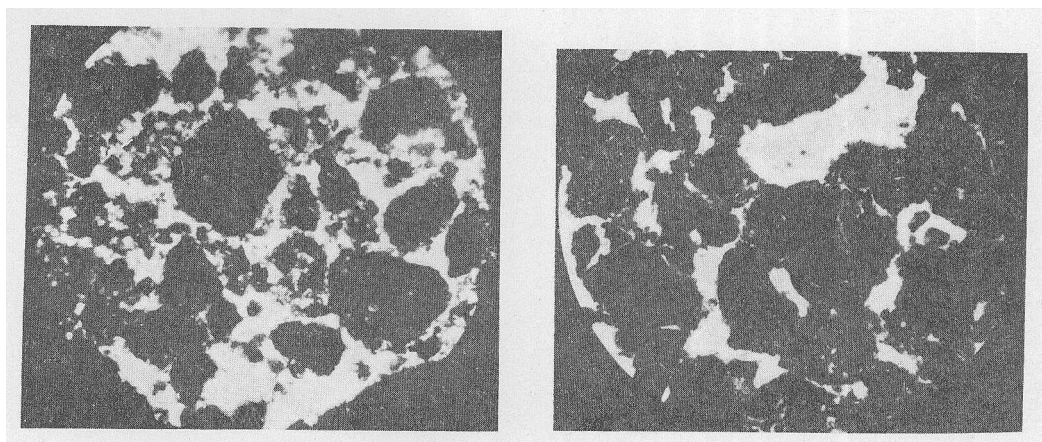
2. The effectiveness of dark-earth mulch decreased with the rising of ground-water table. Lowering the ground-water table might promote the effect of dark-earth on improvement of saline soil.

3. In order to maintain the favorable effect of the dark-earth mulch, a thick effective dark-earth mulch deeper than the ploughing depth is necessary.



1 “死碱”(表层)

2 新“黑土”过 0.75 毫米筛孔



3 老“黑土”

4 新“黑土”

照片 不同土壤的孔隙状况