

# 关中紅油土地区的輪作制

彭祥林 李玉山 朱顯謨

(中国科学院西北生物土壤研究所)

輪作是培养地力、提高作物产量的基本措施。我国农民素有丰富的輪作經驗。陝西关中壤土地区是古老农业区之一，羣众經驗更为成熟和完善。长期以来，采用豌豆、苜蓿与小麦輪作，对調节和增进土壤肥力，起着重要作用。任何地区的輪作制度的形成都和当地自然环境条件、耕作栽培水平有密切关系。为了更好地贯彻增产措施，促进作物大面积平衡增产，固有的輪作經驗必須給予应有的重視。1952—1958年在陝西武功头道塬紅油土上作了有关的試驗測定，結合調查总结，取得一些資料。茲将工作結果提出，借供参考。

## 土壤气候概况

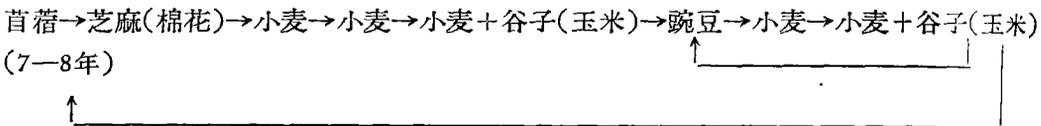
紅油土是关中壤土一个亚类中的重要土組。分布在渭河三級阶地(头道塬)上。大部分农田，迄今尚无灌溉条件，部分可灌面积，也往往不能保証充分灌水和及时灌水。本文討論范围，只限于未灌溉的旱地。

紅油土和其他壤土一样，是在长期耕作影响下，原自然土壤剖面上，复盖有厚达50厘米左右曾經熟化的土层和現在的熟化层。熟化层疏松、多孔，腐殖质含量也較高。熟化层的土表是現在的耕作层，成土年龄最小，质地为中壤至重壤，强碳酸盐反应，pH为7.5—8.0。犁底层系由原先的耕层不断轉化而成，比較致密，并稍粘重，腐殖质含量也較低。以下即是古耕作层。古耕作层一般是曾經耕作过的原自然土壤的腐殖质层，所以它常常具有一定的结构和較多的腐殖质。此层以下是受耕作影响比較輕微的原自然土壤剖面的粘化层，羣众称为壟土层，质地粘重，有保水托肥的功效，对目前生产上有很大的作用。

本区年均温为13℃。7月最高，平均26℃；1月最低，平均-2℃。作物生长期約220天左右。据最近20年的記載，年均降水量为600毫米。夏秋降雨占75%，7、8、9月占50%。

## 輪作制度

本区耕种历史悠久，产量較高。主要作物夏粮有小麦，秋粮有谷子和玉米，夏杂粮有豌豆和扁豆，飼草为紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)。棉花在旱塬分布較少，解放后有所增加。小麦播种面积占50%以上，主要是豌豆(扁豆)的短期輪作，三年四熟。各种作物的基本輪作体系是：



苜蓿栽培的主要目的是作为牲畜的飼草基地,利用年限較长。翻耕后种植小麦,起到肥地保粮的作用。苜蓿占耕地面积 10% 以下。利用 7—8 年后,冬、春翻耕(挖),春播芝麻(棉花),然后連种三年小麦,再向豌豆—小麦的短期輪作过渡。

小麦所以成为主要作物,且产量較高,除有較适宜的气候条件外,土壤也是很重要的因素。紅油土深厚疏松的熟化层为小麦齐苗和扎根創造了有利条件;壟土层保水托肥又有利于小麦后期发苗,加上合理的輪作倒槎,使小麦获得高額而稳定的产量。

## 試驗結果及討論

田間試驗小区面积 0.1 亩。三次重复。每一作物播种时每亩施厩肥 2000 斤,骨粉 50 斤。

### (一) 輪作中的土壤水分状况\*

在无灌溉条件下,輪作中作物的配置与各种作物利用土壤水分的特性有密切关系。了解作物吸收利用水分的特性,結合考虑降水情况是輪作中作物配置的根据之一。

1. 作物影响土壤水分状况的主要因素是它的生长发育历时的长短和时期、根系类型和分布以及根系吸收水分的能力。以下按利用水分的強弱分別予以說明。

(1) 苜蓿 苜蓿根深 4 米以上,每年可刈割三次,刈割時間大約在 5、7、10 月。亩产鮮草 4,000—6,000 斤。由于具有強大的根系和全年不断生长、多次刈割的特点,所以耗水量很大。第三次刈割的草层几乎将雨季降水全部利用。晚秋翻耕,不能秋播小麦。苜蓿地土壤水分的年变化如图 1。

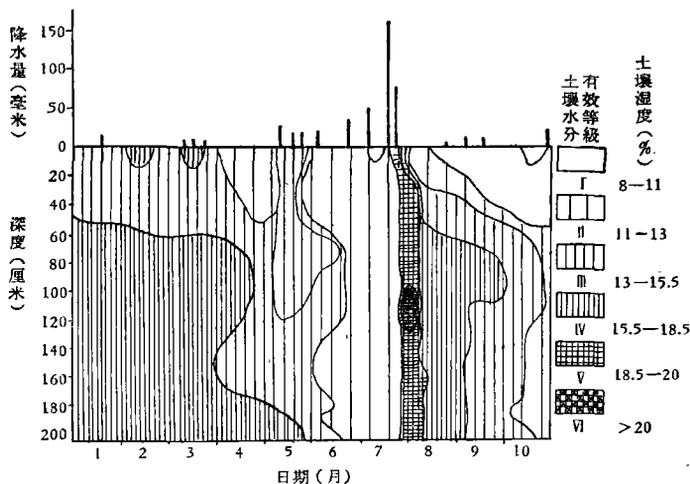


图 1 苜蓿地土壤水分的季节性动态(1957)

4 月,苜蓿开始旺盛生长,土壤即迅速干燥。0—50 厘米土层中,土壤湿度降至对干土重的 11—13% (极难有效水); 50 厘米以下,降至 13—15% (难有效水)。6 月以后,全部土层都降到极难有效水的湿度。7 月雨季来临,全部土层又恢复到田間持水量的湿度,但持續的时间短,迅速被第二次刈割的草层所消耗。9 月,土壤又复降至难有效水的湿度,

\* 土壤水分由罗斌同志参加測定。

10月达到凋萎湿度和极难有效水的程度。绝大部分有效水被吸收。如果后作安排不当,显然会受到很大的影响。

苜蓿对各层土壤水分的利用能力很强。测定结果,0—200厘米土层内,苜蓿可吸收利用全部有效水的82.2%,使这一层内剩余有效水只有52.8毫米。

(2) 棉花 棉花春播秋收,从4月到10月,生长期共约180天。大量耗水是7、8月,即棉花开花期。棉花虽是主根系作物,但侧根很多。土壤水分的变化和棉花的生长发育特点有密切关系(图2)。

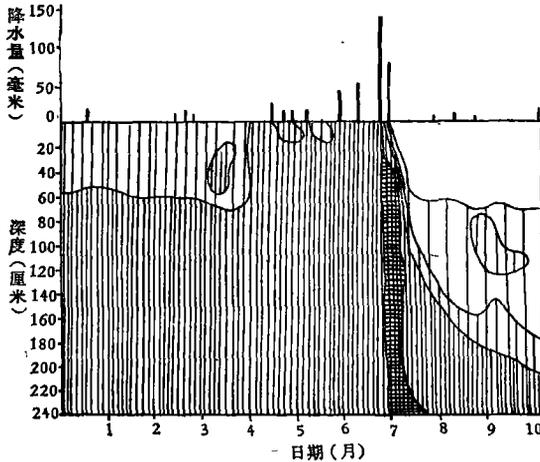


图2 棉花地土壤水分的季节性动态(1957)

从图2看出,棉花地春季的田间湿度是稳定的。7月,土壤水分即进入急剧变化的阶段。经雨季土壤湿度恢复后,持续的时间也较短,随时间逐层向下干燥至凋萎湿度、极难有效水、难有效水、有效水。棉花利用水分的层次较苜蓿为浅,耗水能力和苜蓿不相上下,0—200厘米土层内,棉花可吸收全部有效水的83.0%,剩余水量为52.8毫米。

(3) 小麦 小麦秋播夏收,生长期长达240天。越冬后3、4、5月是旺盛生长期。

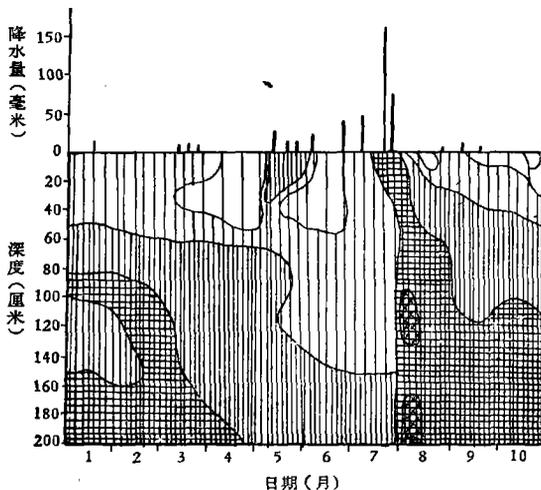


图3 小麦地土壤水分的季节性动态(1957)

这段时期对土壤水分的影响也最大(图3)。

小麦地返青前 0—50 厘米土层保持难有效水湿度, 50—80 厘米土层保持易效水湿度, 80 厘米以下保持田间持水量湿度。返青拔节以后, 土壤逐渐干燥, 4 月在 0—50 厘米土层就降至极难有效水湿度, 这一时期的降水情况对小麦产量有很大的影响。5 月, 小麦临乳熟期, 100—150 厘米土层内已降至难有效水, 而 0—50 厘米土层则已接近凋萎湿度。

与苜蓿和棉花比较, 小麦利用深层土壤水分的能力是比较低的, 因而愈到下层, 土壤剩余水量愈多。0—200 厘米土层, 小麦耗水占总有效水量 57.2%, 剩余水量达 110.5 毫米。

豌豆的耗水情况和小麦基本相同, 但由于根系类型不同, 利用水分的能力也有差别。群众经验认为豌豆比小麦耐旱。

2. 由于一年一度的雨季, 土壤水分每年都有一次恢复时期。所以轮作对土壤水分的影响、各轮作区的土壤水分状况, 仍然和各作物的情况相同(表1)。

表1 各轮作区土壤剩余有效蓄水量(毫米)

土层(厘米)	一年苜蓿	二年苜蓿	三年苜蓿	一年棉花	二年棉花	三年棉花	豌豆	一年小麦	二年小麦	芝麻	总有效蓄水量
1956											
0—50	40.2	38.0	39.7	34.9	37.7	41.3	38.5	42.9	28.7	—	74.3
50—100	40.8	36.4	42.1	34.0	43.3	40.5	48.3	32.6	40.4	—	58.8
100—150	48.4	45.1	53.4	51.9	55.9	54.4	50.6	57.5	55.6	—	67.0
150—200	48.0	49.6	52.5	51.7	56.6	64.7	62.5	62.9	62.3	—	64.2
0—200	177.0	168.1	186.7	172.5	193.5	200.9	199.9	195.9	187.0	—	258.0
占总有效蓄水量%	68.5	65.4	72.3	66.7	75.0	77.9	77.5	75.8	72.5	—	100
1957											
0—50	19.6	27.4	24.0	13.7	18.0	14.4	35.2	37.6	41.4	21.6	74.3
50—100	15.5	25.2	18.1	8.6	8.7	4.0	38.0	43.8	37.2	23.4	58.8
100—150	15.6	18.0	30.4	29.8	27.7	25.7	56.7	53.2	54.0	45.5	67.0
150—200	14.2	22.7	32.5	47.8	45.9	51.5	56.4	54.1	53.2	47.4	64.2
0—200	64.9	93.3	105.0	99.9	100.3	95.6	186.3	188.7	185.8	137.9	258.0
占总有效蓄水量%	25.0	36.0	40.7	38.6	38.7	36.9	72.2	73.2	71.9	53.2	100

表1系按照轮作中的作物轮换顺序列出各种作物生长结束时, 土壤剩余有效蓄水量。

从1957年测定结果可以看出, 芝麻是耗水量仅次于苜蓿和棉花的作物。秋收作物旺盛生长时期在雨季后期, 大量消耗了雨季中增补和恢复的土壤水分。一年一熟的连作小麦或豌豆地, 在雨季处于休闲状态, 土壤水分稳定在“田间稳定湿度”上下, 1956和1957年, 小麦和豌豆地 0—200 厘米土层剩余的有效水量差别不大, 因而后作小麦产量较稳定。但芝麻地种小麦或棉花地和豌豆的情况就不一样, 除了受前作剩余有效水量的影响外, 年度之间降水量和降水分布的影响很大。如1956年秋雨充沛, 则秋作后的夏作物产量受影响小; 雨季后期降雨过少, 则有较严重的影响。如1957年, 全年降水量并不少(679.9毫米), 但雨季降雨过分集中在7月份, 8、9两月雨量很少, 雨季降雨被秋作消耗, 如棉花地 0—200 厘米土层剩余有效水仅占总有效蓄水量的 36.9—38.7% (约为1956年的一半), 芝麻地 0—200 厘米土层剩余有效水占 53.2%, 因而棉花地种豌豆, 1958年亩产110斤,

較 1957 年同一輪作区豌豆产量 230 斤低一倍。芝麻地小麦, 1958 年亩产 214.2 斤, 而 1957 年同一輪作区小麦产量为 439.2 斤, 也低了一倍多。以上情况說明, 降雨很不調勻的年份, 本区秋作后复种小麦影响很大, 对豌豆产量也有很大的影响, 但豌豆作为倒槎作物, 对后作小麦增产有利。豌豆在秋作后种植是必要的。

## (二) 輪作中的土壤力状况

1. 苜蓿的培肥作用。苜蓿已在本区种植了二千多年。它不但解决了营养价值高的飼草問題, 同时对土壤培肥起了一定作用。苜蓿地的后效长、增产多、种小麦品质好, 一直为本区羣众所乐道<sup>[1]</sup>。解放后, 科学研究单位还引种了多年生禾本科牧草<sup>[2]</sup>。所以在我們的試驗中也注意到禾本科草和苜蓿混播的效果。

在利用三年中, 苜蓿各年鮮草产量如表 2。

表 2 苜蓿的鮮草产量

	利 用 年 限		
	第一年	第二年	第三年
苜蓿鮮草产量(斤/亩)	3,334.4 (1953年)	7,019.0 (1954年)	4,869.0 (1955年)
	5,059.0 (1954年)	5,027.0 (1955年)	4,630.0 (1956年)
	4,059.0 (1955年)	5,871.0 (1956年)	5,130.0 (1957年)

从表 2 可以看出, 总的趋势是苜蓿利用第二年产草量最高, 利用第三年产草量开始下降。此外, 利用各年中, 各期刈割的鮮草产量表现了不同的情况(表 3)。

表 3 不同利用年限苜蓿地三次刈割產草量的百分率(1957 年)

利用年限	各次刈割產草量占全年產草量%			
	第一次刈割 5 月 8 日	第二次刈割 7 月 23 日	第三次刈割 10 月 16 日	第一次刈割 + 第二次刈割
第一年	39.9	43.6	16.5	83.5
第二年	59.5	27.6	12.9	87.1
第三年	65.8	23.5	10.7	89.3

从各次刈割鮮草产量占全年总产量的百分率来看, 随着利用年限的加长, 第一次刈割的百分率依次递增, 第二、第三次刈割則依次递减, 而第一、二次产草总量均占全年总产量的 80% 以上。这一結果可作为利用年限不同苜蓿地翻耕时间的参考。苜蓿地夏季翻耕对产草量的影响是不大的。

牧草生长愈好, 根系发育也就愈强大。苜蓿不但产草高, 而且根量也很多。測定結果, 苜蓿利用第二年, 0—30 厘米土层內的活根, 每亩有 305.6 斤, 利用第三年有 313.0 斤。但因苜蓿根在不断更新, 測定时除可測的活根外, 总是发现有处于不同腐殖化阶段的根存在, 且为数最多的极細小的根, 往往沒有計入, 所以实际上苜蓿遺留給土壤的根量, 远远超过上面的数字。此外, 部分茎叶的枯落, 加入到土壤中的有机物质还没有包括在內。从表 4 可以看出, 3—20 厘米土层內, 和連作三年小麦比較, 腐殖质增加重量为土重的 0.53%, 如按植物殘体的腐殖质化系数为 0.4 計<sup>[3]</sup>, 則耕层中, 三年苜蓿应累积根量 2,300 斤以上。由于牧草根系的挤压作用和腐殖质的大量累积, 土壤水稳性结构的含量有了显著的提高

(表 4、5)。

表 4 苜蓿对土壤腐殖質含量(%)的影响\*(1958年)

利用情况	土 层 深 度 ( 厘 米 )					
	3—10	10—20	20—40	40—80	80—120	120—160
三年苜蓿	1.41	1.00	0.84	0.60	0.79	0.52
三年小麦	0.69	0.67	0.54	0.66	0.63	0.42

\* 由张佩亭同志測定。

表 5 多年生牧草对&gt;0.25毫米水穩性团粒結構的影响\*(1956—1957年)

利用情况	1956年			1957年		
	土层深度(厘米)			土层深度(厘米)		
	3—10	10—20	20—40	3—10	10—20	20—40
三年苜蓿	70.5	48.6	38.9	45.2	44.0	23.4
三年苜蓿+鸡脚草	62.7	76.8	41.5	64.0	73.5	29.2
三年小麦	14.2	11.7	8.4	24.4	26.0	20.3

\* 水穩性团粒用改良 Yoder 法測定;本表系由李希民同志測定。

两年的团粒分析結果,多年生牧草地的团粒含量都比連作小麦地高出很多。表 5 也表明豆科和禾本科混合牧草增加团粒的作用比单播苜蓿大。

由于土壤物理性状的改善,土壤透水能力相应提高。对比測定苜蓿地、鸡脚草地和小麦地透水性的結果表明,它們之間的差別是很大的(表 6,图 4)。

表 6 不同利用情况下的土壤透水性

利用情况	最大渗透量 (毫米/分钟)	一小时平均渗透量 (毫米/分钟)	渗透恆定值 (毫米/分钟)	一小时总渗透量 (毫米)
小麦連作	3.0	1.13	0.5	100.0
苜蓿二年	3.2	1.66	0.7	159.5
鸡脚草二年	2.5	1.60	1.8	167.0

威廉斯在关于土壤团粒結構学說中,十分強調豆科-禾本科混合牧草的作用<sup>[4]</sup>。由于二者不同的生物学特性,相輔相成,更有利于土壤肥力的提高。如果要在本区采用混合牧草,則首先要考虑的是禾本科牧草的种类問題。对于多年生禾本科牧草的要求,一方面要有較好的混播特性,另一方面要有較高的飼料价值。根据試驗結果,鸡脚草(*Dactylis glomerata* L.)和多年生黑麦草(*Lolium perenne* L.)比較适合。苜蓿和多年生禾本科牧草每亩播量均为 240,000 粒时,根据它們的产草量可以看出,在利用三年中,苜蓿 + 多年生黑麦草組合,利用第一年产草量最高,以后則逐年下降。苜蓿 + 鸡脚草組合以利用第二年产草量最高,第三年下降情况不如苜蓿 + 多年生黑麦草組合剧烈(图 5)。产草量的下降,实际上就是在混合牧草的总产量中,禾本科草所占比例的降低。如比較上述两种組合逐年的产草量和根槎殘余物量就可以看出,不同組合,在不同年限表现出不同的情况(表 7)。

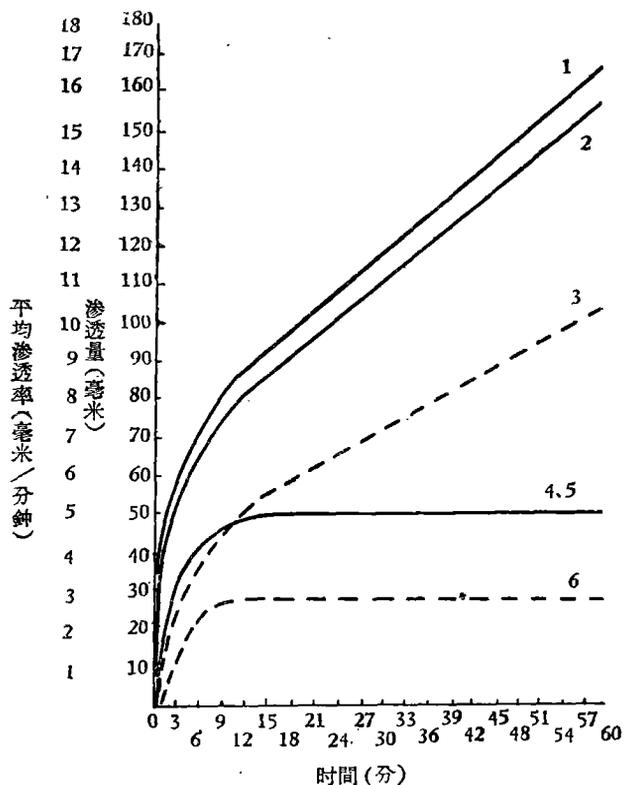


图4 不同利用情况下土壤渗透曲线

- 1. 鸡脚草地渗透累积量(1小时) 2. 苜蓿地渗透累积量
- 3. 连作小麦地渗透累积量 4. 鸡脚草地平均渗透量(分钟)
- 5. 苜蓿地平均渗透量 6. 连作小麦地平均渗透量

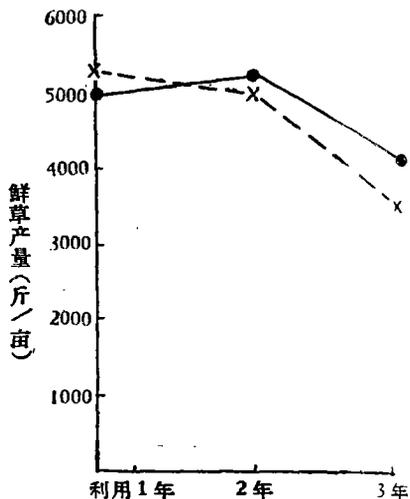


图5 混合牧草不同利用年限的产草量

- 苜蓿+鸡脚草
- 苜蓿+多年生黑麦草

表7 混合牧草的产草量和根茎残余物量

组 合*	利 用 第 一 年						利 用 第 二 年					
	鲜草产量			根茎残余物量**			鲜草产量			根茎残余物量		
	斤/亩	豆科 (%)	禾本科 (%)	斤/亩	豆科 (%)	禾本科 (%)	斤/亩	豆科 (%)	禾本科 (%)	斤/亩	豆科 (%)	禾本科 (%)
苜蓿+鸡脚草	5,012	67.9	32.1	409.0	63.3	36.7	5,246	82.3	17.7	254.7	70.9	29.1
苜蓿+多年生黑麦草	5,310	49.6	50.4	283.3	83.1	16.9	5,010	89.7	10.3	373.7	87.9	12.1

\* 苜蓿和禾本科草每亩均播种 240,000 粒。

\*\* 根茎残余物测定土层为 0—30 厘米。

苜蓿 + 多年生黑麦草组合利用第一年生长旺盛, 禾本科草产草量占全部产草量的 50.4%, 而苜蓿 + 鸡脚草组合中, 鸡脚草产量只占 32.1%。 利用第二年, 前一组合中, 多年生黑麦草产草量剧烈降低, 只占 10.3%, 比鸡脚草(17.7%)还低。 鸡脚草组合中, 鸡脚草产草量的比例虽然不大, 但根茎残余物的比例较大。 这些表现都和禾本科牧草的特性有关。 以上可作为今后研究混合牧草的参考。

2. 轮作中土壤肥力的消长。 由于作物的生物学特性不同, 轮作中土壤肥力随作物的

輪換而变化。在苜蓿—豌豆—小麦輪作体系中，土壤腐殖質消长的两个环节是十分明显的(表 8)。

表 8 苜蓿—豌豆—小麦輪作中腐殖質消長各环节的絕對量(1958 年)

土层(厘米)	三年苜蓿→		三年小麦→		豌豆→		二年小麦	
	斤/亩	%	斤/亩	%	斤/亩	%	斤/亩	%
3—10	1,481	204.3	725	100	1,040	143.5	924	127.4
10—20	1,500	149.2	1,005	100	1,470	146.3	1,320	131.3
20—40	2,520	155.6	1,620	100	1,920	118.5	1,710	105.6

測定結果表明，苜蓿—豌豆—小麦輪作中，提高土壤腐殖質含量的两个环节是苜蓿和豌豆。豌豆虽只种植一年，但其对土壤腐殖質含量的影响，仅次于种植三年的苜蓿。从豌豆茬种植两年小麦收后的土壤腐殖量来看，如果能加上其他措施，豌豆的后效还有延长的可能。

上述輪作周期结束后，耕层土壤腐殖質含量平均为0.9%，10—20厘米土层則为0.8%，30 厘米土层以下則仅有 0.6%。这是本区土壤腐殖質含量一般比較稳定的水平。輪作中团粒含量的变化也較明显(图 6)。

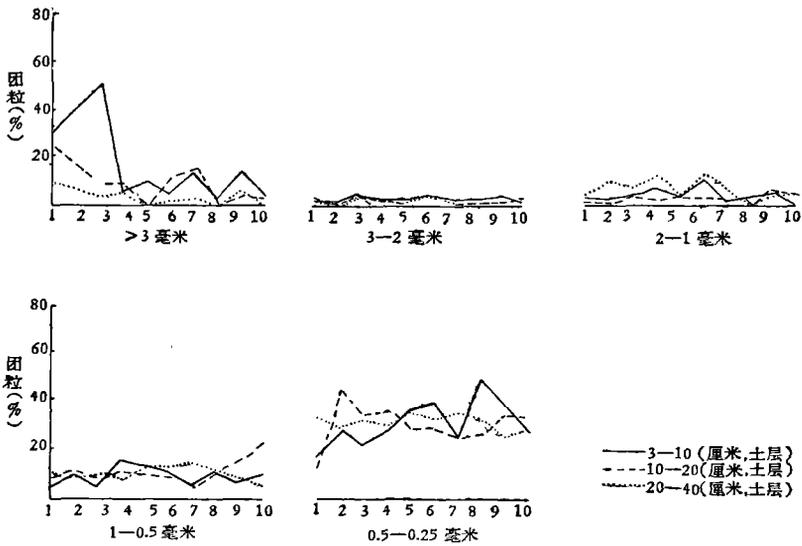


图 6 苜蓿—豌豆—小麦輪作中各級团粒的分布

- 1.一年苜蓿 2.二年苜蓿 3.三年苜蓿 4.芝 麻 5.一年小麦
- 6.二年小麦 7.三年小麦 8.豌豆 9.四年小麦 10.五年小麦

图 6 表明，苜蓿—豌豆—小麦輪作中，团粒变化幅度較大的是 > 3 毫米一級。

1957 年測定了上述輪作主要环节的土壤微生物总数(表 9)。

苜蓿地土壤微生物活动异常強烈。整个輪作中，微生物活动有逐渐減弱的趋势。豌豆地表现出耕层微生物減弱的原因值得进一步研究。

豌豆虽是一年生豆科作物，但肥地效果很突出，因此是关中最主要的倒茬作物。羣众

表9 苜蓿—豌豆—小麦轮作中土壤微生物总数的变化(1957年,千/1克干土)\*

土层(厘米)	三年苜蓿→	三年小麦→	豌豆→	二年小麦
0—10	4,352	1,627	571	1,154
10—20	4,057	545	842	824
30—40	479	1,152	520	85

\* 由汪静琴同志供给资料,杨泳元同志分析。

說:“庄稼汉不受穷,麦豆两槎平”,“三年两头倒,地肥人吃饱”。說明豌豆在輪作中占有很重要的位置。豌豆的主要作用,在于提高土壤氮素含量。測定結果指出,小麦連作三年后,0—40厘米土层内,土壤氮素含量衰竭到0.05—0.07%。种植豌豆則氮素含量有显著的提高(表10)。

表10 豌豆累积氮素的作用\*(1958年)

作物	各层土壤氮素含量(%)					0—20厘米土层氮量		20—40厘米土层氮量	
	0—20 (厘米)	20—40 (厘米)	40—80 (厘米)	80—120 (厘米)	120—160 (厘米)	斤/亩	%	斤/亩	%
三年小麦**	0.071	0.048	0.043	0.037	0.018	212.7	100	148.3	100
豌豆	0.088	0.062	0.050	0.047	0.047	264.9	124.5	177.0	119.4
豌豆后一年小麦	0.086	0.059	0.038	0.046	0.047	258.6	121.6	176.1	118.4
豌豆后二年小麦	0.068	0.039	0.048	0.041	0.026	203.7	95.8	117.0	78.9

\* 由吳振杰同志測定。

\*\* 連作三年小麦的前作是利用二年的苜蓿。

豌豆不仅能提高耕层土壤的氮素含量,对下层土壤也有作用。

棉花上塬后,从发展来看,建立苜蓿—棉花的輪作制度是很重要的。棉花是一种很需肥的作物,以苜蓿作为棉花的前作是有利的。有些地区已基本建立起这样的輪作制度<sup>[7]</sup>。苏联植棉区也已成熟地实施了多年生牧草(苜蓿与禾本科草混播)和棉花輪作的制度<sup>[8]</sup>。

根据1956、1957年測定結果,苜蓿—棉花輪作中,土壤水稳性团粒结构数量的消长情况如表11。

表11 苜蓿—棉花輪作中团粒的消长\*

(1956,1957年; >0.25毫米,团粒%)

作物	各层团粒%(土层深,厘米)		
	3—10	10—20	20—40
1956年			
三年苜蓿	71.6	49.2	27.3
三年棉花	42.4	37.4	33.8
1957年			
三年苜蓿	65.3	45.2	21.0
三年棉花	22.8	33.1	18.7

\* 由李希民同志測定。

苜蓿种植三年后,3—10厘米耕层>0.25毫米团粒达到60%以上,苜蓿地种棉花后,

团粒含量即降至 22—42%。10 厘米以下土层也有降低,但降低的幅度比上层为小。棉花是中耕作物,在生长过程中,多次鋤地松土,給腐殖质矿化造成有利条件。根据 1958 年的测定,苜蓿—棉花輪作中,土壤腐殖质含量的变化如表 12。

表 12 苜蓿和棉花地土壤腐殖质含量的比較\*

作物	各土层(厘米)的腐殖质含量%		
	3—10	10—20	20—40
三年苜蓿	1.41	1.00	0.84
↓ 三年棉花	0.81	0.73	0.46

\* 由张佩亭同志测定。

### (三) 輪作中作物的产量

1. 苜蓿地的后效。据陕西武功 1954 年的調查統計,苜蓿地小麦比連作小麦增产 22%。每亩产量一般都在 400 斤左右,增产效果达三年之久<sup>[1]</sup>。现将試驗結果列入表 13。

表 13 苜蓿地小麦的增产效果

各利用年限的苜蓿地	苜蓿地小麦的增产效果									平均增产%*
	第一年小麦			第二年小麦			第三年小麦			
	斤/亩	当年連作小麦(斤/亩)	比連作小麦增产%	斤/亩	当年連作小麦(斤/亩)	比連作小麦增产%	斤/亩	当年連作小麦(斤/亩)	比連作小麦增产%	
利用一年	403.1 (1955)	281.6	43.1	410.6 (1956)	358.8	14.4	411.7 (1957)	376.7	9.3	22.3
利用二年	475.6 (1956)	358.0	33.1	446.3 (1957)	376.7	18.4	380.0 (1958)	365.0	5.4	19.0
利用三年	439.2 (1957)	376.7	16.5	423.3 (1958)	365.0	15.9	—	—	—	16.2

\* 利用三年苜蓿地的平均增产%系第一,二年小麦的平均数。

从表 13 可以看出,苜蓿地种第一年小麦,增产 16.5—43.1%,第二年小麦增产 14.4—18.4%,第三年小麦增产 5.4—9.3%。苜蓿后作小麦增产的总平均数是 16.2—22.3%。

从表 13 还可以看出,苜蓿后作第一年小麦增产率不稳定,甚至有反常的情况。如利用年限較长的苜蓿地,第一年小麦增产率不如利用年限短者。这和苜蓿后作的安排有关。根据固有习惯,表 13 所說明的輪作中,苜蓿地晚秋耕翻,次年春种芝麻,芝麻秋收后播种第一年小麦,因而第一年小麦实际上是秋作后种植的,在水分条件上和回茬麦相同。在沒有灌溉的情况下,第一年小麦产量势必受雨季降雨量多少的影响。1956 年 9 月以后到小麦播种前降雨很少,小麦生长缺乏足够的底墒,虽然利用三年苜蓿地的土壤养分丰富,但受水分的限制,不能充分发挥作用,因而第一年小麦(1957 年)增产仅 16.5%。1957 年 7 月降水特多,但为秋收作物利用,对小麦底墒沒有补益。1957 年 8 月以后雨量稀少,对 1958 年小麦产量也带来影响。当然,由于表 13 中所列的 1958 年小麦产量都是在夏季休閑地上种植的,其影响程度不如秋作后种植小麦的严重。

試驗結果証明,苜蓿地种植棉花增产显著,苜蓿是旱地棉花的优良前作(表 14)。

表 14 苜蓿地棉花的增产效果(籽棉产量)

各利用年限的苜蓿地	苜蓿后各年棉花的产量					
	第一年棉花			第二年棉花		
	斤/亩	当年连作棉花 产量(斤/亩)	比当年连作 棉花增产%	斤/亩	当年连作棉花 产量(斤/亩)	比当年连作 棉花增产%
利用第一年	374.5 (1954)	260.7	43.5	245.0 (1955)	234.9	4.3
利用第二年	236.5 (1955)	234.9	0.5	196.3 (1956)	150.0	30.5

表14中利用一年苜蓿地种植棉花的增产效果十分突出,比当年连作棉花增产 43.5%。利用二年苜蓿地的第二年棉花增产尚达 30.5%。由于 1955 年 7 月降水过多,对棉花花期的生长发育带来严重影响。此外,利用二年苜蓿地氮素水平提高,磷素相应不足,导致棉花徒长,也可能是不增产的原因。因为在利用二年苜蓿地上第一年棉花籽棉产量和当年连作棉花相比,虽然没有显著差异,但棉籽量(每亩 328.3 斤)却比连作棉花(253.0 斤)高出 29.9%。表 14 总的趋势表明,利用一年的苜蓿地对棉花的后效在一年以上,利用二年的苜蓿地后效在两年以上。

为了比较混合牧草和单播苜蓿对后作产量影响的差异,现在将有关产量资料列入表 15、16。

表 15 不同利用年限各牧草组合后作棉花的产量比较  
(籽棉,斤/亩)

不同利用年限的牧草组合	各年棉花产量					合计	
	1954	1955	1956	1957	1958	斤/亩	%
利用第一年苜蓿	374.5	245.0	150.0	—	—	769.5	100
利用第一年苜蓿+鸡脚草	339.2	268.7	136.3	—	—	744.2	96.7
利用第一年苜蓿+多年生黑麦草	373.9	272.3	134.4	—	—	780.6	101.4
利用第二年苜蓿	—	236.5	196.3	297.2	—	730.0	100
利用第二年苜蓿+鸡脚草	—	255.9	176.9	291.1	—	723.9	98.6
利用第二年苜蓿+多年生黑麦草	—	221.0	175.2	281.3	—	677.5	92.7
利用第三年苜蓿	—	—	—	355.6	225.6	581.2	100
利用第三年苜蓿+鸡脚草	—	—	—	293.5	226.5	520.0	89.4
利用第三年苜蓿+多年生黑麦草	—	—	—	282.2	226.6	508.8	87.5

表 15、16 清楚地表示出混合牧草并未显示出比单播苜蓿更高的后效,大多数情况下,混合牧草不如单播苜蓿。可能由于本区土壤氮素缺乏,混合牧草中禾本科草的存在反而减弱了多年生牧草积累土壤氮素的作用<sup>[2]</sup>。

2. 豌豆的后效。在大面积生产中,豌豆的种植面积与小麦总产量有正相关的趋势。据陕西省的统计,武功 1950 年豌豆种植面积为 28,000 亩,1951 年 280,000 亩小麦平均亩产 170 斤;1954 年豌豆种植面积扩大为 88,000 多亩,1955 年 290,000 多亩小麦平均亩产 270 斤<sup>[1]</sup>,比 1951 年增产 59%。据我们试验结果,豌豆增产效果变化较大,除受各年降水

表 16 不同利用年限各牧草組合后作小麥產量比較(斤/亩)

不同利用年限的牧草組合	各 年 小 麦 产 量				合 計	
	1955	1956	1957	1958	斤/亩	%
利用第一年苜蓿	403.1	410.6	411.7	—	1,225.4	100
利用第一年苜蓿+鸡脚草	378.7	423.1	403.3	—	1,205.3	97.5
利用第一年苜蓿+多年生黑麦草	387.4	397.5	401.7	—	1,186.6	96.8
利用第二年苜蓿	—	475.6	446.3	380.0	1,231.9	100
利用第二年苜蓿+鸡脚草	—	482.5	452.5	364.3	1,301.3	105.6
利用第二年苜蓿+多年生黑麦草	—	437.5	452.5	376.6	1,266.6	102.8
利用第三年苜蓿	—	—	439.2	423.3	862.5	100
利用第三年苜蓿+鸡脚草	—	—	418.8	403.3	822.1	95.3
利用第三年苜蓿+多年生黑麦草	—	—	408.8	423.8	832.6	96.5

情况影响外，豌豆本身的生长好坏和产量高低与后作小麦的增产率有很密切的关系（表 17）。

表 17 豌豆產量与后效的关系

豌豆產量(斤/亩)	豌豆后作小麦与当年連作小麦產量比較			
	豌 豆 糕 小 麦		連 作 小 麦	
	斤/亩	%	斤/亩	%
223.0	394.4	105.9	372.5	100
231.7	445.6	128.9	345.6	100
240.8	440.0	111.7	330.6	100
241.7	450.6	128.7	350.6	100
290.8	514.7	129.6	397.1	100
298.4	509.8	126.4	403.2	100
295.8	526.0	125.0	421.4	100

表 17 說明，由于豌豆產量不同，后作小麦的增产率变动在 5.9—29.6% 之間，平均增产 22.3%，因此豌豆栽培技术的加强应提起重視。

根据上述結果，有几个与当前生产有关的問題值得討論。

1. 苜蓿地的利用。关中地区苜蓿地的利用一般在 4 年，甚至 7、8 年以上。晚稻、冬、春挖苜蓿，种一季春播作物后回种小麦。根据試驗結果，苜蓿产草量从利用第三年起，即开始下降，利用年限过长，根頸逐漸腐爛，生长衰退，杂草丛生。苜蓿改良土壤的效果，利用二年已經很明显。利用一年或二年的苜蓿地，对棉麦的增产作用，即可持續 2 年以上。因此，苜蓿地的利用最好不超过 3 年。如能将利用 7—8 年的利用制度改为 2—3 年<sup>[5]</sup>，則苜蓿糕小麦的面积就可以增加 2 倍以上，这对粮食总产量的提高有很大的意义。利用一年苜蓿地的棉花產量，第一年为每亩 374.5 斤，第二年为 245.0 斤，超过了一般灌溉地区棉花的產量水平，这一方面說明旱塬地区植棉有很大的前途；同时也表明建立苜蓿—棉花輪作对棉花增产十分有利。如能在利用二年的苜蓿地上植棉，加上合理施肥，可获得三年丰收。因此，冬、春挖的苜蓿地留作棉田，納入苜蓿—棉花輪作正軌，不必在棉花或芝麻后回

种小麦。由于秋作后小麦产量不稳定,要求我們有计划地将一部分苜蓿地夏翻后当年秋种小麦<sup>[6]</sup>。羣众中也有夏翻后小麦增产实例。由于夏翻前产草量占全年产草量 80% 以上,因此苜蓿地夏季第二次刈割后耕翻,对产草量影响不大。夏翻后接纳雨季降水,气温又较高,有利于根茬残余物的腐烂。杂草也可消除。苜蓿地利用年限缩短后,产草总量还可得到提高。

由于本区土壤氮素缺乏,混合牧草问题尚待进一步研究。

2. 保持豌豆应占的面积,充分发挥豌豆地的增产作用。豌豆是肥地保粮的作物,又是牲畜的精饲料,豌豆的种植面积必须在作物配置中保持应有的比例。豌豆和小麦同时种收,但豌豆在适应秋作后各种不利条件的能力比小麦强。秋作收后,土壤水分条件较差,地力瘠薄,如果种植小麦,由于迟播和缺墒,往往难于分蘖盘根,返青后容易脱肥,对产量影响很大。豌豆一方面需肥情况和小麦不同,而且旺盛生长的时期比小麦晚,除特殊年份外,冬前的不利条件对它影响不大,且豌豆尚有一定的抗旱能力。此外,豌豆是主要倒茬作物,在轮作中安排在秋作后是必要的。小麦返青后即迅速进入旺盛生长,而豌豆一般要迟在立夏以后,羣众说:“豌豆过了夏、一天一夜长一扎”。如果我们以植株高度作为生长速度的指标,根据在 1958 年观察结果,返青后小麦生长速度最大的时期在 4 月 18 日,而豌豆则在 5 月 17 日。

因为豌豆后效大小决定于它本身的产量,因此提高豌豆产量是很重要的问题。豌豆并不是不需肥的作物,但目前,豌豆往往不施任何肥料。据原西北农科所试验结果<sup>[9,10]</sup>,豌豆在生长过程中,土壤中硝酸盐逐渐增加,而速效磷则逐渐减少,施用磷肥后,豌豆产量有显著提高。重视了豌豆的栽培技术,提高了豌豆产量,在轮作中,它的后效就会更大更长。

3. 复种问题。任何地区,作物配置的形成都是多年来广大羣众在向自然斗争中经验累积的结果。在改变各类作物的配置比例时,必须周密地分析具体情况,做到因地制宜。旱作地区,和作物配置关系密切的首先是水肥供应问题,其次牲畜和劳力也是很重要的条件<sup>[11]</sup>。大跃进以来,农田水利事业得到了迅速发展,关中旱区已有一定面积的耕地可以灌溉。但到目前为止,由于水源尚不充沛,还不能认为水的问题已经解决了。在颇大的程度上,必须靠作物轮作来经济地利用土壤蓄水。此外,旱区地广人稀,劳畜力缺乏,肥料不足,因而它的耕作技术的条件和水平都不能和灌区相比。如旱区上,周陵公社北杜镇生产队总耕地面积 12,687 亩,每人平均有耕地 4.4 亩,每个劳力负担 14 亩,全队 269 头耕畜,每头负担耕地 41 亩,土粪平均每亩不足一车半;渭南城关公社双王生产队是灌区的一个生产队,总耕地面积仅 4,472 亩,每人有地 2.1 亩,每个劳力负担 5 亩,同样有 269 头耕畜,每头负担耕地 16 亩,平均每亩可上土粪 3.4 大车。他们的条件是有差别的,在复种指数的要求上就应该有高低。旱作地区,如果复种指数过高,劳力和肥料顾不过来,耕作管理势必粗放,产量难于提高。如果安排不当,就可能挤掉豆科作物,打乱了固有的轮作制度,地力得不到恢复,产量的提高没有保证。近年来,回茬小麦面积扩大了,豌豆的种植面积相应缩小,如兴平县 1954 年豌豆种植面积为小麦播种面积的 21%, 1958 年降为 15%, 1960 年则只有 8%, 在肥源不富裕的情况下,这对旱区小麦产量的不断提高是有影响的,必须引起严重注意。

## 参 考 文 献

- [1] 陕西省农林厅：陕西省武功县旱地小麦增产經驗。陕西人民出版社，1957年。
- [2] 西北农业科学研究所：西北紫花苜蓿的調查及研究。陕西人民出版社，1957年。
- [3] M. M. 科諾諾娃(尹崇仁譯)：土壤腐殖质問題及其研究工作的当前任务。科学出版社，1956年。
- [4] B. P. 威廉斯(傅子禎譯)：耕作学原理。中华书局，1953年。
- [5] 西北农林部技术研究室：关于推广苜蓿輪作的意見。西北农林，1952:12。
- [6] 刘忠堂：抓紧苜蓿夏翻夏播、扩大旱地肥源。西北农业科学技术彙刊，1956:2。
- [7] 譚超夏等：晋南的苜蓿栽培与輪作。农业学报，1957,8:3。
- [8] 徐豹：苏联农业技术。新农出版社，1953年。
- [9] 西北农业科学研究所武功試驗場：旱地豌豆过磷酸鈣种肥試驗簡报：西北农业科学，1958:2。
- [10] 西北农业科学研究所甘肃平涼农业試驗站董志塬工作组：隴东豌豆增产技术問題。西北农业科学，1958:1。
- [11] 俞启葆：关中改革輪作制的初步意見。西北农业科学技术彙刊，1956,1。

## ROTATION SYSTEM OF FERTILE CINNAMON SOIL DEVELOPED ON HIGH LOESSIAL TERRACE OF WEI-HO BASIN, SHENSI

C. L. PENG, Y. S. LEE AND H. M. CHU

(Northwestern Institute of Biology and Pedology, Academia Sinica)

As resulted from long-time cultivation and fertilization, a high fertile soil has been developed from loessial materials on high terrace of Wei-ho basin, Shensi. The soil possesses a dark, friable and porous upper horizon up to 50 cm. in thickness. The main rotation system consisting 4 crops within 3 years is illustrated as follows:

Alfalfa → sesame (or cotton) → wheat → wheat → wheat + millet (or maize) → pea → wheat → wheat + millet (or maize)  
 (continuing 7-8 years).

Detailed observations on the effect of legume plants to soil moisture, humus content and physical properties have been recorded. The writers come to the conclusions that in order to obtain an efficient land utilization, continuous cropping of alfalfa should not be exceeded for more than 2-3 years. Phosphate fertilizers are recommended to apply on pea.