

мам, срокам посева и уборки, количеству оставляемых органических остатков и соотношению в них углерода и азота, трудоемкости возделывания, удаленности полей, экономической эффективности и т.д. При этом учитывается чередование культур по стержневой и мочковатой корневой системой, соблюдается основной принцип влияния предшественника на культуру - аллелопатия и синергизм.

Выводы

Таким образом, история развития системы обработки почвы требует постоянного ее совершенствования с учетом почвенно-климатических факторов, наличие материальных и трудовых ресурсов, специализации хозяйств, научного обеспечения. Последнее приобретает все большее значение, т.к. только наукоемкие технологии позволяют получать конкурентоспособную и экологически безопасную продукцию растениеводства, существенно снизить вероятность

ошибок в системном подходе к решению поставленных задач в земледелии.

Библиографический список

1. Сдобников С.С. Пахать или не пахать? (новое в обработке и удобрении полей) / С.С. Сдобников. М., 1994. 228 с.
2. Вильяме В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. 4-е изд., перераб. и доп. / В.Р. Вильяме. М.: Сельхозгиз, 1939. 447 с.
3. Федоров В.М. Биосфера - земледелие - человечество / В.М. Федоров. М.: Агропромиздат, 1990. 239 с.
4. Овсинский И.Е. Новая система земледелия / И.Е. Овсинский. Киев, 1899. 174 с.
5. Мальцев Т.С. Новая система обработки почвы и ее эффективность / Т.С. Мальцев // Земледелие. 1958. № 11. С. 21-24.
6. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие / А.И. Бараев и др. М.: Колос, 1975. 304 с.



УДК 631.436

С.В. Макарычев,
И.В. Гефке

ВЛАЖНОСТЬ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ АЛТАЙСКОГО ПРИБЬЯ В УСЛОВИЯХ ПЛОДОВОГО САДА

Распределение теплофизических свойств в почве определяется влажностью, гранулометрическим составом, плотностью и другими агрофизическими показателями ее генетических горизонтов (Макарычев и др., 2006). Эти почвенные факторы и свойства, в свою очередь, обуславливают формирование температурного режима почвенной толщи.

Однако при изучении и анализе распределения термических полей в профиле почв их теплофизические параметры исследователями обычно не рассматриваются. Остаются без ответа вопросы и о влиянии самих древесных рас-

тений на изменения теплофизического состояния основных почвенных горизонтов.

В связи с этим летом 2003 г. мы начали планомерное исследование особенностей варьирования теплоемкости, тепло- и температуропроводности чернозема выщелоченного под семечковыми плодовыми культурами (груша и яблоня) в условиях Алтайского Приобья.

Оказалось, что определяющее влияние на комплекс теплофизических коэффициентов в течение вегетационного периода имеет влажность почвы (табл. 1).

Данные таблицы 1 показывают, что распределение влаги под грушей и яблоней одного года посадки (1996 г.) различно: в середине июля иллювиальный горизонт (В) под яблоней увлажнен сильнее, чем под грушей. В пахотном слое и почвообразующей породе различий не обнаружено. К середине августа наблюдается некоторое иссушение почвенного профиля под плодовыми деревьями, особенно под грушей. Таким образом, в июле-августе 2003 г. разница во влажности на этих агрофонах составляет только 1,5-2,0%, что в пересчете на весь почвенный профиль будет равно 19,5-26,0 мм.

Следует отметить, что крона груши пирамидальная в отличие от раскидистой кроны яблони, которая сильнее затеняет

почву, препятствуя физическому испарению влаги.

В октябре картина меняется. Увлажнение всей почвенной толщи выравнивается (разница по агрофонам около 0,5%).

В соответствии с изменением влажности в генетических горизонтах чернозема теплофизические коэффициенты не остаются постоянными, но степень их варьирования не одинакова. Из данных таблицы 1 следует, что теплоемкость почвы вниз по профилю под обеими плодовыми культурами возрастает в соответствии с ростом ее плотности. В то же время объемная теплоемкость на одной глубине выше там, где больше влажность чернозема. Такая ситуация сохраняется в течение всех сроков наблюдения за вегетацию.

Таблица 1

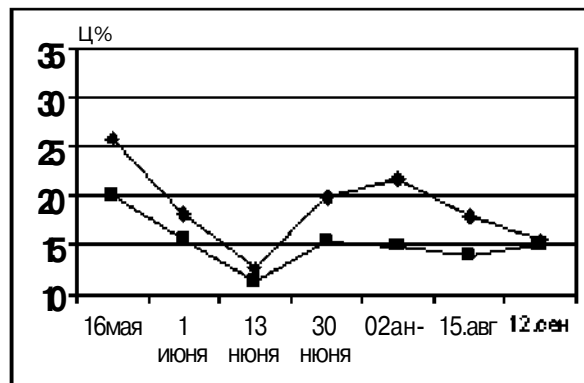
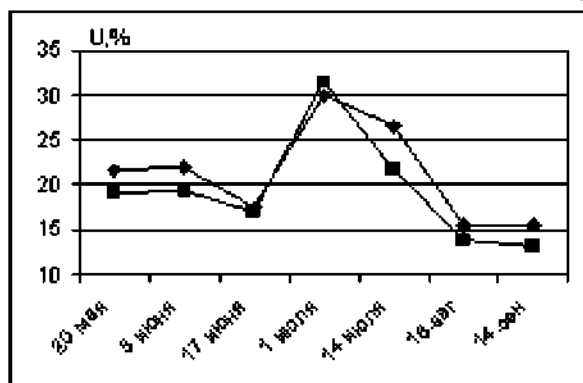
Влажность (U, %), объемная теплоемкость (C_p, 10⁶Дж/м³К), температуропроводность (a, 10⁻⁶ м²/с) и теплопроводность (λ, Вт/(м К) основных генетических горизонтов чернозема под плодовыми культурами одного года посадки в 2003 г. (числитель — под грушей, знаменатель — под яблоней)

Горизонт А, 0-20 см			
	17 июля	19 августа	14 октября
U, %	<u>14,6</u>	<u>10,9</u>	<u>13,1</u>
	14,5	13,0	12,6
C _p , 10 ⁶ Дж/м ³ К	<u>1,799</u>	<u>1,646</u>	<u>1,731</u>
	1,798	1,732	1,712
a, 10 ⁻⁶ м ² /с	<u>0,577</u>	<u>0,559</u>	<u>0,572</u>
	0,578	0,572	0,571
λ, Вт/(м К)	<u>1,037</u>	<u>0,923</u>	<u>0,989</u>
	1,04	0,992	0,978
Горизонт В, 35-50 см			
U, %	<u>11,50</u>	<u>11,79</u>	<u>10,50</u>
	13,06	13,22	11,26
C _p , 10 ⁶ Дж/м ³ К	<u>1,956</u>	<u>1,971</u>	<u>1,905</u>
	2,036	2,044	1,944
a, 10 ⁻⁶ м ² /с	<u>0,730</u>	<u>0,735</u>	<u>0,711</u>
	0,753	0,755	0,726
λ, Вт/(м К)	<u>1,428</u>	<u>1,449</u>	<u>1,354</u>
	1,533	1,543	1,411
Горизонт С, > 79 см			
U, %	<u>11,32</u>	<u>9,89</u>	<u>11,14</u>
	11,00	11,34	11,28
C _p , 10 ⁶ Дж/м ³ К	<u>2,441</u>	<u>2,357</u>	<u>2,431</u>
	2,422	2,442	2,440
a, 10 ⁻⁶ м ² /с	<u>0,549</u>	<u>0,538</u>	<u>0,548</u>
	0,547	0,549	0,549
λ, Вт/(м К)	<u>1,340</u>	<u>1,268</u>	<u>1,332</u>
	1,325	1,341	1,340

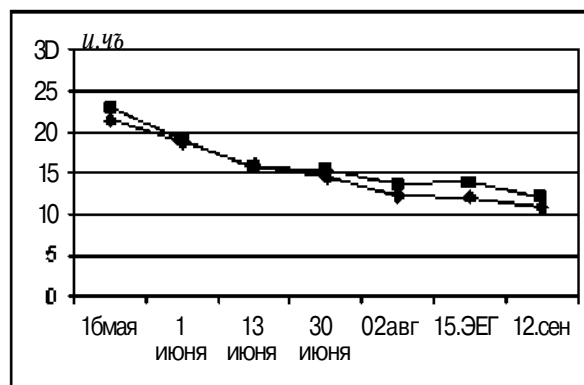
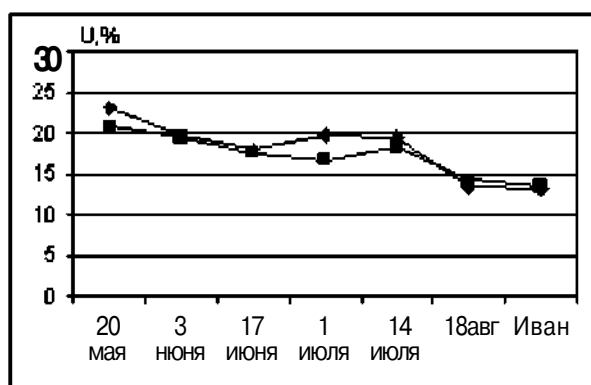
Особых различий в значениях коэффициента температуропроводности не наблюдается, т.к. его увеличение в столь малом диапазоне изменения влажности (Макарычев, 2005) несущественно и составляет не более 8%. Тем не менее в иллювиальном горизонте как под грушей, так и под яблоней складываются наилучшие условия теплообмена: температуропроводность составляет

$(0,71-0,76)10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, что в среднем на 30% больше, чем в пахотном слое и в горизонте С. Теплопроводность на глубине 35-50 см также является максимальной в течение лета 2003 г. В то же время под яблоней на глубине свыше 80 см она несколько выше, чем под грушей. На других глубинах различий в значениях теплопроводности по данным агрофонам не наблюдается.

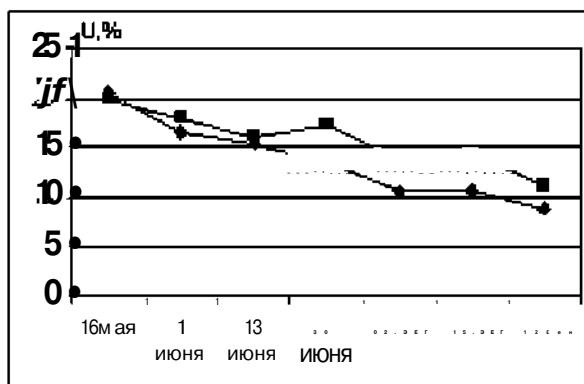
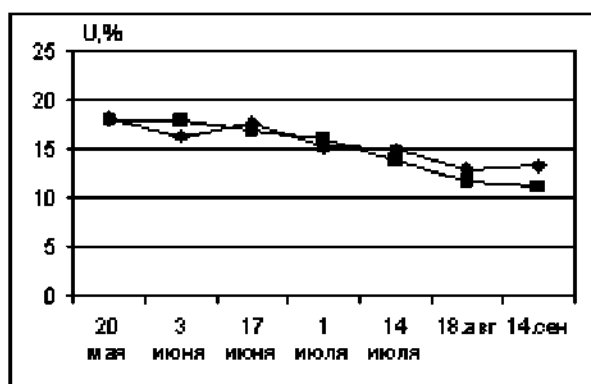
Горизонт А



Горизонт В



Горизонт С



А

В

РИС. Изменение влажности генетических горизонтов чернозема за вегетационный период:
 • - груша (1996 г.); ● - яблоня (1996 г.); А - 2004 г.; В- 2005 г.

Более детальные наблюдения за влажностью и теплофизическими характеристиками чернозема под плодовыми деревьями одного года посадки были проведены нами в течение вегетационного периода 2004 и 2005 гг. На рисунке представлена динамика средних значений влажности в основных генетических горизонтах чернозема выщелоченного под грушей и яблоней в течение вегетации за эти годы.

В мае 2004 г. влажность пахотного слоя под этими культурами была достаточно близка по своим значениям и отличалась лишь на 2,6% от массы почвы.

К середине июня (17.06) она стала одиноковой. Как под грушей, так и под яблоней в течение этого времени верхний гумусовый слой почвы терял влагу. Осадки, выпавшие в начале июля, резко увеличили влагосодержание, соответственно, до 29,9 и 31,5%. В последующий период вплоть до середины сентября наблюдалось значительное иссушение верхнего почвенного горизонта до 15,5% под грушей и до 13,1% под яблоней. В целом влажность чернозема под грушей на глубине 0-10 см была выше, чем под яблоней в течение всего периода вегетации. Причина этого, видимо, заключается в большом количестве поверхностных корней у яблони, которые сильнее потребляли почвенную влагу.

В иллювиальном горизонте различий в степени увлажнения под этими культурами не было. Только 20 мая и 1 июля они составили 2,0-2,5%, а в другие сроки наблюдений, по сути, не превышали десятых долей процента. Некоторый рост почвенного увлажнения был отмечен в первой половине июля с некоторым запозданием по сравнению с верхним слоем.

Горизонт С характеризовался снижением почвенной влажности в течение всего вегетационного периода под обеими культурами. Только в июне количество влаги под яблоней на 1,6% было выше, чем под грушей. Но в целом за вегетацию почвообразующая порода во втором случае содержала большее количество влаги за счет конусовидной кроны, состоящей из меньшего количества листьев и более слабой горизонтальной корневой системы. В то же время вертикальные корни груши проникали на глубину 1,5-2 м, потребляя воду из нижележащей почвенной толщи.

В мае 2005 г. почвенное увлажнение оказалось выше по сравнению с 2004 г. Так, под грушей влажность верхнего 20-сантиметрового слоя достигала 26,0% от массы почвы, тогда как под яблоней только 20%. До середины июня наблюдалось иссушение почвы и только в результате обильных дождей влагосодержание увеличилось и оставалось достаточно высоким до середины августа, особенно под грушей. К 12 сентября оно оказалось одинаковым на обоих вариантах и составило около 15%.

Характер распределения влаги во времени в иллювиальном горизонте В свидетельствовал о практически одинаковой влажности как под грушей, так и под яблоней, которая убывала постепенно вплоть до середины сентября.

В таблице 2 представлены общие запасы влаги в метровом слое почвы под указанными плодовыми культурами. Данные таблицы 2 показывают, что общие запасы влаги за вегетацию 2004 г. под грушей превосходили ОЗВ под яблоней. Такая тенденция сохранялась и в 2005 г., хотя различия уменьшились, а осенью под яблоней оказались несколько выше за счет более влажных подстилающих слоев. Видимо, здесь наблюдалась некоторая концентрация влаги в результате массопереноса из нижележащих почвенных горизонтов, куда не проникали корни яблони и не было интенсивного влагопотребления.

Следует отметить, что изменения объемной теплоемкости за вегетационные периоды 2004 и 2005 гг. в целом повторяют ход колебаний влажности чернозема. Наибольшей амплитудой изменений теплоемкости характеризуется наименее плотный гумусово-аккумулятивный горизонт А. Если в мае ее значения составляют около $2,1 \cdot 10^6$ Дж/(м³·К) на обоих агрофонах, то после интенсивных осадков 1 июля 2004 г. они увеличиваются на 37% и теплоаккумуляция в слое 0-20 см резко повышается. Последующее иссушение пахотного слоя влечет за собой падение объемной теплоемкости во второй половине лета. Таким образом, теплоемкость остается там выше, где больше почвенное увлажнение. Это характерно для всего почвенного профиля (как в гумусовом и иллювиальном горизонтах, так и в почвообразующей породе).

Общие запасы влаги (ОЗВ, мм) в метровом слое
(числитель — груша, знаменатель — яблоня)

2004 г.						
20 мая	3 июня	17 июня	1 июля	14 июля	18 август	14 сент.
227,26	208,69	193,19	238,80	215,44	154,00	149,29
216,59	210,51	190,37	227,33	196,82	148,76	140,15
2005 г.						
16 мая	1 июня	13 июня	30 июня	2 августа	15 август	12 сент.
248,20	199,22	164,18	175,04	155,86	145,22	125,27
235,26	196,57	165,65	177,60	148,92	150,41	136,37

Летом 2005 г. минимум теплоемкости имеет место также в середине июня, но после прошедших дождей увеличивается на 20-25%, постепенно снижаясь к сентябрю. Как и влажность объемная теплоемкость в верхнем слое под грушей превышает этот показатель под яблоней, но в нижележащих горизонтах характер распределения теплоемкости меняется в соответствии с изменением влагосодержания.

В отличие от объемной теплоемкости температуропроводность при выпадении осадков и увеличении влажности до 30% и более от массы почвы значительно и резко уменьшается в среднем с $0,58$ до $0,42 \cdot 10^{-6}$ м²/с. По мере иссушения почвенного слоя температуропроводность к июлю увеличивается и практически не меняется до окончания сентября. При этом она выше, как правило, под яблоней, где больше влаги.

В иллювиальном горизонте влажность меняется в малых пределах и температуропроводность также менее динамична. Но поскольку увлажнение лежит в пределах 15-22%, что соответствует для суглинистых черноземов влажности разрыва капиллярных связей (ВРК), то коэффициент скорости переноса тепла максимален и составляет $0,78 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Характер изменения температуропроводности в горизонте С имеет форму перевернутой параболы. Если в июле при оптимальном увлажнении почвы эта величина максимальна, то в остальное время вегетации снижается. Кроме того, в более плотных горизонтах в отличие от объемной теплоемкости она меньше.

Распределение влажностных полей в почвенном профиле в теплое время года позволяет рассмотреть характер изменения скорости теплопереноса и в

2005 г. Минимум температуропроводности отмечается под грушей в середине мая. Падение влагосодержания увеличивает этот показатель, который 1 июня становится одинаковым на обоих вариантах и не меняется под яблоней до сентября, хотя под грушей испытывает незначительные колебания.

Закономерность изменения температуропроводности в горизонтах В и С параболическая. Минимум ее наблюдается в мае и в сентябре, а максимум — в июне, при этом последний отмечен в иллювиальном горизонте при оптимальной влажности.

Динамика теплопроводности в теплое время 2004 и 2005 гг. аналогична изменению теплоемкости, но при этом имеет место влияние температуропроводности. В результате диапазон колебаний коэффициента теплопередачи уменьшается, поскольку рост теплоемкости сопровождается падением температуропроводности. В пахотном слое теплопроводность под деревом груши как летом 2004 г., так и в 2005 г. больше, чем под яблоней. В нижележащих горизонтах различия стираются, но, как правило, под яблоней остаются выше. В целом максимум теплопроводности на этих агрофонах наблюдается в иллювиальном горизонте В, а минимум - в пахотном слое, несмотря на большое увлажнение последнего.

Нами исследованы также влажность и объемная теплоемкость в междурядьях посадок груши и яблони в отдельные сроки 2004 и 2005 гг. В таблице 3 приводятся данные по влагосодержанию и теплоаккумуляции в рядах плодовых деревьев и между ними. Следует отметить, что междурядья в грушевом саду в большей степени открыты солнечным лучам ввиду пирамидальной и компакт-

ной формы кроны. Раскидистая крона яблонь частично затеняла междурядья, которые несколько раз за вегетацию подвергались поверхностной обработке (культивации).

Корневая система яблонь и груш активно потребляет почвенную влагу и содержащиеся в ней минеральные вещества, расходуя ее на цветение, рост побегов, листьев и корней. В результате влажность по всем горизонтам в июне 2004 г. под кронами яблонь ниже, чем в междурядье. В то же время под грушей такая картина наблюдается только в гумусовых горизонтах А и АВ.

В июле, за несколько дней до наблюдений, выпадали осадки, поэтому слой почвы до 0-35 см в ряду оказался более влажным, чем в междурядьях на обоих вариантах. Крона деревьев не давала почвенной влаге быстро испаряться в отличие от освещенных солнечными лучами междурядий.

К августу запасы влаги в гумусовом горизонте под грушами снизились на 11,3%, тогда как под яблонями - на

23,3%. Уменьшилось содержание влаги и в междурядьях.

Наблюдая динамику почвенного увлажнения, мы смогли проанализировать характер и степень изменения объемной теплоемкости в отдельных генетических горизонтах. Так, в пахотном слое она минимальна, а с глубиной закономерно увеличивается. В июне наименьшее значение теплоемкости отмечалось в горизонте А в междурядье у груш, а наибольшее - в горизонте С в междурядье у яблонь, что составило, соответственно, $1,896 \cdot 10^6$ Дж/(м³К) и $2,708 \cdot 10^6$ Дж/(м³К). В рядах под кронами деревьев минимум оказался равен $1,938 \cdot 10^6$ Дж/(м³К) в верхнем слое под грушами, максимум — $2,808 \cdot 10^6$ Дж/(м³К) в горизонте С под теми же культурами. В июле объемная теплоемкость под плодовыми деревьями в горизонте АВ на всех вариантах ввиду большего влагосодержания была выше, чем в более плотном горизонте ВС.

Таблица 3

Влажность (U, % — числитель) и объемная теплоемкость (Ср, 10^6 Дж/(м³К) — знаменатель) чернозема на различных вариантах (лето 2004 г.)

Горизонт	17.06		14.07		18.08	
	Ряд	м/ряд	ряд	м/ряд	Ряд	м/ряд
Груша (1996 г.)						
А	<u>17,39</u>	<u>19,50</u>	<u>26,43</u>	<u>22,57</u>	<u>15,47</u>	<u>15,38</u>
0-20	1,938	1,896	2,362	2,044	1,847	1,708
АВ	<u>19,63</u>	<u>23,33</u>	<u>26,18</u>	<u>24,36</u>	<u>16,48</u>	<u>17,03</u>
20-35	2,038	1,989	2,349	2,037	1,890	1,694
В	<u>17,92</u>	<u>17,91</u>	<u>19,54</u>	<u>19,07</u>	<u>13,57</u>	<u>14,69</u>
35-50	2,285	2,092	2,367	2,151	2,062	1,927
ВС	<u>15,58</u>	<u>15,62</u>	<u>13,34</u>	<u>17,71</u>	<u>11,72</u>	<u>11,76</u>
50-79	2,398	2,210	2,277	2,323	2,190	2,001
С	<u>17,53</u>	<u>16,13</u>	<u>13,34</u>	<u>16,18</u>	<u>12,70</u>	<u>16,03</u>
79 и глубже	2,808	2,603	2,610	2,606	2,523	2,597
Яблоня (1996 г.)						
А	<u>16,94</u>	<u>22,50</u>	<u>21,61</u>	<u>21,22</u>	<u>13,80</u>	<u>13,64</u>
0-20	1,917	2,050	2,139	1,992	1,773	1,625
АВ	<u>17,71</u>	<u>23,85</u>	<u>24,63</u>	<u>24,22</u>	<u>16,07</u>	<u>16,80</u>
20-35	1,948	2,013	2,272	2,031	1,871	1,683
В	<u>17,59</u>	<u>19,30</u>	<u>18,42</u>	<u>21,00</u>	<u>14,22</u>	<u>16,48</u>
35-50	2,268	2,163	2,310	2,250	2,095	2,019
ВС	<u>16,71</u>	<u>18,67</u>	<u>13,23</u>	<u>17,66</u>	<u>12,25</u>	<u>16,07</u>
50-79	2,459	2,375	2,271	2,320	2,218	2,234
С	<u>16,84</u>	<u>17,91</u>	<u>13,02</u>	<u>16,19</u>	<u>12,13</u>	<u>14,27</u>
79 и глубже	2,767	2,708	2,542	2,606	2,489	2,493

Иссушение почвенной толщи привело к уменьшению теплоемкости, особенно в пахотном слое междурядий. Здесь между рядами яблонь она снизилась на 20,7%. В то же время в рядах под деревьями к августу объемная теплоемкость изменилась незначительно.

Таким образом, характер распределения влаги и теплофизических коэффициентов по генетическим горизонтам черноземов в условиях сада определяется не только почвенно-климатическими показателями региона, но и в зна-

чительной степени зависит от особенностей произрастающих на их поверхности плодовых культур.

Библиографический список

1. Макарычев С.В. Теплофизические основы мелиорации почв / С.В. Макарычев. Барнаул, 2005. 280 с.
2. Макарычев С.В. Теплофизическое состояние почв Алтая в условиях антропогенеза / С.В. Макарычев, И.Т. Трофимов и др. Барнаул, 2006. 360 с.



УДК 633:631.582(571.15)

Н.В. Яшутин

ГИБКИЕ НАУКОЕМКИЕ СЕВОБОРОТЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

Важнейшим интегратором в системе земледелия, обеспечивающим высокий эффект проявления синергизма и эмерджентности, является севооборот. Он в любой системе земледелия играет ключевую связующую роль между всеми её звеньями и, в частности, определяет направления специализации, соотношение культур, выбор технологических стратегий.

Наши многолетние наблюдения и исследования показали, что ресурсный потенциал целинного земледелия отоблизован не в полной мере. Одна из причин - это несовершенство схем вводимых севооборотов и нарушения чередования культур. Так, за прошедшие годы в крае были попытки освоения травопольных, зернопропашных, зернопаровых севооборотов с короткой ротацией (как правило, четырехпольных), но по организационным и погодным причинам их соблюдение не обеспечивалось и поныне остается проблематичным. Нарушения схем чередования ведут к бессменной культуре яровой пшеницы и одностороннему засорению полей.

Исследования последних десятилетий позволяют сделать однозначные выводы, что наиболее рационально возделывание: кукурузы на силос на бессменных хорошо и ежегодно удобряемых навозом участках; многолетних трав на постоянных участках с возделыванием их по новейшей энергоресурсосберегающей технологии; зерновых, кормовых и технических культур — в двухпольных звеньях (по опыту Т.С. Мальцева — сборное поле предшественников и поле яровой пшеницы) многопольных плодосменных севооборотов.

При этом важнейшим условием успеха, как показали наблюдения в базовых хозяйствах, является освоение гибких наукоемких технологий возделывания сельхозкультур в плодосменных севооборотах.

Здесь предлагаются наиболее эффективные варианты возможных и проверенных технологий бессменного возделывания кукурузы и многолетних трав, а также яровой пшеницы и её предшественников в двухпольных звеньях.