

Н.Д. Лепёшкин, зав. лабораторией, канд. техн. наук, С.Ф. Лойко, научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

В.А. Дубовик, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет

Анализ основных факторов, определяющих развитие семян зерновых культур в условиях Нечерноземья

В статье приведен анализ основных факторов, влияющих на оптимальное сочетание тепловой, и водно-воздушный баланс для нормального развития зерновых культур в условиях Нечерноземья. Проанализирована степень влияния на полевую всхожесть и урожайность культурных растений. Даны рекомендации по наиболее полному выполнению этих требований машинно-тракторными агрегатами для обработки почвы и посева.

всхожесть, урожайность, равномерность распределения семян, тепловой и водно-воздушный баланс

Мировой опыт применения интенсивных технологий при возделывании зерновых культур показывает, что интенсивной считается такая технология, которая может обеспечить полевую всхожесть не ниже 80% от числа высеянных семян и выживание взошедших растений не менее 80-90%. При этом возможно обеспечить общую выживаемость для озимых злаков 60-65% и яровых – 70-75%.

Известно, что одними из важнейших факторов, влияющих на урожайность возделываемых культур, являются почвенно-климатические условия зоны их возделывания. Также к первоочередным факторам, влияющим на урожайность возделываемых культур, относят сорта семян, удобрения и средства защиты растений. Данная зависимость многократно подтверждена наукой и практикой. Однако уже сегодня является общепринятым, что немаловажную, а иногда и решающую роль в судьбе урожая играют применяемые технологии и техника обработки почвы и посева. От того, насколько правильно для конкретных условий подготовлено семенное ложе, равномерно распределены семена по площади поля и на требуемую глубину, зависят их водный, воздушный и тепловой режимы питания, непосредственно влияющие на полевую всхожесть (*ПВ*), выживаемость и эффективность развития.

Поэтому, приступая к формированию МТА для проведения операций обработки почвы и посева, необходимо учитывать связь между этими факторами и вытекающие из этого требования.

Требования к глубине заделки семян:

Будущий урожай во многом определяется оптимальной глубиной заделки семян, которая зависит от вида высеваемой культуры, срока сева, влажности и механического состава почвы.

Известно, что наиболее лучшее сочетание факторов отмечается, когда семена равномерно распределены по площади поля на заданную (оптимальную) глубину. Здесь несоблюдение, например, требований равномерной заделки семян на заданную глубину ведет к снижению *ПВ*, а в последствие и урожайности (*У*). Снижение *ПВ* при мелкой заделке происходит вследствие недостатка влаги из-за высыхания верхнего слоя, а при

чрезмерно глубокой – вследствие потери биологической силы роста.

Об отрицательном влиянии отклонения фактической глубины заделки семян от оптимальной на *ПВ* и урожайность говорят и данные, полученные рядом институтов и опытных станций. Обобщенные результаты этих исследований представленные в виде графиков (рисунки 1, 2) показывают, что отклонение от оптимальной глубины сева зерновых культур на ± 10 мм снижает *ПВ* на 5-10%. При этом снижение *У* происходит более интенсивно – на 12-30%.

На практике основное влияние на равномерность глубины заделки семян оказывает тип и конструкция применяемых сошников. Однако, как показывает анализ применения зерновых сеялок в реальных условиях эксплуатации, большинство применяемых на них сошников не обеспечивают укладку семян на оптимальную глубину. Например, при требуемых глубинах заделки семян яровых зерновых 20-40мм и озимых 30-50мм, сеялки СЗ-3,6 заделывают семена на глубину 30-85мм, СЗУ-3,6 – 28-76мм, СПУ-6 – 21-42мм (с килевидными сошниками) и 24-44мм (с дисковыми сошниками тарельчатого типа). При этом заделка семян ими производится неравномерно. Среднеквадратическое отклонение (σ) глубины колеблется у сеялок типа СЗ-3,6 от 11 до 19 мм (с дисковыми сошниками) и от 5,6 до 11 мм (с катковыми сошниками). Для сеялок типа СПУ-6 (С-6) с дисковыми сошниками от 5 до 11мм, а с килевидными - от 3 до 7мм.

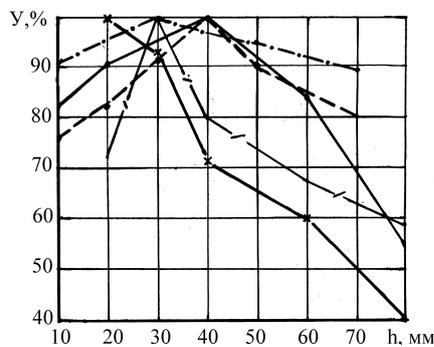


Рисунок 1 – Зависимость урожайности (*У*) зерновых культур от глубины заделки семян *h*

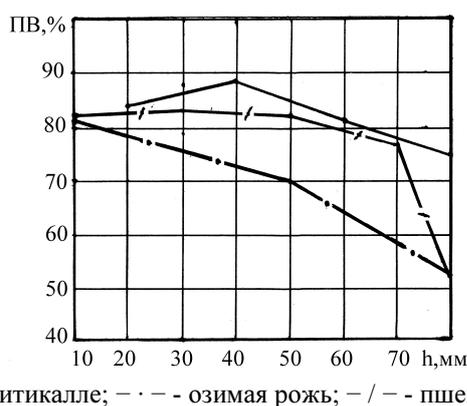


Рисунок 2 – Зависимость полевой всхожести (*ПВ*) зерновых культур от глубины заделки семян *h*

Вместе с тем известно [1], что наиболее полной *ПВ* можно достичь при укладке семян на заданную глубину при σ не более 6 мм.

Согласно агротехническим требованиям на зерновые сеялки [2], количество семян, заделанных на заданную глубину и два с ним смежных слоя (10 мм), должно быть не менее 85% от всего количества высеванных.

Вероятность заделки семян *P* на заданную глубину можно определить по формуле [3]:

$$P(a \leq h_c \leq \beta) = F(\beta) - F(a), \quad (1)$$

где $F(x)$ – функция распределения семян по глубине заделки;

a и β – границы допустимого отклонения от заданной глубины.

Выразив $F(x)$ через стандартную функцию нормального распределения (нормальную функцию) Φ^* и подставив в формулу считая, что среднестатистическая глубина заделки семян совпала с заданной глубиной, получим:

$$P(a \leq h_c \leq \beta) = \Phi^* \left(\frac{\beta - h_c}{\sigma} \right) - \Phi^* \left(\frac{a - h_c}{\sigma} \right). \quad (2)$$

Приняв в соответствии с агротехническими требованиями $a = h_c - 10$; $\beta = h_c + 10$ по формуле при вероятности сохранения агротехнического допуска $P=0,85$, максимально допустимое значение σ будет составлять 8,1 мм.

Таким образом, из применяемых в условиях Нечерноземья сошников, требованию по компактной (равномерной по глубине) заделке семян и то только на почвах определенного физико-механического состава и незасоренных растительными остатками, наиболее полно отвечает сошник с тупым углом вхождения в почву (килевидный).

Требования к равномерности распределения семян по площади поля:

Вторым требованием проведения качественного сева является равномерное распределение семян по занимаемой ими площади. Теоретически оптимальной с точки зрения использования влаги, солнечного света, углекислоты, воздуха и питательных веществ, а также ослабления отрицательного взаимодействия растений, является площадь питания каждого из них приближенная к кругу. На практике достичь этого требования при посеве зерновых культур невозможно. Наиболее приемлемым для практики является вариант, при котором площадь питания приближается к квадрату.

Агротехнически обоснованные оптимальные площади питания в зависимости от норм высева представлены на рисунке 3. Для сравнения здесь же представлена картина фактического распределения семян по площади при использовании большинства современных зерновых сеялок и посевных агрегатов на дерново-подзолистых почвах Европейской территории с шириной междурядий 125 мм. Как видно из рисунка, здесь семена в идеальном случае располагаются на расстоянии 16 - 23 мм, а форма площади питания имеет ярко выраженную форму вытянутого прямоугольника, что, естественно, не может способствовать повышению урожайности из-за нерационального использования представленной растениям площади питания. С увеличением междурядий эта картина будет еще больше усугубляться. Очевидно, что такая ширина междурядий обоснована только с конструктивной точки зрения и не полностью учитывает требования агротехники.

Известно, что влажность почвы в междурядьях неодинакова. Чем ближе к ряду, тем влажность ниже, поскольку использование ее корневой системой культуры увеличивается. При широких междурядьях разница во влажности почвы в рядке и середине междурядий может достигать 3-8%. Наличие столь больших различий свидетельствует о неудовлетворительном использовании растениями представленной им площади питания. Форма площади питания оказывает существенное влияние и на продуктивность фотосинтеза. Здесь в посевах с различной густотой насаждений создаются разные условия температуры, освещенности, подтока углекислоты и других факторов, что непосредственно влияет на поглощение активной радиации и на интенсивность процессов фотосинтеза и дыхания растений. Кроме этого при малой площади питания проявляется эффект взаимного угнетения растений и изреживания насаждений, а при большой – стимулируется усиленное развитие сорняков в междурядьях [4].

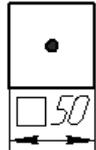
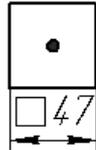
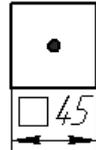
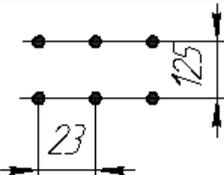
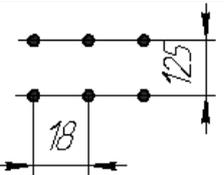
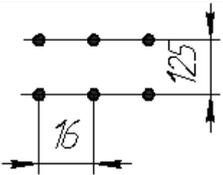
Норма высева семян, шт/м ²	Озимая рожь, 350-400	Озимая пшеница, 400-450	Овес, 500
Оптимальная площадь питания			
Фактическое распределение семян			

Рисунок 3 – Равномерность распределения семян по площади питания

Форму площади питания, а тем самым и урожай, в известной степени можно регулировать применением разных способов посева.

Переход от обычного рядового к узкорядному посеву позволяет более равномерно распределять растения по площади. При этом сокращение расстояния между рядами на 10 мм дает прирост урожая до 1%. Еще лучший результат дает применение ленточного посева. Так ленточный посев с шириной ленты 70 мм и расстоянием между сошниками 125 мм по сравнению с рядовым посевом с междурядьем 125 мм позволяет повысить урожайность до 6% [5].

Оптимальное распределение растений по площади питания существенно влияет и на качество получаемого зерна. Так, в исследованиях по оценке качества зерна мягкой и твердой яровой пшеницы и пивоваренного ячменя самое высокое содержание белка и клейковины было отмечено при высева семян ленточным и узкорядным способами [6].

Для оценки равномерности распределения семян по занимаемой площади в УкрНИИМЭСХ была предложена методика ее определения [7]. Равномерность оценивается общим коэффициентом:

$$\mu = \frac{S}{P}, \quad (3)$$

где S – суммарная площадь условных кругов питания растений;

P – общая площадь, занимаемая растениями.

В идеальном варианте распределения растений $S \approx P$, поэтому μ стремится к 1. В реальности, из-за неравномерного распределения, условные площади питания растений перекрываются, т.е.

$$S_{\phi} = P - \sum W_i, \quad (4)$$

где $\sum W_i$ – суммарная площадь перекрытий кругов питания соседних растений.

Поэтому для реальных посевов

$$S_{\phi} < P \text{ и } 0 < \mu < 1. \quad (5)$$

Расчеты показывают, что, например, на посевах озимой пшеницы наибольший показатель коэффициента равномерности достигается при узкорядном способе посева ($\mu = 0,53$). Равномерность обычного рядового посева с междурядьем 125 мм на 20% была ниже ($\mu = 0,42$).

Требования к подготовке семенного ложа и заделке семян

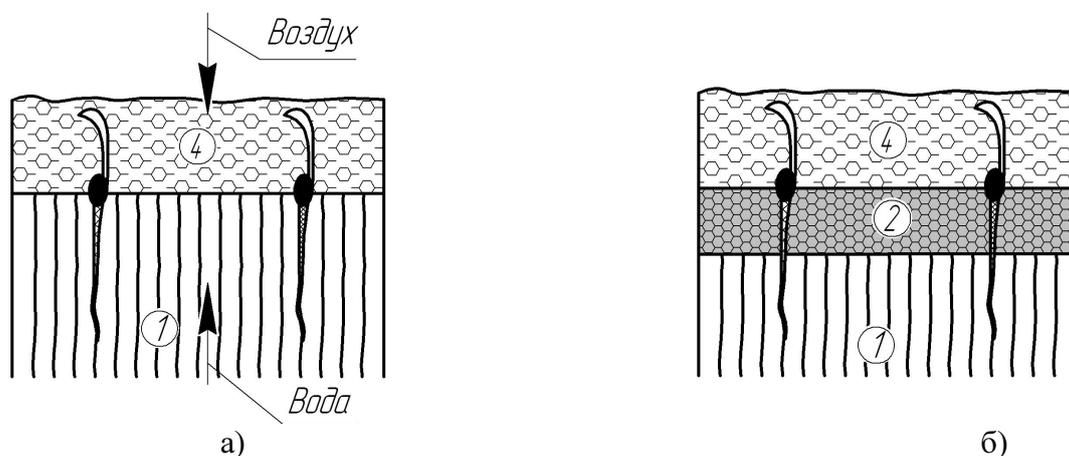
Большое значение на тепловой и водно-воздушный баланс и, соответственно, формирование продуктивных растений оказывает выбор способа подготовки семенного ложа и заделки семян. Известно, что для лучшего прорастания и развития семени

должны размещаться на уплотненном слое почвы и укрываться слоем мелкокомковатой почвы.

Наиболее благоприятные условия для развития растений создаются лишь в том случае, когда глубина предпосевной обработки соответствует глубине заделки семян (рисунок 4а). В этом случае растения обеспечиваются влагой независимо от погодных условий после посева, т.к. капилляры, питающие влагой семенное ложе, остаются нетронутыми. Однако, на практике это условие соблюдается только в период весенней предпосевной обработки почвы и только на полях с выровненной после зимнего периода поверхностью. Очень часто, особенно во время сева озимых, качественное выравнивание поверхности поля требует более глубокого рыхления.

Поэтому там, где рыхление проводится на большую глубину, чем глубина заделки семян, необходимо обязательно уплотнять почву в нижней части взрыхленного слоя (рисунок 4б), чтобы создать условия для регенерации капиллярной системы. Для этого в составе почвообрабатывающих агрегатов необходимо применять катки.

Создание благоприятного режима для роста и развития растений при выполнении требований укладки и заделки семян во многом зависит от способа их заделки. Традиционным способом заделки, получившим наибольшее распространение, является укладка и заделка семян на сплошном подуплотненном слое почвы с укрытием их рыхлым слоем почвы мелкокомковатой структуры. В последние годы в ряде стран применяется способ, при котором укладка семян осуществляется не на сплошное ложе, а в уплотненные бороздки с последующим прикатыванием их и закрытием или без закрытия рыхлой почвой (рисунок 5). Между рядья при этом остаются рыхлыми. Такой способ заделки семян обеспечивает хороший контакт их с почвой, высокую и равномерную всхожесть даже в условиях засушливой погоды. Неуплотненная почва между катками значительно снижает эрозию, улучшает воздухообмен и проникновение дождевой влаги. Вместе с тем, несмотря на значительные преимущества посева с последующим прикатыванием его применение ограничивается почвенными условиями [8].

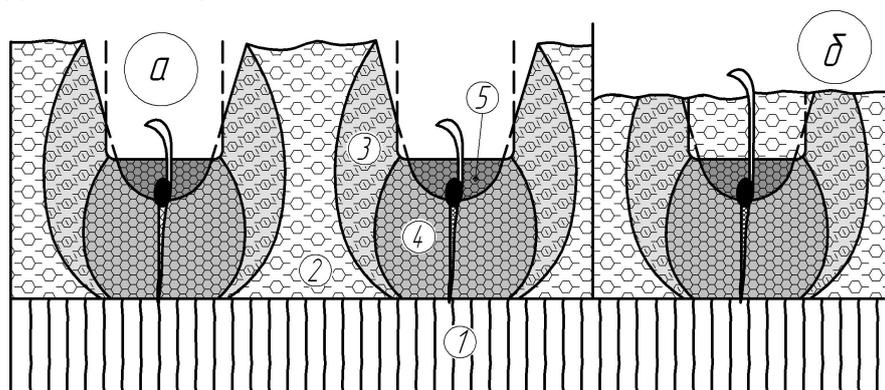


а) на глубину предпосевной обработки; б) на сплошное уплотненное ложе
1 – необработанный слой почвы; 2 – обработанный слой почвы; 4 – мелкокомковатый слой почвы
Рисунок 4 – Способы заделки семян

Требования к плотности почвы

Кроме указанных требований растений к обработке почвы и посеву большое значение имеет плотность почвы. Например, при укладке семян в почву с плотностью меньше оптимальной, вследствие более интенсивной усадки посевного слоя почвы происходит разрыв ростков или корневой системы при формировании растения. При укладке семян в переуплотненную почву ухудшается баланс воздуха и воды в зоне

прорастания, что приводит к появлению ослабленных ростков или к их гибели. Оптимальные значения плотности наиболее характерных почв для Нечерноземья, при которых создаются оптимальные условия для развития возделываемых культур, приведены в таблице 1.



а) без закрытия рыхлой почвой; б) без закрытия рыхлой почвой

1 - необработанный слой почвы; 2 – обработанный слой почвы; 3 – уплотненная зона посевных бороздок; 4 – зона дополнительного уплотнения после посева; 5 – уплотненный слой почвы с семенами

Рисунок 5 – Заделка семян на уплотненные бороздки с последующим прикатыванием

Таблица 1 – Оптимальная для произрастания некоторых сельскохозяйственных культур плотность наиболее характерных для Республики Беларусь почв, г/см³

Культура	Тип почвы				
	торфяная (влажность 35-40%)	дерново-подзо- листая средне- суглинистая	дерново- подзолистая супесчаная	дерново- подзолистая легкосуглинистая	дерново- подзолистая песчаная
Овес	0,17-0,18	1,1-1,4	1,2-1,35	1,25-1,35	1,45-1,55
Пшеница	0,17-0,18	1,1-1,4	1,2-1,35	1,15-1,35	1,45-1,55
Рожь	0,17-0,18	1,1-1,4	1,2-1,35	1,18-1,35	1,45-1,55
Ячмень	0,17-0,18	1,1-1,4	1,2-1,35	1,25-1,35	1,45-1,55

Уплотнение почвы зависит как от естественных факторов, так и орудий, тракторов и машин, применяемых в растениеводстве. Особенно неблагоприятны последствия в том случае, когда уплотнению подвергается подпахотный слой. Если в пахотном горизонте неблагоприятные условия благодаря большим или меньшим затратам труда регулярно устраняются, то в подпахотном – отрицательные последствия уплотнения аккумулируются, т.к. во многих случаях эти горизонты не подвергаются рыхлению. Происходящие здесь явления саморазуплотнения в результате действия отрицательных температур, проникновения в этот слой корней и микрофауны значительно менее эффективны, чем агротехнические мероприятия по обработке почвы [8].

Наибольшее распространение напряжений в почве на глубине происходит в результате воздействия ходовых систем. Поэтому при формировании МТА огромное значение имеет правильный выбор типа ходовых систем, с учетом почвенного фона и требований предъявляемых растениями к плотности почвы.

Наиболее благоприятные условия для получения оптимальных всходов и развития растений достигаются в том случае, когда:

а) заделка семян осуществляется равномерно на оптимальную глубину и на уплотненное ложе. Наиболее полно эти требования могут обеспечить сошники с тупым углом вхождения в почку (килевидные);

б) семена равномерно распределены по площади поля. Наиболее равномерное распределение семян по площади поля достигается при узкорядном и ленточном способах посева. При этом равномерность по сравнению с обычным рядовым повышается на 20% и более;

в) глубина предпосевной обработки соответствует глубине заделки семян. При более глубокой обработке почвы в состав агрегатов необходимо включать элементы, производящие уплотнение почвенных слоев (катки);

г) годовые системы и состав МТА выбраны с учетом почвенного фона и требований, предъявляемых растениями к плотности почвы;

д) применяются новые, научно-обоснованные способы обработки почвы и посева. Например, наряду с традиционными способами заделки семян (на сплошное ложе) целесообразно применять с учетом почвенно-климатических условий зоны использования посев в уплотненные бороздки с последующим закрытием или без закрытия рыхлой почвой.

Список литературы

1. Рублев В.И. Исследование возможности улучшения устойчивости хода по глубине сошников зерновых сеялок при переменной скорости движения. Дисс. канд. техн. наук. Челябинск, 1975.
2. Постановление МСХП Республики Беларусь №46 от 5 ноября 2003г. «О введении нормативов на показатели назначения и надежности сельскохозяйственной техники».
3. Вентцель Е.С. Теория вероятности. Наука. М.: 1969.
4. Синягин И.И. Площадь питания растений. 2-е изд. доп. – М.: Россельхозиздат, 1970. – 231 с.
5. Шпаар Д. и др. Возделывание зерновых. – М.: «Аграрная наука», ИК «Родник», 1998. – 336 с.
6. Михневич Н.А. Об определении оптимальной глубины и равномерности заделки семян зерновых. В сб. «Механизация и электрификация сельского хозяйства». Минск, 1978.
7. Хаменко Н.С., Зырянов В.А., Насонов В.А. Механизация посева зерновых культур и трав: Справочник. – К.: Урожай, 1989. – 168 с.
8. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. – М.:ВИМ, 1998. -368 с.

В статті приведено аналіз основних факторів, які впливають на оптимальне співвідношення теплового, і водно-повітряного балансу для нормального розвитку зернових культур в умовах Нечернозем'я. Проаналізовано ступінь впливу на схожість і врожайність культурних рослин. Дано рекомендації по найбільш повному виконанню цих вимог машино-тракторними агрегатами для обробки ґрунту і посіву.

In article the analysis of basic factors, influencing on optimum combination thermal, and water-air balance for normal development of grain-crops in the conditions of Nechernozem'ya. The degree of influence is analysed on the field germination and productivity of cultural plants. Dany of recommendation on the most complete implementation of these requirements by MT aggregates for treatment of soi and sowing.