

Влияние применения удобрений и технологий на продуктивность озимой пшеницы в Центральном Предкавказье

Есаулко А.Н., Ожередова А.Ю., Сигида М.С. и Матвеев А.Г.

В трехлетних полевых опытах показано преимущество использования технологии No-Till при выращивании озимой пшеницы в засушливой зоне Ставропольского края по сравнению с традиционной обработкой почвы. Однако в зоне неустойчивого увлажнения традиционная технология способствовала получению более высокой продуктивности.

На долю России приходится 10% всех пахотных земель мира (Голосной, 2008). Большая часть площадей используется под пшеницу (2012-2016 гг.): 11.8-14.0 млн га – под озимую и 12.7-13.7 млн га – под яровую (РОССТАТ, 2017). Общий валовой сбор пшеницы за тот же период колебался от 37.7 до 73.3 млн т при урожайности 2.2-3.7 и 0.9-1.5 т/га соответственно озимой и яровой пшеницы.

Многочисленные исследования и практика сельскохозяйственного производства культур показали, что с помощью удобрений можно добиться наиболее быстрого и эффективного изменения химического состава растения, а также повышения качества и урожайности получаемой продукции (Саленко, 2015). Особое значение в наше время приобретает проблема оптимизации и регулирования показателей плодородия почв (Сычев и др., 2000).

Качественная обработка почвы – важное условие возделывания озимых культур. При этом выбор ее способа зависит от рельефа местности, предшественников, типа и степени засоренности. Основные современные требования подразумевают, что обработка почвы должна быть ресурсосберегающей, почвозащитной, а также должна способствовать сохранению влаги, выравниванию поверхности и уничтожению сорняков (Фурсова и Есаулко, 2015).

В связи с этим были проведены полевые опыты в Центральном Предкавказье – на выщелоченном черноземе на Учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ и на южном черноземе в ООО «Добровольное» Ипатовского района Ставропольского края. Цель исследований – изучить влияние применения удобрений и технологий возделывания на

Таблица 1. Влияние технологий возделывания и удобрений на содержание доступных элементов питания в почвах (мг/кг почвы) в среднем за 2013-2015 гг.

| Удобрение | Слой почвы, см | N-NO ₃ | | P ₂ O ₅ | | K ₂ O | |
|---|----------------|-------------------|--------------|-------------------------------|--------------|------------------|--------------|
| | | Традиционная | Прямой посев | Традиционная | Прямой посев | Традиционная | Прямой посев |
| Чернозем выщелоченный (Учебно-опытная станция Ставропольского ГАУ) | | | | | | | |
| Без удобрений | 0-10 | 6.5 | 6.0 | 13.1 | 12.1 | 218 | 215 |
| | 10-20 | 6.4 | 6.8 | 12.2 | 10.6 | 213 | 210 |
| | 20-30 | 5.9 | 6.5 | 9.7 | 9.0 | 204 | 211 |
| Рекомендованное N40P40 | 0-10 | 23.5 | 21.3 | 23.8 | 24.8 | 242 | 262 |
| | 10-20 | 21.9 | 14.7 | 21.1 | 15.2 | 228 | 239 |
| | 20-30 | 15.9 | 10.1 | 10.1 | 9.6 | 210 | 219 |
| Расчетное N68P78 | 0-10 | 24.8 | 24.2 | 26.4 | 27.3 | 251 | 261 |
| | 10-20 | 22.8 | 16.9 | 22.5 | 16.4 | 237 | 233 |
| | 20-30 | 12.6 | 12.4 | 13.4 | 12.3 | 217 | 220 |
| Чернозём южный (ООО «Добровольное») | | | | | | | |
| Без удобрений | 0-10 | 16.3 | 16.7 | 24.3 | 26.1 | 452 | 480 |
| | 10-20 | 15.1 | 22.4 | 20.6 | 16.2 | 428 | 409 |
| | 20-30 | 13.2 | 13.9 | 16.0 | 13.3 | 310 | 332 |
| Рекомендованное N40P40 | 0-10 | 31.3 | 33.5 | 26.2 | 34.0 | 448 | 524 |
| | 10-20 | 30.0 | 39.2 | 28.1 | 21.7 | 444 | 420 |
| | 20-30 | 25.2 | 27.4 | 18.0 | 13.3 | 328 | 359 |
| Расчетное N68P78 | 0-10 | 37.9 | 46.3 | 31.8 | 37.0 | 496 | 542 |
| | 10-20 | 36.8 | 39.8 | 33.5 | 24.1 | 484 | 461 |
| | 20-30 | 28.4 | 32.7 | 22.1 | 16.2 | 382 | 389 |

Примечание: содержание подвижных форм фосфора и калия определялось по методу Мачигина.

агрофизические и агрохимические показатели почвы, а также на продуктивность озимой пшеницы.

Опыты – двухфакторные (2 × 3), расположение делянок – двухъярусное, повторность – трехкратная, размещение вариантов – организованные повторения, общая площадь делянки – 750 м² (50 м × 15 м), учетная – 112.5 м². Учеты, наблюдения и анализы в опытах проводили в соответствии с общепринятыми методиками.

Сравнивались две технологии обработки почвы – традиционная (со вспашкой на глубину 20-22 см) и прямой посев. В качестве минеральных удобрений использовались аммофос (при посеве) и аммиачная селитра (подкормка). Изучались следующие варианты: без внесения удобрений, рекомендованные дозы для агроклиматической зоны и расчетные дозы. Расчет доз удобрений на планируемую урожайность озимой пшеницы 5.0 т/га проводился по методике В.В. Агеева (Агеев и др., 2011). Предшественник озимой пшеницы в опытах – горох.

На выщелоченном черноземе технологии возделывания озимой пшеницы и дозы вносимых минеральных удобрений оказали существенное влияние на содержание доступных форм элементов питания в почве и их распределение по почвенным горизонтам (табл. 1). Содержание нитратного азота перед посевом по изучаемым технологиям сильно не различалось – оно было низким и находилось в пределах 5.9-6.8 мг/кг почвы. Применяемые удобрения позволили повысить данный показатель в слое почвы 0-10 см до 21.3-23.5 и 24.2-24.8 мг/кг при внесении рекомендованных и расчетных доз соответственно.

Аналогичная ситуация сложилась и по содержанию подвижного фосфора в данной почве – без внесения удобрений его содержание в пахотном слое было на низком уровне – 12.1-13.1 P₂O₅ мг/кг почвы. Применение фосфорных удобрений улуч-

шило класс обеспеченности почвы до среднего – 23.8-24.8 и 26.4-27.3 P₂O₅ мг/кг почвы при внесении рекомендованных и расчетных доз фосфора соответственно.

Вносимые удобрения повысили также содержание подвижного калия в выщелоченном черноземе при использовании обеих технологий. При этом заметных различий между ними обнаружено не было.

Максимальные значения содержания нитратного азота в южном черноземе во все сроки наблюдения независимо от слоя почвы отмечаются при нулевой обработке (табл. 1). При этом отчетливо прослеживается определенная тенденция – разница между слоями почвы 0-10 и 10-20 см в накоплении нитратного азота была больше при прямом посеве и зависела от доз внесенных удобрений. При традиционной технологии возделывания разница в содержании нитратного азота в слоях 0-10 и 10-20 либо вовсе отсутствует, либо находится в пределах 1-2 мг/кг. Однако в слое 20-30 см ситуация меняется, и разница уже более значительна.

В целом, прямой посев обеспечил более высокое содержание нитратного азота в слое южного чернозема 0-30 см нежели при использовании традиционной технологии. При прямом посеve без удобрений данный показатель увеличился на 2.8 мг/кг почвы, с внесением рекомендованных доз удобрений – на 4.6 мг/кг почвы, а расчетных – на 5.2 мг/кг почвы по сравнению с традиционной технологией. По-видимому, данные результаты связаны с лучшим сохранением влаги в почвах засушливой зоны при прямом посеве.

Вносимые удобрения по обеим технологиям обеспечили повышение содержания подвижных форм фосфора и калия в данной почве. Однако при прямом посеве произошло их заметное накопление в верхнем десятисантиметровом слое,

Таблица 2. Влияние технологий возделывания и удобрений на урожайность озимой пшеницы (т/га).

| Технология | Удобрение | 2013 | 2014 | 2015 | Среднее | Прибавка | |
|---|-----------------|------|------|------|---------|---------------|--------------|
| | | | | | | от технологии | от удобрений |
| Чернозем выщелоченный (Учебно-опытная станция Ставропольского ГАУ) | | | | | | | |
| Традиционная | Без удобрений | 2.76 | 3.28 | 3.60 | 3.21 | - | - |
| | Рекомендованное | 3.40 | 3.82 | 4.66 | 3.96 | - | 0.75 |
| | Расчетное | 3.54 | 4.40 | 5.03 | 4.32 | - | 1.11 |
| Прямой посев | Без удобрений | 2.38 | 1.98 | 3.02 | 2.46 | -0.75 | - |
| | Рекомендованное | 2.66 | 2.12 | 3.26 | 2.68 | -1.28 | 0.22 |
| | Расчетное | 2.94 | 2.16 | 3.45 | 2.85 | -1.47 | 0.39 |
| НСР _{0.05} | | 0.16 | 0.18 | 0.20 | 0.17 | - | - |
| Чернозем южный (ООО «Добровольное») | | | | | | | |
| Традиционная | Без удобрений | 2.03 | 2.20 | 2.61 | 2.28 | -0.63 | - |
| | Рекомендованное | 2.54 | 2.76 | 2.64 | 2.65 | -0.53 | 0.37 |
| | Расчетное | 2.79 | 2.80 | 3.79 | 3.13 | -0.43 | 0.85 |
| Прямой посев | Без удобрений | 2.60 | 2.82 | 3.32 | 2.91 | - | - |
| | Рекомендованное | 2.98 | 3.18 | 3.38 | 3.18 | - | 0.27 |
| | Расчетное | 3.17 | 3.27 | 4.23 | 3.56 | - | 0.65 |
| НСР _{0.05} | | | 0.15 | 0.17 | 0.18 | 0.17 | - |

Таблица 3. Влияние технологий возделывания и удобрений на качество зерна озимой пшеницы (среднее за 2013-2015 гг.).

| Технология | Удобрение | Белок | Клейковина | Качество клейковины | |
|---|-----------------|-------|------------|---------------------|--------|
| | | % | | ИДК, ед. | Группа |
| Чернозем выщелоченный (Учебно-опытная станция Ставропольского ГАУ) | | | | | |
| Традиционная | Без удобрений | 11.0 | 21.0 | 68 | I |
| | Рекомендованное | 16.2 | 30.2 | 76 | II |
| | Расчетное | 17.4 | 31.9 | 77 | II |
| Прямой посев | Без удобрений | 11.4 | 21.3 | 69 | I |
| | Рекомендованное | 16.6 | 30.7 | 78 | II |
| | Расчетное | 18.1 | 32.3 | 81 | II |
| Чернозем южный (ООО «Добровольное») | | | | | |
| Традиционная | Без удобрений | 9.9 | 19.1 | 103 | III |
| | Рекомендованное | 10.5 | 20.2 | 100 | III |
| | Расчетное | 11.2 | 25.1 | 91 | II |
| Прямой посев | Без удобрений | 10.5 | 20.2 | 101 | III |
| | Рекомендованное | 11.5 | 25.0 | 99 | II |
| | Расчетное | 12.7 | 25.3 | 81 | II |

тогда как при использовании традиционной технологии эти элементы питания были более равномерно распределены в пахотном горизонте. По-видимому, дифференциация почвенного профиля по содержанию подвижных форм фосфора и калия при применении удобрений с прямым посевом проявляется в большей степени в более засушливых условиях.

В опыте на выщелоченном черноземе наибольшая урожайность озимой пшеницы получена при выращивании по традиционной технологии при достоверных различиях по сравнению с технологией прямого посева (табл. 2). В среднем за три года по традиционной технологии получено 3.83 т/га зерна, что на 1.17 т/га или на 44% больше, чем при прямом посеве. Внесение рекомендованных доз удобрений при использовании традиционной технологии обеспечило прирост урожайности по сравнению с контролем в среднем на 0.75 т/га (23%), а при прямом посеве – на 0.22 т/га (9%); при внесении расчетных доз удобрений прибавка

урожайности составила соответственно 1.11 т/га (35%) и 0.39 т/га (16%). Прирост урожайности за счет применения расчетных доз удобрений по отношению к рекомендованным при традиционной технологии составил 0.36 т/га (9%), а при прямом посеве – всего 0.17 т/га (6%).

Внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу на черноземе выщелоченном более эффективно при традиционной технологии её возделывания. Плохие агрофизические свойства почв приводят к снижению урожайности при использовании технологии прямого посева, а также к существенному снижению эффективности использования вносимых минеральных удобрений, что происходит по той же причине – из-за чрезмерного уплотнения почв и ухудшения их пищевого и воздушного режима.

При возделывании озимой пшеницы по технологии прямого посева с внесением расчетных доз удобрений на выщелоченном черноземе урожайность ни в один год не достигла 5.0 т/га и даже не приблизилась к данному запланированному уровню. При использовании же традиционной технологии планируемая урожайность была получена один раз – в наиболее благоприятном по погодным условиям 2015 г. Кроме того, в 2014 г. продуктивность приблизилась к запланированному уровню. Таким образом, в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья наибольшую урожайность зерна озимой пшеницы обеспечивает её возделывание по традиционной технологии с внесением расчетной дозы минеральных удобрений – 4.32 т/га в среднем за 3 года.

В опытах на южном черноземе наибольшая урожайность озимой пшеницы получена при выращивании по технологии прямого посева (табл. 2). В среднем за три года по этой технологии получено 3.22 т/га зерна, что на 0.53 т/га или на 20% больше, чем при использовании традиционной технологии. Снижение урожайности при возделывании озимой



Опытные деланки озимой пшеницы 14.05.2015 г.
(А.Ю. Ожередова).

пшеницы по традиционной технологии статистически доказуемо во все годы исследований; различия достоверны и для средних величин за 3 года исследований.

Следует отметить, что при прямом посеве с внесением расчётных доз удобрений урожайность озимой пшеницы один раз (в 2015 г.) приблизилась к запланированному уровню продуктивности 5.0 т/га. При возделывании по традиционной технологии с внесением расчётных доз удобрений данный планируемый уровень урожайности ни разу не был достигнут. Следовательно, в засушливой зоне Центрального Предкавказья наибольшую урожайность зерна озимой пшеницы обеспечивает её возделывание по технологии прямого сева с внесением расчётных доз минеральных удобрений – 3.56 т/га в среднем за 3 года.

Технологии возделывания озимой пшеницы на выщелоченном черноземе не оказали существенного влияния на содержание белка и клейковины в зерне (табл. 3). В среднем за 3 года исследований в зерне, полученном по традиционной технологии, содержалось 14.9% белка и 27.7% сырой клейковины, а в зерне, полученном по технологии прямого посева, – 15.4 и 28.1% соответственно. Также не отличалось зерно и по качеству клейковины – различия по индексу деформации клейковины (ИДК) между технологиями составили всего 3 единицы – 73 и 76 единиц в среднем для традиционной технологии и прямого посева соответственно.

Значительно большее влияние на качество зерна оказало внесение в рассматриваемую почву минеральных удобрений, которые обладали существенным положительным действием при обеих технологиях возделывания. Так, внесение рекомендованных и расчётных доз удобрений при традиционной технологии повышало содержание белка в зерне в среднем за годы исследований с 11.0 до 16.2-17.4%, а сырой клейковины – с 21.0 до 30.2-31.9%.

При прямом посеве за счет внесения удобрений содержание белка в зерне возрастало с 11.4 до 16.6-18.1%, а содержание сырой клейковины – с 21.3 до 30.7-32.3%. Следовательно, увеличение содержания белка и клейковины за счет внесения минеральных удобрений было совершенно идентичным при обеих технологиях.

Совершенно по-другому удобрения влияли на качество клейковины – внесение рекомендованных и расчётных доз при обеих технологиях приводило к увеличению показателя ИДК до 76-81 единиц, что относит клейковину ко II группе. На контроле, где удобрения не вносили, показатели ИДК на 8-12 единиц меньше (68-69 ед.), поэтому в этих вариантах клейковина по качеству соответствует I группе. Таким образом, удобрения снижали качество сырой клейковины.

Технологии возделывания озимой пшеницы на южном черноземе также не оказали существенного влияния на содержание белка и клейковины в зерне (табл. 3). В среднем за 3 года исследований в зерне, полученном по традиционной технологии, содержалось 10.5% белка и 20.2% сырой клейковины, а в зерне, полученном по технологии прямого посева, – 11.6 и 22.0% соответственно. Также не отличалось зерно и по качеству клейковины – различия между технологиями по показателю ИДК составили 4 единицы – 98 единиц при традиционной технологии и 94 единицы при прямом посеве.

В то же время применение удобрений в данной агроклиматической зоне положительно повлияло на качество клейковины. Так, внесение рекомендованных и расчётных доз по обеим технологиям приводило к снижению показателя ИДК до 81-100 единиц, что относит клейковину к II-III группе качества. На контроле, где удобрения не вносили, показатели ИДК были выше (101-103 ед.), то есть в этих вариантах клейковина по качеству относится только к III группе. При обеих технологиях возде-

Таблица 4. Влияние технологий возделывания и удобрений на экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы (среднее за 2013-2015 гг.).

| Технология | Удобрение | Себестоимость 1 т зерна, руб. | Рентабельность, % |
|---|-----------------|-------------------------------|-------------------|
| Чернозем выщелоченный (Учебно-опытная станция Ставропольского ГАУ) | | | |
| Традиционная | Без удобрений | 4639 | 94 |
| | Рекомендованное | 4725 | 91 |
| | Расчётное | 4952 | 82 |
| Прямой посев | Без удобрений | 5334 | 69 |
| | Рекомендованное | 6266 | 44 |
| | Расчётное | 6491 | 39 |
| Чернозем южный (ООО «Добровольное») | | | |
| Традиционная | Без удобрений | 6407 | 40 |
| | Рекомендованное | 5923 | 52 |
| | Расчётное | 6004 | 50 |
| Прямой посев | Без удобрений | 4527 | 99 |
| | Рекомендованное | 4651 | 94 |
| | Расчётное | 4798 | 88 |

львания в результате внесения расчетных доз удобрений качество клейковины соответствовало II группе, что, скорее всего, связано с внесением более высоких доз.

Сложившееся соотношение цен на зерно и минеральные удобрения оказало существенное влияние на экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы. Так, на выщелоченном черноземе самая низкая себестоимость и самая высокая рентабельность производства зерна по обеим технологиям получены в варианте без внесения удобрений (табл. 4). При использовании традиционной технологии себестоимость 1 т зерна составила в среднем 4639 руб., а рентабельность – 94%; при прямом посеве – соответственно 5334 руб. и 69%. Следовательно, снижение производственных затрат при возделывании озимой пшеницы по технологии прямого посева не привело к повышению экономической эффективности производства, так как урожайность зерна была значительно ниже, чем при возделывании по традиционной технологии. Поэтому на выщелоченных чернозёмах в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья озимую пшеницу экономически выгоднее возделывать по традиционной технологии с внесением рекомендованных доз минеральных удобрений.

В опытах на темно-каштановой почве самая низкая себестоимость и самая высокая рентабельность производства зерна по традиционной технологии получены в варианте с внесением рекомендованной дозы удобрений, а по технологии прямого посева – в варианте без внесения удобрений (табл. 4). При возделывании по традиционной технологии себестоимость 1 т зерна составила в среднем 5923 руб., а рентабельность – 52%; при прямом посеве – соответственно 4527 руб. и 99% для вышеуказанных вариантов минерального питания. Таким образом, возделывание озимой пшеницы по технологии прямого посева привело к повышению экономической эффективности производства, так как урожайность зерна была значительно выше, чем при возделывании по традиционной технологии. Поэтому на чернозёмах южных засушливой зоны Центрального Предкавказья озимую пшеницу экономически выгоднее возделывать по технологии прямого сева с внесением рекомендованных доз минеральных удобрений.

В заключение следует еще раз отметить преимущество использования технологии прямого посева при выращивании озимой пшеницы в засушливой зоне Ставропольского края по сравнению с традиционной обработкой почвы. Однако в зоне неустойчивого увлажнения традиционная технология

способствовала получению более высокой продуктивности.

Есаулко А.Н. – декан факультета агробиологии и земельных ресурсов и факультета экологии и ландшафтной архитектуры, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: aesaulko@yandex.ru.

Ожередова А.Ю. – аспирант кафедры агрохимии и физиологии растений, e-mail: alena.gurieva@mail.ru.

Сигида М.С. – заведующий кафедрой агрохимии и физиологии растений, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Матвеев А.Г. – доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, кандидат сельскохозяйственных наук.

Ставропольский государственный аграрный университет.

Литература

РОССТАТ. 2017. <http://www.gks.ru>

Голосной Е.В. 2008. Продуктивность звена севооборота в зависимости от систем удобрений и обработки почвы. *Плодородие*, 2: 39-40.

Саленко Е.А. 2015. Влияние минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы в умеренно-влажной зоне Ставропольского края. *Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в СКФО: сб. по матер. 80-й науч.-практ. конф. СтГАУ, Ставрополь. С. 152-154.*

Сычев В.Г., Попова Р.Н. и Музыкантов П.Д. 2000. Полевые опыты агрохимслужбы – нормативная основа применения удобрений и других средств повышения плодородия почв. *Современные проблемы опытного дела: сб. по матер. междунар. науч.-практ. конф. С. 255-260.*

Фурсова А.Ю. и Есаулко А.Н. 2015. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки чернозема выщелоченного на химический состав растений озимой пшеницы. *Вестник АПК Ставрополя*, 2 (18): 182-186.

Агеев В.В., Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И. и др. 2011. Основы программирования урожая сельскохозяйственных культур: учеб. пособие. 4 изд., перераб. и доп. Ставрополь, 2011. 200 с.

Авторы признательны региональному директору Международного института питания растений по Югу и Востоку России В.В. Носову за помощь в подготовке статьи.