

Гузенко Алексей



Алексей Юрьевич Гузенко – студент 3-го курса Волгоградского ГАУ по специальности «Защита растений и фитосанитарный контроль». Активист по НИРС – уже на 1-ом курсе заинтересовался темой защиты растений от вредителей, в частности, саранчовых, довольно часто встречающихся в Волгоградской обл. Со 2-го курса со своей работой «Современные подходы в борьбе со стадными саранчовыми на Волгоградских землях» начал участвовать в различных конкурсах и конференциях. Среди наград: диплом II степени за участие в I этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых ВУЗов Минсельхоза РФ в номинации «Агрономия» (г. Волгоград, 2016 г.); диплом победителя во II этапе того же конкурса (г. Краснодар, 2016 г.); диплом за VI место того же конкурса (г. Москва, 2016 г.); диплом за I место в I этапе того же конкурса (г. Волгоград, 2017 г.); диплом I степени XVII Международной научной конференции студентов и магистрантов «Научный поиск молодежи XXI века» (Республика Беларусь, 2016 г.); диплом II степени за участие в XXI Региональной конференции молодых исследователей Волгоградской обл. по направлению «Агрономия, зоотехния, ветеринария и переработка сельскохозяйственного сырья» (г. Волгоград, 2016 г.).

Алексей – автор 6-ти публикаций, где представлен мониторинг новых химических препаратов в борьбе с итальянским прусом в Волгоградской обл. В данное время работает над дипломной работой по теме: «Инновационные методы борьбы со стадными саранчовыми на Волгоградских землях Палласовского района». На конкурс IPNI была представлена работа «Опыт применения ЖКУ при возделывании подсолнечника в ООО АПК «Родина» Киквидзенского района Волгоградской области», поскольку агрохимия также входит в сферу его научных интересов.

Алексей является активным членом творческого отдела студенческого совета. Для усовершенствования полученных и приобретения новых практических знаний и навыков с 1-го курса пошел в стройотряд. Как командир отряда был награжден грамотой (2015 г.) и благодарственным письмом (2016 г.) за добросовестный труд в организации работы студенческих сельскохозяйственных отрядов Волгоградской обл.

В дальнейшем собирается поступить в магистратуру и продолжить работу в выбранном направлении.

Интенсивная технология возделывания сои: комплексный системный подход

Гильермо Бальбоа, Майк Стюарт, Фернандо Сальваджиотти, Фернандо Гарсиа, Эрос Франциско, Игнасио Чиампитти

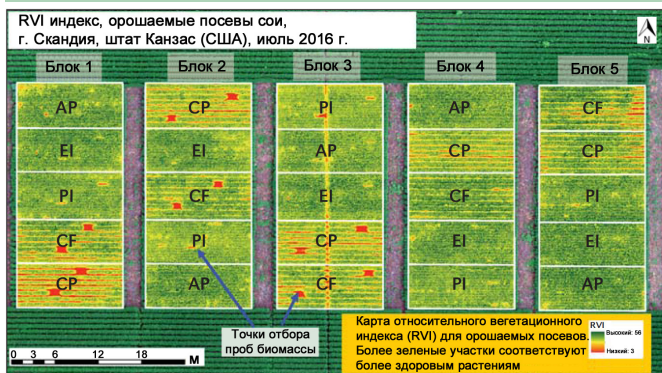
Экологическая интенсификация оказала влияние на урожайность, биомассу и поглощение азота соей. Узкие междурядья, высокая норма высева, современные агротехнические приемы и сбалансированное питание увеличили эффективность распределения биомассы растений, которую оценивали с использованием индекса урожайности (harvest index, HI) и относительного выноса азота с урожаем семян (NHI), а также определения содержания азота в зерне.

Частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (partial factor productivity of fertilizer, PFPf) увеличился при одновременном применении лучших приемов агротехники и системы удобрений. При этом рост урожайности составил 19% и 28% на орошаемых и богарных землях соответственно.

Комплексный подход, одновременно рассматривающий многочисленные факторы управления в системе земледелия, необходим для повышения реальной урожайности.

«**Н**едобор урожая» - это разница между потенциальной урожайностью, которая может быть достигнута в данном регионе (максимальная урожайность без биогенных и абиогенных стрессов) и фактической урожайностью,

полученной в поле. Его величину можно существенно снизить, выбирая лучший сорт и систему применения удобрений, а также учитывая взаимодействие этих факторов между собой и с окружающей средой (почва, климат). Например, выбирая генотип, шири-



Аэроснимок, демонстрирующий различия в значениях относительного вегетационного индекса (Ratio Vegetation Index, RVI) [отношения отражающей способности в инфракрасной и видимой красной областях, БИК/ВК] на орошаемой плантации сои в Скандии, Канзас (США). Зеленый цвет коррелирует со здоровыми посевами.

CP – практика хозяйства (ПХ)

CF – внесение удобрений (ВУ)

PI – густота посева (ГП)

EI – экологическая интенсификация (ЭИ)

AP – интенсивная технология (ИТ)

ну междурядий, сроки высева и систему применения удобрений, разработанную в соответствии со стратегией 4R: выбор правильных форм и доз удобрений, а также сроков и способов их внесения. В последние годы в некоторых работах отдельно оценивалось влияние применения удобрений или агротехнических приемов на урожайность сои, однако работ по комплексному исследованию влияния этих факторов еще недостаточно.

Закон минимума Либиха устанавливает, что рост и развитие растений управляется наиболее ограниченным ресурсом или фактором. Согласно этому закону, если растение получает достаточное количество сбалансированных питательных элементов в соответствии с его потребностями, урожайность будет ограничиваться каким-то другим фактором, например, уровнем инсоляции или доступностью воды. Цель настоящей работы - исследование комплексного системного подхода, одновременно рассматривающего питание растений и агротехнические приемы, который способствует лучшему пониманию систем земледелия, основанных на понятии экологической интенсификации (Cassman, 1999).

Исследования были выполнены в 2014 и 2015 годах на 4 плантациях сои, расположенных в окрестностях города Скандия, штат Канзас (США), в богарных и орошаемых условиях. На каждой плантации исследовались пять систем земледелия - от малозатратной

типичной практики хозяйства до интенсивной. Оценивались следующие варианты: практика хозяйства (ПХ), внесение удобрений (ВУ), высокая густота посева (ГП), экологическая интенсификация (ЭИ) и интенсивная технология (ИТ) (табл. 1). В отличие от варианта ПХ в варианте ВУ вносили фосфорные, калийные и серосодержащие удобрения. В варианте ГП норма высева была увеличена на 57 тыс. семян/га по сравнению с ПХ, ширина междурядий была уменьшена с 76 до 38 см, удобрения не вносились. Вариант ЭИ представлял собой комбинацию вариантов ВУ и ГП с нормой высева 335 тыс. семян/га, шириной междурядий 38 см, внесением удобрений, сбалансированных по макро- и микроэлементам питания, а также применением фунгицида/инсектицида. Среднее количество осадков для обоих сезонов составляло 41.4 мм в год. Кроме того, орошаемые участки дополнительно получали в среднем 17.5 мм воды. Наконец, вариант ИТ был аналогичен варианту ЭИ, но с внесением двойных доз микроэлементов и двукратными обработками средствами защиты.

В каждом опыте ежегодно оценивали детальную фенологию растений (этапы вегетативного роста (V4, V6) и репродуктивного развития (R1, R5, R7)), биомассу, содержание элементов питания, а также проективное покрытие листьев.

Индекс урожайности (Harvest Index, HI) и относительный вынос азота с урожаем семян (N Harvest Index, NHI) рассчитывали по следующим формулам:

$$\text{Индекс урожайности (HI)} = \frac{\text{масса семян (кг абс. сухого вещества/га)}}{\text{надземная биомасса растения (кг абс. сухого вещества/га)}}$$

$$\text{Относительный вынос азота с урожаем семян (NHI)} = \frac{\text{вынос азота семенами (кг/га)}}{\text{вынос азота надземной биомассой растения (кг/га)}}$$

Частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (partial factor productivity of fertilizer, PFPf) рассчитывали как отношение урожайности к общему количеству внесенных удобрений (N+P₂O₅+K₂O+S) в вариантах ПХ и ЭИ.

Результаты

Анализ изображений показал видимые различия в проективном покрытии листьев растений сои на фенологической стадии V4 (четыре трилистника) (рис. 1). В условиях орошения проективное покры-

Таблица 1. Схема опыта с соей, г. Скандия, штат Канзас (США) в 2014–2015 г.г.

Вариант	ПХ	ВУ	ГП	ЭИ	ИТ
Норма высева, семян/га	274 тыс.	274 тыс.	331 тыс.	331 тыс.	331 тыс.
Ширина междурядий, см	76	76	38	38	38
Удобрения	нет	(P-K-S)	нет	(N*-P-K-S)	(N*-P-K-S)
Микроэлементы питания	нет	Нет	нет	1×(Fe, Zn, B)*	2×(Fe, Zn, B)**
Фунгицид/инсектицид	нет	Нет	нет	1×**	2×**

ПХ – практика хозяйства, ВУ – внесение минеральных удобрений, ГП – высокая густота посевов, ЭИ – экологическая интенсификация (ВУ + ГП), ИТ – интенсивная технология. *Вносили на стадии R3 (начало созревания бобов). **Вносили на стадиях R1 (начало цветения) и R3. Дозы удобрений N-P₂O₅-K₂O-S (кг д.в./га): 63-10-35-9 и 63-15-48-12 на богарных и орошаемых участках соответственно. В варианте ВУ азотное удобрение не вносилось.

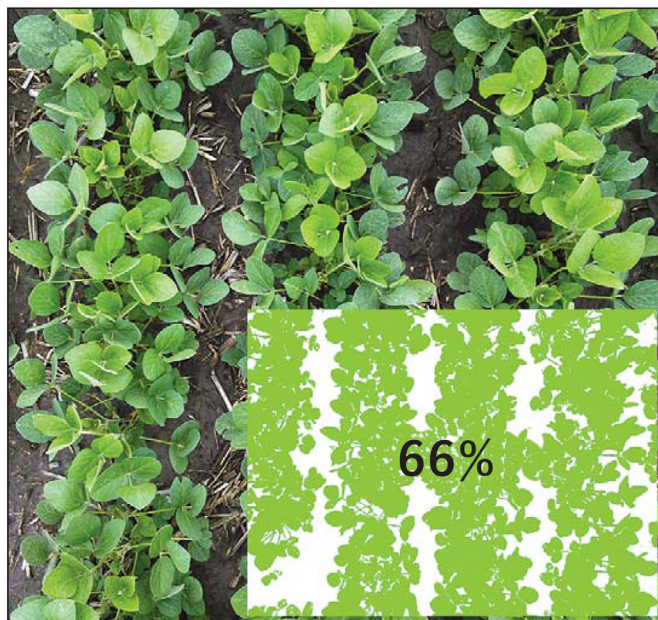
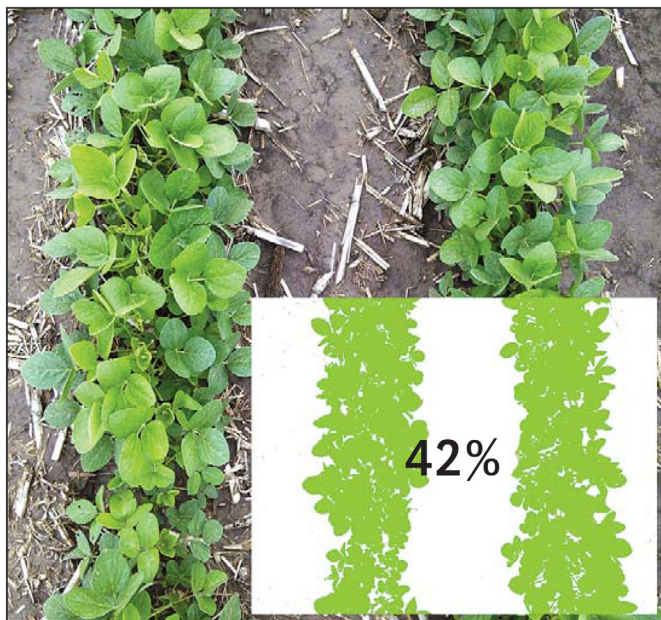


Рис. 1. Проективное покрытие посевов листьев сои в вариантах ПХ (слева) и ЭИ (справа) на фенологической стадии V4 (четыре трилистника), г. Скандия, штат Канзас (США), вегетационный сезон 2015 г. Вставки рисунков и степени покрытия выполнены с использованием программы Siscob®, EMBRAPA.

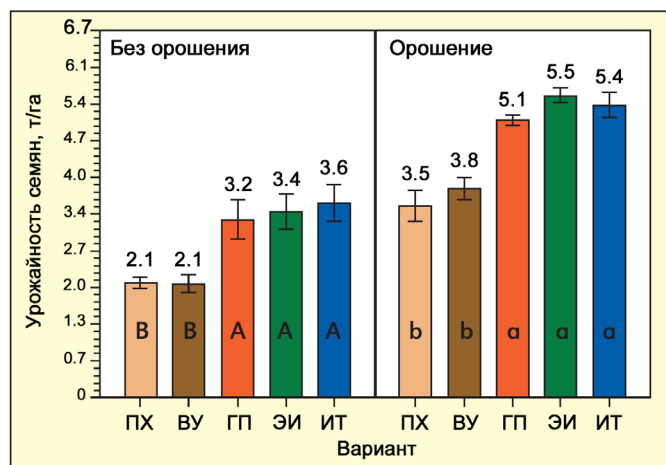


Рис. 2. Урожайность семян сои на богарных и орошаемых участках в Скандии, Канзас, средние данные по 2014–2015 гг. Разные буквы в колонках отмечают статистически значимые различия для урожайности семян ($p < 0.05$).

тие составляло 42% в варианте ПХ и 66% – в варианте ЭИ. Большее покрытие на ранней стадии развития в варианте ЭИ приводило к большему улавливанию света и, вероятно, повышало эффективность перехода углерода в биомассу.

Урожайность семян

Данные о средней урожайности семян сои для двух лет исследования представлены на **рис. 2**. Урожайность семян в богарных условиях, усредненная по вариантам опыта и годам, составила 2.9 т/га. Максимальная средняя урожайность была достигнута в варианте ИТ – 3.56 т/га, но она статистически не отличалась от вариантов ГП (3.2 т/га) и ЭИ (3.4 т/га). Средняя урожайность для этих трех самых интенсивных вариантов (ГП, ЭИ и ИТ) составляла 3.4 т/га. В вариантах опыта ПХ и ВУ средняя урожайность была 2.1 т/га. Таким образом, недобор урожая, вычисленный по этим данным для богарных усло-

вий, составил 1.34 т/га. Хотя урожайность сои в вариантах ГП и ЭИ статистически не различалась, в варианте ГП происходил некомпенсированный вынос элементов питания растений из почвы, и поэтому потенциальный урожай последующих культур севооборота был подвержен риску. Действительно, данные, полученные в настоящем исследовании в 2015 году, показывают, что при выращивании кукурузы после сои в варианте опыта ГП снижение урожайности кукурузы составило 1.34 т/га по сравнению с вариантом ЭИ. Снижение урожайности кукурузы стало результатом отрицательного баланса элементов питания в почве при возделывании сои.

В условиях орошения урожайность семян, усредненная по вариантам опыта и годам, составила 4.64 т/га, что на 1.75 т/га больше, чем средняя урожайность на богарных полях. Увеличение интенсивности производства путем сужения междурядий и увеличения нормы высева повысило урожайность на 1.61 т/га: в варианте ПХ средняя урожайность составила 3.49 т/га, а в варианте ГП – 5.11 т/га (**рис. 2**). Хотя урожайность в вариантах ПХ (3.49 т/га) и ВУ (3.83 т/га) численно различалась, разница между ними была статистически незначимой. Средняя урожайность для менее интенсивных вариантов (ПХ и ВУ) составляла 3.63 т/га. Максимальная урожайность на орошаемых полях (5.51 т/га) была достигнута в варианте опыта ЭИ, и хотя это была самая высокая урожайность, она несущественно отличалась от вариантов ГП (5.11 т/га) и ИТ (5.38 т/га). Средняя урожайность для этих трех наиболее интенсивных вариантов (ГП, ЭИ и ИТ) составила 5.31 т/га. Поэтому недобор урожая, рассчитанный для орошаемых полей, составил 1.68 т/га. В среднем, каждые 25.4 мм воды, использованной для орошения, давали 98 кг семян сои.

В условиях орошения частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (PFPf), рассчитанный как отношение урожайности

Таблица 2. Общая биомасса, солома и индекс урожайности семян (НИ) в богарных и орошаемых условиях (г. Скандия, штат Канзас), средние данные за 2014–2015 гг.

Вариант	Сухая биомасса, кг/га		Солома, кг/га		НИ	
	без орошения	орошение	без орошения	орошение	без орошения	орошение
ПХ	84186	10107 в	6347 а	6625 в	0,25 в	0,34 а
ВУ	8287 б	13051 б	6238 а	9244 б	0,25 в	0,29 б
ГП	10788 а	15410 а	7620 а	10357 а	0,29 б	0,33 а
ЭИ	9736 а	16635 а	6438 а	11127 а	0,34 а	0,33 а
ИТ	10479 а	16183 а	7035 а	10849 а	0,33 а	0,33 а

ПХ – практика хозяйства, ВУ – внесение минеральных удобрений, ГП – высокая густота посевов, ЭИ – экологическая интенсификация (ВУ + ГП), ИТ – интенсивная технология. НИ – индекс урожайности. Статистически значимые различия ($p < 0.05$) отмечены разными буквами.

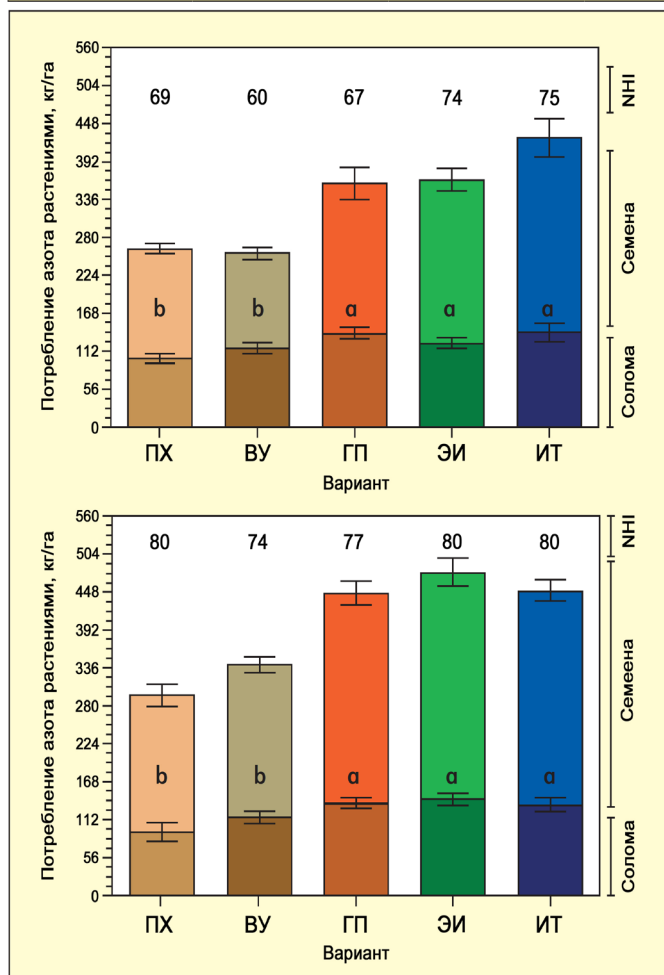


Рис. 3. Поглощение азота растениями сои и относительный вынос азота с урожаем семян (НИ) для вариантов выращивания сои в богарных (вверху) и орошаемых (внизу) условиях в г. Скандия, штат Канзас (США), средние данные за 2014–2015 гг. Разные буквы в колонках отмечают статистически значимые различия для потребления азота растениями ($p < 0.05$).

семян к общему количеству внесенного удобрения, равнялся 14 (кг семян/кг удобрения) в варианте ПХ и 17 – в варианте ЭИ. Для богарных условий частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (PFPf) составлял 11 и 14 в вариантах ПХ и ЭИ соответственно. Частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (PFPf) в варианте ЭИ был больше, чем в варианте ПХ на 19% и 28% при орошении и в богарных условиях соответственно. В условиях интенсификации производства (узкие междурядья и увеличенная норма высева)

каждый килограмм внесенного удобрения был более эффективным в повышении продуктивности сои.

Общая биомасса растений и индекс урожайности семян

При орошении общее производство биомассы составило в среднем 14.3 т/га, что было на 50% больше, чем в богарных условиях (табл. 2). В варианте ПХ общая биомасса растений и количество соломы были стабильно меньше, чем в остальных орошаемых вариантах. В богарных условиях общая биомасса растений демонстрировала ту же тенденцию, что и урожай семян (рис. 2), а в более интенсивных вариантах (ГП, ЭИ и ИТ) биомасса была больше на 24%, чем в вариантах ПХ и ВУ (1.98 т/га). При орошении в более интенсивных вариантах биомасса сои была больше на 39% (4.5 т/га), чем средняя биомасса в вариантах ПХ и ВУ (табл. 2). Внесение минеральных удобрений (PKS) в варианте опыта ВУ позволило увеличить производство общей биомассы на 29% (2.95 т/га) по сравнению с вариантом ПХ. Сочетание внесения минеральных удобрений с макро- и микроэлементами с однократной обработкой средствами защиты в варианте опыта ЭИ позволило увеличить биомассу сои на 65% (6.53 т/га).

Таким образом, настоящее исследование показало положительное влияние применения минеральных удобрений и агротехнических приемов на производство общей биомассы растений как в орошаемых, так и в богарных условиях. При этом в богарных условиях при интенсификации производства индекс урожайности семян повышался за счет роста биомассы семян, тогда как при орошении интенсификация процесса приводила к росту общей биомассы растений (табл. 2).

Общее поглощение азота

Росту биомассы растений соответствовало увеличение общего поглощения азота. Средние для двух сезонов величины общего поглощения азота растениями варьировали от 258 до 426 кг/га в богарных условиях и от 302 до 476 кг/га – при орошении (рис. 3). В обоих случаях поглощение азота в более интенсивных вариантах (ГП, ЭИ и ИТ) было выше, чем в вариантах ПХ и ВУ.

При орошении относительный вынос азота с урожаем зерна (НИ) оставался стабильным во всех ва-

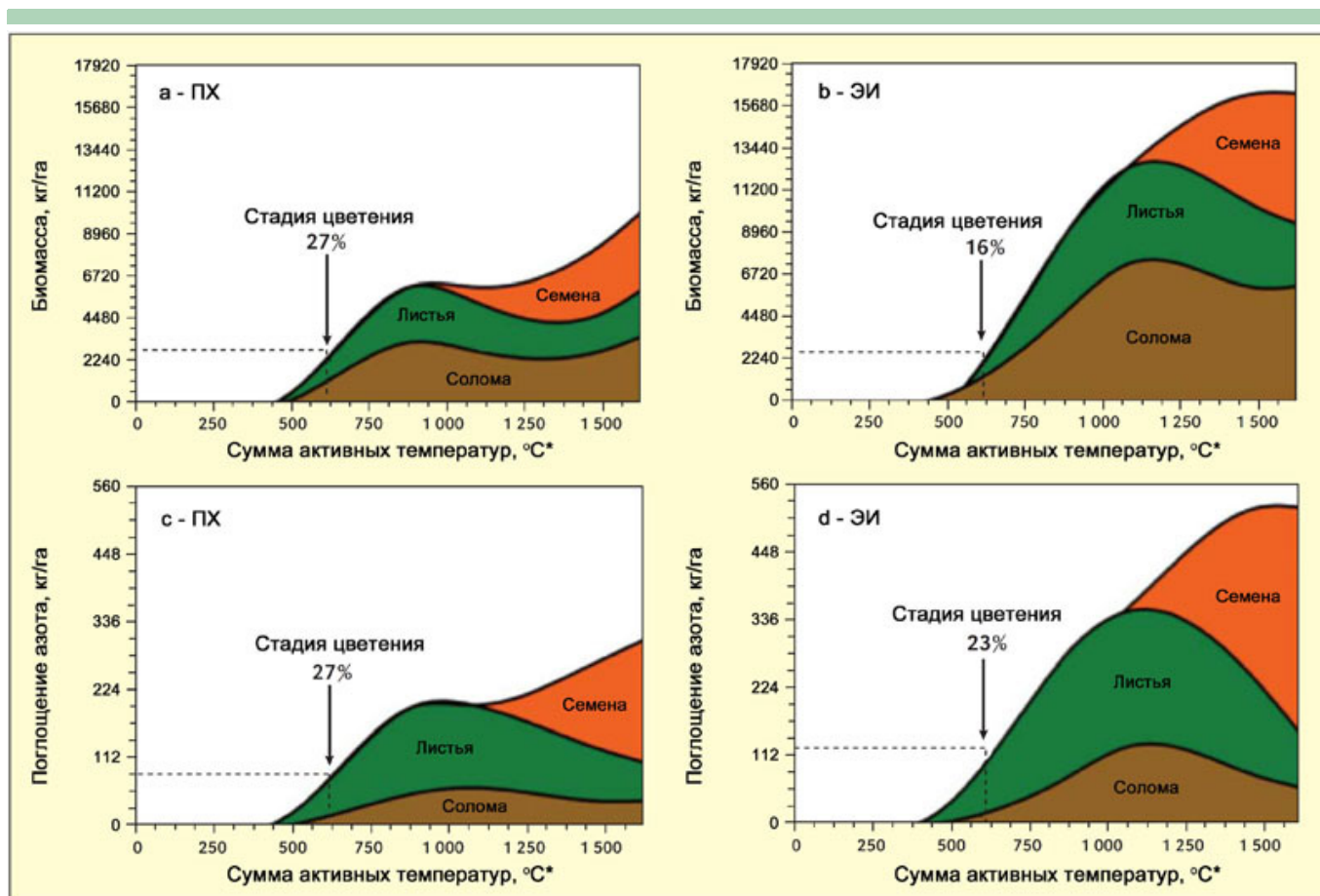


Рис. 4. Сезонные изменения биомассы растений сои и поглощения азота в вариантах ПХ и ЭИ для отдельных частей растений на орошаемых участках в г. Скандия, штат Канзас (США), средние данные за 2014–2015 гг.

риантах опыта. При этом среднее содержание азота в семенах составляло 70% от общего содержания азота в надземных органах растений.

В богарных условиях относительный вынос азота с урожаем зерна (NH) несколько изменялся по вариантам опыта и в целом был выше в более интенсивных вариантах опыта (ЭИ, ИТ). В богарных условиях среднее содержание азота в семенах составляло 62% от его общего количества в надземной части растений, что было на 8% меньше, чем при орошении.

Сезонные изменения биомассы растений, содержание и распределение азота в различных частях растения сои

В настоящей статье представлены данные о сезонных изменениях биомассы растений и динамики накопления азота для вариантов ПХ и ЭИ в условиях орошения. Значительные различия в сезонном накоплении биомассы наблюдались между малоинтенсивными (ПХ, рис. 4а) и высокоинтенсивными (ЭИ, рис. 4б) вариантами. В варианте ЭИ кумулятивная биомасса растений на стадии начала цветения (R1) составляла меньшую часть от общей кумулятивной биомассы в конце сезона (16%), чем в варианте ПХ (27%). Это значит, что большая часть биомассы рас-

тений (больше чем 80%) в варианте ЭИ была накоплена в наиболее критические стадии репродуктивного периода роста и развития сои. В варианте ЭИ к концу сезона было накоплено на 60% больше биомассы, чем в варианте ПХ. Эта дополнительная биомасса в варианте ЭИ была произведена, прежде всего, после начала цветения (R1) при стабильной скорости накопления вплоть до конца стадии налива семян (рис. 4а и 4б). Это отличие в накоплении биомассы растениями в течение сезона и общей биомассы в конце сезона в вариантах опыта ПХ и ЭИ было основным фактором, повлиявшим на урожайность, поскольку величины индекса урожайности (НИ) различались в этих вариантах опыта незначительно.

Сезонное потребление азота в вариантах ПХ и ЭИ демонстрировало те же закономерности, что и накопление биомассы растений (рис. 4в и 4г). Более высокое (почти двукратное) поглощение азота растениями наблюдалось в высокопродуктивном варианте ЭИ по сравнению с вариантом ПХ. Более низкое поглощение азота в варианте ПХ соответствовало меньшей урожайности по сравнению с вариантом ЭИ. Кроме того, в варианте ЭИ относительный вынос азота с урожаем зерна был на 5% выше, чем в варианте опыта ПХ (NH=71% и 66% в вариантах ЭИ и ПХ соответственно).

* Сумма активных температур выше 10 °C (growing degree days - GDD), рассчитываемая по формуле: $GDD = (t_{max} + t_{min})/2 - 10$, где t_{max} – максимальная температура за сутки (принимается равной 30°C, если она выше данной величины); t_{min} – минимальная температура за сутки (принимается равной 10 °C, если она ниже данной величины) (примечание переводчика).

Выводы

Интенсификация возделывания сои, включающая применение минеральных удобрений и ряд агротехнических мероприятий (более узкие междурядья, большая норма высева, сбалансированное питание растений), влияет на накопление биомассы растениями, поглощение ими азота и на эффективность его распределения по частям растения, которую оценивают с использованием индекса урожайности (НИ) и величины относительного выноса азота с урожаем семян (NHI).

Относительный вынос азота с урожаем семян (NHI) повышался при интенсификации системы земледелия. При этом индекс урожайности зерна оставался неизменным в высокопродуктивных вариантах опыта в условиях орошения. В этих условиях сбалансированное питание растений было ключевым фактором для увеличения биомассы растений и поглощения азота.

Улавливание света на ранних стадиях развития растений было выше в варианте ЭИ по сравнению с ПХ. Но это не повлияло на накопление биомассы на ранних стадиях развития. Однако в дальнейшем в поздний репродуктивный период более высокая скорость и продолжительность роста растений наблюдались в вариантах опыта с лучшим проективным покрытием листьев на ранних стадиях развития растений. Это подтверждалось ростом биомассы растений, которая была на 60% больше в варианте опыта ЭИ, чем в варианте ПХ.

Устойчивая интенсификация производства сои требует комплексного подхода, включающего оптимизацию питания растений и агротехнических приемов, что приводит к повышению эффективности всей системы земледелия.

Признаки дефицита элементов питания у пшеницы (продолжение)

Начало на стр. 1

Фосфор



Красновато-фиолетовое окрашивание, начиная с верхушки, распространяется вниз по всей ширине листа.
Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar



Ослабленный рост и появление красновато-фиолетового оттенка на старых листьях у растения пшеницы, испытывающего недостаток фосфора.

Автор(ы): M.K. Sharma and P. Kumar

Г-н Бальбоа – аспирант Канзасского Государственного Университета; e-mail: balboa@ksu.edu.

Д-р Стьюарт – Региональный директор Международного института питания растений по Северной Америке

Д-р Сальваджиотти – исследователь INTA, Оливьерос, Аргентина

Д-р Гарсиа – Региональный директор Международного института питания растений по Южному конусу Латинской Америки

Д-р Франциско – Зам. директора Международного института питания растений в Бразилии

Д-р Чиампитти – специалист по растениеводству и системам земледелия, профессор Канзасского Государственного Университета (США), e-mail: ciampitti@ksu.edu.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Группе контроля качества урожая Канзасского Государственного Университета за сбор и обработку всех образцов для данной работы, а также Международному институту питания растений (IPNI), программе Фулбрайта и BASF за финансовую поддержку.

Литература

Cassman, K.G. 1999. Proc. Natl. Acad. Sci. 96:5952-5959.

Перевод с английского и адаптация: Иванова С.Е.