

Лекция 4

Проектирование агротехнологий

Система удобрения сельскохозяйственных культур при различных уровнях агротехнологий

Проф. Беленков А.И.

План

ЛЕКЦИИ

1. Системные связи в земледелии.
2. Категории урожайности.
3. Понятие о системах удобрений в агротехнологиях.
4. Системы удобрений на примере слабоэрозионных земель.
5. Расчёт норм удобрений: поправочные коэффициенты, нормативы расхода питательных веществ.
6. Корректировка норм удобрений в интенсивных и высокоинтенсивных агротехнологиях.
7. Система применения удобрений в точном земледелии.

Литература

- ❑ Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство / Под. ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005.
- ❑ Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтных систем земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: КолосС, 2011.
- ❑ Беленков А.И., Матюк Н.С., Мазиров М.А. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА. –2013. –187 с.
- ❑ Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, Егоров В.В.: Учебное пособие. –М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. –148 с.



Факторы производительного и агроэкологического состояния земель и их регулирование

Категории урожайности сельскохозяйственных культур

- **Потенциальная (ПУ)** - наивысший уровень биологической продуктивности по ФАР.
- **Климатически обеспеченная (КОУ)** – по условиям тепло- и влагообеспеченности.
- **Действительно возможная (ДВУ)** – по условиям плодородия поля.
- **Программируемая (ПрУ)** – реально планируемая по технологическим картам.
- **Хозяйственная (производственная)** – фактически полученная.

Система внесения удобрений – комплекс последовательно производимых операций по внесению удобрений под отдельную культуру и в севообороте.

Она предусматривает дозы, приемы, сроки и способы внесения удобрений.

Доза– количество удобрений, вносимое под культуру за один прием или за весь вегетационный период.

Приемы внесения: допосевное (основное), припосевное (припосадочное), подкормка, впрок..

Сроки внесения: осенние, весенние и летние в период вегетации культур.

Способ внесения: сплошной, разбросной, локальный, местный (рядковый, гнездовой), ленточный.

Способ заделки: под плуг, борону, культиватор и т.д.

Приемы внесения удобрений

- **Допосевное (основное)** - предназначено обеспечивать растения элементами питания на весь период его развития.
- **Припосевное (рядковое) удобрение** вносят одновременно с посевом или посадкой полевых культур непосредственно в рядки или заделывают лентами на некотором удалении от них
- **Послепосевное удобрение (подкормки)** применяют для направленного формирования элементов продуктивности и повышения качества продукции.
- **Удобрение впрок** – внесение повышенных доз фосфора и калия за один прием в расчете на 2-4 года. Впрок вносят удобрения под многолетние травы, сенокосы и пастбища. Целесообразность запасного внесения фосфора и калия под многолетние травы увеличивается в связи с тем, что поверхностное внесение фосфорных и калийных удобрений в сухие годы неэффективно.

Системы удобрений и обработки почвы.

Пример слабоэрозионных земель

Поле № С1.1 Севооборот С1: Горох – Озимая пшеница – Подсолнечник – Лен – Озимая пшеница – Горох – Озимая пшеница – Подсолнечник – Просо

Культуры севооборота	Урожайность, т/га			Удобрения								Прибавка урожайности, т/га		Окупаемость, кг зерна на кг д.в.		Обработка почвы
				азотные		фосфорные		калийные		всего						
	экст	норм	инт	норм	инт	норм	инт	норм	инт	норм	инт	норм	инт	норм	инт	
Озимая пшеница	2,3	3,4	4,4	60	78	47	61	0	0	107	139	1,1	2,1	10	15	Прямой посев (минимальная)
Подсолнечник	1,1	1,8	2,4	65	40	55	53	0	0	120	93	0,7	1,3	6	14	Вспашка
Лен	1,0	1,7	2,2	30	45	36	55	0	0	66	100	0,7	1,2	11	12	Минимальная
Озимая пшеница	2,3	3,4	4,4	80	104	47	61	0	0	127	165	1,1	2,1	9	13	Прямой посев (минимальная)
Горох	1,6	2,1	2,9	0	0	34	47	0	0	34	47	0,5	1,3	8	11	Минимальная
Озимая пшеница	2,3	3,4	4,4	60	78	47	61	0	0	107	139	1,1	2,1	10	15	Прямой посев
Подсолнечник	1,1	1,8	2,4	40	55	40	53	0	0	80	108	0,7	1,3	9	12	Вспашка
Лен	1,0	1,7	2,2	30	45	36	55	0	0	66	100	0,7	1,2	11	12	Минимальная

Обеспеченность фосфором - низкая, калием - высокая. Содержание гумуса – очень низкое

Нормативные параметры для расчета планируемой урожайности яровой пшеницы по влагообеспеченности для разных зон

Новосибирской области

Зона	Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы при наименьшей влагоемкости, мм	Среднегодовое количество осадков за июнь - июль, мм	Всего ресурсов влаги, мм	Коэффициент водопотребления при различных уровнях интенсификации технологий, мм/ц		Планируемая урожайность по влагообеспеченности при различном уровне обеспеченности средствами интенсификации, ц/га	
				Нормальная технология	Интенсивная технология	Нормальная технология	Интенсивная технология
Степь	100-170	90	190-260	11,0	9,5	17-23	20-27
Южная лесостепь	130-190	100	130-190	10,0	8,0	23-29	29-36
Северная лесостепь Барабы	140-220	105	245-325	9,0	7,5	27-36	33-43
Северная лесостепь Приобья	170-220	110	280-330	8,5	7,0	33-39	40-47

Примерные дозы минеральных удобрений под зерновые

Культура, предшественник, фон	Планируемая урожайность, т/га	Черноземы типичные и обыкновенные			Черноземы южные и карбонатные		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница:							
по чистым парам без навоза	3,0—3,5	40	60	40	40	60	40
по навозу (15—20 т/га)	3,5—4,0	40	40	0	40	60	—
по занятым парам	2,5—3,0	60	60	40	40	60	—
по непаровым предшественникам	2,0—2,5	40	40	40	40	40	—
Озимая рожь по чистым парам	2,0—2,5	20	40	20	20	40	—
Кукуруза	2,5—3,0	40	40	40	40	40	40
Ячмень	2,5—3,0	40	40	20	30	40	—
Яровая пшеница:							
по чистым парам	2,0—2,5	—	60	30	—	40	—
после пропашных	2,0—2,5	30	40	30	30	40	—
по непаровым предшественникам (после зерновых)	1,5—2,0	30	40	20	30	40	—
Просо	2,0—3,0	30	40	30	—	15—40	—

* Центральный, Средне- и Нижневолжский, Северо-Кавказский регионы.

Расчет дозы азота на планируемую урожайность

$$D_N = \frac{Y \cdot H}{C} - (N_1 - N_2)$$

- D_N – доза азота на планируемую урожайность, кг/га;
- Y – планируемая урожайность, ц/га;
- H – норматив расхода азота на 1 кг зерна с учетом содержания его в побочной продукции;
- C – коэффициент использования азота из минеральных удобрений и почвы;
- N_1 – содержание минерального азота в почве, кг/га;
- N_2 – азот, образующийся в почве в период вегетации растений, кг/га;
- Нормативы H и C устанавливаются на основе экспериментальных исследований зональных НИИ.

Поправочные коэффициенты к годовым дозам азотных удобрений в зависимости от предшественников

Предшественники	Поправочный коэффициент (К)
Зернобобовые	0,8
Многолетние бобовые травы	0,5
Пар чистый	0,8
Прочие	1,0

Нормативы расхода (Н) и использования (С) азота растениями пшеницы

Зона	Урожайность, ц/га	Норматив	
		Н	С
Северная лесостепь	30	4,0	0,7
Южная лесостепь	20-30	4,3	0,6
Степь	20	4,5	0,5

Поправочные коэффициенты (К) к годовым дозам фосфорных и калийных удобрений* в зависимости от группы почвы по содержанию форм фосфора и калия (Державин и др., 2000)

Группа (класс) почвы по содержанию подвижных форм фосфора и калия	Озимая пшеница, озимая рожь		Яровые зерновые	Зерно-бобовые	Лен-долгуец	Пропашные	Овощные	Кукуруза	Сахарная свекла	
	по черному пару	по занятому пару							По удобренной озимой пшенице	По обороту пласта
<i>Фосфорные удобрения</i>										
1	1,5	1,2	1,3	1,5	1,4	1,7**	1,7**	1,5**	1,5**	2,0**
2	1,3	1,1	1,2	1,0	1,0	1,4	1,5	1,2	1,2	1,5
3	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0
4	0,7	0,5	0,8	0,5	0,5	0,6	1,0	0,5	0,8	0,5
5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,7	0,4	0,5	0,5
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Калийные удобрения</i>										
1	1,5	1,3	1,2	1,5	3,0	1,5	2,0	1,5	1,5	2,0
2	1,2	1,2	1,1	1,3	1,5	1,3	1,5	1,3	1,3	1,5
3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3	1,0	1,3	1,0	1,0	1,2
4	0,7	0,7	0,6	0,7	1,0	0,7	1,0	0,7	1,0	1,0
5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	0,8
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Для азотных удобрений К = 1 независимо от содержания подвижных форм фосфора и калия в почве.

** Требуется окультуривание почв.

Норматив расхода P₂O₅ кг на 1 ц зерна при интенсивном возделывании яровой пшеницы (Новосибирская область)

Содержание P₂O₅ на картограммах мг/ 100 г почвы

<10

10-15

15-20

20

Лесостепь низменности

3,0

2,7

2,3

1,3

Северная лесостепь Присалаирья

3,2

2,7

2,4

1,5

Северная лесостепь Приобья

2,6

2,4

2,0

1,4

Южная лесостепь

2,4

2,2

1,7

1,2

Степь

2,3

2,1

1,9

1,3

Поправочные коэффициенты к нормам фосфорных и калийных удобрений в зависимости от группы почвы по содержанию подвижных форм фосфора и калия

Обеспеченность почв	Коэффициенты	
	P_2O_5	K_2O
Очень низкая	1,4	1,2
Низкая	1,2	1,0
Средняя	1,0	0,5
Повышенная	0,8	0,0
Высокая	0,6	0,0
Очень высокая	0,3	0,0

Влияние различных способов заделки фосфорных удобрений в почву на урожайность озимой пшеницы

Орудие, глубина обработки почвы, см	Урожайность на контроле, т/га	Прибавка от удобрений			
		P ₉₀		P ₁₂₀	
		т/га	%	т/га	%
Плуг ПЛН-5-35, 25-27 см	2,72	0,62	23	1,04	38
Культиватор КПС-4, 10-12 см	2,69	0,23	9	0,38	14
Борона БДТ-7, 8-10 см	2,76	0,22	8	0,33	12

Дозы минеральных удобрений для допосевного внесения и подкормок в годовых планах применения удобрений при нормальных, интенсивных и особенно высокоинтенсивных агротехнологиях под каждую культуру необходимо ежегодно корректировать следующим образом.

- 1. По материалам последнего агрохимического обследования почв (картограммы и паспорта полей) определяется класс обеспеченности элементами питания почвы полей и участков, на которых будет размещаться та или иная культура севооборота на следующий год.
- 2. Учет погодных и агротехнических условий прошедшего года осуществляют по уровням полученных урожаев предшественников культур, размещаемых в конкретных полях.
- 3. Материально-экономические условия зависят от ежегодных возможных изменений в накоплении органических (навоза) и приобретении минеральных удобрений.
- Ежегодную коррекцию доз различных видов удобрений для каждого конкретного года удобнее всего осуществлять по дозам допосевного (основного) внесения их и в подкормки под каждой культурой, оставляя неизменными при этом дозы припосевного удобрения указанных видов.
- Перед внесением ранее откорректированные в годовом плане дозы азотных удобрений под все культуры при нормальной, интенсивной и высокоинтенсивной технологиях обязательно следует еще раз скорректировать по результатам почвенной и растительной диагностики

- Необходимость подкормки для улучшения качества зерна определяют по количеству общего азота в листьях пшеницы в фазы колошения – цветения.

Количество общего азота в листьях, %	Целесообразность подкормок
До 2,5	подкормка не целесообразна, высококачественного зерна не получить
2,5-3,5	подкормка необходима
Более 3,5	можно получить высококачественное зерно без подкормки

Эффективность азотных подкормок по данным листовой диагностики

Содержание азота на абс. – сухую массу	Нуждаемость в подкормках	Вероятность получения сильного зерна	Доза азотной подкормки, кг д. в./га
Менее 3,5	Очень сильная	Очень низкая	Не проводится
3,5-3,7	Сильная	Имеется на фоне оптимума по фосфору	N_{30} в фазу колошения + N_{30} в фазу налива зерна
3,8-4,0	Средняя	Будет получена при оптимуме фосфора	N_{30} в период колошения
Более 4.0	слабая	Возможно без подкормки при оптиме фосфора	Не проводится

Автоматический проботоотборник

- Возможность взятия проб с глубины от 0 до 900мм без перемещения соседних слоев. Имеет гидравлический привод, соединяющийся с гидросистемой трактора или автономным гидравлическим агрегатом.
- Производительность проботоотборника 5 га в час, фактически по результатам опыта она может варьировать от 4 до 7га.
- Изучение верхнего слоя почвы (0-30 см) на содержания азота занимает приблизительно 15 минут



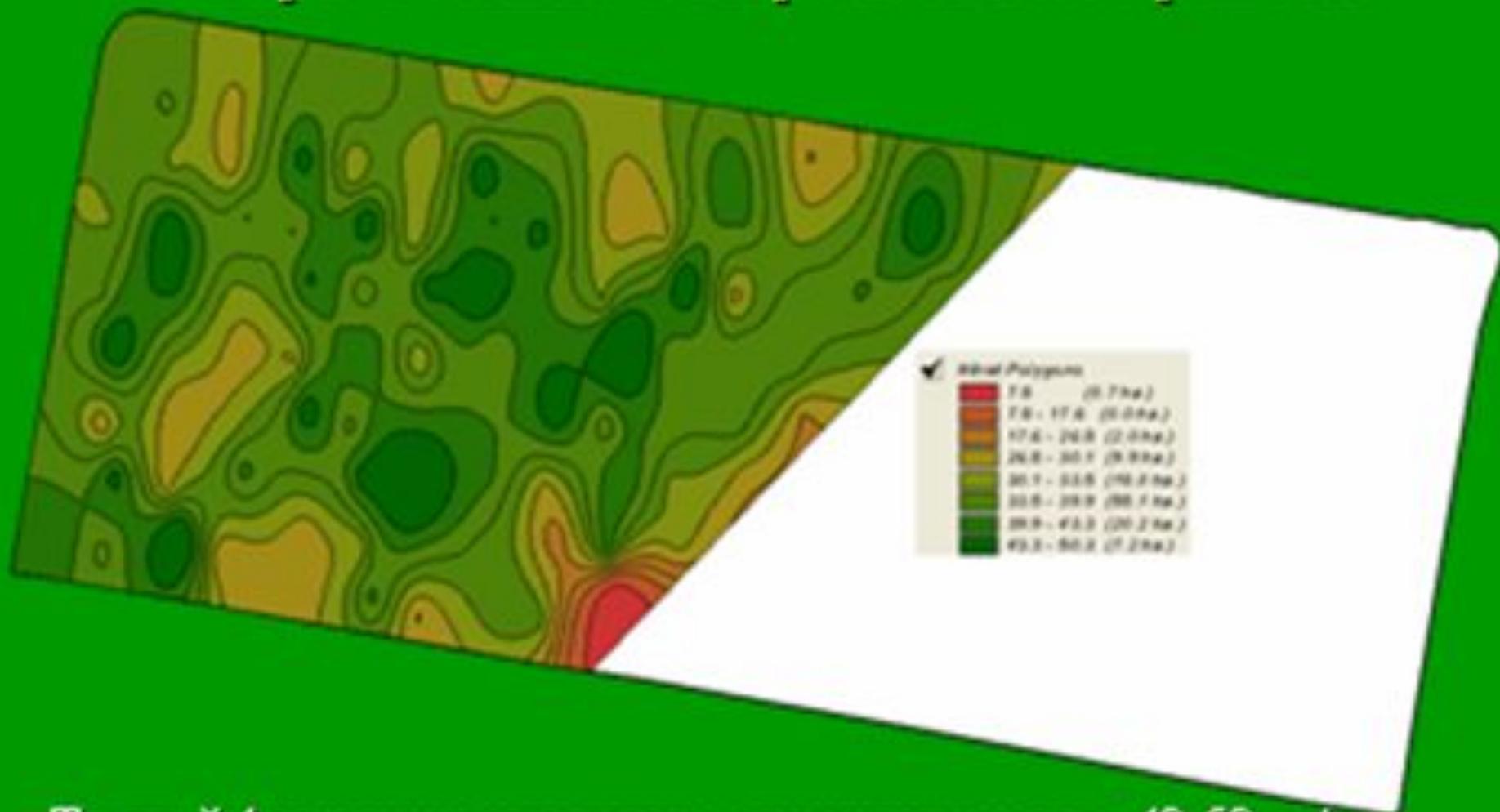
На полях ЗАО «Самара-Солана» обследовано 292 га,
ООО «Русский хмель» 302 га.

Мобильная лаборатория



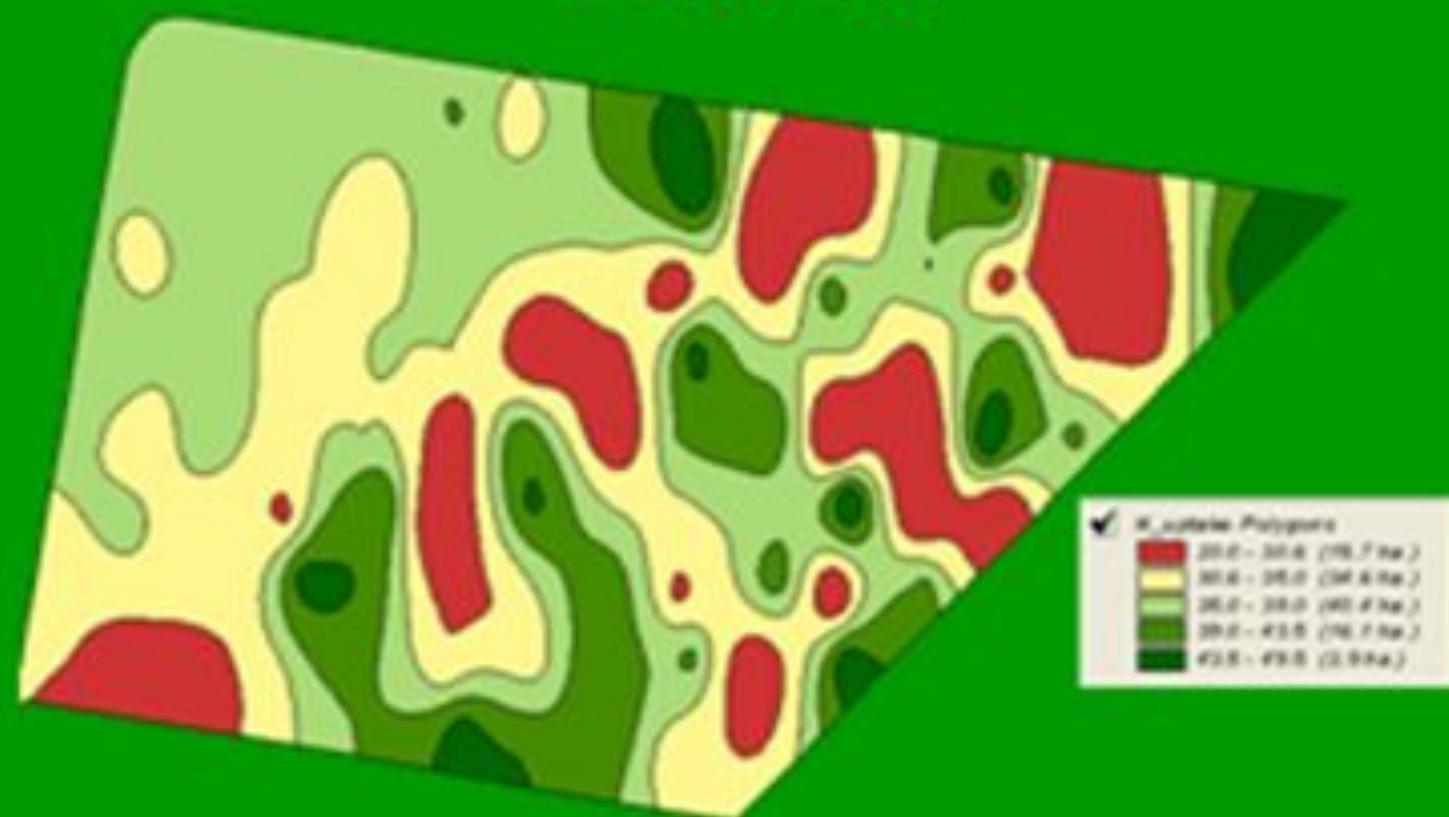
- Мобильная почвенная лаборатория Fritzmeier полностью подготовлена к определению содержания азота, аммиака а также показателя кислотности рН в почве и компосте, в воде и жидкостях, в удобрениях.

Карта содержания азота в почве поля № 66 в ЗАО «Самара-Солана» Ставропольского района



Темный фон означает высокое содержание азота 43-50 кг/га, светлые участки – среднее 23-35 кг/га, красные – 7-8 кг/га

Карта содержания азота, полученная с помощью
системы Miniver «Самара-Солана»
поле № 66

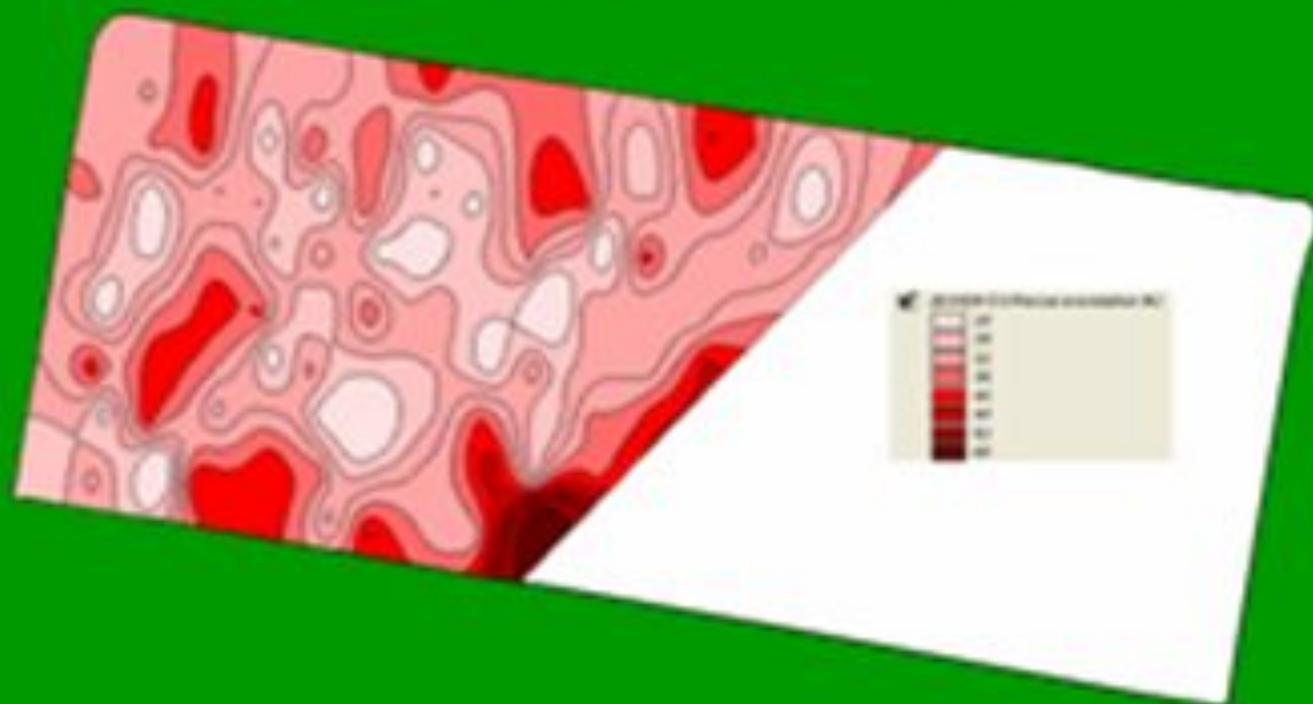


На темно-зеленых участках вынос азота составляет 43,5-49,5 кг/га, Светло-зеленых – 36-39 кг/га, светлых – 30-35 кг/га, красных – 20-30 кг/га

Работа с датчиком хлорофилла MiniVeg и почвоотборником



Рекомендации по внесению азота в почву в ЗАО «Самара-Солана» поле № 66



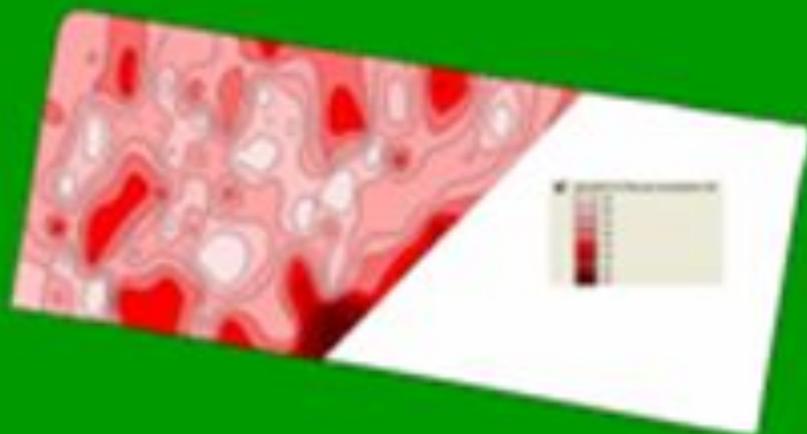
Внесение удобрений по технологии точного земледелия проводится дифференцированно, то есть, вносится на каждый квадратный метр столько удобрений, сколько необходимо.

На темных участках необходимо вносить 52-60 кг/га, ярко красных – 36-50 кг/га, светлых – 24-32 кг/га

Способы дифференцированного внесения удобрений

Существуют два режима внесения удобрений:

- в режиме реального времени on-line – доза удобрений определяется непосредственно во время выполнения операции
- метод картирования состояния почвы off-line – проводится по заранее собранным данным. Является более приемлемым и дешевым



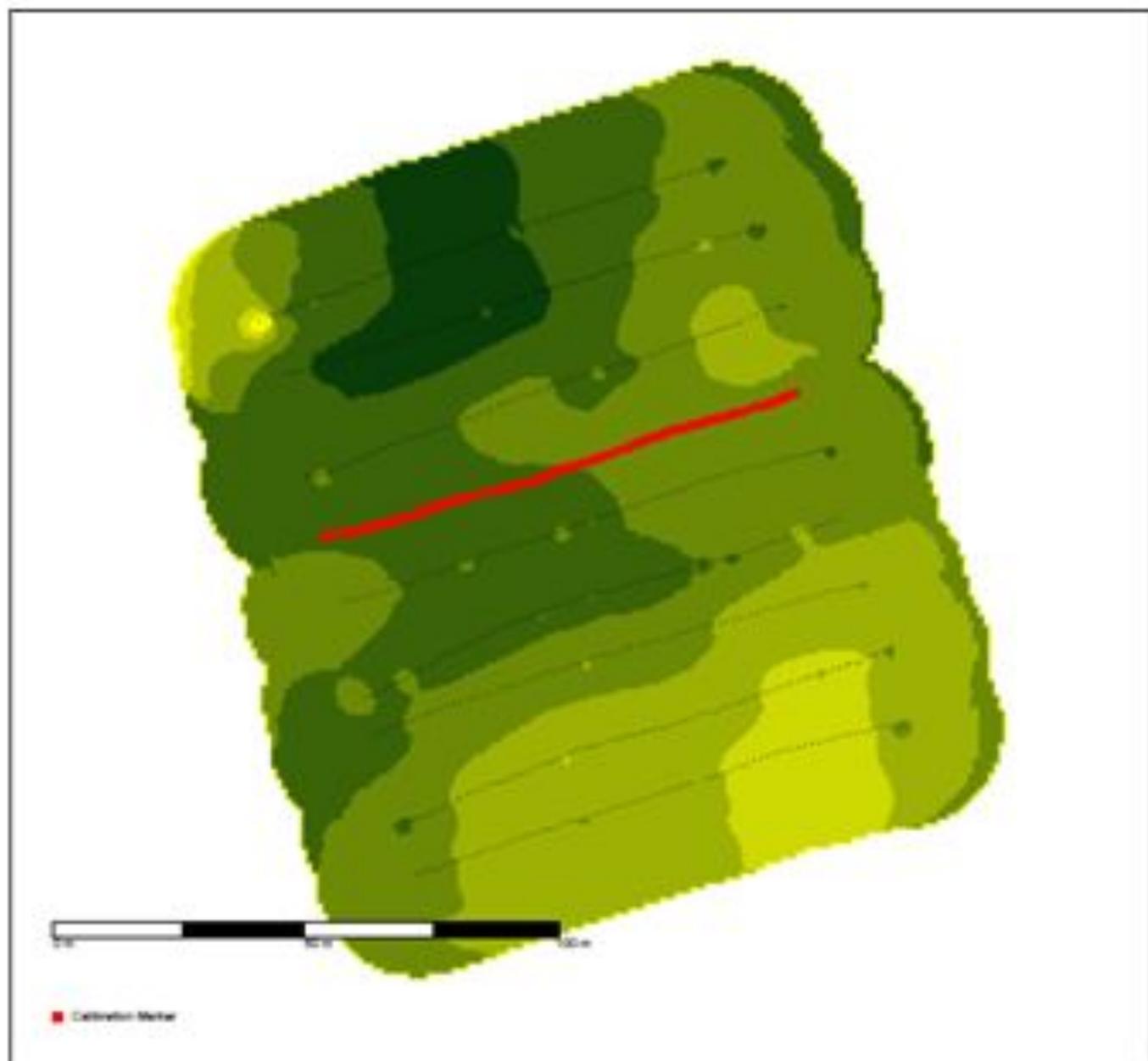
Экономия за счет дифференцированного внесения азота может составить от 15 кг/га в зависимости от нормы внесения азота при традиционном внесении, или от 37 до 80 рублей на гектар.



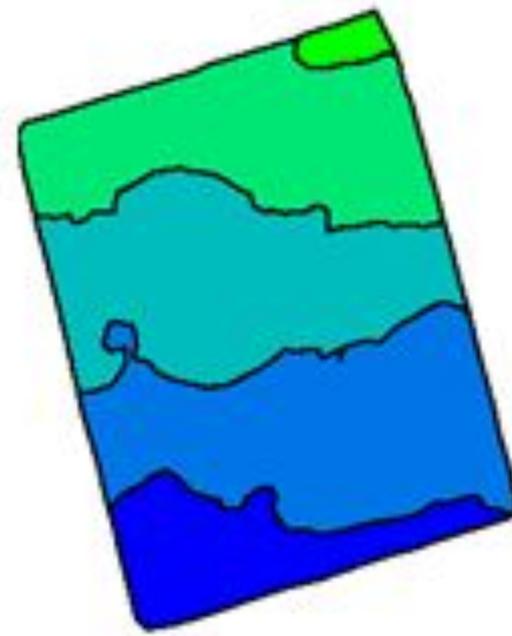
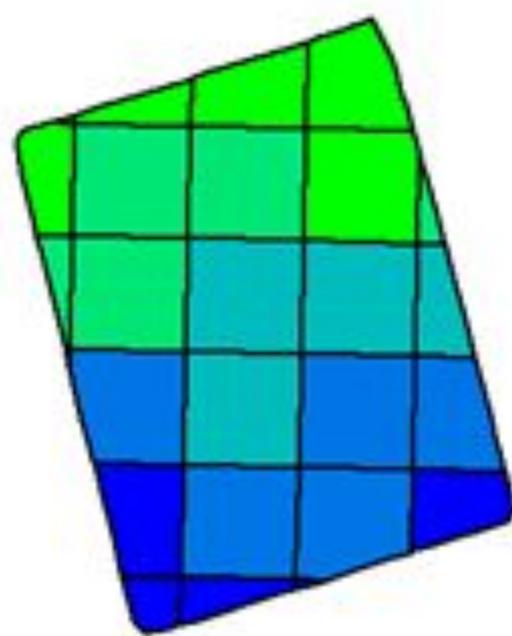
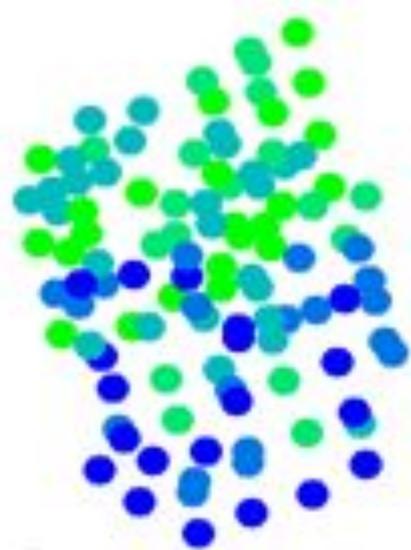
Система RT200 GreenSeeker



Система N-Sensor ALS



Карта биомассы ячменя в фазу колошения



P2O5
(mg/kg)

-  280,50 - 383,00
-  217,00 - 280,50
-  184,50 - 217,00
-  152,50 - 184,50
-  106,00 - 152,50

Различное представление данных о пространственной изменчивости содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы

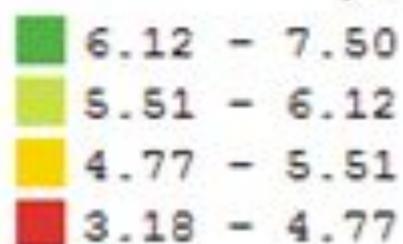
точки (диаметр 10 м)

сетка 30×30 м

контур



Yield Mass (Dry)
(tonne/ha)



Представление данных
об урожайности ячменя



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ.